

V. Baltac
D. Roman
N. Zegheru
D. Costăchescu
A. Lustig
C. Dumitrescu
C. Stănescu
V. Țepelea
G. Corcodel
M. Jalobeanu

CALCULATOARELE ELECTRONICE, GRAFICA INTERACTIVĂ și prelucrarea Imaginilor

Coordonarea : Dr. ing. Vasile Baltac

AUTOMATICĂ

ELECTRONICĂ

INFORMATICĂ

SERIA PRACTICĂ

MANAGEMENT



V. Baltac
D. Roman
N. Zegheru
D. Costăchescu
A. Lustig
C. Dumitrescu
C. Stănescu
V. Tepelea
G. Corcodel
M. Jalobeanu

**CALCULATOARELE
ELECTRONICE,
GRAFICA
INTERACTIVĂ
și prelucrarea
imaginilor**



Editura Tehnică

BIBLIOTECA DE AUTOMATICĂ, INFORMATICA, ELECTRONICĂ, MANAGEMENT

(SERIA PRACTICĂ)

- M. K. Starr : Conducerea producției. Sisteme și sinteze
 E. Crăciunoiu ș.a. : Elemente de execuție
 A. Vlădescu ș.a. : Radioreceptoare
 M. Mayer, G. Moltgen : Tiristoarele în practică, vol. I și II.
 L. Zamfirescu și I. Oppescu : Automatizarea cuptoarelor industriale
 I. Papadache : Automatica aplicată. Ediția I și a II-a
 Șt. Alexandru : Automatizarea proceselor tehnologice în industria lemnului
 Lisicikin V. A. : Prognoza tehnico-științifică în ramurile industriale
 G. Raymond : Tehnica televiziunii în culori
 J. J. Samueli, ș.a. : Instrumentația electronică în fizica nucleară
 T. Homoș : Capacitatea de producție în construcția de mașini
 S. Radu, D. Filoti : Centrale telefonice automate
 M. Bodea ș.a. : Tranzistoare cu efect de cimp
 D. N. Șapiro : Proiectarea radioreceptoarelor
 V. Antonescu, M. Popovici : Ghid pentru controlul statistic al calității
 V. Baltac ș.a. : Calculatorul FELIX C-256. Structură și programare
 G. Sonea, Silețchi M. : Creșterea planificată a productivității muncii
 R. L. Moriss : Proiectarea cu circuite integrate TTL
 A. Brilliantov : Calculul și construcția televizoarelor portabile
 Kaoru Isikawa : Controlul de calitate pentru maiștri și șefi de echipe
 Magnus Radke : 222 măsuri pentru reducerea costurilor
 I. Stăncioiu : Eficiența economică a asimilării de utilaje noi
 G. Lajtha : Proiectarea rețelilor de telecomunicații
 Vătășescu, A. ș.a. : Dispozitive semiconductoare. Manual practic
 Ch. Jones : Design. Metode și aplicații
 E. S. Buffa : Conducerea modernă a producției, vol. I și II
 D. W. Davies ș.a. : Rețele de interconectare a calculatoarelor
 Gh. Baștiurea : Comanda numerică a mașinilor-unelte
 L. W. Crum ș.a. : Analiza valorii
 A. Nadolo : Măsurarea volumului și cantității lichidelor în industrie
 C. Hidoș, P. Isac (coordonatori) : Studiul muncii, I—VIII
 Hidoș C. : Analiza și proiectarea circuitelor informaționale
 Pisău, Gh., I. : Elaborarea și implementarea sistemelor informatice
 P. Constantinescu, ș.a. : Sistemele informatice, modele ale conducerii
 V. Pescaru, ș.a. : Fișiere, baze și bănci de date
 I. Ceașu ș.a. : SDV. Organizarea concepției, fabricației, gestiunii
 S. Brebenel : Practica transferului internațional de tehnologie
 P. Constantinescu ș.a. : Analiză, decizie, control
 A. Vătășescu ș.a. : Circuite integrate liniare, vol. 1 și 2
 S. Maican : Sisteme numerice cu circuite integrate
 I. Ristea ș.a. : Manualul muncitorului electronic
 M. Florescu ș.a. : Cibernetică, informatică, automatică în industria chimică
 E. Statnic, M. Gănescu : Televizoare cu circuite integrate
 T. Geber ș.a. : Echipamente periferice, vol.1 și 2
 S. Călin ș.a. : Optimizări în automatizări industriale
 M. Simionescu : Proiectarea unitară a circuitelor electronice
 C. Cruceru : Tehnica măsurărilor în telecomunicații
 P. Nițulescu : Electroalimentarea instalațiilor de telecomunicații
 R. Răpeanu ș.a. : Circuite integrate analogice. Catalog
 N. Drăgulănescu : Agenda radioelectronistului
 V. Baltac, ș.a. : Sisteme interactive și limbafe conversaționale
 A. Petrescu ș.a. : Microcalculatoarele M18, M18B, M118, vol. 1 și 2
 A. Davidoviciu ș.a. : Conducerea cu calculatoare a proceselor

Dr. ing. **Vasile Baltac**
Dr. ing. **Dan Roman**
Dr. ing. **Nicolae Zegheru**
mat. **Dan Costăchescu**
ing. **Adrian Lustig**
ec. **Claudia Dumitrescu**
ing. **Cristian Stănescu**
ing. **Vlad Tepelea**
Dr. ing. **Gheorghe Corcodel**
Dr. mat. **Mihai Jalobeanu**

CALCULATOARELE ELECTRONICE, GRAFICA INTERACTIVĂ și prelucrarea imaginilor

Coordonare : Dr. ing. **Vasile Baltac**



Editura Tehnică
București, 1985



Elaborare :

Dr. ing. V. BALTAC, coordonare
generală, prefață, cap. 1 p, cap. 4 p

Dr. ing. D. ROMAN, cap. 1 p, cap. 4 p, anexa 5

Dr. ing. N. ZEGHERU, cap. 10 p

mat. D. COSTĂCHESCU, cap. 5 p, cap. 7

ing. A. LUSTIG , cap. 5 p, cap. 6, anexa 4

ec. C. DUMITRESCU, cap. 8

ing. C. STĂNESCU, cap. 2, anexa 1

ing. V. ȚEPELEA, cap. 3, anexele 2 și 3

Dr. ing. G. CORCODEL, cap. 10 p

Dr. mat. M. JALOBEANU, cap. 9

Recenzie : dr. ing. **ADRIAN DAVIDOVICIU**

Redactor : ing. **PAUL ZAMFIRESCU**

Tehnoredactor : **ELENA GERU**

Coperta : **TEODORA DOXAN**

Desenator : **VASILE MARGĂRIT**

Paginarea lucrării a fost realizată la I.P. „Banat“ de un
colectiv coordonat de **EDUARD GIESSER**.

Coli tipar : 22,5.

Bun de tipar : 6 ian. 1985.

Tiparul executat la Întreprinderea

Poligrafică „Banat“ Timișoara

Comanda nr. 146.



Prefață

Mărturisim bucuria de a fi autorii unei cărți care se va afla în fața cititorilor la puțin timp după desfășurarea lucrărilor celui de al XIII-lea Congres al Partidului Comunist Român. *Directivile Congresului, Raportul* prezentat de tovarășul Nicolae Ceaușescu, Secretarul General al Partidului subliniază deosebita dezvoltare pe care o vor cunoaște în perioada 1986—1990 electronica, tehnica de calcul, automatizarea și robotizarea proceselor de producție.

În afirmarea plenară a progresului tehnic în toate ramurile economiei naționale, un aport important îl va avea folosirea calculatoarelor electronice moderne (cum sînt și cele cu grafică interactivă) în proiectare, fabricație, inginerie, instruire.

Acum 35 de ani calculatorul electronic era un necunoscut, iar azi ne întrebăm ce am fi făcut fără inventarea lui. Practic, nu există domenii ale activității umane în care tehnica electronică de calcul să nu fi pătruns, altfel spus, nu există pete albe pe harta cunoașterii umane neexplorate de calculator. Explicația acreditării definitive a calculatorului drept partener indispensabil al omului chiar și pe teritoriile considerate exclusive — politica, medicina, arta — constă, pe de o parte, în progresele extraordinare realizate de microelectronică și, pe de altă parte, în difuzia continuă a calculatoarelor în toate domeniile permeabile la algoritmizare. Revoluția microelectronicii a pus la dispoziția cercetătorilor configurații de calcul cu procesoare rapide, cu memorii de capacități considerabile, cu o gamă diversificată de echipamente periferice, totul la un preț din ce în ce mai accesibil și în condiții de fiabilitate sporită. Programele de calculator, denumite și software, care să valorifice integral potențialul echipamentelor disponibile au întârziat să apară, măbind decalajul acestora față de echipamente, sau hardware. Una din cauzele obiective ale handicapului software-ului este complexitatea comunicației om-calculator: dificultatea implementării acestuia este considerabilă și se adaugă la dificultățile de definire a limbajelor de programare cele mai potrivite aplicației. În plus, datele de intrare și cele de ieșire, prezentate sub formă de lungi șiruri de cifre tabelate, necesită un efort de interpretare costisitor ca timp și supus

erorilor. Dacă în locul limbajului de programare clasic se folosește o interfață de tip întrebare-răspuns, adică o conversație, inițiativa putînd aparține fie utilizatorului fie calculatorului, și dacă în locul șirurilor nesfîrșite de cifre se folosesc imaginile grafice ca purtători sintetici de informație, comunicația om-sistem devine „prietenoasă”, permițînd omului să folosească mai eficient tehnica de calcul, să dezvolte mai simplu patrimoniul de programe aplicative, reducînd decalajul software-hardware.

Interfața om-calculator realizată sub formă grafică este mai naturală pentru cea mai mare parte a aplicațiilor, mai ales din momentul în care, printr-o largă difuzare a calculatoarelor, ele sînt disponibile tuturor categoriilor de oameni, cei mai mulți fără o pregătire specială în tehnica de calcul sau în matematici. Pentru om, în cele mai dese cazuri, informația prezentată grafic este mai accesibilă, mai ușor de memorat și prelucrat mental. Creierul uman este astfel conceput încît recepționează cu o capacitate uimitoare informația prezentată sub formă grafică, pe care o înmagazinează pe durata necesară, prin mecanisme în curs de elucidare.

Se poate afirma, de aceea, că încă de la începuturile tehnicii electronice de calcul s-a încercat ca intrarea și ieșirea datelor din calculator să se facă sub formă grafică. Deși au existat rezultate meritorii încă de la prima generație de calculatoare, implementarea economică și performantă a graficii create artificial prin mijloace ale electronicii s-a realizat numai în ultima perioadă. Putem considera consacrarea graficii computerizate ca una din trăsăturile dezvoltării calculatoarelor electronice, care poate fi considerată definitorie pentru progresul din ultimul deceniu al tehnicii electronice de calcul. O altă trăsătură definitorie a acestui progres structural este interactivitatea, care s-a împletit organic cu grafica, rezultînd conceptul de grafică interactivă, subliniat pe tot parcursul cărții, începînd cu titlul acesteia.

Grafica interactivă — ramură a științei calculatoarelor — care se ocupă, în principal, cu comunicația om-sistem de calcul prin intermediul imaginilor, oferă premisele conceperii și realizării de sisteme de proiectare, fabricație, inginerie sau instruire asistată de calculator. Avînd afișată pe ecranul unui display grafic imaginea unei matrițe, a traseelor unei plăci ou circuite imprimare sau a unei schițe de arhitectură, imagine rezultată în urma unor proceduri de proiectare automată, utilizatorul unui sistem grafic interactiv își poate valorifica experiența proprie modificînd interactiv proiectul sau solicitînd sistemului să-i furnizeze alte variante constructive pornind de la aceeași temă de proiectare.

Acest mod de lucru, în care proiectantul vede quasi-instantaneu efectele deciziilor sale, reduce considerabil durata ciclului cercetare-proiectare-producție, mărind productivitatea muncii.

Apariția unor sisteme grafice interactive care să depășească faza modelelor experimentale și care să aibă eficiență economică a fost condiționată de existența unor echipamente (hardware) adecvate: display-uri grafice, echipamente de trasare, dispozitive de interacțiune etc. Acestea cunosc pe plan mondial o dezvoltare susținută și au o contribuție esențială la afirmarea sistemelor grafice interactive. Și în țara noastră dezvoltarea tehnicii de calcul electronic, bazată pe programul național adoptat în 1967 și, în continuare, pe importante documente de partid și de stat, a inclus și realizarea în ultimii ani a echipamentelor grafice și a sistemelor bazate pe acestea. Ele contribuie la afirmarea plenară a progresului tehnic în toate ramurile economiei naționale, la creșterea aportului proiectării, fabricației, ingineriei și instruirii asistate de calculator.

Lucrarea de față își propune să pună la dispoziția implementatorilor de sisteme de proiectare asistată de calculator și utilizatorilor acestor sisteme atât bazele teoretice ale proiectării și elaborării de sisteme grafice interactive cât și câteva exemple de aplicare a acestora în diverse domenii. Proiectarea asistată de calculator fiind o disciplină de graniță între știința calculatoarelor și domeniul specific în care se face proiectarea, lucrarea se adresează inginerilor de calculatoare, automatiști și electroniști, dar și inginerilor mecanici, arhitecților, cartografilor, medicilor, tuturor celor care aspiră la precizie, eficiență, siguranță.

Având în vedere eterogenitatea cercului de cititori cărora cartea li se adresează, autorii au structurat-o pe domenii particulare de interes, aceștia putând aborda numai capitolele care îi interesează, fără a fi nevoiți să parcurgă întreaga lucrare. Din aceleași motive, tratările teoretice exhaustive au fost evitate, preferându-se trimiterile la bibliografie.

Partea întâi a lucrării — Echipamente și principii de programare pentru grafica interactivă — se adresează, îndeosebi, specialiștilor în tehnica de calcul, fiind o trecere în revistă a echipamentelor specifice graficii interactive precum și a modalităților de integrare a acestora în sisteme complexe și a programării lor. Ea se constituie, însă, ca o introducere în tehnicile și metodele folosite pentru realizarea în calculatoare a facilităților grafice, accesibilă și celor mai mulți dintre utilizatori.

Capitolul 1 — Sisteme grafice interactive — explicită rațiunea acestei cărți: necesitatea realizării de sisteme grafice și furnizării acestora sub forma „sistemelor la cheie“, cum și a problematicei unor aplicații tipice.

În capitolul 2 se face o trecere în revistă a echipamentelor de vizualizare și interacțiune. Prezentarea celor mai reprezentative tipuri de echipamente se încheie cu descrierea a două display-uri disponibile comercial. Sunt discutate avantajele și dezavantajele diverselor dispozitive de interacțiune în funcție de aplicațiile cărora le sînt destinate.

Ca echipamente uzuale de introducere și afișare a datelor grafice, digitizoarele și plotter-ele constituie subiectul Capitolului 3. O privire comparativă asupra utilizării diferitelor tipuri de echipamente de trasare oferă cititorului argumente pentru introducerea într-un sistem grafic a tipului adecvat de plotter.

În capitolul 4 — Echipamente grafice românești — se descriu echipamentele periferice furnizate de industria electronică din țara noastră. Aceste echipamente constituie, în același timp, exemplificări ale noțiunilor introduse în capitolele 2 și 3.

Prelucrarea grafică necesită tehnici diferite față de prelucrarea clasică a datelor economice sau științifice. În capitolul 5 — Elemente de programare și de realizare pentru grafica interactivă — sînt expuse bazele teoretice ale manipulării informațiilor grafice. De asemenea, ținînd seama de marea varietate de dispozitive grafice existente și de necesitatea amortizării investițiilor în software-ul unui sistem grafic, sînt prezentate conceptele de bază pentru realizarea de sisteme grafice interactive independente de dispozitivele din configurație. Sînt discutate comparativ propunerile de standarde pentru domeniul graficii computerizate — GKS, CORE, PHIGS.

Partea a doua a lucrării — Aplicații ale graficii interactive și prelucrarea imaginilor — se adresează tuturor utilizatorilor potențiali ai sistemelor CAD, CAM, CAE. Autorii au considerat oportun să prezinte amănunțit, în această secțiune, cîteva sisteme realizate în Centrul de Cercetare Științifică, Inginerie Tehnologică și Producție Industrială pentru Tehnica de Calcul-I.T.C.-București, sisteme ce constituie materializări ale cercetărilor din domeniul graficii interactive.

Capitolul 6 — Grafica interactivă și CAD în procese mecanice — prezintă delimitările dintre CAD, CAM și CAE, propunînd o abordare sistematică a proiectării sistemelor grafice destinate fiecăruia din cele trei domenii. Exemplificarea se face cu sistemul ISOLDA.

Unul dintre domeniile în care proiectarea asistată de calculator a devenit indispensabilă îl constituie electronica. Capitolul 7 este destinat proiectării de circuite imprimate. Descrierea algoritmilor și a metodelor de trasare se face cu referiri la sistemul PIX, un exemplu de sistem grafic interactiv realizat în țară și care a fost exportat cu deosebit succes.

Capitolul 8 — Grafica interactivă și CAD în arhitectură — conturează instrumentele pe care sistemul ARTIS le pune la dispoziția arhitecților pentru automatizarea proiectării construcțiilor.

Un domeniu înrudit cu grafica interactivă îl constituie „Prelucrarea imaginilor cu aplicații în medicină, biologie, robotică”, subiectul capitolului 9. Înrudirea privește atît echipamentele de interacțiune și vizuali-

zare cit și comunicația om-sistem care se face tot prin imagini. Diferă însă codificarea și preluarea imaginilor precum și transformările și metodele de prelucrare a imaginilor. Autorii au considerat necesară cuprinderea acestui subiect în prezenta lucrare, deoarece prelucrarea imaginilor are implicații imediate în medicină, biologie, robotică și poate, de asemenea, constitui un instrument deosebit de util pentru intrarea (I) și ieșirea (E) grafică a informației în sistemele CAD. Desigur, prelucrarea imaginilor prezintă particularități și deosebiri fundamentale față de grafica interactivă și se consideră cele prezentate în această carte ca o introducere necesară pentru completarea ideilor părții axate pe grafică, și nu o tratare exhaustivă a problematicii prelucrării imaginilor cu calculatorul electronic, care este necesar să constituie subiectul unor lucrări ulterioare.

Ultimul capitol al cărții — Prelucrarea imaginilor și grafica interactivă în fotogrammetrie și teledetecție — este o demonstrație convingătoare despre modernizarea unor domenii în care problemele teoretice par de mult rezolvate — aerotriangulație, cadastru funciar — prin introducerea tehnicii de calcul și, în particular, prin folosirea graficii interactive. Importanța crucială a fotogrammetriei și teledetecției pentru agricultură, mai ales în condițiile revoluției agrare din țara noastră, este punctată prin câteva sisteme de programe care și-au dovedit eficiența.

Dintre anexele cărții semnalăm „Dicționarul trilingv de termeni utilizați în grafica interactivă și prelucrarea imaginilor“. Fiind primul pe această temă, dicționarul propune o terminologie comună — susceptibilă de îmbunătățiri — pentru toți utilizatorii graficii interactive. În celelalte anexe sînt prezentate principalele tipuri de echipamente grafice produse în țară și străinătate, cum și unele produse-program realizate în țară.

Avînd în vedere relativa noutate a domeniului abordat cit și caracterul de pionierat al lucrării de față în literatura română de specialitate, autorii sînt conștienți de posibile omisiuni sau tratări parțiale ale unor subiecte care ar fi putut prezenta interes. De aceea, ei sînt gata să îmbunătățească conținutul lucrării în funcție de interesul publicului cititor. Fiind vorba de un studiu interdisciplinar, a fost dificil să se păstreze un echilibru stabil între informația destinată implementatorilor sistemelor grafice interactive și cea destinată utilizatorilor.

În numeroase întreprinderi și institute din România există baza materială — hardware-ul — pentru dezvoltarea unor sisteme grafice interactive. Există, de asemenea, numeroase preocupări pentru realizarea de sisteme grafice și software pentru acestea. Este necesar un efort conjugat al specialiștilor în calculatoare și al celor care vor să cerceteze asistați de calculator pentru a avea sisteme CAD eficiente în cele mai diverse domenii, cum și literatură tehnică originală cit mai reprezentativă.

520 Dorința mărturisită a autorilor, constituiți într-un colectiv numeros din mai multe unități de cercetare din țară, a fost și să ofere o lucrare de referință — în sensul propriu al cuvântului — tuturor celor care văd în proiectarea asistată de calculator o modalitate de a revoluționa știința, tehnica, gândirea.

Redactorul, ing. Paul Zamfirescu a conlucrat strâns cu colectivul de autori pentru structurarea și completarea cărții. Autorii îi mulțumesc, ca și referentului științific, dr. ing. Adrian Davidoviciu, pentru atenția acordată manuscrisului și pentru observațiile utile, care au contribuit la îmbunătățirea lucrării.

Doresc să subliniez și de această dată grija cu care Editura Tehnică, prin conducerea sa și prin redacția de specialitate, se ocupă de promovarea noului în tehnica românească, contribuind la publicarea de cărți care să țină cititorul român informat cu cele mai noi tendințe pe plan mondial. Legătura strânsă cu industria și cercetarea românească, editarea accelerată și perfecționată a seriei continue AMC (Automatică, Management, Calculatoare), publicarea unor monografii, cum este cea de față, pregătirea unor manuale ingineresti specifice, ne determină să ne alăturăm, cu eforturile noastre creatoare, ca și cu sprijinul instituțiilor în care activăm, acestor acțiuni de o deosebită importanță pentru progresul tehnic în țara noastră.

Dr. ing. Vasile Baltac

București, ianuarie 1985

Tabla de materii

Prefață	5
---------	---

PARTEA I. ECHIPAMENTE ȘI PRINCIPII DE PROGRAMARE PENTRU GRAFICA INTERACTIVĂ

Cap. 1. SISTEME GRAFICE INTERACTIVE

1.1. REPREZENTAREA GRAFICĂ CU CALCULATOARE ELECTRONICE ; EVOLUȚIE ȘI TENDINȚE	17
1.2. DIALOGUL UTILIZATOR — SISTEM GRAFIC	26
1.3. APLICAȚII ALE SISTEMELOR GRAFICE	30
1.4. PRINCIPII ÎN REALIZAREA ȘI ALEGEREA UNOR SISTEME GRA- FICE „LA CHEIE“	38
Bibliografie — Capitolul 1	41

Cap. 2. ECHIPAMENTE DE VIZUALIZARE ȘI INTERACȚIUNE

2.1. DISPOZITIVE DE VIZUALIZARE	43
2.1.1. Principii de bază	44
2.1.2. Tubul de memorie	49
2.1.3. Tubul color	52
2.1.4. Dispozitive de afișare plate	56
2.1.5. Display-ul caligrafic	58
2.1.6. Display-ul raster	61
2.2. DISPOZITIVE DE INTERACȚIUNE GRAFICĂ	64
2.2.1. Joystick	65
2.2.2. Trackball	66
2.2.3. Șoricelul (mouse)	66
2.2.4. Creionul optic	66
2.2.5. Tableta grafică	66
2.2.6. Tastatura	66
2.3. EXEMPLE DE DISPLAY-URI GRAFICE	67
2.3.1. Display-ul tip terminal alfanumeric, cu facilități grafice	67
2.3.2. Complex grafic	69
2.4. PERSPECTIVA EVOLUȚIEI DISPLAY-URILOR GRAFICE	74
Bibliografie — Capitolul 2	74

Cap. 3. ECHIPAMENTE DE TRASARE ȘI DIGITIZARE

3.1. ECHIPAMENTE DE TRASARE	76
3.1.1. Clasificări	76
3.1.2. Principii de funcționare	82

3.1.3. Comanda dispozitivelor de trasare	87
3.1.4. Privire comparativă asupra utilizării diferitelor tipuri de echipamente de trasare	103
3.2. ECHIPAMENTE DE DIGITIZARE	106
3.2.1. Clasificări	106
3.2.2. Principii de funcționare	109
3.2.3. Elemente de programare și utilizare a digitizoarelor	112
Bibliografie — Capitolul 3	115

Cap. 4. ECHIPAMENTE GRAFICE ROMÂNEȘTI

4.1. SISTEMUL GRAFIC INTERACTIV DIAGRAM 2030	117
4.2. DISPOZITIVUL DE AFIȘARE DAF 2020	119
4.3. ECHIPAMENTUL DE TRASARE AUTOMATĂ MD 10	122
4.4. ECHIPAMENTUL DE TRASARE AUTOMATĂ ICT 800	123
4.5. IMPRIMANTA MATRICIALĂ RCD 9335	125
4.6. IMPRIMANTA MATRICIALĂ ISM-150 (RO)	127
4.7. DIGITIZORUL PD-90	127
Bibliografie — Capitolul 4	128

Cap. 5. ELEMENTE DE PROGRAMARE ȘI DE REALIZARE PENTRU GRAFICA INTERACTIVĂ

5.1. INTRODUCERE	129
5.2. PRIMITIVE GRAFICE	129
5.3. REPREZENTĂRI DE PUNCTE ȘI TRANSFORMĂRI	134
5.4. TEHNICI DE REPREZENTARE GRAFICĂ	136
5.5. VIZUALIZAREA OBIECTELOR TRIDIMENSIONALE	138
5.6. CONCEPTE DE BAZĂ PENTRU REALIZAREA UNUI SISTEM GRAFIC	141
5.7. SISTEME DE INSTRUMENTE GRAFICE INDEPENDENTE DE DISPOZITIV	144
5.7.1. Propunerea de standard GKS	144
5.7.2. GKS sau CORE?	152
5.7.3. Propunerea de standard PHIGS pentru a suplini GKS	154
5.7.4. Pachetul grafic TEMPLATE	155
5.8. INTERFAȚA VIRTUALĂ CU DISPOZITIVUL	159
5.9. METAFIȘIERE GRAFICE	161
Bibliografie — Capitolul 5	161

PARTEA a II-a. APLICAȚII ALE GRAFICII INTERACTIVE ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR

Cap. 6. GRAFICA INTERACTIVĂ ȘI CAD, CAM, CAE ÎN PROCESE MECANICE

6.1. CAD, CAM, CAE: PROIECTARE, FABRICAȚIE, INGINERIE ASISTATE DE CALCULATOR	165
6.2. SISTEMUL DE INTRODUCERE ȘI IEȘIRE GRAFICĂ	166
6.2.1. Reprezentări geometrice tridimensionale	166
6.2.2. Metode de a construi modele geometrice	169
6.2.3. Implementarea sistemului de I/E grafică	174
6.3. SISTEMUL DE DIALOG	177
6.4. BAZA DE DATE GRAFICE	180
6.5. BAZA DE METODE	182
6.6. PROGRAME APLICATIVE	183
Bibliografie — Capitolul 6	185

Cap. 7. GRAFICA INTERACTIVĂ ȘI CAD ÎN ELECTRONICA. SISTEMUL DE PROGRAME PIX PENTRU PROIECTAREA PLĂCILOR CU CIRCUITE IMPRIMATE

7.1. AUTOMATIZAREA PROIECTĂRII PLĂCILOR CU CIRCUITE IMPRIMATE	186
7.2. INTRODUCEREA DATELOR	187
7.3. AMPLASAREA COMPONENTELOR	189
7.3.1. Algoritmi de amplasare	189
7.3.2. Metode interactive pentru amplasare	191
7.4. STABILIREA CONEXIUNILOR	193
7.5. TRASAREA CONEXIUNILOR	194
7.5.1. Algoritmi de trasare	194
7.5.2. Metode interactive pentru trasare	197
7.6. POST PROCESAREA	198
7.7. CONCLUZII	200
Bibliografie — Capitolul 7	200

Cap. 8. GRAFICA INTERACTIVĂ ȘI CAD ÎN ARHITECTURA. SISTEMUL DE PROGRAME ARTIS

8.1. IMPLICAȚIILE AUTOMATIZĂRII PROCESULUI DE PROIECTARE ÎN ARHITECTURA	201
8.2. SISTEM GRAFIC INTERACTIV PENTRU PROIECTAREA ÎN ARHITECTURĂ — PREZENTARE GENERALĂ	202
8.3. OPTIMIZAREA AMPLASĂRII SUPRAFEȚELOR ÎNTR-UN PROIECT DE ARHITECTURĂ	203
8.3.1. Caracteristici topologice	204
8.3.2. Problema generării partiurilor	206
8.4. ARTIS — SISTEM GRAFIC INTERACTIV PENTRU PROIECTAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR ÎN ARHITECTURĂ	208
8.4.1. Modulele sistemului	208
8.4.2. Proceduri automate de proiectare	211
8.4.3. Particularități în structurarea informației	219
8.4.4. Proceduri grafice interactive	220
8.5. CONCLUZII	221
Bibliografie — Capitolul 8	222

Cap. 9. PRELUCRAREA IMAGINILOR, CU APLICAȚII ÎN MEDICINĂ, BIOLOGIE, ROBOTICĂ

9.1. INTRODUCEREA IMAGINILOR ÎN CALCULATOR	224
9.1.1. Aproximarea numerică a imaginilor	224
9.1.2. Codificarea imaginilor	224
9.1.3. Preluarea imaginilor	231
9.2. STRUCTURA UNUI SISTEM DE PRELUCRARE A IMAGINILOR	237
9.3. TRANSFORMĂRI ȘI METODE DE PRELUCRARE A IMAGINILOR	240
9.3.1. Transformările imaginilor monocrome	242
9.3.2. Histograme și alte determinări statistice	245
9.3.3. Vecinii unui pixel	246
9.3.4. Transformări liniare	247
9.3.5. Detecția conturilor	249
9.3.6. Prelucrarea imaginilor binare	253
9.3.7. Analiza imaginilor numerice	255

9.4. APLICAȚII ALE PRELUCRĂRII IMAGINILOR	257
9.4.1. Aplicații în medicină și biologie	257
9.4.2. Roboți cu vedere artificială	261
9.5. IMPACTUL PRELUCRĂRII IMAGINILOR ASUPRA DEZVOLTĂRII SISTEMELOR DE CALCUL	262
Bibliografie — Capitolul 9	265
Cap. 10. PRELUCRAREA IMAGINILOR ȘI GRAFICA INTERACTIVĂ ÎN FOTOGRAMMETRIE ȘI TELEDETECȚIE	
10.1. CULEGEREA, PRELUCRAREA ȘI REPREZENTAREA DATELOR ÎN FOTOGRAMMETRIE ȘI TELEDETECȚIE	268
10.2. AEROTRIANGULAȚIA	272
10.2.1. Metodele de aerotriangulație	272
10.2.2. Prelucrarea datelor de aerotriangulație	275
10.3. CADASTRUL FUNCIIAR	284
10.3.1. Conceptul de cadastru și metodele de măsurare	285
10.3.2. Metodele fotogrammetrice analitice în cadastrul funciar	286
10.4. MODELUL DIGITAL AL TERENULUI	297
10.4.1. Tehnologia de realizare a modelului digital	298
10.4.2. Prelucrarea datelor modelului digital	300
10.5. TELEDETECȚIA	304
10.5.1. Senzori și platforme	305
10.5.2. Înregistrări și prelucrări	309
10.5.3. Programe de teledetecție în curs de realizare	320
10.6. TENDINȚE ȘI PERSPECTIVE	322
Bibliografie — Capitolul 10	324

ANEXE

Anexa 1. Caracteristicile principalelor tipuri de display-uri	327
Anexa 2. Tabel cu caracteristicile principalelor tipuri de plottere	332
Anexa 3. Tabel cu caracteristicile principalelor tipuri de digitizoare	342
Anexa 4. Dicționar trilingv de termeni utilizați în grafica interactivă și prelucrarea imaginilor	353
Anexa 5. Listă selectivă de produse-program pentru grafică interactivă din BNP	359

Partea I

Echipamente și principii de programare pentru grafica interactivă

Reprezentarea grafică este forma cea mai eficientă de interacțiune între om și sistemele de calculatoare, de transmitere a informației în conexiune cu varietatea imensă de aplicații ale acestora. Echipamentele prin care informația este vehiculată în ambele sensuri în formă grafică, însoțite de programele corespunzătoare, devin totuși și ele din ce în ce mai complexe, permit operatorului uman o interacțiune mai simplă cu calculatorul electronic, de fapt cu aplicația.

Informația adică reprezentată poate fi transformată printr-o gamă largă de proceduri, de la cele mai simple transformări grafice la proceduri numerice complexe de imagini. Se poate afirma, deci, că reprezentarea grafică este cel mai flexibil și mai puternic mod de comunicare între sistemele de calculatoare electronice și ființele umane [1]. Eficiența schimbului de informație depinde de gradul de interactivitate, ceea ce face ca sistemele grafice interactive de calculatoare electronice să reprezinte forța cea mai evoluată de până în prezent a sistemelor de calculatoare.

Încercările de a defini reprezentarea grafică în sistemele de calculatoare se lovesc de dificultăți, datorită evoluției rapide a domeniului și a multitudinii de forme de reprezentare. Vom considera, totuși, că reprezentarea grafică a informației în sistemele de calculatoare electronice este dată de totalitatea metodelor și tehnicilor de introducere, afișare și conversie a informației spre sau de la echipamente specifice de tehnică de calcul, astfel constituite încă pentru operatorul uman informația să aibă caracter grafic.

Definiția subtilizată caracterului grafic al informației, în opoziție cu prezentarea de succesiuni de texte și numere, care se bazează pe un alt mod de percepție a informației.

Aceasta, deoarece omul percepe figurile în ansamblul lor aproape instantaneu, fără efort, spre deosebire de texte și de numere pe care le sesizează într-o manieră serială, necesitând alt nivel de atenție și concentrare. Procesul interpretării unei imagini este în cele mai multe cazuri mai eficient decât descifrarea sensului unui șir de cifre și caractere. O explicație a acestui fenomen, o constituie faptul că evoluția în timp a creierului a avut loc într-un mediu bazat pe prelucrarea imaginilor, în care obiectele înconjurătoare sunt percepute analogic, adică grafic.

1.1. Reprezentarea grafică cu calculatoare electronice ; evoluție și tendințe

Reprezentarea grafică este forma cea mai eficientă de interacțiune între om și sistemele de calculatoare, de transmitere a informației în conexiune cu varietatea imensă de aplicații ale acestora. Echipamentele prin care informația este vehiculată în ambele sensuri în formă grafică, însoțite de programele corespunzătoare, devenite și ele din ce în ce mai complexe, permit operatorului uman o interfațare mai simplă cu calculatorul electronic, de fapt cu aplicația.

Informația astfel reprezentată poate fi transformată printr-o gamă largă de proceduri, de la cele mai simple transformări grafice la prelucrări numerice complexe de imagini. Se poate afirma, deci, că **reprezentarea grafică este cel mai flexibil și mai puternic mod de comunicare între sistemele de calculatoare electronice și ființele umane** [1]. Eficiența schimbului de informație depinde de gradul de interactivitate, ceea ce face ca sistemele grafice interactive de calculatoare electronice să reprezinte forma cea mai evoluată de pînă în prezent a sistemelor de calculatoare.

Încercările de a defini reprezentarea grafică în sistemele de calculatoare se lovesc de dificultăți, datorită evoluției rapide a domeniului și a multitudinii de forme de reprezentare. Vom considera, totuși ca „reprezentarea grafică a informației în sistemele de calculatoare electronice este dată de *totalitatea metodelor și tehnicilor de introducere, extragere și conversie a informației spre sau de la echipamente specifice de tehnică de calcul*, astfel construite încît pentru operatorul uman informația să aibă caracter grafic.

Definiția subliniază caracterul grafic al informației, în opoziție cu prezentarea de succesiuni de texte și numere, care se bazează pe un alt mod de percepție a informației.

Aceasta, deoarece creierul percepe figurile în ansamblul lor aproape instantaneu, fără efort, spre deosebire de texte și de numere pe care le sesizează într-o manieră serială, necesitînd alt nivel de atenție și concentrare. Procesul interpretării unei imagini este în cele mai multe situații mai eficient decît descifrarea sensului unui șir de cifre și caractere. O explicație a acestui fenomen o constituie faptul că evoluția în timp a creierului a avut loc într-un mediu bazat pe prelucrarea imaginilor, în care obiectele înconjurătoare sînt percepute analogic, adică grafic.

Cercetările de specialitate au pus în evidență și modul în care creierul înregistrează o figură sau o succesiune de figuri. Acest proces se efectuează diferit de cel serial al unei camere de luat vederi, printr-o prelucrare paralelă a informațiilor recepționate similară unui set de calculatoare paralele ce rulează programe de recunoașterea unor forme diferite [2].

Definiția propusă mai sus încearcă să o extindă pe cea acceptată de Organizația Internațională de Standardizare (ISO), care definește reprezentarea grafică ca „o colecție de *metode și tehnici de conversie a informației spre (sau de la) un display grafic prin intermediul calculatorului*” (ISO82a). Din analiza acestei definiții se constată că ea reduce aria echipamentelor grafice la unitățile de vizualizare pe ecran, numite și display-uri (termenul de specialitate din limba engleză). De asemenea, în această definiție nu se scoate în evidență că există în cadrul reprezentărilor grafice operații specifice de conversie a formelor grafice și nu se subliniază caracterul grafic al informației reprezentate, determinat — așa cum s-a mai scos în evidență înainte — de forma primară, analogică sau grafică, de reprezentare a imaginilor de către om.

Desigur, reprezentările abstracte, legate de numere și de manipulări logice, sînt cele care au condus la dezvoltarea creierului uman și l-au detașat net de restul viețuitoarelor. Sublinierea simplității reprezentării grafice nu trebuie în nici un fel să conducă la minimalizarea rolului reprezentărilor abstracte, factorul decisiv al perfecționării creierului uman, al cunoaștințelor despre natură. Cu toate acestea reprezentarea grafică își are avantajele mai înainte subliniate, ceea ce o face extrem de larg aplicată în sistemele de calculatoare electronice, care practic nu mai pot fi concepute fără echipamente grafice.

Înțelegerea deplină a mecanismului complex de funcționare a sistemului vizual uman este de mare importanță pentru fabricanții de echipamente grafice. La realizarea acestor echipamente, fără de care nu putem vorbi de o reală reprezentare grafică interactivă, sînt luate în considerație o serie de elemente care previn eventualele pierderi în procesul de percepție vizuală, limitele diferențelor de intensități luminoase, rezoluția spațială a vederii umane pentru figurile alb-negru sau color, adaptarea la contrast și alte fenomene strîns legate de prelucrarea informației reprezentate grafic.

Evoluția tehnologiilor în domeniul electronicii a permis implementarea multor proceduri similare celor biologice, care măresc performanțele și facilitățile sistemelor de calcul. Tendința permanentă de a produce echipamente de tehnică electronică de calcul cît mai accesibile unui mare număr de utilizatori a favorizat, de asemenea, intensificarea cercetărilor în domeniul reprezentării grafice a informației.

Ușurința în mînuirea echipamentelor de calcul depinde în mare măsură de stilul în care învață utilizatorii, de mecanismele memorării. Reprezentările grafice însoțite de *indicații interactive în text (meniuri)* au condus la apropierea sistemelor de calcul de utilizatorii neexperimentați în tehnica de calcul, combinînd modul spațial de percepere a informațiilor cu cel tradițional.

Performanțele sistemelor grafice sînt strîns legate de posibilitatea lor de a interacționa cu utilizatorul. În consecință, dezvoltarea reală a siste-

melor grafice a început odată cu apariția și răspîndirea facilităților interactive.

Gradul de interactivitate și modul de realizare al acestora decid într-o mai mare măsură atitudinea omului față de sistemul de calcul, decît performanțele generale ale echipamentelor și programelor. De aceea, una din cele mai complicate probleme cu care sînt confrunțați realizatorii sistemelor grafice este proiectarea interfeței sistemului de calcul cu utilizatorul.

Programele ce utilizează reprezentări grafice interactive trebuie să fie autodescriptive, ușor de învățat, tolerante la erori, trebuie să ofere utilizatorului senzația permanentă că sistemul se află sub controlul său, trebuie să vină în întîmpinarea așteptărilor operatorului [3].

Pentru o mare parte a utilizatorilor, ceea ce se vede este un rezultat care pare normal și simplu în raport cu explicația. În realitate, imaginea de pe display-ul grafic, sau rezultatul desenării pe un echipament grafic reprezintă cu mult mai mult decît un rezultat, este o reflectare a reprezentării matematice a modelului geometric realizat de calculator. Reprezentarea matematică stabilește forma exactă a obiectului cu ajutorul ecuațiilor geometriei analitice. Utilizatorul dezvoltă modelul geometric prin introducerea în sistemul grafic a trei clase de comenzi ce trebuie interpretate sau compilate. Prima clasă, identifică sau generează elementele primitive de volum, ca de exemplu cuburi sau sfere. Cea de-a doua clasă scalează, rotește sau poziționează elementele primitive în spațiu, iar cea de-a treia clasă combină elementele primitive prin unire, intersecție sau diferență. În urma prelucrării acestor clase de comenzi se obține o descriere evoluată a formei, pe care se pot face o serie de modificări cum ar fi eliminarea liniilor care nu se văd, umbrirea unor suprafețe etc. Clasele de comenzi sînt de fapt o descriere procedurală a formei, dezvoltate de utilizator.

Pentru scopuri ingineresti este adesea preferabilă o reprezentare structurată, în care fețele și muchiile sînt explicit reprezentate. Aceste reprezentări structurate sînt apoi utilizate ca primitive pentru crearea unor forme de mare complexitate. Toate desenele parțiale sau de ansamblu pot fi memorate și desenate la cerere în funcție de necesități cu ajutorul unui set de proceduri. Trecerea de la descrierea procedurală inițială la descrierea evoluată se realizează cu o singură structură de date.

Dintre cele mai uzuale formulări geometrice se pot aminti: liniile, arcele de cerc, elipsele, parabolele, conicele, curbele Bézier, curbele „spline“, parametrice, suprafețele, volumele. Dispunînd de o reprezentare matematică precisă a unui obiect este posibilă continuarea analizei acestuia cu ajutorul calculatorului.

Pentru a se ajunge la situația actuală, în care sistemele grafice nu mai reprezintă un segment separat al pieței calculatoarelor electronice, ci — practic — o facilități a tuturor sistemelor de calcul, a fost parcurs un drum lung, marcat de realizări deosebite.

Primul sistem grafic a apărut odată cu primul calculator numeric, Whirlwind, realizat de MIT în 1953, care dispunea în camera de comandă de un display grafic. De asemenea, sistemul de comandă și control SAGE utiliza în 1955 un display grafic și pentru prima dată un creion optic („light-pen). Firma CalComp a produs în 1958 primul plotter (masă de trasat) numeric.

Display-urile grafice se compuneau inițial dintr-un tub catodic cu un generator de vectori și un light-pen sau o tabletă grafică ca echipamente de interacțiune. Ele permiteau desenarea unui vector între oricare două puncte adresabile pe ecran. Pentru a avea o imagine stabilă, întregul desen trebuia reîmprospătat cel puțin de 30 de ori pe secundă, iar numărul vectorilor era limitat la acel număr ce putea fi desenat în acest interval. Pentru a crește numărul de vectori afișabili era necesară realizarea unor generatoare rapide, care conduceau la creșterea prețului echipamentului. De asemenea, necesitatea reîmprospătării imaginilor impunea rate de transfer mari între unitățile centrale și echipamentele periferice ce puteau fi asigurate numai de canale de interfață scumpe. Din aceste motive, dispozitivele de afișare cu reîmprospătarea vectorilor erau utilizate în aplicații speciale în care costurile nu reprezentau un element esențial.

În 1963, în cadrul tezei sale de doctorat, Ivan Sutherland a pus bazele teoretice ale programării sistemelor grafice și a format, împreună cu David Evans, în 1969, Compania Evans & Sutherland pentru echipamente grafice.

Firma Digital Equipment Corporation (S.U.A.) a introdus în fabricație de serie în 1968 primul terminal grafic inteligent DEC 338. În jurul anului 1963 firma General Motors (S.U.A.) a inițiat un proiect DAC/1 (Design Augmented by Computer) considerat primul pas în domeniul proiectării asistate de calculator. În aceeași perioadă Lockheed-Georgia (S.U.A.) utilizează sistemul grafic pentru programarea mașinilor-unelte cu comandă numerică.

Firma IBM (S.U.A.) inițiază în 1966 proiectul Demand la care lucrează împreună cu firmele Lockheed, McDonnell-Douglas, North American Rockwell, Rolls Royce și TRW pentru dezvoltarea tehnicilor de proiectare și fabricație asistată de calculator. Proiectul Demand a influențat realizarea ulterioară a pachetelor de programe complexe CADD al firmei McDonnell și CADAM al firmei Lockheed [4].

La sfârșitul deceniului 60—69 devin disponibile pe piață tuburile catodice cu memorie, care fac accesibile tehnicile grafice unui mare număr de utilizatori. Marele dezavantaj al acestor tuburi este faptul că o informație de pe ecran se poate înlătura numai prin ștergerea întregului ecran și redesenarea acelor informații care au fost nemodificate. De asemenea, nu se pot executa manipulări dinamice în timp real. Firma Tektronix (S.U.A.) a rămas practic unicul furnizor de terminale grafice cu tuburi cu memorie. În acea perioadă costul echipamentelor unui sistem grafic varia între 50 000—250 000 dolari, iar prețul programelor era practic nedeterminat.

La mijlocul deceniului 1970 apar display-urile raster, care deschid o nouă perspectivă sistemelor grafice. Aceste echipamente permit afișarea de suprafețe solide și au facilități ce permit manipularea dinamică a culorilor (fig. 1.1).

Diferitele tipuri de echipamente grafice oferă o mare varietate de facilități, care la o primă privire par să fie incomparabile. La început nu era foarte clar care sînt funcțiile primitive ale fiecărui echipament și cum pot fi corelate aceste primitive. Din motive de eficiență cerințele specifice aplicației erau implementate în sistemul grafic unde se găseau integrate și o

serie de facilități similare unui sistem de operare. Lipsa unui model de sistem grafic a condus la formarea unor „școli“ diferite de proiectare a programelor pentru aceste sisteme. Se distingeau următoarele tendințe :

- dependența de echipament ;
- dependența de aplicație ;
- dependența de mediul înconjurător.

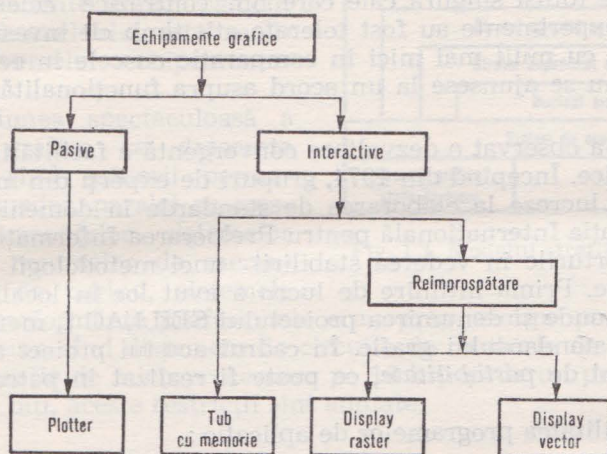


Fig. 1.1. Principalele tipuri de echipamente grafice.

Ca o consecință, programele grafice puteau fi utilizate exclusiv pe echipamentele pe care au fost dezvoltate, introducerea unor echipamente cu facilități noi conducând la reprogramarea unei părți însemnate din sistemul de programe. Fiecare posesor de echipament grafic își realiza propriul său sistem de programe, cu intenția utilizării resurselor disponibile într-un mod optim.

Un alt punct de divergență l-a constituit modul în care funcțiunile grafice erau oferite programului de aplicație. Erau utilizate următoarele strategii :

- realizarea unui limbaj de programare pentru grafică ;
- realizarea unei extensii grafice pentru un limbaj de programare de nivel înalt existent (de ex. FORTRAN) ;
- realizarea unui pachet de subrutine apelabil din limbajul de nivel înalt existent.

Proiectarea unui nou limbaj de programare pentru grafică dă multă libertate programatorului. Cu toate acestea, introducerea unui nou limbaj de programare nu este o sarcină ușoară și necesită acordul multor utilizatori.

Proiectarea unei extensii grafice este o sarcină mai puțin dificilă și de aceea au fost realizate asemenea dezvoltări pentru toate limbajele mai importante. Problemele au apărut o dată cu necesitatea modificării corespunzătoare a compilatoarelor, care puteau fi livrate beneficiarilor în cadrul unor noi versiuni. Nu este ușor să convingi „clientela“ unui limbaj de pro-

gramare să suporte costurile unor modificări grafice, pe care nu le folosește decît în parte [4].

Un pachet de subrutine este cea mai puțin elegantă soluție. Definirea obiectelor grafice și a operației prin intermediul unei liste de parametri nu este foarte atractivă deoarece cele mai multe erori se detectează în timpul execuției programului, conducînd la performanțe neoptime. Această procedură este totuși singura cale care nu contrazice celelalte interese. Toate aceste experimente au fost tolerate atît timp cît investițiile în programe au fost cu mult mai mici în comparație cu cele în echipamente și atît timp cît nu se ajunsese la un acord asupra funcționalității sistemelor grafice.

În timp s-a observat o dezvoltare convergentă a facilităților oferite de sistemele grafice. Începînd din 1974, grupuri de experți din mai multe țări au început să lucreze la elaborarea de standarde în domeniul sistemelor grafice. Federația Internațională pentru Prelucrarea Informației (IFIP) și-a concentrat eforturile în vederea stabilirii unei metodologii de lucru în această direcție. Prima întîlnire de lucru a avut loc în localitatea Seillac din Franța de unde și denumirea proiectului SEILLAC I, menit să asigure fundamentele standardului grafic. În cadrul acestui proiect a fost definit exact conceptul de *portabilitate*, ce poate fi realizat în patru moduri diferite :

- portabilitatea programelor de aplicație ;
- independența programelor față de echipamentele utilizate ;
- portabilitatea informațiilor grafice ;
- portabilitatea instruirii.

Portabilitatea aplicațiilor a constituit primul obiectiv al eforturilor concrete de standardizare a interfețelor nucleului sistemului cu programul de aplicație și cu driver-ul echipamentului (fig. 1.2).

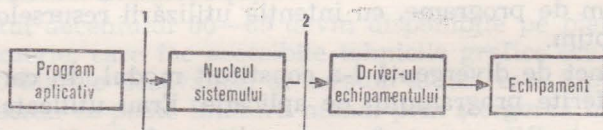


Fig. 1.2. Interfețele unui sistem grafic.

În Statele Unite eforturile de standardizare au fost concentrate la început de grupul ACM-SIGGRAPH, care a prezentat în 1979 două propuneri de standardizare pentru un sistem grafic tridimensional denumite GSPC sau CORE SYSTEM. Din 1979 activitatea de standardizare în domeniul sistemelor grafice a preluat-o Institutul Național American de Standarde (ANSI).

Rolul cel mai activ în promovarea unui standard echilibrat, capabil să satisfacă solicitările cele mai diverse, l-a avut grupul din cadrul Institutului Vest-German pentru Normare Industrială (DIN) condus de José Encarnação. Acest grup a prezentat în 1977 un prim proiect al standardului GKS (Graphical Kernel System). O serie de alte țări s-au alăturat eforturilor inițiale ale DIN și au prezentat în decembrie 1982 versiunea finală a GKS, care este astăzi un standard internațional.

Standardul GKS definește un set de funcții ce realizează sarcini grafice într-un mod independent de limbaj (fig. 1.3).

GKS este un nucleu sistem nu numai în sensul furnizării unor facilități grafice pentru multe aplicații diferite ci și în sensul independenței funcțiilor grafice de echipamentele specifice. Interpretarea funcțiilor independente de echipament în interiorul nucleului este realizată de driver-ele echipamentelor (fig. 1.4).

Expansiunea spectaculoasă a sistemelor grafice se datorește în primul rînd scăderii permanente a costurilor, paralel cu creșterea performanțelor sistemelor de calcul și resurselor de memorare. Pînă de curînd, sistemele grafice cu performanțe profesionale erau prea scumpe pentru o utilizare generală. Acum cînd dispunem de circuite de memorie de 256 Kbiți, de o a doua generație de microprocesoare pe 16 biți și de un prim microprocesor pe 32 de biți, aceste restricții sînt anulate.

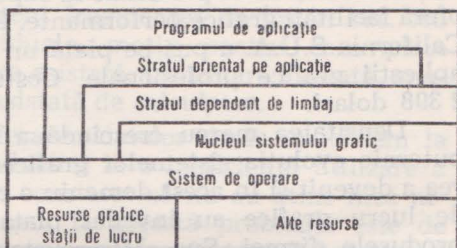


Fig. 1.3. Modelul stratificat al GKS [3].

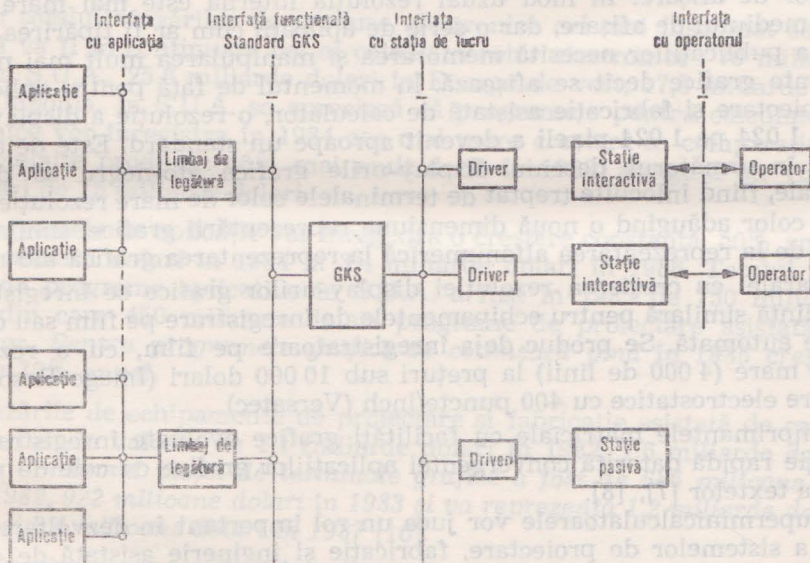


Fig. 1.4. Interfețele GKS.

Datorită utilizării masive a proiectării asistate de calculator în domeniul circuitelor foarte larg integrate a fost posibilă realizarea unor circuite noi cum ar fi coprocesoarele grafice și video, mașinile grafice semidedicatate („semi-custom“) sau circuitele dedicate („full-custom“) specifice unor aplicații, care au o mare contribuție la răspîndirea utilizării sistemelor grafice. De remarcă este faptul că multe din dezvoltările tehnologice recente ce

influențează direct sistemele grafice se datoresc tocmai utilizării pe scară largă a acestor sisteme [5].

Se estimează că în 1984 volumul vânzărilor de sisteme grafice în S.U.A. a atins cifra de 7,8 miliarde dolari și se prognozează o creștere anuală până în 1988 de 32%. Toate calculatoarele disponibile în acest moment pe piață, de la calculatoarele personale la superminicalculatoare și supercalculatoare, oferă facilități grafice performante. În 1984 firma Mindset Corp., Sunnyvale California S.U.A. a pus pe piață un calculator personal capabil să suporte aplicații grafice profesionale. Costul sistemului fără programe este de 2 398 dolari.

Densitatea mereu crescândă a circuitelor microelectronice va afecta puternic evoluția sistemelor grafice în următorii zece ani. Descentralizarea a devenit și în acest domeniu o regulă. Un număr considerabil de stații de lucru grafice au invadat piața în 1984. Un exemplu îl reprezintă produsele firmei Sun Microsystems Inc. S.U.A., bazate pe procesor MC 69010, cu sistem de operare UNIX 4.2, programe speciale pentru baze de date relaționale, 1—4 MB memorie. Prețul unei stații de lucru variază în funcție de configurație între 10 000 și 20 000 dolari [6].

Rezoluția a fost și rămâne una din problemele tehnice esențiale ale sistemelor grafice. Sînt de luat în considerație două aspecte și anume: rezoluția internă a calculatorului necesară reprezentării și manipulării informațiilor grafice ce urmează să fie afișate și rezoluția necesară mediului exterior de afișare. În mod uzual rezoluția internă este mai mare decît cea a mediului de afișare, dar o serie de aplicații cum ar fi tipărirea automată a publicațiilor necesită memorarea și manipularea mult mai multor elemente grafice decît se afișează. În momentul de față pentru aplicațiile de proiectare și fabricație asistată de calculator, o rezoluție a display-ului grafic 1 024 pe 1 024 pixeli a devenit aproape un standard. Este de așteptat ca în următorul deceniu display-urile grafice alb-negru să devină opționale, fiind înlocuite treptat de terminalele color de mare rezoluție, imaginea color adăugînd o nouă dimensiune reprezentării grafice, similară cu saltul de la reprezentarea alfanumerică la reprezentarea grafică alb-negru.

Paralel cu creșterea rezoluției display-urilor grafice se înregistrează o tendință similară pentru echipamentele de înregistrare pe film sau de desene automată. Se produc deja înregistratoare pe film, cu o rezoluție foarte mare (4 000 de linii) la prețuri sub 10 000 dolari (Image Resource), plottere electrostatice cu 400 puncte/inch (Versatec).

Imprimantele matriciale cu facilități grafice evaluate înregistrează o evoluție rapidă datorită convergenței aplicațiilor grafice cu cele de prelucrare a textelor [7], [8].

Superminicalculatoarele vor juca un rol important în dezvoltarea viitoare a sistemelor de proiectare, fabricație și inginerie asistată de calculator. Se preconizează că sistemele „la cheie” actuale, bazate pe minicalculatoare, vor înregistra o scădere în următorii doi ani de la 70% la 60% în timp ce furnizorii de superminicalculatoare vor înregistra o creștere ajungînd la 30% din piața de minicalculatoare. Această tendință se datorește în principal degradării timpului de răspuns în cazul mai multor terminale grafice și necesității dezvoltării unui sistem cu adevărat integrat de proiectare, fabricație și inginerie asistată de calculator. Majoritatea sistemelor grafice instalate în lume se bazează pe minicalculatoare pe 16 biți, care

nu pot să satisfacă tendințele actuale ale dezvoltării aplicațiilor integrate. Problemele de performanță pot fi rezolvate eficient numai în sistemele în care superminicalculatoarele comunică cu stații grafice de lucru inteligente.

Cele mai multe dintre sistemele existente de proiectare și fabricație asistată au fost dezvoltate până în prezent fragmentat de jos în sus. Au fost automatizate numai funcții individuale, motiv pentru care piața abundă de produse separate de : desenare asistată, proiectare asistată, analiză asistată, testare asistată, fabricație asistată de calculator.

Integrarea actuală constă în transferarea datelor de la un sistem la altul prin intermediul unor fișiere, conducând la o ineficientă utilizare a resurselor de calcul. Mulți utilizatori au constatat că nu au atins încă nivelul de productivitate scontat. Răspunsul la această problemă este de abordare coerentă de sus în jos a unui proces de proiectare, fabricație și inginerie asistată [9].

Evoluția pieței sistemelor grafice este strâns legată de ansamblul industriei electronice. Este de așteptat ca în anul 1984 să aibă loc o creștere masivă a volumului vânzărilor de produse electronice în întreaga lume. Față de anul precedent, în S.U.A. se estimează o creștere cu 19%, atingând un volum total de 184 miliarde dolari, în Europa de vest 12%, realizându-se 61 miliarde dolari, iar în Japonia 14%, ajungând la 41 miliarde dolari.

Din totalul vânzărilor de produse electronice cel mai însemnat sector de piață va fi în continuare cel al calculatoarelor electronice : 79 miliarde dolari în S.U.A., 25,6 miliarde dolari în Europa de vest, 17,3 miliarde dolari în Japonia. În S.U.A. se apreciază că programele pentru calculatoare electronice vor înregistra în 1984 cea mai mare creștere în comparație cu toate celelalte produse : 46% mai mult decât în 1983, atingând un volum de vânzări de 15 miliarde dolari.

Programele de aplicație vor înregistra o creștere constantă, 50% anual, de la 1 miliard dolari în 1984 la 3,4 miliarde dolari în 1986. Totalul vânzărilor de programe aplicative în S.U.A. a fost în 1983 de 750 milioane dolari, din care 450 milioane dolari programe de proiectare asistată de calculator. *Pentru programele grafice se estimează până în 1986 creșteri cu peste 30% anual.*

Vânzările de echipamente de proiectare și fabricație asistată de calculator au fost în valoare de 1,1 miliarde dolari în 1982, 1,6 miliarde dolari în 1987. *Consumul pieței de terminale grafice a fost de 686 milioane dolari în 1982, 922 milioane dolari în 1983 și va reprezenta 1,2 miliarde dolari în 1984 și 2,4 milioane dolari în 1987 [10].*

Se poate constata că sistemele grafice au intrat într-o perioadă de maturitate. În urmă cu puțin timp ele reprezentau încă un domeniu inaccesibil, datorită resurselor hardware și software de care aveau nevoie. Importantele reduceri ce au intervenit în ultimii ani în raportul preț/performanță al echipamentelor specifice, apariția unui mare număr de calculatoare personale cu terminale grafice standard, cum și realizarea a numeroase pachete de programe aplicative complexe, independente de echipamentele utilizate, au condus la răspindirea sistemelor grafice și acreditarea lor ca mijloace eficiente indispensabile activității umane.

1.2. Dialogul utilizator — sistem grafic

Posibilitatea utilizatorului de a introduce informații de la o stație de lucru grafică pe lângă facilitatea acesteia de a genera imagini, adaugă o nouă dimensiune sistemelor grafice : interactivitatea.

Acțiuni directe de selectare, plasare, ștergere, indicare ca și răspunsul instantaneu din partea sistemului, corespund modului natural în care omul tratează cu mediul înconjurător. Sistemele grafice interactive permit toate aceste acțiuni. Ele reprezintă cel mai puternic instrument de adaptare a interfeței om-calculator la nevoile umane. Proiectantul unei astfel de interfețe lucrează în mod inevitabil cu un model conceptual al viitorului utilizator, modul de gândire al acestuia reprezentând aspectul esențial.

Așa cum menționam mai înainte există două moduri cognitive ale gândirii : unul dominant, logic, care prelucrează informații simbolice (alfanumerice) într-o manieră secvențială și altul nedominant, intuitiv, care prelucrează informații vizuale globale (imagini) de o manieră paralelă. Unele cercetări afirmă că cel de-al doilea mod al gândirii noastre este sursa ideilor creatoare, iar primul este utilizat pentru verificarea și comunicarea acestor idei (fig. 1.5).

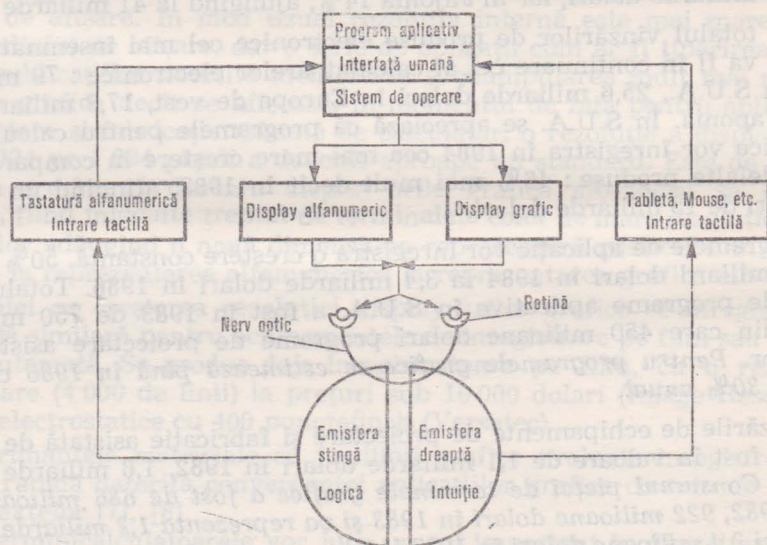


Fig. 1.5. Schema interfeței om/calculator [7].

Cele două moduri cognitive operează uneori simultan și cooperează în prelucrarea informațiilor, alteori se interferează sau se suprimă reciproc.

Analiza mecanismului gândirii umane este utilizată astăzi intensiv la mărirea fluxului de informație bidirecțional între om și calculator. S-a constatat că este posibil ca fiecare ochi să transmită creierului mai mult de trei milioane biți pe secundă, ceea ce nu este posibil de realizat în tehnologia actuală a display-urilor vector sau raster.

Dacă studiem un proces de proiectare interactivă vom constata că el se compune dintr-un ciclu de proiectare pe care omul îl parcurge de mai multe ori pînă ce produsul este satisfăcător (fig. 1.6). Sistemele grafice interactive oferă proiectantului posibilitatea să vizualizeze imediat rezultatul ipotezelor sale, să introducă rapid schimbările dorite și astfel să parcurgă mai multe cicluri de proiectare. Rezultatul va fi obținerea unui produs superior, într-un timp redus, cu costuri scăzute față de metodele tradiționale [12].

Există o mare varietate de echipamente și tehnici de interacțiune. Deoarece scopul oricărui sistem de programe este independența de echipamentele utilizate, putem defini mai întîi o clasă de echipamente logice de intrare, în vederea comunicării între programul de aplicație și utilizator. Echipamentele logice de bază sînt : *locatorul*, care identifică o poziție și/sau o orientare, *selectorul*, care alege o entitate ce urmează a fi afișată, *valuatorul*, care permite introducerea unei singure valori în spațiul numerelor reale, *tastatura*, pentru introducerea unui șir de caractere și *butonul*, ce permite o selectare dintr-un set de acțiuni și opțiuni alternative.

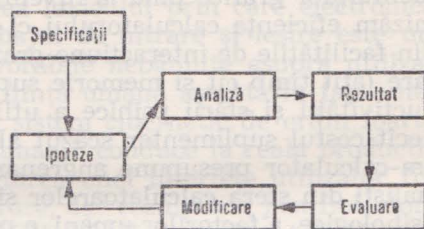


Fig. 1.6. Proces de proiectare interactivă.

Conceptul de echipamente logice de intrare introdus de Newman în 1968 este similar cu fișierele logice în cadrul unui sistem de operare. Utilitatea echipamentelor logice este evidentă în cadrul unor sisteme grafice mai puțin complexe, care nu dispun decît de un display grafic simplu, multe din echipamentele de intrare fiind simulate. Echipamentele logice se regăsesc și în propunerea de standard Core System și în protocolul grafic al rețelei ARPA [11].

Fiecare echipament logic are un prototip natural, reprezentat de un echipament fizic specific sau o clasă de echipamente. Echipamentul logic *locator* are drept corespondenți fizici următoarele echipamente : tableta cu stylus sau cursor, mouse-ul, trackball-ul, joystick-ul, touch panel-ul, tableta sonică, noll box-ul. Echipamentului logic *selector* îi corespunde un singur echipament fizic : creionul luminos (light pen). Valuatorii sînt potențiometri rotativi montați în mod curent în grupuri de opt sau zece. Butoanele sînt cel mai frecvent reprezentate de tastaturi cu funcții programabile. Echipamentele fizice de interacțiune sînt prezentate pe larg în capitolul 2.

Utilizarea eficientă a instrumentelor de interacțiune depinde în mod esențial de modul în care este realizată interfața utilizator-sistem. Un studiu clasic „Display-Selection Techniques for Text Manipulation“ publicat în 1967, demonstrează diferențe de 100% în viteză și 200% în rata erorilor între diferite tehnici de selectare a cuvintelor de pe ecranul unui display. De asemenea, două sisteme grafice interactive de desenare, destinate să realizeze aceeași sarcină, prin folosirea unor proceduri diferite au condus la diferențe de 100% în timpul total de rezolvare a problemei. Utilizatorii sistemelor de calcul au constatat fără îndoială scăderi ale productivității lor provocate de factorii umani ce intervin în dialogul cu sistemul.

Din aceste motive, cu cît disponibilitatea pe piață a sistemelor grafice interactive cu funcții similare este mai mare, cu atît succesul lor va depinde mai mult de ușurința de utilizare a acestora.

Factorii umani nu au reprezentat un domeniu tradițional de studiu în dezvoltarea calculatoarelor. În trecut accentul se punea pe optimizarea utilizării a două resurse : timpul de calcul și spațiul de memorie. În zilele noastre, odată cu scăderea costului echipamentelor de calcul și creșterea facilităților grafice pînă la nivelul calculatoarelor personale, nu mai optimizăm eficiența calculatorului ci eficiența utilizatorului. Desigur, multe din facilitățile de interacțiune grafică necesită resurse de calcul suplimentare (atît timp cît și memorie suplimentară), dar efectele lor asupra productivității și stării psihice a utilizatorului sînt incomparabil mai mari decît costul suplimentar scăzut al acestor resurse. Proiectarea interfeței om-calculator presupune angrenarea în această activitate pe lîngă specialiști din sfera calculatoarelor și de cercetători din domeniile percepției psihologice, a factorilor umani, a psihologiei cognitive.

Dialogul utilizator-calculator sau om-mașină este indispensabil legat de sistemele interactive, deoarece cine proiectează un program grafic interactiv proiectează în același timp un dialog grafic utilizator-calculator. Există o mare analogie între acest dialog și cel utilizat în comunicarea dintre oameni. Limbajul sistemelor grafice utilizează adesea cuvinte vorbite și scrise, imaginile și mișcările reprezentînd „cuvinte“ ale acestui limbaj [13].

Sînt o serie de caracteristici ale limbajului natural care trebuie să se regăsească în dialogul utilizator — sistem grafic. Acesta trebuie să fie eficient, complet și să aibă o gramatică naturală. Cu un limbaj eficient utilizatorul poate comanda în mod concis sistemul grafic. Un limbaj complet permite exprimarea oricărei idei într-un anumit domeniu, iar o gramatică naturală are un număr minim de reguli simple, ușor de învățat. Acest lucru minimizează perioada de școlarizare a utilizatorului și permite concentrarea asupra problemei de rezolvat.

Limbajul dialogului trebuie să fie în același timp concis și extensibil în sensul creșterii eficienței limbajului prin introducerea unor termeni noi, definiți cu ajutorul unora deja existenți. O caracteristică a dialogului interpersonal, absolut necesară dialogului om-calculator este reacția inversă, componenta majoră a interactivității.

În realitate, în cadrul sistemelor grafice există două limbaje de interacțiune : cu unul utilizatorul comunică cu mașina, iar cu celălalt calculatorul comunică cu utilizatorul. Primul limbaj este exprimat prin acțiuni aplicate diferitelor dispozitive de interacțiune, în timp ce al doilea limbaj este exprimat grafic prin linii, puncte, șiruri de caractere, culori, care formează imagini și mesaje [11]. Fiecare din aceste limbaje pot fi divizate în patru părți mari : proiectarea conceptuală, semantică, sintactică și lexicală. Există o serie de principii utilizate în proiectare : asigurarea reacției inverse, continuitatea vizuală, ajutarea utilizatorului în învățarea sistemului, corectarea erorilor, controlul timpului de răspuns, consistența, structurarea informațiilor grafice, minimizarea memorării.

Multe din aceste principii par evidente, dar majoritatea programelor existente nu țin cont în totalitate de ele. În mod curent există o permanentă intenție de a utiliza un sistem cît mai repede posibil. Din aceste

motive, interfața utilizator-sistem este mai mult orientată spre o implementare ușoară în detrimentul unei utilizări simple.

Utilizarea în sistemele grafice interactive a contextului prealabil din cadrul unui dialog în vederea soluționării ambiguităților, a înțelegerii referințelor indirecte și realizarea unor alte inferențe similare, a fost dificil de realizat pînă în prezent. Toate aceste probleme au început să fie soluționate cu ajutorul tehnicilor de inteligență artificială.

O particularitate specifică sistemelor grafice este modul de conversație între utilizator și sistem. Proiectarea lexicului prin care electronica echipamentelor grafice răspunde la limbajul de intrare și ieșire este un element de rafinament cu implicații favorabile nebanuite asupra utilizatorului. Nu trebuie niciodată uitat că o ființă umană așezată în fața unei console grafice interactive reprezintă un sistem cibernetic de ordin foarte înalt. Așa-zisul „acord fin al factorilor umani“ conduce la reala productivitate în masă a acestor sisteme. Proiectarea unei interfețe utilizator fin acordată necesită un timp mare de elaborare, dar rezultatele justifică efortul. Interfața utilizator a sistemului XEROX STAR a reprezentat o investiție de 20—30 persoane-ani, inclusiv experimentarea unor alternative de proiectare. Rezultatul este realizarea uneia dintre cele mai atractive și eficiente interfețe utilizator existente [14].

Tehnologia realizării interacțiunii evoluează rapid. Cu toate că tastatura este încă cel mai simplu, mai economic și mai flexibil echipament de intrare întâlnit astăzi în sistemele grafice, este cel mai impropriu mecanism de interacțiune în aplicațiile grafice. Tastaturile solicită utilizatorilor să-și întrerupă atenția cognitivă, să-și reamintească contextul și să execute o serie de acțiuni care nu se potrivesc cu natura acestei activități. Rolul tastaturii va continua să fie important pentru acele aplicații grafice interactive în care colectarea datelor reprezintă activitatea interactivă cea mai importantă.

Experimente interesante au fost realizate prin înlocuirea tastaturii clasice cu cifre și litere printr-o *interfață iconică*, care prezintă comenzile utilizatorului și informațiile sistemului sub forma unor imagini. Acestea sînt alese pentru a avea o strînsă legătură cu acțiunea dorită prin asemănare (desene), analogie (simbol) sau sînt selectate dintr-un grup definit și învățat de imagini arbitrare (semne). Avantajul interfeței iconice îl reprezintă ușurința învățării utilizării echipamentului indiferent de vîrstă și de limbă, care creează o dimensiune internațională a aplicațiilor. Este mai ușor a recunoaște și selecta decît a memora și tasta o informație în cazul interfețelor bazate pe text. Cercetările în acest domeniu au fost aplicate în proiectarea interfeței cu utilizatorii a calculatoarelor personale ale firmei Apple, modelele Lisa și MacIntosh.

Este de așteptat ca echipamentele grafice interactive să utilizeze extensiv în viitor mecanisme de recunoaștere a vorbirii și tablete, care pe lîngă punctul de contact să furnizeze și informații despre direcție. Modelul unei stații de lucru grafice interactive viitoare va conține o „mașină de interacțiune“ care va gestiona toate dispozitivele de interacțiune și va servi drept „interpretor simultan“ între utilizator și calculator.

Creșterea interactivității este considerată obiectivul major al perioadei 1980—1990 în domeniul sistemelor grafice, cu implicații importante asupra viitoarelor generații de calculatoare.

1.3. Aplicații ale sistemelor grafice

Reprezentarea grafică cu ajutorul calculatorului este utilizată astăzi în foarte multe domenii : industrie, economie, medicină, biologie, învățămînt, și cel mai recent, prin intermediul calculatoarelor personale, în activitatea individuală. Lista aplicațiilor este foarte mare și se îmbogățește rapid pe măsură ce costul echipamentelor specifice devine echivalent cu cel al bunurilor de larg consum. În continuare prezentăm unele domenii de aplicație reprezentative ; asupra unora dintre acestea vom reveni pe larg în partea a II-a a cărții, unde tratăm și domenii la care nu ne referim în acest paragraf.

Desenarea interactivă în domeniul comerțului, științei și tehnologiei. Sistemele și echipamentele grafice sînt utilizate astăzi cel mai frecvent pentru reprezentarea funcțiilor matematice, fizice și economice în două și trei dimensiuni, la desenarea de histograme, grafice, diagrame de producție, gestiunea stocurilor etc. Toate aceste desene sînt folosite pentru prezentarea unor situații, tendințe și reguli, într-un mod concis, atractiv și expresiv, avînd implicații importante asupra înțelegerii unor fenomene complexe și stabilirii deciziilor corespunzătoare.

În 1982 valoarea echipamentelor utilizate în aplicații de „business graphics“ era de 316 milioane dolari, estimîndu-se creștere de 47 % anual pînă în 1986 cînd se va atinge valoarea de 1,4 miliarde dolari. Ancheta realizată de International Data Corporation (IDC) arăta că plotter-ul este încă cel mai răspîndit echipament în producerea de desene, folosit pentru 52 % din totalul aplicațiilor cu caracter economic, înregistrînd însă o scădere față de anul 1980 cînd era utilizat în 75 % din aceste aplicații. Această scădere se datorește creșterii utilizării imprimantelor matriciale cu facilități de desenare, care erau utilizate în 1982 în 38 % din totalul aplicațiilor cu caracter economic.

Cea mai frecventă aplicație, utilizată de 94 % din cei interogați de IDC, o reprezintă prezentarea grafică a informației pentru cadrele de conducere, urmată de planificare și previziune (90 %), analiza cifrei de afaceri (82 %), vânzări (67 %), școlarizare (65 %). Creșterea productivității datorată utilizării reprezentărilor grafice de către cadrele de conducere nu este atît de evidentă ca în cazul unor aplicații de proiectare asistată de calculator și pentru motivul că productivitatea unui conducător este mai greu de apreciat în comparație cu cea a unui inginer sau desenator. În ciuda dificultăților în obținerea unor evidențe palpabile, 94 % din utilizatori cred că folosirea reprezentărilor grafice interactive în domeniul comercial și de conducere se reflectă într-o creștere a productivității întregii întreprinderi.

Sistemele destinate acestor aplicații sînt în general ieftine, neafectînd esențial investițiile întreprinderilor. Dacă însă se impune o calitate deosebită desenelor finale (pe hîrtie sau film) are loc o creștere a prețului sistemului, datorită costului ridicat, în acest moment, al unor echipamente speciale, cum ar fi înregistratoarele pe film cu rezoluție ridicată și echipamentele electrostatice de desenare color.

Faptul că majoritatea microcalculatoarelor personale au facilități grafice și echipamente simple de interacțiune, majoritatea programelor dis-

posibile pentru aceste calculatoare utilizând reprezentări grafice, creează premiza unei răspîndiri masive în perioada imediat următoare a aplicațiilor grafice simple, la îndemîna oricărui utilizator. Această situație va conduce, pe lângă avantajele evidente de comunicare, învățare și optimizare a proceselor decizionale, la dezvoltarea unor aplicații și echipamente complexe, bazate pe tehnici de reprezentare și dialog grafic.

Cartografie. Sistemele grafice se utilizează pentru producerea unor reprezentări precise pe hîrtie, film sau alte suporturi a fenomenelor naturale și geografice.

Realizarea și utilizarea hărților are o istorie îndelungată și remarcabilă. În ultimii 20 de ani, calculatoarele electronice au introdus mari schimbări nu numai în realizarea acestora ci și în utilizarea lor. Distingem patru aplicații majore în domeniul cartografic: referințe geografice, explorarea și administrarea resurselor naturale, utilizarea terenurilor, analiza și afișarea informațiilor economice și demografice.

Utilizarea hărților ca sursă de informații pentru referințe geografice este cea mai veche aplicație. Hărțile de navigație, aeriene, navale sau terestre, hărțile geodezice și topografice fac parte din această categorie.

Explorarea și administrarea resurselor geografice necesită hărți pentru localizarea, exploatarea și utilizarea productivă a resurselor atît din punct de vedere comercial cît și pentru scopuri publice. Datorită scării mici și a densității informațiilor, aceste hărți sînt astăzi frecvent utilizate sub forma imaginilor satelitare și/sau fotografiilor aeriene, cum și sub forme derivate.

Hărțile meteorologice, conținînd date referitoare la presiunea atmosferică, temperatura, direcția și viteza vîntului, precipitații, nori, aparțin aceleiași categorii.

Hărțile destinate analizei utilizării terenurilor, ce includ lucrările de construcții, inginerie, analiza terenului, lucrările de îmbunătățiri funciare, utilitățile publice, sînt la o scară mult mai mare decît cele utilizate la explorarea resurselor.

Analiza și afișarea informațiilor economice și demografice reprezintă o categorie de hărți cunoscute sub denumirea de „hărți tematice”, deoarece reprezintă distribuția geografică a unor „teme” [17].

Cartografierea automată își propune ca obiective majore: *creșterea productivității și noi utilități*. Creșterea productivității realizării hărților se datorește în principal reducerii sau eliminării totale a desenării manuale. Precizia desenului realizat cu ajutorul calculatorului, facilitățile de detectare automată a erorilor, asociate cu standardizarea procedurilor și produselor cartografice conduc la o calitate superioară a procesului și produsului cartografic. Posibilitatea încorporării tuturor modificărilor, re-viziilor, prin reutilizarea informațiilor numerice din baza de date a sistemului automat, conduce, de asemenea, la o semnificativă reducere de timp fața de redesenarea manuală a hărților.

Noile utilizări ale hărților derivă din posibilitatea manipulării orientate pe specific a bazei de date cartografice. De aceea, una din cele mai importante caracteristici ale unui sistem cartografic automat este flexibilitatea, atît în selecționarea datelor cît și în modul de reprezentare al

rezultatelor finale. Sistemul trebuie să realizeze diferite tipuri de hărți la scări variate, combinând reprezentările grafice cu cele alfanumerice.

În procedura manuală de realizare a hărților, datorită timpului mare necesar producerii acestora, există tendința de a concentra cât mai multă informație pe fiecare desen. Sistemul automat înlătură acest dezavantaj, deoarece este foarte ușor să se realizeze o hartă menționînd pe aceasta numai informațiile solicitate pentru un anume scop.

Sistemele de cartografiere automată sînt disponibile pe piață sub formă de sisteme „la cheie“, adică echipamente și programe oferite ca un tot unitar. În cazul în care dispunem de hărți realizate anterior, se utilizează ca echipamente de intrare digitizoarele și/sau scanner-ele electronice. Datorită necesității unei precizii ridicate a coordonatelor și de adresare a unor blocuri mari de memorie, echipamentele de calcul au lungimea cuvîntului de 16 sau 32 biți. Sistemele cartografice automate reclamă utilizarea de display-uri grafice interactive color cu rezoluție mare, în vederea evidențierii rapide a mai multor tipuri de informații pe o aceeași imagine. Echipamente de ieșire obișnuite sînt plotter-ele și înregistratoarele pe film.

Sistemele grafice utilizate în cartografie sînt deosebit de complexe utilizînd echipamente realizate în tehnologie ultramodernă. Discurile optice cu posibilitate de citire/scriere, display-urile color de mare rezoluție, facilitățile de prelucrare paralelă rapidă și echipamentele de tipărire automată reprezintă numai cîteva exemple de echipamente utilizate de sistemele cartografice moderne.

Proiectarea asistată de calculator. În acest domeniu larg de utilizare, tehnicile grafice interactive sînt folosite în proiectarea de componente și sisteme ale unor echipamente mecanice, electrice, electromecanice și electronice.

Utilitatea sistemelor grafice a devenit cu atît mai evidentă cu cît în procesul de proiectare a intervenit conceptul tridimensional. Metoda tradițională era realizarea mai multor prototipuri fizice ale unui proiect și îmbunătățirea acestora prin testări și modificări repetate. În condițiile de concurență actuale, aceasta metodă este scumpă și necesită un timp îndelungat de realizare. Sistemele grafice interactive oferă posibilitatea construirii modelului, îmbunătățirea lui prin operații interactive, testarea acestuia cu ajutorul unor simulatoare și apoi realizarea fazelor de postprocesare : crearea listei de componente și materiale, generarea automată a tehnologiei, generarea comenzii numerice pentru mașinile-unelte cu comandă program.

Este astăzi unanim acceptat că un sistem integrat de proiectare și fabricație asistată de calculator conduce la o creștere a productivității de 5 pînă la 20 de ori. Industria aeronautică și de automobile a utilizat sistemele de proiectare și desenare asistată cu mult înaintea altor domenii cum ar fi arhitectura, construcțiile sau electronica. Cu 10 ani în urmă erau instalate 200 de stații grafice de lucru, la sfîrșitul anului 1979 operau 12 000, iar în începutul anului 1983 peste 25 000.

Deși domeniul nu este nou, industria sistemelor complexe de proiectare și fabricație asistată este încă la început, vînzările reprezentînd încă un procentaj mic din totalul tranzacțiilor în industria de calculatoare. Pro-

fitul anual al tuturor vânzărilor în domeniul CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture) reprezintă profitul vânzărilor firmei IBM timp de două luni. Interesant de remarcat este și faptul că deși minicalculatoarele de 32 de biți cu memorie virtuală au devenit disponibile pe piață în 1976, abia în 1981 acestea au fost incluse în sisteme de proiectare și fabricație asistată.

Acest fenomen s-a repetat și în cazul display-urilor raster color cu rezoluție bună care au fost incluse în configurațiile de sisteme CAD pe scară largă numai începînd cu 1982.

Două lucruri caracterizează astăzi domeniul proiectării și fabricației asistate de calculator : o slabă penetrație în activitatea de proiectare și o previziune fermă a tuturor firmelor asupra creșterii masive a utilizării acestor sisteme în viitor. Analiza a două companii puternic implicate în procesul de proiectare și fabricație asistată, General Motors și Ford Motor Company subliniază cele două tendințe actuale.

General Motors estimează că numai 25% din cei ce ar putea să utilizeze un sistem CAD/CAM, îl folosesc. Compania utilizează astăzi peste 1 500 de sisteme grafice și și-a propus un plan pe termen lung pentru coordonarea activităților de proiectare și fabricație asistată de calculator, în vederea realizării unei rețele și a unor facilități de proiectare distribuite, care să conducă la o fabricație integrată. Se estimează că acest deziderat va fi atins într-un interval de cinci ani.

Ford utilizează de asemenea peste 300 de sisteme grafice în proiectarea și fabricația de automobile și între 100 și 150 de sisteme pentru alte produse. Firma a întreprins o serie de măsuri în vederea integrării facilităților acestor sisteme și sporirea performanțelor, prin înlocuirea calculatoarelor existente cu minicalculatoare de 32 de biți cu facilități standard de interconectare și acces la bazele de date.

O privire atentă asupra sistemului de la Ford ne creează o idee asupra viitorului sistemelor CAD/CAM. 100 din sistemele grafice de la Ford sînt astăzi bazate pe mașini de 32 de biți conectate într-o rețea ce folosește interconexiuni locale și la distanță. O rețea locală este alcătuită din 10 terminale grafice și 5 unități centrale, toate conectate într-o rețea înel cu viteză de comunicare de 8 MHz. Fiecare nod din rețea, format dintr-o unitate centrală și două sisteme grafice, are posibilități proprii complete de memorare și prelucrare. O secție poate avea 5 sau 6 asemenea rețele locale utilizate de grupuri diferite. Toate aceste grupuri lucrează pe o bază de date comune rezidentă pe un procesor colector de date. Colectorul deține toate desenele finale, acestea fiind singurele informații accesibile de către alte secții. Rețelele locale comunică la distanță în mod interactiv cu aceste colectoare de date. Colectoarele de date comunică la rîndul lor la distanță cu alte colectoare de date sau alte calculatoare, ca de exemplu Cyber 7600, pe care Ford îl utilizează pentru aplicații de analiză structurală. Inginerii de la Ford pot să parcurgă de la un terminal grafic întregul proces, de la proiectarea conceptuală pînă la producerea benzilor pentru comandă numerică a mașinilor-unelte.

Conceptul utilizat de General Motors se bazează pe faptul că proiectarea este efectuată de un grup, analiza de către altul și accesul și controlul băncii de date finale este posibil numai de la nodul central.

Ceea ce nu a fost subliniat pînă aici este faptul că în ambele sisteme gradul de interactivitate este favorizat de timpii de acces foarte scăzuți ai utilizatorilor aflați în configurațiile rețelelor, ceea ce reprezintă o realizare tehnologică deosebită. Sînt instalate astăzi în lume rețele locale cu performanțe excelente, dar numai puține dintre acestea au facilități interactive deosebite. Cu mult mai restrictivă este disponibilitatea de rețele interactive la distanță.

Posibilitatea producătorilor de sisteme grafice de a realiza facilități interactive în domeniul rețelelor va reprezenta cheia succesului acestora. Cu alte cuvinte, dezvoltarea de terminale grafice interactive cu suficiente posibilități locale de prelucrare și facilități extinse de conectare într-o rețea locală de prelucrare a informațiilor grafice va reprezenta un element esențial, care va conduce la creșterea productivității activității de proiectare/fabricație asistate de calculator [17]. Din punct de vedere software se conturează cîteva direcții importante.

În primul rînd trebuie dezvoltat corespunzător software-ul de comunicație. Din nefericire, în momentul de față nu există un standard în această direcție. Sînt preponderente actualmente două sisteme diferite: Ethernet (pentru rețele locale) și SNA (System Network Architecture), primul realizat de DEC, XEROX și INTEL și al doilea adoptat de IBM. O a doua direcție o reprezintă elaborarea unor bănci de date capabile să controleze activități de proiectare distribuită. Atît programele de proiectare asistată de calculator cît și cele două direcții menționate mai sus pun condiții severe sistemelor de operare.

DATAQUEST (S.U.A.) estimează că în 1985 vor fi disponibile peste 100 000 de stații grafice ce vor deservi 400 000 de proiectanți. Succesul activităților ingineresti în următoarea perioadă va depinde de disponibilitatea unor „unelte“ puternice și complexe de inginerie asistată de calculator — CAE (Computer Aided Engineering) — sistemele de proiectare asistată de calculator fiind doar unele dintre acestea.

Un studiu elaborat de American Electronics Associates preconizează pentru perioada 1980—1990 că numărul cererilor de ingineri va fi de 3 ori mai mare decît disponibilul. Această tendință conduce la necesitatea stringentă a creșterii productivității activităților ingineresti, pentru a putea menține întreprinderile în limitele de competitivitate, de unde necesitatea unor sisteme integrate de inginerie asistată de calculator. Procesul de proiectare este numai o parte din activitatea zilnică a unui inginer, ea fiind completată de acțiuni de comunicare, documentare și planificare. Un sistem de inginerie asistată de calculator trebuie să integreze toate aceste activități și să crească productivitatea lor, fără a introduce modificări semnificative.

În loc să automatizăm numai activitatea de proiectare, sistemele de inginerie asistată își propun asistarea de către calculator a tuturor activităților ingineresti ceea ce se concretizează în rezultate cu totul deosebite de inventivitate tehnică, productivitate crescută în proiectare, o calitate deosebită a datelor de intrare în proces și o mai bună coordonare a întregului proiect. Direcțiile de evoluție ale sistemelor CAD, prezentate anterior, țin seama de conceptul de inginerie asistată și oferă o bază reală realizării acestor sisteme.

Animația și simularea. Realizarea unor secvențe de animație cu ajutorul calculatorului, folosind obiecte reale sau simulate, este într-o continuă dezvoltare. Cu ajutorul acestora se pot studia nu numai figuri, ci și modele matematice ale unor fenomene științifice cum ar fi : relativitatea, reacțiile nucleare și chimice, organe și sisteme fiziologice, deformarea structurilor supuse la eforturi. O altă aplicație complexă a animației o constituie simulatoarele de zbor. Acestea generează, pe lângă scena fixă a spațiului în care se mișcă vehiculul și o serie de efecte speciale cum ar fi norii, ceața, luminile de noapte precum și alte vehicule de forme și dimensiuni variate, fiecare cu traiectoria sa.

Un domeniu relativ nou, spectaculos și cu mari implicații îl reprezintă generarea asistată de calculator a filmelor de animație. Ultimul dintre aceste filme „The Last Starfighter“ produs de laboratorul Lorimar-Universal prezintă pe durata a 27 de minute zborul și lupta unei nave spațiale deasupra unor ținuturi străine folosind efecte deosebite. Imaginile redau în mod excepțional unele detalii reale cum ar fi transparența și reflexiile geamurilor, sclipirile metalului lustruit, terenul stîncos al unei planete muntoase, precum și comportarea dinamică a hainelor și flăcărilor. Mulți spectatori au fost surprinși să audă că secvențele acestor efecte speciale nu au fost filmate folosind modele reduse minuțios la scară, ci au fost „sintetizate“ în întregime cu ajutorul calculatorului. Dezvoltările tehnologice recente au permis realizarea cu ajutorul sistemelor grafice interactive a unor imagini de o calitate fotografică. Filmul „Tron“ realizat de Walt Disney Production în 1982, primul ce utilizează imagini realizate de calculator ca fundal pentru actori reali, este considerat rudimentar în comparație cu imaginile sintetice de mare rezoluție realizate la numai doi ani diferență.

Din punct de vedere comercial, animația realizată cu calculatorul pentru filme și televiziune reprezintă încă un segment minor al pieții de sisteme grafice, totalizînd 25 milioane dolari anual. Atunci cînd tehnicile de animație asistată vor conduce la creșterea productivității în industria de filme, acest domeniu va deveni deosebit de activ. Cu toate acestea, aceleași tehnici utilizate pentru efectele speciale ale filmelor se pot folosi în aplicații cum ar fi proiectarea și fabricația asistată de calculator, proiectarea moleculară, analiza seismică pentru prospecțiuni geologice. Arhitecții utilizează de asemenea animația asistată pentru a permite „clienților“ lor să se plimbe printr-o clădire proiectată înainte de a începe construcția.

Marea calitate a animației asistate de calculator rezidă în posibilitatea redării obiectelor tridimensionale cu suprafețe texturate aproape de realitate și folosirea flexibilă a efectelor luminoase. Generarea animației presupune trei momente distincte : construcția modelului, proiectarea mișcării obiectelor în scenă și mișcarea unei camere imaginare.

Analog modului de realizare tradițional, generarea unei secvențe de animație cu calculator se face cadru cu cadru. Mărirea productivității se face printr-o procedură specifică în care se indică poziția obiectelor la fiecare trei sau patru cadre. Aceste poziții intermediare se numerotează și se memorează. După ce modelele numerice ale obiectelor au fost combinate în cadrele secvenței de animație se face conversia în imagini tridimensionale colorate și umbrite. Umbrirea depinde de doi factori : poziția sursei de lumină și materialul din care este făcut obiectul. Calculatorul, în func-

ție de unghiul de vedere și sursa de lumină, gradează culoarea și intensitatea precisă a fiecărui pixel. Pentru o imagine de calitate, rezoluția minimă este de $1\,024 \times 1\,024$, de patru ori mai mare decât a unui numitor TV standard. Pentru un film de 70 mm rezoluția trebuie să fie mult mai mare. În cazul ultimului film menționat anterior ea a fost de $4\,000 \times 6\,000$ pixeli.

Cu toate că prețul hardware-ului s-a înjumătățit la fiecare 5 ani, cerințele de calcul pentru sinteza imaginilor suprarealiste sînt foarte costisitoare. Compania Digital Productions își realizează produsele sale de animație pe cel mai puternic supercalculator din lume, Cray X-MP fabricat de firma Cray Research din Minneapolis, în valoare de 12,6 milioane dolari, capabil să realizeze 400 milioane operații matematice pe secundă. Cray X-MP poate produce într-o lună 25 de minute de film pe 70 mm de mare calitate, în timp ce un minicalculator poate produce 2,5 minute de film într-un an [18]. Un alt supercalculator utilizat pentru producerea de imagini de mare calitate este procesorul paralel experimental realizat de Konichi Omura și colaboratorii săi de la Universitatea din Osaka. Spre deosebire de Cray, care are o unitate centrală foarte mare, LINKS-1 este o matrice de 64 microprocesoare Z 8000, fiecare lucrînd la un aspect diferit al problemei. LINKS-1 a fost utilizat la producerea filmului japonez „Golgo 13”.

O altă problemă ce urmează a fi soluționată este spațiul de memorie. Un singur cadru de film necesită 4 MB de memorie. Deoarece un disc magnetic disponibil astăzi are o capacitate tipică de 256 MB, se pot memora numai 64 de cadre de mare rezoluție ($1\,280 \times 1\,024$ pixeli), ceea ce reprezintă 2 300 de discuri pentru un film relativ scurt! Din fericire, sistemele de memorare cu disc optic vor deveni în curînd disponibile, asigurînd densități suficiente de înregistrare. Paralel cu dezvoltările hardware sînt de așteptat noi îmbunătățiri ale software-ului, algoritmi eficienți de generare a imaginilor utilizînd un timp minim de calculator.

Comanda și urmărirea proceselor. În timp ce un simulator de zbor permite interacțiunea utilizatorului cu o simulare a unei lumi reale sau artificiale, multe alte aplicații permit interacțiunea directă cu unele aspecte ale lumii reale. Display-uri grafice de monitorizare centralizată a rafinărilor, centralelor electrice etc., afișează informații de la senzorii montați în componentele critice ale sistemului, permițînd operatorului să reacționeze în cazul unor condiții excepționale. Este cazul sistemelor de comandă cu buclă deschisă. Terminalele grafice utilizate curent în astfel de aplicații au o rezoluție mică-medie (de la 160×192 la 640×640) și utilizează numai imagini în două dimensiuni. Specificațiile unui sistem grafic utilizat în comandă și urmărirea proceselor includ în primul rînd cerințe de fiabilitate înaltă și timp mic de răspuns.

Deoarece aceste aplicații reprezintă unul din cele mai vechi domenii de utilizare ale reprezentărilor grafice cu ajutorul calculatoarelor, creșterile nu au fost atît de spectaculoase ca în alte segmente de piață. Raportul companiei Frost & Sullivan, apărut în 1983, arată că vînzările de asemenea echipamente vor crește cu 25% la fiecare 10 ani.

Automatizarea activităților de birou și tipărirea electronică. Utilizarea terminalelor grafice și alfanumerice pentru realizarea și difuzarea docu-

mentelor din activitatea curentă a instituțiilor și a oamenilor este într-o continuă creștere.

Procesoarele de text sînt astăzi unanim acceptate pentru efectele lor asupra activității de secretariat : creșterea productivității muncii de creare și actualizare a documentelor, concomitent cu o calitate deosebită a prezențării și o viteză mare de circulație a acestora într-o instituție.

Problema cu care sînt confrunțați producătorii de echipamente de orice fel este cantitatea mare de documentație aferentă produselor, documentație care conține pe lângă text și un mare număr de figuri. Firma VOLVO, de exemplu, expediază zilnic 5 tone de documentație tehnică, care trebuie permanent revizuită și actualizată frecvent.

Din aceste considerente, multe companii specializate se ocupă de integrarea prelucrării textelor cu reprezentările grafice. Ne aflăm în pragul unei revoluții în modul în care creăm, memorăm și tipărim informația. Editarea electronică va deveni un standard în viitorul apropiat. Beneficiul realizat din aceasta este estimat pentru perioada 1983—1989 la 50 miliarde dolari, o creștere spectaculoasă similară introducerii procesoarelor de text în perioada 1978—1980. Editarea electronică presupune crearea documentelor, texte și figuri, la o stație de lucru, memorarea acestora într-o bibliotecă pe un calculator de mare productivitate și tipărirea la cerere pe o imprimantă fără impact sau pe o mașină de fotoculegere. Procedul are avantaje deosebite. Costurile aferente prelucrării fotografice și dezvoltării chimice sînt înlăturate, iar costul forței de lucru este redus în medie cu 60 %.

Imprimantele de mare viteză fără impact contribuie substanțial la accelerarea disponibilității pe scară largă a sistemelor de editare electronică. După un studiu efectuat de firma SIEMENS AG cererea pieței de imprimante fără impact va crește în fiecare an cu 25 % pînă în 1987. Calculatorul transmite imprimantei imaginea ce urmează a fi copiată (de unde și denumirea de copiator inteligent) împreună cu instrucțiuni asupra punerii în pagină. Pe lângă interfața cu calculatorul, imprimanta fără impact mai conține un driver de imagine și o bibliotecă de litere și simboluri. Driver-ul de imagine fără impact poate fi de tip electrofotografic (laser), jet de cerneală, electrostatic, electroeroziv, magneticografic sau prin depunere ionică.

Pentru tipărirea unor cantități mari de materiale cele mai indicate sînt imprimantele cu laser și cele cu jet de cerneală. Rezoluția cea mai mare o oferă imprimantele laser și cu electroeroziune. Tot imprimantele cu laser asigură cea mai bună tipărire și pe copii.

Avînd în vedere ca prețul hîrtiei și forței de muncă vor fi în permanentă creștere, tipografiile se vor orienta necondiționat spre achiziționarea de sisteme de editare electronică. Chiar în prezent pentru o tipografie care cheltuiește 1 milion dolari pentru hîrtie, tipărire și depozitare, achiziționarea unui sistem electronic este rentabil.

Un alt domeniu în care tehnicile grafice interactive cunosc o răspîndire masivă este videotex-ul. După cîțiva ani de căutări, sistemul este astăzi un mijloc de comunicare unanim acceptat. Dezvoltări recente au permis calculatoarelor personale să fie utilizate ca terminale videotex atît pentru recepționarea cît și crearea de informații videotex.

Se estimează ca în jurul anului 1995, videotex-ul va reprezenta o piață de 30 miliarde dolari. Există mai multe motive care creează premise favorabile expansiunii videotex-ului. Dintre acestea menționăm : integrarea graficii cu textul, care a generat o serie de aplicații noi, atașarea de facilități videotex calculatoarelor personale, acceptarea unui standard pentru transmiterea grafică în America de Nord — NAPLPS (North American Presentation Level Protocol Syntax).

Diversele utilizări ale sistemelor grafice diferă considerabil din mai multe puncte de vedere. O serie de criterii pot fi utilizate pentru a le clasifica. Primul criteriu se referă la tipul obiectelor ce urmează a fi reprezentate. Gama acestora include desenele din linii ale obiectelor bidimensionale sau tridimensionale, în alb-negru, ceea ce numim „modelul din sîrmă“ („wire frame“) al obiectului precum și imagini bidimensionale sau tridimensionale color, cu eliminarea suprafețelor ascunse. Tot în acest criteriu se înscriu și reprezentările solide de imagini umbrite, cu eliminarea suprafețelor ascunse. Modul de prezentare al obiectelor poate fi simbolic în două dimensiuni, sau sub forma unei fotografii sintetice, cu eliminarea suprafețelor ascunse.

Un al doilea criteriu se referă la tipul interacțiunii. Se includ aici : desenarea off-line, desenarea interactivă, proiectarea interactivă.

Rolul desenului reprezintă de asemenea un criteriu de clasificare. În cartografie, de exemplu, desenul reprezintă produsul esențial, în timp ce în unele aplicații de proiectare desenul reprezintă mai mult o vizualizare a proprietăților obiectului analizat. În aceste aplicații, deși faza de desenare este importantă, ea reprezintă o mică parte dintr-un proces complex al cărui scop este construirea și postprocesarea unei baze de date comune de către o succesiune integrată de programe de aplicații.

În sfîșit, un alt criteriu îl constituie diferența între relația logică și temporală ce există între obiecte și desenele lor. Utilizatorul poate, de exemplu, să lucreze cu o singură imagine o dată (cazul desenării), cu o secvență de imagini variabilă în timp (animație), sau cu o colecție structurată de obiecte (cazul proiectării asistate de calculator).

1.4. Principii în realizarea și alegerea unor sisteme grafice „la cheie“

În mod asemănător revoluției industriale, revoluția informațională a creat și dezvoltat o serie de ramuri noi. Sistemele aplicative „la cheie“, adică echipamente, programe și servicii capabile să soluționeze o aplicație și oferite beneficiarilor ca un tot unitar, reprezintă o direcție performantă din punct de vedere tehnic și economic în informatică.

Există o multitudine de argumente ce pledează în favoarea dezvoltării pe scară industrială a acestei activități. Pe plan mondial, în momentul de față, se remarcă o creștere masivă a investițiilor în sectorul sistemelor aplicative, în dauna industriilor tradiționale ce oferă o creștere și un profit mic față de rata de creștere a inflației. Statisticile americane estimează

pentru companiile specializate în aplicații o rată de creștere medie anuală de 30 %. Dezvoltarea rapidă a întreprinderilor de sisteme la cheie este puternic favorizată și de lipsa unor competitori absoluți, cele mai puternice firme de profil nedepășind 5 % din piață.

Deși sistemele de proiectare și fabricație asistate de calculator sînt astăzi unanim acceptate ca elemente esențiale în creșterea productivității industriale, nu toți furnizorii reușesc să ofere sisteme cu adevărat integrate CAD/CAM. Pe de altă parte, este o mare diferență între proiectarea unei nave și proiectarea unor subansamble mecanice, de exemplu. Multe firme producătoare de sisteme au trecut cu vederea acest element esențial și încearcă să rezolve problemele cu un sistem CAD/CAM universal.

Există desigur un număr însemnat de funcții comune ce caracterizează sistemele CAD/CAM, ceea ce implică posibilitatea realizării unor sisteme de aplicații flexibile, dar și necesitatea existenței unor module hardware și software ușor adaptabile unor aplicații specifice.

Pe lângă sistemele grafice specializate în industria de automobile și industria aeronautică, domeniul în care a pătruns proiectarea și fabricația asistată, încă de la început primul succes comercial l-au reprezentat sistemele de proiectare de circuite imprimate și circuite integrate. Actualmente, aceste aplicații reprezintă 75 % din sistemele instalate. Aceste sisteme sînt în general aplicații (bidimensionale) cu toate că bazele de date asociate cu plăcile multistrat și circuitele integrate trebuie să fie capabile să manipuleze și să afișeze informații referitoare la numeroase nivele $(2^{\frac{1}{2}} D)$.

Atunci cînd o întreprindere se decide să folosească un sistem de proiectare asistată în vederea creșterii competitivității, trebuie să analizeze următoarele strategii posibile :

1. Dezvoltarea prin forțe proprii a unui sistem CAD/CAM specific aplicației.

2. Achiziționarea unui sistem de programe și implementarea lui pe echipamentele de care dispune.

3. Adaptarea și completarea modulelor de programe și echipamente de care dispune întreprinderea pentru a satisface aplicația.

4. Achiziționarea unui sistem complet CAD/CAM.

Toate aceste soluții au unele avantaje și dezavantaje ce trebuie evaluate de la caz la caz, în funcție de valoare investițiilor, structura și caracterul aplicației ce urmează a fi automatizate [12].

Beneficiarii potențiali ai sistemelor CAD/CAM subapreciază de multe ori ceea ce se cere de la un sistem și nu pot evalua corect un astfel de sistem, din mai multe motive :

- beneficiarul nu înțelege suficient modul manual de lucru actual, din cauza tradiționalismului acestuia ;

- nu se poate găsi un sistem „la cheie“, care să satisfacă toate cerințele sale și, din acest motiv, se consumă foarte mult timp pentru a se stabili cum poate fi modificat și adoptat. Aceasta este una din cele mai serioase probleme ale sistemelor „la cheie“ și o sursă necontrolată de cheltuieli viitoare ;

- testarea prealabilă a unui sistem nu conduce la rezultate concludente, deoarece succesul unui sistem de proiectare asistată de calculator

depinde în mare măsură de oamenii care lucrează cu sistemul și de „maleabilitatea” întreprinderii.

Vom încerca să prezentăm câteva criterii de selecție a sistemelor „la cheie” de proiectare asistată de calculator, fără a putea oferi soluții, datorită numărului foarte mare de opțiuni posibile și a particularităților aplicațiilor.

a) *Analiza caracteristicilor și performanțelor echipamentelor ce alcătuiesc sistemul.* Utilizatorul trebuie să urmărească dacă calculatorul este potrivit pentru aplicații de CAD/CAM, dacă are posibilități de extensibilitate pe parcurs a unității centrale și a memoriei interne și externe, de atașare — în funcție de necesități viitoare — a unor noi tipuri de echipamente periferice.

b) *Caracteristicile întreprinderii.* Trebuie luate în considerare experiența în domeniul de aplicație discutat, posibilitatea combinării diverselor activități ale procesului ce urmează a fi automatizat, cercetarea și proiectarea de noi produse, politica de viitor a întreprinderii, influența întârzierii termenelor de livrare a echipamentelor.

c) *Posibilitățile de interconectare și caracteristicile interfețelor.* Disponibilitatea facilităților de interconectare cu alte calculatoare, viteza și protocolul de transmisie, tipul liniilor utilizate, standardizarea interfețelor sînt criterii importante în alegerea unui sistem.

d) *Caracteristici operaționale :* disponibilitatea service-ului, viteza de răspuns, fiabilitatea, condițiile de funcționare ale echipamentului (temperatura, aer condiționat etc.).

e) *Asigurarea suportului utilizator :* calitatea documentației, existența și difuzarea actualizărilor, școlarizări disponibile, asistența tehnică.

f) *Interacțiunea om-mașină :* tipul echipamentelor de intrare, organizarea meniurilor, mesajele de eroare, corectarea erorilor, calitatea programelor de test.

g) *Disponibilitatea programelor de dezvoltare :* biblioteci ce urmează a fi definite de utilizator, existența de editoare, programe de manipulare și întreținere a fișierelor, alte facilități de dezvoltare.

h) *Programele de aplicație* trebuie selectate în funcție de modul de proiectare al produselor și de organizarea fabricației existente în întreprinderea viitorului utilizator și de posibilitatea reorganizării și adaptării rapide la un nou proces de proiectare și fabricație. Trebuie în prealabil analizate sisteme similare, gradul de portabilitate a programelor aplicative, compatibilitatea cu alte întreprinderi, posibilitatea atașării viitoare de noi programe aplicative.

i) *Costuri.* Planificarea achiziționării unui sistem de proiectare și fabricație asistată de calculator impune o serioasă analiză de preț, care trebuie să ia în considerație o serie de aspecte, dintre care unele mai puțin evidente. Pe lângă costul echipamentelor, programelor, transportului, service-ului, școlarizării, se analizează și faptul că productivitatea utilizatorului devine maximă la 6—8 luni de la terminarea școlarizării, trebuie avute în vedere și costurile privind restructurarea unor servicii din întreprindere, adaptarea personalului la un nou mod de abordare a problemelor industriale, interfațarea cu alte sisteme.

j) *Beneficii.* Aparte de evidenta creștere a productivității și calității muncii, sistemele grafice de CAD/CAM oferă o serie de beneficii ce nu pot

fi bine măsurate, dar se regăsesc în ansamblul întreprinderii cum ar fi : îmbunătățirea calității desenelor, o mai bună concordanță a acestora cu standardele, îmbunătățirea comunicației și colaborării interne între servicii, economii de materii prime, materiale și energie, actualizarea documentației, o mare flexibilitate a proiectării și fabricației de noi produse.

Ritmul de dezvoltare a sistemelor aplicative de proiectare și fabricație asistată de calculator este puternic influențat de investițiile din alte ramuri industriale. Cu cât o industrie este mai aproape de utilizatorul final în lanțul de fabricație și distribuție, cu atât cererea pentru produsele sale este mai stabilă. Cu alte cuvinte, cu cât sîntem mai aproape de materia primă, cu atât investițiile sînt mai mari și profitul mai mic și cu cât sîntem mai aproape de produsul finit, cu atât industria este mai rentabilă.

Componentele sistemelor „la cheie” intră în acest lanț la nivelul produselor, foarte aproape de scopul final : sistemul. În timp ce calculatoarele sînt unelte, sistemele oferă soluții. Industria sistemelor transformă calculatoarele în soluții ale unor probleme de mare complexitate din economie și industrie.

Sistemele grafice „la cheie” au un grad mare de exportabilitate. În condițiile concurenței acerbe pe piața echipamentelor de tehnică de calcul, oferirea de aplicații reprezintă o ieșire din impas. O piață de sisteme se obține în timp, are efecte valorice pe termen lung și este stabilă. Succesul unei aplicații presupune automat revinderea ei de mai multe ori la beneficiari cu preocupări similare.

Realizarea de sisteme pe scară industrială presupune formule organizatorice adecvate. Majoritatea companiilor de sisteme „la cheie” se dezvoltă pe lângă casele de software, programele aplicative fiind componenta esențială a sistemului. Fabricanții plătesc 5 dolari pentru un microprocesor și 100 000 dolari pentru dezvoltarea de software pentru el. Departamentul Apărării din Statele Unite arată, într-un raport recent, că există în momentul de față o lipsă de programatori ce se ridică la o cifră între 50 000 și 100 000. Această cifră va crește pînă la sfîrșitul perioadei 1984—1990 la 1 milion. Ca rezultat al acestei situații, va crește neașteptat de mult piața de unelte de programare, care să crească productivitatea în acest sector de activitatea cu peste 40% anual, ceea ce reprezintă o dinamică mult mai mare decît abordarea de noi aplicații [21].

Soluția este transformarea activității de programare, ce are uneori forme artizanale, individuale și spontane, într-o activitate de tip industrial. Unitatea distinctă a întreprinderii industriale de programe ce va realiza sistemele aplicative „la cheie” va fi proiectul, avînd ca suport marile platforme științifice de cercetare.

Bibliografie — Capitolul 1

- [1] Ware Myers, *Computer Graphics : A Two-Way Street*, Computer, July 1980, pag. 49—58.
- [2] Ware Myers, *Computer Graphics : The Human Interface*, Computer June 1980, pag. 45—54.

- [3] G. Enderle, K. Kansy, G. Plaff, *Computer Graphics Programming*, Springer-Verlag 1984, pag. 2—6, 50—53.
- [4] Carl Machover, A. Brief, *Personal History of Computer Graphics*, Computer, November 1978, pag. 38—45.
- [5] Tom Manuel, *Computer Graphics, Electronics*, June 28 1984, pag. 113—124.
- [6] Leigh Bellingall, *Examining the CAD/CAM Revolution*, *Computer Graphics World*, May 1984, pag. 69—80.
- [7] Mike Higgins, *Trends in the Marketplace; Computer Graphics World*, November 1983, pag. 91.
- [8] M. R. Hanrahan, *Loking Ahead: A Forecast For The'80s*, *Digital Design*, 12/83, pag. 58—64.
- [9] Mike Baker, *Supermini Prominence*, *Systems International*, August 1984, pag. 25—26.
- [10] * * * *A Glowing Year Foreseen as Strong Growth Resumes*, *Electronics*, January 12, 1984, pag. 123.
- [11] James D. Foley, Andries Van Dam, *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1983.
- [12] J. Encarnacao, *Computer Aided Design, Modelling, Systems Engineering, CAD-Systems*, Springer-Verlag 1980.
- [13] A. Blaser, M. Zoppitz, *Enduser Systems and Their Human Factors*, Springer-Verlag 1983.
- [14] * * * *The Xerox Professional Workstation* — April 1981.
- [15] Robert M. Dunn, *The Importance of Interaction*, *Computer Graphics World*, June 1984, pag. 71—76.
- [16] Kenneth N. Lodding, *Iconic Interfacing*, *IEEE Computer Graphics and Application*, march/april 1983.
- [17] *Computer Graphics, Theory and Applications*, Edited by Tosiyasu L. Kunii, Springer-Verlag 1983.
- [18] Jonathan B. Tucker, *Computer Graphics Achieves New Realism, High Technology*, June 1984, pag. 40—53.
- [19] Donald Hearn, M. Pauline Baker, *Microcomputer Graphics*, Prentice-Hall, 1983.
- [20] Donald Hearn, M. Pauline Baker, *Computer Graphics for the IBM Personal Computer*, Prentice-Hall, Inc., 1983.
- [21] * * * *New Tools Boost Software — Productivity*, *Electronics Week*, September 1984.
- [22] V. Baltac ș.a. *Sisteme interactive și limbaje conversaționale*, Editura tehnică, 1984.

Echipamente de vizualizare și interacțiune

2.1. Dispozitiv de vizualizare

Interactiv sau nu, prima și cea mai importantă necesitate pentru un sistem grafic este un display.

Istoric, primele încercări de a utiliza un display controlat de un calculator au fost făcute încă din anii '50 [11]. Ele erau derivate din monitoare de televiziune, nu ofereau prea multe facilități, iar costul realizării lor era extrem de mare. Au fost necesari 15 ani, pentru ca saltul tehnologic uriaș și necesitățile reale ale economiei să determine începutul unei revoluții în domeniul display-urilor. Astăzi, un display grafic color cu ecranul de 19" și cu rezoluție $1024 \times 1024 \times 24$ este nu numai posibil, dar chiar ieftin.

Cu toate acestea, constructiv, display-urile grafice moderne sînt relativ simple, deși, cele mai multe, în ultimul timp, seamănă și chiar sînt niște calculatoare specializate.

În figura 2.1 este prezentată structura de principiu a unui display.

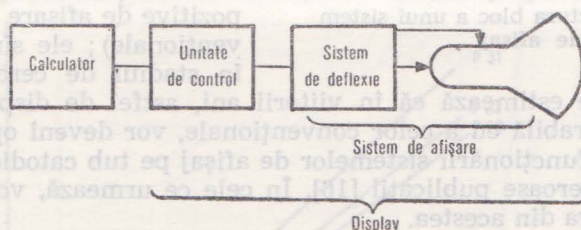


Fig. 2.1. Structura de principiu a unui display.

Sistemul de afișare realizează conversia semnalelor electrice într-o imagine vizibilă. Componenta sa principală este tubul video.

Unitatea de control are rolul de a primi informații de la calculator și de a le converti în semnalele necesare sistemului de afișare. Principalele sale funcții sînt :

- generarea liniilor și caracterelor ;
- controlul dispozitivelor de interacțiune ;
- generarea funcțiilor de interfață cu utilizatorul.

Un anumit sistem de afișare impune o unitate de control corespunzătoare. Din acest motiv, clasificarea display-urilor se face în raport cu sistemul de afișare :

- a) După modul cum este obținută imaginea pe ecranul tubului video :
 1. display-uri raster ;
 2. display-uri caligrafice (în unele materiale se folosește nomenclatura de display vectorial).
- b) După modul cum este întreținută imaginea pe ecran :
 1. display-uri cu reîmprospătare periodică a imaginii (display-uri refresh) ;
 2. display-uri care memorează imaginea (display-uri storage).
- c) După numărul de culori pe care este capabil să le afișeze :
 1. display-uri alb-negru (monocolor).
 2. display-uri color.

În aplicațiile grafice, calitatea imaginii vizualizate pe tub este foarte importantă ; de aceea, în ultimă instanță, tubul este cel care determină calitatea unui display.

Sistemul de afișare al unui display este principal identic cu cel al unui televizor obișnuit. Există sisteme grafice mai puțin pretențioase, la care sistemul de afișaj este un monitor de televiziune obișnuit ; în mod normal însă, sistemul de afișare al unui display este, calitativ, mult peste monitoarele TV de serie.

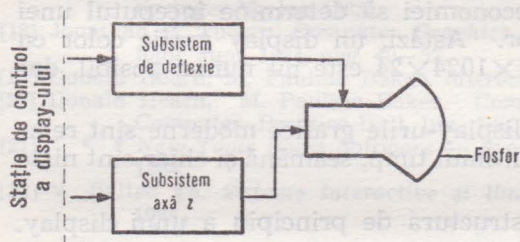


Fig. 2.2. Structura bloc a unui sistem de afișaj.

Figura 2.2 prezintă structura bloc a unui sistem de afișaj.

În afara dispozitivelor de afișare convenționale, cu tub catodic, au apărut o serie de dispozitive de afișare plate (neconvenționale) ; ele sînt în prezent în stadiul de cercetare-experi-

mentare, dar se estimează că în viitorii ani, astfel de dispozitive, cu o rezoluție comparabilă cu a celor convenționale, vor deveni operative.

Principiile funcționării sistemelor de afișaj pe tub catodic sînt pe larg descrise în numeroase publicații [16]. În cele ce urmează, vom încerca să evidențiem cîteva din acestea.

2.1.1. Principii de bază

Vederea umană depinde de fenomene chimice care se produc în celulele retinei, atunci cînd lumina cade pe ele. Aceste procese au constante de timp mai mari în comparație cu fenomenele optice produse pe ecranul unui tub catodic.

Cinematograful și televiziunea demonstrează că o imagine apare continuă dacă este repetată de 25, 30 sau 50 de ori pe secundă. În general, se admite că o imagine fără clipire se obține dacă ea este repetată de mai mult de 20 de ori pe secundă.

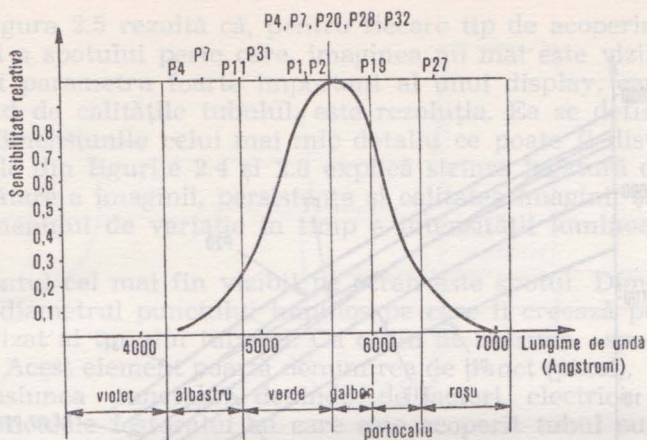


Fig. 2.3. Sensibilitatea spectrală a ochiului pentru diferite tipuri de fosfor.

Constructorii de tuburi au dat o mare atenție problemei strălucirii și clipirii imaginii, alegând fosforul ca substanță cu care este acoperită partea interioară a tubului, pentru a transforma energia fascicului de electroni în lumină vizibilă. În mod normal, fosforul depus pe tub este un amestec de diferite materiale cu caracteristici complementare, pentru a se obține remanența și culoarea optimă (se are în vedere că ochiul este mai sensibil în zona galbenă a spectrului).

Aceste substanțe au fost codificate P1—P40, în funcție de culoare și persistență. Televizoarele obișnuite, alb-negru, folosesc fosfor P4.

În figura 2.3 este indicată culoarea diferitelor tipuri de fosfor și sensibilitatea relativă a ochiului uman la aceste culori.

Figurile 2.4 și 2.5 ilustrează relația dintre strălucire și rata de reîmprospătare a imaginii, respectiv viteza de deplasare a spotului (scriere), iar figura 2.6 persistența diferitelor tipuri de fosfor [16].

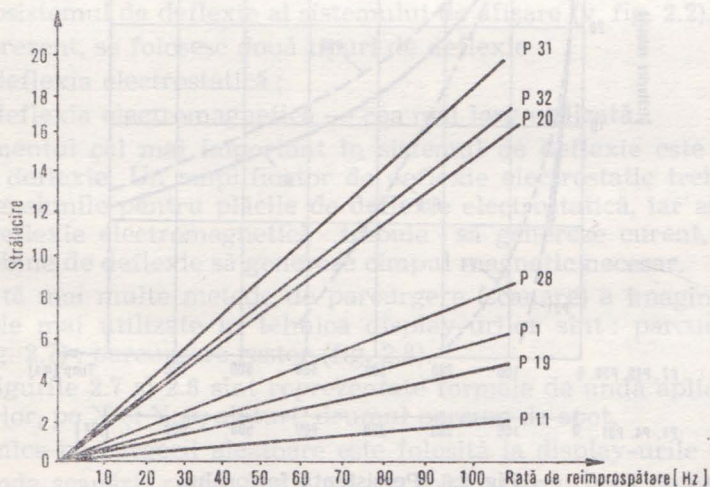


Fig. 2.4. Relația dintre strălucire și rata de reîmprospătare.

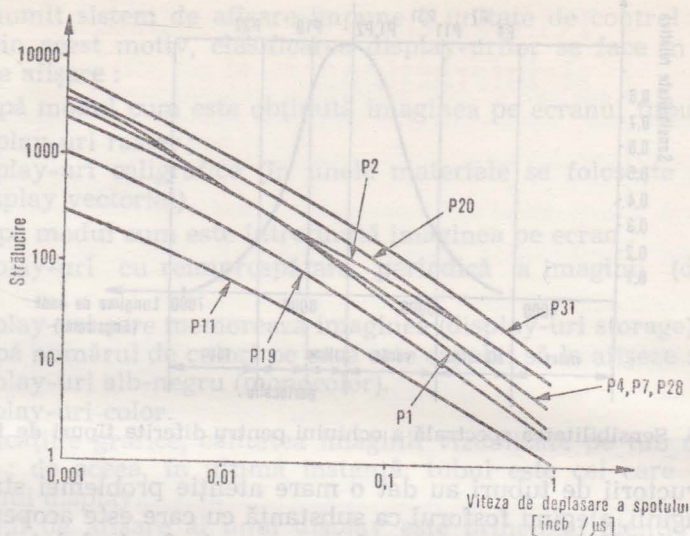


Fig. 2.5. Relația dintre strălucire și viteza de deplasare a spotului.

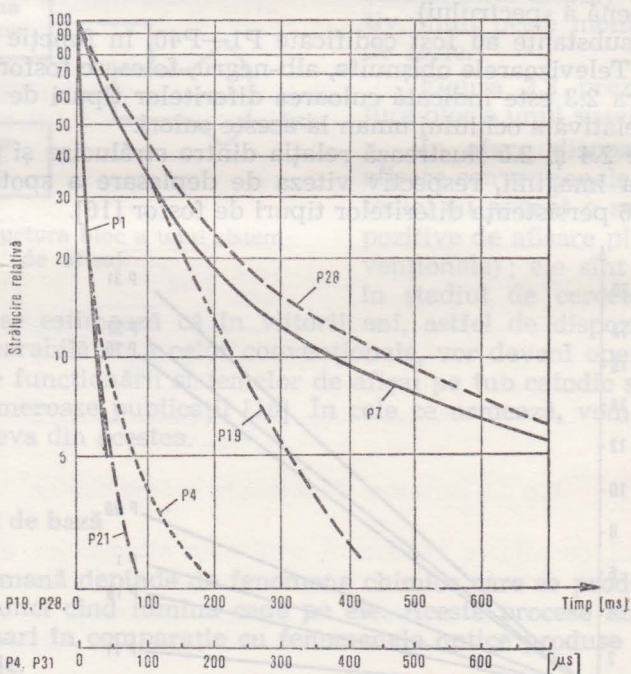


Fig. 2.6. Persistența fosforului.

Din figura 2.5 rezultă că, pentru fiecare tip de acoperire, există o viteză limită a spotului peste care, imaginea nu mai este vizibilă.

Un alt parametru foarte important al unui display, care depinde în primul rând de calitățile tubului, este rezoluția. Ea se definește ca fiind egală cu dimensiunile celui mai mic detaliu ce poate fi distins pe ecran.

Curbele din figurile 2.4 și 2.6 explică strânsa legătură dintre rata de reîmprospătare a imaginii, persistența și calitatea imaginii și explică apariția fenomenului de variație în timp a intensității luminoase a imaginii (flicker).

Elementul cel mai fin vizibil pe ecran este spotul. Dimensiunea spotului este diametrul punctului luminos pe care îl creează pe ecran fasciculul focalizat al tunului tubului. Ca ordin de mărime, spotul are în jur de 0,02 in. Acest element poartă denumirea de punct (pixel).

Dimensiunea punctului depinde de factori electrici și neelectrici. Astfel, particulele fosforului cu care este acoperit tubul au 5—15 μm în diametru și sînt depuse într-o peliculă de pînă la 50 μm grosime. Cu cît particulele sînt mai mari și stratul mai gros, spotul este mai mare. De asemenea, reflexiile interne, în ecranul de sticlă al tubului, afectează dimensiunile spotului.

Din punct de vedere electric, focalizarea este factorul cel mai important care determină dimensiunea spotului.

Rezoluția unui display este indicată în general prin produsul dintre numărul de puncte pe orizontală și pe verticală.

Pentru exemplificare, folosim display-ul TEKTRONIX GMA-102 [24], din caracteristicile căruia reținem :

- fosfor de tip P1 ;
- viteza de scriere ≥ 120 m/s ;
- rata de reîmprospătare a imaginii 30 Hz ;
- rezoluția 4096×4096 .

Pentru obținerea imaginii, fasciculul de electroni emis de tub trebuie dirijat pe suprafața acoperită cu fosfor a tubului ; aceasta se realizează de către subsistemul de deflexie al sistemului de afișare (v. fig. 2.2).

În prezent, se folosesc două tipuri de deflexie :

- deflexia electrostatică ;
- deflexia electromagnetică — cea mai larg utilizată.

Elementul cel mai important în sistemul de deflexie este amplificatorul de deflexie. Un amplificator de deflexie electrostatic trebuie să genereze tensiunile pentru plăcile de deflexie electrostatică, iar amplificatorul de deflexie electromagnetică trebuie să genereze curent, pentru ca cele 2 bobine de deflexie să genereze cîmpul magnetic necesar.

Există mai multe metode de parcurgere (scanare) a imaginii de către spot ; cele mai utilizate în tehnica display-urilor sînt : parcurgere aleatoare (fig. 2.7) ; parcurgere raster (fig. 2.8).

În figurile 2.7 și 2.8 sînt reprezentate formele de undă aplicate amplificatoarelor, pe X și Y și, alături, drumul parcurs de spot.

Tehnica parcurgerii aleatoare este folosită la display-urile caligrafice.

Metoda scanării raster are două variante : parcurgere neîntreșută și parcurgere întreșută. În varianta neîntreșută, tot ecranul este parcurs

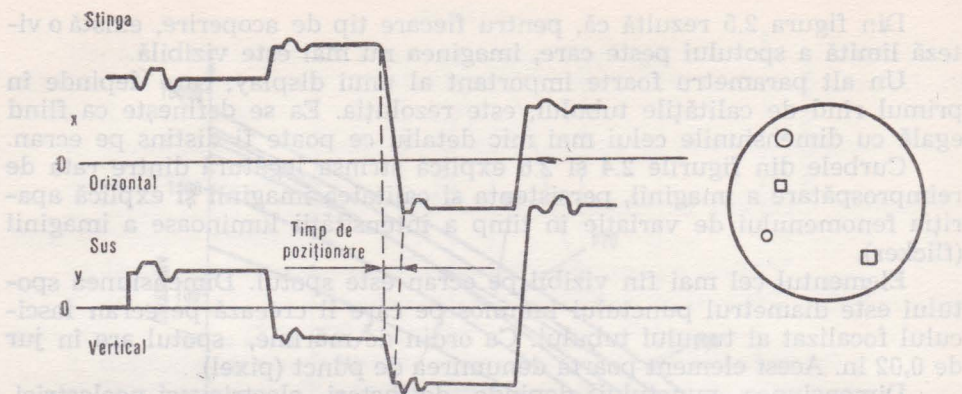


Fig. 2.7. Semnalele de parcurgere aleatoare și imaginea rezultată pe display.

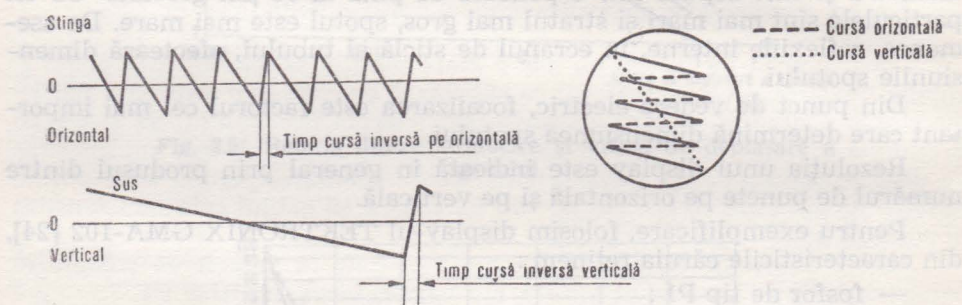


Fig. 2.8. Semnalele de parcurgere raster și imaginea rezultată pe display.

într-un singur cadru, în timp ce în varianta întrețesută, ecranul este parcurs în 2 semicadre : în primul, liniile impare, iar în cel de-al doilea, liniile pare.

Reprezentarea datelor pe tub necesită controlul fasciculului de electroni în 3 axe de coordonate. Subsistemul de deflexie controlează fasciculul în axele X și Y ale tubului. Controlul intensității fasciculului de electroni este realizat într-o altă axă, numită axa Z a tubului.

Subsistemul axei Z (v. fig. 2.2) este utilizat pentru a produce un semnal pentru catodul tubului, care va controla intensitatea fasciculului de electroni.

Controlul intensității fasciculului poate fi utilizat pentru a inhiba apariția pe ecran a traseului parcurs de spot la un moment dat, sau pentru ca fasciculul să producă un traseu vizibil de o intensitate oarecare. În acest fel sînt obținute nivelele de gri pe display-urile alb-negru.

Amplificatorul care controlează axa Z mai este uneori denumit și video-amplificator, mai ales în televiziune.

Utilizarea în regim grafic a display-urilor se bazează pe asocierea unui sistem cartezian de axe virtual la ecranul display-ului (fig. 2.9 a și b). În acest fel, fiecare punct al ecranului are o anumită adresă.

Poziționarea pe ecran, în acest sistem, nu se poate face cu o precizie infinită, deoarece cel mai mic element reprezentabil pe ecran este punctul.

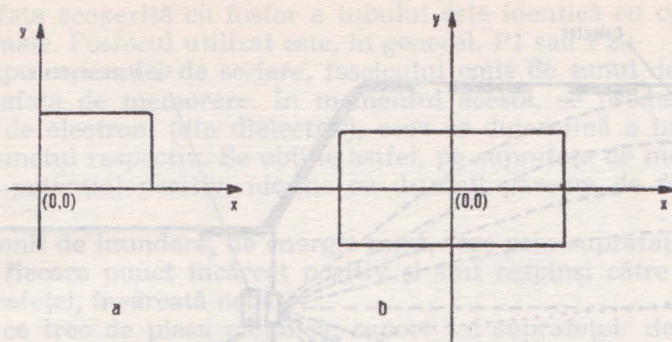


Fig. 2.9. Sistemul cartezian de axe.

Dimensiunile acestuia determină, în cele mai multe cazuri, rezoluția tubului. După cum am arătat, rezoluția unui display este dată în general prin numărul de puncte reprezentabile pe ecran, exprimat sub forma produsului dintre numărul de puncte reprezentabile pe axa X și pe axa Y : $X \times Y$.

Din punct de vedere al poziționării, pentru un tub cu rezoluție 512×512 puncte, de exemplu, sînt suficienți 9 biți pentru X și respectiv pentru Y.

O adresare pe 10 biți nu ar aduce nimic în plus din punct de vedere al detaliilor imaginii de pe ecran. Faptul că se precizează numai coordonatele poziției consecutive a spotului — față de poziția curentă — a făcut uzuală denumirea de vector pentru specificația coordonatelor spotului.

2.1.2. Tubul cu memorie

La tuburile convenționale prezentate anterior, timpul de la scriere pînă cînd intensitatea imaginii scade sub nivelul vizibil este de maximum 0,1 s. Din acest motiv, imaginea trebuie refăcută de cel puțin 25 de ori pe secundă, operație relativ dificilă.

Tubul cu memorie (DVST — direct view storage tube) este capabil să mențină o imagine un timp foarte îndelungat, la un nivel normal de strălucire, fără a fi necesară refacerea ei.

Cele 4 secțiuni ale unui tub cu memorie [1, 16, 23, 24] prezentate în figura 2.10, sînt :

- secțiunea de scriere (tun de scriere) ;
- secțiunea de deflexie, focalizare ;
- secțiunea de producere a electronilor de inundare (tun de inundare) ;
- secțiunea de producere a imaginii.

Tunul de scriere generează un fascicul focalizat, de foarte mare energie. La fel ca la un tun obișnuit, focalizarea și deflexia pot fi electromagnetice sau electrostatice. În figura 2.10, focalizarea și deflexia sînt electrostatice.

Tunul de inundare produce un flux continuu de electroni de energie joasă, capabili să acopere întreaga suprafață frontală a tubului. Electronii

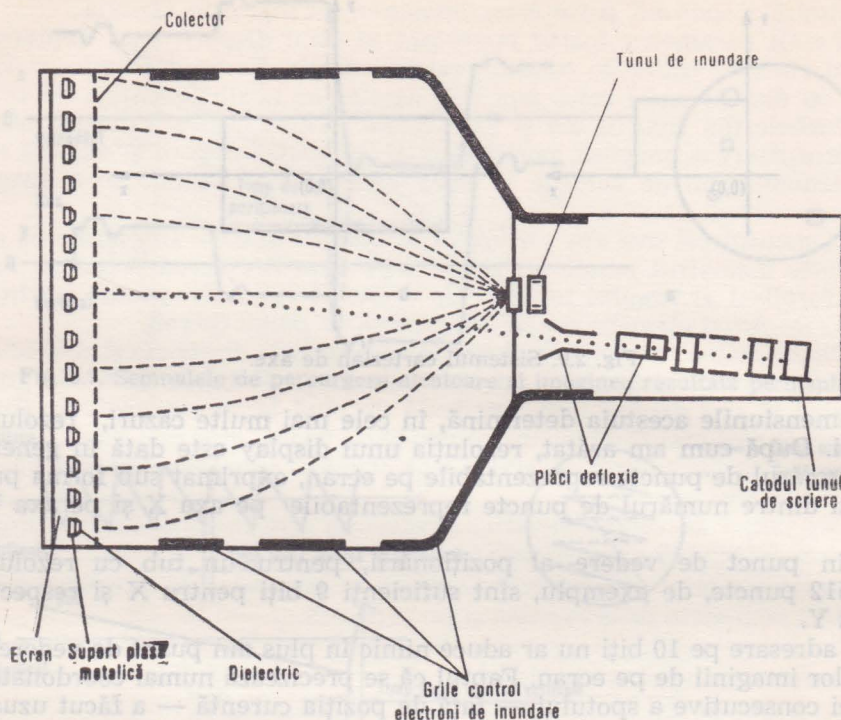


Fig. 2.10. Structura de principiu a unui tub de memorie.

de inundare sînt controlați de grilele asociate și de colector, în așa fel încît să se apropie normal de suprafața de memorare.

Secțiunea de imagine este formată din : colector, suprafața de memorare, placa suport a suprafeței de memorare și suprafața acoperită cu fosfor a tubului.

Colectorul este format dintr-o plasă fină și controlează electronii de inundare.

Suprafața de memorare se formează prin depunerea unui material dielectric special pe o plasă conducătoare, foarte fină (fig. 2.11).

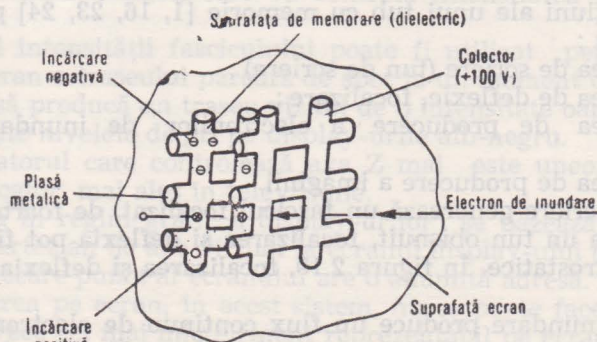


Fig. 2.11. Detaliu asupra zonei suprafeței de memorare.

Suprafața acoperită cu fosfor a tubului este identică cu cea de la tuburile normale. Fosforul utilizat este, în general, P1 sau P20.

În timpul operației de scriere, fasciculul emis de tunul de scriere lovește suprafața de memorare. În momentul acesta, se produce o emisie secundară de electroni (din dielectric), ceea ce determină o încărcare pozitivă în punctul respectiv. Se obține astfel, pe suprafața de memorare, un mozaic de potențial pozitiv, identic cu drumul parcurs de fasciculul de scriere.

Electronii de inundare, de energie mică, trec prin suprafața de memorare, prin fiecare punct încărcat pozitiv și sînt respinși către colector de restul suprafeței, încărcată negativ.

După ce trec de plasa metalică, suport al suprafeței de memorare, electronii de inundare sînt accelerați spre ecran, unde, în mod continuu, excită fosforul, producînd lumină. Imaginea vizibilă pe ecran este replica mozaicului pozitiv de pe suprafața de memorare.

Diferența esențială dintre tubul cu memorie și cel normal, în privința producerii unei imagini, constă în metoda de excitare a fosforului.

La tuburile cu memorie, fosforul este excitat de o sursă de energie dinamică (fasciculul de scriere). Pe un tub cu memorie, imaginea poate fi menținută pînă la cîteva ore.

Tubul cu memorie este pregătit pentru memorarea informației prin ștergerea (încărcarea negativă) suprafeței de memorare. Această operație se realizează aplicînd impulsuri pozitive, egale cu potențialul de străpun-gere al suprafeței de memorare, pe plasa suport a suprafeței de memorare.

Electronii de inundare sînt atrași de potențialul pozitiv al suprafeței și provoacă descărcarea ei pînă la potențialul catodului tunului de inundare, adică aproximativ OV. Cînd impulsul pozitiv dispăre, suprafața de memorare rămîne încărcată negativ.

Combinarea avantajelor tubului cu memorie cu cele ale tubului normal este realizată de tubul multimod. Structura de principiu a tubului multimod este prezentată în figura 2.12.

Suprafața de memorare este principal iden-tică cu cea a tubului cu memorie, tunul electronilor de inundare este identic; tubul multifuncțional are însă 3 tunuri.

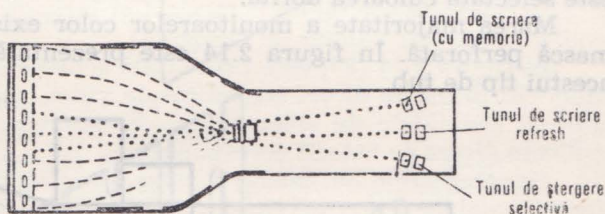


Fig. 2.12. Tub multifuncțional.

Realizarea funcțiilor lor se bazează pe efectul dual al suprafeței de memorare, ilustrat în fig. 2.13. [16].

Efectul emisiei secundare (încărcarea pozitivă a suprafeței) este reprezentat deasupra axei, iar efectul conductibilității induse în dielectric de bombardament, sub axă. Din însumarea celor două efecte se observă ușor că, la o tensiune în jur de 3 kV, între catodul tunului și plasa suprafeței de memorare, se obține un fenomen de memorare. Între 4 și 6 kV, cele două efecte se anulează, deci tubul funcționează ca un tub normal. Peste 6 kV, efectul de conductibilitate devine preponderent, ceea ce duce la descărcarea dielectricului în punctele respective.

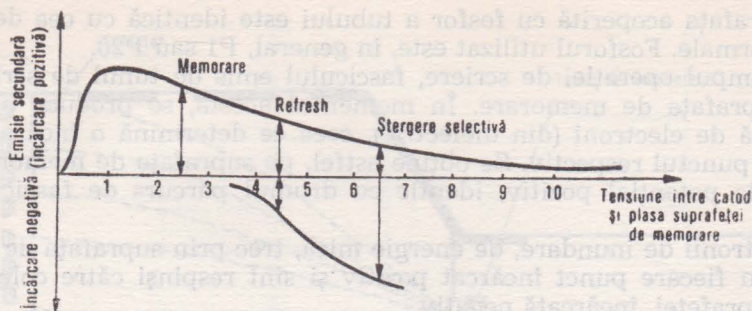


Fig. 2.13. Efectul dual al suprafeței de memorare.

Tuburile multifuncționale existente nu au decât un singur tun de scriere și două moduri de funcționare (cu memorie și cu reîmprospătarea imaginii), care se obțin modificând dinamic potențialul dintre catod și plasa suprafeței de memorare [24]. Ștergerea selectivă a imaginii este o operație care ridică probleme tehnice mari și practic nu se utilizează.

2.1.3. Tubul color

Utilizarea sistemelor de afișare color în display-uri reprezintă o treaptă superioară în evoluția sistemelor grafice. Există în momentul actual o mulțime de aplicații (în proiectarea asistată de calculator, în medicină, în biologie) care, fără utilizarea display-urilor color, devin imposibile sau deosebit de dificile.

Există mai multe metode pentru realizarea tuburilor color, toate bazate pe utilizarea mai multor tipuri de fosfor. Diferențele apar în modul în care substanțele sînt plasate pe suprafața tubului și în modul în care este selectată culoarea dorită.

Marea majoritate a monitoarelor color existente utilizează tuburi cu mască perforată. În figura 2.14 este prezentată o schemă de principiu a acestui tip de tub.

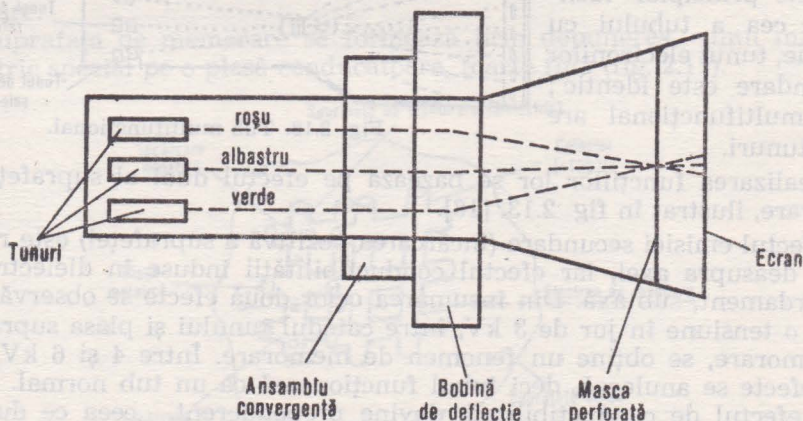


Fig. 2.14. Tubul cinescop cu mască perforată.

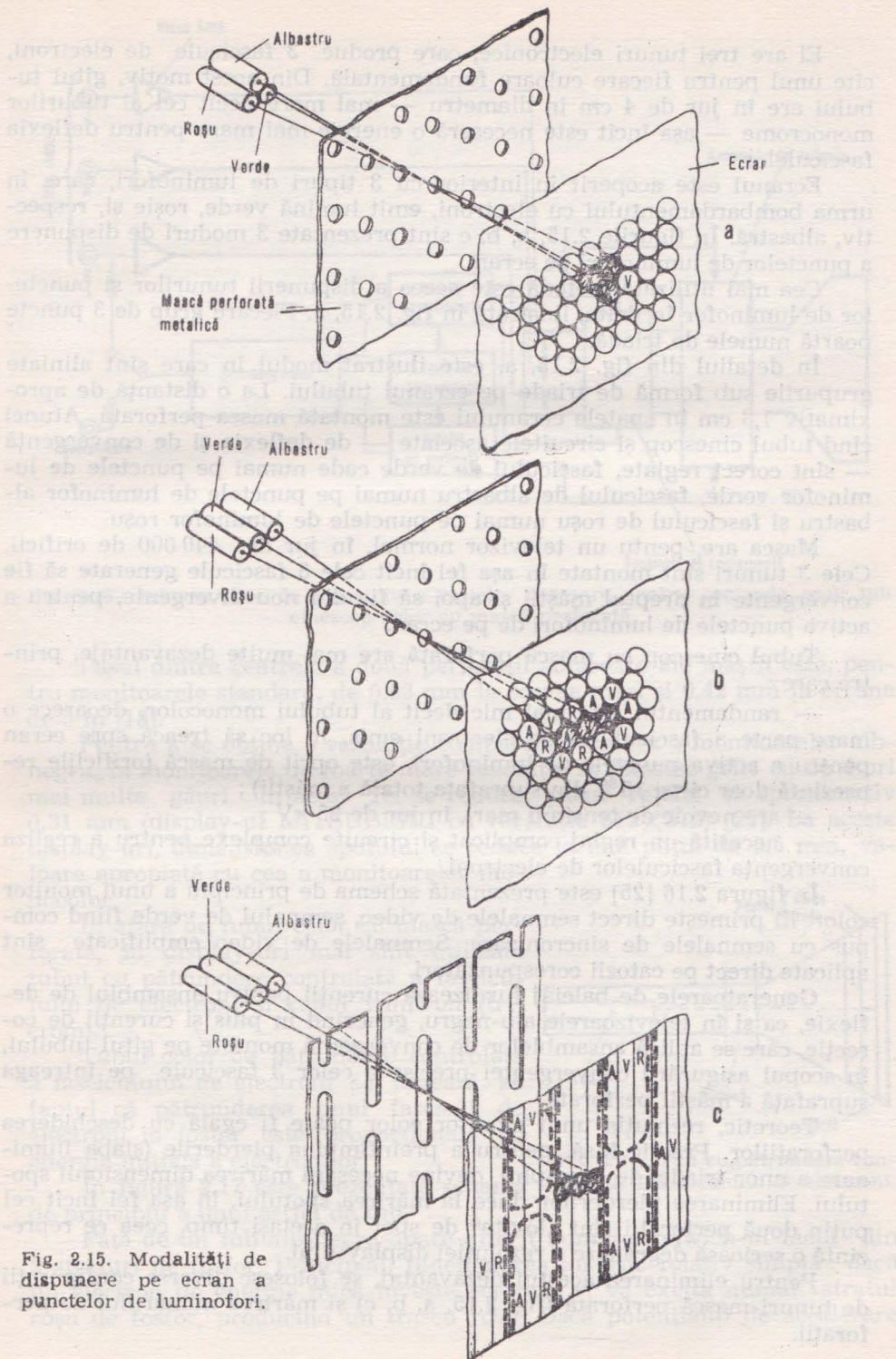


Fig. 2.15. Modalități de
dispunere pe ecran a
punctelor de luminofori.

El are trei tunuri electronice, care produc 3 fascicule de electroni, câte unul pentru fiecare culoare fundamentală. Din acest motiv, gîtul tubului are în jur de 4 cm în diametru — mai mare decît cel al tuburilor monocrome — așa încît este necesară o energie mai mare pentru deflexia fasciculelor.

Ecranul este acoperit în interior cu 3 tipuri de luminofori, care, în urma bombardamentului cu electroni, emit lumină verde, roșie și, respectiv, albastră. În figurile 2.15, a, b, c sînt prezentate 3 moduri de dispunere a punctelor de luminofori pe ecran.

Cea mai utilizată metodă este aceea a dispunerii tunurilor și punctelor de luminofor în delta, ilustrată în fig. 2.15, a. Fiecare grup de 3 puncte poartă numele de triadă.

În detaliul din fig. 2.15, a, este ilustrat modul în care sînt aliniate grupurile sub formă de triade pe ecranul tubului. La o distanță de aproximativ 1,3 cm în spatele ecranului este montată masca perforată. Atunci cînd tubul cinescop și circuitele asociate — de deflexie și de convergență — sînt corect reglate, fasciculul de verde cade numai pe punctele de luminofor verde, fasciculul de albastru numai pe punctele de luminofor albastru și fasciculul de roșu numai pe punctele de luminofor roșu.

Masca are, pentru un televizor normal, în jur de 440 000 de orificii. Cele 3 tunuri sînt montate în așa fel încît cele 3 fascicule generate să fie convergente în dreptul măștii și apoi să fie din nou divergente, pentru a activa punctele de luminofori de pe ecran.

Tubul cinescop cu mască perforată are mai multe dezavantaje, printre care :

- randamentul este mai mic decît al tubului monocolor, deoarece o mare parte a fasciculului de electroni emis, în loc să treacă spre ecran pentru a activa punctele de luminofori, este oprit de mască (orificiile reprezintă doar circa 15% din suprafața totală a măștii) ;

- are nevoie de tensiuni mari, în jur de 25 kV ;

- necesită un reglaj complicat și circuite complexe pentru a realiza convergența fasciculelor de electroni.

În figura 2.16 [25] este prezentată schema de principiu a unui monitor color. El primește direct semnalele de video, semnalul de verde fiind compus cu semnalele de sincronizare. Semnalele de video amplificate sînt aplicate direct pe catodii corespunzători.

Generatoarele de baleiaj furnizează curenții pentru ansamblul de deflexie, ca și în televizoarele alb-negru, generînd în plus și curenții de corecție, care se aplică ansamblelor de convergență montate pe gîtul tubului, în scopul asigurării convergenței precise a celor 3 fascicule pe întreaga suprafață a măștii perforate.

Teoretic, rezoluția unui monitor color poate fi egală cu deschiderea perforațiilor. Practic însă, pentru a preîntîmpina pierderile (slaba iluminare a unor triade, de exemplu), devine necesară mărirea dimensiunii spotului. Eliminarea pierderilor duce la mărirea spotului, în așa fel încît cel puțin două perforații sînt „lovite” de spot în același timp, ceea ce reprezintă o serioasă degradare a rezoluției display-ului.

Pentru eliminarea acestui dezavantaj, se folosesc diverse configurații de tunuri-mască perforată (fig. 2.15, a, b, c) și mărirea numărului de perforații.

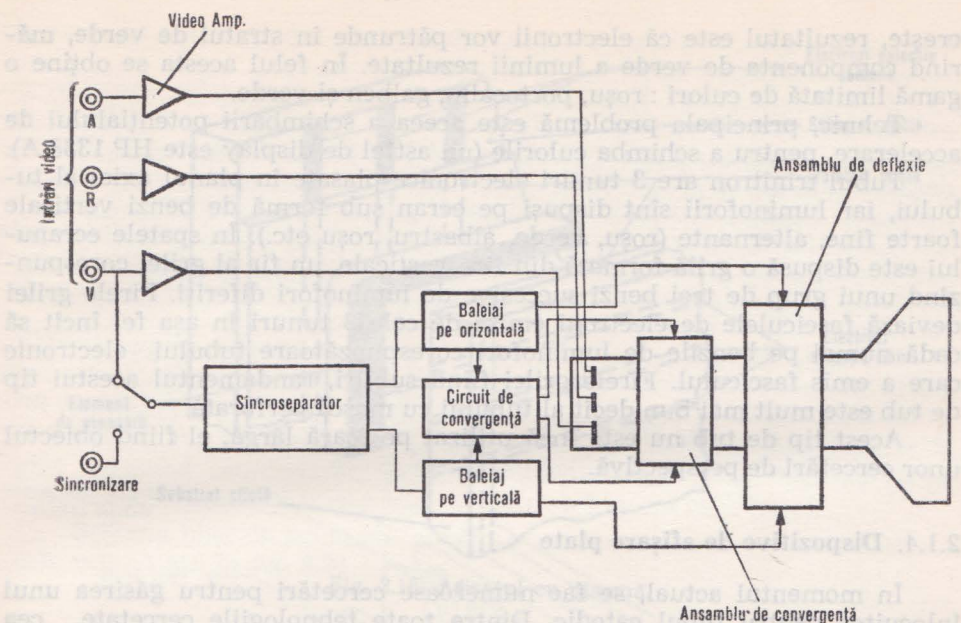


Fig. 2.16. Schema bloc de principiu a etajelor necesare pentru comanda unui tub cinescop color cu mască perforată.

Pasul dintre centrele a două perforații adiacente ale măștii este, pentru monitoarele standard, de 0,66 mm la ecrane mari și 0,42 mm la ecrane de 5 in [18].

Pentru a se obține o rezoluție comparabilă cu cea a monitoarelor alb-negru, la monitoarele de foarte mare rezoluție se folosesc grile cu de 4 ori mai multe găuri. În acest fel se reduce pasul rețelei la aproximativ 0,31 mm (display-ul MITSUBISHI cu rezoluție 512×512) [25]. La aceste display-uri, dimensiunea spotului se reduce la mai puțin de 0,5 mm, valoare apropiată cu cea a monitoarelor monocolor.

În afară de tubul celor cu mască perforată, în display-uri mai sînt utilizate tubul cu pătrundere controlată a fascicului de electroni și tubul trinitron (trinitron).

Tubul color cu pătrundere controlată a fascicului de electroni se bazează pe faptul că pătrunderea unui fascicul de electroni în fosfor este proporțională cu energia inițială a electronilor.

În figura 2.17 este prezentată schema de principiu a unui astfel de tub.

Față de un tub alb-negru apare diferit numai sandwich-ul făcut din 2 straturi de fosfor. Principal, funcționarea lui este relativ simplă: dacă un electron de energie mică lovește ecranul, el va excita numai stratul roșu de fosfor, producînd un traseu roșu. Dacă potențialul de accelerare

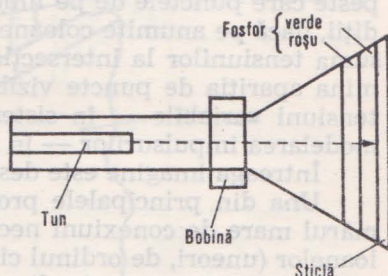


Fig. 2.17. Tub cu pătrundere controlată a fascicului de electroni.

crește, rezultatul este că electronii vor pătrunde în stratul de verde, mărind componenta de verde a luminii rezultate. În felul acesta se obține o gamă limitată de culori : roșu, portocaliu, galben și verde.

Tehnic, principala problemă este aceea a schimbării potențialului de accelerare, pentru a schimba culorile (un astfel de display este HP 1338 A).

Tubul trinitron are 3 tunuri electronice plasate în planul axial al tubului, iar luminoforii sînt dispuși pe ecran sub formă de benzi verticale foarte fine, alternante (roșu, verde, albastru, roșu etc.). În spatele ecranului este dispusă o grilă formată din fire verticale, un fir al grilei corespunzînd unui grup de trei benzi succesive de luminofori diferiți. Firele grilei deviază fasciculele de electroni emise de cele 3 tunuri în așa fel încît să cadă numai pe benzile de luminofori corespunzătoare tubului electronic care a emis fasciculul. Firele grilei fiind subțiri, randamentul acestui tip de tub este mult mai bun decît al tubului cu mască perforată.

Acest tip de tub nu este încă utilizat pe scară largă, el fiind obiectul unor cercetări de perspectivă.

2.1.4. Dispozitive de afișare plate

În momentul actual, se fac numeroase cercetări pentru găsirea unui înlocuitor pentru tubul catodic. Dintre toate tehnologiile cercetate, cea mai promițătoare în domeniul graficii este cea a dispozitivelor de afișare plate [18, 20, 27].

Constructiv, acestea se prezintă sub forma unor straturi succesive din diferite materiale, care înglobează o rețea de conductori organizată matricial. Conductorii sînt depuși pe substraturi de sticlă, în fața și în spatele afișajului. Peste ei este depus cîte un strat care îi izolează față de zona centrală, unde se găsește substanța activă, care emite lumină sau modulează lumina ambiantă, atunci cînd sînt aplicate tensiunile necesare.

Dispozitivul are cîte un circuit de comandă pentru fiecare conductor (pentru fiecare linie și coloană) în parte, iar imaginea este desenată linie cu linie. Pe conductorul de linie selectat se aplică o tensiune, sub pragul peste care punctele de pe linia respectivă ar deveni vizibile. În aceste condiții, dacă pe anumite coloane este aplicată o tensiune suplimentară, atunci suma tensiunilor la intersecția acestor coloane cu linia selectată va determina apariția de puncte vizibile. Intensitatea poate fi controlată utilizînd tensiuni variabile — în sistemele de control în curent continuu — sau modelarea impulsurilor — în sistemele de control în curent alternativ.

Întreaga imagine este desenată secvențial, linie cu linie, pe ecran.

Una din principalele probleme la aceste sisteme de afișare este numărul mare de conexiuni necesare pentru adresarea tuturor liniilor și coloanelor (uneori, de ordinul cîtorva mii).

Cele mai cunoscute dispozitive de afișare plate sînt cele cu plasmă, cu electroluminiscență și cu cristal lichid.

Afișajul cu plasmă (fig. 2.18) utilizează în general ca element activ neonul în amestec cu argon sau xenon. Atunci cînd într-un punct adresat tensiunea între cei doi conductori este în jur de 90 V, se produce străpungerea gazului și este emisă o lumină portocalie-roșie.

Rezoluția unui astfel de afișaj este relativ redusă, 60 puncte pe inch, iar prețul de cost este foarte ridicat.

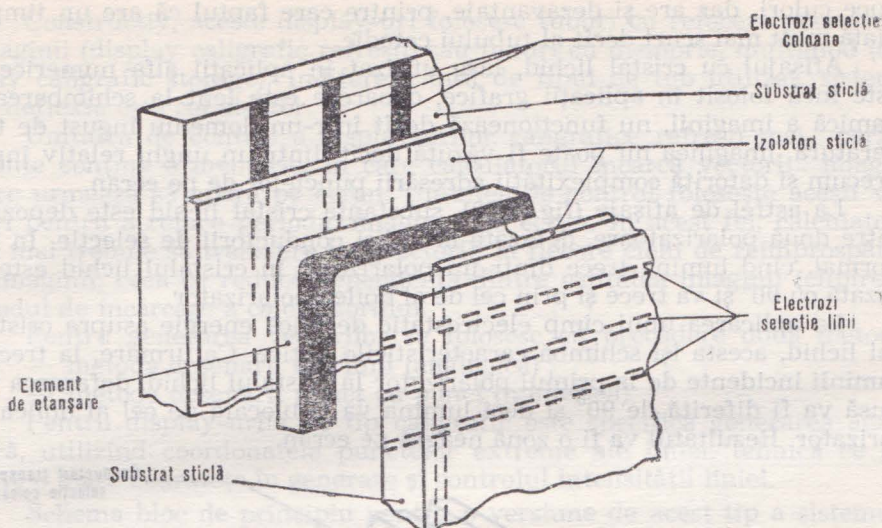


Fig. 2.18. Afișajul cu plasmă.

Afișajul cu electroluminiscență (fig. 2.19) folosește ca substanță activă, în general, sulfatul de zinc. Conductorii pentru selecția liniilor sînt din aluminiu și se găsesc în partea din spate a afișajului, iar conductorii pentru selecția coloanelor sînt transparenți și sînt fixați pe stratul frontal, din sticlă. Tensiunile utilizate sînt în jur de 200 V pentru linii și 30 V pentru coloane. Punctul selectat din substanța activă va emite o lumină portocalie sau galben-portocalie.

Față de celelalte tipuri, afișajul cu electroluminiscență are multe avantaje: se produce ușor, consumă puțin, are rezoluție bună, poate pro-

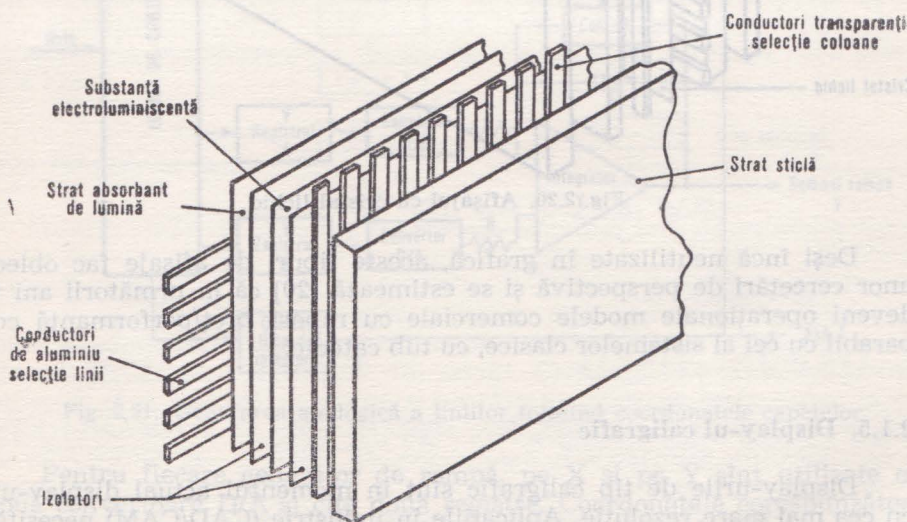


Fig. 2.19. Afișajul cu electroluminiscență.

duce culori, dar are și dezavantaje, printre care faptul că are un timp de viață mult mai scurt decât al tubului catodic.

Afișajul cu cristal lichid, larg utilizat în aplicații alfa numerice, nu este încă folosit în aplicații grafice, deoarece este lent la schimbarea dinamică a imaginii, nu funcționează decât într-un domeniu îngust de temperatură, imaginea nu poate fi văzută decât dintr-un unghi relativ îngust, precum și datorită complexității adresării punctelor de pe ecran.

La astfel de afișaje (fig. 2.20), substanța cristal lichid este depozitată între două polarizatoare, defazate la 90° și conductorii de selecție. În mod normal, cînd lumina trece dintr-un polarizator în cristalul lichid este defazată cu 90° și va trece și prin cel de al doilea polarizator.

La aplicarea unui cîmp electrostatic de mică energie asupra cristallui lichid, acesta își schimbă caracteristicile optice. Ca urmare, la trecerea luminii incidente de la primul polarizator la cristallul lichid, defazarea produsă va fi diferită de 90° și deci lumina va fi blocată de cel al doilea polarizator. Rezultatul va fi o zonă neagră pe ecran.

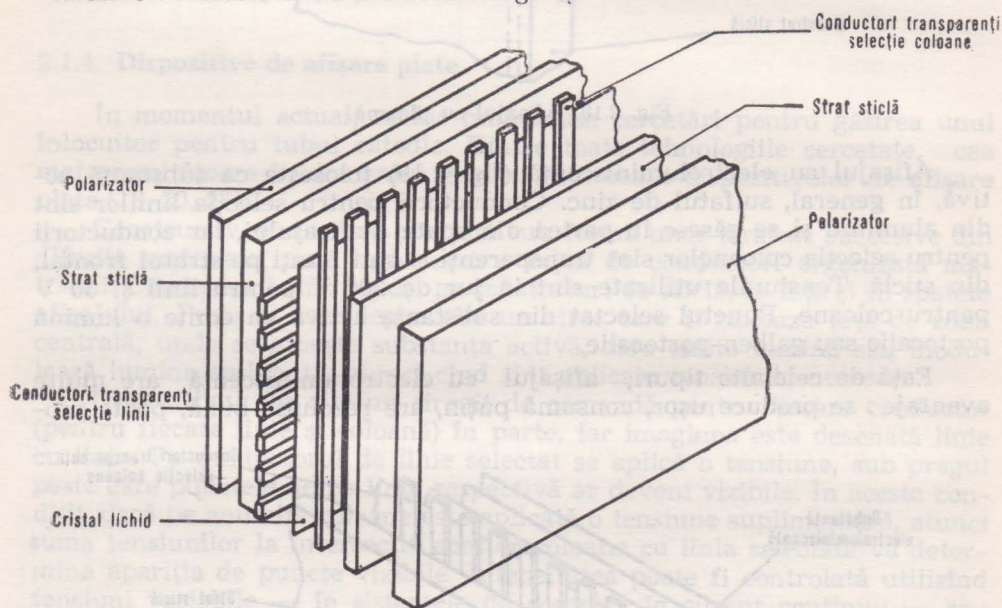


Fig. 2.20. Afișajul cu cristal lichid.

Deși încă neutilizate în grafică, aceste tipuri de afișaje fac obiectul unor cercetări de perspectivă și se estimează [20] că în următorii ani vor deveni operaționale modele comerciale cu raport preț/performanță comparabil cu cel al sistemelor clasice, cu tub catodic.

2.1.5. Display-ul caligrafic

Display-urile de tip caligrafic sînt în momentul actual display-urile cu cea mai mare rezoluție. Aplicațiile în industrie (CAD/CAM) necesită în mod curent display-uri caligrafice cu rezoluții de ordinul 4096×4096 .

Constructiv, aceste display-uri folosesc tuburi cu refacere periodică a imaginii (display caligrafic refresh) sau tuburi cu memorie, multimod (display caligrafic storage). Indiferent însă de tipul de tub utilizat, sistemul de deflexie este cel aleator.

Unitatea de control a display-urilor caligrafice refresh mai performante conține o memorie, în care calculatorul încarcă vectorii imaginii care urmează să apară pe ecran. Unitatea de control folosește acești vectori pentru a reface periodic imaginea pe ecran. În acest fel, calculatorul nu mai trebuie să transfere toți vectorii, la fiecare ciclu de reimprospătare a imaginii, ceea ce reduce dependența dintre calitatea imaginii (clipire) și gradul de încărcare a calculatorului.

Pentru generarea vectorilor se folosesc cu precădere două metode :

- metoda desenării din linii (analogică) ;
- metoda desenării punct cu punct (numerică).

Pentru display-urile de tip caligrafic este specifică generarea analogică, utilizând coordonatele punctelor extreme ale liniei, tehnica ce asigură o mare acuratețe în generare și controlul intensității liniei.

Schema bloc de principiu pentru o versiune de acest tip a sistemului este prezentată în fig. 2.21.

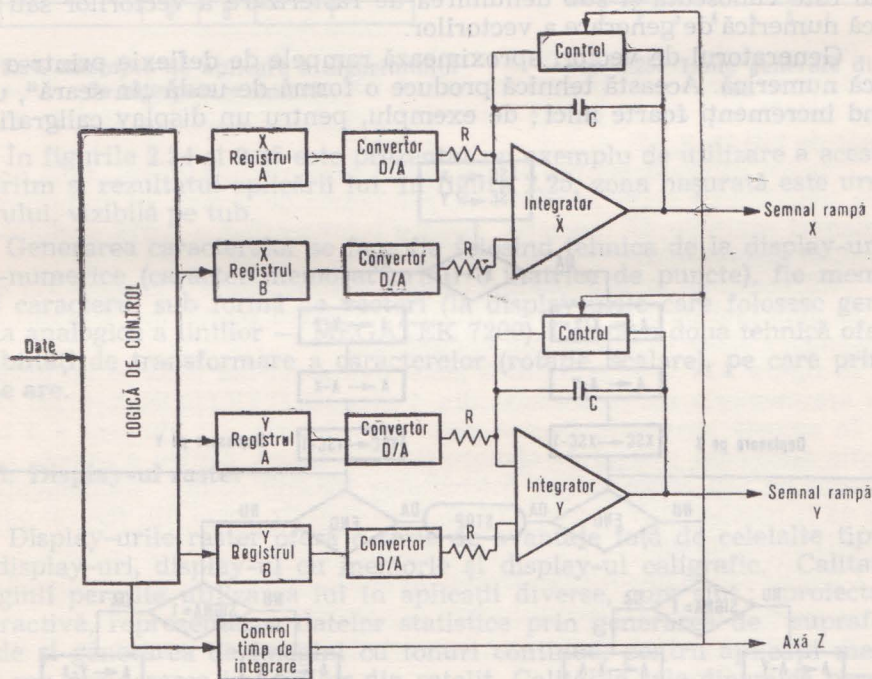


Fig. 2.21. Generarea analogică a liniilor folosind coordonatele capetelor.

Pentru fiecare generator de rampă, pe X și pe Y sînt utilizate cîte două convertoare D/A și cîte două registre. Coordonatele corespunzătoare punctelor de start sînt memorate în registrele A, iar cele ale punctelor de sfîrșit în registrele B.

Ieșirile convertoarelor pentru X sînt aplicate unui integrator, a cărui rampă de ieșire este proporțională cu diferența dintre rampele generate de cele două convertoare D/A.

În mod similar, ieșirea integratorului pentru Y este proporțională cu diferența dintre ieșirile convertoarelor D/A asociate.

Generarea rampei pentru ambele integratoare este sincronizată cu semnalul pentru axa Z prin controlul comutatorului electronic de pe reacția integratorului. Linia rezultată este perfect netedă (fig. 2.22), fără a trece prin punctele fictive de grilă și, în plus, datorită controlului rampelor de către semnalul axei Z, intensitatea luminoasă a liniei este constantă.

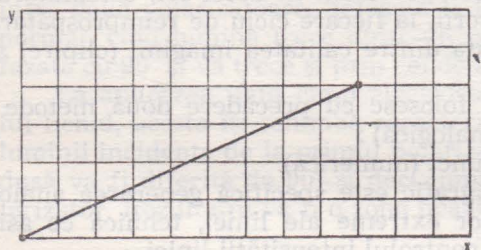


Fig. 2.22. Linie generată analogic.

Generarea liniilor folosind tehnica analogică este foarte pretențioasă; de aceea, din ce în ce mai mult, este utilizată tehnica numerică de generare a liniilor. Ea

mai este cunoscută și sub denumirea de rasterizare a vectorilor sau tehnică numerică de generare a vectorilor.

Generatorul de vectori aproximează rampele de deflexie printr-o tehnică numerică. Această tehnică produce o formă de undă „în scară“, utilizând incremenți foarte mici; de exemplu, pentru un display caligrafic de

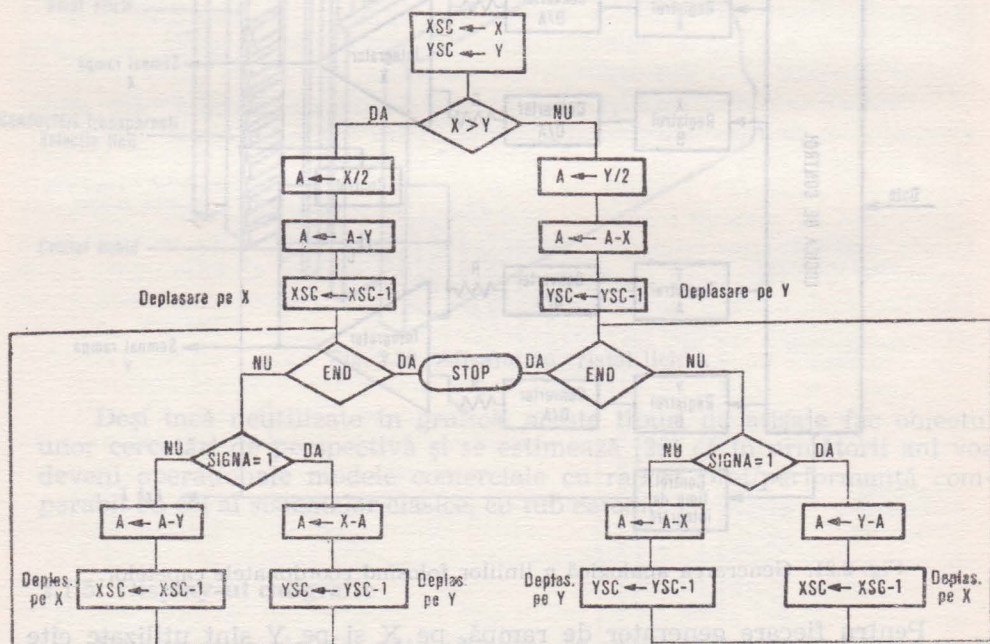


Fig. 2.23. Algoritm de interpolare liniară:

XSC, YSC — contoare de oprire pentru X, respectiv pentru Y; END — indică XSC=YSC=0; X și Y sînt coordonatele finale ale vectorului.

19'', cu rezoluție 4096×4096 [24], fiecare increment de tensiune produce o schimbare a poziției spotului cu 0,09 mm. Având în vedere dimensiunile relativ mari ale spotului, rampa digitală produce un vector aproximativ neted.

În literatura de specialitate este descris un număr foarte mare de algoritmi de interpolare liniară și circulară. În figura 2.23 este prezentat un algoritm simplificat de interpolare liniară pentru vectori relativi.

A	OPERAȚIE EFECTUATĂ	XSC	YSC	AXA PE CARE SE EFECTUEAZĂ DEPLASAREA
3	$3 - 6 = -3$	7	6	X
3	$7 - 3 = +4$	6	6	Y
4	$4 - 6 = -2$	6	5	X
2	$7 - 2 = 5$	5	4	Y
5	$5 - 6 = -1$	4	4	X
1	$7 - 1 = 6$	4	3	Y
6	$6 - 6 = 0$	3	3	X
0	$0 - 6 = -6$	2	3	X
6	$7 - 6 = 1$	2	2	Y
1	$1 - 6 = -5$	1	2	X
5	$7 - 5 = 2$	1	1	Y
2	$2 - 6 = -4$	0	1	X
		0	0	Y

$x=7$
 $y=6$

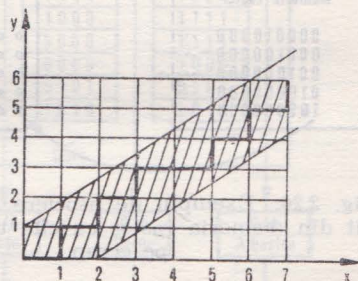


Fig. 2.24. Exemplu de aplicare a algoritmului de interpolare liniară.

Fig. 2.25. Linie generală digitală.

În figurile 2.24 și 2.25 este prezentat un exemplu de utilizare a acestui algoritm și rezultatul aplicării lui. În figura 2.25, zona hașurată este urma spotului, vizibilă pe tub.

Generarea caracterelor se face fie folosind tehnica de la display-urile alfa-numerice (caracter memorat printr-o matrice de puncte), fie memorând caracterul sub formă de vectori (la display-urile care folosesc generarea analogică a liniilor — MEGATEK 7200). Cea de a doua tehnică oferă posibilități de transformare a caracterelor (rotație, scalare), pe care prima nu le are.

2.1.6. Display-ul raster

Display-urile raster oferă o serie de avantaje față de celelalte tipuri de display-uri, display-ul cu memorie și display-ul caligrafic. Calitatea imaginii permite utilizarea lui în aplicații diverse, cum sînt: proiectare interactivă, reprezentarea datelor statistice prin generarea de suprafețe solide și generarea de imagini cu tonuri continue, pentru aplicații medicale sau prelucrarea imaginilor din satelit. Calitățile sale dinamice permit obținerea unei animații continue și un răspuns aproape instantaneu la comenzile interactive. În plus, tehnicile de producție de masă, dezvoltate pentru televiziune, fac deosebit de avantajoasă și economică utilizarea lui în grafică.

Spre deosebire de display-urile caligrafice, la care, pentru trasarea unei linii, spotul trece numai prin punctele care aparțin acesteia, la dis-

play-ul raster fiecare punct (pixel) al ecranului este parcurs de spot în timpul fiecărui ciclu de reîmprospătare a imaginii.

Această refacere periodică (reîmprospătare) a imaginii este realizată prin stocarea într-o memorie specială a display-ului, a informațiilor care vor dubla datele de pe ecran. Această memorie poartă numele de memorie raster sau de refresh.

Cea mai simplă memorie raster este cea care alocă câte un singur bit pentru fiecare pixel afișat pe ecran (display-ul raster alb-negru fără nuanțe DIAGRAM 2030). Poate să existe chiar o corespondență unu la unu între adresele memoriei și coordonatele display, ca în figura 2.26.

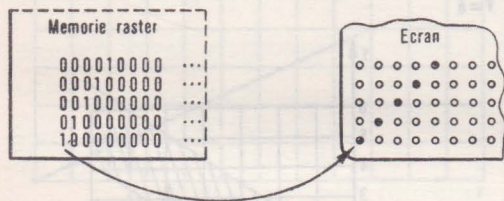


Fig. 2.26. Exemplu de asociere a câte unui bit din memoria raster cu câte un punct de pe ecran.

Generarea liniilor, la display-ul raster, se realizează prin metoda numerică, metodă care se utilizează însă diferit decât la display-ul caligrafic. Interpolatorul va calcula adresele prin care trece linia respectivă și, la adresele corespunzătoare din memoria raster, se va introduce câte un 1.

Pentru obținerea unei imagini alb-negru cu nuanțe sau color, algoritmul de rasterizare este parțial modificat. După calcul, fiecărei coordonate (x, y) rezultate i se va asocia nu un bit, ca în exemplul anterior, ci un număr de biți [1, 9, 17].

Tehnica utilizată pentru a crea codificarea multibit/pixel, fără reducerea timpului de acces la memorie, este aceea de a memora informațiile în planuri multiple de memorie, fiecare reprezentând o hartă completă a ecranului display-ului.

Utilizarea mai multor planuri adaugă o dimensiune z la memoria raster, în plus față de x și y, implicate în adresarea pixelilor. Pe ecran, dimensiunea z apare ca intensitate sau culoare.

În figura 2.27 este prezentată generarea pixel-ilor color la un display care are memoria raster formată din 4 planuri (TEKTRONIX 4113) [18].

În această structură, fiecare pixel este descris cu ajutorul a 4 biți. Aceștia adresează tabelul de căutare (lookup table), pentru a selecta configurația de biți reprezentând intensitatea fiecărei culori fundamentale, care va fi trimisă către convertorii D/A asociați. În cazul din figură, punctul va fi verde intens.

Culorile pot fi modificate în două moduri :

a) — schimbând conținutul memoriei raster ;

De exemplu, dacă conținutul locației din memoria raster ar fi 0100, pixel-ul ar fi albastru.

b) — schimbând conținutul tabelului de căutare.

De exemplu, dacă conținutul locației selectate de pixel în tabelul de căutare ar fi 111100000000, pe ecran, pixel-ul ar fi roșu.

Această ultimă facilitate este implementată numai pe anumite sisteme, la care tabelul de căutare este realizat hardware cu o memorie RAM de mare viteză.

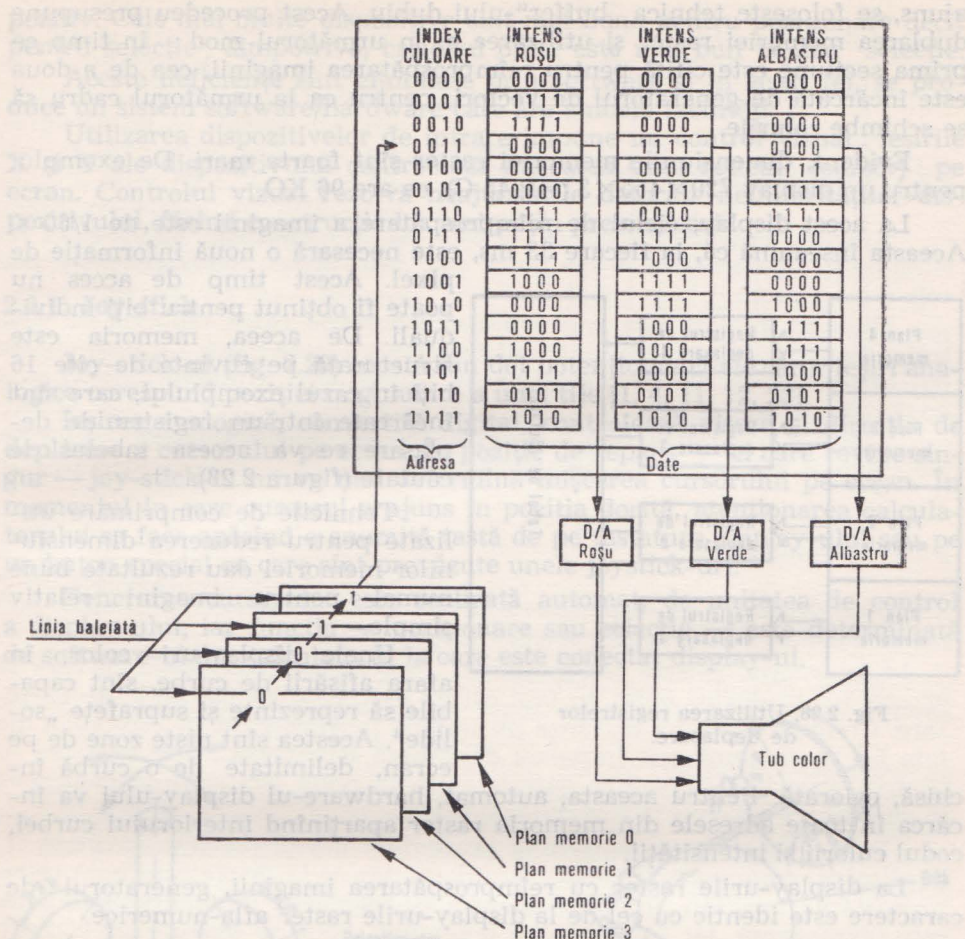


Fig. 2.27. Generarea imaginii color la display-ul raster color TEK 4113.

Numărul de culori care pot apărea la un moment dat pe display, depinde de numărul de planuri ale memoriei raster. Astfel, două planuri generează 3 culori, plus fond (ecran fără imagine); trei planuri produc 7 culori plus fond; 4 planuri (cazul discutat) produc 15 culori plus fond (0000 din tabelul de căutare), 8 planuri produc 255 culori plus fond.

Numărul de culori pe care poate să-l producă sistemul depinde și de numărul de biți cu care este codificată intensitatea în tabelul de căutare.

În cazul exemplului discutat, cu 4 planuri și tabel de căutare cu intensitatea codificată pe 4 biți pentru fiecare culoare fundamentală, pot fi obținute $16 \times 16 \times 16 = 4096$ culori (inclusiv fond).

Imaginea obținută pe ecran este stabilă (fără clipire) atâta timp cât nu se fac modificări. În acest moment, deoarece rasterizarea și reîmprospătarea imaginii se fac în același timp, pot apărea suprapuneri ale noii imagini cu imaginea veche. La sistemele mai evolute, pentru a elimina acest ne-

ajuns, se folosește tehnica „buffer“-ului dublu. Acest procedeu presupune dublarea memoriei raster și utilizarea ei în următorul mod : în timp ce prima secțiune este citită pentru reîmprospătarea imaginii, cea de a doua este încărcată de generatorul de vectori, pentru ca la următorul cadru să se schimbe rolurile.

Evident, dimensiunile memoriei raster sînt foarte mari. De exemplu, pentru un display $720 \times 455 \times 3$ (HP 45 C), ea are 96 KO.

La acest display, ciclul de reîmprospătare a imaginii este de $1/60$ s. Aceasta înseamnă că, la fiecare 33 ms, este necesară o nouă informație de pixel. Acest timp de acces nu poate fi obținut pentru biți individuali. De aceea, memoria este structurată pe cuvinte de cîte 16 biți în cazul exemplului, care sînt încărcate într-un registru de deplasare ce va accesa tabelul de căutare (figura 2.28).

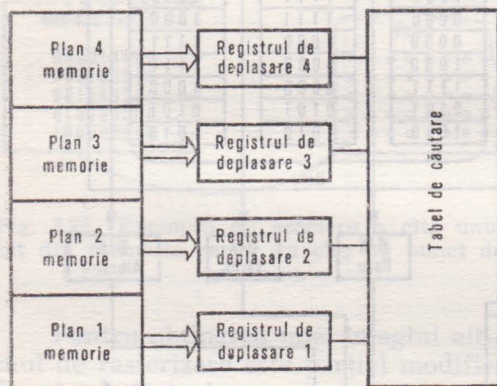


Fig. 2.28. Utilizarea registrelor de deplasare.

Tehnicile de comprimare utilizate pentru reducerea dimensiunilor memoriei dau rezultate bune numai pentru imagini relativ simple.

Unele display-uri color, în afara afișării de curbe, sînt capabile să reprezinte și suprafețe „solide“. Acestea sînt niște zone de pe ecran, delimitate de o curbă în-

chisă, colorată. Pentru aceasta, automat, hardware-ul display-ului va încărcă în toate adresele din memoria raster aparținînd interiorului curbei, codul culorii și intensității.

La display-urile raster cu reîmprospătarea imaginii, generatorul de caractere este identic cu cel de la display-urile raster afla-numerice.

2.2. Dispozitive de interacțiune grafică

Cele mai multe terminale de tip display grafic pun la dispoziția utilizatorului o tastatură alfa numerică, cu care se pot introduce comenzi și date pentru program. Pentru anumite aplicații, tastatura este însă insuficientă, spre exemplu, dacă utilizatorul dorește să indice unul dintre simbolurile afișate pe ecran sau să adauge noi linii la un desen deja existent.

Aceste două exemple ilustrează cele două tipuri de bază ale interacțiunii grafice : selecția și poziționarea.

Necesitatea de a interacționa a stimulat dezvoltarea unui mare număr de dispozitive grafice de intrare.

Ideal, un dispozitiv grafic de intrare ar trebui să rezolve ambele probleme : și poziționarea și selecția. În realitate, nu există un asemenea dis-

pozitiv. Cele mai multe dispozitive sînt mai bune pentru poziționare decît pentru selecție; dimpotrivă, creionul optic este mai bun pentru selecție.

Aceste deficiențe sînt eliminate prin software și în acest fel, se produce un sistem software/hardware care are ambele facilități.

Utilizarea dispozitivelor de intrare impune un control vizual: ieșirile X și Y ale dispozitivului controlează mișcarea unui reticul (cursor) pe ecran. Controlul vizual rezolvă neajunsurile datorate neliniarităților dispozitivului, făcînd construcția lor mai puțin pretentioasă.

2.2.1. Joy-stick

Joy-stick-ul (fig. 2.29) constă din doi potențiometri ale căror ieșiri analogice corespund poziției unghiulare a unei tije [1, 4, 11, 12, 23].

Ieșirea analogică, convertită digital, controlează viteza și direcția de deplasare a cursorului pe ecran. În poziție de repaus — în care revine singur — joy-stick-ul nu va mai determina mișcarea cursorului pe ecran. În momentul în care cursorul a ajuns în poziția dorită, atenționarea calculatorului se face apăsînd o anumită tastă de pe tastatura display-ului sau pe un buton special cu care sînt prevăzute unele joystick-uri.

Generarea cursorului este realizată automat, de unitatea de control a display-ului, iar funcția — poziționare sau selecție — este determinată de software-ul din calculatorul la care este conectat display-ul.

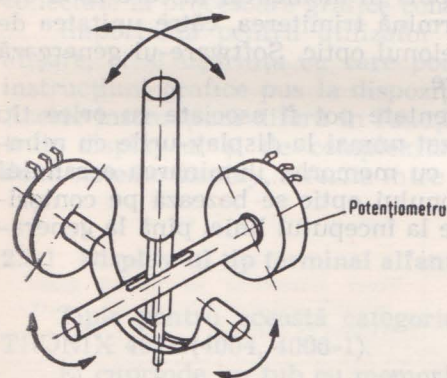


Fig. 2.29. Joy-stick-ul.

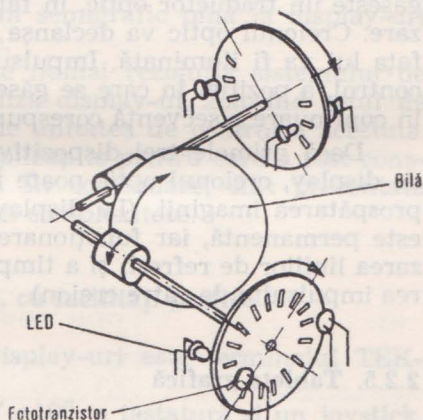


Fig. 2.30. Trackball

2.2.2. Trackball

Trackball-ul (fig. 2.30) realizează aceleași funcții ca și joystick-ul, dar diferă constructiv de acesta.

Dispozitivul este prevăzut cu o bilă ce poate fi rotită, rotația ei fiind codificată de 4 traductori optici și transferată unității de control. Aceasta va converti orice rotire a bilei trackball-ului în deplasări ale cursorului pe x și pe y.

Trebuie subliniată interdependența dintre hard și soft ; astfel, joystick-ul și trackball-ul, care sînt, din punct de vedere hardware, periferice specifice pentru poziționare, pot fi folosite — cu un software adecvat — și pentru selecție, folosind lista software de display (vezi cap. 4, 5).

2.2.3. Șoricelul mouse

Șoricelul (mouse-ul) [11, 19, 4] este un alt dispozitiv de control al cursorului. Constructiv, el are două role care preiau deplasările sale pe cele două direcții, x și y.

Mișcarea rozelor este convertită și transmisă către unitatea de control a display-ului, pentru controlul poziționării cursorului. La acest sistem pot apărea erori datorate erorilor de transmitere a mișcării de la cele două role.

Există și o variantă optică a șoricelului [4], la care mișcarea este controlată mult mai precis, de traductori optici.

2.2.4. Creionul optic

Spre deosebire de dispozitivele prezentate anterior, creionul optic este prin excelență folosit pentru selecție [13, 11, 19].

Constructiv, el este foarte simplu : are forma unui stilou în care se găsește un traductor optic, în fața căruia există un sistem optic de focalizare. Creionul optic va declanșa un impuls în momentul în care zona din fața lui va fi iluminată. Impulsul determină trimiterea, către unitatea de control, a poziției în care se găsește creionul optic. Software-ul generează în continuare o secvență corespunzătoare.

Dacă primele trei dispozitive prezentate pot fi asociate cu orice tip de display, creionul optic poate fi utilizat numai la display-urile cu reîmprospătarea imaginii. (La display-urile cu memorie, iluminarea ecranului este permanentă, iar funcționarea creionului optic se bazează pe conturizarea liniilor de refresh și a timpului de la începutul liniei pînă la generarea impulsului de către creion).

2.2.5. Tableta grafică

Tableta grafică este un digitizor de dimensiuni mai mici, care poate fi folosit fie pentru selecție — poziționînd cursorul, fie pentru introducerea de date, ca orice digitizor. Modalitățile de lucru sînt controlate de software-ul din calculator (vezi cap. 3).

2.2.6. Tastatura

Tastatura are funcții identice cu ale celei de la un display alfa numeric, dar, în plus, poate avea un număr de taste funcționale, la apăsarea cărora software-ul generează o secvență asociată specifică.

În domeniul dispozitivelor de interacțiune, evoluția este foarte rapidă. Astfel, au apărut sisteme [4] la care pe ecranul display-ului se lipește un traductor capacitiv sau i se asociază o rețea de LED-uri emițătoare (receptori în infraroșu). În felul acesta, interacțiunea se poate realiza direct prin atingerea ecranului cu degetul (fig. 2.31).

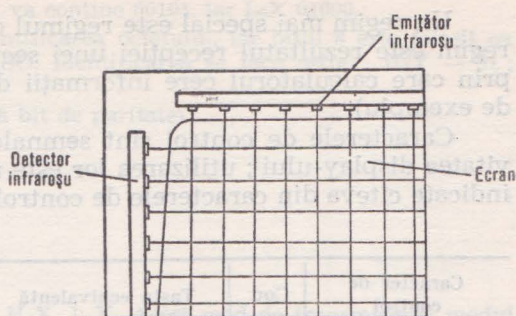


Fig. 2.31. Selecție prin atingerea ecranului, folosind emițători-receptori în infraroșu.

Viitoarele dispozitive vor fi probabil variante ale celor prezentate mai sus. Sistemul de intrare prin voce este încă mai lent și foarte costisitor. Mult mai promițător pare sistemul de selecție, poziționare și trasare prin urmărirea poziției irisului ochiului.

2.3. Exemple de display-uri grafice *

În momentul actual există o mare diversitate de tipuri de display-uri, de la cele alfanumerice care au un regim semigrafic până la display-uri conectate la procesoare grafice complicate.

Importantă pentru utilizator nu este numai rezoluția sistemului de afișare, ci și ușurința cu care poate utiliza display-ul, folosind setul de instrucțiuni grafice pus la dispoziția sa de unitatea de control a acestuia. Aceste instrucțiuni diferă în funcție de aplicațiile pentru care a fost construit display-ul și de complexitatea sa. În continuare, sînt prezentate două sisteme display, diferite între ele prin complexitate.

2.3.1. Display-ul tip terminal alfanumeric, cu facilități grafice

Tipic pentru această categorie de display-uri este terminalul TEKTRONIX 4012 (4004, 4006-1).

El cuprinde un tub cu memorie, de $7 \times 10''$, o tastatură și un joystick. Rezoluția sistemului de afișare este de 1024×780 . Legătura display-ului cu calculatorul se face pe linie serială asincronă în cod ISO.

Informațiile vehiculate între calculator și display se pot împărți în două categorii : caractere de control și date.

Activitatea terminalului poate fi împărțit în două categorii : scrierea caracterelor și desenarea vectorilor, respectiv execuția caracterelor de control.

Caracterele sînt scrise în regim alfanumeric, vectorii sînt desenați în regim grafic, caracterele de control sînt executate în orice mod.

* Vezi și ANEXA 1 (pag. 327).

Un regim mai special este regimul de intrare grafică. Intrarea în acest regim este rezultatul recepției unei secvențe de control (vezi tabelul 2.1), prin care calculatorul cere informații de la terminal (poziția cursorului, de exemplu).

Caracterele de control sînt semnale codificate, care controlează activitatea display-ului ; utilizarea lor este relativ standard. În tabelul 2.1 sînt indicate cîteva din caracterele de control și funcțiile lor.

Tabelul 2.1.

Caracter de control	Cod	Tasta echivalentă	Funcție
CR	R	RETURN ; CTRL M	Poziționează indexul la începutul rîndului. Trece terminalul din regim grafic în regim alfa și inhibă afișarea cursorului.
ESC		ESC sau CTRL SHIFTK	Recepția caracterului ESC pregătește unitatea de control a display-ului pentru execuția unei secvențe ESC. Vezi ENQ, FF, SUB
ENQ		CTRL E	Secvența ESC urmată de ENQ determină în regimul intrare grafică cu cursorul pe ecran, emisia de către terminal a adresei pe care este poziționat cursorul.
FF		CTRL L	Secvența ESC urmată de FF determină ștergerea ecranului, selectează modul alfa, poziționează cursorul în origine.
SUB		CTRL Z	Secvența ESC urmată de SUB determină intrarea în modul intrare grafică și activează cursorul.
GS		CTRL SHIFT M	Trece terminalul în modul grafic, setează sistemul de afișare pentru vectori invizibili.

Primul vector după GS va fi invizibil, următorii vor fi vizibili.

Poziționarea spotului, vizibil sau invizibil, se face emițînd în regim grafic, către terminal, echivalentul binar al coordonatelor x și y ale punctului de pe ecran.

De exemplu, pentru $x=172$ și $y=237$, translate pe 10 biți, se obține :

$x=00101/01000$ și

$y=00111/01101$

Fiecare echivalent binar se separă în doi octeți : cei mai semnificativi 5 biți în octetul H_1 și cei mai puțin semnificativi 5 biți în octetul L_0 .

Continuând exemplul anterior, H_1X va conține 00101, iar L_0X 01000.

Biții 6 și 7 sînt folosiți pentru identificarea octetului, iar bitul 8 este folosit ca bit de paritate, conform standardului ISO. Identificarea se face astfel: H_1Y — 01; L_0Y — 11; H_1X — 01; L_0X — 10.

În exemplul nostru (transmisie fără bit de paritate):

$H_1Y = 01000111$

$L_0Y = 01101101$

$H_1X = 00100101$

$L_0X = 01001000$

Secvența de emisie este H_1Y , L_0Y , H_1X , L_0X . Acest mod de transmisie și modul de funcționare a memoriei în regim grafic permit așa-numita adresare scurtă. În acest fel, dacă anumiți octeți ai unei adrese nu diferă de adresa precedentă, pot fi omiși (vezi tabelul 2.2).

Tabelul 2.2

Octeți care se schimbă	Octeți care trebuie retransmiși			
	H_1Y	L_0Y	H_1X	L_0X
H_1Y	#			#
L_0Y		#		#
H_1X		#	#	#
L_0X				#

Trebuie observat că tot efortul de calcul al imaginii și al interactivității este suportat de calculator. Pentru aplicații complicate, acest efort devine important.

2.3.2. Complexul grafic

Reprezentativă pentru noțiunea de complex grafic este „mașina grafică” produsă de firma MEGATEK-WHIZZARD 7200. Schema bloc a complexului este prezentată în figura 2.32.

Interfața permite comunicații cu calculatorul pe ambele bus-uri — grafic și de periferice. Ea controlează traficul de informații dintre memoria de vectori, procesorul grafic, generatorul de vectori pe de o parte și minicalculatorul cu care este conectată, pe de altă parte. Complexul poate fi interfațat cu orice minicalculator pe 16 biți, de tipul PDP, Nova/Eclipse, Prime Hewlett-Packard.

Toate informațiile referitoare la funcționarea întregii mașini sînt depuse în memoria grafică, în zone bine stabilite. De exemplu, procesorul grafic va ști unde se găsesc informațiile referitoare la fiecare display în parte. Toate aceste informații alcătuiesc lista de display. Perifericele sau

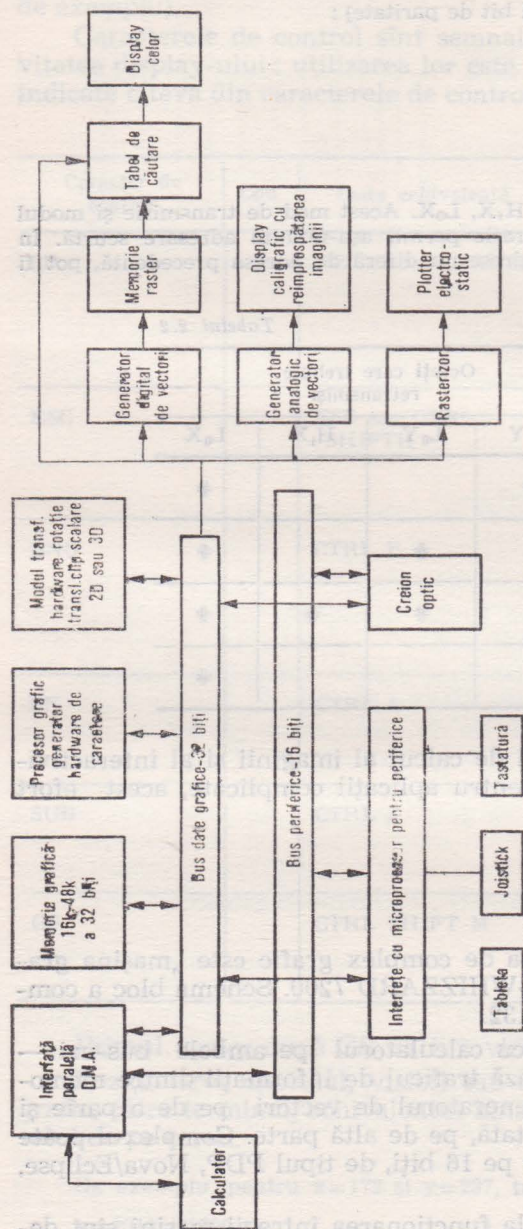


Fig. 2.32. Schema bloc de principiu a complexului MEGATEK 7200.

calculatorul scriu în lista de display și procesorul grafic utilizează aceste date pentru producerea imaginii pe display-uri.

Funcționarea celor două display-uri, cu tabletele, tastaturile, joystick-urile asociate este complet independentă. Limitările provin din dimensiunile memoriei grafice, în sensul că, atunci când se lucrează intens cu ambele display-uri (imagini complicate, transformări), se pot depăși limitele memoriei.

Procesorul grafic decodifică vectorii din lista de display și controlează fluxul de date de la memoria grafică către modulul următor.

Următorul modul, care procesează datele grafice, este multiplicatorul matricial al blocului de transformări grafice. El scalează, rotește sau translatează prin specificarea unei matrici de transformare, fără a modifica definiția originală a liniei din lista de display. Fiecare vector este înmulțit cu matricea de transformare, înainte de a fi desenat.

Acesta este un modul foarte puternic, care eliberează calculatorul de problema calculului imaginilor transformate ale unui obiect. El lucrează în două sau trei dimensiuni.

Următorul modul este modulul de limitare a vectorilor (clipping). Acesta primește vectorii transformați sau netransformați și îi limitează la o zonă rectangulară, predefinită, de pe ecranul display-ului. Atunci când

se lucrează pe tot ecranul, el elimină în mod automat tot ce depășește limitele de afișare, prevenind astfel fenomenul de întoarcere a acestora prin zona opusă a ecranului (wrapp around).

La capătul acestui proces se găsesc generatorii de vectori.

Complexul conține două tipuri de generatori de vectori: unul digital, pentru display-ul raster, și unul analogic, pentru display-ul caligrafic cu reîmprospătarea imaginii.

Display-ul refresh color are o memorie dublu buffer $512 \times 512 \times 4$ pentru reîmprospătarea imaginii și un tabel de căutare programabil, în fața convertorilor D/A. Reîmprospătarea imaginii la display-ul caligrafic se face direct din memoria grafică.

Controlul perifericelor este efectuat de interfețe specializate, cu microprocesor. În mod standard, din configurație fac parte următoarele dispozitive: tastatură ASCII, joystick, tabletă grafică și creion optic.

Setul de instrucțiuni pe 32 de biți al mașinii grafice (aproape 200 de instrucțiuni) poate fi împărțit în două grupe: instrucțiuni de control al procesorului grafic și instrucțiuni de control al imaginii. Dintre toate, am ales ca exemplu modalitatea de a fi setată culoarea unui vector, pe display-ul color.

În fig. 2.33 este prezentată structura comenzilor pentru desenarea unui vector absolut

X și Y sînt coordonatele absolute ale punctului de sfîrșit al vectorului, iar biții 16—19 codifică intensitatea cu care trebuie desenat vectorul. Acest cod este transferat generatorului digital de vectori și va fi încărcat de acesta în planurile memoriei de refresh, la adresele corespunzătoare punctelor prin care trece segmentul.

În figura 2.34 este prezentată, în principiu, modalitatea de generare a culorii la MEGATEK (în figură, intensitatea vectorului este 0011).

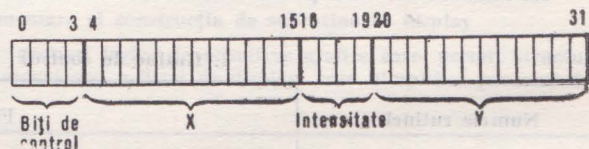


Fig. 2.33. Structura comenzii pentru desenarea unui vector absolut.

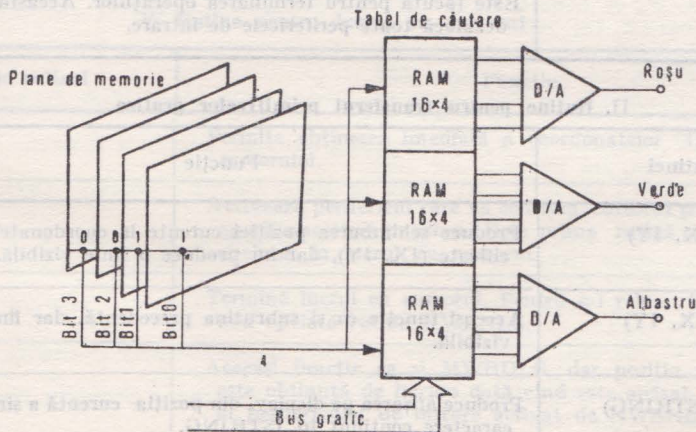


Fig. 2.34. Generarea culorii la display-ul color MEGATEK.

Tabelul de căutare este încărcat de pe bus-ul grafic, el fiind considerat ca zonă din memoria grafică (el ocupă 16 locații în spațiul de adresare al memoriei grafice).

În timpul reîmprospătării imaginii, din memoria de refresh sînt decărați cîte 4 biți, care vor adresa tabelul de căutare, din care vor fi citiți 12 biți care vor ataca cei 3 convertori D/A (cîte 4 biți pentru fiecare convertor).

În mod evident, comparativ cu display-ul TEKTRONIX 4012 complexul MEGATEK poate fi considerat un calculator specializat.

Pentru controlul funcționării hardware-ului MEGATEK, a fost dezvoltat pachetul de programe WAND. El constă dintr-o bibliotecă de subrutine FORTRAN, care permit utilizatorului să folosească optim resursele hardware ale „mașinii grafice”. Există rutine pentru inițializarea și terminarea pachetului grafic, rutine pentru controlul raportării erorilor și rutine pentru controlul transferului și memorării în unitatea grafică. Nici una din ele nu produce informații grafice; ele controlează numai manevrarea informațiilor.

În tabelul 2.3 sînt prezentate cîteva din aceste rutine.

Tabelul 2.3

I. Rutine de control

Numele rutinei	Funcție
MWINIT (IWKFIL)	Inițializează pachetul grafic. Ea se execută o singură dată, la începutul aplicației, înaintea tuturor celorlalte rutine grafice. TWKFIL este o etichetă ASCII care identifică fișierul de configurație al stației de lucru (acest fișier este creat la instalarea software-ului). MWINIT va inițializa toate perifericele — de intrare sau de ieșire — specificate în IWKFIL.
MWGINI (IWKFIL)	Inițializează numai suprafața display-urilor
MWTERM	Este făcută pentru terminarea operațiilor. Această rutină dezalocă toate perifericele de intrare.

II. Rutine pentru transferul primitivelor grafice

Numele rutinei	Funcție
MW2MOX (IX, IY)	Produce schimbarea poziției curente la coordonatele specificate (IX, IY), dar nu produce o linie vizibilă.
MW2DRW (IX, IY)	Aceeași funcție ca și subrutina precedentă, dar linia este vizibilă.
MWTEXT (ISTRING)	Produce afișarea pe display, din poziția curentă a șirului de caractere conținut în ISTRING.

III. Rutine pentru transferul atributelor statice

Numele rutinei	Funcție
MWCHIL (IHIGHL)	Subrutină pentru activarea (IHIGHL=1) sau dezactivarea (IHIGHL=0) facilității de scoatere în evidență a unei zone de imagine. Sublinierea se face prin apariția intermitentă (cu o anumită rată) a zonei pe ecran.
MWCLIN (ILINST)	Prin utilizarea ei se stabilește dacă liniile din segmentul respectiv sînt continue (ILINST=0) sau sînt speciale (ILINST=1). În cazul liniei speciale, alegerea unuia din cele 16 tipuri de linii disponibile la un moment dat se face chemînd subrutina MWCPAT.
MWCAPP (IAPVAL)	Stabilește intensitatea sau culoarea pentru liniile și textul dintr-un subsecvent. IAPVAL poate lua valori între 1 și 16. Pentru display-ul caligrafic alb-negru, valoarea lui IAPVAL reprezintă chiar intensitatea, iar pentru cel color reprezintă un index în tabelul de căutare.

IV. Rutine pentru segmentare și construcția de subrutine de display

Segmentele și subrutinele sînt grupuri logice de primitive grafice care permit structurarea programării. Ele constituie o organizare a listei de display, care simplifică procesul de actualizare a imaginii.

Numele rutinei	Funcție
MWOPEN (IGRTYP, IGRNAM)	Deschide un segment sau o subrutină IGRTYP — 'SE' pentru segmente și 'SU' pentru subrutine, iar IGRNAM este un număr între 1 și 768, cu care va fi identificat ulterior grupul respectiv.
MWCLOS	Închide segmentul sau subrutina deschisă.
MWDEL (IGRTYP, IGRNAM)	Șterge segmentul sau subrutina identificate prin IGRTYP sau IGRNAM.

V. Rutine pentru lucrul cu cursorul

Numele rutinei	Funcție
MWRDLC	Permite obținerea imediată a coordonatelor IX, IY ale cursorului.
NWENLC	Activează perifericul care va controla cursorul și determină apariția acestuia pe ecran. Este prima rutină care trebuie apelată, la lucrul cu cursorul.
MWDSLCL	Termină lucrul cu cursorul. Pentru a-l relua, trebuie din nou apelată rutina NWENLC.
MWSMLC	Aceeași funcție ca și MWRDLC, dar poziția cursorului este obținută de fiecare dată cînd este apăsat un buton al perifericului de intrare activat de NWENLC (modul eșantionare)

Prețul ridicat al unor astfel de sisteme le face utile numai în aplicații grafice complexe (proiectarea de circuite imprimate în mai multe straturi, CAD/CAM), care necesită o putere grafică foarte mare.

2.4. Perspectiva evoluției display-urilor grafice

Se apreciază [5, 6, 8, 10, 14] că tubul catodic va ocupa și în continuare o poziție predominantă în rindul sistemelor de afișare, deși sistemele de afișare plate tind să devină comerciale.

Dintre display-urile convenționale, display-ul raster color va rămâne cel mai utilizat; un display raster $2048 \times 2048 \times 8$ va fi nu numai realizabil, dar chiar ieftin. O astfel de rezoluție este suficientă nu numai pentru toate aplicațiile actuale, dar și pentru exigențele unor aplicații care se întrevăd în viitor.

Unitățile de control ale display-urilor tind în mod evident către „mașini grafice” din ce în ce mai complicate din punct de vedere hardware, preluând o parte din funcțiile realizate în prezent prin software.

Un rol foarte important în evoluția viitoare îl va avea tendința de standardizare în domeniul grafic (vezi VDI). Ea va permite constructorilor de sisteme grafice să implementeze prin hardware o parte din aceste funcții, simplificând mult soft-ul specific și reducând din diversitatea de pachete grafice existente în momentul actual.

Bibliografie, capitolul 2

- [1] Baeverstad H. L., Bruderer C. C., Display System Designed for Color Graphics, *Hewlett-Packard Journal*, Vol. 31, nr. 12, Dec. 1980.
- [2] Bausch J. F., A High-Quality CRT for Portable Computer, *Hewlett-Packard Journal*, Iul. 1980.
- [3] Bonice P. E., How to Evaluate Raster Scan CRT Monitors, *Computer Graphics World*, vol. 6, nr. 4, Apr. 1983.
- [4] Cary L., Computer Pointing Devices: Living with Mice, *High Technology*, Ian. 1984.
- [5] Cope S. V., Gordon M. F., Coprocessing to Ease Graphics Burden, *Computer Design*, vol. 21, nr. 7, Iul. 1982.
- [6] Dickens M. W., Dorie L. A., Chips of Many Colors, *Computer Design*, vol. 21, nr. 7, Iul. 1982.
- [7] Doornink J. D., Dalrymple C. I., The Architectural Evolution of a High-Performance Graphics Terminal, *Computer Graphics and Application*, vol. 4, nr. 4, Apr. 1984.
- [8] Entwisle J., An image Processing Approach to Computer Graphics, *Computer & Graphics*, vol. 2, 1977.
- [9] Gray R. J., Bit Map Architecture Realizes Raster Display Potential, *Computer Design*, vol. 19, nr. 7, Iul. 1980.
- [10] Higgins M., The Giant Prepares to do Battle, *Computer Graphics World*, vol. 6, nr. 4, Apr. 1983.
- [11] Newman W. N., Sproul R. F., *Principles of Interactive Computer Graphics*, McGraw-Hill, 1979.

- [12] Newman W. N., Trends in Graphic Display Design, *IEEE Transaction*, C-25 (12) : 1321, Dec. 1976.
- [13] Porter F. J., Light-pen Aide User Interaction with Display, *Hewlett-Packard Journal*, Vol. 31, nr. 12, Dec. 1980.
- [14] Roark D. S., Toward Realtime Interactive Color Graphics, *Computer Design*, Vol. 21, nr. 7, Iul. 1982.
- [15] Seats P., The Cathode Ray Tube : a Review of Current Technology and Future Trends, *IEEE Transaction*, Sept. 1971.
- [16] Sherr S., *Fundamentals of Display System Design*, Wiley, New York, 1970.
- [17] Straayer D. H., Hoisting the Color Standard, *Computer Design*, Vol. 21, nr. 7, Iul. 1982.
- [18] Thanhauser N., Infante C., Opening New Windows on the World, *Computer Graphics World*, Vol. 6, nr. 4, Apr. 1983.
- [19] Walker S. B., Gurd R. J., Drawneek E. A., *Interactive Computer*, Crane, Russak, 1980.
- [20] Zuckerman M. M., Innovative Display Technologies — Why a Flat Panel when you can have a CRT ?, *Computer Graphics and Application*, Vol. 4, nr. 4, Apr. 1984.
- [21] * * * *Interaktives Digitales Bilverarbeitungssystem — A6470*, VEB Kombinat ROBOTRON, 1983.
- [22] * * * *4012 Graphic Computer Terminal*, Tektronix.
- [23] * * * *GMA 102A Storage Display Monitor*, Tektronix, Febr. 1980.
- [24] * * * *Whizzard 7200 Parallel Interfaced*, Megatek, Oct. 1980.
- [25] * * * *Technical Information 19 — High-resolution Color Display Monitor*, Mitsubishi Electronic Corporation, 1980.
- [26] * * * *Biuleteni MPK po VT*, Vipusk 2 (24), Moscova, 1982.

3.1. Echipamente de trasare

3.1.1. Clasificări

Echipamentele de trasare sau plotterele* (vezi și Anexa 4) sînt aparatele care dau calculatoarelor numerice posibilitatea de a produce ieșiri în formă grafică: hărți, desene mecanice, desene de construcții sau arhitectură, scheme electrice, organigrame, clișee pentru realizarea circuitelor imprimate etc. Spre deosebire de display-uri, pe care ieșirea grafică are un caracter temporar și poate fi ușor alterată, corectată sau modificată, plotterele permit producerea unor ieșiri grafice permanente, suportul informației geometrice fiind hîrtia de desen, calcul, hîrtia milimetrică, folia de gravat, filmul fotografic.

Plotterele actuale au ca predecesori înregistratoarele cu peniță, folosite încă de mult în domenii ca spectrometria, înregistrarea unor mărimi continue cum ar fi temperatura sau presiunea ș.a. Principiul lor de funcționare este *analogic*, în sensul că deplasarea liniară a peniței este proporțională cu tensiunea de intrare aplicată, deplasarea hîrtiei pe cealaltă axă făcîndu-se după o lege de variație liniară în timp; rezultatul este graficul mărimii de intrare în funcție de timp, printr-o transformare intermediară în tensiune electrică. Pe măsura dezvoltării și răspîndirii calculatoarelor numerice, a tehnicilor de măsurare numerică, s-a simțit nevoia de a produce ieșiri grafice, ca rezultat al prelucrărilor efectuate de acestea asupra mărimilor stocate și manipulate în formă numerică. Au apărut astfel plotterele *digitale*, la care mărimile de intrare sînt reprezentate de codurile numerice ale abscisei și respectiv ordonatei punctului unde trebuie să se deplaseze penița. Cea mai simplă variantă de realizare a unui astfel de plotter este transformarea unui plotter analogic — la care coordonatele X și Y ale peniței la un moment dat sînt proporționale cu tensiunile de intrare ale servomecanismelor ce comandă mișcarea pe ambele axe — prin adăugarea unor convertoare numeric-analogice pe fiecare axă pentru traducerea mărimilor numerice de intrare în tensiuni electrice. Este de asemenea necesar de a putea comanda din calculator ridicarea/coborîrea peniței. Diferența dintre cele două clase mari de plottere amintite este ilus-

* Denumite și mese de trasare.

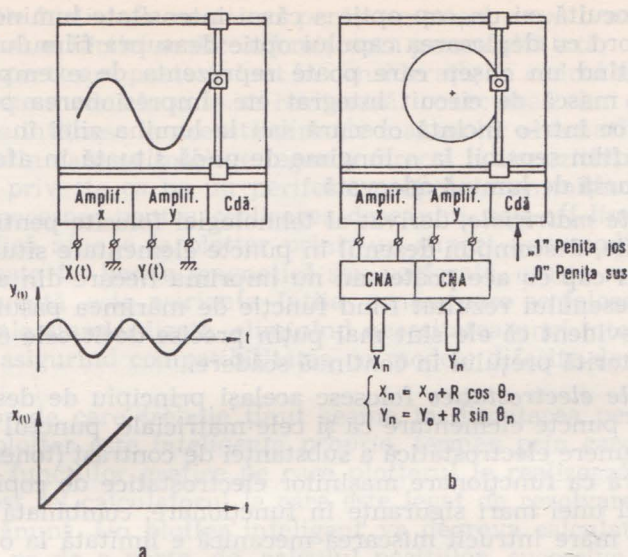


Fig. 3.1. Plotter analogic: schema (a); transformarea plotterului analogic într-unul numeric (b).

tratată în fig. 3.1. În general în text se va subînțelege prin denumirea generică de plotter că este vorba despre unul digital, acestea constituind de fapt subiectul capitolului de față.

În funcție de principiul folosit pentru înscriere, plotterele se pot clasifica în [2], [5]:

- plottere cu peniță;
- fotoplottere;
- plottere matriciale;
- plottere electrostatice;
- plottere termice;
- plottere cu jet de cerneală („ink-jet“).

Plotterele cu peniță folosesc un dispozitiv mecanic la care scula de desen (penița) are posibilitatea de mișcare pe două axe ortogonale notate X și Y sub comanda unor servomecanisme ce traduc codurile numerice de intrare în deplasări mecanice proporționale. Ca scule de desen se folosesc tocuri cu pastă (obișnuită sau presurizată), fibră, tuș (capete Rotring) mediul de desen fiind hîrtia de desen, calcul, folia transparentă, sau capete speciale de gravat pe o folie acoperită cu o substanță specială. Aparatele realizate în mod curent folosesc de la una la opt penițe selectabile prin program, fiecare putînd avea culori sau grosimi diferite ale scrisului. Sînt cele mai răspîndite, fiind fabricate actualmente de foarte multe firme, cu diferite variante principale și constructive, pentru suprafețe de desen utile ce merg de la formatul A4 al hîrtiei de scris obișnuite pînă la formate speciale foarte mari (de exemplu lungimi de ordinul a 10 m) necesare pentru decuparea pieselor folosite în industria navală sau aeronautică.

Fotoplotterele sînt variante opționale sau definitiv specializate ale plotterelor cu peniță, la care mediul de desen este un film fotografic; pe-

nița este înlocuită cu un cap optic a cărui intensitate luminoasă este modulată în acord cu deplasarea capului optic deasupra filmului, după dezvoltare rezultând un clișeu care poate reprezenta de exemplu un circuit imprimat, o mască de circuit integrat etc. Impresionarea peliculei foto poate avea loc într-o încălțare obscură sau la lumina zilei în cazul cînd se folosește un film sensibil la o lungime de undă situată în afara spectrului vizibil și o sursă de lumină adecvată.

Plotterele matriciale, derivat al tehnologiei folosite pentru imprimantele matriciale, descompun desenul în puncte elementare situate pe o grilă pătratică. Un cap cu ace poate sau nu imprima fiecare din aceste puncte, acuratețea desenului rezultat fiind funcție de mărimea pasului rețelei folosite. Este evident că ele sînt mai puțin precise decît cele cu peniță, dar se impun datorită prețului în continuă scădere.

Plotterele electrostatice folosesc același principiu de descompunere a desenului în puncte elementare ca și cele matriciale, punctul fiind realizat printr-o depunere electrostatică a substanței de contrast (toner), într-o manieră similară ca funcționare mașinilor electrostatice de copiat (XEROX). Au avantajul unei mari siguranțe în funcționare, combinată cu viteză de desen foarte mare întrucît mișcarea mecanică e limitată la o singură axă.

Plotterele termice, asemănătoare cu precedentele, folosesc un cap special ce impresionează pe baza unui principiu termic o hîrtie termosensitivă specială, desenul fiind descompus în puncte elementare.

Plotterele cu jet de cerneală („ink-jet“) realizează compunerea desenului din puncte elementare într-o manieră similară cu plotterele matriciale, electrostatice și termice, fiecare punct fiind înscris prin ejectarea unei minuscule picături de cerneală printr-un tub capilar sub acțiunea unor cîmpuri electrostatice ce comandă deflexia pe cele două axe (principiul osciloscopului).

Un alt criteriu de clasificare al plotterelor este suprafața utilă a desenului pe care îl pot realiza după cum urmează [1] :

— plottere *mici* — la care suprafața desenului este echivalentă formatului A4, maximum A3 ;

— plottere *medii* — ce admit formate pînă la A2 sau A1 ;

— plottere *mari* — pentru formate pînă la A0 ;

— plottere *foarte mari* — formate peste A0.

După poziția și modul de fixare a hîrtiei avem :

— plottere *plane* („flat-bed“) la care suprafața de desen este orizontală și plană penița executînd o mișcare pe două axe ; se întîlnesc în mod frecvent două moduri de fixare a hîrtiei la acest tip de plottere : *electrostatică*, suprafața de desen fiind străbătută de conductori paraleli între care se stabilește o diferență de potențial realizîndu-se aderarea hîrtiei pe baza unei forțe de atracție electrostatică și *cu vid*, la care suprafața mesei de desen prezintă o rețea fină de orificii prin care se aspiră aerul, ceea ce face ca hîrtia să fie ținută permanent în contact cu suprafața mesei ;

— plottere cu *tambur* („drum“) la care hîrtia se prezintă nu sub forma unor dreptunghiuri de format standardizat, ci sub forma unor role continue ; antrenarea hîrtiei are loc fie prin fricțiune, fie pe baza găurelelor

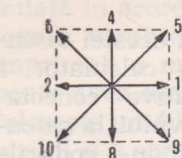
de la marginile hîrtiei. În acest caz penița se mișcă după o axă, iar avansul longitudinal al hîrtiei realizează mișcarea pe cealaltă axă.

Un alt aspect care poate fi luat în considerație în cadrul acestei discuții generale este modul în care se realizează conectarea la calculator a plotterelor. Se întîlnesc în această direcție mai multe alternative : conectarea *on-line*, prin care se înțelege legarea directă a dispozitivului la calculator, care îl privește ca pe un periferic propriu, transmitîndu-i codurile de comandă necesare pentru realizarea desenului, sau *off-line* la care informația grafică ajunge la plotter printr-un suport intermediar de informație care poate fi : banda magnetică sau perforată, caseta magnetică etc. Cea mai frecventă este varianta întîia pentru care se folosesc de obicei interfețe seriale standardizate, eliminînd necesitatea unei interfețe special construite și asigurînd compatibilitatea cu modele diferite de plottere sau calculatoare.

Alt factor de care trebuie ținut seama în discutarea performanțelor unui tip de plotter este *inteligența proprie*, termen prin care ne referim la ansamblul funcțiilor grafice pe care plotterul le realizează singur, eliberînd în acest fel calculatorul la care este legat de rezolvarea unor probleme de amănunt. Un plotter inteligent va degreva calculatorul la care este conectat pe de o parte de calculul pozițiilor succesive ale peniței pentru realizarea unor figuri elementare cum ar fi : linii, cercuri, caractere ș.a.m.d. și pe de altă parte va economisi timpul necesar transmiterii acestei mase mari de date prin interfața specializată, înlocuindu-le prin cîteva ordine simple care sînt interpretate și executate direct de logica de comandă a plotterului, în majoritatea cazurilor o unitate de calcul cu microprocesor.

Pentru a putea înțelege și măsura importanța inteligenței interne a unui echipament grafic de trasare ca și pentru a ne familiariza cu problemele specifice comenzilor elementare ale unui astfel de dispozitiv vom analiza în continuare problema generării vectorilor, actualmente în general rezolvată cu ajutorul unui interpolator liniar încorporat [11]. Este vorba de calculul coordonatelor pozițiilor succesive ale peniței pentru unirea printr-un segment de dreaptă a două puncte ale căror perechi de coordonate X și Y sînt date. Ne vom întoarce la modelul elementar al unui plotter digital reprezentat în fig. 3.1. b. Este clar că în acest caz penița poate ocupa numai poziții discrete situate în nodurile unei rețele pătratică imaginare suprapuse mediului de desen. Deplasarea elementară minimă pe fiecare axă, numită pas, este elementul care decide în principal precizia desenului, cu cît pasul este mai mic, cu atît precizia de aproximare a unei curbe continue prin puncte discrete este mai bună, acest lucru fiind vizibil atît la drepte, cît mai ales la cercurile cu rază mică. Mărimea pasului elementar este un criteriu decisiv pentru selecționarea unui anumit tip de plotter, pentru o anumită aplicație scăderea lui fiind limitată constructiv de factori cum ar fi : sistemul mecanic și de antrenare, viteza de desen, suprafața utilă, costul echipamentului ș.a.m.d.

Considerînd deci mișcarea peniței de tip incremental, plecînd dintr-un punct dat avem 8 posibilități de deplasare, materializate fie prin ordine elementare de deplasare pe o singură axă : $+X/-X/+Y/-Y$, fie prin combinarea ordinelor elementare : $+X, +Y/+X, -Y/-X, +Y/-X, -Y$ în acest din urmă caz deplasarea are loc pe direcții situate la 45° și respec-



Peniță sus = 3 (0011)

Peniță jos = 7 (0111)

Ordin	Poziția	
	Codul zecimală	Codul binară
+ X	1	0001
- X	2	0010
+ Y	4	0100
- Y	8	1000
+ X, +Y	5	0101
- X, +Y	6	0110
- X, -Y	10	1010
+ X, -Y	9	1001

Fig. 3.2. Cele 8 deplasări incrementale elementare ale peniței și setul minim de comenzi pentru controlul unui plotter.

elementari pe cele 8 direcții. În figură sînt reprezentate și alte posibilități de trasare neoptimă pentru comparație. Notățiile folosite în organigramă sînt :

NX = numărul de pași de efectuat pe axa X ;

NY = numărul de pași de efectuat pe axa Y ;

NT = numărul total de pași care trebuie efectuați, $NT = \max (NX, NY)$;

ND = numărul de vectori diagonali de trasat, $ND = \min (NX, NY)$;

NS = numărul de vectori simpli paraleli cu o axă $NS = NT - ND$;

IV = variabilă de calcul permițînd alegerea între trasarea unui vector diagonal sau simplu.

Convențiile folosite în organigramă corespund celor din limbajul FORTRAN ; pentru cazul practic reprezentat în fig. 3.3, b avem inițial :

$NX = 7$ $NY = 2$ $NT = 7$ $ND = 2$ $NS = 5$ și succesiv :

$NT = 7$ $IV = -2$ vector simplu ;

$NT = 6$ $IV = 0$ vector diagonal ;

$NT = 5$ $IV = -5$ vector simplu ;

$NT = 4$ $IV = -3$ vector simplu ;

$NT = 3$ $IV = -1$ vector simplu ;

$NT = 2$ $IV = +1$ vector diagonal ;

$NT = 1$ $IV = -4$ vector simplu, $NT = 0$ și terminare algoritm.

În organigrama din fig. 3.3, a a fost neglijat calculul direcției vectorilor diagonali și vectorilor simpli care rezultă printr-un procedeu evident stabilindu-se pe baza analizei semnului și mărimii lui NX și NY cadrantul în care se lucrează.

Ne vom referi în continuare la explicarea cîtorva termeni care definesc proprietățile geometrice de bază ale plotterelor [8].

Rezoluția (precizia) este numărul de puncte care pot fi separat identificate, adresate pe o direcție elementară. Ea este o măsură directă a calității desenului ce poate fi realizat și se exprimă fie ca număr de puncte pe

tiv 135° față de orizontală (fig. 3.2). Algoritmul de trasare a unei drepte de pantă oarecare între două puncte date este reprezentat în organigrama din figura 3.3, a, iar dreapta rezultată în fig. 3.3, b. După cum se vede algoritmul permite o trasare optimă, în sensul minimizării distanței globale între dreapta ideală, care nu trece numai prin puncte situate în nodurile rețelei, și dreapta reală formată din vectori

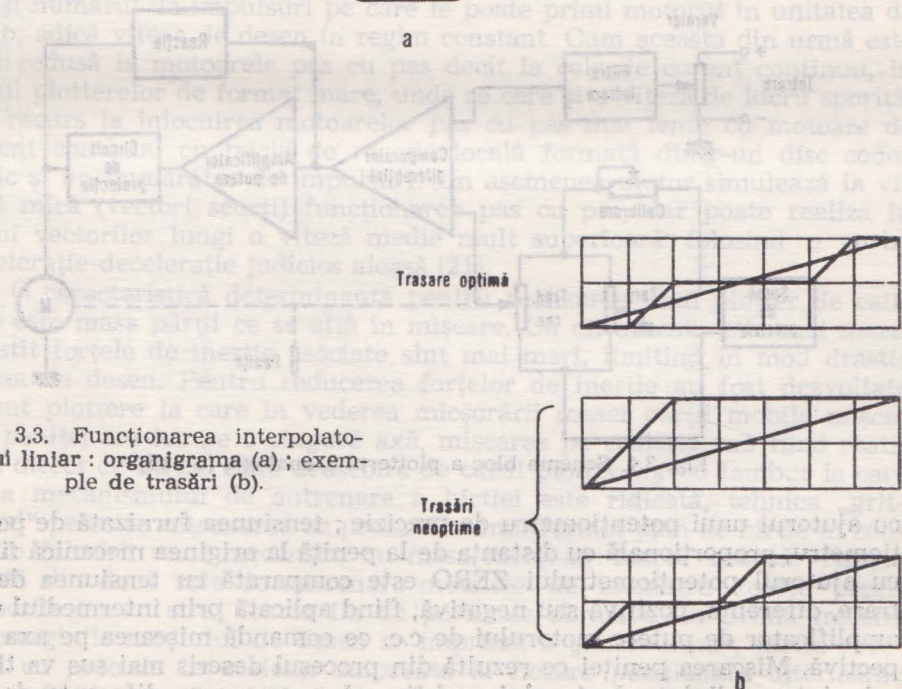
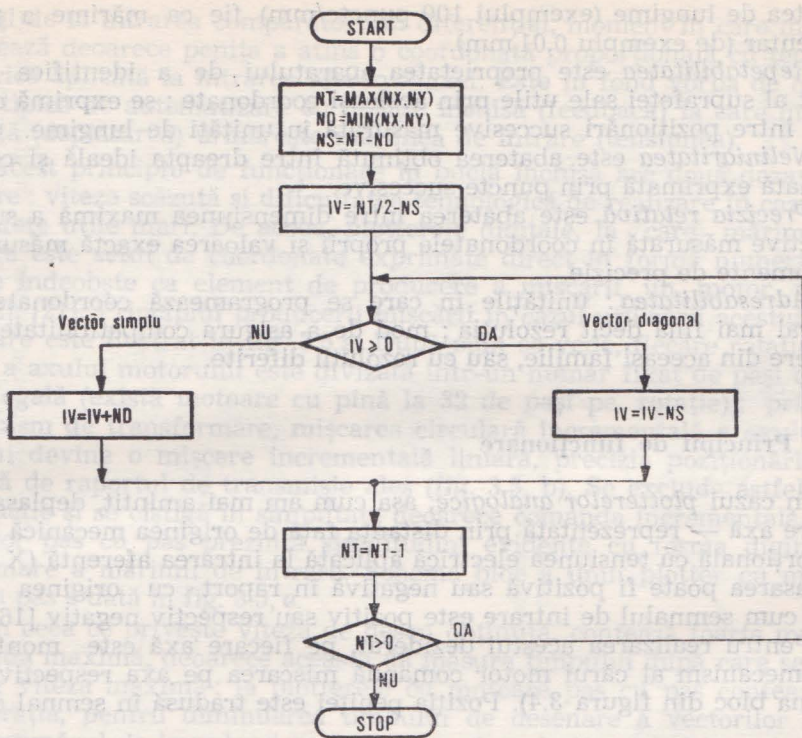


Fig. 3.3. Funcționarea interpolatorului linear : organigrama (a) ; exemple de trasări (b).

unitatea de lungime (exemplul 100 puncte/mm) fie ca mărime a pasului elementar (de exemplu 0,01 mm).

Repetabilitatea este proprietatea aparatului de a identifica același punct al suprafeței sale utile prin aceleași coordonate ; se exprimă ca abaterea între poziționări succesive măsurată în unități de lungime.

Neliniaritatea este abaterea obținută între dreapta ideală și cea real desenată exprimată prin puncte succesive.

Precizia relativă este abaterea între dimensiunea maximă a suprafeței active măsurată în coordonatele proprii și valoarea exactă măsurată cu instrumente de precizie.

Adresabilitatea : unitățile în care se programează coordonatele ; în general mai fină decât rezoluția ; mod de a asigura compatibilitatea între plottere din aceeași familie, sau cu rezoluții diferite.

3.1.2. Principii de funcționare

În cazul *plotterelor analogice*, așa cum am mai amintit, deplasarea pe fiecare axă — reprezentată prin distanța față de originea mecanică — este proporțională cu tensiunea electrică aplicată la intrarea aferentă (X sau Y). Deplasarea poate fi pozitivă sau negativă în raport cu originea fixată, după cum semnalul de intrare este pozitiv sau respectiv negativ [16].

Pentru realizarea acestui deziderat, pe fiecare axă este montat un servomecanism al cărui motor comandă mișcarea pe axa respectivă (vezi schema bloc din figura 3.4). Poziția peniței este tradusă în semnal electric

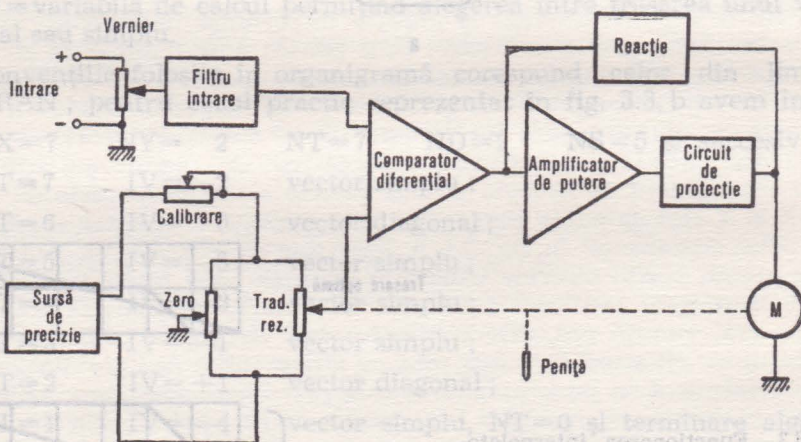


Fig. 3.4. Schema bloc a plotterului analogic (o axă).

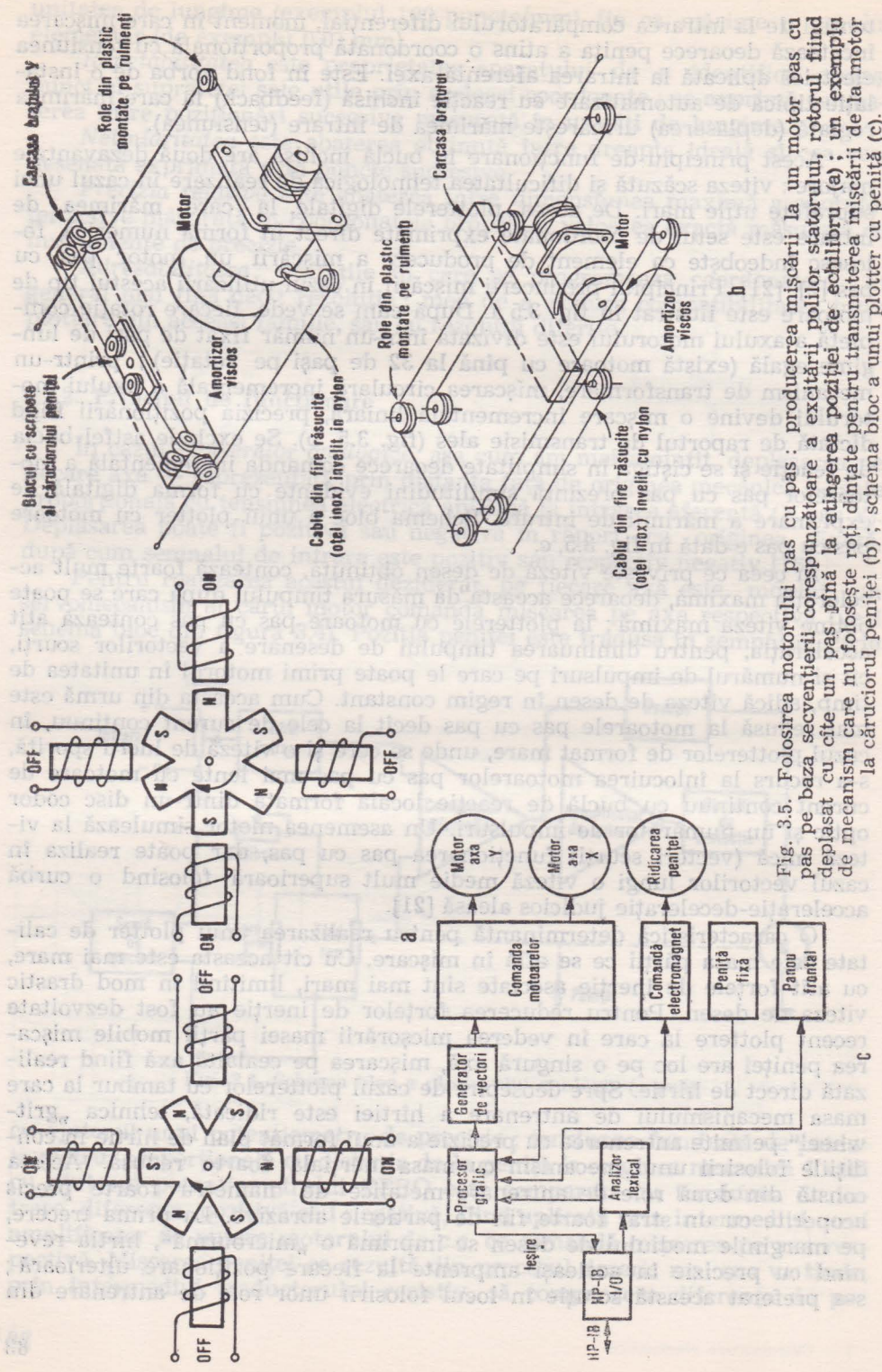
cu ajutorul unui potențiometru de precizie ; tensiunea furnizată de potențiometru, proporțională cu distanța de la peniță la originea mecanică fixată cu ajutorul potențiometrului ZERO este comparată cu tensiunea de intrare, diferența, pozitivă sau negativă, fiind aplicată prin intermediul unui amplificator de putere motorului de c.c. ce comandă mișcarea pe axa respectivă. Mișcarea peniței ce rezultă din procesul descris mai sus va tinde, prin intermediul traductorului rezistiv, să compenseze diferența de po-

tential de la intrarea comparatorului diferențial, moment în care mișcarea încetează deoarece penița a atins o coordonată proporțională cu tensiunea electrică aplicată la intrarea aferentă axei. Este în fond vorba de o instalație tipică de automatizare cu reacție închisă (feedback) la care mărirea reglată (deplasarea) urmărește mărirea de intrare (tensiunea).

Acest principiu de funcționare în buclă închisă are două dezavantaje majore: viteza scăzută și dificultatea tehnologică de realizare în cazul unei suprafețe utile mari. De aceea, plotterele digitale, la care mărirea de intrare este setul de coordonate exprimate direct în formă numerică, folosesc îndeobște ca element de producere a mișcării un motor pas cu pas [2], [21]. Principiul producerii mișcării în cazul utilizării acestui tip de motoare este ilustrat în fig. 3.5 a. După cum se vede, fiecare rotație completă a axului motorului este divizată într-un număr fixat de pași de lungime egală (există motoare cu pînă la 32 de pași pe rotație); printr-un mecanism de transformare, mișcarea circulară incrementală a axului motorului devine o mișcare incrementală liniară, precizia poziționării fiind dictată de raportul de transmisie ales (fig. 3.5, b). Se exclude astfel bucla de reacție și se cîștigă în simplitate deoarece comanda incrementală a motoarelor pas cu pas prezintă similitudini evidente cu forma digitală de exprimare a mărimii de intrare. Schema bloc a unui plotter cu motoare pas cu pas e dată în fig. 3.5, c.

În ceea ce privește viteza de desen obținută, contează foarte mult accelerația maximă, deoarece aceasta dă măsura timpului după care se poate obține viteza maximă; la plotterele cu motoare pas cu pas contează atît accelerația, pentru diminuarea timpului de desenare a vectorilor scurți, cît și numărul de impulsuri pe care le poate primi motorul în unitatea de timp, adică viteza de desen în regim constant. Cum aceasta din urmă este mai redusă la motoarele pas cu pas decît la cele de curent continuu, în cazul plotterelor de format mare, unde se cere și o viteză de lucru sporită, s-a recurs la înlocuirea motoarelor pas cu pas mai lente cu motoare de curent continuu cu buclă de reacție locală formată dintr-un disc codor optic și un numărător de impulsuri. Un asemenea motor simulează la viteză mică (vectori scurți) funcționarea pas cu pas, dar poate realiza în cazul vectorilor lungi o viteză medie mult superioară folosind o curbă accelerație-decelerație judicioasă aleasă [21].

O caracteristică determinantă pentru realizarea unui plotter de calitate este masa părții ce se află în mișcare. Cu cît aceasta este mai mare, cu atît forțele de inerție asociate sînt mai mari, limitînd în mod drastic viteza de desen. Pentru reducerea forțelor de inerție au fost dezvoltate recent plottere la care în vederea micșorării masei părții mobile mișcarea peniței are loc pe o singură axă, mișcarea pe cealaltă axă fiind realizată direct de hîrtie. Spre deosebire de cazul plotterelor cu tambur la care masa mecanismului de antrenare a hîrtiei este ridicată, tehnica „grit-wheel“ permite antrenarea cu precizie a unui format plan de hîrtie în condițiile folosirii unui mecanism cu masa inerțială foarte redusă. Acesta constă din două role de antrenare metalice de diametru foarte precis acoperite cu un strat foarte fin de particule abrazive. La prima trecere, pe marginile mediului de desen se imprimă o „microurmă“, hîrtia revenind cu precizie în aceleași amprente la fiecare poziționare ulterioară; s-a preferat această soluție în locul folosirii unor role de antrenare din



cauciuc deoarece acestea se pot deforma sau îmbătrâni, afectând precizia poziționării, iar hîrtia poate patina [8], [21].

Dezvoltarea *plotterelor matriciale*, cea mai ieftină componentă de tip plotter existentă, este un rezultat al dezvoltării pe de o parte a tehnologiei circuitelor integrate (μP , RAM, ROM) și pe de altă parte a capetelor matriciale folosite îndeosebi în imprimantele matriciale.

Principiul plotterului matricial : există două tipuri constructive [5] :

- cu ciocănele dispuse pe orizontală ;
- cu ciocănele dispuse pe verticală.

Ciocănele dispuse pe verticală (mecanismul imprimantei matriciale) : sînt 7 ciocănele dispuse pe verticală unul sub altul, capul de scriere traversează hîrtia de la stînga la dreapta și înapoi trasînd 7 rînduri orizontale de puncte de fiecare dată. Distanțarea obținută este de aproximativ 60 puncte/inch (pas 0,42 mm) pe fiecare direcție. Avansul hîrtiei are loc pe verticală (fig. 3.6).

Ciocănele dispuse pe orizontală : capul de scriere este fix și are o serie de ciocănele dispuse pe orizontală pe toată lungimea rîndului. Avansul hîrtiei este făcut pe verticală pe distanța unui pas elementar ; secvența operațiilor : se scrie un rînd, avans la rîndul următor ; densitatea atinsă este de aprox. 100 puncte/inch (0,25 mm pas) pe fiecare direcție. Această dispunere mărește viteza și densitatea, micșorează numărul pieselor în mișcare (capul este fix), capul este însă mai scump.

Desenarea în culori — se obține folosind o bandă tușată cu 3 culori dispuse pe o treime din lățimea benzii. Pentru sistemul cu ciocănele pe verticală înainte de a avansa hîrtia se fac trei treceri ale capului, una pentru fiecare culoare a benzii tușate obținîndu-se coloane de cîte 7 puncte în trei culori. La sistemul cu ciocănele pe orizontală banda tușată are trei secțiuni diferit colorate dispuse pe orizontală. Se face o primă trecere în culoarea întîia, se aduce înapoi rîndul curent, se reia pentru celelalte două culori. Sînt necesare anumite precauții dacă de exemplu se face copia pe hîrtie a ecranului unui display color, deoarece în acest caz fondul ecranului este întunecat, iar pe hîrtie fondul este alb. Vor apărea de asemenea anumite diferențe de culori și nuanțe ; un ecran color poate produce pînă la 256 de culori în timp ce plotterul matricial poate produce aproximativ 18 culori prin folosirea unei benzi tușate cu trei culori și variînd intensitatea fiecărei culori. Acesta nu este însă un dezavantaj major deoarece nu se așteaptă de la acest sistem obținerea unei calități fotografice.

Avantajul principal al *plotterelor electrostatice* în raport cu plotterele (imprimantele) clasice cu impact este fiabilitatea lor sporită ; în timp ce sistemul cu impact prezintă un MTBF de ordinul sutelor de ore, plotte-

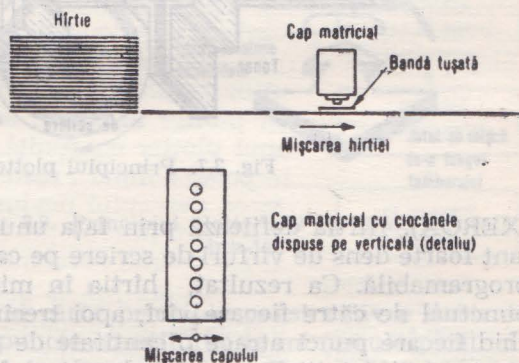


Fig. 3.6. Principiul plotterului matricial.

rele electrostatice au un MTBF de peste 3 000 ore ceea ce reprezintă un an întreg de funcționare.

Acest avantaj derivă din simplitatea principiului folosit, fără a se întrebuința brațe mecanice, ciocănele sau penițe. Singurele piese în mișcare sînt hîrtia, ventilatorul și pompa de toner. Scrierea se realizează electronic și nu mecanic (așa cum se vede în fig. 3.7) pe un principiu electrostatic oarecum asemănător cu cel al mașinilor de copiat electrostatice

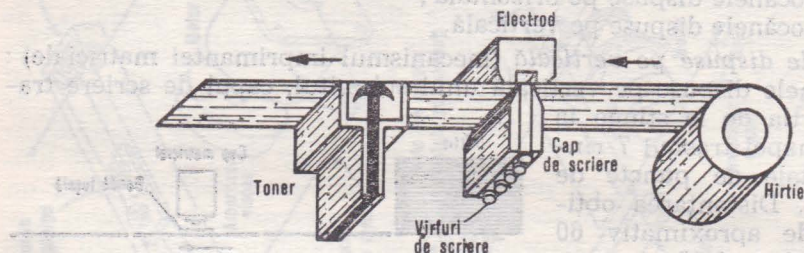


Fig. 3.7. Principiul plotterului electrostatic.

(XEROX). Hîrtia defilează prin fața unui cap de scriere format dintr-un lanț foarte dens de vîrfuri de scriere pe care se aplică o tensiune individual programabilă. Ca rezultat, hîrtia în mișcare este încărcată electrostatic punctual de către fiecare vîrf, apoi trecînd prin fața capului cu toner lichid fiecare punct atrage o cantitate de toner care depinde de încărcarea electrostatică inițială, nivelul de gri al fiecărui punct fiind în ultimă instanță în relație directă cu tensiunea aplicată pe vîrfurile corespunzătoare la momentul trecerii celui punct elementar prin fața capului de scriere. Mecanismul de înregistrare prezintă o mare asemănare cu realizarea imaginii TV, unde capul de scriere format dintr-un lanț foarte dens de vîrfuri este similar unei linii a rastrului, mișcarea hîrtiei realizează descompunerea imaginii în linii distincte, iar tensiunea de încărcare a vîrfurilor corespunde intensității de modulație a spotului. Avantajul este aici că nu există cadru, o singură imagine putînd fi formată dintr-un număr arbitrar de linii, deci lungimea desenului poate fi oricît de mare.

Este clar că un asemenea sistem de înregistrare permite nu numai reproducerea formatelor geometrice și caracterele alfanumerice, ci și a fotografiilor. Precizia reproducerii este în raport direct cu densitatea de spațiere a vîrfurilor electrostatice pe capul de scriere, care atinge valori cuprinse între 100—200 vîrfuri/inch, corespunzînd unei spațieri între vîrfurile adiacente de respectiv 0,254—0,127 mm.

Desenele obținute sînt de bună calitate, insensibile la lumină și se pot reproduce cu procedee xerografice. Spre deosebire de metoda xerografică, aici hîrtia joacă un rol deosebit, deoarece sarcina electrică variabilă care reprezintă imaginea de reprodus este aici depusă direct pe hîrtie. Aceasta reprezintă o simplificare deosebită față de metoda xerografică, dar deoarece hîrtia de desen obișnuită nu reține sarcina electrostatică este necesară o hîrtie specială electrografică formată dintr-un substrat conductiv acoperit pe ambele fețe cu o substanță dielectrică. Costul acestei hîrtii este mai mare decît cel al hîrtiei de imprimantă obișnuită, dar echivalent cu cel al hîrtiei de desen de calitate.

Exemple concrete de plottere electrostatice sînt prezentate în Anexa 2.

Plotterele termice, principal asemănătoare cu cele matriciale sau electrostatice, folosesc un cap termic și o hîrtie termosensitivă specială (fig. 3.8). În timp ce hîrtia defilează prin fața capului termic, acesta este activat în mod corespunzător pentru a produce sensibilizarea acelor puncte (microcapsule) din planul mediului de desen care vor constitui în ansamblul lor imaginea ce trebuie obținută. Se răspîndește din ce în ce mai mult tehnologia "thin film" pe suport ceramic pentru realizarea capului termic (exemplu HP 7245 A).



Fig. 3.8. Principiul plotterului termic.



Fig. 3.9. Principiul plotterului cu jet de cerneală („ink-jet“).

Plotterele cu **jet de cerneală**, al căror principiu constructiv e ilustrat în fig. 3.9, realizează desenul din puncte constituite de minuscule picături de cerneală extrase dintr-un vîrf de scriere cu tub capilar cu ajutorul comenzii aplicate prin intermediul unui cîmp electric de înaltă tensiune care permite deflexia corespunzătoare a traiectoriei picăturii pentru a atinge punctul dorit.

3.1.3. Comanda dispozitivelor de trasare

Reprezentarea în memoria calculatorului a unui desen care trebuie obținut pe plotter poate îmbrăca la nivelul cel mai elementar următoarele forme :

— imaginea memorie este corespunzătoare descompunerii desenului în linii formate din puncte succesive, fiecare punct fiind asociat unui bit de informație : "1" logic dacă punctul este imprimat, "0" în caz contrar. Linii succesive se compun pentru a forma imaginea cerută, reprezentarea desenului este un șir de rînduri "0" și de "1" perfect asemănătoare cu reprezentarea datelor grafice folosite în cazul display-urilor raster (vezi § 2.1.3). Această formă de reprezentare este specifică plotterelor care descompun imaginea în puncte elementare, în principal cele matriciale și electrostatice. Volumul de date care tranzitează prin interfața hardware este mare și se folosesc de obicei interfețe paralele rapide ;

— imaginea memorie este o succesiune de puncte, vectori, primitive elementare care pot fi interpretate de plotter pentru a trasa desenul dorit. Acest mod de reprezentare este specific plotterelor cu peniță, dar poate fi înțeles și la celelalte tipuri de plottere, dacă ele pot interpreta direct instrucțiuni grafice mai evolute.

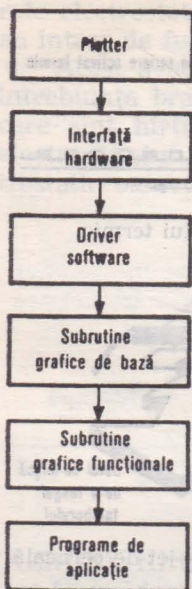


Fig. 3.10. Nivelurile de integrare succesive ale componentelor hardware și software ale subsistemului grafic (plotter) din cadrul unui sistem de calcul.

Complexitatea problemei reprezentării informației grafice în calculator ne conduce la ideea unei structurări a prelucrării datelor, într-o abordare ierarhizată ilustrată în fig. 3.10. Un subsistem grafic tipic se compune în acest caz din următoarele :

- plotter ;
- interfață hardware, care constituie legătura fizică între plotter și calculatorul gazdă ; aceasta poate fi o interfață paralelă pe 8 biți sau o interfață serială standard ;

- driver software — este programul de sistem care face legătura între interfața hardware și sistemul de operare al calculatorului gazdă ;

- subrutinele grafice de bază — pun la îndemina utilizatorului lucrul direct cu vectori, făcând lucrul cu un plotter matricial sau electrostatic similar cu cel al unui plotter cu peniță dotat în varianta minimă cu interpolator liniar ; rasterizarea fizic folosită pentru realizarea desenului devine invizibilă utilizatorului, sarcina depistării intersecției fiecărui vector cu rasterul de bază al plotterului revenind acestor subrutine ;

- subrutinele grafice funcționale — este vorba de o colecție de rutine comune multor aplicații cum ar fi : desenarea cercurilor și arcurilor de cerc, racordări, hașurări, generarea simbolurilor, scalări, notații speciale, diferite tipuri de linii ș.a.m.d. ; ele sînt în general puse la dispoziție de furnizorul subsistemului de desen, fiind privite astăzi ca niște componente aparținînd mai degrabă subsistemului grafic de bază. De altfel, majoritatea

plotterelor evoluate produse în prezent au o parte sau totalitatea funcțiilor grafice generale amintite mai sus integrate în hardware cu ajutorul microprocesoarelor. Subrutinele grafice funcționale sînt de regulă scrise în FORTRAN ;

- programele de aplicație — sînt pachete specializate scrise într-un limbaj de nivel înalt, de regulă FORTRAN, orientate pe diferite aplicații : proiectare asistată de calculator în electronică, electrotehnică, construcții, arhitectură, mecanică, simulări, monitorizarea și conducerea unor procese industriale complexe în chimie, energetică ș.a.m.d.

În sistemele de operare multitasking sau în multiprogramare este preferabilă folosirea unui *monitor de desen* ; în acest caz fișierele de desen sînt memorate pe disc în timpul rulării programelor de aplicație, pentru optimizarea performanțelor sistemului realizarea fizică a desenelor fiind executată pornind de la fișierele de desen disc sub controlul monitorului de desen independent de contextul de programare curent.

Observăm că problema interfațării logice a plotterului cu programatorul este cel mai bine definită la următoarele niveluri :

- setul de comenzi elementare care i se transmit fizic plotterului pentru realizarea desenului (interfața plotter-calculator) ;
- colecția de rutine grafice funcționale.

Comunicația programator-sistem de desen se face în fapt la nivelul rutinelor grafice funcționale. Includem în discuția noastră și limbajele de comandă ale plotterelor pentru a lărgi orizontul programatorului, considerînd că anumite aplicații speciale pot ridica problema scrierii unor rutine grafice funcționale particulare.

Limbajul HPGL (Hewlett-Packard Graphic Language) este folosit pentru comanda mai multor plottere produse de firma Hewlett-Packard (SUA) și a fost introdus cu ocazia conceperii modelului 9872A [24]. Limbajul HPGL (tab. 3.1) cuprinde 38 de comenzi reprezentate prin două caractere ASCII sugerînd numele comenzii în limba engleză (acesta este motivul pentru care am păstrat descrierea fiecărei instrucțiuni în limba engleză), de exemplu PA (Plot Absolute) va trasa un vector plecînd din punctul curent pînă în punctul ale cărui coordonate x, y sînt argumente ale comenzii, PD (Pen Down) va coborî penița, SP (Select Pen) va selecta o nouă peniță etc.

Tabulul 3.1

LIMBAJUL HPGL

DEFINITION	INSTRUCTION
VECTOR GROUP	
dA x, y (x, y (...))	Plot absolute (i)
PR x, y, (x, y (...))	Plot relative (i)
PD	Pen down
PU	Pen up
CHARACTER GROUP	
CA n	Designate alternate set n(i)
CP spaces, lines	Character plot (d)
CS m	Designate standard set m (i)
DI run, rise	Absolute direction (d)
DR run, rise	Relative direction (d)
LB c...c	Label ASCII string (c)
SA	Select alternate character set
SI wide, high	Absolute character size (d)
SL tan θ	Absolute character slant (from vertical) (d)
SR wide, high	Relative character size (d)
SS	Select standard character set
UC x, y, pen (...)	User defined character (i)
LINE TYPE GROUP	
LT t (1)	Designate line type t and length l (d)
SM c	Symbol mode (c)
SP n	Select pen (i)
VA	Adaptive velocity
VN	Normal velocity
VS v (n)	Select velocity v for pen n (i)
DIGITIZE GROUP	
DC	Digitize clear
DP	Digitize point
OC	Output current position pen status (i)
OD	Output digitized point pen status (i)

DEFINITION	INSTRUCTION
AXES	
TL tp (, tn)	Tick length (d)
XT	X axis tick
YT	Y axis tick
SET-UP GROUP	
IP p1x, p1y, p2x, p2y	Input p1 and p2 (l)
IW xlo, ylo, xhi, yhi	Input window (i)
OP	Output p1 and p2 (l)
CONFIGURATION STATUS	
AP	Automatic pen pickup (l)
DF	Set default values
IM e (, s (, p))	Input e, s, and p masks (i)
IN	Initialize
OE	Output error (i)
OS	Output status (l)

Formate: (i) — întreg cuprins între -32 768 și +32 767. Fără zecimale.
 (d) — număr zecimal cuprins între $\pm 127\,999$. Zecimalele sînt opționale.
 (e) — caracter ASCII.

Dacă o comandă are nevoie de un argument numeric întreg acesta poate fi trimis imediat după mnemonical comenzii. Comenzile sînt separate prin ; • Unitatea elementară pe ambele axe este de 0,025 mm, un segment de 100 mm măsurat în aceste coordonate va totaliza 4 000 unități. Plotterul poate fi folosit și ca dispozitiv de intrare (digitizor), comenzile aferente fiind DC, DP, OC și OD.

Pentru a ilustra posibilitățile acestui limbaj prezentăm mai jos un program elementar care desenează un pătrat cu latura de 2,5 cm, fiecare latură fiind desenată cu altă culoare, colțul din stînga jos fiind situat în originea absolută a axelor de coordonate:

SP1 ; PA0,0 ; PD ; PA 1000,0 ; SP2 ; PA 1000,1000 ; SP3 ; PA 0,1000 ; SP4 ; PA 0,0 ; PU echivalent cu :

SP1 ; PA 0,0 ; PD ; PR 1000,0 ; SP2 ; PR 0,1000 ; SP3 ; PR —1000,0 ; SP4 ; PR 0,—1000 ; PU.

În primul exemplu de program s-au folosit exclusiv poziționări în coordonate absolute ceea ce implică introducerea și calcularea de către programator a coordonatelor tuturor colțurilor pătratului. Al doilea exemplu, realizînd exact același desen, folosește numai o singură poziționare în absolut, cea inițială, după care desenarea pătratului se face prin poziționări relative, înțelegîndu-se prin aceasta raportarea deplasărilor de efectuat la coordonatele curente ale peniței în momentul primei comenzi. Avantajul este că translația figurii în alt punct al suprafeței de desen se face prin simpla modificare a poziționării absolute de la început. Iată care ar fi programul de desenare al aceluiași pătrat, dar cu colțul din stînga jos situat în punctul de coordonate $x=5, y=8$ cm :

SP1 ; PA 2000,3200 ; PD ; PR 1000,0 ; SP2 ; PR 0,1000 ; SP3 ; PR —1000,0 ; SP4 ; PR 0,—1000 ; PU.

Din exemplele de mai sus remarcăm de asemenea că schimbarea peniței nu afectează poziția și starea ei curentă (sus/jos), plotterul compen-sînd automat decalajul existent între penițe.

În tabelul 3.2 sînt prezentate codurile folosite pentru programarea plotterului DIGIGRAF 1712-3,5G [13]. Programul de desen este constituit din instrucțiuni (comenzi) grafice care realizează fiecare o funcție defini-tă; trasare de linii, cercuri, axe, denenare simboluri etc., instrucțiunile sînt compuse dintr-un număr variabil de octeți, exprimați în cod hexa-zecimal (binar) după cum urmează :

— primul octet este întotdeauna 2A₁₆ semnificînd începutul instruc-țiunii ;

— codul instrucțiunii — exprimat pe un octet (tab. 3.2) ;

— operanzii — un număr variabil de octeți exprimînd coordonate, mărimi de arce, raze, codurile unor simboluri etc. ...

Sintaxa generală a unei instrucțiuni grafice este deci :

$$2A_{16}NO_0O_1 \dots O_n, \text{ unde } n \geq 0$$

Tabelul 3.2.

Programarea plotterului Digigraf 1712-3,5G

Comanda	Octet																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Poziționare	2A	00	dx		dy													
Poziționare	2A	01	dx				dy											
Poziționare	2A	02	x		y													
Poziționare	2A	03	x				y											
Desenare linie	2A	04	dx		dy													
Desenare linie	2A	05	dx				dy											
Desenare linie	2A	06	x		y													
Desenare linie	2A	07	x				y											
Arc de cerc (+)	2A	08	dx		dy		dx _c		dy _c									
Arc de cerc (+)	2A	09	dx				dy				dx _c				dy _c			
Arc de cerc (+)	2A	0A	x		y		x _c		y _c									
Arc de cerc (+)	2A	0B	x				y				x _c				y _c			
Arc de cerc (−)	2A	0C	dx		dy		dx _c		dy _c									
Arc de cerc (−)	2A	0D	dx				dy				dx _c				dy _c			
Arc de cerc (−)	2A	0E	x		y		x _c		y _c									
Arc de cerc (−)	2A	0F	x		y		y		x _c		y _c							
Selectare peniță	2A	10	p															
Selectare viteză	2A	11	v ₀		v ₁													
Selectare accele- rație	2A	12	a ₀		a ₁													

Comandă	Octet																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19 20
Tip linie	2A	13	d																
Modificarea definiției liniei întrerupte	2A	14	d		L1		M1		I.2		M2		L3		M3		L4		M4
Viteza și accelerația cu scula coborită	2A	15	v ₁		a ₁														
Operațiune în gol	2A	17																	
Trecere pe „manual“	2A	18	n																
Sfârșit program	2A	1A																	
Selectare mărime de simboluri	2A	1C	V																
Selectare unghi simboluri	2A	1D	Sin α		Cos α														
Selectare poziție inițială simboluri	2A	1E	B																
Desenare simboluri	2A	1F	n		Coduri simboluri (EBCDIC), n par, n ≤ 80														
Marcare puncte	2A	20																	
Marcare puncte	2A	21	n																
Marcare puncte	2A	23	n		p		t												
Marcare puncte	2A	24	u																
Marcare puncte	2A	25	U																
Marcare puncte	2A	26	m																

Introducerea coordonatelor se poate face în mod absolut (x, y) sau relativ (dx, dy) exprimate în unități de 0,01 mm. Coordonatele pot fi cívinte de 2 sau 4 octeți, sub forma unor numere binare exprimate în complement față de 2

$$-2^{15} \leq O \text{ (2 octeți)} \leq 2^{15} - 1$$

$$-2^{31} \leq O \text{ (4 octeți)} \leq 2^{31} - 1$$

Unghiurile se exprimă în unități egale cu 1,5 grade de arc.

Accelerația se exprimă în trepte de valoare predefinită; atît vitezele cît și accelerațiile de lucru au valori implicite care sînt inițial stabilite de către dispozitivul de desen pînă la modificarea lor explicită printr-o instrucțiune adecvată. Valoarea implicită a înălțimii simbolurilor este de $500 \times 0,01 = 5 \text{ mm}$.

Instrucțiunea cu codul 13₁₆ permite selectarea a 8 tipuri de linie dintre care tipul d=0 este linia continuă, iar tipurile d=1÷7 sînt linii între-

rupte sau punctate cu diferite caracteristici. Definițiile implicite ale acestora din urmă pot fi modificate prin instrucțiunea cu codul 14₁₆.

Instrucțiunea cu codul 1F₁₆ permite desenarea unui șir de n caractere ($1 \leq n \leq 80$, n par), litere mari și mici, litere grecești și rusești, cifre, cu caracteristici geometrice (înălțime, unghi) anterior stabilite. Prin instrucțiunea cu codul 1E₁₆ se poate stabili poziția lanțului de simboluri în raport cu poziția inițială a peniței, operandul B semnificând :

B=0 — aliniere la stînga ;

B=2 — aliniere la dreapta ;

B=4 — centrare.

Este posibilă schimbarea peniței pentru a desena cu o altă culoare sau grosime, dispozitivul compensînd automat decalarea dintre penițe, în sensul că penița selectată va fi adusă în poziția curentă.

Operația de scalare nu este accesibilă programatorului, dar poate fi executată printr-o instrucțiune specială introdusă de la panoul de comandă al plotterului. Tot de aici se stabilește și punctul fizic din planul desenei la care i se atribuie rolul de origine absolută.

Exemplificăm printr-un program de desenare a unui pătrat cu latură de 2,5 cm, colțul din stînga jos fiind în origine :

... |00|00|2A|02|00|00|00|00|2A|06|09|C4|00|00|2A|06|09|C4|09|C4|

|2A|06|00|00|09|C4|2A|06|00|00|00|00|2A|1A|00|00|...

unde $9C4_{16} = 2500_{10}$

Tabelul 3.3

Programarea plotterului ARISTO 205 G

a. Setul de caractere (DIN 66025 sau EIA RS 274-B)

Caracter	Semnificație	Caracter	Semnificație
0	cifră zecimală	M	funcție auxiliară
1	cifră zecimală	T	selecție peniță/cap optic
2	cifră zecimală	B	densitate luminoasă
3	cifră zecimală	C	rotire simbol
4	cifră zecimală	F	rata de alimentare cu date (viteza)
5	cifră zecimală	-	semnul minus
6	cifră zecimală	%	"început program"
7	cifră zecimală	LF	"sfîrșit de bloc"
8	cifră zecimală	+	
9	cifră zecimală	NUL	
N	număr de bloc	HT	inefective
X	coordonată X	SP	
Y	coordonată Y	DEL	
D	comandă peniței/luminii	CR	
G	tipul coordonatelor		

Instrucțiune	Semnificație	Instrucțiune	Semnificație
D0	penița sus	M0	STOP
D1	penița jos	M2	„sfârșit de program“
D3÷D9	speciale	M30	„sfârșit de program“ și rebo- nare
Fn	viteza ; $n=1\div 100\%$	Tn	selecție peniță, $n=1\div 4$
G90	coordonate absolute		
G91	coordonate relative		
XnYm	deplasare în punctul de coor- donate n, m (6 cifre zec.)		

În tabelul 3.3 sînt prezentate informațiile de bază necesare *programării plotterului ARISTO 205G* [10]. Codul folosit pentru exprimarea caracterelor de programare este ASCII cu paritate pară (DIN 66024). Caracterele permise sînt listate împreună cu semnificațiile lor în tabelul 3.3, a.

Regulile de formare a programelor grafice sînt :

1. Orice program începe cu caracterul "început program" (%).
2. Programele sînt compuse din cuvinte (comenzi), fiecare cuvînt reprezentînd o directivă pentru comanda plotterului.
3. Cuvintele pot fi grupate în blocuri terminate cu caracterul "sfârșit de bloc" (LF). Un bloc poate conține cel mult 32 caractere.

4. Programul se termină cu cuvîntul "sfârșit de program".

Dăm în continuare o scurtă prezentare a fiecărui tip de cuvînt.

1. "Început de program" — este reprezentat de caracterul % urmat de un număr nedefinit de caractere de comentariu terminate cu "sfârșit de bloc". Blocul "început de program" poate apare de oricîte ori în interiorul unui program, putînd servi pentru introducerea a diferite comentarii în corpul programului.

2. Numărul de bloc — se introduce prin caracterul N urmat de un număr variabil de cifre ; numerele de bloc sînt opționale și servesc pentru păstrarea compatibilității cu programele scrise pentru mașinile-unelte cu comandă numerică, formatul de programare prezentat fiind un subset al unui standard destinat pentru mașinile-unelte cu comandă numerică.

3. Funcții auxiliare — comenzile M0, M2, M30 cu semnificațiile din tabel ; de remarcat că ele se execută după terminarea tuturor comenzilor conținute în același bloc.

4. Tip coordonate — comenzile G90 și G91 cu semnificațiile din tabel ; opțiunea implicită este G90, deci în absența oricărei comenzi G se consideră că toate coordonatele sînt absolute. Comanda G se execută la început de bloc și este efectivă pînă la apariția următoarei comenzi de tip G sau pînă la sfîrșitul programului.

5. Coordonate — sînt specificate prin mnemonicele X sau Y urmate de un număr întreg de pînă la 6 cifre zecimale cu semn, exprimate în unități de 0,01 mm. Coordonatele determină punctul final al vectorului care va fi generat de interpolatorul liniar ; dacă o coordonată rămîne neschimbată, atunci ea poate fi omisă.

Exemplu : desenarea unui pătrat cu latura de 2,5 cm cu colțul din stînga jos în originea axelor de coordonate :

în coordonate absolute

% PATRAT TEST

XYD

X2500D1

Y2500

X

Y

M2

în coordonate relative

% PATRAT TEST

XYD

G91X2500D1

Y2500

X-2500

Y-2500

M2

6. Comanda peniței — se face prin comenzile D0 și D1 reprezentînd respectiv ridicarea sau coborîrea peniței ; comenzile D3, D5, D6, D7, D8, D9 se referă la comanda dispozitivului de trasat cercuri mici, a comenzii tangențiale sau a capului optic. Comenzile D se execută totdeauna cu prioritate față de toate celelalte comenzi din același bloc ; de exemplu XYD înseamnă readucerea peniței în originea absolută cu penița sus.

7. Selectarea peniței (sculei) — codurile T1÷T8 se referă la selectarea peniței 1÷8, T11—T18 la selectarea penițelor 1÷8 cînd dispozitivul de trasat cercuri mici este montat, iar T100÷T199 la selectarea simbolului și a deschiderii discului capului optic. Înainte de a folosi un cod T penița trebuie ridicată sau lumina stinsă cu o comandă D0 (datorită faptului că absența unui argument este tratată cu egalitatea argumentului cu 0; D0 se poate scrie D, la fel X000 ca X ș.a.m.d.). Dacă nu se programează nici o comandă T se selectează în mod implicit T1. La schimbarea peniței deriva capului trebuie compensată pentru a se păstra vârful noii penițe pe coordonatele punctului curent.

Pentru fixarea ideilor vom prezenta un exemplu de program grafic lucrînd cu mai multe penițe în două variante :

greșită

% EXEMPLUL 2

XYD0

X3000D1

D0

T2

X6000D1

D0

T13

X1500Y1000

D1

D0

T14

D1

D0

XYD

M2

corectă

% EXEMPLUL 3

XYD

X3000D1

D

T2

X3000

X6000D1

D0

T13

X1500Y1000

D1

D

T14

D1

D

X0Y0D0

M2

Desenele corespunzătoare sînt reprezentate în fig. 3.11, iar sculele folosite sînt :

- T1 (opțiunea implicită) = penița subțire ;
- T2 = penița groasă ;
- T13 = cercul mare ;
- T14 = cercul mic.

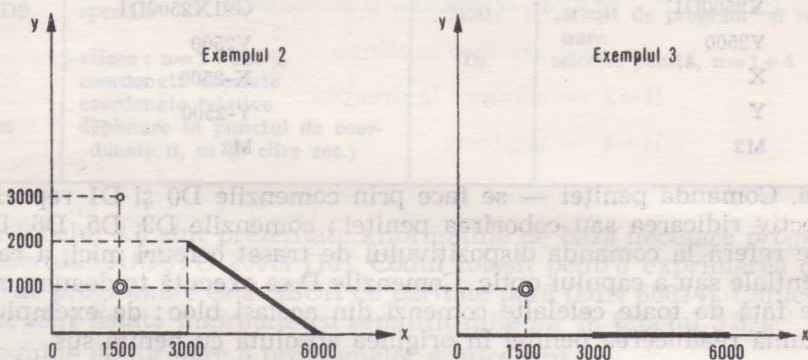


Fig. 3.11. Exemplu de programare a plotterului ARISTO.

Eroarea se datorește faptului că după selectarea unui nou cap de scriere el nu a fost re poziționat pe punctul curent, T2 găsindu-se cu 2000 unități (20 mm) mai sus ca T1, la fel T14 față de T13.

După cum am mai amintit interfața logică dintre programatorul de aplicație și sistemul de desen se plasează în special la nivelul rutinelor grafice funcționale, un pachet de programe FORTRAN punind la dispoziția programatorului facilitățile grafice de bază : linii, cercuri, scalări, axe, desenare de simboluri ș.a.m.d., prin simple apeluri de subrutine specializate accesibile în FORTRAN.

Înainte de a trece la prezentarea unui pachet de rutine grafice funcționale este momentul să facem câteva observații de detaliu asupra modului de transfer al informației de la calculator la plotter. Sînt posibile două conexiuni : *on-line* și *off-line*. În primul caz comenzile grafice generate de pachetele de rutine grafice funcționale sînt transmise plotterului fie imediat, pe măsura generării lor, fie sînt stocate într-un *fișier de desen* memorat pe disc și transmise ulterior dispozitivului de trasare. În cazul conexiunii *off-line* comenzile grafice generate de calculator sînt depuse pe un suport intermediar, bandă perforată, bandă magnetică, casetă magnetică și sînt citite ulterior de către plotter în momentul executării desenului. Sistemul cel mai ieftin și mai performant — pentru sistemele de calcul moderne cu multiprogramare este, după părerea noastră, conexiunea *on-line* cu fișier grafic memorat pe disc.

Pachetul de rutine grafice funcționale pe care l-am considerat cel mai reprezentativ este compus din următoarele rutine :

- PLOTS — cu rol de inițializare ;
- PLOT — pentru desenarea unei linii sau pentru poziționare ;
- CIRCLE — pentru trasarea cercurilor și arcelor de cerc ;

- NUMBER** — pentru reproducerea pe mediul de desen a valorilor numerice ale constantelor sau variabilelor programului ;
- SYMBOL** — servește la trasarea lanțurilor de caractere (scrierea de texte în cadrul desenului sau notarea anumitor puncte) ;
- SCALE** — funcția de scalare a întregului desen ;
- AXIS** — permite trasarea unei axe etalonate ;
- LINE** — permite reprezentarea unei funcții definită prin puncte discrete ;
- WHERE** — servește pentru identificarea poziției actuale a peniței ;
- FACTOR** — introduce un factor de scară ;
- NEWPEN** — permite selectarea unei alte penițe ;
- INSERT** — permite introducerea unor comenzi de desen în formatul admis de plotter direct în fișierul de ieșire.

Toate aceste sînt rutine scrise în FORTRAN și pot fi apelate prin introducerea în programul de aplicație a unei instrucțiuni.

CALL NAME (parametru 1, parametru 2, ..., pentru n). În acest fel funcțiile grafice de bază enumerate pot fi accesibile direct programatorului de aplicație fără ca acesta să se preocupe de codurile de comandă sau de modul de organizare a informației pentru plotter.

Vom da în continuare o scurtă descriere a fiecărei rutine :

PLOTS

Apel : CALL PLOTS (IDUMMY, NRPROG, NDEV).

Funcție : inițializează variabilele globale ale pachetului de programe, deschide fișierul de ieșire, inițializează plotterul în origine cu factorul de scală egal cu 1.0.

Argumente : IDUMMY = variabilă falsă ;

NRPROG = număr program (întreg) ;

NDEV = numărul logic al unității de ieșire (întreg).

Observații : apelul rutinei PLOTS este obligatoriu înainte de a începe orice desen.

PLOT

Apel : CALL PLOT (XK00, YK00, IPEN).

Funcție : poziționarea în punctul de coordonate XK00, YK00 sau trasarea unui vector ce unește punctul curent cu punctul (XK00, YK00).

Argumente : XK00, YK00 sînt coordonatele punctului final exprimate în cm ;

IPEN = ± 2 trasare ;

IPEN = ± 3 poziționare ;

IPEN < 0 punctul final devine noul punct curent ;

IPEN=999 sirșit program ; se poate lucra mai departe numai după pornirea unui nou program cu PLOTS.

Observații : codurile de comandă pentru plotter sînt generate după introducerea automată a factorului de scară introdus prin FACT (inițial egal cu 1.0).

CIRCLE

Apel : CALL CIRCLE (XCNT, YCNT, ANGLE)

Funcție : rutina va desena un cerc (arc de cerc) cu centrul în punctul de coordonate (XCNT, YCNT) pornind din punctul curent, unghiul la centru (mărime și semn) fiind definit de ANGLE.

Argumente : XCNT, YCNT sînt coordonatele centrului măsurate în cm. ANGLE e unghiul la centru măsurat în grade sexagesimale, valorile pozitive ale lui ANGLE indicînd sensul trigonometric.

Observații : se introduce automat factorul de scară.

NUMBER

Apel : CALL NUMBER (XK00, YK00, HEIGHT, VAL, ANGLE, NFORM).

Funcție : redă pe mediul de desen valoarea unui număr, variabilă sau constantă a programului FORTRAN.

Argumente : XK00, YK00 sînt coordonatele punctului din stînga jos a lanțului de cifre ; valoarea 999 va fi interpretată prin păstrarea coordonatei corespunzătoare a punctului curent.

HEIGHT va fi înălțimea scrisului în cm ;

VAL este numele variabilei sau constantei de transcris ;

ANGLE este unghiul făcut de linia de sprijin a scrisului cu axa Ox trecînd prin (XK00, YK00) măsurat în grade sexagesimale ; sensul pozitiv este cel trigonometric ;

NFORM este un întreg care definește numărul de poziții zecimale folosite pentru redarea numărului, numărate la dreapta sau la stînga punctului zecimal după cum $NFORM > 0$ și respectiv $NFORM < 0$; $|NFORM| \leq 9$. Cînd numărul de cifre nu e suficient, valoarea e rotunjită în ultima poziție.

Observații : se scalează cu factorul general introdus prin FACT.

Exemplu : VAL=65.182

NFORM=2 → 65.18

NFORM=1 → 65.1

NFORM=0 → 65.

NFORM=-1 → 65

NFORM=-2 → 7.

Coordonatele punctului curent la ieșirea din această subrutină marchează punctul unde se poate desena un caracter „A” în continuare.

SYMBOL (caractere)

Apel : CALL SYMBOL (XK00, YK00, HEIGHT, IBCD, ANGLE, NCOUNT).

Funcție : înscrie pe mediul de desen un text variabil, a cărui poziție și conținut e cerut de programator.

Argumente : XK00, YK00 sînt coordonatele colțului din stînga jos al primei litere din text ; valoarea 999. este interpretată în sensul păstrării coordonatei corespunzătoare a punctului curent ;
 HEIGHT este înălțimea scrisului în cm ;
 IBCD este o constantă literală sau un cîmp în care sînt depozitate caracterele textului în format A ;
 ANGLE este unghiul făcut de linia de sprijin a scrisului cu axa Ox trecînd prin (XK00, YK00) ;
 NCOUNT este numărul de caractere din IBCD.

Observații : Se introduce automat factorul de scară. Coordonatele punctului curent la ieșire indică poziția unde se poate începe cu un caracter „A” permițînd legarea rutinelor NUMBER și SYMBOL cu ajutorul pseudocoordonatelor 999.

SYMBOL (notații)

Apel : CALL SYMBOL, (XK00, YK00, HEIGHT, NRSYMB, ANGLE, NDIGIT).

Funcție : marchează punctul desemnat prin coordonatele XK00, YK00 cu simbolul preluat din tabela de simboluri.

Argumente : XK00, YK00 sînt coordonatele punctului de notat. Valoarea simbolică 999 va fi interpretată ca păstrarea coordonatei ultimului punct atins.

HEIGHT este înălțimea simbolului în cm.

NRSYMB este numărul în tabela de simboluri al caracterului ce va fi folosit.

ANGLE este unghiul de rotire a simbolului măsurat în grade sexagesimale, sensul pozitiv fiind cel trigonometric, în jurul punctului său central. NDIGIT este o variabilă de comandă care determină dacă punctul ultim atins să fie legat (NDIGIT=2) sau nu (NDIGIT=-1) cu punctul care trebuie marcat.

Observații : Se introduce automat factorul de scară. În urma executării acestei funcții coordonatele punctului curent vor lua valorile XK00, YK00.

SCALE

Apel : CALL SCALE (TAB, AXLEN, NPTS, INC).

Funcție : rutina realizează normalizarea tabelului de date ce urmează a fi ulterior reprezentate pe o axă de coordonate, pregătind datele pentru rutina AXIS. Rezultatul calculului este valoarea DELTAW corespunzînd incrementului valorii de măsurat la o creștere de 1 cm a axei considerînd că plaja de valori a funcției este aplicată pe toată lungimea axei AXLEN. Se va proceda astfel ca DELTAW să rezulte egal cu 10^k , unde $k=1, 2, 4, 5, 8$. Rutina determină de asemenea valoare inițială WINIT a funcției astfel încît reprezentarea ei să se găsească aproape de originea axei, pentru a folosi optim toată lungimea ei. Rezultatele WINIT și DELTAW vor fi depuse la sfîrșitul tabelului de valori TAB unde va trebui de la început prevăzut spațiu suplimentar pentru aceste valori.

Variabile : TAB este tabela de valori. AXLEN este lungimea axei corespunzătoare domeniului de valori dedus din TAB exprimată în cm,

ea va fi rotunjită la un număr întreg de centimetri. NPTS este numărul de valori cuprinse în TAB. INC descrie organizarea TAB indicând după câte locații în memorie se găsesc valorile din TAB care trebuie luate în considerare.

Observații : Se poate cere gradarea axei cu valori crescînde sau descrescînde în funcție de semnul lui DELTAW. Corespunzător, valoarea WINIT va fi calculată ca minimum sau ca maximum al domeniului de valori. Indexul de tabel al WINIT este $NPTS * INC$, iar al DELTAW este $(NPTS + 1) * INC$.

AXIS

Apel : CALL AXIS (XK00, YK00, IBCD, NCOUNT, AXLEN, ANGLE, WINIT, DELTAW).

Funcție : permite reprezentarea unei axe etalonate și marcate, pornind dintr-un punct dat, cu un anumit unghi determinat de utilizator, împărțită în unități de un centimetru etalonate în unități utilizator și cu un titlu (numele variabilei) aproximativ la mijlocul axei.

Variabile : XK00, YK00 sînt coordonatele originii axei. IBCD și NCOUNT, cu aceeași semnificație ca la SYMBOL, determină titlul atașat axei, în plus semnul lui NCOUNT arată dacă axa va fi etalonată de la originea axei spre stînga ($NCOUNT > 0$) sau spre dreapta ($NCOUNT < 0$).

AXLEN e lungimea axei în cm, iar ANGLE este unghiul format de axa de desenat cu direcția Ox pozitivă, măsurată în grade sexagesimale, sensul pozitiv fiind cel trigonometric.

WINIT și DELTAW sînt valoarea inițială și respectiv incrementul variabilei pentru fiecare cm de axă (vezi SCALE).

Observații : Se introduce în desen factorul de scară FACT. Înălțimea scrisului este pentru cifrele de etalonare de 0,28 cm, pentru titluri de 0,35 cm. Marcările pe axă au 0,2 cm lungime. AXLEN va fi rotunjită în cm întregi. Valorile pentru WINIT și DELTAW pot fi calculate cu SCALE.

LINE

Apel : CALL LINE (XTAB, YTAB, NPTS, INC, LINTYP, NRSYMB).

Funcție : realizează reprezentarea unei funcții descrisă prin puncte discrete. Interpolarea folosită este de gradul 1 (segmente de dreaptă între puncte).

Variabile : XTAB și YTAB sînt coordonatele punctelor de bază, ambele avînd NPTS valori. Se vor prevedea locuri suplimentare pentru WINIT și DELTAW calculate cu SCALE.

INC descrie organizarea tabelelor XTAB și YTAB (vezi SCALE).

LINTYP=0 înseamnă că se trasează numai liniile de legătură între puncte.

LINTYP=+n punctele cu indicele $k * n + 1$ ($k=0, 1, 2, 3, \dots$) vor fi marcate cu un simbol, iar LINTYP=-n se desenează numai simboluri, fără puncte de legătură.

NRSYMB identifică tipul simbolului folosit pentru marcarea punctelor.

Observații : Se introduce automat în desen factorul de scară. Înălțimea simbolului stabilită este de 0,2 cm. Variabila **INC** permite alegerea a mai multe moduri de organizare a tabelelor de date ; se pot utiliza fie tabele separate, fie se poate utiliza o tabelă care să conțină valori **X**, **Y**, **Z**, succesive. Observațiile de la **SCALE** sînt valabile pentru **XTAB** și **YTAB**.

WHERE

Apel : **CALL WHERE (RXK00, RYK00, RFACT)**.

Funcție : returnează programului principal coordonatele punctului curent și valoarea factorului de scară.

Variabile : **RXK00**, **RYK00**, **RFACT** sînt valorile returnate ale coordonatelor punctului curent și factorului de scară.

Observații : se folosește pentru continuarea desenului în cazul funcțiilor care nu poziționează punctul final într-un loc definit (**LINE**, **NUMBER** etc.).

FACTOR

Apel : **CALL FACTOR (FACT)**.

Funcție : stabilește valoarea factorului de scară **FACT**.

Variabile : **FACT** — factorul de scară.

Observații : **FACT** este afectat de **PLOTS** care realizează inițializarea lui, sau printr-un apel al rutinei **FACTOR**.

NEWPEN

Apel : **CALL NEWPEN (IPEN)**.

Funcție : permite schimbarea peniței (sculei) de desen efectuînd și corecția automată a poziției carului pentru aducerea unei penițe în punctul curent.

Variabile : **IPEN** definește numărul de ordine al sculei.

Observații : **PLOTS** selectează automat penița 1.

INSERT

Apel : **CALL INSERT (LITAB, ICNT)**.

Funcție : permite inserarea direct în fișierul de ieșire a unor instrucțiuni grafice în formatul de programare al plotterului ; în acest fel pot fi obținute funcții nestandard cum ar fi comanda intensității luminii pentru capul optic, comanda capului de gravat etc.

Variabile : **LITAB** este un tabel literal asemănător cu **IBCD** de la **SYMBOL**. **ICNT** este numărul rotațiilor cuprinse în **LITAB**.

Observații : Nu se fac controale de corectitudine sintactică referitor la informația conținută în **LITAB**. Nu se face calculul punctului de referință și nu se aplică factorul de scară.

Subrutinele pachetului grafic al firmei Benson

	„OBIECT“	„SUBIECT“
NIVEL I	IBENA — Inițializare PNUMA — Schimbarea originii „obiect“ TRAA — Deplasarea peniței PCARA — Scrierea unui șir de caractere POSA — Poziția peniței NOMBA — Scrierea unui număr	ECHEL — Definirea coeficienților de scară TRAS — Deplasarea peniței PCARS — Scrierea unui șir de caractere NOMBS — Scrierea unui număr CVSA — Conversie coordonate „Subiect“ → „obiect“ CVAS — Conversie coordonate „Obiect“ → „subiect“ POSS — Poziția peniței
NIVEL II	BECENA — Deplasare și simbol centrat BETIRA — Linie întreruptă și îngroșată BETEPA — Linie îngroșată BCERCA — Cerc sau arc de cerc BCERTA — Cerc sau arc de cerc cu linie întreruptă și îngroșată BCERPA — Cerc sau arc de cerc îngroșat BLIPSA — Elipsă sau arc de elipsă BLIPTA — Elipsă sau arc de elipsă cu linie întreruptă și îngroșată BLIPPA — Elipsă sau arc de elipsă îngroșată	BECENS — Deplasare și simbol centrat BETIRS — Linie întreruptă și îngroșată BETEPS — Linie îngroșată BCEPCS — Cerc sau arc de cerc BCERTS — Cerc sau arc de cerc cu linie întreruptă sau îngroșată BCERPS — Cerc sau arc de cerc îngroșat BLIPSS — Elipsă sau arc de elipsă BLIPTS — Elipsă sau arc de elipsă cu linie întreruptă și îngroșată BLIPPS — Elipsă sau arc de elipsă cu linie îngroșată BSAXLL — Axă liniară BSAXLD — Axă logaritmică (bază zece) BSCURV — Unirea prin linii drepte a n puncte BSNUAG — Reprezentarea a n puncte BFONXY — Trasarea unei funcții $y=f(x)$ polinomiale BSGRLL — Semigrilă gradată liniar BSGRLD — Semigrilă gradată logaritmică

Pentru completarea imaginii cititorului asupra modului de organizare a unui pachet de rutine grafice funcționale, a distribuirii funcțiilor între rutine și pentru a putea face aprecieri comparative, în tab. 3.4 prezentăm pachetul de programe grafice al firmei BENSON [11], [12]. Subrutinele acestui pachet sînt clasificate în două categorii :

— de nivel I — permițînd realizarea unor funcții grafice de bază în spațiul "obiect" (spațiul fizic al mașinii de desenat raportat la unitățile fizice elementare ale mașinii) sau în spațiul "subiect" (cuprinzînd noțiunea de scară și lucrînd în unitățile proprii aplicației utilizatorului) ;

— de nivel II reprezentînd un set de rutine evoluate ce permit trasarea unor curbe complicate, axe, diferite tipuri de linii, reprezentări de funcții etc.

3.1.4. Privire comparativă asupra utilizării diferitelor tipuri de echipamente de trasare *

Criteriile de care trebuie să se țină seama la alegerea unui plotter pentru o aplicație dată sînt :

- mărimea desenului ;
- precizia necesară, reproductibilitatea ;
- numărul de culori folosite ;
- viteza de desen ;
- interfața și ușurința de integrare în sistem ;
- costul.

Vom lua în considerare în cele ce urmează numai plotterele cu peniță, cele electrostatice și matriciale, comentînd performanțele lor prin prisma criteriilor de mai sus.

Plotterele cu peniță sînt cele mai precise, putînd atinge precizii de sub 0,01 mm, ceea ce permite obținerea unor desene de foarte bună calitate. Au de asemenea suprafața utilă cea mai mare, fiind suverane în domeniul desenelor cu dimensiuni mai mari ca 1—2 m. Notăm că plotterele cu tambur sînt mai ieftine la dimensiuni mari ale desenului, dar sînt mai puțin precise, în timp ce plotterele plane sînt mai precise, sînt mai ieftine la dimensiuni mici, și au avantajul că desenele se pot completa ulterior. În ceea ce privește numărul de culori ce compun un desen, acesta este limitat de numărul de penițe disponibile, în general maximum 8. Viteza de desen e limitată de sistemul de antrenare folosit, răs-pîndindu-se actualmente utilizarea motoarelor de curent continuu cu bucle de reacție locală sau a tehnicii "grit-wheel" pentru modele mici. Mă-rirică vitezei de desen impune pe de altă parte folosirea unor scule de de-sen care să asigure un flux continuu de cerneală la orice viteză și să nu pro-ducă pete (pastă presurizată, "ball-point", tuș etc...). Un dezavantaj major în raport cu plotterele matriciale sau electrostatice este posibilitatea limitată de a produce zone întregi de culoare sau hașuri ; în cazul plotte-relor reversibile acest dezavantaj este însă compensat de posibilitatea de a folosi plotterul ca digitizor, aceasta însă pentru un volum nu prea mare de date. Un alt avantaj al plotterelor cu peniță este diversitatea mare de medii de desen care pot fi utilizate: hîrtie, calc, folie de gravat, film foto-

* Veri și ANEXA 2 (pag. 332).

grafic etc... asociată cu posibilitatea de a monta diferite scule de gravat, comandă tangențială, cap optic etc. ...

Tipurile de cuplare on-line a acestor plottere se bazează în principal pe interfețe seriale standard CCITT V24 (EIA RS 232-C) existente actualmente pe orice sistem de calcul sau pe interfețe paralele de 8 sau 16 biți specializate sau standard ca de exemplu IEEE 488 (HP-IB, GP-IB). Varianta cea mai economică, mai ales în cazul sistemelor de operare multiacces este conectarea plotterului direct la calculator (cuplare on-line) fără a folosi un suport intermediar de informație : bandă magnetică sau perforată, casetă magnetică etc. ... (cuplare off-line). Domeniul de aplicație major al plotterelor cu peniță este obținerea desenelor de precizie realizate pe suprafețe mari : hărți, desene mecanice, desene de construcții sau arhitectură, hărți seismice, geofizică, proiectarea instalațiilor chimice și energetice sau a filmelor pentru circuite imprimate și măștiilor pentru circuite integrate prin gravare sau prin impresiune fotografică (foto-plotter). Plotterele de formate mici A3 sau A4, la rîndul lor foarte precise, se folosesc pentru scheme electrice și electronice, documentație, prezentarea datelor statistice, desene mecanice sau hărți mai reduse, prezentarea datelor experimentale în medicină, fizică, biologie, chimie etc., reprezentarea curbelor obținute ca urmare a prelucrărilor efectuate în calculator.

Plotterele electrostatice se remarcă mai ales prin deosebita lor fiabilitate în raport cu sistemele cu impact sau cu plotterele cu peniță, diferența de MTBF fiind de un ordin de mărime, o cifră tipică pentru plotterele electrostatice este $MTBF=4000$ ore. Aceasta se datorează faptului că numărul pieselor în mișcare este foarte redus, capul de scriere fiind staționar. În ceea ce privește precizia, s-au atins deja densități de ordinul a 254 puncte/inch (pas de 0,1 mm) folosind un sistem de 4 rînduri de vîrfuri paralele orizontale dispuse decalat, cu secvențierea corespunzătoare a activării lor [19]. Una dintre limitările plotterelor electrostatice este faptul că se folosește un mediu de desen tratat electrografic, deci mai scump, cu toate că în ultimul timp s-au obținut medii electrografice avînd ca material de bază atît hîrtia, cit și calcul sau filmul.

Domeniile de aplicație ale lor sînt legate de avantajele și dezavantajele lor în raport cu plotterele cu peniță sau realizate în alte tehnologii. Similaritatea formării desenului cu cea a imaginii TV le recomandă în mod deosebit ca dispozitive de ieșire de tip „hard-copy” asociate cu displayurile cu baleiaj de tip raster sau cu tub cu memorie. De asemenea, ele pot fi folosite și ca imprimantă alfanumerică sau grafică a sistemului de calcul la care sînt conectate, îndeplinind astfel un dublu rol. Un avantaj este că desenul poate fi cu ușurință realizat negru pe alb (pozitiv) sau alb pe negru (negativ). Creșterea performanțelor acestui tip de plotter se desfășoară în principal în două direcții : creșterea lățimii hîrtiei și creșterea rezoluției. Se folosesc actualmente lățimi ale hîrtiei cuprinse între 8,5÷72" (21,6—183 cm) și densități ale vîrfurilor electrostatice atîngînd 356 vîrfuri/inch (pas 0,071 mm) [3], [19]. Un avantaj esențial față de modelele cu peniță este viteza, de exemplu desenarea a 33 000 vectori pe un calculator IBM 360/65 durează numai 9 s, iar desenarea a 6 600 vectori pe un calculator PDP 11/34 durează aproximativ 45 s [3]. Timpul necesar pentru realizarea unui format A4 este de cel mult 10 s, iar viteza de scriere ca

imprimantă alfanumerică cu 132 caractere/linii este de 1 850 linii/minut [19]. Un alt avantaj al plotterelor electrostatice este posibilitatea de a realiza zone întregi din desen înnegrite, iar în ultimul timp posibilitatea de a reproduce imagini color de bună calitate folosind trei culori de toner. Conectarea la calculator a plotterelor electrostatice se face îndeosebi pe interfețe paralele, deoarece viteza de transfer a informației e foarte mare, putînd atinge 200 Koct/s; există și modele de plottere electrostatice ce folosesc o interfață serială la viteze de transfer mari (38,4 KBd de exemplu). Pachetele de programe necesare sînt asemănătoare cu cele folosite pentru plotterele cu peniță, cu deosebirea că este necesar un modul de rasterizare care să calculeze intersecția fiecărui vector cu liniile rastrului de bază al aparatului.

Un domeniu important de aplicație al plotterelor electrostatice este obținerea șpalturilor în industria tipografică. De asemenea, principiul de funcționare, viteza și costul le impun în ceea ce privește tehnicile de transmitere la distanță a documentelor și imaginilor (telecopiatoare). Ultimele progrese făcute în realizarea de plottere electrostatice color și de dimensiuni mari le impun în domenii cum ar fi realizarea măștilor de circuite integrate, unde pot fi folosite pentru obținerea rapidă a unor probe de control înainte de executarea desenelor finale pe un dispozitiv de precizie.

Plotterele matriciale în afară de prețul scăzut și viteza relativ mare de desen mai au și alte două mari avantaje importante asupra plotterelor cu peniță: posibilitatea de a acoperi zone întregi de desen și posibilitatea de a obține diferite tonuri de gri prin supraimprimare. Precizia este cea mai scăzută din întreaga gamă de plottere în discuție, atingînd 100 puncte/inch (0,254 mm pas), în condițiile unei viteze de lucru foarte acceptabile de ordinul a 40—80 s pentru o pagină A4 tipărită grafic/alfanumeric într-o singură culoare sau 3—6 minute în culori [5]. Lățimea hîrtiei nu depășește în mod normal 400 mm, dar se folosește hîrtie de imprimantă obișnuită și materiale consumabile uzuale. Raportul performanță/preț este foarte avantajos la acest tip de plottere, în special dacă ne referim la necesități de prelucrare grafică nu prea pretențioase: scheme, diagrame, documentație etc. Prețul lor este în general cu un ordin de mărime sub al plotterelor electrostatice (aproximativ 600 \$) costul unui desen format A4 fiind considerat 1/5 din cel al unui desen echivalent obținut printr-un procedeu electrostatic. Domeniul tehnicii de calcul care se conjugă cel mai bine cu performanțele acestei familii de dispozitive sînt calculatoarele personale, ceea ce le asigură o piață de desfacere foarte largă și cu o dinamică deosebit de puternică.

Interfața cu calculatorul este paralelă sau serială, numărul de caractere de 8 biți care trebuie transmise pentru un desen fiind foarte mare, ceea ce implică o viteză de transfer destul de mare. Reprezentarea memorie este făcută sub forma unui șir de rînduri de „0” și „1” la fel ca la plotterele electrostatice, problema software a modului de rasterizare fiind echivalentă. O deosebire constă în modul de organizare a informației în cazul celor două tipuri de dispunere a ciocănelelor, fără a fi însă esențial. Cantitatea de date care se va transmite pentru un format A4 (210×297 mm) la densitatea de 60 puncte/inch (pas 0,42 mm) va fi de:

$$\frac{210}{0,42} \times \frac{297}{0,42} = 500 \times 707 \approx 354\,000 \text{ biți} \approx 44\,200 \text{ octeți.}$$

Un domeniu de aplicație mai particular al plotterelor matriciale este reproducerea imaginilor prin cuplarea la sistemul de calcul a unei camere speciale de luat vederi cu scanare comandată, cuplată cu un convertor analog/numeric pentru codificarea nivelurilor de gri ale pixelilor imaginii.

Un alt domeniu de aplicație al plotterului matricial este folosirea lui ca dispozitiv „hard-copy“ pentru un monitor TV alb/negru sau color. Pentru monitorul color apar câteva probleme specifice care se rezolvă de obicei prin software [5] :

- rezoluțiile diferite ale celor două echipamente fac ca un punct de pe ecran (512×512 puncte de exemplu) să se traducă printr-o zonă de cel puțin patru puncte pe plotter ;

- formarea culorilor pe ecran este aditivă folosindu-se culorile complementare roșu, albastru și verde pe fond negru, în timp ce la plotter este substractivă, culorile complementare fiind galben, purpuriu și violet pe fond alb ; trecerea de la un sistem de culori la celălalt nu este o problemă foarte simplă, în special în cazul obținerii nuanțelor.

Un avantaj mare al plotterelor matriciale este că ele pot fi folosite la fel ca și cele electrostatice, atât ca plotter cât și ca imprimantă a sistemului la care se cuplează, de aceea se întâlnesc foarte des în literatură sub numele de *imprimante grafice*, nume care reflectă mai exact modul lor de apariție.

3.2: Echipamente de digitizare

3.2.1. Clasificări

Dispozitivele de digitizare sau *digitizoarele* sînt aparate de introducere în calculator a coordonatelor numerice ale unor puncte sau curbe de pe un desen deja realizat raportate la un sistem rectangular de coordonate atașat suprafeței de lucru.

Primele aparate de acest gen s-a folosit în geodezie și cartografie fiind cunoscute sub numele de *coordonatografe*. Ele se compun dintr-o suprafață de lucru translucidă, cu o sursă de lumină ascunsă, deasupra căreia se poate mișca un dispozitiv optic de vizare cu fire marcatoare. Mișcarea dispozitivului de vizare (lupă sau microscop) este descompusă printr-un dispozitiv mecanic după cele două axe de coordonate, multiplicată și afișată pe niște numărătoare mecanice. Se poate repera astfel poziția unui punct de pe o hartă sau un plan cu o precizie de ordinul zecimilor de milimetru. Introducerea electronicii în aceste dispozitive a început cu înlocuirea afișajului și parțial a sistemului de măsurare mecanic și s-a terminat cu înlocuirea totală a sistemului mecanic de măsură a poziției ca dispozitive electronice mai fiabile și mai precise produsul rezultat purtînd numele de digitizor și fiind destinat spre prelucrarea datelor exclusiv cu ajutorul calculatoarelor numerice.

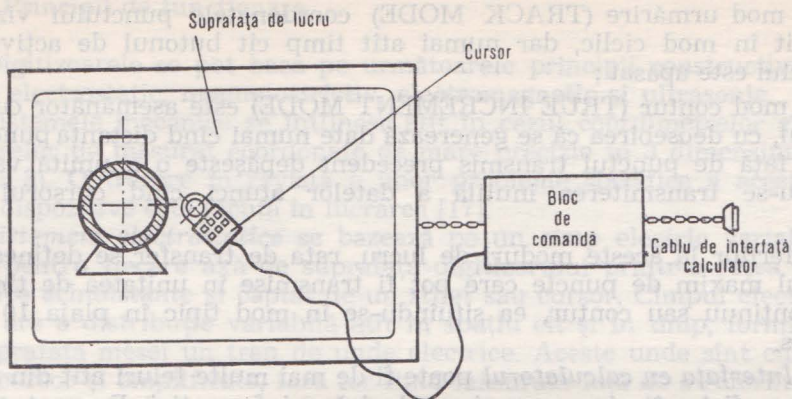


Fig. 3.12. Părțile componente ale unui digitizor.

Un digitizor se compune din următoarele părți principale (fig. 3.12) :

- suprafața de lucru ;
- cursorul ;
- electronica de comandă și de interfațare cu calculatorul.

Suprafața de lucru include în ea dispozitivele necesare pentru măsurarea precisă a coordonatelor folosind un principiu electromagnetic, electrostatic, magnetostrictiv, ultrasonic etc. . . Cursorul posedă o lupă cu două fire marcatoare cu ajutorul cărora se vizează punctul dorit sau se urmărește conturul care trebuie introdus în calculator. Blocul de comandă cuprinde părțile electronice necesare alimentării cu semnale a suprafeței de lucru, amplificatoare pentru cursor, circuitele logice pentru calculul poziției și evidența modului de lucru ca și interfața cu calculatorul [25].

Caracteristicile de bază ale unui digitizor sînt [8] :

1. *Suprafața utilă de lucru* — merge de obicei de la un format A4 sau A3, întîlnit în special la *tabletele grafice*, care se folosesc pentru introducerea datelor grafice sau ca dispozitive de interacțiune pentru displayurile grafice, pînă la suprafețe mari de peste $1,5 \times 2$ m folosite pentru lucrul cu hărți, planuri mecanice, măști de circuite integrate, circuite imprimate etc. . .

2. *Rezoluția, repetabilitatea, neliniaritatea și precizia relativă* au definiții asemănătoare celor date pentru plottere (§3.1.1.). Rezoluția dispozitivelor de digitizare curente variază între 0,01—0,25 mm, o valoare tipică fiind de 0,0254 mm (1/1 000").

3. *Rata de transfer* este o caracteristică importantă care se referă la cele patru moduri de lucru principale ale unui digitizor :

— mod punct (POINT MODE) la apăsarea pe butonul de pe cursor corespunzător acestui mod de lucru dispozitivul trimite calculatorului coordonatele punctului vizat cu ajutorul lupei reticulare ;

— mod continuu (RUN MODE) se trimit coordonatele punctului curent într-un flux continuu, indiferent dacă butonul de activare a cursorului este apăsat ;

— mod urmărire (TRACK MODE) coordonatele punctului vizat se transmit în mod ciclic, dar numai atît timp cît butonul de activare a cursorului este apăsat ;

— mod contur (TRUE INCREMENT MODE) este asemănător cu precedentul, cu deosebirea că se generează date numai cînd distanța punctului curent față de punctul transmis precedent depășește o anumită valoare evitîndu-se transmiterea inutilă a datelor atunci cînd cursorul este imobil.

Referitor la aceste moduri de lucru, rata de transfer se definește ca numărul maxim de puncte care pot fi transmise în unitatea de timp în mod continuu sau contur, ea situîndu-se în mod tipic în plaja 10÷300 puncte/s.

4. *Interfața cu calculatorul* poate fi de mai multe feluri atît din punct de vedere fizic cît și ca organizare logică a informației. Ea poate fi serială sau paralelă, interfața serială standard avînd tendința de generalizare datorită vitezei relativ scăzute de transfer a informației pe o astfel de legătură de date. Formatul datelor poate fi binar, binar-zecimal, caractere ASCII (de exemplu HP-GL) în funcție de inteligența proprie a dispozitivului.

5. *Inteligența proprie* se referă în primul rînd la posibilitatea unei interfețe evaluate cu calculatorul. Ea se referă de asemenea la posibilitatea de a efectua local un număr de funcții de bază cum ar fi :

- origine variabilă ;
- afișarea locală a coordonatelor sau a unor mărimi calculate local ;
- coordonate absolute sau relative ;
- scalare ;
- pas variabil ;
- conversie automată metric/țoli și reciproc ;
- format de ieșire programabil ;
- menu — simularea unor taste funcționale comandînd de exemplu calculul unor arii, calculul lungimii unei curbe, rotații, translații etc. . .

Pe măsura introducerii microprocesoarelor în unitățile de comandă ale dispozitivelor aceste funcții locale au devenit din ce în ce mai răspîndite [18].

6. *Modul de iluminare a documentului de digitizat* se referă la trei variante constructive de digitizoare :

— cu suprafața de lucru opacă din materiale ca textolit întărit (pentru folosire în mediu industrial), rășini epoxidice, fibră de sticlă sau plastic ; sînt cele mai răspîndite, fiind utilizate pentru digitizarea hărților, schițelor și desenelor, în cazul formatelor mari folosindu-se aparate montate pe pedestal, foarte asemănătoare cu planșetele ce se întîlnesc în birourile de proiectare ;

— cu suprafața translucidă cu iluminare interioară destinate de exemplu pentru introducerea în calculator a radiografiilor medicale sau a schițelor de circuite imprimate realizate pe mylar ;

— cu ecran de proiecție permițînd introducerea în calculator a contururilor obiectelor sau a caracteristicilor imaginilor fotografiate pe dispozitiv.

3.2.2. Principii de funcționare

Digitizoarele se pot baza pe următoarele principii constructive: mecanic, electrostatic, magnetostrictiv, electromagnetic și ultrasonic.

Sistemele mecanice se întâlnesc atât în cazul coordimetrelor cât și în al meselor de măsurat coordonate de mare precizie în 3 dimensiuni (vezi Anexa 3). O trecere în revistă a unor probleme specifice a acestor din urmă dispozitive este făcută în lucrarea [17].

Sistemele electrostatice se bazează pe un câmp electric variabil generat pentru fiecare axă de suprafața digitizorului printr-o rețea de fire electrice echidistante și captat de un stilet sau cursor. Câmpul electric generat are o distribuție variabilă atât în spațiu cât și în timp, formându-se pe suprafața mesei un tren de unde electrice. Aceste unde sînt culese de către cursor și amplificate, faza lor fiind măsurată față de o referință fixă, iar diferența de fază convertită în unități de timp fiind măsura directă a deplasării față de elementele grilei. Suportul documentelor trebuie să fie un material dielectric plan: mylar, hîrtie, sticlă, lemn, majoritatea materialelor plastice, cauciuc, cu o grosime maximă de 10—15 mm (3/8"). Desenele sau marcajele trebuie realizate cu tușuri sau cerneluri neconductive, materialele conductoare plasate în apropierea cursorului (cum ar fi obiectele metalice sau marcajele executate cu creioane pe bază de grafit), afectînd precizia măsurătorilor. În cazul unui cursor de tip stilet precizia este de asemenea afectată de unghiul făcut de axa sa cu suprafața mesei de desen, în acest caz bobina captatoare aflîndu-se din principiu la o înălțime dată față de suprafața mesei. Grilele pentru cele două axe sînt realizate prin trasee de circuit imprimat, ceea ce prezintă atât avantajul unei simplități tehnologice de realizare cât și o stabilitate în timp satisfăcătoare. Acest tip de digitizor este afectat de umiditate, nefiind însă sensibil la șocuri, câmpuri magnetice sau zgomot [18], [27].

Sistemele magnetostrictive încorporează o grilă regulat spațiată de fire situată sub suprafața de lucru. Unitatea de comandă aplică pe rînd fiecărui fir un impuls la unul dintre capete, unda de stres propagîndu-se pe rînd de-a lungul fiecărui fir. Cînd unda este detectată de către bobina cursorului se măsoară timpul de propagare de la momentul trimiterii undei, acesta reprezentînd o măsură a distanței de la centrul bobinei cursorului la o axă de referință. Coroborînd distanțele față de cele două axe rectangulare se pot afla coordonatele centrului cursorului într-un sistem fix de coordonate. Detecția magnetostrictivă nu este afectată de conductivitatea electrică a materialelor folosite, dar nu este potrivită pentru suprafețe mari de lucru datorită atenuării semnificative a undei pe distanțe mai mari. Un factor care poate de asemenea influența negativ acest tip de digitizor este plasarea unui obiect magnetic în apropierea suprafeței de digitizare, ceea ce face necesară repolarizarea periodică a suprafeței cu ajutorul unui magnet permanent puternic [20].

Sistemele electromagnetice au la bază cuplajul magnetic între cursor și rețeaua echidistantă de conductori electrici a suprafeței de lucru, în acest caz însă sursa semnalelor fiind cursorul, iar suprafața fiind receptorul. Tensiunea indusă în firele rețelei de bobina cursorului, excitată cu ajutorul unui semnal de curent alternativ de putere, este culeasă în mod individual pentru fiecare linie. Apropiînd cursorul de suprafața de

lucru se induce o tensiune alternativă într-un număr destul de mare de fire aflate în vecinătatea cursorului. În funcție de apropierea de centrul bobinei variază atât amplitudinea cât și faza semnalului indus. Receptoarele de linie transformă semnalul de curent alternativ într-o tensiune continuă de amplitudine proporțională cu a semnalului alternativ de intrare și de polaritate egală cu faza acestuia. Se obține un „dinte de fierăstrău“, corespunzând distribuției spațiale a semnalului indus, care este aplicat unui circuit de detecție a trecerii prin zero calculându-se astfel cu exactitate momentul schimbării fazei semnalului incident, adică poziția exactă a centrului bobinei. Cu ajutorul unor numărătoare acest semnal este transformat în coordonate binare sau binar-zecimale. Tehnica de măsurare electromagnetică a poziției este insensibilă la conductibilitatea electrică a suportului documentelor, temperatura, umiditatea sau alte condiții de mediu și nu necesită realinierea automată a circuitelor de măsură ca în cazul metodei electrostatice, singurul factor perturbator care trebuie luat în considerare fiind sursele puternice necerantate de radiații electromagnetice.

Sistemul ultrasonic se folosește de exemplu pentru dispozitivele de tip „touch-screen“ care se pot atașa direct pe ecranul unui display grafic (vezi Anexa 3). Poziția degetului operatorului pe ecran este detectată cu o precizie de ordinul milimetrilor, dispozitivul fiind folosit pentru indicarea unei opțiuni dintr-un „menu“ afișat pe ecran („pointing-device“) mai degrabă decât pentru indicarea unei coordonate precise. Dispozitive similare bazate pe alte principii sînt prezentate în lucrarea [26].

Vom prezenta în continuare, în detaliu, modul de funcționare al unui sistem electromagnetic de determinare a poziției cursorului reprezentînd o simplificare a variantei de bază [18]. Sistemul fin de traducere a poziției pentru o axă este compus din două grile întrețesute V_a și V_b decalate spațial cu $d/2$ (fig. 3.13). Precizia sistemului fiind de aproximativ 0,05%, pentru o constantă $d=10''$ rezultă o putere de rezoluție de $0,005''=0,127\text{ mm}$. Amplitudinile tensiunilor de ieșire V_a și V_b variază sinusoidal în funcție de deplasarea unei bobine de diametru egal cu spațierea $d/2$ a conductorilor, căreia i se aplică o tensiune alternativă de pulsație ω . Amplitudinea de vîrf a lui V_a se obține atunci cînd centrul

cursorului este plasat exact la jumătatea distanței dintre două fire adiacente ale grilei A (adică pe un conductor al grilei B); amplitudinea zero se obține atunci cînd bobina este centrată chiar pe un conductor al grilei A. Putem scrie deci :

$$V_a = \left(K \cdot \sin 2\pi \frac{x}{d} \right) \cdot \cos \omega t,$$

unde x este deplasarea centrului bobinei de la un fir arbitrar ales al grilei A, ω este pulsația semnalului incident și k un coeficient de cuplare.

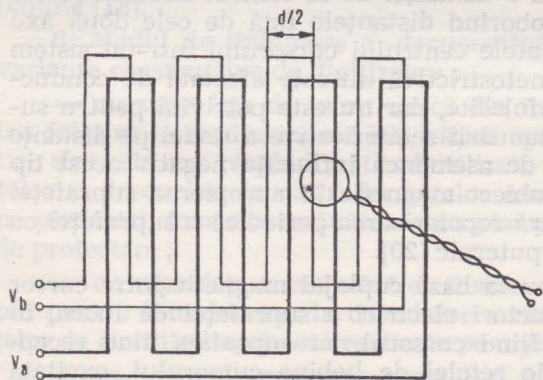


Fig. 3.13. Cele două grile decalate ale sistemului electromagnetic simplificat (o axă).

Deoarece grila B este decalată cu $d/4$ față de grila A putem scrie :

$$V_b = \left(K \cdot \cos 2\pi \frac{x}{d} \right) \cdot \cos \omega t.$$

Observăm că amplitudinile semnalelor induse în cele două grile sînt diferite, dar faza lor este aceeași din punct de vedere al variației în timp. Adăugăm pe lanțul V_b un circuit electronic care va produce, păstrînd neschimbată amplitudinea, un semnal defazat în timp cu $\frac{\pi}{4}$, adică de forma :

$$V'_b = \left(K \cdot \cos 2\pi \frac{x}{d} \right) \cdot \sin \omega t$$

Compunînd V_a cu V'_b obținem

$$V_a + V'_b = K \left(\sin 2\pi \frac{x}{d} \cos \omega t + \cos 2\pi \frac{x}{d} \sin \omega t \right) = K \sin \left(\omega t + 2\pi \frac{x}{d} \right).$$

Conform acestei formule defazajul semnalului $V_a + V'_b$ este

$$\theta = 2\pi \frac{x}{d}, \text{ de unde se poate calcula}$$

$$x = 2\pi \frac{\theta}{d}.$$

Reprezentarea liniară a defazajului θ în raport cu x , prezentată în fig. 3.14, stabilește o corespondență directă între valoarea defazajului tensiunii de ieșire $V_a + V'_b$ și poziția bobinei față de grilele de măsură. Se observă însă că poziționarea se stabilește în interiorul unui modul de lungime d , neputîndu-se însă preciza despre care modul este vorba. Cu alte cuvinte, considerînd un sistem absolut de coordonate, punctele de abscise

$$x, x+d, x+2d, \dots, x+nd$$

vor avea același θ (x avînd semnificația precizată anterior).

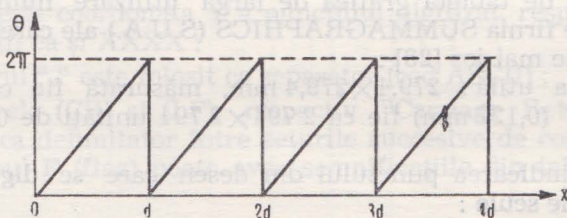


Fig. 3.14. Defazajul semnalului $V_a + V'_b$ în funcție de deplasare.

O metodă simplă de aflare a coordonatelor absolute ale unui punct este folosirea unei a doua perechi de grile, cu pas $d + \Delta d$, alese astfel ca să nu se suprapună niciodată cu prima grilă pe lungimea suprafeței de lucru. În acest caz, reprezentările θ_1 și θ_2 ale defazajelor conduc la ideea folosirii defazajului $\theta_1 - \theta_2$ ca indicație de poziționare grosieră (fig. 3.15).

Metoda prezentată are două avantaje constructive : nu sînt necesari receptori diferiți pentru fiecare fir al grilei și nu este necesară efectua-

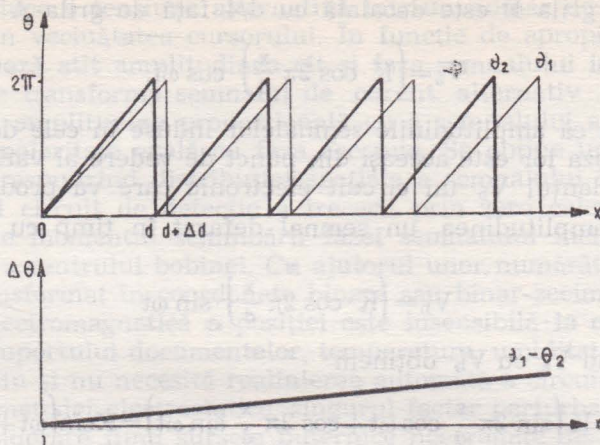


Fig. 3.15. Folosirea unei a doua grile ușor decalate pentru calculul grosier al poziției.

rea nici unei conversii analog/numerice, deoarece defazajul poate fi convertit numeric prin măsurarea cu o frecvență pilot a intervalului de timp ce se scurge între trecerile prin zero succesive ale semnalului original și semnalului defazat.

3.2.3. Elemente de programare și utilizare a digitizoarelor *

Întrucât funcțiile digitizoarelor în cadrul unui sistem grafic nu sînt la fel de generale ca acelea ale plotterelor, programarea introducerii datelor grafice cu ajutorul lor este îndeobște lăsată în grija proiectantului aplicației, menținîndu-se nevoia unor rutine utilitare de bază ca acelea prezentate în § 3.1.3.

Ne vom mărgini de aceea de a exemplifica formatul de transmitere a datelor folosit de tableta grafică de largă utilizare numită "Bit Pad One" produsă de firma SUMMAGRAPHICS (S.U.A.) ale cărei caracteristici generale sînt date mai jos [28] :

— suprafața utilă : $279,4 \times 279,4$ mm, măsurată fie ca $2\,200 \times 2\,200$ unități de $0,005''$ ($0,127$ mm) fie ca $2\,794 \times 2\,794$ unități de $0,1$ mm (sistem metric) ;

— pentru indicarea punctului din desen care se digitează se pot folosi următoarele scule :

- un creion special cu sau fără pastă care declanșează introducerea coordonatei prin apăsarea vîrfului pe tabletă ;
- un cursor cu lupă reticulară echipat cu 4 butoane ;

— modurile de lucru permise sînt :

- mod punct : la apăsarea creionului sau a unui buton de pe cursor se transmit către calculator coordonatele punctului vizat ;
- mod continuu : se generează periodic (max. 200 puncte/s) perechi de coordonate de îndată ce se apropie creionul sau curso-

* Vezi și ANEXA 3 (pag. 342).

rul de suprafața de lucru ; apăsarea creionului pe tabletă sau a unui buton de pe cursor produce poziționarea unui bit în caracterul special F (flag) transmis de către tabletă odată cu coordonatele :

- mod continuu declanșat : se transmite un flux continuu de coordonate atît timp cît creionul este apăsat pe tabletă sau unul dintre butoanele de pe cursor este apăsat ;
- rata de transfer maximă a datelor este de 200 puncte/s ;
- atît modul de lucru cît și rata de transfer sînt programabile prin comutatoare situate pe unitate sau prin caractere speciale de comandă primite de la calculator ;
- sînt disponibile trei interfețe :
 - serială V24 (RS 232-C) în care se admit două formate de date : caractere ASCII (un punct este în acest caz reprezentat prin 13 caractere) sau binar (un punct fiind aici reprezentat prin 5 octeți) ;
 - paralelă IEEE 488 (IEC 625) în care un punct e reprezentat printr-un șir de 12 caractere ASCII ;
 - paralelă pe 8 biți generală, în care se admit două formate : binar (un punct este reprezentat prin 5 octeți) și binar-zecimal (aici un punct va fi reprezentat prin 12 octeți) ;

— în cazul interfeței seriale viteza de transmisie e selectabilă în gama 75—19 200 Bd prin comutatoare situate pe placa logică a tabletei.

Furnizarea unui set de coordonate de către tabletă în cazul interfeței seriale, considerată cea mai generală, e făcută în următorul format : XXXX, YYYY, F(CR) (LF) compus din 13 caractere ASCII avînd următoarea semnificație :

— XXXX este un număr format din 4 cifre zecimale exprimate în cod ASCII reprezentînd coordonata X a punctului digitizat $0 \leq XXXX \leq 2\,200$ (țoli) sau $0 \leq XXXX \leq 2\,794$ (metric), originea fiind punctul de coordonate nule situat în colțul din stînga jos al tabletei ;

— YYYY este coordonata Y a punctului digitizat, respectînd aceleași reguli și restricții ca și XXXX ;

— caracterul „,” este folosit ca separator (cod ASCII) ;

— caracterele (CR) și (LF), respectiv "Carriage Return" și "Line Feed" folosesc ca delimitator între seturile succesive de coordonate ;

— caracterul F (flag) poate avea semnificațiile din tab. 3.5.

Caracterul F (Flag) al tabletei grafice

Tab. 3.5

Caracter ASCII F	Semnificație	
	Creion	Cursor cu 4 butoane
"0"	neapăsat	nici un buton apăsat
"1"	apăsat	buton 0 apăsat
"2"	—	buton 1 apăsat
"4"	—	buton 2 apăsat
"8"	—	buton 3 apăsat

Datele sînt trimise de tabletă pe o interfață serială standard CCITT V24 (RS 232-C) în mod asincron 8/11 cu viteză selectabilă. Calculatorul poate comanda la rîndul său modul și rata de transmisie trimițînd către tabletă unul dintre caracterele descrise în tab. 3.6 ; vom nota că ratele de

Tabelul 3.6

Caracterele de comandă ale tabletei grafice

Mod	Rată (puncte/s)	Caracter de comandă (ASCII)
Stop	0	"S"
Punct	70	"P"
Continuu declanșat	2	"Z"
	4	"A"
	10	"B"
	20	"C"
	35	"D"
	70	"E", "F", "G"
Continuu	2	"H"
	4	"I"
	10	"J"
	20	"K"
	35	"L"
	70	"M", "N", "O"

date din tabel sînt valabile numai pentru viteza de transmisie de 19 200 Bd, la viteze inferioare rata maximă de transfer scăzînd (la 9 600 Bd maximum 46 puncte/s, la 4 800 Bd maximum 28 puncte/s etc. ...).

							Alter Un- format	Alter Format
+	-	*	/	%	&	'	(	)
,	.	:	;	=	<	>	?	@
A	CR	LF	BS	Space	!	"	#	\$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	A	B	C	D	E	F	G	H
I	J	K	L	M	N	O	P	Q
R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Rota	Scale Transl.	X, Y Scale	Y Scale	Transl.	Clear All	Disp. Factors	Length Factor	Volume Factor
Point	Run	Track	Remote	Inc	Enter Incr Factor	Answer	Line Length	Area

Fig. 3.16. „Menu” tipic pentru dispozitive de digitizare.

Pornind de la formatul de bază al informației grafice transmis de digitizor, de la inteligența proprie a acestuia și de la complexitatea problemei de rezolvat programatorul de aplicație va realiza de la caz la caz integrarea optimă a dispozitivului de digitizare în aplicația dată. O cale foarte comodă de introducere a comenzilor specifice problemei este gruparea lor într-un „menu” de forma unui tabel imprimat pe o folie de material plastic situat într-un colț al suprafeței de lucru ; viza-re unaia dintre pătratele „menu”-ului cu ajutorul cursorului nu este interpretată ca o coordonată, ci produce declanșarea unor acțiuni

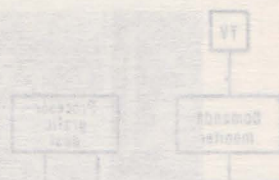
specifice cum ar fi : translații, rotații, scalări, introducere de comenzi alfa-numerice, de texte sau date numerice, calculul unei lungimi, unei arii sau unui volum ș.a.m.d. Un exemplu de "menu" pentru digitizor este ilustrat în fig. 3.16.

Aplicațiile digitizoarelor în sistemele grafice interactive sînt foarte variate. Un prim domeniu de interes este proiectarea asistată de calculator în mecanică, electronică, electrotehnică, arhitectură, construcții, unde digitizoarele pot fi folosite atît pentru introducerea coordonatelor și dimensiunilor de pe desene, schițe și planuri cît și ca dispozitive de interacțiune ("pointing devices") în conjuncție cu un display grafic.

Alte domenii de aplicație sînt medicina, geodezia și topografia, cartografia, teledetecția, studiul mediului înconjurător, geologia, seismologia, meteorologia ș.a. (În medicină se folosesc astăzi în mod curent digitizoarele în asociație cu instalațiile tomografice pentru localizarea tumorilor și planificarea tratamentelor, în analiza radiografiilor craniene ș.a.).

Bibliografie, capitolul 3

- [1]. Wagner Maurie D., Designers'Guide to Pen Plotters, *Digital Design*, September 1980, pp. 66—68.
- [2]. * * *, Pictures Tell the Words, *Systems International*, October 1978, pp. 21—27.
- [3]. Baffin William, Numbers, Words, Pictures, *Systems International*, March 1978, pp. 37—38.
- [4]. Davies J., Selecting the Right Systems Package, *Systems International*, June 1978, pp. 44—45.
- [5]. Heather Ken, Matrix plotting, *Systems International*, January 1982, pp. 27—28.
- [6]. Hirshon Bob, Plotters, *Digital Design*, May 1981, pp. 30—32.
- [7]. * * *, Product Review : Plotters, *Computer Products International*, July 1978, pp. 8—13.
- [8]. * * *, Digitizers Improve, *Digital Design*, May 1981, p. 40.
- [9]. * * *, Înregistrator de curbe cu tambur ICT-800, documentație tehnică IEPER, București, 1983.
- [10]. * * *, Drafting Machine ARISTOMAT 205G, Documentație tehnică, ARISTO, Hamburg, R.F.G.
- [11]. * * *, Programmes de base. Niveau I, Benson, Franța, martie, 1974.
- [12]. * * *, Bibliothèque des sous-programmes de dessin Benson. Niveau II, Benson, Franța, martie, 1974.
- [13]. * * *, DIGIGRAF 1712—3,5G, Documentație tehnică, R.S.C., 1981.
- [14]. * * *, Datagrid R Digitizer Operating and Service Manual, The Bendix Corp, Farmington, Michigan — U.S.A. august, 1972.
- [15]. Pruner D., Wilkey P., Optical Mouse Provides Higher Quality Cursor Control, *Computer Technology Review*, Summer 1983, pp. 92—93.
- [16]. * * *, 7004B X-Y RECORDER, Operating and Service Manual, June 1972, Hewlett Packard, W. Bernardo Drive, San Diego, Calif., S.U.A.
- [17]. Davies Livingston, Interactive Digitizers Increase Flexibility of User/Computer Interface, *Computer Technology Review*, Summer 1983, pp. 123—127.
- [18]. Hulls H. Robin, On-Board Intelligence Increases Accuracy of Plotters and Digitizers, *Computer Technology Review*, Summer 1983, pp. 129—133.
- [19]. Hines Robert L., Pen and Electrostatic Plotter/Printers Meet Most Graphics Needs, *Computer Technology Review*, Spring-Summer 1982, pp. 161—164.
- [20]. Goldstein David, On-board Intelligence Expands Digitizers Versatility, *Computer Technology Review*, Spring-Summer 1982, pp. 167—170.



Industria de calculatoare în țara noastră a debutat în perioada 1967—1968, ca element important al introducerii în economie a informaticii, ciberneticii și automatizării electronice, dezvoltarea ei fiind direcționată spre asigurarea economiei naționale cu echipamente și programe de calcul realizate prin eforturi proprii.

Ritmurile de creștere rapidă au permis în actualul cincinal o dublare a producției față de cincinalul anterior, aportul produselor realizate pe baza cercetării proprii crescând de la 20% în perioada 1971—1975 la peste 90% în perioada 1981—1985. După numai 17 ani de dezvoltare, industria calculatoarelor electronice reflectă activitatea a peste 50 000 de oameni ai muncii care concep, produc, mînuiesc și utilizează produsele ei.

Scăderea continuă a costului de fabricație a componentelor electronice larg și foarte larg integrate, care intră în componența calculatoarelor electronice, face ca sub aspect economic factorii principali ce determină progresul industrial să se concentreze în sfera programelor și echipamentelor periferice.

După o perioadă de consolidare a structurilor de concepție, producție și utilizare a calculatoarelor, sînt create premisele unui salt important în creșterea productivității muncii în sferele activității productive directe, indirecte și serviciilor prin folosirea programelor și echipamentelor de calcul.

În aceste condiții, dezvoltarea rapidă de sisteme grafice interactive, capabile să ridice nivelul tehnic și calitativ al produselor, să crească productivitatea în proiectarea și fabricația acestora, se impune ca o direcție prioritară a industriei românești de calculatoare electronice.

Pentru a putea asigura o introducere pe scară largă a acestor sisteme în economia națională a fost necesară dezvoltarea și fabricarea de programe și echipamente specifice: display-uri grafice, echipamente de interacțiune, echipamente de desenare automată.

4.1. Sistemul grafic interactiv DIAGRAM 2030

Familia de sisteme grafice DIAGRAM a fost proiectată la Institutul Politehnic București și se produce în serie la Întreprinderea de Echipamente Periferice București (IEPER).

Arhitectura sistemului cuprinde două magistrale, una aferentă procesorului de intrare/ieșire și alta aferentă procesorului grafic [1].

Procesorul de intrare/ieșire este construit în jurul unui microprocesor Z80 dispunând de 64 KB de memorie RAM, caracteristicile de timp, modul de tratare a întreruperilor și setul de instrucțiuni fiind cele specifice acestui microprocesor.

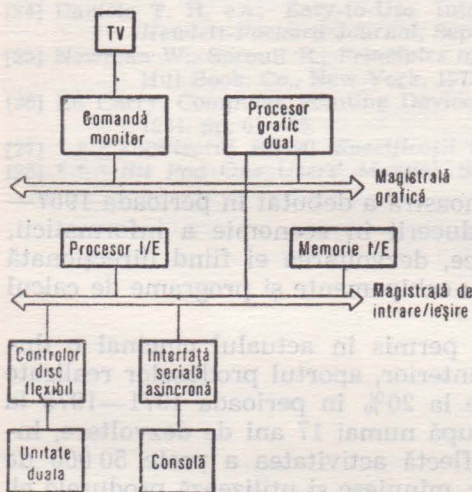


Fig. 4.1. Schema bloc a sistemului DIAGRAM 2030.

Funcția principală a subsistemului de intrare/ieșire este conectarea de echipamente periferice la sistemul DIAGRAM prin intermediul controloarelor pentru discuri flexibile și încasate și a interfețelor paralele și seriale asincrone.

Procesorul grafic este realizat pe baza unei structuri microprogramate pe 8 sau 16 biți ce realizează în principal afișarea informației sub forma de vectori pe ecran.

Procesorul de 16 biți dispune de maximum 1 MB de memorie organizată în pagini de 64 K cuvinte. Paginile se pot utiliza atât ca extensie de memorie cit și ca memorie de reîmprospătare pentru un monitor color.

Sistemul DIAGRAM 2030 poate lucra ca o unitate grafică independentă, de sine stătătoare, sau ca terminal conectat la un calculator.

Configurația de bază a sistemului DIAGRAM 2030 este următoarea :

- subsistem de intrare/ieșire format din : procesor de intrare/ieșire, memorie de intrare/ieșire, controlor de disc flexibil, interfața serială asincronă standard ;
- subsistem grafic format din procesor grafic dual microprogramat și o unitate de afișare ;
- tastatură cu joystick ;
- unitate duală cu discuri flexibile ;
- monitor TV.

Controlorul de disc flexibil permite conectarea a maximum 4 unități tip 9404 CDC, citirea, scrierea și premarcarea discurilor în format IBM 3740, copierea off-line de pe un suport pe altul.

Sistemul DIAGRAM 2030 se livrează cu un set de programe de bază, ce permite o exploatare eficientă a resurselor în regim de lucru independent, cit și legat la un calculator gazdă. Componentele sistemului de programe sînt următoarele :

- monitor DIOS ;
- interpretor pentru limbajul BASIC ;
- asamblor "DIAS" pentru microprocesorul Z80 ;
- editor de texte "EDI" ;
- crosasamblor de microprograme "TRANSMICRO" ;

- programe de conectare la un calculator gazdă ;
- emulatoare de terminale grafice (ex. TEKTRONIX 4012).

Monitorul "DIOS" cuprinde un interpretor destinat recunoașterii și execuției interactive a unui set extins de comenzi și mai multe programe utilitare. Ansamblorul „DIAS” lucrează în mod conversațional, acceptând

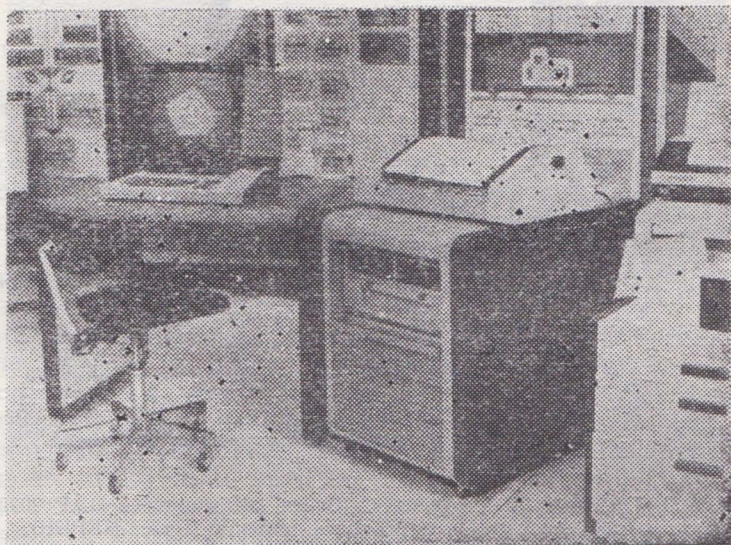


Fig. 4.2. Sistemul DIAGRAM 2030 proiectat de Institutul Politehnic București și realizat de Întreprinderea de Echipamente Periferice (IEPER).

la intrare texte sursă și producând cod absolut memorat pe discul sistem. Editorul de texte "EDI" operează la nivel de linii, este complet conversațional și oferă utilizatorului o serie de funcții în vederea creării, modificării și afișării fișierelor de text.

Limbajul BASIC implementată pe sistemul DIAGRAM 2030 cuprinde, față de variantele standard, posibilitatea prelucrării pe șiruri de caractere și un nucleu grafic 3D, ce permite utilizatorului afișarea rezultatelor sub o formă grafică sugestivă.

"TRANSMICRO" este un program executat de procesorul de intrare/ieșire, ce translatează microinstrucțiunile procesorului grafic dual. Datele de intrare sînt șiruri de caractere grupate în linii, modul de lucru fiind conversațional.

4.2. Dispozitivul de afișare DAF 2020

DAF 2020 este un dispozitiv de afișare grafică și alfanumerică cu numeroase facilități de interacțiune. Terminalul utilizează un monitor de tip raster-scan, avînd o rezoluție de 512×288 puncte în varianta cu ba-

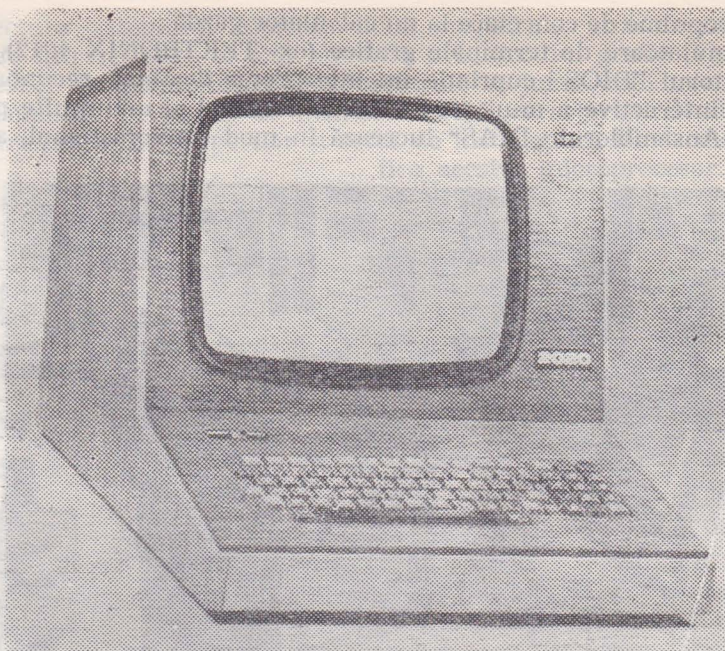


Fig. 4.3. Dispozitivul de afișare grafică și alfanumerică DAF 2020 produs de Întreprinderea de Echipamente Periferice (IEPER).

leiaj simplu și 512×480 puncte în varianta cu baleiaj întrețesut. Echipamentul este proiectat și produs de Întreprinderea de echipamente periferice (IEPER).

Unitatea de comandă a dispozitivului conține un interpolator liniar, care poate genera o linie continuă, punctată, întreruptă sau de un alt tip specificat prin program. DAF 2020 în modul de lucru alfanumeric emulează un subset de funcții al display-ului VT100 produs de firma DEC, iar în regim grafic realizează o compatibilitate cu modelul 4010 produs de firma TEKTRONIX [2].

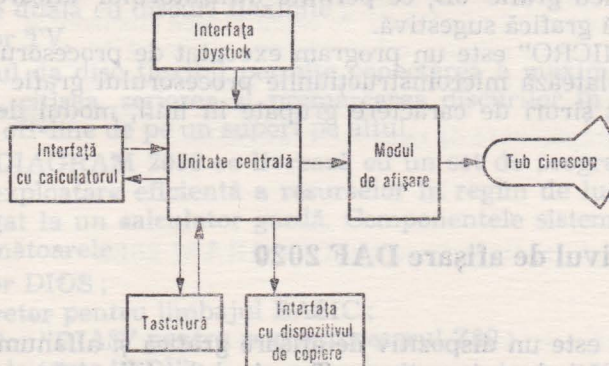


Fig. 4.4. Schema bloc a dispozitivului DAF 2020.

Pe lingă modul de lucru grafic și alfanumeric, DAF 2020 permite copierea imaginii de pe ecran, transmisia făcându-se prin intermediul unei interfețe seriale asincrone unidirecționale și un regim de introducere grafică, prin care sînt transmise programului utilizator coordonatele la un moment dat ale cursorului de pe ecran.

Unitatea centrală a display-ului este realizată cu un microprocesor Z80 și o memorie PROM de 4 MB, ce poate fi extinsă opțional la 10 MB. Modulul de afișare conține o memorie RAM de 32 K, o logică de sincronizare a accesului la memoria din unitatea centrală și un circuit de sincronizare.

Tastatura are 81 de taste din care 19 reprezintă funcții și 58 generează coduri. Stabilirea condițiilor de lucru ale terminalului se realizează prin poziționarea a 13 comutatoare existente pe tastatură.

Comunicația cu calculatorul se face prin intermediul unei interfețe seriale bidirecționale standard RS-232-C/CCITT-V24 cu viteză de transfer selectabilă prin tastatură între 110 și 9 600 bps, cu unul sau doi biți de STOP.

Interfața cu imprimanta sau alt echipament de copiere a imaginii de pe ecran (hard-copy) este tot serială standard, dar unidirecțională. Pentru conectarea unor echipamente de interacțiune (joystick, mouse, tableta grafică) se folosește o interfață bidirecțională paralela pe 8 biți.

Conectarea la calculator a display-ului DAF 2020 se poate face direct pe un cuplor serial asincron sau prin intermediul unui modem, în cazul în care terminalul se află amplasat la distanță. Terminalul lucrează în cod ASCII. Existența bitului de paritate, ignorarea lui, precum și stabilirea unui anumit fel de paritate sînt selectabile. La fiecare apăsare a tastei se transmite spre calculator caracterul respectiv, care este afișat în același timp pe ecran dacă este selectat modul ecou, sau după ce se returnează de la calculator în modul de lucru fără ecou. Caracterele transmise terminalului DAF 2020 sînt recepționate într-un registru tampon cu capacitatea de 512 bytes, de unde sînt apoi citite și prelucrate. În cazul unor mesaje lungi, cînd se lucrează la viteze mari, este posibilă umplerea registrului tampon și pierderea caracterelor transmise după aceasta. Pentru evitarea unei asemenea situații este prevăzută o procedură de X-on/X-off, prin care terminalul solicită o întrerupere momentană a fluxului de caractere atunci cînd în registrul tampon rămîn mai puțin de 128 bytes liberi, iar după prelucrare, atunci cînd în registrul tampon sînt mai mult de 256 bytes liberi, terminalul anunță calculatorul că poate relua fluxul de date.

Modul de execuție a funcțiilor terminalului depinde de regimul de lucru ce poate fi stabilit de operator, sau prin program de către calculator. Modul de lucru grafic și alfanumeric pot fi combinate, obținîndu-se o bună utilizare a interfeței om-mașină.

În regim grafic, spațiul de lucru este de 512×480 puncte, iar imediat după intrarea în acest regim, vectorii sînt de tip linie continuă. Pentru alegerea unui alt tip de reprezentare a vectorilor, se introduce de la tastatură două caractere. Forma vectorilor, care are 8 biți, este formată din concatenarea celor 4 biți mai puțin semnificativi din codul ASCII al celor două caractere. Informațiile de trasare a vectorilor (coordoanatele acestora) sînt trimise către calculator în secvențe de cîte 4 caractere.

4.3. Echipamentul de trasare automată MD 10

MD10 este un plotter plan inteligent bazat pe un microprocesor INTEL 8080, care recunoaște un limbaj grafic. Echipamentul este proiectat de filiala Institutului de Tehnică de Calcul din Cluj-Napoca și produs în serie la Întreprinderea de Echipamente Periferice (IEPER) București.

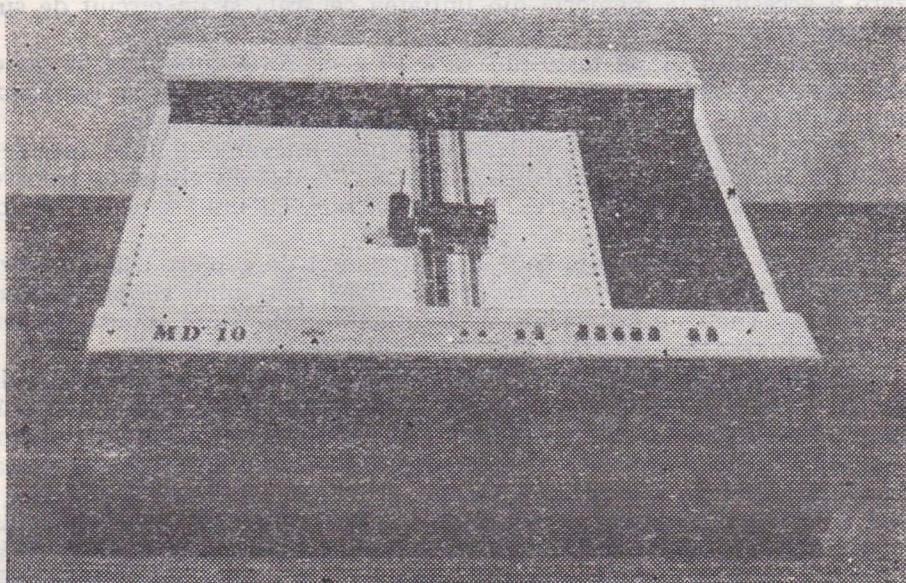


Fig. 4.5. Echipamentul de trasare automată MD 10, proiectat de filiala ITC din Cluj-Napoca și produs de IEPER.

Unitatea de comandă a dispozitivului conține un interpolator linear, un interpolator circular și un generator de caractere. Sistemul de acționare se bazează pe două motoare pas cu pas și un electromagnet rotativ [3].

Principalele caracteristici ale produsului sînt următoarele :

- suprafața utilă 400×300 mm ;
- viteza axială 20 cm/s ;
- pas minim adresabil 0,1 mm ;
- viteza de transfer al informațiilor 150—9 600 bpi ;
- repetabilitate mai mică de 0,3 mm ;
- abaterea minimă de la rectiliniaritate a unui vector este de 0,2 mm.

După punerea sub tensiune, plotter-ul MD10 este gata să reprezinte grafic datele recepționate de la un calculator prin intermediul unei interfețe seriale asincrone RS232C, sau să răspundă la comenzile manuale de pe bord, funcție de poziția comutatorului ON/OFF LINE.

Capul de scriere poate fi echipat cu un toc cu bilă sau cu fibră. Suportul de desenare este hîrtia obișnuită, fixată electrostatic pe suprafața plotter-ului.

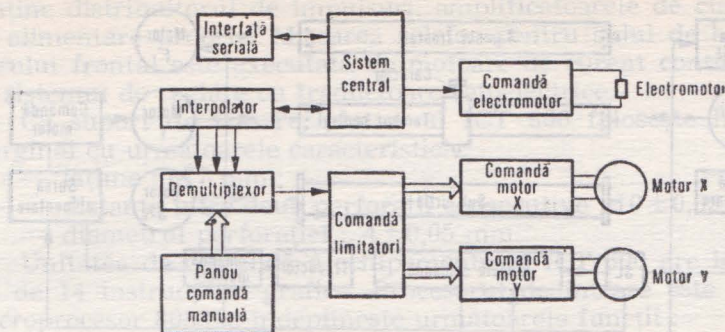


Fig. 4.6. Schema bloc a echipamentului MD 10.

În modul de lucru OFF-LINE sînt active următoarele comenzi :

- ridicarea/coborîrea tocului ;
- poziționarea XY a tocului, în două trepte de viteză, în orice punct al suprafeței active de desenare ;
- lansarea programului AUTOTEST, care generează un desen standard de control.

Setul de comenzi grafice admise de echipamentul MD10 sînt : inițIALIZARE, vector liniar, arc de cerc, cerc, coordonate absolute, coordonate relative, toc sus, toc jos, scară, generare caractere, declarație de început și sfîrșit set de caractere. Dispozitivul este util în aplicații de statistică, învățămînt, cercetare, realizarea desenelor de verificare în proiectarea asistată de calculator.

4.4. Echipamentul de trasare automată ICT 800

ICT 800 este un plotter cu tambur comandat de o unitate de comandă bazată pe microprocesor, care poate produce desene de calitate ridicată în două culori, într-un format maxim de $8\,200 \times 1\,600$ mm [5].

Echipamentul a fost proiectat de Întreprinderea de Echipamente Periferice în colaborare cu Institutul pentru Tehnică de Calcul. ICT 800 permite trasarea de linii, cercuri, arce de cerc, caractere alfanumerice, folosind patru tipuri de linii. Prin intermediul unei interfețe seriale asincrone standard, plotter-ul poate fi conectat la orice calculator sau poate fi comandat off-line de la un cititor de bandă. Schema bloc a echipamentului este prezentată în figura 4.7.

Sistemul de acționare al hîrtiei (axa Y) este format din două role pentru fixarea sulului de hîrtie și doi tamburi pentru antrenarea hîrtiei. Tamburul central are o mișcare incrementală comandată de microprocesor. Cele două role și tamburul frontal au o mișcare continuă, reversibilă, în scopul realizării unor bucle de rezervă de o parte și de alta a tamburului central. Mișcările lor sînt comandate de un sistem de reglare independent, cu traductoare fotoelectrice, care menține buclele de rezervă între două limite impuse.

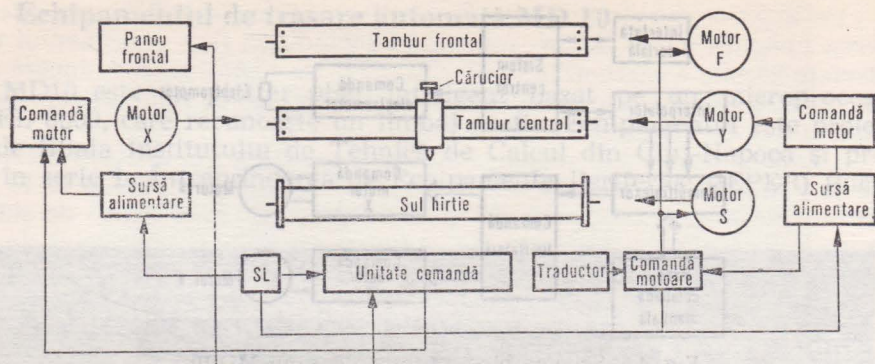


Fig. 4.7. Schema bloc a plotter-ului ICT 800.

Sistemul de acționare a tocurilor (axa X) constă dintr-un cărucior ce conține tocurile, împreună cu electromagneții de acționare și care culisează într-o mișcare incrementală comandată tot de microprocesor, pe un ghidaj cilindric aflat deasupra tamburului central.

Unitatea de comandă a plotter-ului ICT 800 este formată din :

- panoul de comenzi manuale și logica aferentă ;
- procesor de intrare pentru prelucrarea și stocarea datelor și comenzilor ;
- procesor specializat pentru interpolare și executarea unor comenzi specifice.

Mișcările incrementale pe axele X și Y sînt executate de către motoare pas cu pas, comandate de procesorul specializat. Comanda fiecărui motor

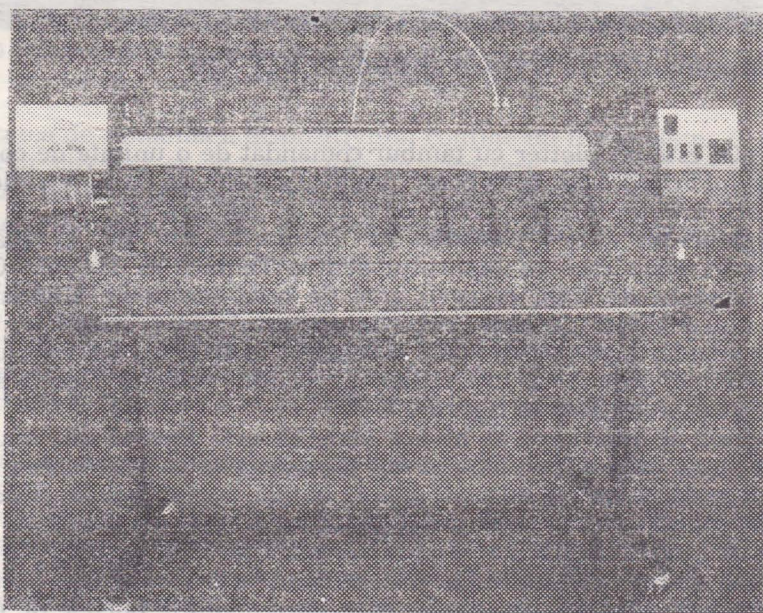


Fig. 4.8. Plotter-ul ICT 800 proiectat de ITC și IEPR.

conține distribuitorul de impulsuri, amplificatoarele de curent și o sursă de alimentare proprie. Mișcarea roților pentru sulul de hîrtie și a tamburului frontal este executată de motoare de curent continuu comandate de sistemul de reglare cu traductoare fotoelectrice.

Ca suport de trasare, plotter-ul ICT 800 folosește hîrtie perforată marginal cu următoarele caracteristici :

- lățime : 877 mm ;
- distanța între două perforații consecutive : $10 \pm 0,05$ mm ;
- diametrul perforației : $4 \pm 0,05$ mm.

Unitatea de comandă a echipamentului ICT 800 are implementat un set de 14 instrucțiuni grafice. Procesorul de intrare este realizat cu un microprocesor 8080 și îndeplinește următoarele funcții :

- controlează interfața serială ;
- analizează și interpretează comenzile primite ;
- generează comenzi pentru interpolator în vederea executării instrucțiunilor primite.

Interpolatorul este microprogramat și realizează următoarele funcții :

- primește comenzi în coordonate relative de la procesorul de intrare ;
- realizează interpolarea liniară ;
- controlează mișcarea motoarelor, generînd rampele de accelerare și decelerare ;
- primește și execută comenzile de la panoul de comandă ;
- generează tipurile de linii ;
- acționează penițele.

Pentru asigurarea unui regim de lucru convenabil motoarelor, interpolatorul are facilitatea de micropășire.

Produsul se livrează împreună cu un pachet de subrutine grafice scrise în FORTRAN ce pot fi implementate pe orice minicalculator din familiile INDEPENDENT, CORAL, SM4, PDP11.

Caracteristicile tehnice ale produsului sînt următoarele :

- viteza maximă de lucru : 300 mm/sec. pe orice axă ;
- pasul minim adresabil : 0,1 mm ;
- precizia de desenare : $\pm 0,2$ mm — $\pm 0,2\%$ din distanța parcursă ;
- set de caractere : 65 caractere ASCII ;
- tocuri de scriere : 2 (cu pastă sau fibră).

Datorită performanțelor și modului de realizare, echipamentul poate fi utilizat într-o gamă variată de aplicații complexe.

4.5. Imprimanta matricială RCD 9335

Imprimanta matricială produsă de Societatea Mixtă ROM CONTROL DATA este un echipament de ieșire alfanumeric și grafic pentru un display sau un calculator. Pentru a permite utilizarea echipamentului în diverse sisteme și aplicații, o serie de facilități sînt selectabile. Dintre acestea menționăm interfața și setul de caractere, calitatea imprimării, zona de tipărire și lungimea paginii.

Imprimanta are o interfață paralelă compatibilă Centronics și una serială asincronă de tipul RS-232-C/CCITT-V.24 sau în buclă de curent. Modurile de operare a interfeței sînt : cu paritate pară sau impară, fără paritate, lungimea caracterului de 7 sau 8 biți, 1 sau 2 biți de stop, viteza de transfer de la 300 la 9 600 biți pe secundă, protocol X-on/X-off sau registru ocupat [6]. Setul de caractere standard este ASCII cu 95 de caractere alfanumerice putînd fi utilizate alternativ seturi de caractere slave, germane etc. O serie de caractere specifice utilizatorului pot fi încărcate de la calculatorul gazdă. Calitatea imprimării se realizează printr-o singură trecere a capului de imprimare (standard), sau prin două treceri (near letter quality — double density). Zona de tipărire poate fi selectată la o lățime de 8 sau 13,6 inci și o lungime de 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 7, 8, 8,5, 9, 11, 11,5, 12, 14 sau 17 inci. Tipărirea se poate face cu 10, 12 sau 16,5 caractere pe inci (CPI) și 6 sau 8 linii pe inch (LPI).

În modul de lucru dublă densitate este posibilă de asemenea o densitate de 10 CPI pentru tipărirea caracterelor îngroșate.

Imprimanta matricială mai permite de asemenea o serie de alte facilități :

- avansul automat cu fiecare întoarcere de car ;
- saltul imprimării cu un inch la început de pagină ;
- capul de tipărire este bidirecțional ;
- viteza de tipărire este de 165 caractere pe secundă ;
- tipărirea de indici superiori și inferiori precum și de caractere elongate ;
- densitate de 72 puncte pe inch în modul de lucru grafic ;
- avansul automat al hîrtiei ;
- unitate programabilă de format vertical.

Opțiunea grafică permite tipărirea de puncte individuale într-o matrice pătrată de 72×72 puncte/inch. Rezoluția verticală de 72 puncte pe inch este determinată de spațiul dintre spirele capului de imprimare și miș-

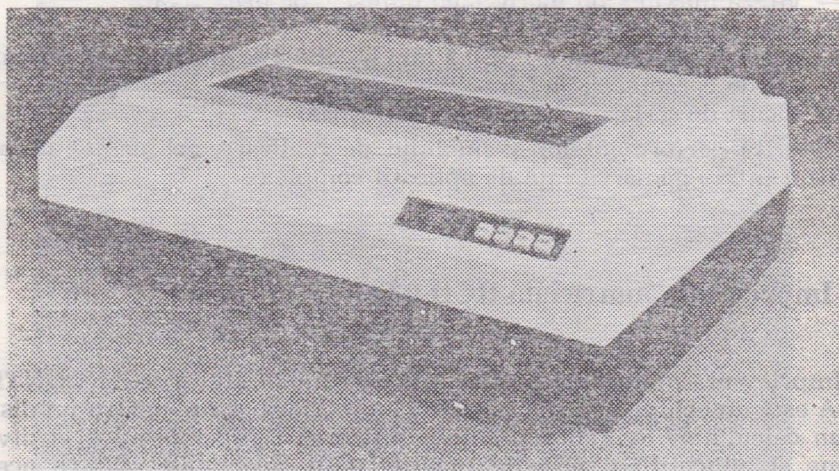


Fig. 4.9. Imprimanta matricială RCD 9335 produsă de Întreprinderea Mixtă ROMCONTROL DATA.

care a hirtiei cu o viteză de 72 pași pe inch. Rezoluția orizontală este controlată de succesiunea activării capului de tipărire în mișcarea de-a lungul hirtiei.

4.6. Imprimanta matricială ISM-150 (RO)

O variantă a produsului RCD 9335 este imprimantă matricială seria ISM-150 (RO) produsă de Întreprinderea de Echipamente Periferice.

Conectarea la calculator sau la alte terminale se face prin intermediul unei interfețe seriale asincrone standard. Paritatea, numărul biților de stop și viteza de transmisie (100—9 600 biți/sec.) sînt selectabile.

Formatul imprimării este :

80/132 caractere/rînd,

10 caractere,

Opțiunea grafică urmează a fi introdusă în producție de serie în cursul anului 1985.

4.7. Digitizorul PD-90

Dispozitivul de măsurare și transmitere numerică a coordonatelor plane (digitizor) — PD 90, este proiectat și realizat de filiala din Cluj-Napoca a Institutului de Tehnică de Calcul (ITC).

PD-90 se compune dintr-o tabletă de digitizare, un cursor și o unitate electronică. Sistemul măsoară coordonatele absolute ale cursorului plasat oriunde pe suprafața activă a tabletei de digitizare și le transmite într-o formă numerică în vederea prelucrării și/sau afișării [7].

Principiul de funcționare se bazează pe generarea unui cîmp electric variabil spațial și temporal ce formează un tren de unde electrice pe suprafața tabletei de digitizare. Aceste unde sînt culese capacitiv de către cursor, amplificate și faza lor măsurată față de o referință. Din aceste ale cursorului. Suportul documentelor care se digitizează trebuie să fie măsurători, microprocesorul sistemului calculează coordonatele absolute dintr-un material dielectric plan, cu caracteristici electrice cît mai uniforme și grosime constantă. Se pot utiliza materiale ca : hirtia, sticla, lemnul, majoritatea materialelor plastice, mylar-ul, cu grosimea maximă de 10—15 mm. Desenele sau marcasele trebuie realizate cu cerneluri și tușuri neconductive.

Digitizorul PD-90 măsoară în sistem de coordonate rectangulare x, y, cu originea sistemului de coordonate în colțul din stînga jos al tabletei de digitizare. Suprafața activă de măsurare este 900×900 mm sau mai mare în funcție de specificațiile beneficiarului.

Rezoluția este de 0,15 mm, iar precizia de măsurare $\pm 0,5$ mm pentru poziția relativă și $\pm 0,75$ mm pentru poziția absolută.

Coordonatele măsurate pot fi citite în mm, formatul BCD cu o zecimală sau în format binar, caz în care un bit reprezintă 10/64 mm. PD 90 poate lucra în următoarele moduri :

- Punct cu punct — se transmite o singură pereche de coordonate la acționarea butonului de pe cursor de către operator.
- Continuu — se transmit continuu coordonatele cursorului cu o frecvență programabilă, atâta timp cât cursorul se află suficient de aproape de planșetă.
- Comandat extern — se transmite o pereche de coordonate la recepția unui mesaj de cerere de transmisie.

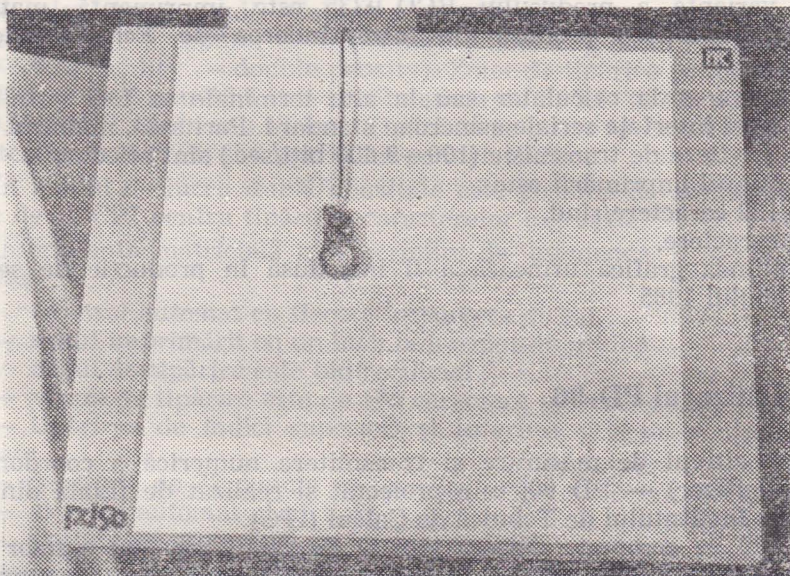


Fig. 4 10. Digitizorul PD 90 proiectat și realizat de filiala ITC din Cluj-Napoca.

— Incremental — se transmite o pereche de coordonate dacă x și/sau y între coordonata actuală și cea precedentă este mai mare de o valoare programabilă.

Regimul de lucru al digitizorului PD 90 poate fi în coordonate absolute sau relative. Tableta digitizoare se poate conecta la un calculator sau un dispozitiv de afișare prin intermediul unei interfețe duplex seriale standard, cu o viteză de transmisie între 300 și 2 400 bps. Toate datele transmise prin intermediul interfeței seriale sînt caractere în cod ASCII.

Bibliografie, capitolul 4

- [1] *** *Sistemul grafic interactiv DIAGRAM*, Manual de utilizare.
- [2] *** *DAF 2020*, Carte tehnică, FEPER 1984.
- [3] *** *MD-10*, Manual de prezentare, ITC — Cluj-Napoca, 1933.
- [4] *** *MD-10*, Trasor Digital, Norma tehnică 1983.
- [5] *** *ICT 800*, Manual de utilizare, IEPER 1934.
- [6] *** *CDC 9335 Matrix Printer*, Operator Installation and Reference Manual.
- [7] *** *PD 90*, Descriere Tehnică, ITC Cluj-Napoca, 1984.

Elemente de programare și de realizare pentru grafica interactivă

5.1. Introducere

În cursul capitolelor precedente au fost prezentate echipamentele care, asamblate, formează o stație grafică interactivă. Vom analiza în continuare elementele de programare care transformă stația grafică de lucru într-un instrument puternic de interacțiune*.

Primele display-uri grafice au generat aceleași probleme de utilizare ca și primele calculatoare electronice, și anume găsirea unei interfețe între programator și echipament care să fie cât mai simplă și naturală și, în același timp, să utilizeze cât mai mult facilitățile oferite de hardware. Problemele puse de programarea echipamentelor grafice sînt în general complexe și de aceea utilizarea lor a fost multă vreme monopolizată de centrele mari de cercetări universitare și de companiile constructoare de avioane, vapoare sau automobile, singurele care dispuneau de fondurile necesare dezvoltării de programe pentru sisteme grafice complexe. Abia în ultimul deceniu, problemele software legate de programarea echipamentelor grafice au fost clarificate într-o asemenea măsură încît a devenit posibilă utilizarea lor într-o gamă largă de aplicații.

5.2. Primitive grafice

Vom numi primitive acele elemente grafice de bază pe care programatorul le poate folosi pentru a realiza desene necesare unei anumite aplicații. Primitive grafice pot fi puncte, segmente de dreaptă, caractere, drept-unghiuri, conice, curbe de tip „spline“ (netezire), simboluri specifice

- Echipamentele grafice, în funcție de complexitatea lor, generează prin hardware un număr mai mare sau mai mic de primitive. Primitivele care nu pot fi generate prin hardware se pot realiza cu mijloace software. De aceea, programarea unei aplicații pe un echipament începe cu scrierea unor subprograme care să completeze gama de funcții grafice oferite de hardware.

Raportul între funcțiile cablate și cele simulate prin software este un element important care trebuie luat în calcul la alegerea unui echi-

* Produse-program sau sisteme de programe aplicative sînt prezentate și în partea a II-a a cărții, ca și în ANEXA 5 (pag. 359).

pament grafic. În principiu, scrierea unui subprogram care realizează o funcție grafică costă mult mai scump decât opțiunea hardware, dacă aceasta există. Pe de altă parte, utilizarea unui număr mare de funcții grafice cablate mărește efortul de programare necesar pentru a implementa aplicația pe alte tipuri de echipamente grafice. Tendința actuală este ca funcțiile grafice cablate să fie folosite ca atare numai dacă măresc sensibil performanțele sistemului. De exemplu, pentru o aplicație în care partea grafică se rezumă la afișarea unor reprezentări grafice de funcții este bine ca transformările (scalări, translații, rotații) să fie realizate prin subprograme, chiar dacă dispozitivul grafic oferă transformări prin hardware. Pentru o aplicație în care interacțiunea grafică este puternică, cum este cazul, de exemplu, pentru proiectarea plăcilor cu circuite impri-mate, utilizarea transformărilor hardware este recomandabilă deoarece, în acest fel, eficiența dialogului crește sensibil. În cursul proiectării unei plăci, aceasta este redesenată de multe ori, la scări diferite, pentru a se evidenția detaliile unei porțiuni, sau pentru reprezentări de ansamblu. Folosindu-se transformări hardware, mărirea unei porțiuni de placă se poate realiza în câteva secunde, iar redesenarea plăcii cu o transformare realizată prin program poate dura câteva zeci de secunde.

Generarea segmentelor de dreaptă

Această problemă se pune când echipamentul grafic nu este dotat cu un generator de vectori. Pentru desenarea unui segment de dreaptă cu extremitățile de coordonate $A(x_A, y_A)$ și $B(x_B, y_B)$ se caută o relație de forma

$$x_k = x_{k-1} + \Delta x_k$$

$$y_k = y_{k-1} + \Delta y_k, \quad k = 1, \dots, n$$

unde $x_0 = x_A$, $y_0 = y_A$, $x_n = x_B$, $y_n = y_B$, astfel încît punctele (x_1, y_1) să fie adresabile de echipamentul grafic și cît mai apropiate de dreapta determinată de punctele $A(x_A, y_A)$ și $B(x_B, y_B)$. Metodele folosite în acest scop sînt similare celor folosite pentru generarea prin hardware a segmentelor (vezi cap. 3).

Generarea caracterelor

Majoritatea echipamentelor grafice includ un generator hardware de caractere. Pentru echipamentele de vizualizare cu tub catodic, caracterele sînt în general desenate folosindu-se o matrice de puncte. În figura 5.1 este prezentat un exemplu în care litera A este reprezentată cu ajutorul unei matrice de 5×7 puncte.

Caracterele generate prin vectori sînt considerate a fi de o calitate mai bună. În acest caz, o codificare economică prevede folosirea a opt direcții elementare notate de la 0 la 7. Lungimile segmentelor care formează caracterul sînt de asemenea numere între 0 și 7, lungimea 0 indicînd sfîrșitul listei. Un cod suplimentar este necesar pentru a marca pozițio-

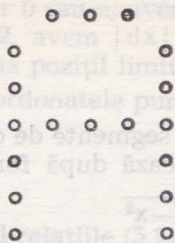


Fig. 5.1. Caracterul A reprezentat pe o matrice cu 5×7 puncte.

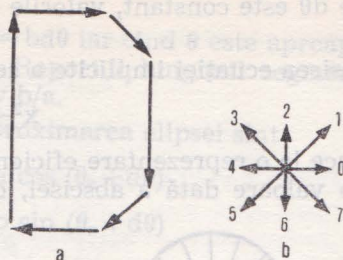


Fig. 5.2. Generarea caracterelor prin segmente: a) — reprezentarea caracterului D prin segmente; b) — direcțiile elementare.

nare (0) sau linie continuă (1). În figura 5.2 este prezentat caracterul D descris de lista de vectori : 126, 102, 171, 163, 151, 142, 000.

Generarea cercurilor

Reprezentarea parametrică a unui cerc cu centrul în origine este dată de relațiile

$$\begin{aligned} x &= \rho \cos \theta \\ y &= \rho \sin \theta \end{aligned} \quad (5.1)$$

unde ρ este raza cercului, iar θ este parametrul. Dând parametrului θ valori de forma $\theta_k = 2k\pi/n$ unde $k = 0, 1, \dots, n-1$ se obține o bună aproximare a cercului prin segmente de dreaptă de lungimi egale. Dezavantajul acestei metode derivă din faptul că funcțiile trigonometrice $\cos$ și $\sin$ sînt calculate repetitiv.

Cercul poate fi reprezentat parametric și fără a fi necesar calculul de funcții trigonometrice la fiecare pas. Pentru aceasta se folosesc formulele :

$$\begin{aligned} \cos(\theta + d\theta) &= \cos \theta \cos d\theta - \sin \theta \sin d\theta \\ \sin(\theta + d\theta) &= \cos \theta \sin d\theta + \sin \theta \cos d\theta \end{aligned} \quad (5.2)$$

Coordonatele punctelor care dau aproximarea cercului sînt

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= \rho \cos \theta_{n+1} = \rho \cos(\theta_n + d\theta) \\ y_{n+1} &= \rho \sin \theta_{n+1} = \rho \sin(\theta_n + d\theta) \end{aligned}$$

Folosind relațiile (5.2) și (5.1) obținem

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n \cos d\theta - y_n \sin d\theta \\ y_{n+1} &= x_n \sin d\theta + y_n \cos d\theta \end{aligned} \quad (5.3)$$

În cazul în care centrul cercului este punctul (x_c, y_c) atunci recurența este dată de relațiile

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_c + (x_n - x_c) \cos d\theta - (y_n - y_c) \sin d\theta \\ y_{n+1} &= y_c + (x_n - x_c) \sin d\theta + (y_n - y_c) \cos d\theta \end{aligned} \quad (5.4)$$

Deoarece $d\theta$ este constant, valorile $\sin d\theta$ și $\cos d\theta$ se calculează o singură dată.

Folosirea ecuației implicite a cercului

$$x^2 + y^2 = \rho^2$$

nu conduce la o reprezentare eficientă a cercului prin segmente de dreaptă. Pentru o valoare dată a abscisei, ordonata se calculează după formula

$$y = \pm \sqrt{\rho^2 - x^2}$$

În acest caz, o relație de tipul

$$x_{n+1} = x_n + dx$$

între abscise nu duce la segmente de dreaptă de lungimi egale. Figura 5.3 ilustrează generarea cercului folosindu-se reprezentarea parametrică și rezolvarea ecuației implicite.

Pentru valori mici ale argumentului α se pot face aproximațiile

$$\sin \alpha \approx \alpha$$

$$\cos \alpha \approx 1 - \alpha^2/2 \approx 1$$

Dacă în formulele (5.3) punem $d\theta = 1/\rho$ obținem

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n - y_n/\rho \\ y_{n+1} &= y_n - x_n/\rho \end{aligned} \quad (5.5)$$

Fig. 5.3. Generarea cercurilor : a) — segmente egale rezultate din folosirea reprezentării parametrică ; b) — segmente inegale rezultate din rezolvarea ecuației implicite.

Formulele (5.5) se folosesc în principiu pentru desenarea aproximativă a cercurilor pe dispozitive grafice de afișare cu tub catodic. Pentru echipamente grafice mai precise, cum este cazul plotterelor, se folosesc formulele de tipul (5.3).

Generarea elipselor

Reprezentarea parametrică a unei elipse cu centrul în origine și avînd axele paralele cu axele de coordonate este dată de relațiile

$$\begin{aligned} x &= a \cos \theta \\ y &= b \sin \theta \end{aligned} \quad (5.6)$$

unde a și b sînt semiaxele elipsei, iar θ este parametrul. Pentru generarea unei elipse, valori ale unghiului θ de forma $\theta_k = 0, 1, \dots, n-1$ nu duc la segmente de lungimi egale. Totuși, examinînd diferențialele relațiilor (5.6)

$$dx = -a \sin \theta d\theta$$

$$dy = b \cos \theta d\theta$$

observăm că densitatea punctelor variază astfel încît variația de curbură în cadrul elipsei este în principiu compensată. Cînd θ este în vecinătatea

valorilor 0 sau π , avem $|dx| \approx 0$ și $|dy| \approx b d\theta$ iar cînd θ este aproape de $\pi/2$ sau $3\pi/2$, avem $|dx| \approx a d\theta$ și $|dy| \approx 0$. Raportul lungimii segmentelor în cele două poziții limită este aproximativ b/a .

Coordonatele punctelor care dau aproximarea elipsei sînt

$$x_{n+1} = a \cos \theta_{n+1} = a \cos (\theta_n + d\theta)$$

$$y_{n+1} = b \sin \theta_{n+1} = b \sin (\theta_n + d\theta)$$

Folosind relațiile (5.2) obținem

$$x_{n+1} = x_n \cos d\theta - \frac{b}{a} y_n \sin d\theta \quad (5.7)$$

$$y_{n+1} = \frac{b}{a} x_n \sin d\theta + y_n \cos d\theta$$

În cazul în care centrul elipsei este punctul (x_c, y_c) , atunci recurența este dată de relațiile

$$x_{n+1} = x_c + (x_n - x_c) \cos d\theta - \frac{b}{a} (y_n - y_c) \sin d\theta \quad (5.8)$$

$$y_{n+1} = y_c + \frac{b}{a} (x_n - x_c) \sin d\theta + (y_n - y_c) \cos d\theta$$

Pentru o elipsă de semiaxe a și b , cu centrul în punctul (x_c, y_c) și cu axele înclinate cu un unghi φ față de axele de coordonate, se folosește transformarea

$$x' = x_c + (x - x_c) \cos \varphi - (y - y_c) \sin \varphi$$

$$y' = y_c + (x - x_c) \sin \varphi + (y - y_c) \cos \varphi$$

unde (x, y) este un punct variabil pe elipsa de semiaxe a și b , cu centrul în punctul (x_c, y_c) și cu axele paralele cu axele de coordonate.

Generarea hiperbolelor

Ecuția unei hiperbole raportată la axele ei este

$$x^2/a^2 - y^2/b^2 = 1$$

O reprezentare parametrică a acesteia este dată de relațiile

$$x = \pm a \sec \theta \quad (5.9)$$

$$y = \pm b \operatorname{tg} \theta$$

unde θ este parametrul, $0 \leq \theta < \pi/2$. Putem elimina calculul repetitiv al funcțiilor trigonometrice folosind formulele

$$\sec (\theta + d\theta) = \frac{1}{\cos (\theta + d\theta)} = \frac{1}{\cos \theta \cos d\theta - \sin \theta \sin d\theta} \quad (5.10)$$

$$\operatorname{tg} (\theta + d\theta) = \frac{\operatorname{tg} \theta + \operatorname{tg} d\theta}{1 - \operatorname{tg} \theta \operatorname{tg} d\theta}$$

Coordonatele punctelor care dau aproximarea hiperbolei sînt

$$x_{n+1} = \pm a \sec (\theta_n + d\theta)$$

$$y_{n+1} = \pm b \operatorname{tg} (\theta_n + d\theta)$$

Folosind relațiile (5.9) și (5.10) obținem

$$x_{n+1} = \pm \frac{bx_n}{b \cos d\theta - y_n \sin d\theta} \quad (5.11)$$

$$y_{n+1} = \pm \frac{b(y_n + b \operatorname{tg} d\theta)}{b - y_n \operatorname{tg} d\theta}$$

Pentru generarea unei hiperbole se poate folosi și reprezentarea parametrică

$$x = \pm a \operatorname{ch} \theta \quad (5.12)$$

$$y = \pm b \operatorname{sh} \theta$$

unde $\operatorname{ch} \theta = (e^\theta + e^{-\theta})/2$ și $\operatorname{sh} \theta = (e^\theta - e^{-\theta})/2$, $0 \leq \theta$.

Generarea parabolilor

Ecuția unei parabole raportată la axa de simetrie și la tangenta la vîrf este

$$y^2 = 2px$$

O reprezentare parametrică a acestei parabole este

$$\begin{aligned} x &= p\theta^2/2 \\ y &= p\theta \end{aligned} \quad (5.13)$$

unde $\theta \in (-\infty, \infty)$.

5.3. Reprezentări de puncte și transformări

În plan, un punct este unic determinat de coordonatele sale. Reprezentarea pe care o vom folosi pentru un punct din plan va fi un vector coloană cu două elemente :

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Anumite transformări din plan se pot reprezenta ca matrice pătrate 2×2 . De exemplu, aplicarea unei scalări cu factorul a este echivalentă cu înmulțirea cu matricea

$$\begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & a \end{pmatrix}$$

$$x' = ax$$

$$y' = ay$$

sînt echivalente cu

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Analog, o rotație de unghi α în jurul originii se poate scrie

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Utilizarea coordonatelor omogene

Anumite transformări liniare din plan nu se pot reprezenta ca matrici pătrate 2×2 . Un astfel de caz este translația. O transformare liniară în forma generală se scrie

$$\begin{aligned} x' &= ax + by + c \\ y' &= dx + ey + f \end{aligned} \quad (5.14)$$

Utilizarea coordonatelor omogene permite reprezentarea tuturor transformărilor liniare ca matrice pătrate 3×3 . Un punct de coordonate (u, v) din spațiul cu două dimensiuni va fi reprezentat în coordonate omogene prin vectorul (x, y, w) , cu relațiile

$$u = x/w$$

$$v = y/w$$

În practică, cel mai adesea, factorul w este 1. El este folosit doar pentru a da o formă convenabilă operațiilor matriceale corespunzătoare transformărilor liniare. Relația (5.14) se scrie în coordonate omogene

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.15)$$

Forma (5.15) permite inversarea matricei de transformare și aflarea unui punct cînd se cunoaște punctul transformat.

Un alt avantaj al utilizării coordonatelor omogene îl constituie faptul că punctele la infinit nu mai constituie cazuri particulare, deoarece sînt reprezentate cu componenta $w=0$. De exemplu intersecția a două drepte de ecuații

$$a_1x + b_1y + c_1w = 0$$

$$a_2x + b_2y + c_2w = 0$$

este punctul $(b_2c_1 - b_1c_2, a_1c_2 - a_2c_1, a_2b_1 - a_1b_2)$, formulă generală care include și cazul în care drepte sînt paralele.

5.4. Tehnici de reprezentare grafică

Dacă examinăm spațiul de lucru al unui desenator și spațiul pe care îl oferă un display grafic, observăm că spațiul ecranului este în general mult mai mic decât cel al desenatorului. De asemenea, precizia de deseneare a display-ului este mult mai slabă. Pentru a aduce cele două spații la un nivel comparabil, singura soluție este afișarea pe ecran a unei părți din desen, la o scară care să permită o precizie acceptabilă. Totul se petrece ca și cum utilizatorul display-ului grafic ar dispune de o fereastră prin care se poate privi desenul. În general, fereastra este mult mai mică decât desenul. Apropiind fereastra de desen, se pot observa mai multe detalii, în schimb porțiunea vizibilă este mai mică.

Din punct de vedere matematic acest mod de lucru cu display-ul grafic generează două probleme importante. Prima este găsirea transformării care trebuie aplicată desenului inițial pentru a fi vizualizată pe ecran porțiunea dorită. În literatura de specialitate această problemă este numită „windowing” (folosirea ferestrei — engleză). A doua problemă este descoperirea părților din desenul inițial care sînt vizibile în fereastră. Numele consacrat pentru această problemă este „clipping” (decupare — engleză).

Folosirea ferestrei

Desenul inițial este definit într-un sistem de coordonate, pe care îl vom numi sistem de coordonate utilizator. Porțiunea din desen care trebuie afișată, numită fereastră este în general dreptunghiulară și este definită prin coordonatele colțurilor dreptunghiului. Afișarea se face într-o zonă dreptunghiulară de pe ecran pe care o numim vizor. Vom presupune în plus că cele două dreptunghiuri sînt asemenea și că au laturile paralele cu axele de coordonate.

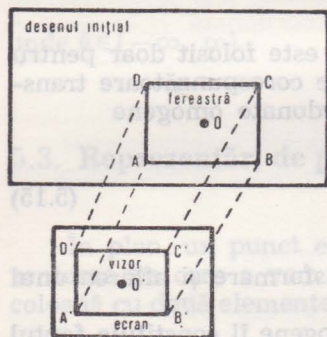


Fig. 5.4. Relația între fereastră și vizor.

Cu notațiile din figura 5.4, ne propunem să găsim transformarea care aduce porțiunea ABCD din desenul inițial în vizorul A'B'C'D' de pe ecran. Notăm $s = A'B'/AB$. Dacă $O(x_0, y_0)$ și $O'(x'_0, y'_0)$ sînt centrele dreptunghiurilor ABCD și A'B'C'D', atunci avem relațiile

$$\frac{x' - x'_0}{x - x_0} = s$$

$$\frac{y' - y'_0}{y - y_0} = s$$

unde (x, y) este un punct din porțiunea vizibilă iar (x', y') este punctul corespunzător din vizor. Obținem deci formulele de transformare

$$\begin{aligned} x' &= x'_0 + s(x - x_0) \\ y' &= y'_0 + s(y - y_0) \end{aligned} \quad (5.16)$$

unde

$$x_0 = (x_A + x_D)/2$$

$$y_0 = (y_A + y_D)/2$$

$$x'_0 = (x'_A + x'_B)/2$$

$$y'_0 = (y'_A + y'_D)/2$$

(5.16)

Relațiile (5.16) se scriu matriceal

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s & 0 & x'_0 - sx_0 \\ 0 & s & y'_0 - sy_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

Decuparea

Problema decupării, adică a eliminării segmentelor invizibile, cere un timp de calcul proporțional cu complexitatea desenului inițial, și nu cu complexitatea imaginii vizibile. Acest lucru se întâmplă deoarece calculele din care rezultă vizibilitatea se fac pentru toate punctele desenului inițial. Metoda pe care o prezentăm în continuare se referă la trasarea segmentelor de dreaptă.

Se dă o fereastră dreptunghiulară ABCD având laturile paralele cu axele de coordonate și un segment de dreaptă MN. Ne propunem să aflăm porțiunea din segmentul MN care se găsește în fereastră. Pentru aceasta, prelungim laturile dreptunghiului astfel încât planul se împarte în nouă regiuni. Un cod binar de 4 poziții este afectat fiecărei regiuni. Fiecare poziție binară reflectă poziția regiunii față de o latură a dreptunghiului și ia valoarea 0 dacă regiunea este de aceeași parte a dreptei cu interiorul ferestrei și valoarea 1 în caz contrar. Evident, interiorul ferestrei este notat 0000.

Pentru a afla porțiunea din segmentul MN care se găsește în fereastră se aplică următorul algoritm.

1. Asociem extremităților segmentului codurile corespunzătoare regiunilor în care se găsesc notate c_1 și c_2 .

2. Dacă $c_1 = 0000$ și $c_2 = 0000$ segmentul MN este vizibil în întregime.

3. Se calculează intersecția logică a codurilor binare c_1 și c_2 ; dacă rezultatul intersecției este nenul, segmentul este în întregime în afara ferestrei, deci invizibil.

4. Dacă rezultatul intersecției este nul, se împarte segmentul în două părți și se aplică fiecărei părți algoritmul până la descoperirea unui segment cu ambele coduri ale extremităților egale cu 0000.

Împărțirea segmentului curent se poate face calculând intersecția cu o latură a ferestrei. În cazul în care algoritmul este cablat, împărțirea este dată de mijlocul segmentului.

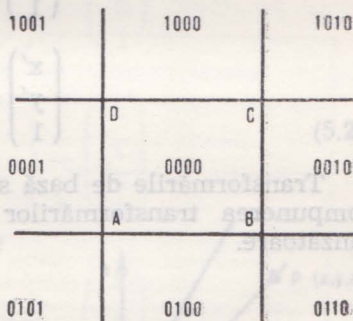


Fig. 5.5. Împărțirea planului în regiuni pentru decupare.

Majoritatea transformărilor liniare utilizate în grafica interactivă bi-dimensională sînt transformări asemenea. Aceste transformări păstrează unghiurile, deci figurile transformate sînt asemenea cu cele inițiale.

Forma matriceală a unei scalări este

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.17)$$

Rotația în jurul originii cu un unghi α se scrie matriceal

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.18)$$

Forma matriceală a unei translații este

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & b \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.19)$$

Transformările prin simetrie față de axa absciselor, respectiv axa ordonatelor se scriu

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.20)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.21)$$

Transformările de bază se pot compune dînd transformări complexe. Compunerea transformărilor se face prin înmulțirea matricelor corespunzătoare.

5.5. Vizualizarea obiectelor tridimensionale

Echipamentele grafice permit numai reprezentări plane, deci bi-dimensionale. O serie de aplicații însă lucrează asupra unor obiecte din spațiul cu trei dimensiuni. Pentru aceste obiecte se pune problema proiecției în spațiul cu două dimensiuni, astfel încît pierderea de informație să fie minimă. Metodele folosite în desenul tehnic, ca utilizarea mai multor vederi sau proiecția perspectivă, se pot folosi și pentru desenul pe echi-

pamentele grafice. Anumite aplicații cer metode de reprezentare mai dificil de realizat cum ar fi eliminarea liniilor aseunse, umbrirea suprafețelor sau generarea vederilor stereoscopice.

Proiecții

Pentru a se genera mai multe vederi ale unui obiect tri-dimensional se folosesc în general proiecții ortogonale pe planele xOy , yOz , zOx . Formulele de transformare sînt respectiv

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.22)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.23)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.24)$$

Pentru proiecția perspectivă pe planul xOy presupunem că centrul proiecției se găsește în punctul $c(0, 0, k)$. Cu notațiile din figura 5.6 avem relațiile

$$\begin{aligned} x^* &= \frac{k}{k-z} x \\ y^* &= \frac{k}{k-z} y \\ z^* &= 0 \end{aligned} \quad (5.25)$$

Forma matriceală a proiecției perspective este

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ w' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{k} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

deci

$$\begin{aligned} x' &= x \\ y' &= y \\ z' &= 0 \\ w' &= -\frac{z}{k} + 1 \end{aligned}$$

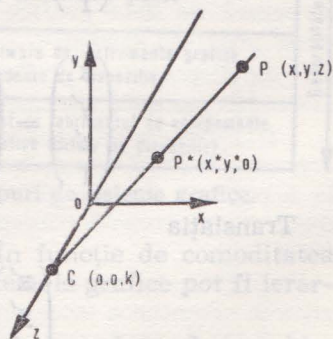


Fig. 5.6. Transformarea perspectivă.

Coordonatele în plan rezultă din împărțirea cu w' și regăsim relațiile (5.25)

$$x^* = \frac{x'}{w'} = \frac{x}{1 - \frac{z}{k}} = \frac{k}{k-z} x$$

$$y^* = \frac{y'}{w'} = \frac{y}{1 - \frac{z}{k}} = \frac{k}{k-z} y$$

$$z^* = 0$$

Transformări în spații tri-dimensionale

Cele mai folosite transformări liniare în spațiile tri-dimensionale sînt transformările asemenea. Dăm în continuare forma matriceală pentru cîteva transformări liniare importante.

Scalarea

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.26)$$

Rotații de unghi α respectiv în jurul axelor Oz , Oy , Ox .

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.27)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.28)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.29)$$

Translația

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.30)$$

Transformări prin simetrie, respectiv față de planele zOy , xOz , xOy

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.31)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.32)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.33)$$

5.6. Concepte de bază pentru realizarea unui sistem grafic

Productivitatea muncii de proiectare în o serie de domenii particulare a crescut semnificativ în ultimii ani, sistemele CAD conducând la productivități de 3 ori mai mari [1], spre exemplu, în cazul desenării automate față de desenarea manuală. Aceste creșteri spectaculoase se datoresc în primul rând schimbării mentalității celor care scriu software-ul pentru sistemele de proiectare

asistate de calculator : pachetele de programe nu au mai fost dezvoltate într-o manieră orientată spre programator ci spre utilizator. Schimbarea de mentalitate, corelată cu disponibilitatea pe o scară tot mai largă a unor echipamente grafice adecvate și la prețuri accesibile, s-a concretizat în apariția a numeroase sisteme CAD, CAM și, mai nou, CAE.

Toate aceste sisteme se bazează pe sisteme grafice interactive, care permit o comunicare om-calculator intermediată de imagini. În funcție de comoditatea utilizării lor și de generalitatea utilizării lor, sistemele grafice pot fi ierarhizate ca în fig. 5.7.

Dezvoltarea unui sistem aplicativ puternic, care să rezolve problemele dintr-un domeniu bine precizat, necesită un efort de programare

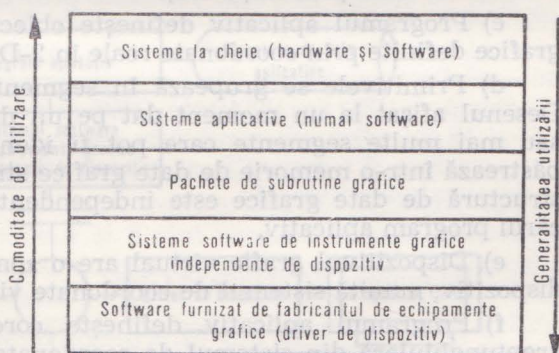


Fig. 5.7. Tipuri de sisteme grafice.

considerabil. Utilizatorul unui astfel de sistem dorește protecția investițiilor sale în software în sensul unor modificări minime ale sistemului în cazul introducerii în configurație a unor noi echipamente grafice. Aceasta implică crearea unor sisteme aplicative independente de dispozitivele fizice din configurație, precum și standardizarea :

a) sistemelor software de instrumente grafice independente de dispozitiv ;

b) interfeței dintre instrumentele grafice și dispozitivul fizic ;

c) metafizișierului de imagini.

Modificarea continuă a cerințelor aplicațiilor și apariția de noi echipamente grafice — cu caracteristici tot mai sofisticate — impun utilizatorilor de grafică intermediată de calculator să determine programele să țină pasul, fără să cheltuiască disproporționat pentru restructurarea și adoptarea unor sisteme aplicative scumpe. Pe termen lung, utilizatorii vor să dezvolte un software independent de aplicație și de dispozitivele grafice particulare. Pentru aceasta, în proiectarea și implementarea unui sistem grafic independent trebuie să se țină seama de următoarele considerente [11] :

a) Programul aplicativ face referințe la unul sau mai multe dispozitive grafice virtuale. În momentul lansării în execuție, programul aplicativ selectează unul sau mai multe dispozitive fizice cu care le înlocuiește pe cele virtuale.

b) Fiecare dispozitiv fizic este suportat de un driver de dispozitiv, care interpretează comenzile independente de dispozitiv și le pune în corespondență cu instrucțiunile dependente de dispozitiv corespunzătoare pentru a genera desene sau a obține intrări de la dispozitive grafice reale (comenzile virtuale care nu au corespondențe în instrucțiuni hardware sînt simulate prin software : de exemplu, colorarea unui poligon — *fill polygon* — se execută prin firmware pe un display cu rastru, dar pe plotter se simulează prin hașurare).

c) Programul aplicativ definește obiectele grafice folosind primitive grafice definite prin coordonate reale în 2-D sau 3-D.

d) Primitivele se grupează în segmente ; segmentele sînt exclusive. Desenul afișat la un moment dat pe un display este compus dintr-unul sau mai multe segmente care pot fi identificate prin nume și care se păstrează într-o memorie de date grafice structurate pe segmente. Această structură de date grafice este independentă de structura de date a oricărui program aplicativ.

e) Dispozitivul grafic virtual are o zonă adresabilă, independentă de dispozitiv, numită sistemul de coordonate virtuale.

f) Programul aplicativ definește corespondența de la o regiune dreptunghiulară din sistemul de coordonate reale — numită *fereastră* — la o regiune dreptunghiulară din sistemul de coordonate virtuale — numită *vizor*. Această corespondență se numește transformare de vizualizare (vezi 5.3).

g) Transformarea de vizualizare poate fi utilizată pentru a defini poziția și orientarea unui aparat fotografic virtual în sistemul de coordonate real 3-D. Se definesc, astfel, proiecții paralele, de perspectivă și oblice (vezi 5.5).

h) Transformarea de vizualizare "fotografiază" un obiect în coordonate reale. Înainte de a face "fotografia", programul aplicativ poate scala, transla, roti sau elimina liniile exterioare (decupare — vezi 5.4), obiectul folosind o transformare de modelare specificată în coordonate reale.

i) Dispozitivul grafic virtual suportă funcții de intrare grafică virtuale, independente de dispozitiv, care pot fi asociate cu segmente identificate prin nume, pentru a manipula dinamic imaginea acestor segmente pe dispozitivul fizic. Driver-ul dispozitivului pune în corespondență dispozitivul de introducere real cu funcțiile de intrare virtuale. Rezumând, independența de aplicație și de dispozitivele grafice a unui sistem grafic se obține prin respectarea a două deziderate :

a) izolarea datelor programului aplicativ de datele sistemului grafic și limitarea accesului programului aplicativ la rutinele independente de dispozitiv ;

b) virtualizarea echipamentelor grafice.

Al doilea deziderat se realizează prin implementarea unui pachet de subrutine grafice generale, apelabile din programul aplicativ, care trimit coduri de funcții și parametri — asemănătoare directivelor de intrare/ieșire din sistemul de operare — prin intermediul unei interfețe virtuale cu dispozitivul — VDI — (*Virtual Device Interface*) către driver-ul dispozitivului real (există în sistem câte un driver pentru fiecare dispozitiv real suportat). Driver-ul convertește directivele independente de dispozitiv în comenzi specifice dispozitivului țintă. VDI este bidirecțională, adică acceptă și intrări de la dispozitivele fizice pe care le transmite subrutinelor grafice.

Toate segmentele definite de aplicație se păstrează într-o memorie de segmente — numită și *lista software de display*. Segmentele se pot salva în fișiere pe discuri magnetice. Pentru a asigura transportabilitatea desenelor între diferite sisteme grafice, segmentele se pot memora în metafișiere VDM (*Virtual Device Metafile*).

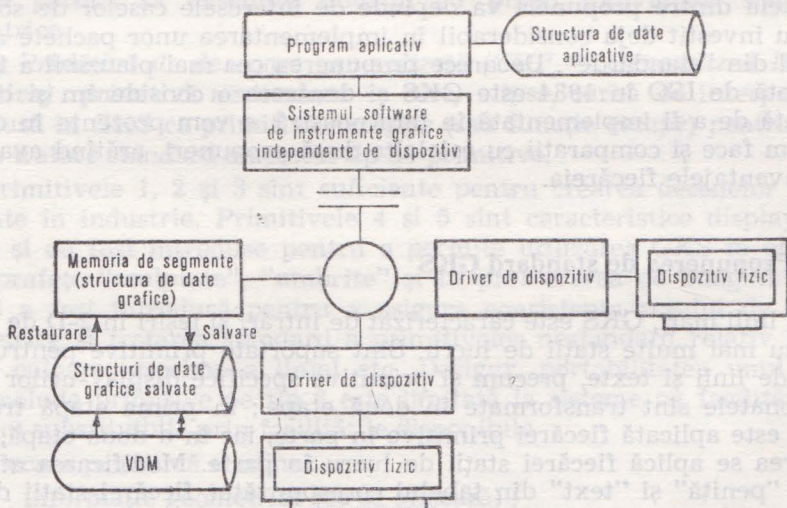


Fig. 5.8. Arhitectura unui sistem grafic independent de dispozitiv.

Toate cele trei concepte de bază pentru realizarea de sisteme grafice independente de aplicație și de dispozitiv — pachetul de subrutine grafice generale (cunoscut și sub numele de "sistem software de instrumente grafice independente de dispozitiv"), VDI și VDM — constituie, actualmente, obiectul unor propuneri de standardizare; aceste propuneri vor fi discutate în paragrafele următoare.

Folosind conceptele enunțate mai sus, arhitectura de bază a unui sistem grafic se poate reprezenta ca în fig. 5.8.

5.7. Sisteme de instrumente grafice independente de dispozitiv

Spre deosebire de sistemele grafice aplicative — care sînt orientate spre utilizator — pachetele grafice trebuie să fie orientate spre programator, pentru a-i permite acestuia o flexibilitate sporită în implementarea sistemelor aplicative. Aceste pachete grafice, fiind independente de aplicație și de dispozitiv, se pretează foarte bine la standardizare. În prezent, există trei propuneri de standardizare :

1. *CORE* — propus de SIGGRAPH, grup de experți, specializați pe grafică, în cadrul ACM.
2. *GKS* — "Graphical Kernel System" — propunerea europeană.
3. *PHIGS* — "Programmers' Hierarchical Interactive Graphics Standard" —, cea mai recentă propunere americană.

Cele trei propuneri sînt sincrone cu evoluția hardware-ului display-urilor grafice : *CORE* — caracteristică display-urilor vectoriale, cu un număr restrîns de echipamente de interacțiune, *GKS* — caracteristică display-urilor de tip raster, *PHIGS* — caracteristică display-urilor inteligente, cu funcții multiple realizate prin firmware. Standardizarea uneia sau altele dintre propuneri va depinde de interesele caselor de software care au investit deja considerabil în implementarea unor pachete aliniate la unul din "standarde". Deoarece propunerea cea mai plauzibilă a fi standardizată de ISO în 1984 este *GKS* și deoarece o considerăm și cea mai adecvată de a fi implementată în țara noastră, o vom prezenta în detaliu, dar vom face și comparații cu celelalte două propuneri, arătînd avantajele și dezavantajele fiecăreia.

5.7.1. Propunerea de standard GKS

În linii mari, *GKS* este caracterizat de intrări și ieșiri în 2-D de la/spre una sau mai multe stații de lucru. Sînt suportate primitive pentru desenaarea de linii și texte, precum și primitive specifice display-urilor raster. Coordonatele sînt transformate în două etape : în prima etapă transformarea este aplicată fiecărei primitive în parte, iar în a doua etapă, transformarea se aplică fiecărei stații de lucru în parte. Modificarea atributelor de "peniță" și "text" din tabelul corespunzător fiecărei stații de date permite controlul vizualizării tuturor primitivelor la o anumită stație de date.

Facilitatea de segmentare oferă mijlocul structurării imaginii în sub-imagini. Segmentele pot fi create și șterse, atributele segmentelor pot fi modificate în mod dinamic și segmentele pot fi transformate. Ele pot fi afișate simultan sau alternativ la diferite stații de lucru. Memorarea segmentelor într-un mod independent de dispozitiv servește inserării de segmente într-alte segmente.

Metafișierul GKS servește memorării pe termen lung a datelor grafice. El pune la dispoziție o interfață standard cu alte sisteme grafice.

Pentru cei interesați, vom intra în detaliile GKS-ului, acesta înglobând aspecte teoretice care trebuie să stea la baza proiectării oricărui sistem grafic interactiv.

a) *Primitive grafice*

Primitivele grafice constituie "alfabetul" unui sistem grafic. În GKS se definesc următoarele primitive :

1) *Polimarcaj (polymarker)*: unul sau mai multe puncte identificate printr-un simbol specific (punct, cruce, pătrat, romb).

2) *Linie frântă (polyline)*: secvență de unul sau mai multe segmente de dreaptă conectate.

3) *Text*: șir de caractere, cu atribute separate, definind orientările caracterelor individuale și ale șirului însuși.

4) *Zonă compactă (fill-area)*: poligon "colorat", ale cărui margini sînt desenate doar cînd atributul său este "gol" (necolorat); există mai multe opțiuni pentru "colorarea" interiorului poligonului: culoare solidă sau intensități monocrome, texturi de hașurare dintr-o listă de stiluri de hașurare, șabloane de celule colorate selectate dintre mai multe alternative.

5) *Șablon (cell-array)*: configurație de celule colorate; utilizatorului îi este permis să deseneze imagini cu pixeli individuali sau forme geometrice.

6) *Primitivă de desenare generalizată (GDP — Generalized Drawing Primitive)*: primitivă nestandard — cerc, elipsă, curbă de interpolare — introdusă în GKS ca primitivă *excepție* (sau funcție *escape*) pentru a permite o tratare standard a acestui tip de primitive.

Primitivele 1, 2 și 3 sînt suficiente pentru crearea desenelor tehnice utilizate în industrie. Primitivele 4 și 5 sînt caracteristice display-urilor raster și au fost introduse pentru a permite utilizarea GKS la obținerea de suprafețe "sculptate", "umbrite" și în prelucrarea de imagini. Primitiva 6 a fost introdusă pentru a asigura consistența setului de definiții geometrice și tratarea standard a primitivelor nestandard relativ la atribute: culoare, grosime a liniei etc. Desigur, portabilitatea unui sistem care include primitive de tip 6 este limitată la sisteme cu facilități similare sau substituibile prin facilitățile disponibile.

Fiecare primitivă conține :

- informație geometrică (ce se afișează);
- (opțional) informație atributivă (cum se afișează);
- (opțional) identificator pentru interceptie.

b) Clase și tipuri de intrări

Din punct de vedere logic, dispozitivele de interacțiune grafice se împart în 6 clase, ca în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1

Clasificarea dispozitivelor logice de intrare

Clasa	Funcții	Dispozitiv reprezentativ
Poziție	Furnizează o poziție în coordonate reale	Tabletă grafică
Flux	Furnizează o secvență de puncte în coordonate reale	Șoricel
Valoare	Furnizează un număr real	Comutatoare rotative
Alternativă	Furnizează un întreg nenegativ -- o alternativă	Taste funcționale
Intercepție	Furnizează o stare, un nume de segment și un identificator de intercepție	Creion optic
Text	Furnizează un șir de caractere	Tastatură

Se definesc și trei moduri de introducere :

1) *La cerere (request)*: sistemul solicită utilizatorului să introducă date grafice și abia după acțiunea utilizatorului sistemul preia aceste date și le folosește.

2) *Prin eșantionare (sample)*: sistemul citește valoarea curentă a intrării.

3) *Prin evenimente (event)*: utilizatorul introduce date prin intermediul unui dispozitiv, fără să aștepte o solicitare din partea sistemului, aceste date sînt menținute de sistem într-o listă FIFO, una pentru fiecare dispozitiv, și, la prima solicitare a sistemului, i se furnizează drept intrare prima valoare din listă.

c) Conceptul de segment

Segmentul este o entitate grafică, alcătuită din mai multe primitive relaționate logic, care este identificabilă prin nume și calificabilă prin atribute. Segmentele pot fi afișate, șterse, reafișate, redenumite sau transformate. Toate valorile ce descriu starea unui segment (nume, atribute și stațiile active în momentul creării) sînt memorate în lista stărilor segmentului, listă păstrată pe durata de viață a segmentului.

Fiecărei primitive din cadrul unui segment i se poate asocia un identificator de intercepție, care stabilește un al doilea nivel de nominalizare a primitivelor. Acest nivel permite numai identificarea primitivelor nu și manipularea lor ; el a fost introdus pentru a reduce regia sistemului pentru gestiunea segmentelor în cazul aplicațiilor în care este necesară distincția între mai multe părți ale unui desen și în care facilitățile

de manipulare sînt mai puţin importante. În timp ce numele de segmente trebuie să fie unice, identificatorii de interceptie pot fi asiguraţi în mod arbitrar primitivelor singulare sau grupurilor de primitive din cadrul segmentelor.

Dacă un segment este închis, primitivele incluse în el nu pot fi modificate sau şterse şi nu i se pot adăuga noi primitive; în schimb, i se pot aplica transformări geometrice, i se pot modifica atributele, precum şi tabelele de descriere a staţiilor de lucru la care sînt afişate.

d) Sisteme de coordonate şi transformări

GKS consideră trei sisteme de coordonate :

- 1) Sistemul de coordonate reale.
- 2) Sistemul de coordonate normalizate.
- 3) Sistemele de coordonate ale dispozitivelor.

De asemenea, GKS consideră două transformări :

- 1) De la sistemul de coordonate reale la sistemul de coordonate normalizate, numită şi *transformarea fereastră/vizor*.
- 2) De la sistemul de coordonate normalizate la sistemul de coordonate al unui dispozitiv particular, numită şi *transformarea staţiei de lucru*.

Transformarea staţiei de lucru implică pune în corespondenţă una din laturile pătratului unitate a sistemului de coordonate normalizate cu cea mai scurtă latură a spaţiului dispozitivului grafic. Aceeaşi transformare a staţiei de lucru se aplică tuturor primitivelor ce se afişează la respectiva staţie. O modificare a acestei transformări modifică imaginea tuturor segmentelor afişate la respectiva staţie.

Transformarea fereastră/vizor este memorată în lista de stări a GKS, transformarea staţiei de lucru este memorată în lista de stări a staţiei.

În figura 5.9 este dată o schemă succintă a celor expuse mai sus.

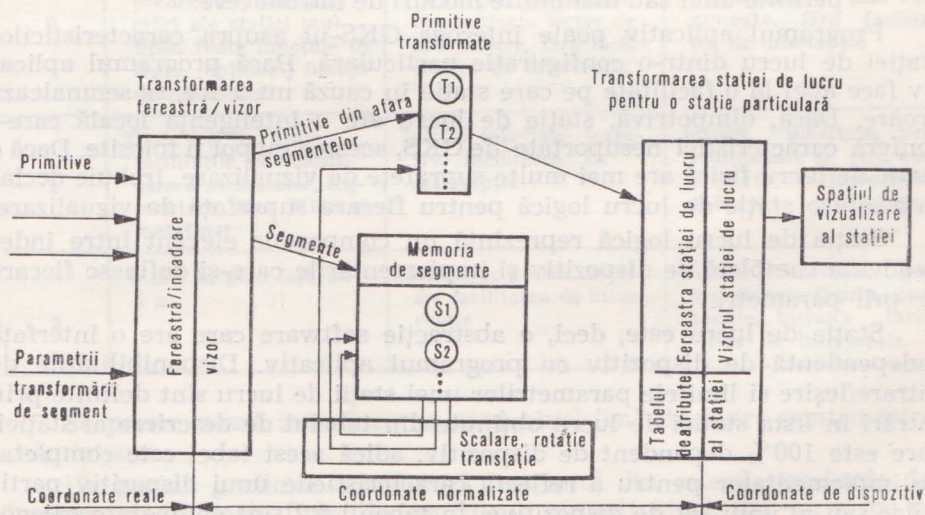


Fig. 5.9. Sisteme de coordonate şi transformări.

După cum rezultă din figură, transformările efectuate asupra segmentelor se fac, conceptual, în sistemul de coordonate normalizate.

Totuși, parametrii transformărilor sînt specificați de programul aplicativ în coordonate reale, pentru a permite utilizatorului GKS să lucreze exclusiv cu coordonate reale.

Acțiunea TRANSFORM SEGMENT nu modifică memoria de segmente, ci numai lista de stări a segmentului ; astfel, nu se pierd informații grafice, transformarea de stație avînd rolul să facă încadrarea în spațiul de vizualizare a stației.

În schimb, INSERT SEGMENT acționează asupra codului primitiveilor segmentului care se inserează, aplicîndu-i transformările din lista de segment, precum și pe cele specificate de INSERT.

e) Conceptul de stație de lucru

Întreaga filozofie a standardului GKS este clădită în jurul conceptului de stație de lucru grafică logică — o generalizare a echipamentelor grafice reale. Pentru fiecare tip de stație de lucru prezintă într-o implementare a GKS, există o intrare în tabelul de descriere a stațiilor de date ; această intrare descrie capacitățile și caracteristicile stației de lucru. Pentru fiecare stație de lucru deschisă, starea sa este actualizată de GKS în lista de stări a stației.

O stație de lucru logică echipată complet :

- are o singură suprafață de vizualizare adresabilă ;
- permite definirea unor vizoare pe suprafața de vizualizare ;
- suportă mai multe tipuri de linie, de culori, de caractere etc. ;
- are unul sau mai multe dispozitive de introducere din fiecare clasă de primitive de intrare ;
- permite unul sau mai multe moduri de introducere.

Programul aplicativ poate interoga GKS-ul asupra caracteristicilor stației de lucru dintr-o configurație particulară. Dacă programul aplicativ face apel la o facilitare pe care stația în cauză nu o are, se semnalează eroare. Dacă, dimpotrivă, stația de lucru are o inteligență locală care-i conferă caracteristici nesuportate de GKS, acestea nu pot fi folosite. Dacă o stație de lucru fizică are mai multe suprafețe de vizualizare, trebuie declarată cite o stație de lucru logică pentru fiecare suprafață de vizualizare.

Stația de lucru logică reprezintă un compromis elegant între independența completă de dispozitiv și implementările care-și definesc fiecare proprii parametri.

Stația de lucru este, deci, o abstracție software care are o interfață independentă de dispozitiv cu programul aplicativ. Disponibilitățile de intrare/ieșire și limitele parametrilor unei stații de lucru sînt definite prin intrări în lista stației de lucru obținute din tabelul de descriere al stației, care este 100% dependent de dispozitiv, adică acest tabel este completat de implementator pentru a reflecta caracteristicile unui dispozitiv particular sau al unui set de dispozitive. În tabelul 5.2 sînt enumerate categoriile logice de stații de lucru :

Tabelul 5.2

Categoriile logice de stații de lucru

1	OUTPUT	Numai ieșire grafică
2	INPUT	Numai intrare grafică
3	I/O	Ieșiri și intrări grafice
4	WISS	Memorie de segmente independentă de stația de lucru
5	MO	Metafișier de ieșire
6	MI	Metafișier de intrare

(am păstrat termenul englezesc pentru fiecare categorie, ținând cont de iminența lor standardizare).

În cadrul fiecărei categorii, pot fi oricâte tipuri de stații de lucru, ca de exemplu plotter-e sau display-uri CRT în categoria OUTPUT etc.

Introducerea conceptului *stație de lucru* oferă implementatorului o mare flexibilitate, dar poate conduce la pierderea scopului de a avea un software standard care să asigure portabilitatea între sisteme grafice. GKS rezolvă această problemă prin crearea, de fapt, a 9 standarde separate de implementare (vezi tabelul 5.3).

Tabelul 5.3

Matricea standardelor GKS

Nivele de ieșire	Nivele de intrare		
	a	b	c
0	Nici o intrare, atribute predefinite, transformări ale stației multiple, toate funcțiile de ieșire, (opțional) funcții de metafișier	Intrări solicitate, funcții de inițializare pentru dispozitivele logice de introducere, fără facilitatea de intercepție	Intrări solicitate, prin eșantionare și prin evenimente, fără facilitatea de intercepție
1	Toate ieșirile, toate facilitățile de modificare a atributelor, segmentare, fără WISS și metafișier	Intrări solicitate, inclusiv facilitatea de intercepție	Intrări solicitate, prin eșantionare și prin evenimente, inclusiv facilitatea de intercepție
2	WISS în plus față de 1 a	Intrări la cerere, inclusiv facilitatea de intercepție	Intrări solicitate, prin eșantionare și prin evenimente, inclusiv facilitatea de intercepție.

Se preconizează introducerea unui nivel "m" de ieșire pentru microcalculatoare.

Un pachet grafic se încadrează într-unul din cele 9 standarde dacă implementează toate funcțiile pentru un anumit nivel, dar nu și pe cele

ale nivelului superior. Rezultă o migrare continuă în sus a sistemelor pentru performanțe îmbunătățite, pe măsură ce apar noi tehnologii sau echipamente. Astfel, utilizatorii au garanția că orice aplicație scrisă pentru o instalație mai puțin sofisticată va rămâne funcțională și când pachetele grafice vor deveni mai puternice, mai sofisticate.

Vom face câteva observații asupra matricii de mai sus — observații care nu sînt evidente la lectura tabelului — considerînd important pentru cei care dezvoltă sau utilizează sisteme grafice să știe exact în ce standard se încadrează.

Nivelul 0 de ieșire are două limitări importante :

- standardul nu permite mai mult de o stație activă la un moment dat ;

- atributele unei primitive sau grupe de primitive nu se pot modifica ; desenul trebuie regenerat cu noul set de atribute.

Nivelul 1 are o limitare importantă : datele unui segment sînt memorate doar în stația de lucru care este activă în momentul desenării.

Nivelul 2 înlătură limitările anterioare, furnizînd o stație de date logică specializată WISS (Workstation Independent Segment Storage) : *memoria de segmente independentă de stația de lucru*. Desenele se pot construi în WISS în același timp cu construcția lor în alte stații de lucru. Segmentele memorate în WISS pot fi ulterior transferate în alte stații de lucru sau returnate în stația de lucru în care au fost create.

Nivelele de intrare privesc interacțiunea utilizatorului cu sistemul grafic.

La nivelul *a* nu este necesară nici o intervenție a utilizatorului.

La nivelul *b* utilizatorul poate interacționa cu sistemul numai cînd sistemul a făcut o cerere specifică pentru informații.

La nivelul *c* se adaugă două posibilități :

- programul aplicativ poate eșantiona un dispozitiv de intrare în orice moment, obținînd informații fără a-l mai aștepta pe utilizator să răspundă ;

- utilizatorul, pe de altă parte, poate introduce informații în orice moment, generînd „evenimente“ care sînt plasate într-o coadă și sînt prelucrate FIFO de programul aplicativ.

Facilitatea de interceptie este utilizabilă numai la nivel de segment. La nivelele 1 și 2 se pot intercepta și primitive particulare în cadrul segmente — un număr — în momentul creării.

f) Atribute

În GKS, atributele constituie informații referitoare la modul în care se vizualizează primitivele ; aceste informații pot fi memorate în trei liste : a pachetului GKS, a segmentului, a stației de lucru.

1) Atributele care pot caracteriza o primitivă sînt : numărul peniței, numărul textului, dimensiunea polimarcajului, identificatorul de interceptie.

Prin număr se înțelege un index într-un tabel de grupuri care punctează spre un grup de atribute ; deci specificînd un singur parametru — numărul — se poate selecta un set complet de atribute.

În timpul vizualizării unei primitive, atributele ei sînt copiate din lista curentă a pachetului GKS și nu pot fi modificate ulterior.

2) Atributele care pot caracteriza un segment sînt : vizibilitate, detectabilitate, intensitatea iluminării, prioritatea segmentului. Atributele unui segment afectează simultan toate primitivele din cadrul segmentului ; setul de atribute pentru un anumit segment este unic — același la toate stațiile de lucru.

3) Atributele care pot caracteriza stația de lucru sînt : reprezentarea peniței, reprezentarea textelor, tipul de spațiere pe display, fereastra și vizorul stației, planificarea desenului (dacă se afișează imediat sau ulterior recepționării sale).

Prin jocul atributelor, același segment din WISS poate apare în ipostaze complet diferite la stații de lucru diferite.

Toate cele trei tipuri de atribute au valori implicite, dar valorile atributelor pot fi modificate de utilizator.

g) Memorarea informației grafice

Pentru memorarea segmentelor pe termen scurt se folosește WISS. În propunerea de standard GKS, nu se precizează modul în care se memorează segmentele în WISS, fiind lăsat la latitudinea implementatorului.

Pentru memorarea pe termen lung a informației grafice, GKS furnizează o interfață cu un fișier secvențial — metafișierul GKSM. Acesta poate fi folosit pentru transportarea informației grafice între sisteme sau între programe aplicative.

Metafișierul GKS se comportă ca o stație de lucru ; poate fi gândit ca un echipament de ieșire pasiv (de ex. plotter), în el se memorează atît primitivele cît și informațiile atributive sau de stare.

Din nou, nu se precizează structura internă a metafișierului ; se impune însă citirea și scrierea metafișierului de către un program aplicativ numai prin intermediul pachetului GKS.

h) Stările GKS

Se definesc cinci stări operaționale în GKS :

- 1) GKS închis.
- 2) GKS deschis.
- 3) Cel puțin o stație de lucru deschisă.
- 4) Cel puțin o stație de lucru activă.
- 5) Segment deschis.

Între două apeluri ale utilizatorului către GKS, starea globală a sistemului este definită prin valorile unui set de variabile de stare. Setul complet de variabile de stare conține următoarele subseturi :

- Lista stărilor GKS ;
- Lista stărilor segmentului, una pentru fiecare segment ;
- Lista stărilor stației de lucru, una pentru fiecare stație deschisă ;
- Lista stărilor de eroare.

Variabilele de stare sînt modificate prin funcții GKS și pot fi citite de programul utilizatorului.

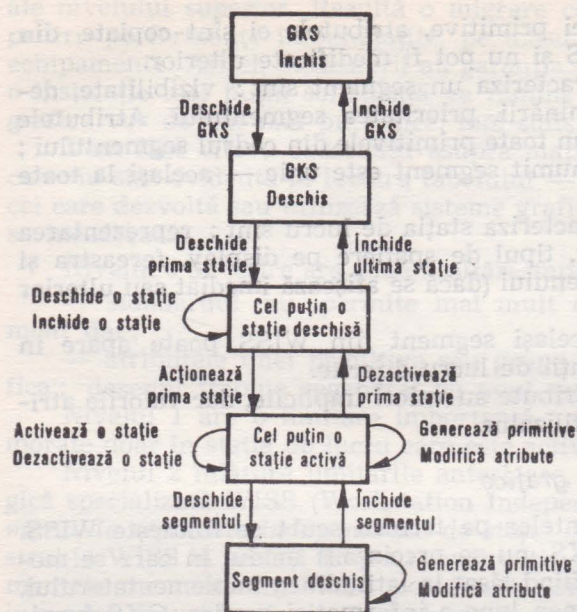


Fig. 5.10. Tranzițiile posibile între stări operaționale.

În figura 5.10 sint reprezentate tranzițiile care pot apărea în GKS.

1) Tratatrea erorilor

Pentru fiecare funcție, se precizează în GKS un număr finit de cazuri de eroare în care se apelează o rutină de tratare a erorii. Numele acestei rutine este furnizat pachetului GKS de către programul aplicativ. Rutina de tratare a erorii are acces la lista stărilor de eroare furnizată de GKS. Pentru cazurile în care nu se precizează numele rutinei, se folosește o procedură standard de tratare a erorii.

5.7.2. GKS sau CORE ?

Înainte de a ne justifica opțiunea pentru una dintre cele două propuneri, vom analiza — în ordinea în care au fost introduse conceptele GKS — asemănările și deosebirile mai importante.

Tabelul 5.4

CORE	GKS
Marcaj	Polimarcaj
Polimarcaj	Linie frântă
Linie	Text EXEMPLU
Linie frântă	Zona compactă
Text EXEMPLU	Șablon
Poligon	Primitive de desen generalizate GPD

Pentru constituirea imaginilor, atât CORE cât și GKS folosesc un alfabet de 6 primitive, enumerate în tabelul 4.4.

Primitivele celor două pachete reflectă stadiul tehnologiei în perioada în care au fost elaborate.

— CORE este orientat spre linii, caracteristic display-urilor vectoriale ;

— GKS este orientat spre grafica raster.

Datorită preponderenței display-urilor caligrafice și a plotterelor — ca echipamente grafice — în momentul conceperii, CORE definește o poziție curentă a spotului (peniței), PC, față de care se definește capătul celălalt al unei linii sau al unei deplasări ; acest PC nu are sens în cazul display-urilor raster și, în plus, nu este definită poziția PC-ului în urma

rotirii sau scalării unui segment. De aceea, GKS renunță la PC, reținând ambele capete ale unei linii, cu prețul unui consum suplimentar de memorie; s-a putut adopta această soluție și datorită scăderii prețului memoriei, demonstrând încă o dată că mutațiile în tehnologia hardware impun mutații în tehnologia software.

În privința claselor și tipurilor de intrări, CORE acceptă doar module de introducere *prin eșantionare și prin evenimente*, cu restricția suplimentară că un dispozitiv dintr-o clasă nu poate opera decât într-un singur mod.

Conceptul de segment este același în ambele propuneri, diferă doar ce anume se memorează: în GKS se memorează întreg segmentul în WISS și se vizualizează conform transformării fereastră/vizor, în CORE se memorează un model „fotografic” al segmentului: se memorează numai ce se vede (adică rezultatul operațiunii de decupare).

În privința sistemelor de coordonate și transformări, există cele mai mari deosebiri:

- CORE este un pachet pentru grafica 3-D, adică folosește un sistem de coordonate tridimensional;

- GKS este un pachet pentru grafica 2-D, adică folosește un sistem de coordonate bidimensional — cu precizarea că în prezent se lucrează la specificațiile pentru un standard GKS tridimensional.

Datorită abordării 3-D, CORE are funcții complicate de vizualizare ale obiectelor tridimensionale; implementările 2-D X-Y ale CORE-ului se obțin prin atribuirea unei valori constante lui Z (de obicei zero).

O altă deosebire: în timp ce GKS furnizează programului aplicativ coordonate în sistemul de referință al aplicației (coordonate reale), CORE conține pe programul aplicativ să facă transformarea coordonatelor normalizate în coordonate reale.

Conceptul *stație de lucru* marchează avantajul decisiv al GKS-ului față de CORE; acest concept se constituie într-un model coerent, care formalizează ideea independenței de dispozitiv, idee lansată chiar de CORE.

Formalizarea se referă la identificarea interfeței între părțile din sistem independente de dispozitiv și părțile specifice dispozitivelor grafice. Lista de stări a GKS-ului, împreună cu lista de stări ale stației și perechile fereastră/vizor dependente de stație, permit existența simultană într-un sistem bazat pe GKS a mai multor stații de lucru, cu aplicații importante, de exemplu în domeniul educațional, unde, o aceeași imagine — din WISS — este afișată simultan pe mai multe display-uri.

În privința atributelor, GKS are avantajul seturilor de atribute predefinite, dependente de stație, în timp ce într-un mediu CORE este necesară o investigație minuțioasă a disponibilităților unui dispozitiv pentru a desena în maniera dorită de utilizator.

Amândouă propunerile de standard sînt de acord asupra necesității metafișierelor orientate pe desene: acest tip de fișiere independente de dispozitiv este util pentru a transporta imagini între sisteme și a le vizualiza înainte de a le scoate la plotter.

Metafișierul dispozitivului virtual — VDM — soluția GKS, va fi discutată în paragraful 5.9. În plus, în GKS sînt introduse și metafișiere orientate pe sesiune: acestea permit memorarea, regăsirea și manipularea

subdesenelor, cu aplicații în crearea, memorarea și modificarea simbolurilor.

Comparăția celor două propuneri de standard conduce la concluzia că GKS deservește mai bine sistemele grafice interactive din mai multe motive :

- a fost obținut pornind de la CORE, definind mai riguros concep-tele și adaptându-le la realitățile tehnologice la zi : display-uri raster performante și memorii ieftine ;

- este corelat cu propuneri de standarde pentru VDM și VDI, asigurând un sistem complet de instrumente grafice independente de dispozitiv ;

- restricția că ar fi un sistem 2-D este anulată de evidența posibilității construirii unui sistem tridimensional care să aibă la bază un sistem bidimensional ;

- pentru GKS au fost „înghețate“ apelurile din FORTRAN, respectiv sînt specificate definitiv numele de subrutine și parametrii acestora pentru ca programele aplicative scrise în FORTRAN să poată fi transportate fără modificări între sisteme pe care este implementat GKS.

5.7.3. Propunerea de standard PHIGS pentru a suplini GKS

Cea mai recentă propunere de standard grafic — PHIGS — anunțată în 1984, speră să asigure un mediu de programare, pentru aplicații grafice, independent de dispozitiv, care să aibă în vedere arhitecturile complexelor grafice celor mai performante [17] ; caracteristicile acestui mediu sînt :

- grad mare de interactivitate ;
- structurare ierarhică a datelor grafice ;
- modificare în timp real a datelor grafice ;
- suport pentru articulări geometrice ;
- adaptabilitate la medii distribuite ;
- date grafice în 3-D și 2-D.

Domeniile în care se întrevade utilizarea cu succes a standardului PHIGS sînt :

- a) Inginerie Asistată de Calculator (CAE) : proiectare de PC/IC/VLSI, desenare, proiectare de mecanică în 3-D, analiză cinematică etc.

- b) Control : conducere de procese, controlul traficului etc.

- c) Simulare : procese, robotică, trafic, meteorologie.

- d) Cercetare științifică : modelare moleculară și analiza mișcării moleculelor.

- e) Cartografie.

- f) Învățămînt.

PHIGS a preluat din GKS : „alfabetul“ (primitivele de ieșire), modelul de introducere a datelor grafice (aceleași 6 clase de dispozitive logice și aceleași 3 moduri de introducere), modelul stației de lucru și meta-fișierul independent de dispozitiv.

Inovația principală adusă de PHIGS este structurarea ierarhică a desenelor, care induce o infrastructură mai fină decît organizarea pe segmente : O *structură* este compusă din următoarele elemente :

- primitive de ieșire ;

- specificații de atribute și transformări de modelare ;

- selecții de vederi ;
- apelul unor alte structuri ;
- etichete și informații de interceptare.

Topologia ierarhiei create prin inserarea de apeluri de structuri în definiția unei structuri este de graf aciclic orientat (aciclicitatea provine din evitarea recursivității prin interdicția ca în definiția unei structuri, respectiva structură să se apeleze pe sine, direct sau indirect).

Facilitatea pe care o introduce PHIGS este *editarea structurilor*, ceea ce permite schimbarea topologiei în mod dinamic ; amintim că în GKS și CORE se poate modifica dinamic doar un număr limitat de atribute, iar operația de ștergere se poate aplica doar segmentelor în întregime.

Structurile sînt nominalizate pentru vizualizare pe un display prin expediere (*posting*) la stația de lucru dorită. Pe durata traversării unei structuri „expediate”, starea structurii este salvată înainte de apelul unei structuri de pe un nivel inferior. Cînd controlul revine pe nivelul superior, starea este refăcută. În acest fel, structurile pot modifica valorile atributelor și ale transformărilor structurilor-fiice, fără a afecta contextul structurii-tată (cu alte cuvinte, atributele și transformările nu se moștesc, ca în cazul segmentelor unde toate primitivele aparținînd unui segment sînt desenate cu aceleași atribute).

Pentru memorarea structurilor, PHIGS furnizează un mecanism de arhivare care permite construirea de biblioteci de imagini, utilizate de obicei ca simboluri, specifice unei anumite aplicații.

Sînt furnizate și funcții de interogare asupra stărilor unui sistem bazat pe PHIGS, inclusiv asupra caracteristicilor stațiilor de lucru individuale. Nu este permisă, însă, folosirea funcțiilor de interogare din interiorul unei structuri datorită asincronismului dintre definirea unei structuri — care se face sub controlul programului aplicativ — și traversarea structurii — care se face sub controlul PHIGS.

Cele două activități — definirea și traversarea — se pot introduce independent și concurrent.

Deoarece proiectul PHIGS nu este definitivat, nu intrăm în detalii.

5.7.4. Pachetul grafic **TEMPLATE**¹

Înainte de a prezenta propunerile de standard pentru celelalte două componente ale sistemului de instrumente software independente de dispozitiv — VDI și VDM — vom exemplifica conceptele descrise în capitolele anterioare cu un pachet grafic furnizat de firma Megatek și care implementează standardul CORE : *TEMPLATE*.

Se cuvin două precizări : 1) am ales spre exemplificare o implementare CORE, pentru că GKS și PHIGS sînt prea recente ca să existe pachete disponibile pe piața software care să le implementeze și 2) faptul că efortul de standardizare pentru CORE nu a fost finalizat, se observă în cîteva abateri de la ”propunerea” CORE care pot fi regăsite în *TEMPLATE* (și pe care le vom menționa).

¹ *TEMPLATE* este marcă înregistrată de firma Megatek Corp.

Pachetul de programe TEMPLATE constă dintr-o bibliotecă cu peste 200 de mnemonice de rutine — scrise în FORTRAN — apelabile pentru a crea, vizualiza, modifica și salva informații grafice. Organizarea modulelor din TEMPLATE este dată în figura 5.11.

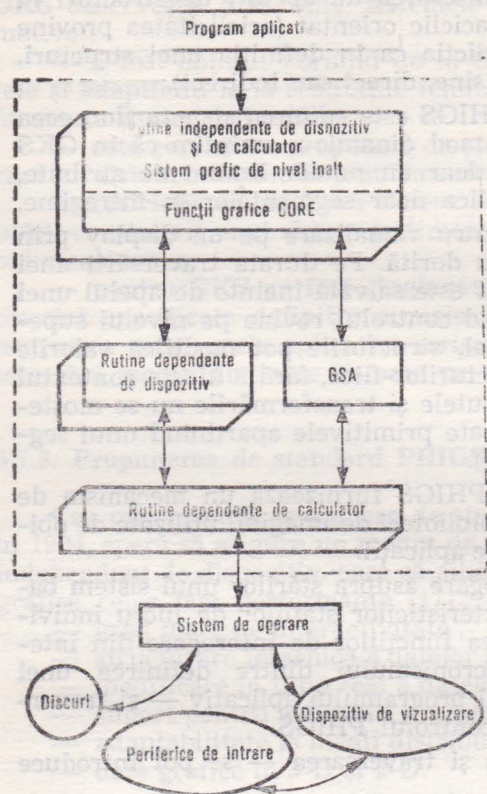


Fig. 5.11. Organizarea modulelor TEMPLATE.

nele b) pentru funcțiile care nu sînt suportate de FORTRAN ANSI sau pentru care implementarea diferă de la calculator la calculator (împachetarea și despachetarea octeților, intrări/ieșiri pentru fișiere secvențiale și aleatorii, conversia caracterelor și intrări/ieșiri la terminal).

Utilizatorul folosește TEMPLATE-ul astfel : scrie apeluri FORTRAN pentru a obține ieșire grafică, programul este compilat, se face editarea de legături folosind biblioteca TEMPLATE — care va include modulele necesare pentru un calculator și un display particular — și se rulează. Dacă utilizatorul folosește, cu altă ocazie, un alt display, programul său se leagă cu un nou modul dependent de display.

TEMPLATE-ul este dirijat prin tabele. La inițializarea GSA, tuturor opțiunilor disponibile li se atribuie valori implicite ; programul aplicativ poate modifica oricare dintre aceste valori.

Dacă anumite atribute dependente de dispozitiv nu sînt suportate de un display particular — de exemplu : culoare, intensitate, di-

După cum reiese din figură, TEMPLATE este un pachet software așezat între un program aplicativ și dispozitivul de vizualizare : există trei categorii de rutine care comunică prin zona numită Starea Contextului Grafic — GSA (*Graphics Status Area*) :

- Rutine independente de calculator și de dispozitiv ;
- Rutine dependente de calculator.
- Rutine dependente de dispozitiv.

În GSA sînt memorate : informațiile privind starea mediului grafic, caracteristicile display-ului grafic și ale sistemului de operare al calculatorului, precum și valorile curente atribuite variabilelor din GSA și modificabile de către utilizator. Organizarea GSA duce la o reducere masivă a numărului de argumente din secvența de apel a rutinelor.

Pentru a obține ieșire grafică, rutinele din categoria a) le apelează pe cele din c) relativ la display-ul din configurație. Atît rutinele a) cît și c) folosesc ruti-

mensiune a caracterelor — TEMPLATE le va simula, dacă este posibil, sau le va ignora ; în același mod sînt tratate operațiile de intrare nesuportate de un hardware particular și operațiile cu segmente sau subrutine de display (acestea din urmă nefiind standard CORE).

Structura funcțiilor din categoria a) este dată în figura 5.12.

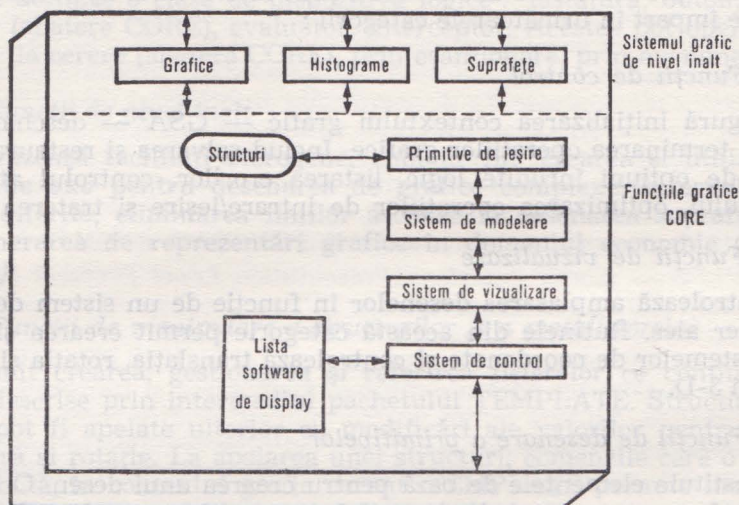


Fig. 5.12. Modulul independent de calculator și de dispozitiv.

Ieșirea grafică se obține prin apelarea directă a subrutinelor care îndeplinesc funcțiile grafice CORE.

TEMPLATE folosește drept primitive grafice : linii, linii frunte, texte, figuri geometrice, pentru fiecare primitivă fiind suficient apelul unei singure subrutine. Primitivele sînt ulterior prelucrate de *sistemul de modelare* — sistem care permite utilizatorului să specifice și apoi să lucreze în sistemul de coordonate cel mai convenabil aplicației.

Coordonatele sînt transferate *sistemului de vizualizare* unde le sînt aplicate transformări care permit utilizatorului să poată vizualiza o porțiune specificată din desen, văzută dintr-o anumită poziție în spațiu, într-o direcție particulară, folosind fie proiecția ortografică fie cea de perspectivă. *Sistemul de control* transformă coordonatele anterioare în unități dependente de dispozitivul de vizualizare, elimină liniile invizibile și transmite noile coordonate modulului dependent de dispozitiv. *Sistemul de control* este cel care construiește și întreține *lista software de display*.

Lista software de display constituie o facilitate importantă a TEMPLATE-ului, permițându-i să simuleze operații cu segmente și cu subrutine de display, operații de interceptie în situații în care dispozitivul de vizualizare nu posedă suportul hardware pentru aceste operații. Folosind funcția UCOPY, segmentele și subrutinele de display din lista software de display pot fi scrise într-un pseudo-fișier de display. Acest pseudo-fișier poate fi încărcat în lista software de display cu un program de tip post-procesor pentru a reproduce o imagine pe orice alt display sau pentru a continua o sesiune de lucru întreruptă.

Dacă utilizatorul dorește, primitivele grafice, comenzile de modelare și atributele pot fi salvate de TEMPLATE în *structuri* (a nu se confunda cu structurile din PHIGS). Structurile oferă un mecanism de păstrare a modelelor grafice într-un format independent de calculator și de partajare a acestora între programe și calculatoare amplasate în locuri diferite.

Facilitățile oferite de TEMPLATE prin intermediul apelurilor de subrutine se împart în următoarele categorii :

a) *Funcții de control*

Asigură inițializarea contextului grafic — GSA — deschiderea sesiunii și terminarea operațiilor grafice. Includ salvarea și restaurarea grupurilor de opțiuni înrudite logic, listarea erorilor, controlul atributelor display-ului, optimizarea operațiilor de intrare/ieșire și tratarea erorilor.

b) *Funcții de vizualizare*

Controlează amplasarea desenelor în funcție de un sistem de coordonate liber ales. Rutinele din această categorie permit crearea și modificarea sistemelor de coordonate și controlează translația, rotația și scalarea în 2-D și 3-D.

c) *Funcții de desenare a primitivelor*

Constituie elementele de bază pentru crearea unui desen. O linie este specificată ca un segment de dreaptă între poziția curentă — PC — și o nouă poziție în sistemul de coordonate — abordare extrasă din CORE. TEMPLATE mai poate genera linii frânte, cercuri, arce de cerc, dreptunghiuri, elipse, poligoane regulate printr-un singur apel de rutină.

Textele pot folosi caractere generate prin hardware sau prin software.

d) *Funcții de manipulare a atributelor*

Permit atribuirea de valori atributelor — culoare, intensitate etc. — și parametrilor ; furnizează modalități de interogare despre valorile unor atribute sau parametri particulari. Atributele sînt efective doar dacă hardware-ul dintr-o configurație particulară le suportă.

e) *Funcții de segmentare și manipulare a subrutinelor de display*

Permit definirea, manipularea, ștergerea grupurilor de primitive care alcătuiesc o imagine. Prin segmentare, utilizatorii pot împărți ieșirea vizualizabilă în segmente identificabile prin nume și număr. Fiecare segment are atribute care îi controlează vizibilitatea, iluminarea și detectabilitatea. În facilitatea de segmentare este încorporată dubla buffer-are automată : aceasta permite ca segmentele să fie vizualizate în timp ce sînt redefinite.

TEMPLATE folosește lista software de display pentru a implementa segmentele și subrutinele de display. Această listă conține primitivele grafice de bază și valorile atributelor, constituind o reprezentare complet independentă de display. Dacă hardware-ul display-ului nu suportă segmentarea, TEMPLATE simulează operațiile cu segmente folosind lista software de display.

f) Funcții de interacțiune grafică

Implementează conceptul de dispozitive logice de intrare. Aceste dispozitive logice sînt asociate în momentul încărcării programului care utilizează TEMPLATE-ul cu cele mai adecvate dispozitive fizice de introducere disponibile într-o configurație particulară.

Sînt definite 6 clase de dispozitive logice : tastatură, buton, locator, digitizor (abatere CORE), evaluator, interceptor. Acestea pot opera în trei moduri : la cerere (abatere CORE), prin eşantionare, prin evenimente.

g) Funcții de nivel înalt

Furnizează facilități eterogene, cum ar fi : crearea și utilizarea de sisteme de axe pentru desenarea de grafice complexe, interpolări prin metode diferite, eliminarea liniilor ascunse la desenarea suprafețelor în 3-D, generarea de reprezentări grafice în domeniul economic (*business graphics*).

h) Funcții de manipulare a structurilor și a metafișierelor

Permit crearea, gestionarea și referirea fișierelor ce conțin obiecte grafice descrise prin intermediul pachetului TEMPLATE. Structurile memorate pot fi apelate ulterior cu modificări ale valorilor pentru amplasare, scară și rotație. La apelarea unei structuri, comenzile care o compun se reexecută, în contextul grafic curent. TEMPLATE permite memorarea unei imagini într-un format cu atributele de segment neutre — modul *arhivare* — sau cu valorile atributelor din momentul memorării — modul *instantaneu* (*snap-shot*).

Modul *arhivare* permite folosirea în alte ocazii a desenelor memorate, în timp ce modul *instantaneu* permite reluarea desenelor în alte sesiuni.

5.8. Interfața virtuală cu dispozitivul

Interfața virtuală cu dispozitivul definește un protocol standard de intrare/ieșire și izolează caracteristicile particulare ale dispozitivului grafic real în modulul software al driver-ului de dispozitiv. Funcțiile pe care le oferă standardul VDI sînt consistente în raport cu modelul conceptual GKS (vezi figura 5.13).

Locul în care este plasat VDI este determinat de nivelul de inteligență al dispozitivului și de gradul de sofisticare al driver-ului.

În arhitecturile în care un minimum de directive și parametri este trimis prin VDI

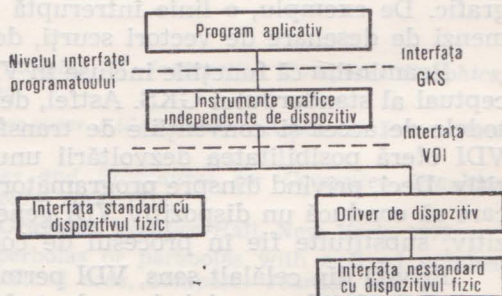


Fig. 5.13. Interfețe în sisteme grafice.

către driver-e, majoritatea funcțiilor sînt simulate prin software în rutinele independente de dispozitiv. De exemplu, toate poligoanele pot fi colorate prin program în loc să se folosească un firmware de colorare. În aceste arhitecturi, se pot scrie ușor driver-e pentru dispozitive noi, deoarece numai cîteva facilități trebuie suportate de driver-e, dar nu se folosește la maximum inteligența dispozitivelor. Pentru aplicațiile puternic interactive sau care utilizează dispozitive performante, această arhitectură nu este adecvată ; este preferabil ca interfața să fie amplasată cît mai aproape de programul aplicativ. Consecința imediată este restrîngerea părții independente de dispozitiv din interfață și creșterea complexității driver-elor. În cazuri extreme, rutinele independente de dispozitiv construiesc doar directivele și parametrii pentru toate comenzile ce vor fi prelucrate de driver-ul de dispozitiv, evitînd interfața virtuală cu dispozitivul.

Există două propuneri de standarde : NAPLPS și VDI.

NAPLPS — *North American Presentation Level Protocol Syntax* — oferă un mijloc de a conecta monitoare TV sau alte dispozitive raster ieftine la linii telefonice, astfel încît să poată accesa baze de date comerciale. Este adecvat aplicațiilor denumite generic *teletext* și *videotex*, folosind un cod foarte compact pentru definirea, memorarea și transmiterea informațiilor grafice. Nu este optim pentru aplicații grafice complexe — CAD în industrie, cartografie etc. — fiind gîndit pentru teletransmisie și nu pentru medii caracterizate printr-un nivel ridicat de interacțiune om-sistem grafic.

VDI — *Virtual Display Interface* — a fost propus de un comitet al ANSI ca o interfață standard între pachetele grafice independente de dispozitiv și echipamentele grafice. VDI comunică printr-un *port* al hardware-ului calculatorului gazdă cu un dispozitiv grafic particular (interfața *port* poate fi RS-232, IEEE-458 sau specială). Interfața hardware (driver-ul) trebuie să vorbească limbajul dispozitivului grafic, folosind codurile de control corespunzătoare, secvențele de excepție (*escape*) sau formatele speciale de mesaje pentru a avea acces la facilitățile grafice intrinseci dispozitivului grafic.

De exemplu, driver-ul unui dispozitiv traduce o cerere către VDI pentru desenarea unei linii într-o secvență specifică de comenzi pentru un plotter (legat, să zicem, pe o cale RS-232) ca să deseneze linia.

În anumite cazuri, driver-ul de dispozitiv trebuie să emuleze funcții specificate în interfața VDI, dar inexistente în hardware-ul dispozitivului grafic. De exemplu, o linie întreruptă este emulată printr-o serie de comenzi de desenare de vectori scurți, despărțiți prin spații.

Reamintim că funcțiile incluse în VDI sînt consistente cu modelul conceptual al standardului GKS. Astfel, definind capacitățile funcționale, metodele de acces și convențiile de transfer ale parametrilor prin interfață, VDI oferă posibilitatea dezvoltării unui software independent de dispozitiv. Deci, privind dinspre programator, se poate dezvolta un sistem grafic care să conducă un dispozitiv VDI generic, cu driver-e specifice de dispozitiv, substituite fie în procesul de configurare, fie în timpul execuției.

Privită din celălalt sens, VDI permite fabricanților de echipamente să proiecteze hardware-ul independent de software. Industria este tot mai interesată să implementeze VDI în firmware-ul display-urilor grafice inte-

ligente. Se va ajunge, curînd, să se realizeze un VDI pe o pastilă de siliciu ca IEEE-458 sau standardele Ethernet. Pentru OEM, adoptarea standardului VDI înseamnă scrierea unui singur driver pentru un dispozitiv particular; toate sistemele grafice care se vor conforma standardului VDI vor putea să folosească acest driver standard. Se va putea dezvolta o gamă largă de utilitare grafice, astfel încît programatorii vor vedea o interfață compatibilă cu funcțiile grafice definite la nivelul limbajului, iar compilatoarele și bibliotecile de rutine suport al execuției vor deveni generice, cu dependențele de dispozitiv rămase doar la nivelul sistemului de operare. Adoptarea acestui standard este echivalentă cu instalarea comunicației grafice o singură dată într-un sistem de operare.

Pe măsură ce fabricanții de hardware vor îngloba în firmware sau hardware funcții de pe nivelurile superioare ale ierarhiei unui sistem grafic, se va ajunge ca dispozitivele grafice să încorporeze în întregime o interfață VDI, eliminînd necesitatea driverelor de dispozitiv.

5.9. Metafișiere grafice

Pentru a completa setul de standarde necesare implementării de sisteme grafice interactive într-un mod eficient din punctul de vedere al efortului software, un comitet tehnic din cadrul ISO a fost însărcinat să propună un standard pentru un dispozitiv virtual de memorare numit metafișier (*VDM — Virtual Device Metafile*).

VDM furnizează o metodă standard pentru memorarea imaginilor grafice pentru o prelucrare ulterioară și pentru schimb de imagini între sisteme grafice. Proiectul VDM este într-o fază incipientă și nu a fost încă difuzat ca material de lucru pentru discuții publice. Am considerat, totuși, necesar să-l amintim în această lucrare pentru a fi luat în considerare de către cei care elaborează sisteme grafice interactive, pentru a le concepe suficient de flexibile ca să se poată alinia cu ușurință la standardul care va fi adoptat pentru metafișier.

Bibliografie, capitolul 5

- [1] Newman, W. H., Sproull, R. F., *Principles of Interactive Computer Graphics*, McGraw-Hill, New York, 1979.
- [2] Barnhill, R. E., Riesenfeld, R. F., *Computer Aided Design*, Academic Press, New York, 1974.
- [3] Chasen, S. H., *Geometric Principles and Procedures for Computer Graphics Applications*, Prentice-Hall, New York, 1979.
- [4] Giloi, W. K., *Interactive Computer Graphics*, Prentice-Hall, New York, 1979.
- [5] Smith, L. B., Drawing ellipses, hyperbolas or parabolas with a fixed number of points and maximum inscribed area, *Computer Journal*, vol. 14.
- [6] Rogers, D. F., Adams, J. A., *Mathematical Elements for Computer Graphics*, McGraw-Hill, New York, 1976.

- [7] Sproull, R. F., Sutherland, I. E., A clipping divider, *AFIPS Conference Proceedings*, Fall Joint Computer Conference, vol. 33, 1968.
- [8] Fox, L., *An Introduction to Numerical Linear Algebra*, Oxford University Press, London, 1964.
- [9] Forrest, A. R., Co-ordinates, Transformations and Visualisation Techniques, *CAD Group Document Nr. 23*, Cambridge University, June, 1969.
- [10] Cohen, D., Linear Difference Curves, *Advanced Computer Graphics*, Plenum Press, New York, 1971.
- [11] Warner, R. J., Device-Independent Tools Systems, *Computer Graphics World*, February, 1984.
- [12] * * * *Proposal of Standard DIN 66252, Information Processing, Graphical Kernel System (GKS), Functional Description*, Deutsches Institut für Normung, 1979.
- [13] Encarnacao, J., e. a. The Workstation Concept of GKS and the Resulting Conceptual Differences to the GPSC Core System, *Computer Graphics*, 14.3, 1980.
- [14] Enderle, G., Kansy, K., Pfaff, G., *Computer Graphics Programming. GKS — The Graphics Standard*, Springer-Verlag, 1984.
- [15] Damron, S., O'Buch, W., GKS Graphics Standard Replaces Core System for International Use, *Computer Technology Review*, Summer, 1983.
- [16] Wright, T., GKS Versus Core, *Computer Graphics World*, February, 1984.
- [17] Cahn, D. V., McGinnis, E., Puk, R. F., Seum, C. S., The PHIGS System, *Computer Graphics World*, February, 1984.
- [18] *TEMPLATE*, Megatek Corporation, San Diego, 1982.
- [19] Rawlins, M., Brown, M. J., Graphics Standards Focus on Device and Programmer Interfaces, *Computer Technology Review*, Summer, 1983.
- [20] Schneider, J., ISO accepts VDM proposal, *IEEE Computer Graphics and Applications*, October, 1983.

Partea a II-a

6.1. **Aplicații ale graficii interactive
și prelucrarea imaginilor**

Ultimii ani au marcat o schimbare importantă în modul de proiectare și fabricare a sistemelor mecanice, schimbări datorate în special aplicării unor proceduri asistate de calculator pentru desenare, analiză, test, comandă numerică și documentare. Frontierele dintre: CAD — proiectarea asistată de calculator, CAM — fabricația asistată de calculator și CAE — ingineria asistată de calculator sînt din ce în ce mai difuze. Sistemele CAD oferă, în general, facilități pentru crearea interactivă de modele geometrice ale ansamblurilor și subansamblurilor care se proiectează, facilități caracteristice desenului tehnic: vederi, secțiuni, hărți, cotări automate, precum și calcule specifice: calculul reacțiunilor și verificarea eforturilor, calculul legăturilor, calculul așchierilor, calculul angrenajelor etc.

Sistemele CAM înglobează proceduri de generare automată a instrucțiunilor pentru conducerea mașinilor-unelte cu comandă numerică pornind de la modelul geometric al piesei ce se dorește a fi fabricată.

Sistemele CAE furnizează mijlocuri care facilitează evoluarea rapidă a diverselor alternative de proiectare, realizând gestionarea spațiului în care sînt incluse subansamblele efectuînd calcule de distribuție a încălzirilor, a maselor și inerțiilor, simularea dinamică a structurilor, detectînd interfețele, analizînd ergonomia sistemului mecanic ce se proiectează etc.

Din succinta prezentare a celor trei domenii, se desprinde observația că acestea nu sînt distincte, intersecția lor conținînd procedurile de modelare geometrică. Asamblarea acestor proceduri într-un sistem grafic interactiv constituie premiza dezvoltării oricărui sistem CAD, CAM sau CAE.

Componentele unui sistem de proiectare asistată de calculator sînt prezentate în figura 6.1.

În paragrafele următoare vom aborda implementarea fiecăreia dintre componentele enumerate anterior. Se va exemplifica, unde este cazul, cu

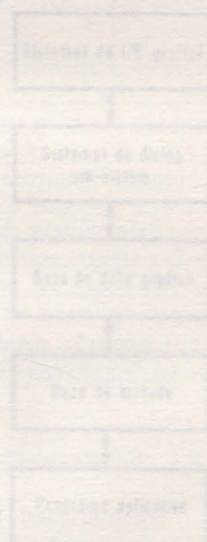


Fig. 6.1. Componentele unui sistem CAD

* FAC, FAC, IAC ar fi traduceri în limba română ale abstracțiilor

6.1. CAD, CAM, CAE * : Proiectare, fabricație, inginerie asistate de calculator

Ultimii 10 ani au fost marcați de schimbări importante în modul de proiectare și fabricare a sistemelor mecanice, schimbări datorate în special aplicării unor proceduri asistate de calculator pentru desenare, analiză, test, comandă numerică și documentare. Frontierele dintre : CAD — proiectarea asistată de calculator, CAM — fabricația asistată de calculator și CAE — ingineria asistată de calculator sînt dificil de precizat. Sistemele CAD oferă, în general, facilități pentru crearea interactivă de modele geometrice ale ansamblurilor și subansamblurilor care se proiectează, facilități caracteristice desenului tehnic : vederi, secțiuni, hașurări, cotări automate, precum și calcule specifice : calculul reacțiunilor și verificarea arborilor, calculul lagărelor, calculul arcurilor, calculul angrenajelor etc.

Sistemele CAM înglobează proceduri de generare automată a instrucțiunilor pentru conducerea mașinilor-unelte cu comandă numerică pornind de la modelul geometric al piesei ce se dorește a fi fabricată.

Sistemele CAE furnizează mijloace care facilitează evoluarea rapidă a diverselor alternative de proiectare, realizînd gestiunea spațiului în care sînt incluse subansamblele, efectuînd calcule de distribuție a încărcărilor, a maselor și inertiilor, simulînd dinamica structurilor, detectînd interfețele, analizînd ergonomia sistemului mecanic ce se proiectează etc.

Din succinta prezentare a celor trei domenii, se desprinde observația că acestea nu sînt disjuncte, intersecția lor conținînd procedurile de modelare geometrică. Asamblarea acestor proceduri într-un sistem grafic interactiv constituie premiza dezvoltării oricărui sistem CAD, CAM sau CAE.

Componentele unui sistem de proiectare asistată de calculator sînt prezentate în figura 6.1.

În paragrafele următoare vom aborda implementarea fiecăreia dintre componentele enumerate anterior. Se va exemplifica, unde este cazul, cu



Fig. 6.1. Componentele unui sistem CAD.

* PAC, FAC, IAC ar fi traduceri în lb. română ale simbolurilor

sistemul ISOLDA — Interactive System for On-Line Drawing and Archiving — realizat în Centrul de Cercetări pentru Tehnică de Calcul — I.T.C. București (vezi [13] și [18]). În acest capitol se presupune că cititorul este familiarizat cu noțiunile introduse în capitolul 5.

6.2. Sistemul de introducere și ieșire grafică

Auxiliarul universal de proiectare este desenul. Prin intermediul desenelor, proiectantul poate descrie proprietățile geometrice, desenând un număr de vederi bidimensionale sau proiecții ale unui obiect tridimensional.

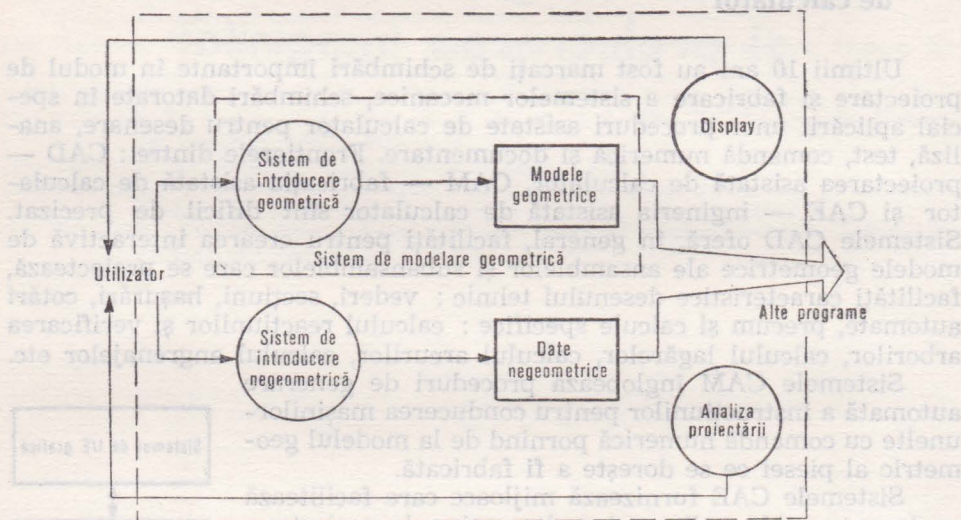


Fig. 6.2. Vedere a unui sistem CAD în mecanică.

nal. Informația de formă poate fi îmbogățită cu informații auxiliare cum ar fi: tipul materialului, toleranțe, informații de prelucrare etc. Sistemul de introducere și ieșire a informațiilor grafice se concepe în funcție de modul în care se face reprezentarea obiectelor și de metodele de a construi modele geometrice. Din punct de vedere funcțional, un sistem CAD poate fi reprezentat ca în figura 6.2.

6.2.1. Reprezentări geometrice tridimensionale

Majoritatea produselor mecanice sînt colecții de solide rigide, fabricate și asamblate prin procese ale căror efecte sînt în primul rînd de natură geometrică. Informația geometrică are o importanță crucială în industria mecanică și de aceea sînt necesare mijloace de calcul adecvate pentru manipularea acestei informații.

Reprezentările furnizează mijloace de desenare a unor elemente individuale în spațiul de modelare matematic și ele constituie materialul brut asupra căruia operează algoritmi. Reprezentările sînt structuri finite, constituite cu simboluri dintr-un alfabet finit conform unor reguli sintactice. Aceste structuri pot fi privite ca un limbaj.

În literatura de specialitate sînt considerate 7 scheme de reprezentare a solidelor rigide [1] :

- a) Instanțierea primitivelor pure.
- b) Enumerarea ocupării spațiale.
- c) Descompunerea în celule.
- d) Geometrie solidă constructivă.
- e) Maturare.
- f) Interpolare.
- g) Reprezentare prin frontiere.

În continuare, vom face o scurtă descriere a fiecărei scheme de reprezentare.

a) Instanțierea primitivelor pure

Se definesc familii de entități — numite primitive generice sau pure — ale căror membri se numesc instanțe (exemplare) ale primitivelor. O primitivă generică poate fi privită ca un prototip parametrizat al unei piese mecanice. În figura 6.3 este prezentat un astfel de prototip pentru șaibe plate pentru metal, STAS 1388-72.

Înlocuind parametrii cu valori din tabelele corespunzătoare din STAS, se obține un anumit exemplar, cum ar fi pentru șurubul M 16, $d = 19$ mm, $D = 30$ mm, $s = 3$ mm.

Schema se pretează la tehnologiile de grup : o familie de obiecte, în care membrii au aceeași structură dar diferă prin parametri, un set dat de parametri identificînd în mod unic un membru al familiei. Schema este foarte concisă, promovînd standardizarea prototipurilor. Este adecvată în cazul unui catalog redus de prototipuri, cu un număr mic de parametri. Este schema cel mai des folosită în industrie.

Principalul dezavantaj al acestei scheme de reprezentare îl constituie imposibilitatea combinării mai multor primitive generice pentru a crea o nouă primitivă, mai complexă. De asemenea, primitivele pure sînt dificil de manevrat de către algoritmi din baza de metode.

b) Enumerarea ocupării spațiale

Spațiul este împărțit într-o rețea fină de celule tridimensionale, de obicei cuburi, numite *voxel* — *volume element* — prin analogie cu *pixel* — element de imagine (*picture element*).

Un solid este reprezentat în această schemă prin lista celulelor pe care acesta le ocupă, adică a celulelor care conțin material.

c) Descompunere în celule

Un solid este descompus în celule solide elementare, fără găuri, ale căror interioare sînt două cîte două disjuncte. Un solid este rezultatul „încleierii” celulelor componente care satisfac anumite condiții de potri-

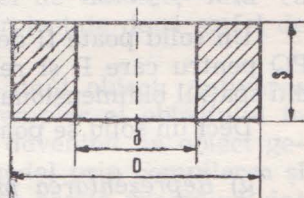


Fig. 6.3. Primitivă pură.

vire a frontierelor. Schema constituie o generalizare a schemei *b*, eliminând restricțiile referitoare la amplasarea celulelor în poziții fixe și la dimensiune și forme fixe pentru celule. Se bazează pe teoria triangulației.

d) Geometrie solidă constructivă

O schemă CSG — *Constructive Solid Geometry* — definește un solid ca o combinație de „blocuri constructive” solide, combinație realizată prin intermediul operațiilor de tipul adunării sau scăderii volumetrice. Este o generalizare a schemei *c*, înlocuind operatorul de „încleiere” cu operatori CSG mai puternici, care nu necesită satisfacerea unor condiții de frontieră. Schema CSG se bazează pe teoria mulțimilor regulate.

e) Măturare

Un solid sau o suprafață mărginită care se deplasează de-a lungul unei traiectorii „mătură” un volum. Deci, un solid poate fi reprezentat printr-un cuplu : (*corp în mișcare, traiectorie*).

Metoda folosește noțiunile matematice de produs de mulțimi sau operații cu mulțimi asupra unui număr infinit de mulțimi.

f) Interpolare

Un solid poate fi definit ca reuniunea tuturor segmentelor de dreaptă PQ pentru care P și respectiv Q aparțin unei mulțimi A și respectiv B din spațiul bidimensional.

Deci un solid se poate reprezenta prin cuplul (A, B).

g) Reprezentarea prin frontiere

În timp ce toate metodele anterioare reprezintă solidele direct, reprezentările prin frontiere sînt indirecte prin aceea că ele reprezintă direct (explicit) frontierele topologice ale solidului și nu solidul însuși. Bazele teoretice pentru reprezentarea prin frontiere stau în câteva teoreme de separare care generalizează teorema lui Jordan privind curbele plane la spații mai generale.

Metodele *b* — *e* sînt metode matematice standard de a crea mulțimi noi, pornind de la alte mulțimi. Metoda frontierelor înlocuiește problema reprezentării unei anumite mulțimi prin reprezentarea unei mulțimi de dimensionalitate redusă.

Desigur, se pot folosi scheme hibride de reprezentare. Toate aceste scheme folosesc un aparat matematic complex ; câteva lucrări utile privind acest subiect sînt citate în bibliografie [1], [2].

Actualmente, nu există sisteme comerciale care să folosească fără restricții vreuna dintre schemele enumerate mai sus. Majoritatea sistemelor CAD care-și propun să implementeze astfel de scheme sînt dezvoltate în mediul universitar. Principalul obstacol în calea obținerii unor sisteme CAD lucrative care să folosească CSG sau reprezentarea prin frontiere — cele mai eficiente scheme — îl constituie hardware-ul : volumul mare de date și complexitatea calculelor pentru a simula comportarea dinamică a unor ansamble de corpuri solide necesită calculatoare mari, ultrarapide — de ordinul zecilor de milioane de operații pe se-

cundă — memorii de ordinul zecilor de megaocteți și display-uri de acuratețe ridicată.

De aceea, în momentul de față, majoritatea sistemelor grafice interactive operează în două dimensiuni (2D), iar cele care lucrează în spațiul tridimensional (3D) folosesc un număr limitat de blocuri constructive — schema CSG — sau un anumit tip de suprafețe pentru frontiere. Considerăm că realizarea unui sistem 3D eficient necesită cel puțin un superminicalculator pe 32 de biți și un display raster color cu 512×512 pixeli.

6.2.2. Metode de a construi modele geometrice

Există trei metode consacrate de a construi modele geometrice :

- descriere procedurală ;
- conversia bazei de date ;
- grafică interactivă.

Descrierea procedurală constă în reprezentarea unui obiect printr-un program a cărui execuție produce — i.e. desenează — un exemplar din respectivul obiect. Limbajele de programare în care se face descrierea sînt greoaie, existînd foarte multe propuneri de astfel de limbaje, fără ca vreunul să se impună. Și la noi în țară au fost proiectate două astfel de limbaje — LIPCON și LIPFOG — la I.C.T.C.M.

O procedură obiect reprezintă un șablon al unui obiect. Activarea unei proceduri obiect corespunde creării unui exemplar al obiectului în spațiu. O procedură obiect poate avea parametri, devenind un obiect generic. Descrierea procedurală este convertită în model prin compilarea și executarea procedurilor obiect în contextul în care aceste proceduri sînt activate. Practic, limbajele de descriere oferă facilități de apelare ale unor proceduri standard de descriere — pentru linie, cerc, curbe spline, cilindri etc. — și de operații aritmetice asupra parametrilor.

Procedurile se pot apela unele pe altele, permițînd descrierea unor obiecte complexe. Dezavantajul principal al acestei metode îl constituie modul de lucru secvențial : se scrie programul de descriere, se compilează, se execută, în urma execuției modelul este desenat — pe un display sau pe un plotter — orice eroare de descriere însemnînd reluarea întregului ciclu programare—compilare—execuție. Metoda este foarte anevoioasă iar utilizatorii trebuie să aibă cunoștințe de programare. Se pretează în cazul primei scheme de reprezentare — instanțierea primitivelor pure — deci în cazul tehnologiei de grup.

Conversia bazei de date — o metodă mai rar folosită — constă în construirea modelului unui obiect prin vîrfuri și muchii — *wire frame* — pornind de la mai multe proiecții în 2D ale obiectului. Există în literatură mai mulți algoritmi de *wire frame* [1], avînd drept scop construirea tuturor obiectelor care au același schelet. Proiecțiile obiectului în 2D se obțin fie prin metoda descrierii procedurale fie prin grafică interactivă.

Vom insista asupra ultimei metode, datorită utilizării ei intensive în sistemele CAD comerciale, indiferent de schema de reprezentare pe care o folosesc. În plus, folosind această metodă, se pot genera automat proceduri obiect în orice limbaj de descriere procedurală — cu un postprocesor

adecvat — spre a fi folosite pe sisteme care implementează astfel de limbaje.

Metoda *graficii interactive* se bazează pe organizarea tuturor comenzilor necesare realizării și manipulării desenelor în grupuri relaționate logic, numite liste de meniu. Aceste liste sînt afișate pe ecranul unui display grafic, pe o tabletă grafică sau pe o tastură. Utilizatorul transmite comanda dorită sistemului prin selectarea acesteia din lista de meniu cu ajutorul unui dispozitiv de interacțiune (joystick, creion optic, șoricel etc.).

Această modalitate de a dirija un sistem grafic se numește *tehnica meniului*. Listele de meniu sînt organizate ierarhic într-o structură de arbore. Componenta listelor de meniu și structura ierarhică se obțin în urma unui proces de generare. Astfel, meniul este expandabil și reconfigurabil. În figura 6.4 este redată o configurație de meniu în sistemul ISOLDA.

Dispecerul comenzilor se implementează ca un automat cu stivă, acționînd în funcție de starea lui curentă, de comanda introdusă și de comenzile aflate în stivă. Nu intrăm în detalii de funcționare a automatului; precizăm doar rolul stivei: aceasta păstrează comenzile în ordinea în care au fost introduse — deci în ordinea de traversare a arborelui listelor

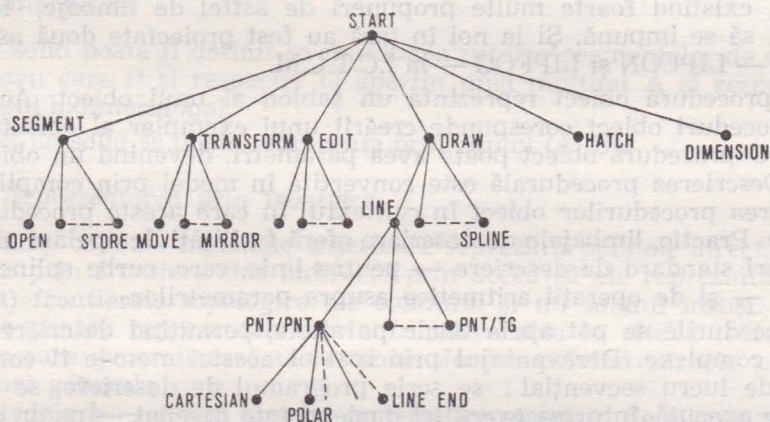


Fig. 6.4. Structura arborescentă a unui meniu de comenzi.

de meniu dinspre rădăcină spre comanda curentă — pentru a permite utilizatorului să folosească, ori de cîte ori este posibil, comanda implicită, care este comanda de pe virful stivei.

Vom prezenta o serie de comenzi care se regăsesc în majoritatea sistemelor CAD din domeniul mecanicii.

Auxiliare grafice

Orice sistem grafic interactiv trebuie să furnizeze două instrumente software indispensabile: un locator și un selector.

Locatorul introduce coordonatele unui punct din spațiul de desen în sistemul de referință ales de utilizator. Selectorul identifică o entitate grafică de pe ecran, care poate fi o comandă sau un element de desen. Su-

portul hardware pentru locator poate fi orice echipament din clasa *poziție*, iar pentru selector, orice echipament din clasa *intercepție* (vezi 5.7.1). În lipsa suportului hardware pentru selector, acesta se poate implementa folosind un dispozitiv de *poziție* în conjuncție cu lista software de display. Cu ajutorul selectorului se indică argumentele funcțiilor grafice prin punctare.

Auxiliare de desen

Funcțiile auxiliare de desen sînt funcțiile care permit specificarea unei poziții pe ecran, a unui unghi sau a unei lungimi.

Funcții de specificare a unei poziții (exemplificăm cu funcții din sistemul ISOLDA) :

ABS CART	— coordonate carteziene, valori absolute
ABS REL	— coordonate carteziene relative la un punct de referință
POLAR	— coordonate polare
MIDLINE	— mijlocul unei linii anterior desenate
LINE END	— capătul cel mai apropiat al unei linii de poziția în care aceasta a fost selectată
CENTER	— centrul unui cerc anterior desenat
INTERS	— punctul de intersecție a două primitive grafice cel mai apropiat de pozițiile în care au fost selectate cele două primitive

În cazul în care se utilizează pe ecran o grilă cu o spațiere convenabilă, se pot specifica cu locatorul poziții direct pe ecran, sistemul alegînd cel mai apropiat nod al grilei de punctul indicat.

Funcții de specificare a unui unghi :

ABS DIR	— valoare absolută de unghi
REL DIR	— valoare relativă față de o valoare de referință
LINE/LINE	— unghiul făcut de două drepte
PNT/PNT	— unghiul făcut cu orizontala de dreapta care trece prin două puncte date
PARALLEL	— unghiul făcut de o dreaptă dată cu orizontala

Funcții de specificare a unei lungimi :

ABS VAL	— valoare absolută a lungimii
REL VAL	— valoare relativă față de o valoare de referință
LINE LENGTH	— lungimea unei linii date
PNT/PNT	— distanța dintre două puncte
PNT/LINE	— distanța dintr-un punct la o dreaptă
RADIUS	— raza unui cerc

Comenzi de desenare

Comenzile din această grupă permit desenarea oricărei primitive grafice :

- LINE** — desenează un segment de dreaptă folosind una din subcomenzile de mai jos :
- PNT/PNT** — se dau capetele drepte (printr-una din funcțiile de specificare a unei poziții)
 - PNT/DIR/VAL** — se dau un punct, o pantă și o lungime
 - PNT/TG** — se dau un punct și o entitate grafică la care dreapta trebuie să fie tangentă
 - PNT/PERP** — se dau un punct și o dreaptă la care dreapta ce se desenează trebuie să fie normală
- POLYLINE** — desenează o linie frântă
- CIRCLE/ARC** — desenează un cerc sau un arc de cerc, folosind una din subcomenzile de mai jos :
- CEN/PNT** — se dau centrul și un punct de pe cerc
 - CEN/RAD** — se dau centrul și raza cercului
 - PNT/PNT/PNT** — se dau trei puncte
 - RAD/PNT/PNT** — se dau raza și două puncte prin care cercul trebuie să treacă
 - ARC P/P/P** — un arc de cerc care unește primul și al treilea punct, trecând prin cel de-al doilea punct
 - ARC RAD/P/P** — arc de cerc de rază dată care unește două puncte
- TEXT** — scrie un text cu originea, spațierea, înclinația și cu tipul de caractere alese de utilizator
- SPLINE** — desenează o curbă spline care trece printr-o serie de puncte date
- ELLIPSE** — desenează o elipsă
- RECTANGLE** — desenează un dreptunghi dându-se două colțuri diagonale opuse
- FILLET** — racordează două elemente grafice cu un arc de rază dată
- TRIM** — ajustează un număr de linii conform subfuncțiilor :
- TRIM TO** — prelungeste o linie până la intersecția cu o a doua linie
 - TRIM AND** — prelungeste două linii până la punctul lor comun de intersecție
 - TRIM BTW** — șterge capetele unei linii care se găsesc în afara regiunii delimitate de alte două linii
- MARKER** — desenează un semn distinctiv (de obicei „fulg de zăpadă”) pentru a marca o poziție de interes pentru utilizator pe ecran

Desigur, se mai pot introduce și alte comenzi, de exemplu : cîmpuri de puncte, utilizate în CAM (s-au folosit mnemonicele englezești cele mai răspîndite în sisteme grafice).

Comenzi de editare

În afara creionului, proiectantul folosește intens guma. În plus, el desenează cu diverse grosimi de linie și cu diferite tipuri de linie. De aceea, el trebuie să aibă la dispoziție funcții de editare a desenelor. Dintre acestea, mai importante sînt :

DELETE — șterge o entitate grafică

ATTRIB — modifică atributele unei linii : grosimea (culoarea) și tipul ei (continuă, punctată, întreruptă etc.)

În afara acestor funcții, al căror efect se vede imediat pe ecran — mai puțin în cazul specificării unui atribut de culoare pe un display monocromatic, culoare care va apare la plotter — se mai includ în sistem funcții care modifică structura internă a desenului (vezi 5.7.3) :

GROUP — grupează mai multe primitive/obiecte grafice într-un obiect ierarhic superior

SEPARATE — separă un obiect grafic în obiectele componente de pe nivelul imediat inferior

Organizarea ierarhică a desenelor permite aplicarea unei funcții grafice simultan mai multor primitive grafice grupate într-un singur obiect, fiind necesară indicarea unei singure primitive aparținînd obiectului, reducînd astfel considerabil conversația om-sistem.

Comenzi de transformare

Aceste comenzi permit aplicarea unor transformări (vezi 5.3) asupra obiectelor grafice :

MOVE — translatează un obiect grafic într-o nouă poziție

SCALE — mărește (micșorează) un obiect grafic de un număr de ori

ROTATE — rotește un obiect grafic față de un centru de rotație cu un unghi dat

MIRROR — oglindește un obiect grafic față de o axă de simetrie

Comenzile de mai sus pot constitui subcomenzi ale funcției COPY ; efectul lor este același, doar că înainte de aplicarea funcției se face o copie a obiectului grafic indicat și această copie este transformată.

Comenzi de manipulare a segmentelor

Pentru a putea fi folosite de celelalte componente ale sistemului software CAD — în special de către administratorul bazei de date grafice — primitivele și obiectele grafice sînt organizate pe *segmente*. Segmentul este noțiunea comună folosită pe toate cele trei nivele ale sistemului : programe aplicative, mașina grafică virtuală, mașina fizică

(display-ul grafic). Enumerăm câteva dintre comenzile uzuale de manipulare a segmentelor :

OPEN — deschide un segment care devine segmentul activ ; acesta este singurul în care se poate desena și care poate fi editat, celelalte fiind *read-only*

CLOSE — închide segmentul activ

STORE — memorează un segment într-o bibliotecă

FETCH — aduce pe ecran un segment dintr-o bibliotecă

Spre deosebire de primitive și de obiecte grafice care sînt selectabile prin interceptie, segmentele se pot selecta și prin nume, identificatorul unui segment fiind unic.

Comenzi diverse

În această „categorie“ intră facilități care nu sînt indispensabile unui sistem grafic interactiv, dar care pot mări considerabil productivitatea activității de desenare :

HATCH — hașurează automat un domeniu simplu sau multiplu conex, folosind spațierea și înclinația dorită de utilizator

DIMENSION — cotează automat sau semiautomat, elemente de desen, conformindu-se standardelor dorite

WINDOW — realizează un efect de „lupă“, permițînd lucrul la detalii : alege o fereastră mai mică din desen, încadrînd-o în vizorul folosit drept zonă de desen (facilitatea este întilnită în diverse sisteme sub numele de *zoom* — pentru mărire — și *pan* — pentru panoramare, i.e. plimbarea lupei pe desen)

SET — setează caracteristici : de text sau de hașurare, puncte de referință etc., pentru ca sistemul să poată folosi aceste caracteristici drept valori implicite

Comenzile prezentate în acest capitol pot alcătui un meniu suficient pentru realizarea unui desen oricît de complex. În funcție de aplicația căreia îi este destinat, de resursele hardware și de imaginația inginerului software care îl implementează, sistemul poate cuprinde numeroase alte comenzi. Organizarea acestora în liste și folosirea unei metode generative pentru cuprinderea listelor în sistem, oferă posibilitatea croirii sistemelor CAD pe calapodul aplicației.

6.2.3. Implementarea sistemului de I/E grafică

Odată luate deciziile asupra schemei de reprezentare și asupra metodei de a construi modele geometrice, sistemul software trebuie adaptat configurației hardware pe care se va executa. Sistemul software este compus din trei tipuri de rutine :

a) rutine dependente de aplicație și independente de dispozitivele grafice ;

b) rutine independente de aplicație și independente de dispozitivele grafice ;

c) rutine dependente de dispozitivele grafice.

Rutinele de tip a) sînt grupate în baza de metode și în baza de programe aplicative și vor fi discutate în paragrafele următoare.

Rutinele de tip b) implementează comenzile din meniul sistemului, desenînd pe o mașină grafică virtuală (vezi 5.7).

Rutinele de tip c) pun în corespondență mașina grafică virtuală cu o mașină fizică. Aceste rutine sînt înglobate într-un sistem GKS, sau similar și se consideră disponibile de către implementatorul unui sistem grafic interactiv.

În această abordare, implementarea sistemului de I/E grafică se reduce la :

- conceperea unui proces de generare, în urma căruia se obține un fișier de configurație conținînd meniul și caracteristicile hardware-ului ;

- conceperea unei interfețe software între sistemul de modelare geometrică și mașina grafică virtuală ;

- (în cazul absenței unui sistem GKS) implementarea conceptelor GKS necesare și simularea prin software a funcțiilor hardware pe care echipamentele dintr-o anumită configurație nu le furnizează.

Fișierul de configurație se obține în urma dialogului dintre utilizator și sistemul de calcul, într-un mod asemănător generării unui sistem de operare. El conține listele de meniu și organizarea lor arborescentă, contextul hardware, starea anumitor opțiuni (activă/inhibată).

În funcție de comenzile din meniu, se extrag dintr-o bibliotecă exhaustivă — în sensul cuprinderii tuturor rutinelor pentru un sistem cu toate funcțiile și toate opțiunile activate — numai acele module care sînt necesare funcționării sistemului în cauză.

Descrierea contextului hardware conține specificațiile stației de lucru : tipul display-ului (caligrafic, raster), tipul echipamentului de interacțiune (joystick, tabletă grafică și puck, creion optic etc.), adresabilitatea ecranului, facilități de clipire (blinking), număr de culori sau intensități luminoase etc.

În funcție de această descriere, se încarcă drivere-le corespunzătoare de dispozitive, se inițializează tabelele de atribute ale stației de date, se integrează modulele care simulează prin software funcțiile hardware absente. Contextul hardware influențează doar realizabilitatea mașinii grafice virtuale — MGv — pe o mașină fizică.

Rutinele din grupa b) fac abstracție de acest context comunicînd cu MGv printr-o interfață virtuală. În tabelul 6.1 sînt prezentate cîteva din comenzile recunoscute de interfața virtuală din sistemul ISOLDA, grupate după conceptele GKS pe care le implementează.

Sînt necesare cîteva observații. Comenzile de interfață au fost proiectate avîndu-se în vedere existența listei software de display (vezi în 5.7.1 conceptul WISS). Această listă este necesară în cazul sistemelor care nu au echipamente de interceptie, pentru a se putea implementa operația de selectare. Interceptarea se simulează astfel : se indică o primitivă de pe ecran prin punctare cu un locator ; se preiau coordonatele punctului indicat și se calculează distanța de la punctul respectiv la toate

Comenzi virtuale în ISOLDA

Concept GKS	Comanda	Funcție	Parametrii
Primitive grafice	VPUT	Serie o primitivă grafică	Codul primitivei, conținutul primitivei
	VGET	Citește o primitivă grafică	Codul primitivei, conținutul primitivei
Clase și tipuri de intrări	VLOC	Citește coordonatele unui punct introdus de un locator în modul „la cerere”	Coordonatele punctului și eventual codul tastei care a marcat introducerea
	VSEL	Interceptează primitiva punctată	Identificatorul segmentului, identificatorul primitivei
Segmente	VSOPE	Deschide un segment	Identificatorul segmentului
	VSCLO	Închide segmentul de lucru	—
	VSDEL	Șterge un segment	Identificatorul segmentului
	VINS	Inserează un segment în segmentul de lucru	Identificatorul segmentului, adresa de inserare
	VEXT	Extrage un obiect din segmentul de lucru	Identificatorul segmentului în care se face extragerea, adresa de unde se face extragerea.
	VSTRA	Setează matricea de transformare de la coordonate reale la coordonate de ecran	Identificatorul segmentului, matricea de transformare
Sisteme de coordonate și transformări	VRTRA	Citește matricea de transformare	Identificatorul segmentului, matricea de transformare
	VGIN	Transformă coordonatele de ecran în coordonate reale pentru un segment	Coordonatele de ecran, identificatorul segmentului
Atribute	VSETCH	Setează un atribut al unui segment cu o valoare	Identificatorul segmentului, numele atributului, valoarea
Stația de lucru	VSTART	Inițiază o sesiune la stația de lucru	
	VTRM	Închide sesiunea.	

primitivele din lista software de display, selectându-se primitiva aflată la distanță minimă (în practică, se folosesc metode euristice care limitează numărul de primitive candidate la selectare). Adresa în listă a primitivei interceptate se obține folosind comanda VNOT. Această adresă poate fi folosită drept argument al comenzilor VINS și VEXT. Interfața software menține pointeri de citire și de scriere pentru fiecare segment grafic. Acești pointeri sînt *read-only* pentru programele aplicative pentru a menține integritatea datelor din WISS. Cu ajutorul pointerilor și a două primitive grafice invizibile — *begin* și *end* — se pot obține structuri de tip PHIGS sau obiecte grafice ca urmare a unei comenzi GROUP.

Implementarea mașinii grafice virtuale a fost prezentată pe larg în capitolul 5.7.4.

6.3. Sistemul de dialog

Succesul unui sistem CAD depinde substanțial de modul în care se face conversația cu utilizatorul. Totuși, interacțiunea om-sistem este de cele mai multe ori neglijată fiindcă :

- realizatorii sistemului sînt mai preocupați de a face sistemul să funcționeze decît de faptul că acest sistem va fi utilizat de proiectanți — de obicei, nespecialiști în calculatoare — drept un instrument pentru rezolvarea unor probleme specifice ;

- interacțiunea implică factori — psihologici, motivaționali — greu algoritimizabili ;

- nu sînt disponibile mijloacele necesare utilizării tuturor resurselor umane de comunicare — sintetizatoarele de voce și aparatele capabile să recunoască vocea umană ar încălca inutil costul sistemului și, deocamdată, sînt prea lente.

Cei care comercializează sisteme CAD sînt însă conștienți de importanța acestui aspect — dialogul — insistînd în toate prospectele asupra atributului *user-friendly* : traductibil direct prin „prietenos cu utilizatorul“, dar mai aproape de adevăr ar fi „condescendent cu utilizatorul“. Indiferent de calitatea programelor interne sistemului, acceptarea sau respingerea de către utilizator a sistemului decide viabilitatea lui într-un mediu productiv. Omul și calculatorul trebuie să se completeze fără ca utilizatorul să se simtă stresat.

Dintre deficiențele cele mai des semnalate ale dialogului, menționăm :

- cantitatea mare de răspunsuri pe care utilizatorul trebuie să le introducă de la tastatură ;

- precaritatea mesajelor de eroare, utilizatorul trebuind să caute în manuale informații suplimentare asupra cauzelor de eroare.

Pentru a evita aceste neajunsuri, trebuie avute în vedere patru aspecte majore cînd se proiectează dialogul [1] :

- a) *Speranțe și previziuni* : speranțele utilizatorului de a purta un dialog cu calculatorul trebuie împlinite astfel încît utilizatorul să-și poată

folosi experiența de comunicare cu oamenii ; aceasta este posibilă numai dacă dialogul este predictibil.

b) *Context* : în orice moment, există un set de experiențe pe care utilizatorul le folosește pentru a interpreta mesajele în contextul curent.

c) *Experimentare* : sistemul trebuie să poată trata încercările infructuoase și erorile fără să-l penalizeze excesiv pe utilizator în timp de calcul, obligându-l să reia secvențe lungi de dialog.

d) *Motivație* : dialogul condus de sistem trebuie să facă totul pentru a da încredere utilizatorului.

Din relevarea acestor aspecte derivă necesitatea ca sistemul să comunice cu utilizatorul printr-un dialog simetric — asemănător comunicației între doi oameni. În stadiul actual, fără a folosi tehnici specifice inteligenței artificiale, dezideratul simetriei dialogului nu este îndeplinit.

Comunicația om/sistem în sistemele CAD bazate pe grafică interactivă cuprinde trei grupe de probleme :

a) Introducerea datelor inițiale — durată de ordinul zilelor.

b) Manipularea datelor și rezultatelor ca interacțiuni în timp real între utilizator și calculator — durată de ordinul secundelor sau minutelor.

c) Ieșirea rezultatelor — durată de ordinul secundelor sau minutelor.

Introducerea datelor — activitatea cea mai mare consumatoare de timp — este inefficient să se desfășoare on-line, deoarece ocupă display-ul grafic în mod inutil. De aceea, este preferabil ca introducerea să se facă de la periferice mai puțin încărcate — teletype, display alfanumeric, digitizor — folosind programe adecvate de culegere și validare a datelor. Odată culese și validate, datele pot fi transmise sistemului CAD, care le preia prin intermediul unui preprocesor și le vizualizează pe ecranul display-ului grafic. Caracterul off-line al introducerii în raport cu prelucrarea permite implementatorului să conceapă un dialog consistent, deoarece durata acestuia este redusă în comparație cu durata introducerii propriu-zise a datelor.

Dialogul pentru manipularea datelor și rezultatelor în timp real este îngrădit de mediul prin care se desfășoară : ecranul display-ului grafic, resursa critică a sistemului. De modul în care este împărțit ecranul depinde în mare măsură productivitatea unui sistem CAD.

Zona 1	Zona 2 Mesaje sistem	Zona 3
Zona 4	Zona 5	Zona 6
Lista de funcții	Suprafața de desen	Lista de subfuncții
Zona 7 Fereastră	Zona 8 Simboluri	Zona 9 Lista funcții curente

Fig. 6.5. Organizarea logică a ecranului.

Se recomandă ca ecranul să fie împărțit logic în mai multe zone de interes pentru utilizator, dar amplasarea fizică a acestor zone pe ecran să fie făcută dinamic, în funcție de fișierul de configurație obținut în urma generării. În ISOLDA există 9 astfel de zone (vezi figura 6.5).

Dacă pentru o instalare particulară, utilizatorul nu dorește folosirea unor biblioteci de simboluri pentru desenare, iar pentru meniu a ales un subset minimal de comenzi, ecranul poate fi organizat ca în figura 6.6,

Zona 1	Zona 2	Zona 7	Zona 3
Zona 5			Zona 4
			Zona 6
			Zona 9

Fig. 6.6. Organizarea fizică a ecranului pentru o configurație particulară.

mărind considerabil suprafața zonei de desen. Dacă meniul se găsește pe o tabletă grafică sau pe tastatură, se poate renunța și la zonele 4, 6 și 9. Dacă utilizatorul dorește ca dialogul să se poarte pe un display alfanumeric aflat în configurație, se poate renunța și la zonele 1 și 2. La limită, se poate configura un sistem ISOLDA care să folosească întreg ecranul pentru zona 5. Desigur, pe măsură ce scade numărul zonelor de pe ecran, scade calitatea dialogului și crește volumul datelor grafice afișabile pe ecran. Trebuie găsit un compromis convenabil între suprafața de desen și cea de dialog. Înclinăm să dăm o importanță mai mare calității dialogului, deci alocării unei zone corespunzătoare pentru comunicație, deoarece pentru zona de desen utilizatorul are facilitatea WINDOW, de a lucra cu ferestre oricât de mici de desen.

Amplasarea și dimensionarea liberă a zonelor logice este limitată de câteva restricții hardware :

— dacă display-ul folosește un set de caractere de dimensiune fixă, zonele 1, 2, 3, 4, 6 și 9 trebuie să aibă dimensiuni corespunzătoare pentru ca textele să încapă în întregime — să nu facă obiectul operației de decupare ;

— în cazul display-urilor cu acuratețe redusă, zona 5 trebuie să ocupe o suprafață de ecran cit mai mare. Dar indiferent de cum este partajat ecranul, implementatorul nu trebuie să-și modifice programele : absența unei zone logice se traduce cu alocarea în fișierul de configurație a unei zone fizice de arie zero, ceea ce va determina algoritmul de decupare (vezi 5.4) să inhibe afișarea oricărei informații grafice în respectiva zonă.

În privința organizării meniului — cheia dialogului — nu există rețete sigure, experiența implementatorului și reacțiile utilizatorilor fiind singurele în măsură să dea o orientare.

A treia grupă de probleme — ieșirea rezultatelor — necesită un dialog redus, utilizatorul dorind, de obicei, să obțină la plotter sau la o imprimantă grafică exact ce se vede pe ecran. Informațiile de scară, număr de copii, amplasare în pagină etc., se pot da unui postprocesor care lucrează off-line față de sistemul CAD.

6.4. Baza de date grafice

Modelele geometrice obținute prin intermediul graficii interactive trebuie memorate pentru a fi utilizate de programe aplicative, pentru a fi transportate pe alte sisteme CAD sau pentru a fi editate. În afara informațiilor geometrice, este necesară și memorarea informațiilor negeometrice de interes în proiectarea mecanică. Modul în care sînt memorate pe suporturi externe datele grafice și modul în care se face regăsirea lor influențează considerabil performanțele unui sistem CAD. De aceea, utilizarea unei baze de date grafice pentru arhivarea desenelor se impune.

Baza de date este o colecție de date relaționate, memorate împreună, fără redundanțe inutile, pentru a deservi mai multe aplicații. Datele sînt memorate independent de programele care le utilizează. Se folosește o abordare comună și controlată pentru adăugare de noi date în bază, pentru modificarea și regăsirea datelor din baza de date.

Din această definiție, se observă că și VDM (vezi 5.9) poate fi privit ca o bază de date grafice.

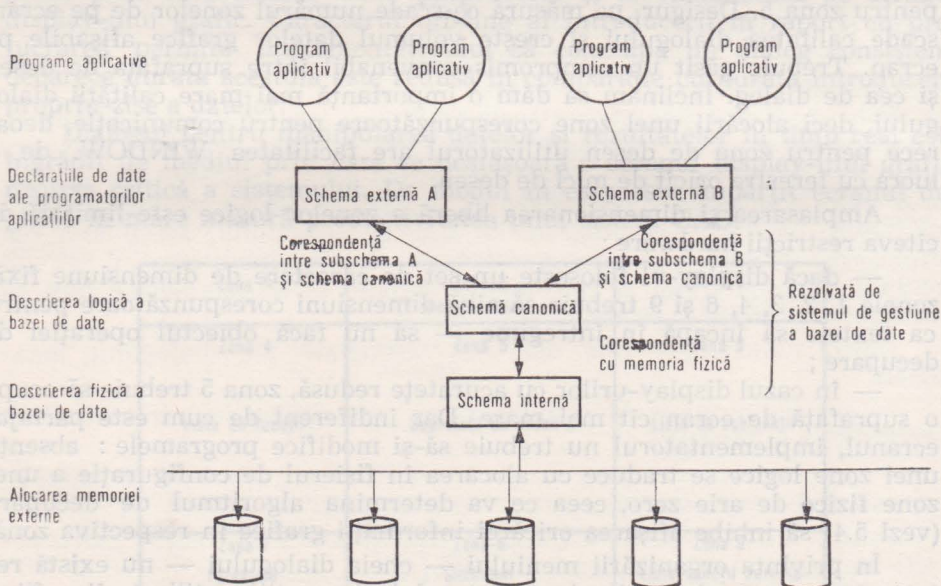


Fig. 6.7. Structură de bază de date.

Din punctul de vedere al programelor aplicative, datele din bază au 4 componente : data propriu-zisă, sintaxa datei, semantica datei și calea de acces la dată.

Datele propriu-zise se obțin în procesul de modelare.

Sintaxa (formatul) datei este standardizată pentru a permite mai multor programe aplicative să utilizeze aceeași bază de date ; formatul standard cel mai utilizat în sistemele CAD pentru mecanică este IGES. Semantica datei este dată de atributele care însoțesc informația grafică. În privința căii de acces la dată, sistemul de gestiune al bazei de date are întreaga responsabilitate.

Structura unei baze este prezentată în figura 6.7.

În sistemele CAD din mecanică se pot utiliza trei clase de scheme canonice [1] : ierarhice, în rețea și relaționale. Le vom prezenta în continuare pe scurt, cititorul interesat putînd apela la lucrările citate în bibliografie [8], [9].

a) Baze de date ierarhice

O structură ierarhică este, tipic, o structură de arbore. În figura 6.8 este reprezentată o astfel de structură pentru desenele tehnice folosită în mecanică. De observat că în fiecare nod al arborelui se află aceeași entitate informațională : desenul. Acesta, la rîndul său, poate avea și el o structură arborescentă. Bazele de date de acest tip sînt ușor de reținut și asigură timpi foarte buni de regăsire. Dezavantajele lor provin din faptul că puține relații între informațiile reale sînt pur ierarhice. Pentru a implementa relații complexe într-o manieră ierarhică, se ajunge la duplicarea datelor, ceea ce creează redundanță și pericol de inconsistență a datelor.

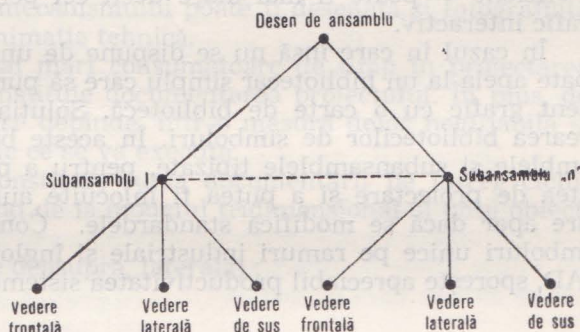


Fig. 6.8. Desen tehnic organizat ierarhic.

b) Baze de date în rețea

Aceste structuri sînt, de obicei, liste înlănțuite, fiecare listă fiind referită ca o mulțime care are un proprietar și zero sau mai mulți membri. Un exemplu tipic îl reprezintă DBMS-11 — sistemul de gestiune al bazelor de date de pe minicalculatoarele PDP-11. Listele unei rețele sînt realizate cu ajutorul pointerilor, ceea ce evită căutarea excesivă în tabele și permite un acces rapid și direct la un nod al rețelei. Dezavantajele acestui tip de baze de date constau în dimensiunile programelor care manipulează structuri de date complexe și în faptul că operațiile cu mulțimi nu sînt instrumente naturale pentru utilizatorul obișnuit.

c) Baze de date relaționale

O structură relațională este o reprezentare amorfă a datelor pe care se definesc relații n -are. O relație poate fi privită ca o tabelă în care fiecare rând corespunde unui n -uplu și fiecare coloană unui atribut. Limbajele prin care se accesează înregistrările din baza de date sînt neprocedurale. Cel mai cunoscut exemplu de acest tip de limbaj este *Sequel*, dezvoltat de firma IBM. Calea de acces la o înregistrare nu este vizibilă — ca în cazul tipurilor a) și b) —, sarcina de a găsi o cale de acces la respectiva înregistrare revenind unui optimizator.

Marele avantaj al modelului relațional este acela de a fi permanent consistent; el este flexibil în privința manipulării relațiilor și datelor de către utilizator.

Dezavantajele imediate sînt două : durata mare a mecanismelor ce implementează operațiile algebrei relaționale și neadecvarea la structurile de date tipice pentru CAD.

Programatorul unui sistem CAD în industria mecanică trebuie să folosească sistemul de gestiune al bazelor de date disponibil pe calculatorul pe care se face implementarea. Efortul pentru dezvoltarea unui sistem propriu de gestiune al unei baze de date croită pe aplicație — care să fie și eficient — poate fi mai mare decît cel pentru dezvoltarea sistemului grafic interactiv.

În cazul în care însă nu se dispune de un sistem de baze de date, se poate apela la un bibliotecar simplu care să pună în corespondență un segment grafic cu o carte de bibliotecă. Soluția este folosită îndeosebi la crearea bibliotecilor de simboluri. În aceste biblioteci se memorează ansamblurile și subansamblurile tipizate, pentru a putea fi „apelate” în activitatea de proiectare și a putea fi înlocuite automat în toate desenele în care apar dacă se modifică standardele. Construirea unor biblioteci de simboluri unice pe ramuri industriale și înglobarea acestora în sistemele CAD, sporește apreciabil productivitatea sistemului.

6.5. Baza de metode

Intersecția dintre sistemele CAD și cele CAE cuprinde și baza de metode : programele care înmagazinează instrumente ingineresti de proiectare, grupate în trei clase — analiză, validare și documentare. Fără această bază de metode, sistemele grafice interactive pot fi categorisite doar drept sisteme de desenare automată.

Dintre instrumentele de analiză necesare în proiectare, menționăm :

- calculul proprietăților mecanice de bază, cum ar fi : arii, volume, centre de greutate, momente de inerție ;
- generarea și utilizarea metodelor de element finit pentru analiza proprietăților exprimabile prin ecuații cu derivate parțiale de ordinul doi sau trei — de exemplu : propagarea căldurii, deformări elastice ;
- studiul corectitudinii proiectului relativ la relațiile dintre părți :
 - îmbinarea părților ;

- funcționarea corectă a mecanismelor ;
- distribuția toleranțelor.

Instrumentele de analiză acționează asupra modelelor geometrice de pe ecran sau din bază de date grafice.

În urma analizei, se fac corecțiile necesare asupra modelului și se trece la validare.

Validarea se poate face în două feluri :

- static, efectuând calcule specifice de rezistență materialelor, de organe de mașini, care se pot efectua și off-line ;
- dinamic, simulând funcționarea mecanismelor pe ecranul grafic.

Simularea mecanismelor — care este recomandabilă doar pe display-uri cu hardware adecvat pentru a face transformări asupra segmentelor din lista de display — se poate realiza folosind macroinstrucțiuni implementate prin intermediul fișierelor de comenzi. De exemplu, mișcarea continuă se poate realiza cu o secvență de comenzi MOVE avînd drept argument același segment grafic iar drept poziții succesive, puncte de pe o traiectorie dată. Un program de simulare analizează un mecanism de o complexitate arbitrară într-o secvență finită de pași, generînd un fișier de macroinstrucțiuni care, odată încărcat modelul mecanismului, îl determină să parcurgă secvența în care va opera în practică. Dacă se dorește, fiecare poziție secvențială a mecanismului poate fi desenată și fotografiată pentru a obține un film de animație tehnică.

Una din etapele cele mai mari consumatoare de timp în proiectarea din industria mecanică îl constituie documentarea proiectului. În plus, de calitatea acestei documentări depinde într-o măsură deloc neglijabilă și calitatea ansamblului mecanic ce se va executa.

Baza de date grafice constituie sursa documentării pe întreg ciclul de viață a proiectului. Pornind de la modelul tridimensional al unui obiect, se pot produce automat :

- proiecții (frontală, de deasupra, laterală) ;
- secțiuni ;
- cotare completă etc.

Folosind informațiile negeometrice atașate modelului, se pot genera :

- lista de materiale ;
- timpi de execuție ;
- necesar de SDV-uri etc.

Cu cît baza de metode cuprinde mai multe instrumente ingineresti, cu atît va crește nivelul de încredere al utilizatorului în sistem.

6.6. Programe aplicative

Orice program care cunoaște schema canonică a bazei de date grafice și care are drepturi de acces la respectiva bază, poate accesa informațiile grafice pentru a le utiliza în aplicații specifice.

Dintre aplicațiile uzuale în industria mecanică, le amintim pe cele din domeniul : fabricației, asamblării, controlului de calitate, ordonanțării producției. Majoritatea acestor programe aplicative nu prezintă aspecte spe-

cifice în cazul graficii interactive și nu fac obiectul lucrării. Ne vom opri la fabricația asistată de calculator, cu cele trei domenii de aplicare a modelării geometrice : tăiere, uzinare, sudare.

a) Operația de tăiere

Deși mașinile-unelte cu comandă numerică destinate operațiunii de tăiere sînt disponibile în număr mare, există surprinzător de puține cazuri în care aceste echipamente sînt folosite intensiv datorită costului ridicat al programării lor. Limbajele existente pentru programarea MUCN — limbaje de tip APT — sînt în general folosite de programatori specializați, cunoscători ai unui număr restrîns de MUCN.

O metodă de generare automată a programelor pentru MUCN în sistemele CAD o constituie introducerea traseului sculei prin punctare pe ecran, sistemul verificînd tangențialitatea traseului la suprafață. Dacă se asociază traseului informații tehnologice sub formă de atribute, sistemul are toate elementele pentru a putea genera, cu ajutorul unui postprocesor specific mașinii țintă, programul de tăiere. Problema matematică pe care trebuie să o rezolve sistemul este calculul unui contur „deplasat“ față de conturul piesei. Folosind programele de simulare din baza de metode, se poate vizualiza mișcarea sculei, corectîndu-se interactiv traseul. Cînd se decide că traseul este corect, se generează programul pentru MUCN, evitînd consumul de timp și, eventual, de material pentru încercarea programului direct pe o piesă de probă, cum se obișnuiește în programarea manuală.

b) Operația de uzinare

Aceleași considerente ca și la operația anterioară, cu observația că mașinile-unelte implicate în această operație sînt mult mai complexe, cu mai multe grade de libertate și un sistem CAM care să le programeze trebuie să aibă în bază un sistem CAD cu grafică interactivă în 3 D.

c) Operația de sudare

Procesul de fabricație în care roboții industriali sînt utilizați cu cea mai mare intensitate este sudarea. De aceea, controlarea traiectoriei aparatului de sudură printr-un program este inevitabilă. Disponibilitatea pe un display grafic a modelelor corpurilor ce se sudează și indicarea printr-un echipament interactiv a traiectoriei, furnizează sistemului de comandă a robotului informațiile geometrice necesare pentru controlul brațului.

d) Alte aplicații

Nu vrem să încheiem capitolul fără a atrage atenția asupra faptului că se pot implementa sisteme grafice interactive de proiectare asistată de calculator și în alte domenii, cum ar fi : construcții aero și navale, construcții civile și arhitectură, cartografie, geodezie, sistematizare urbană etc. Soluțiile pentru sistemul de I/E grafică și dialogul om-sistem sînt asemănătoare cu cele ale sistemelor din industria mecanică. Organizarea bazelor

de date grafice și gestionarea lor sînt similare, deosebirile apărînd, de obicei, la formatul în care se memorează datele grafice, existînd standarde grafice — ca în cartografie sau arhitectură. Diferă baza de metode și programele aplicative.

Bibliografie, capitolul 6

- [1] Encarnação, J., Schlechtendahl, E. G., *Computer Aided Design, Fundamentals and System Architecture*, Springer-Verlag, 1982.
- [2] Eastman, C. M., Preiss, K., A review of solid shape modelling based on integrity verification, *Computer-aided design*, Butterworth & Co., 1984.
- [3] Seifert, H. Der unaufhaltsame Weg des CAD/CAM. Ergebnisse und Perspektiven, VDI-Z, Nr. 15/16, August, 1982.
- [4] Pfaff, G., Kuhlman, H., Hanusa, H., Constructing User Interfaces Based on Logical Input Devices, *IEEE Computers*, November, 1982.
- [5] Rosenthal, D., Michener, J., Pfaff, G., Kessener, R., Sabin, M., The Detailed Semantics of Graphic Input Devices, *Computer Graphics*, 16.3, 1982.
- [6] Pfaff, G., Maderlechner, G., Tools for Configuring Interactive Picture Processing Systems, *IEEE Computer Graphics and Applications*, July, 1982.
- [7] Borufka, H. G., Hagen, P. ten, Kuhlman, H., Defining Interactions by Dialogue Cells, *IEEE Computer Graphics and Applications*, July, 1982.
- [8] * * * Graphische Datenverarbeitung und Konstruktion — Bestandaufnahme und mögliche Trends, VDI — Berichte Nr. 492, 1983.
- [9] Fischer, W. E., Datenbanksystem für CAD/CAM — Anwendungen, CAD—CAM, Hamburg, 1983.
- [10] Lang, C. A., *A Three-Dimensional Model Making Machine*, University of Cambridge, England, September, 1972.
- [11] Dunn, R. M., CAD/CAM. Iconic Expert Systems, *Computer Graphics World*, August, 1984.
- [12] McClelland, W. A., Integrated CAE Improves Graphics/User Interface to Aid Concept Design, *Computer Technology Review*, Summer, 1983.
- [13] * * * ISOLDA, ITC, București, 1984.
- [14] * * * DESIKON, IDI, New York, 1979.
- [15] * * * MEDUSA, AGS, München, 1982.
- [16] * * * CADIS, Siemens, München, 1983.
- [17] * * * euroCAD, Rotring, Hamburg, 1983.
- [18] Lustig, A., Cean, V., ISOLDA — Sistem interactiv de desenare automată, Lucrările celui de al IV-lea colocviu de informatică, Iași, octombrie, 1983.

Grafica interactivă și CAD în electronică. Sistemul de programe PIX pentru proiectarea plăcilor cu circuite imprimate

7.1. Automatizarea proiectării plăcilor cu circuite imprimate

La nivelul tehnologiei actuale, plăcile cu circuite imprimate sînt mult mai complexe decît cele folosite cu cîțiva ani în urmă. În anii 1970—1975, o placă cu două straturi de complexitate medie avea o densitate medie de un circuit integrat de 14 pini la $6,25 \text{ cm}^2$. În ultimii ani, densitatea caracteristică pentru plăcile medii a devenit un circuit integrat de 14 pini la $3,125 \text{ cm}^2$, cu tendința de creștere în continuare. Proiectarea traseelor pentru o placă de o asemenea complexitate a devenit aproape imposibilă prin metodele tradiționale care presupun că schema cablajului se face manual, pe hîrtie. Timpul de proiectare prin metodele tradiționale tinde, de asemenea, să devină inacceptabil de mare în condițiile în care produsele industriei electronice sînt confruntate cu o uzură morală din ce în ce mai rapidă. În sfîrșit, cererea tot mai mare de plăci cu circuite imprimate face ca personalul disponibil pentru proiectare să devină insuficient. Din aceste motive, proiectarea plăcilor cu circuite imprimate a devenit un domeniu în care folosirea calculatorului este indispensabilă.

Proiectarea circuitelor imprimate nu a putut fi automatizată total prin folosirea calculatorului. Datorită complexității problemelor și imposibilității de a integra toate restricțiile tehnologice într-un model matematic, intervenția factorului uman în toate fazele proiectării a fost și continuă să fie o necesitate. Calculatorul poate efectua foarte repede un număr mare de calcule de rutină și poate încerca mii de posibilități. Pe de altă parte, omul posedă capacitatea de a ghida puterea de calcul a mașinii și de a selecta direcțiile cele mai bune pentru găsirea soluției. Dialogul permanent între om și mașină în cadrul proiectării asistate de calculator este o confruntare permanentă a rezultatelor calculelor cu decizia umană, lucru care condiționează esențial succesul proiectării.

Cerințele principale pe care trebuie să le satisfacă un sistem de proiectare asistată de calculator pentru plăci cu circuite imprimate sînt următoarele :

a) Datele de intrare să fie ușor de introdus și să folosească aceeași informație ca metodele tradiționale, astfel încît trecerea de la proiectarea manuală la proiectarea automată să se facă cu ușurință.

b) Operarea sistemului trebuie să fie ușor de învățat și de executat.

c) Sistemul trebuie să dispună de proceduri rapide care să realizeze în mod automat cea mai mare parte a proiectării.

d) Interfața între proiectant și calculator trebuie să permită o interacțiune puternică și permanentă.

e) Sistemul trebuie să permită eliminarea totală a erorilor. Este de dorit ca verificarea tuturor operațiilor să se facă în momentul introducerii, astfel încât să nu se producă fenomenul de propagare a erorilor.

f) După terminarea proiectării, sistemul trebuie să permită generarea automată a întregii documentații de execuție.

În cadrul Institutului de Cercetări pentru Tehnică de Calcul București a fost realizat un sistem pentru proiectarea asistată de calculator a plăcilor cu circuite imprimate — sistemul PIX. Configurația hardware minimală necesară pentru acest sistem este următoarea :

- a) Unitate centrală INDEPENDENT 102 F cu 256 Kb memorie internă ;
- b) Unitate duală disc încasată ;
- c) Display alfanumeric ;
- d) Imprimantă matriceală ;
- e) Display grafic DIAGRAM 2030 ;
- f) Plotter cu tambur ICT-800.

Sistemul PIX va fi folosit în cadrul acestui capitol pentru a exemplifica etapele importante ale proiectării plăcilor cu circuite imprimate.

7.2. Introducerea datelor

Datele de intrare pentru descrierea unei plăci în cadrul sistemului PIX sînt : lista de componente și semnale, lista de descriere geometrică a plăcii, lista de parametri, lista de componente cu poziție fixă și lista de trasee cu poziție fixă [1], [2].

Lista de componente și semnale conține descrierea electrică a plăcii. În această listă se specifică numele semnalului afectat pentru fiecare pin al fiecărei componente. Pentru ușurința completării acestei liste, ordinea în care se introduc semnalele pinilor este arbitrară. De exemplu, pentru porțiunea de schemă reprezentată în figura 7.1, secvența care o conține este :

#IC4

3/A1, 4/A2, 8/AA

#IC1

2/B1, 8/B2, 9/BB

#IC6

1/AA, 2/BB, 3/CC

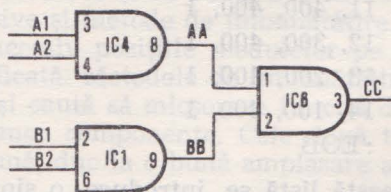


Fig. 7.1. Porțiune din schema electrică a unei plăci.

În cursul amplasării și trasării, placa este asimilată cu un dreptunghi. Pe acest dreptunghi de bază se pot defini regiuni interzise pentru componente, trasee, găuri de trecere. Forma acestor regiuni este de asemenea dreptunghiulară. Datele referitoare la dimensiunile plăcii precum și la dimensiunile și poziția regiunilor interzise sînt cuprinse în lista de descriere geometrică a plăcii.

Lista de parametri conține numele plăcii, numărul de straturi, distanțele minime între trasee și pastile, precum și o serie de informații referitoare la plasarea componentelor. Exemple de definiții de parametri sînt :

BOARD NAME = COORDIMETRU G+

NUMBER OF LAYERS = 4

TRACK TO TRACK MINIMAL SPACING LAYER 4 = 24

Datele de intrare, comune pentru un număr de plăci, sînt grupate într-o bibliotecă numită biblioteca tehnologică. Această bibliotecă include tabela de descriere a tipurilor de trasee, tabela de descriere a tipurilor de pastile și descrierea geometriei componentelor.

O descriere geometrică de componentă conține dimensiunile dreptunghiului acoperitor al componentei și coordonatele pinilor. Fiecărui pin i se asociază și un index în tabela de descriere a tipurilor de pastile. De exemplu, pentru un circuit integrat cu 14 pini, descrierea geometriei este următoarea :

BOK : DIL14

800, 500

14

1, 100, 100, 1

2, 200, 100, 1

3, 300, 100, 1

4, 400, 100, 1

5, 500, 100, 1

6, 600, 100, 1

7, 700, 100, 1

8, 700, 400, 1

9, 600, 400, 1

10, 500, 400, 1

11, 400, 400, 1

12, 300, 400, 1

13, 200, 400, 1

14, 100, 400, 1

:EOB

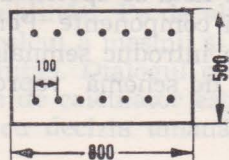


Fig. 7.2. Elementele geometrice ale unui circuit integrat cu 14 pini.

Această listă se introduce o singură dată în bibliotecă, iar numele DIL14 va fi menționat pentru toate componentele cu această geometrie. O componentă cu geometria DIL14 este reprezentată în figura 7.2.

7.3. Amplasarea componentelor

Proiectarea unei plăci cu circuite imprimate începe cu amplasarea componentelor. Fiecare componentă include un număr de puncte de interconectare sau pini. În conformitate cu schema electrică a plăcii trebuie realizată interconectarea pinilor prin trasee de cupru. Vom numi mulțime semnal sau semnal o mulțime maximală de pini cu proprietatea că există legătură electrică între oricare doi pini ai mulțimii.

Formal, problema amplasării componentelor constă din găsirea pe placă a pozițiilor componentelor, astfel încît să fie atins minimul unei funcții de cost. Funcția de cost se presupune a fi dependentă de pozițiile componentelor și de mulțimile semnal.

În practică criteriile urmărite pentru o bună amplasare sînt multe la număr și adesea contradictorii. Conexiunile trebuie să fie relativ uniform răspîndite și de lungime cît mai mică, interferențele între anumite semnale trebuie eliminate, sursele de căldură nu trebuie să fie prea apropiate etc. Este practic imposibil să se găsească o funcție de cost care să țină seama de toate cerințele. Se constată totuși că lungimea totală a conexiunilor reprezintă o măsură satisfăcătoare pentru aprecierea amplasării componentelor.

Măsura cea mai folosită pentru lungimea unei conexiuni este distanța Manhattan [3] :

$$d_m = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|. \quad (7.1)$$

Se folosește de asemenea și distanța euclidiană

$$d_e = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}. \quad (7.2)$$

Adesea, în formulele 7.1 și 7.2 se folosesc factori de scară diferiți pentru cele două axe. Distanțele devin în acest caz :

$$d'_m = a |x_2 - x_1| + b |y_2 - y_1|,$$

$$d'_e = \sqrt{a^2 (x_2 - x_1)^2 + b^2 (y_2 - y_1)^2}.$$

7.3.1. Algoritmi de amplasare

Din cauza complexității problemei amplasării componentelor, nici un algoritm descoperit pînă în prezent nu garantează găsirea soluției optime. Metodele folosite au la bază scheme euristice și se pot grupa în două categorii importante : metode constructive și metode de îmbunătățire iterativă. Metodele constructive găsesc succesiv pozițiile modulelor pe placă, iar o poziție găsită nu mai este modificată. Metodele de îmbunătățire iterativă pleacă de la o amplasare dată și caută să micșoreze funcția de cost prin schimbarea repetată a poziției unor componente. Cele două tehnici sînt complementare și, folosite împreună, duc la o bună amplasare a componentelor.

Problema amplasării constructive comportă două etape distinctive pentru un modul : selecția și poziționarea. În prima etapă, din mulțimea

componentelor neamplasate este selectată componenta care urmează a fi amplasată. În literatura de specialitate sînt prezentate numeroase criterii de selecție, iar elementul lor comun este încercarea de a măsura cît de legată este o componentă de mulțimea de componente amplasate.

O măsură naturală a conexiunii între două module X și Y este numărul [3] :

$$P(X, Y) = \sum_{k \in S(X) \cap S(Y)} \rho_k, \quad X \neq Y$$

unde $S(X)$ este reuniunea mulțimilor semnal care au măcar un pin în modulul X , iar ρ_k este ponderea semnalului k .

Cele mai folosite funcții de selecție bazate pe măsura $P(X, Y)$ sînt [3] :

$$f_1(X) = \max_{Y \in A_j} P(X, Y), \quad X \in B_j$$

$$f_2(X) = \sum_{Y \in A_j} P(X, Y), \quad X \in B_j$$

unde A_j este mulțimea componentelor amplasate în momentul j iar B_j este mulțimea componentelor neamplasate în momentul j . În figura 7.3, pentru modulele neamplasate A , B și C sînt vizualizate conexiunile cu modulele deja amplasate. Dacă se folosește funcția de selecție f_1 este aleasă componenta A , iar funcția de selecție f_2 duce la alegerea componentei B .

În cea de-a doua etapă a amplasării constructive este găsită o poziție pentru componenta selectată. În general nu este necesar să se examineze

toate pozițiile libere de pe placă. Numai un număr mic de poziții, numite poziții candidate, pot duce la un optim al funcției de cost. Pentru fiecare poziție candidată se calculează suma lungimilor conexiunilor componentei selectate cu modulele deja amplasate. Poziția pentru care se atinge minimumul funcției de cost este aleasă pentru componentă, iar această poziție nu mai este modificată în cadrul metodei constructive. Notăm faptul că, deoarece timpul de calcul poate fi prea mare din cauza luării în considerație a poziției tuturor pinii unei componente se găsesc în centrul ei de greutate.

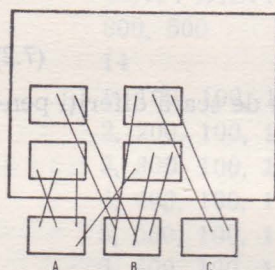


Fig. 7.3. Selecția unei componente.

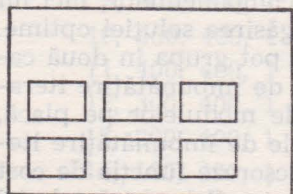


Fig. 7.4. Amplasare neuniformă a componentelor cu minimizarea lungimii totale a conexiunilor.

Un dezavantaj major al utilizării sumei lungimilor conexiunilor ca funcție de cost este faptul că se ajunge la aglomerarea componentelor pe o suprafață mică. Un exemplu în acest sens este reprezentat în figura 7.4, în care amplasarea nu este satisfăcătoare, deși suma lungimilor conexiunilor este mică.

O soluție este restrîngerea pozițiilor posibile, astfel încît componentele să respecte o anumită spațiere. În figura 7.5 este arătat rezultatul unei astfel de poziționări, punctele indicate cu * fiind pozițiile posibile pentru componente.

Metodele de îmbunătățire iterativă necesită în general un timp de calcul mai mare decât metodele constructive. Folosirea lor este însă justificată, deoarece ele duc la îmbunătățirea sensibilă a amplasării. Algoritmii din această categorie acționează iterativ după următorul principiu :

1. Se alege o submulțime de module.
2. Modulele se reasează după un anumit criteriu.
3. Dacă reasezarea aduce o reducere a funcției de cost se reține noua amplasare.

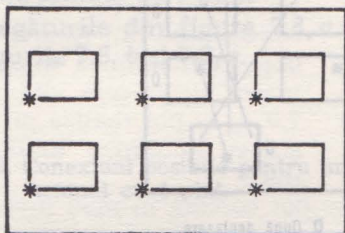


Fig. 7.5. Restrângerea pozițiilor posibile pentru componente duce la o amplasare uniformă.

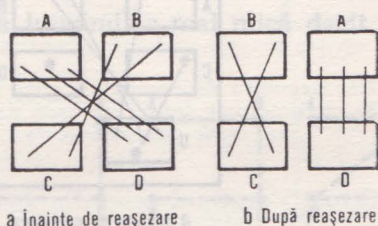


Fig. 7.6. Interschimbarea perechilor : a) înainte de reasezare b) După reasezare.

Metoda cea mai simplă de îmbunătățire iterativă este interschimbarea perechilor. În acest caz, mulțimea aleasă pentru reasezare este formată întotdeauna din două module vecine. Un exemplu este prezentat în figura 7.6.

În cadrul sistemului PIX sînt folosite proceduri separate pentru circuite integrate și componente discrete. O metodă de amplasare constructivă este folosită pentru a așeza circuitele integrate pe o grilă cu linii și coloane egal depărtate unele de altele. Rezultatul amplasării constructive poate fi îmbunătățit folosindu-se o procedură de îmbunătățire iterativă. Ca urmare a acestor proceduri, lungimea totală a conexiunilor este redusă cu 10—15%. Pentru componentele discrete, este disponibilă numai o procedură de amplasare constructivă.

7.3.2. Metode interactive pentru amplasare

În cadrul sistemelor de proiectare asistată de calculator, o facilitate esențială este posibilitatea modificării și completării rezultatelor procedurilor automate. Pentru amplasare, acest lucru se poate face în varianta cea mai simplă prin indicarea pozițiilor componentelor cu cursorul, pe ecranul display-ului grafic. Pe ecranul grafic este afișată tot timpul o reprezentare a plăcii care include conturul plăcii și pozițiile componentelor fixate. Opțional pot fi vizualizate și numele componentelor, pinii și conexiunile. Pentru ca proiectantul să decidă mai ușor care este poziția cea mai bună pentru o componentă, sînt afișate conexiunile componentei selectate cu toate componentele deja fixate pe placă. La schimbarea poziției componentei sînt vizualizate din nou conexiunile, ceea ce dă impresia că pinii componentei selectate sînt legați cu fire elastice de pinii de pe placă. Tehnica aceasta este numită în literatura de specialitate „rubber banding” și este reprezentată în figura 7.7.

Reconectarea este de asemenea importantă în vederea alegerii poziției celei mai bune. În figura 7.7, punctele marcate cu * sînt pini ai aceluiași semnal. La deplasarea componentei U, programul detectează că pinul componentei U este mai aproape de pinul componentei D decît de pinul componentei C și, în consecință, este desenată și luată în calcul conexiunea între componentele U și D.

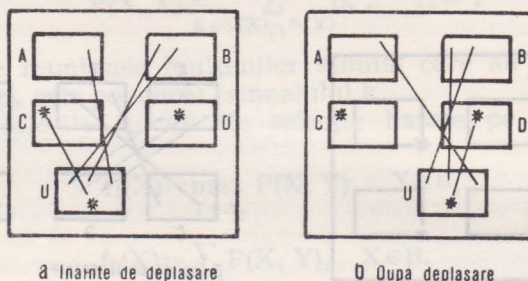


Fig. 7.7. Schimbarea poziției unei componente în modul interactiv : a) Înainte de deplasare ; b) După deplasare.

O cale mai eficientă pentru completarea rezultatelor procedurilor automate o constituie utilizarea procedurilor semi-automate. În acest caz, proiectantul poate corecta în permanență rezultatele calculului în conformitate cu experiența sa. În cadrul sistemului PIX, procedura semi-automată pentru amplasarea componentelor este următoarea :

1. Se selectează o componentă neamplasată. Selecția se poate face după nume sau după criteriul alegerii automate a celei mai legate componente de componentele deja amplasate pe placă.
2. Programul calculează poziția componentei care minimizează lungimea totală a conexiunilor și afișează componenta în această poziție.
3. Proiectantul poate modifica poziția componentei dacă în conformitate cu experiența sa consideră că o altă poziție este mai bună.

Posibilitatea de a verifica automat rezultatele proiectării automate și interactive este de asemenea o facilitate foarte importantă. Verificarea se face în general cu o procedură specializată și necesită întreruperea proiectării. O metodă mai eficientă dar mai greu de implementat în practică este verificarea on-line. În acest caz, toate controalele se fac în momentul introducerii în baza de date, iar propagarea erorilor este eliminată. Verificarea on-line este implementată în cadrul sistemului PIX atât pentru procedurile automate, cît și pentru proiectarea interactivă, ceea ce garantează că în orice moment rezultatul proiectării este corect. Poziția unei componente este considerată corectă dacă este în interiorul plăcii și componenta nu se suprapune peste alte componente sau zone interzise.

Rezultatele procedurilor automate sînt mai bine folosite dacă metodele automate sînt reentrante. Reentranta permite utilizarea alternativă a procedurilor automate și interactive și este prezentă în cadrul sistemului PIX. Amplasarea poate începe în modul interactiv, prin fixarea poziției unor componente speciale : microprocesoare, memorii etc. Procedurile automate și interactive pot fi utilizate în continuare alternativ, pînă la obținerea rezultatului dorit.

7.4. Stabilirea conexiunilor

Pentru o mulțime semnal cu mai mult de 2 pini, înainte de trasarea propriu-zisă, adică găsirea pozițiilor traseelor de cupru care realizează interconectarea electrică, se pune problema stabilirii pinilor care trebuie legați. În figura 7.8 sînt reprezentate trei posibilități de legare pentru o mulțime semnal cu 4 pini.

Legăturile din figura 7.8, a au suma lungimilor mai mică decît cele din figurile 7.8, b și 7.8, c.

Fig. 7.8. Conexiuni posibile pentru un semnal cu 4 pini.



Pentru majoritatea semnalelor, singura restricție impusă conexiunilor este asigurarea conectivității. Pentru stabilirea conexiunilor cu suma lungimilor minimă se poate folosi următorul algoritm [3].

Fie $P_1, P_2, \dots, P_n$ pinii unui semnal.

Pasul 0. Punem $\mathcal{C} = \{P_1\}$, $\mathcal{R} = \{P_2, P_3, \dots, P_n\}$.

Pasul 1. Se alege segmentul $P_i P_j$ de lungime minimă, cu $P_i \in \mathcal{C}$ și $P_j \in \mathcal{R}$.

Pasul 2. Se scoate P_j din $\mathcal{R}$ și se adaugă la $\mathcal{C}$.

Pasul 3. Dacă $\mathcal{R} \neq \emptyset$, reluare de la pasul 1.

Acest algoritm folosit și în cadrul sistemului PIX, găsește întotdeauna soluția optimă și este suficient de rapid.

Pentru anumite semnale se poate impune restricția ca dintr-un pin să plece cel mult două conexiuni, deci legăturile să formeze un lanț. În acest caz, problema stabilirii conexiunilor devine echivalentă cu problema comis voiajorului din teoria grafurilor [3].

Această problemă are următorul enunț. Se dau orașele $C_1, C_2, \dots, C_n$ și distanțele d_{ij} dintre ele. Un comis voiajor pleacă din orașul C_1 , trece prin fiecare oraș o dată și numai o dată și se întoarce în orașul inițial. Se cere itinerarul pentru care lungimea parcursă este minimă. Problema este complexă și calculul soluției optime poate dura foarte mult. De aceea în practică se folosește un algoritm simplu care, în majoritatea cazurilor, găsește soluția optimă iar în restul cazurilor soluția găsită este apropiată de cea optimă. Algoritmul este următorul [3].

Fie $P_1, P_2, \dots, P_n$ pinii unui semnal.

Pasul 0. Punem $\mathcal{C} = (P_1)$, $\mathcal{R} = \{P_2, P_3, \dots, P_n\}$, $\mathcal{C}$ mulțime ordonată.

Pasul 1. Dacă $\mathcal{C} = (P_1, P_{i_1}, P_{i_2}, \dots, P_{i_k})$, se alege $P_{i_k} P_j$ de lungime minimă, $P_j \in \mathcal{R}$.

Pasul 2. Se scoate P_j din $\mathcal{R}$ și se adaugă la $\mathcal{C}$ în ultima poziție.

Pasul 3. Dacă $\mathcal{R} \neq \emptyset$, reluare de la pasul 1.

În cazul în care pinul inițial nu este fixat, metoda este suficient de rapidă pentru a fi aplicată avînd ca pin de plecare fiecare dintre $P_1, P_2, \dots, P_n$.

Minimizarea lungimii totale a conexiunilor s-a dovedit a fi un criteriu satisfăcător în practică. Totuși, există cazuri în care conexiuni cu lungimea totală minimă nu sînt optime din punct de vedere al trasării.

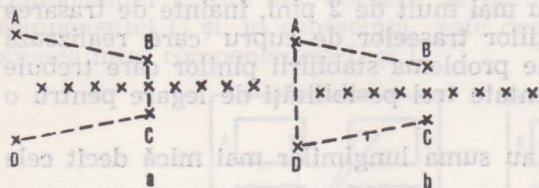


Fig. 7.9. Exemplu de semnal pentru care conexiunile cu lungimea totală minimă nu sînt cele mai bune pentru trasare.

În figura 7.9, a este prezentat un astfel de exemplu. Între pini B și C ai semnalului există un șir de pini suficient de apropiați care nu permit un traseu direct. De aceea, conexiunile din figura 7.9, b, deși au lungimea totală mai mare decît cele din figura 7.9, a, se pot realiza prin trasee cu lungimea totală mai mică.

Situații de tipul celei din figura 7.9 se pot corecta în mod interactiv. Proiectantul poate șterge conexiunea BC și poate indica pini A și D cu ajutorul cursorului pentru a introduce conexiunea AD.

7.5. Trasarea conexiunilor

Trasarea conexiunilor, adică stabilirea pozițiilor precise pentru traseele de cupru care realizează legătura electrică între pini este cea mai dificilă etapă din proiectarea unei plăci cu circuite imprimate. Restricțiile care trebuie respectate în această etapă sînt în majoritatea lor de natură geometrică. Între trasee, pastile, regiuni interzise, distanțele nu trebuie să fie mai mici decît anumite valori determinate de tehnologie, traseele trebuie să fie relativ uniform răspîndite, iar traseele paralele care depășesc o anumită lungime trebuie evitate.

Pentru plăcile cu cel puțin două straturi, o metodă verificată în practica proiectării manuale este ca, pe unele straturi, să se folosească trasee preponderent orizontale, iar pe altele trasee aproximativ verticale. Putem

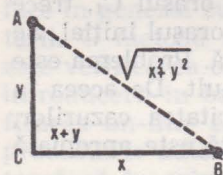


Fig. 7.10. Distanța Manhattan și distanța euclidiană.

da acum o justificare folosirii distanței Manhattan. În figura 7.10 este reprezentată o conexiune între pini A și B. Un traseu care ar coincide ca poziție cu segmentul de dreaptă AB ar bloca un spațiu mult prea mare. Cel mai bun traseu pentru această conexiune este format din două segmente ortogonale AC și CB, pe două straturi diferite iar C gaură de trecere între straturi. Suma lungimilor segmentelor AC și CB este chiar distanța Manhattan între punctele A și B.

7.5.1. Algoritmi de trasare

O dificultate esențială în modelarea matematică a trasării este aprecierea calității unui traseu. În principiu, pentru fiecare conexiune există un număr foarte mare de posibilități pentru trasare. Acest număr descrește

o dată cu introducerea de noi trasee. Soluția optimă pentru trasarea unei conexiuni nu este cel mai scurt traseu, ci acel traseu care va genera cele mai puține dificultăți pentru trasarea următoarelor conexiuni. Este foarte greu de găsit o măsură satisfăcătoare pentru calitatea unui traseu [3], și aceasta este cauza principală pentru care sistemele de proiectare asistată de calculator disponibile comercial nu generează automat trasee de calitate bună. Corectarea rezultatelor procedurilor automate se face în mod interactiv și consumă mult timp.

Pentru majoritatea algoritmilor de trasare automată se presupune că punctele traseului căutat au coordonatele multipli ai unei unități de bază de trasare. O valoare tipică pentru această unitate de bază este 0,050 inch (1,27 mm). O metodă clasică de rezolvare a problemei trasării este reducerea acesteia la găsirea drumului minim într-un graf [3]. Pentru aceasta, considerăm mulțimea nodurilor ca fiind mulțimea punctelor de pe placă cu coordonatele multipli ai unității de bază și care nu sînt acoperite de obstacole : pastile, trasee, regiuni interzise. Între două noduri distincte se definește un arc, dacă între coordonatele lor diferența în valoare absolută este zero sau unitatea de bază. Arcelor li se pot asocia ponderi. În figura 7.11 este reprezentat un nod notat cu A și arcele care pleacă din acest nod.

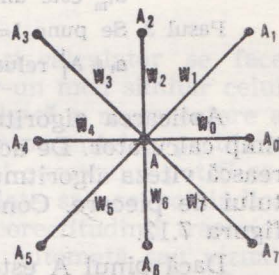


Fig. 7.11. Vecinii unui nod al rețelei de trasare.

Direcțiile posibile ale arcelor care pleacă dintr-un nod se notează cu numere de la 0 la 7. Valorile $w_0, w_1, \dots, w_7$ sînt respectiv ponderile arcelor $AA_0, AA_1, \dots, AA_7$. Afectarea de valori concrete pentru ponderile arcelor este o problemă complicată și nu o vom aborda în acest capitol. Sînt date exemple în [3] și [7].

Pentru o placă multistrat, punctele situate pe straturi diferite, dar avînd aceleași coordonate, pot fi considerate de asemenea vecini. Rezultă că pe o placă cu 4 straturi, fiecare nod are 11 vecini.

În practică, pentru a se aduce timpul de calcul între limite rezonabile, se aplică o serie de ipoteze simplificatoare. În primul rînd se are în vedere că dificultatea trasării depinde de numărul de noduri ale grafului asociat plăcii. De aceea, în majoritatea sistemelor de proiectare asistată, unitatea de bază este 0,050 inch sau 0,025 inch. O convenție utilizată de asemenea frecvent este ca, la un moment dat, să fie active cel mult două straturi, dintre care unul pentru trasee preponderent orizontale iar celălalt pentru trasee verticale. Efectul acestei simplificări este că numărul vecinilor unui nod devine $v+1$ unde v este numărul de vecini pe stratul curent. Un dezavantaj al acestei metode constă în faptul că o conexiune poate fi trasată pe cel mult două straturi. În sfîrșit, numărul vecinilor poate fi redus și mai mult dacă sînt considerate numai direcțiile 0, 2, 4, 6. În acest caz, traseele generate vor avea numai segmente orizontale sau verticale.

Algoritmul cel mai reprezentativ pentru trasarea automată este algoritmul Lee. Metoda prezentată inițial în [6] constă din aplicarea algoritmului Dantzig [4] de aflare a drumului minim în graful asociat plăcii. Prezentăm în continuare acest algoritm.

Algoritmul Dantzig. Fie nodul a_1 în graful (A, R) , A fiind mulțimea nodurilor iar R mulțimea arcelor. Fie A_1 mulțimea tuturor nodurilor a_j din A pentru care există un drum de la a_1 la a_j . Pentru fiecare nod a_j din A_1 se găsește cel mai scurt drum $(a_1, a_2, \dots, a_j)$ iterativ. Fie $c(a_j)$ lungimea acestui drum minim. Notăm cu A_1^i mulțimea tuturor nodurilor a_k pentru care $c(a_k)$ este cunoscut la începutul iterației i .

Pasul 0. Punem $A_1^1 = \{a_1\}$, $c(a_1) = 0$, $i = 1$.

Pasul 1. Pentru fiecare arc (a_k, a_l) cu $a_k \in A_1^i$ și $a_l \notin A_1^i$ se calculează $d_{kl} = c(a_k) + W_{kl}$, unde W_{kl} este ponderea arcului (a_k, a_l) .

Pasul 2. Se determină $d = \min d_{kl}$ și se pune $A_1^{i+1} = A_1^i \cup \{a_{l_m}\}$, $c(a_{l_m}) = d$, unde a_{l_m} este un nod care nu aparține mulțimii A_1^i și $d_{kl_m} = d$.

Pasul 3. Se pune $i = i + 1$. Dacă mai există măcar un arc (a_k, a_l) cu $a_k \in A_1^i$ și $a_l \notin A_1^i$ reluare de la pasul 1, în caz contrar stop.

Aplicarea algoritmului Lee cere multă memorie calculator și mult timp calculator. De aceea au fost dezvoltate o serie de tehnici care să mărească viteza algoritmului [3]. O primă tehnică se referă la alegerea punctului de plecare. Considerăm pinii A și B așa cum sînt reprezentați în figura 7.12.

Dacă pinul A este ales ca pin de plecare, aproximativ o treime din celulele plăcii sînt parcurse pînă se găsește drumul minim pînă în B . Plecîndu-se din pinul B , aproape toate celulele sînt parcurse. Regula care rezultă este că se alege ca pin de plecare cel mai depărtat pin de centrul plăcii.

O altă tehnică este aplicarea simultană a algoritmului pentru cei doi pini ai conexiunii, pînă cînd se găsește un nod atins din ambii pini. Programarea algoritmului este mai complicată în acest caz, dar rezultatul este reducerea timpului de calcul cu cel puțin 50 %. Un exemplu este prezentat în figura 7.13.

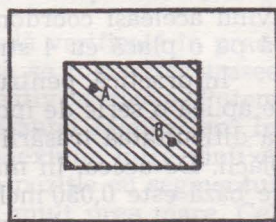
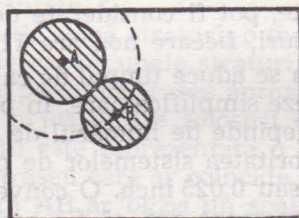
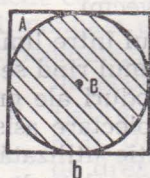
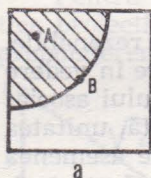


Fig. 7.12. Alegerea pinului de plecare pentru algoritmul Lee.

Fig. 7.13. Aplicarea simultană a algoritmului Lee pentru ambii pini ai unei conexiuni.

Fig. 7.14. Încadrarea unei conexiuni.

O tehnică și mai eficientă este cea a încadrării. O regiune dreptunghiulară cu 10—20 % mai mare decât dreptunghiul determinat de pini este impusă pentru căutare. Deoarece majoritatea conexiunilor se pot trasa într-un astfel de dreptunghi, economia de timp este mare. Dacă nici un drum nu este găsit în interiorul dreptunghiului de căutare, încadrarea poate fi eliminată și algoritmul se poate încerca din nou. Un exemplu de încadrare este prezentat în figura 7.14.

În cadrul sistemului PIX este folosit un algoritm de tip Lee pentru trasare. Conexiunile sînt parcurse în ordinea crescătoare a lungimii. Sînt disponibile patru proceduri automate care găsesc trasee, respectiv fără găuri de trecere, cu o gaură de trecere, cu două găuri de trecere și cu trei sau patru găuri de trecere. Pentru o placă de dificultate medie, aproximativ 50% din conexiuni sînt trasate automat și anume 40% cu trasee fără găuri de trecere, 35% cu trasee cu o gaură de trecere, 10% cu trasee cu două găuri de trecere și 5% cu trasee cu trei sau patru găuri de trecere.

7.5.2. Metode interactive pentru trasare

Pentru trasare, interacțiunea între proiectant și calculator se face prin intermediul unui display grafic interactiv, într-un mod similar celui descris pentru amplasare. Pe ecranul grafic este afișată o reprezentare a plăcii care poate include conturul plăcii, pozițiile componentelor, pastilele, traseele, găurile de trecere, conexiunile. Cu ajutorul cursorului pot fi selectate și modificate trasee existente în baza de date sau se pot indica punctele de sprijin pentru trasee noi. Verificarea corectitudinii traseelor introduse interactiv se poate face cu o procedură automată sau vizual, după desenare pe film sau hîrtie. Metoda cea mai eficientă de verificare rămîne însă verificarea on-line, implementată în cadrul sistemului PIX, care permite detectarea erorilor în momentul introducerii traseelor în baza de date.

O metodă foarte eficientă pentru completarea trasării automate este trasarea semi-automată. În cadrul sistemului PIX, procedura semi-automată este următoarea :

1. Sistemul selectează o conexiune netrasată. În funcție de valoarea unui parametru se poate selecta cea mai scurtă conexiune netrasată, cea mai lungă sau cea mai apropiată de cursor.
2. Proiectantul indică cu ajutorul cursorului o zonă de căutare.
3. Sistemul caută un traseu în zona indicată. Dacă este găsit un traseu, acesta este afișat pe ecranul grafic.
4. Proiectantul poate modifica traseul propus de sistem dacă în conformitate cu experiența sa consideră că o altă variantă este mai bună.

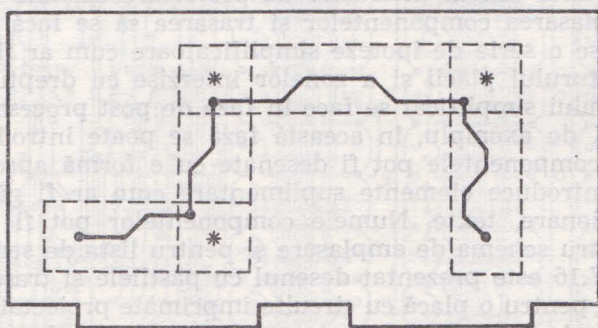


Fig. 7.15. Trasarea semi-automată a unei conexiuni.

Avantajul trasării semi-automate constă în faptul că definirea zonei de căutare necesită mult mai puține puncte decât definirea traseului. În figura 7.15 este reprezentat un exemplu de trasare semi-automată. Punctele marcate cu * au fost introduse de proiectant pentru a defini zona de căutare. Se observă că au fost introduse 3 puncte, iar traseul cuprinde 16 puncte de sprijin.

7.6. Post procesarea

Obiectivul final al proiectării unei plăci cu circuite imprimate este obținerea documentației de fabricație. Această documentație include în principiu schema de implantare a componentelor, clișee pentru fiecare strat, clișeu pentru planul de găurire și banda de comandă pentru mașina de găurit cu comandă numerică. Sînt necesare de asemenea o serie de rapoarte ca lista de semnale, lista de componente, lista de materiale etc.

Unul din avantajele importante ale sistemelor de proiectare asistată de calculator este faptul că documentația de fabricație este generată în întregime automat după ce proiectarea este terminată. Acest lucru este posibil deoarece în tot timpul proiectării sînt păstrate și actualizate în memoria calculatorului toate datele asociate obiectului proiectării. În modul de lucru tradițional, neinteractiv, atît amplasarea componentelor cît și trasarea se fac întîi manual, pe hîrtie. După terminarea fazei manuale, pozițiile elementelor plăcii : pastile, trasee, texte, se introduc în memoria calculatorului prin digitizare. Digitizarea este un proces lent, care consumă mult timp și în care se produc multe erori. Verificarea rezultatelor digitizării este de asemenea un proces anevoios și mare consumator de timp, pentru corectarea erorilor fiind necesare două sau trei digitizări suplimentare. Utilizarea unui sistem de proiectare asistată de calculator elimină aceste inconveniente. Avantajele unui astfel de sistem sînt și mai evidente cînd se dorește modificarea unei plăci deja proiectate. Folosindu-se un sistem interactiv de proiectare asistată, se pot face toate modificările necesare, majoritatea elementelor plăcii fiind păstrate neschimbate, în timp ce în modul tradițional de lucru, de cele mai multe ori, proiectarea trebuie reluată de la început.

În cadrul unui sistem interactiv de proiectare asistată de calculator pentru ca amplasarea componentelor și trasarea să se facă într-un timp scurt se folosesc o serie de ipoteze simplificatoare cum ar fi de exemplu asimilarea conturului plăcii și a zonelor interzise cu dreptunghiuri. Corectarea modelului simplificat se face în faza de post procesare. În cadrul sistemului PIX de exemplu, în această fază se poate introduce conturul real al plăcii, componentele pot fi desenate cu o formă apropiată de cea reală, se pot introduce elemente suplimentare cum ar fi găuri de prindere, de poziționare, texte. Numele componentelor pot fi de asemenea modificate pentru schema de amplasare și pentru lista de semnale.

În figura 7.16 este prezentat desenul cu pastilele și traseele stratului cu componente pentru o placă cu circuite imprimate proiectată cu ajutorul sistemului PIX. Această placă este componenta principală a calculatorului personal aMIC, aflat în producție de serie la I.T.C. Timișoara.

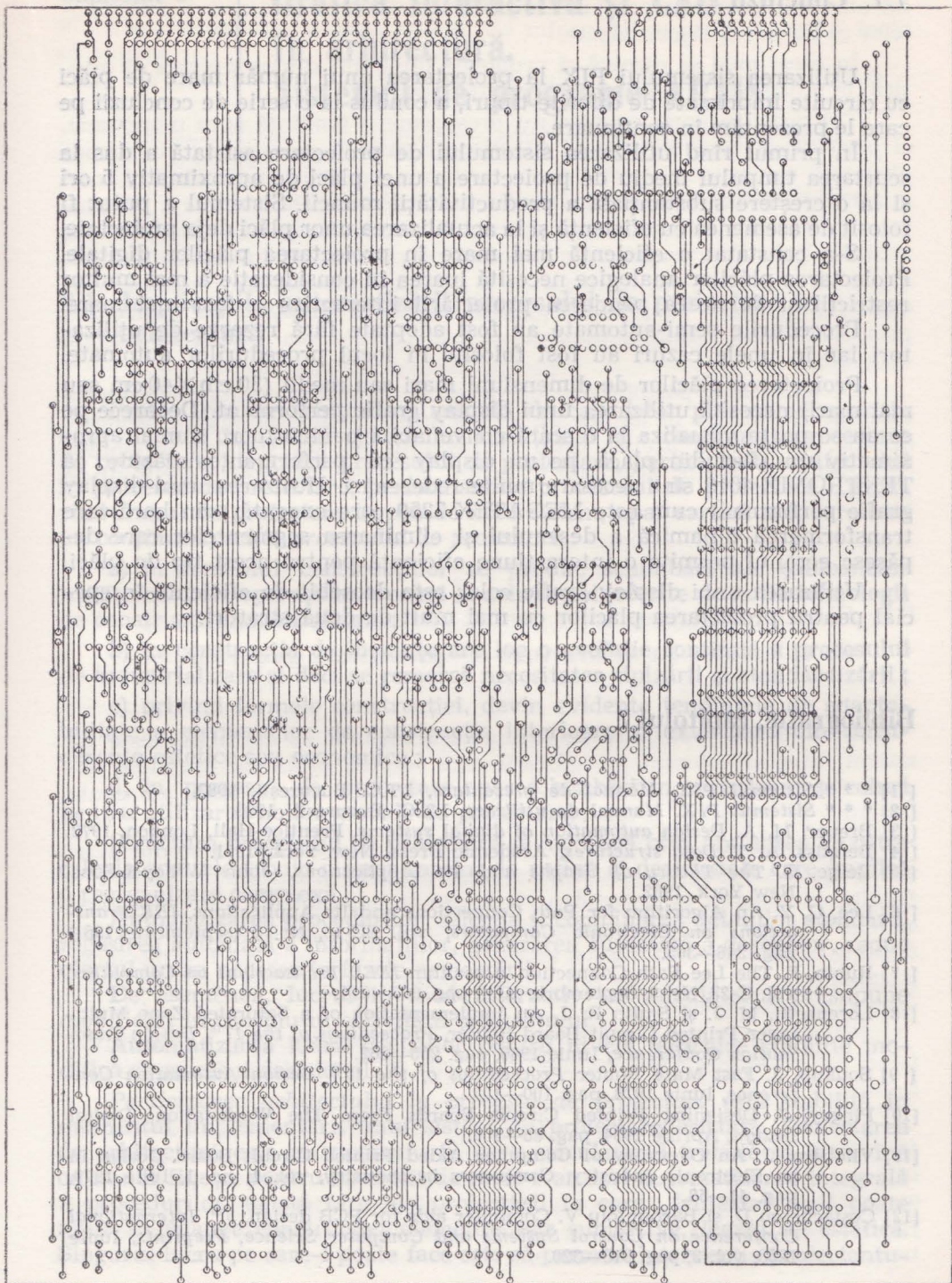


Fig. 7.16. Pastilele și traseele stratului cu componente pentru o placă proiectată cu ajutorul sistemului PIX (calculatorul personal aMIC).

7.7. Concluzii

Utilizarea sistemului PIX la proiectarea unui număr mare de plăci cu circuite imprimate de diferite tipuri, a condus la o serie de concluzii pe care le prezentăm în continuare.

În primul rând utilizarea sistemului de proiectare asistată a dus la scurtarea timpului mediu de proiectare a unei plăci de aproximativ 5 ori și la o creștere substanțială a productivității muncii. Sistemul a putut fi folosit de asemenea cu eficiență și la actualizarea unor plăci deja proiectate.

S-a constatat o eficiență mai mare în proiectarea plăcilor digitale. Proiectarea plăcilor analogice necesită luarea în considerație a mai multor restricții și de aceea ponderea proiectării interactive a fost mai mare.

Procedurile semi-automate au fost adoptate fără rezerve de utilizatori iar în unele cazuri au fost folosite în locul procedurilor automate.

Proiectarea plăcilor de dimensiuni mari sau medii (30 cm×40 cm sau mai mari) necesită utilizarea unui display grafic performant. Deoarece pe ecran se poate vizualiza la o scară convenabilă pentru lucru numai aproximativ un sfert din placă, pe un display cu performanțe scăzute ca TEKTRONIX 4012 sînt necesare multe redesenări. Utilizarea unui display grafic performant cum este MEGATEX 7250 care execută prin hardware transformarea dinamică a desenului și eliminarea segmentelor care depășesc ecranul permite o interacțiune eficientă pentru acest tip de plăci.

Utilizarea unui display grafic color este deosebit de eficientă în special pentru proiectarea plăcilor cu mai mult de două straturi.

Bibliografie, capitolul 7

- [1] * * * Sistemul PIX. Manual de prezentare, I.T.C. București, 1983.
- [2] * * * Sistemul PIX. Manual de utilizare, I.T.C. București, 1983.
- [3] Breuer, M. A. *Design automation of digital systems*, Prentice-Hall, London, 1972.
- [4] Berztsis, A. T. *Data structures*, Academic Press, New York, 1971.
- [5] Berge, C. *The Theory of Graphs and Its Applications*, John Wiley & Sons, New York, 1962.
- [6] Lee, C. Y. An Algorithm for Path Connections and Its Applications, *IRE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-10, Nr. 3 (septembrie 1961) pag. 346—365.
- [7] Rubin, F. The Lee Path Connection Algorithm *IEEE Transactions on Computers*, vol. C-23, Nr. 9, Septembrie 1974, pag. 907—914.
- [8] Lorenzetti, M. J. și Smith R. J. An Implementation of a Saturated Zone Multi-layer Printed Circuit Board Router, *Proceedings of the 17th Design Automation Conference*, Iunie 1980, pag. 255—262.
- [9] Soukup, J. Fast Maze Router *Proceedings of the 15th Design Automation Conference*, Iunie 1978, pag. 100—102.
- [10] Pingry, J. Designing Printed Circuit Boards From The Workstation, *Digital Design*, Aprilie 1984, pag. 86—100.
- [11] Vlietstra, J. An Overview of Computer Aided Printed Circuit Board Design in an Electronic Industry, *Computers in Industry*, vol. 1, nr. 1, Iulie 1979, pag. 41—58.
- [12] Costăchescu D. și Bărbunțoiu V. Computer aids for PCB design, *5th International Conference on Control Systems and Computer Science, Preprints*, Iunie 1983, vol. 3, pag. 318—320.

Grafica interactivă și CAD în arhitectură. Sistemul de programe ARTIS

8.1. Implicațiile automatizării procesului de proiectare în arhitectură

Proiectarea de arhitectură asistată de calculator presupune apariția unor mutații în cadrul sistemului tradițional în : conținutul procesului de proiectare, structura procesului de proiectare, participarea arhitectului în procesul de proiectare, performanțele procesului de proiectare. Urmărind fluxul de proiectare impus de noul sistem, apar sarcini noi, care dau un *conținut specific procesului de proiectare* :

a) în domeniul construcțiilor se produc schimbări ale șabloanelor tradiționale ale operațiilor trecind la soluții noi, oferite de noile tehnologii de construcții industrializate ;

b) în construcția de locuințe are loc o evoluție continuă a procesului de industrializare și deci se remarcă necesitatea tipizării și standardizării ;

c) privind formele construcției, devin evidente tendințele de adaptabilitate a elementelor de construcție interioare și exterioare din componente estetice sau economice ;

d) în procesul de proiectare apar schimbări în organizare și roluri pentru utilizarea noilor metode de proiectare.

Structura procesului de proiectare se modifică prin preluarea de către calculatorul electronic a unor sarcini de rutină și decizionale care implică o reorganizare complexă.

Automatizarea procedurilor, selecția și combinarea detaliilor standard, regăsirea automată a informațiilor, generarea automată a desenelor, reduc efortul uman necesar în fazele proiectării.

De asemenea, lucrul în mod interactiv cu calculatorul presupune modificări în conținutul activității arhitectului.

Automatizarea luării deciziilor pentru nivele ierarhice stabilite modifică și procesul decizional.

Participarea arhitectului în procesul de proiectare este stabilită în momentul implementării unui sistem de proiectare asistată. Proiectarea de arhitectură este un domeniu în care calculatorul trebuie să intervină cu multă finețe, pentru că oricât de mult s-ar dori automatizarea integrală a procedurilor, există faze ale proiectării în care „fantezia“ nu-l poate ajuta să adauge construcției elemente pur subiective, legate de estetică. Singurul lucru pe care-l poate face este să permită intervenția proiectantului

lui uman în momente prestabilite pentru includerea interactivă a elementelor ce nu pot fi algoritmizate.

În acest mod se rezolvă și problema dualității dintre tipizare și estetică, în realizarea programelor de arhitectură.

Tipizarea în acest context nu presupune o tendință spre monotonie, ci proiectarea unor construcții funcționale care să permită folosirea unor elemente constructive prefabricate, realizate pe scară industrială. Configurarea spațiilor și aspectul exterior sînt produse ale îmbinării rezultatelor prelucrării automate cu criteriile subiective introduse interactiv de arhitect, prin intervenția sa în procesul de prelucrare. În condițiile automatizării procedurilor de proiectare calculatorul asigură *creșterea eficienței procesului de proiectare* prin reducerea timpului de proiectare, prin exactitatea soluțiilor obținute și prin prezentarea grafică de calitate deosebită.

De asemenea, posibilitatea de desen și analiză a unui număr foarte mare de alternative de amplasare arhitecturale facilitează alegerea soluției optime, oferind în același timp arhitectului un set restrîns de soluții „apropiate de optim” rezultate în urma „filtrării” de către algoritmul de prelucrare.

8.2. Sistem grafic interactiv pentru proiectarea asistată de calculator în arhitectură — prezentare generală

Sistemul de proiectare de arhitectură asistată de calculator este un sistem integrat orientat pe aplicații care rezolvă probleme specifice domeniului și asigură posibilitatea interconectării cu alte domenii adiacente (construcții, instalații, rețele electrice etc.).

Multitudinea aspectelor ce pot fi abordate solicită existența unei varietăți de moduri de comunicare între arhitect și calculator, pentru a facilita efectuarea unei analize riguroase a parametrilor de proiectare, comparativ cu metodele manuale. Domeniul de aplicație fiind vast se impune realizarea modulară a sistemului, pentru a permite reproiectarea parțială sau includerea de noi module pentru dezvoltarea de subsisteme specializate independente.

Principala componentă în proiectarea de arhitectură o constituie *tema de proiectare* care conține *cerințele de proiectare* și *restricțiile* impuse.

Pornind de la aceasta se impune necesitatea de a defini *fluxul de proiectare* conținînd procedurile specifice, precum și de a le prezenta într-un mod accesibil prelucrării pe calculator. Se stabilesc *procedurile automate de analiză și decizie* pentru etapele intermediare, precum și *funcțiile decizionale* în care se includ procedurile interactive, pentru introducerea elementelor subiective.

Proiectarea asistată de calculator în arhitectură presupune existența în cadrul sistemului a unei colecții de informații organizate astfel încât să asigure :

- o manipulare a datelor corespunzătoare cerințelor procedurilor noului flux ;
- analiza datelor și generarea unor subprobleme ierarhice ;
- alocarea spațiilor ;
- evaluarea configurării prin verificarea satisfacerii restricțiilor ;
- proiectarea planului ;
- evaluarea tehnică.

Realizarea automată a planurilor de arhitectură presupune considerarea unor restricții cu caracter general, valabile la toate tipurile de construcții :

- dimensiunea posibilă a construcției ;
- luminarea spațiilor ;
- puncte fixe în cadrul clădirii (elemente de încălzire, canalizare etc.) ;
- rețeaua structurală ;
- elemente de comunicație ;
- orientarea ansamblului la punctele cardinale.

În afară de acestea tema de proiectare impune o serie de restricții referitoare la relațiile dintre spații :

- comunicare — două spații funcționează în cooperare ;
- contiguitate — două spații sînt vecine dar nu comunică ;
- accesibilitate — două spații sînt contigue dar comunică printr-un al treilea spațiu ;
- indiferență — două spații pot avea orice relație între ele ;
- respingere — două spații nu pot fi contigue.

Un element foarte important în realizarea sistemului pentru proiectarea asistată de calculator în arhitectură îl constituie elaborarea unei metode rapide de proiectare care să aibă la îndemînă un model matematic care să reprezinte performanțele sistemului, să permită efectuarea unui număr mare de calcule, reprezentarea complexelor de date de legătură între proceduri.

În acest sens, o problemă importantă o constituie transformarea procesului de proiectare într-un proces de natură algoritmică, condiționată de posibilitatea cuantificării unor aspecte ale realității și stabilirii limitelor pînă la care procesul de proiectare este algoritmic. Pentru aceasta este necesară găsirea unor moduri de exprimare a elementelor, precum și a procedeeleor de manipulare a acestora pentru a simula fenomenele reale.

O problemă deosebit de importantă a sistemului o constituie obținerea partiului optim, care presupune generarea variantelor de amplasare a spațiilor în funcție de condițiile inițiale date și selectarea variantei considerate optime. Numeroase discipline presupun proprietățile combinatoriale și topologice ale structurilor complexe. În acest sens, în literatura de specialitate, o problemă abordată din ce în ce mai des este cea a alocării spațiilor. A fost tratată teoretic de Muther, Moore, Hillier [7], [8], [9].

8.3. Optimizarea amplasării suprafețelor într-un proiect de arhitectură

Eforturile în domeniul utilizării metodelor matematice și a calculatoarelor în proiectarea de arhitectură, începînd cu anii șaizeci, s-au concentrat exclusiv asupra rezolvării partiului — amplasarea încăperilor pe o suprafață dată.

Atenția s-a îndreptat către această etapă a procesului de proiectare din două motive — este vorba de o fază foarte importantă a proiectului pentru clădiri, care determină în mare măsură cheltuielile de execuție și exploatare ale clădirilor în același timp este o fază de lucru care în arhitectura modernă a fost cel mai mult studiată.

Modelul prezentat în continuare dă o rezolvare concomitentă atât a problemei topologice cît și a celei asocierii geometriei unui plan dat, avînd aplicabilitate nu numai în arhitectură, ci și în proiectarea machetelor paginilor de ziare și reviste, în rezolvarea unor probleme de planificare rețea. Ca instrument matematic folosește elemente de teoria grafurilor. [1], [2], [3].

8.3.1. Caracteristici topologice

Ca partiuri arhitectonice se vor folosi numai configurații simple de încăperi dreptunghiulare.

În fig. 8.1 este prezentat un exemplu de parti.

În partiul arhitectonic ideal nu există nici o suprafață neutilizată. Dispoziția ideală se poate înțelege formal ca un graf, în care fiecare îmbinare de secțiuni de zidărie este un nod, iar secțiunile dintre noduri sînt muchiile grafului. Graful este planar.

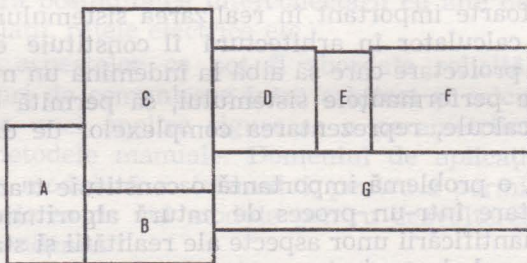


Fig. 8.1. Exemplu de parti.

Partiului conceput ca un graf i se mai poate asocia un graf dual în care fiecare suprafață corespunde unui nod, iar muchiile întretaie laturile spațiilor interioare.

Dualul G (U, H) are atîtea amplasări plane cîte suprafețe și poate genera o serie întreagă de variante topologice și geometrice (Fig. 8.2).

Notăm rețeaua G (U, I), unde U este mulțimea de noduri iar I este mulțimea laturilor orientate.

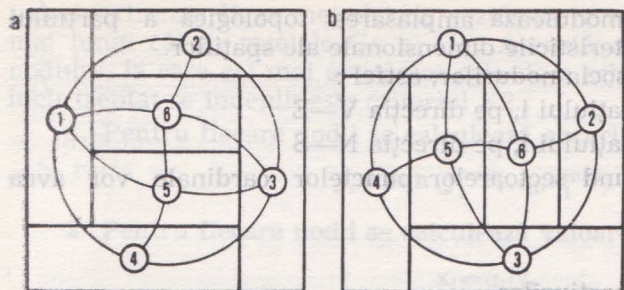


Fig. 8.2. Graf dual asociat partiului.

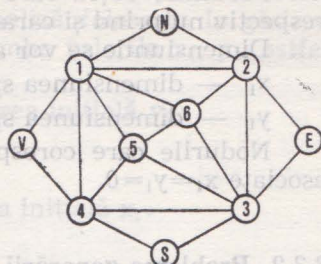


Fig. 8.3.

Cu G_x se va nota rețeaua ale cărei laturi sînt asociate direcției N—S și cu G_y rețeaua ale cărei laturi sînt asociate direcției V—E.

Dacă se iau în considerare punctele cardinale ca noduri, rețelele G_x și G_y devin rețele cu un nod inițial și cu unul final (Fig. 8.3, Fig. 8.4, Fig. 8.5).

$$U_x \cup U_y = U$$

$$\Gamma_x \cup \Gamma_y = H$$

$$\Gamma_x \cap \Gamma_y = \emptyset$$

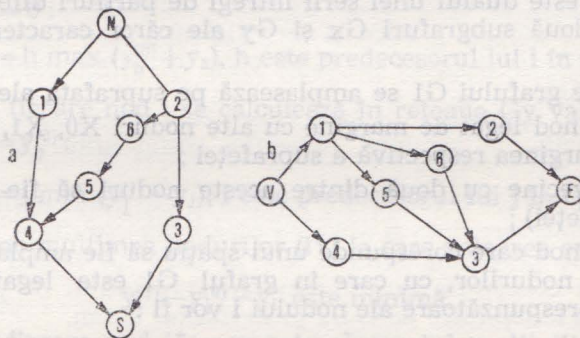


Fig. 8.4.

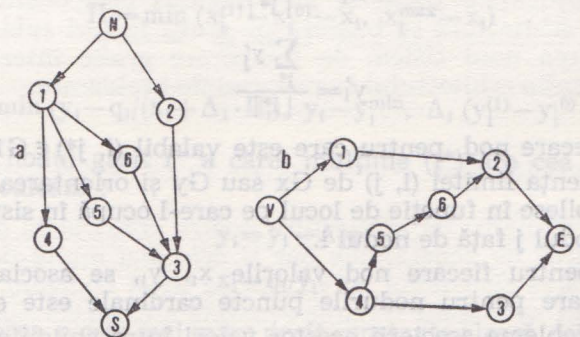


Fig. 8.5.

Perechile rețea care modulează amplasarea topologică a partiului respectiv nu prind și caracteristicile dimensionale ale spațiilor.

Dimensiunile se vor asocia nodurilor, astfel :

x_i — dimensiunea spațiului i , pe direcția V—E

y_i — dimensiunea spațiului i , pe direcția N—S

Nodurile care corespund sectoarelor punctelor cardinale vor avea asociate $x_i = y_i = 0$.

8.3.2. Problema generării partiurilor

Generarea partiului optim are la bază următoarele criterii :

(K1) — să respecte vecinătatea spațiilor (topologia)

(K2) — să repartizeze spațiile astfel încît suprafața dreptunghiului de contur să fie cît mai mică și cel mai bine folosită în cazul îndeplinirii condițiilor care se referă la :

- suprafața minimă a fiecărei încăperi ;
- forma fiecărei încăperi limitată de mărimea minimă sau maximă a laturilor încăperii ;
- dimensiunile dreptunghiului de contur limitate de dimensiunea maximă a uneia din laturile încăperii.

Graful G_1 este dualul unei serii întregi de partiuri diferite topologic. Se generează două subgrafuri G_x și G_y ale căror caracteristici au fost prezentate :

1. Nodurile grafului G_1 se amplasează pe suprafața aleasă astfel ca :

— fiecare nod legat de margine cu alte noduri X_0, X_1, Y_0, Y_1 să fie amplasat pe marginea respectivă a suprafeței ;

(nodurile vecine cu două dintre aceste noduri să fie amplasate în colțurile suprafeței) ;

— fiecare nod care corespunde unui spațiu să fie amplasat în centrul de greutate al nodurilor, cu care în graful G_1 este legată marginea ; coordonatele corespunzătoare ale nodului i vor fi :

$$x'_i = \frac{\sum_j x'_j}{|j^*|}$$

$$y'_i = \frac{\sum_j y'_j}{|j^*|}$$

unde j^* este fiecare nod, pentru care este valabil $(i, j^*) \in G_1$.

2. Apartenența limitei (i, j) de G_x sau G_y și orientarea acesteia (i, j) sau (j, i) se stabilesc în funcție de locul pe care-l ocupă în sistemul punctelor cardinale nodul j față de nodul i .

Asociind pentru fiecare nod valorile x_i, y_i , se asociază implicit o suprafață q_i , care pentru nodurile puncte cardinale este egală cu zero.

Se pune problema asocierii acestor valori între anumite limite : $(x^{\min}, y^{\min})$ și $(x^{\max}, y^{\max})$. Dimensiunile x_i, y_i trebuie găsite între aceste

valori extreme. Baza metodei de rezolvare este căutarea repetată a celei mai lungi căi în rețelele G_x și G_y . Această analiză folosește la găsirea nodului, la care cel mai avantajos este de a schimba valorile x_i , y_i , astfel încât treptat se îndeplinește criteriul K2.

1. Pentru fiecare nod i se calculează aprecierea inițială y_i :

$$y_i = \min(y_i^{\max}, q_i/x_i^{\max})$$

2. Pentru fiecare nod i se calculează valoarea inițială x_i :

$$x_i = q_i/y_i$$

3. Pentru fiecare nod i se calculează în rețeaua G_x valoarea $x_i^{(0)}$ în ipoteza că

$$x_0^{(0)} = 0$$

$$x_i^{(0)} = h \max(x_h^{(0)} + x_h), h = \text{predecesorul lui } i \text{ în } G_x.$$

4. Pentru fiecare nod i se calculează în rețeaua G_x valoarea $x_i^{(1)}$ în ipoteza că $x_i^{(1)} = \lambda \min$.

$$x_i^{(1)} = j \min(x_j^{(1)} - x_j), i \text{ este predecesorul lui } j \text{ în } G_x$$

5. Pentru fiecare nod i se calculează în rețeaua G_y valoarea $y_i^{(0)}$, în ipoteza că $y_0^{(0)} = 0$:

$$y_i^{(0)} = h \max(y_h^{(0)} + y_h), h \text{ este predecesorul lui } i \text{ în } G_y.$$

6. Pentru fiecare nod i se calculează în rețeaua G_y valoarea $y_i^{(1)}$ în ipoteza că $y_i^{(1)} = y_0^{(0)}$:

$$y_i^{(1)} = j \min(y_j^{(1)} - y_j), i \text{ este predecesorul lui } j \text{ în } G_y.$$

7. Se obține mulțimea nodurilor (i^*) la care valoarea expresiei

$$y_i^{(1)} - y_i^{(0)} - y_i \text{ este minimă.}$$

8. Pentru fiecare nod i^* care este elementul mulțimii (i^*), se calculează valoarea Π_i ,

$$\Pi_i = \min(x_i^{(1)} - x_i^{(0)} - x_i, x_i^{\max} - x_i)$$

și valoarea φ_i

$$\varphi_i = \min(y_i - q_i/(x_i + \Delta_1 \cdot \Pi_i), y_i - y_i^{\min}, \Delta_1 (y_i^{(1)} - y_i^{(0)} - y_i))$$

9. Pentru nodul găsit i^* a cărei mulțime (i^*) are cea mai mare valoare φ_i se calculează:

$$y_i = y_i - \Delta_2 \varphi_i$$

$$x_i = q_i/y_i$$

Dacă valoarea φ_i este mai mare decât constanta aleasă, calculul continuă cu 3, dacă nu, calculul se termină. Scopul trecerii pe calculator a metodei

descrie este de a genera, pornind de la un set de restricții topologice incluse în tema de proiectare, un număr foarte mare de variante de amplasare, concomitent cu afectarea unor dimensiuni posibile. Rezolvarea problemei se face utilizând elemente de teoria grafurilor. Grafului construit i se asociază o matrice de incidență nod-nod, $A = (a_{ij})$, cu numărul de linii (și coloane) egal cu numărul de noduri ale grafului, ale cărei elemente sînt.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{— dacă există un arc între } x_i \text{ și } x_j \\ 0 & \text{— dacă nu există arc între } x_i \text{ și } x_j \end{cases}$$

Varietatea topologică a planurilor de nivel este dată atît de relațiile dintre spațiile interioare cît și de legarea acestora la punctele cardinale. Rezultatele sînt *diagramele de amplasare*, care reprezintă de fapt seturi de variante topologice cărora li s-au asociat dimensiuni convenționale.

8.4. ARTIS — sistem grafic interactiv pentru proiectarea asistată de calculator în arhitectură

Ideea utilizării calculatorului ca instrument în realizarea proiectelor de arhitectură este de dată relativ recentă, materializarea ei fiind legată de apariția perifericelor grafice și de existența unui fond de informații ce vor fi prelucrate automat în etape care urmăresc tehnologia de proiectare tradițională.

Domeniul de aplicație este vast, cuprinzînd proiectarea de arhitectură pentru construcția de locuințe, obiective social-culturale și construcții industriale.

Problema centrală o constituie realizarea partiului optim, pornind de la o temă de proiectare data și afișarea planurilor rezultate.

Pachetul de programe ARTIS are la bază un model de proiectare care reprezintă concepția asupra structurii procesului de proiectare, așa cum este dus la îndeplinire de către proiectantul uman.

Pornind de la particularitățile problemei, soluția grafică are avantaje față de cea analitică, sistemul fiind mult mai ușor de interpretat, evidențiindu-se performanțele fizice și interacțiunea componentelor. În plus, proiectarea de arhitectură se bazează pe mulți factori subiectivi, ceea ce impune utilizarea unui sistem de prelucrare grafic interactiv, care să permită intervenția arhitectului în procesul de prelucrare.

8.4.1. Modulele sistemului

Întrucît proiectarea de arhitectură pentru construcția de locuințe are cel mai înalt grad de generalitate dar și cele mai multe probleme particulare, prezentarea sistemului se va axa pe acest domeniu, cu precizarea că modularitatea sa asigură tratarea separată a cazurilor specifice. Pentru fiecare tip de construcție va fi diferit modul de compoziție a modulelor elementare.

Raportîndu-ne la construcția de locuințe, modulele sistemului asociate fazelor de proiectare sînt :

- a) elaborarea planului de apartament ;
- b) elaborarea planurilor de secțiune — scară ;
- c) generarea variantelor de planuri de secțiune-bloc prin asamblări ;
- d) realizarea imaginii în perspectivă a construcției.

Elaborarea planului de apartament

Pornind de la tema de proiectare, o primă activitate o reprezintă *analiza* acestei teme, pentru a sesiza toate aspectele ce vor restricționa prelucrarea. Vor decurge concluzii care vor condiționa coordonarea modulară și analiza topologiei de la care se pornește în această etapă.

Pe baza informațiilor rezultate din analiza temei de proiectare, concretizate în variante distincte topologic și a celor impuse de normative se realizează *ordonarea modulară*, care are ca obiectiv reprezentarea planului pe o grilă avînd un modul (unitate de măsură) rezultat ca optim din calcule. Cotele elementelor planului rezultă tot din această procedură. În funcție de topologia dată și de informațiile furnizate de coordonarea modulară se face *amplasarea spațiilor* pe o suprafață dată. Aceasta se realizează în mai mulți pași și se încheie cu selecția variantei convenabile (rezultată ca optimă din calcule și aleasă din punctul de vedere al unor factori subiectivi).

Varianta selectată face obiectul unor noi transformări în momentul *poziționării elementelor de comunicație și acces*, întrucît în multe cazuri sînt necesare noi deplasări ale componentelor pentru a asigura cuplarea necesară accesibilității. În acest moment se definitivează și varianta de amplasare a încăperilor. Varianta definitivă se va concretiza în *planul apartamentului*, care va fi reținut în baza de date a aplicației. Pornind de la varianta optimă de plan de apartament pentru tema dată, se generează automat și se memorează tipuri de apartamente :

- de colț — 2 legături cu exteriorul ;
- de capăt — 3 legături cu exteriorul ;
- de mijloc — 1 sau 2 legături cu exteriorul ;
- izolate — 4 legături cu exteriorul.



Fig. 8.6. Tipuri de apartamente : de colț, capăt, mijloc, izolat

Elaborarea planurilor de secțiune-scară

La elaborarea planurilor de secțiune este necesară o nouă *analiză a temei de proiectare* din punctul de vedere al acestui nivel de abordare a problemei. Și aceasta are la bază elemente de topologie și de normativ, specificîndu-se tipul (de capăt, mijloc, colț, izolat), numărul de apartamente la scară, tipul nodului de circulație (luminat, neluminat), tipurile de apartamente ce compun secțiunea.

Se va realiza configurarea secțiunii prin amplasarea planurilor apartamentelor în jurul unui spațiu central numit *nod de cuplare*. Nodul de cuplare conține spațiul de circulație al secțiunii și spații funcționale anexe. În funcție de legătura sa cu exteriorul, nodul de cuplare poate fi luminat sau neluminat (Fig. 8.7).

În funcție de tema de proiectare se execută o procedură de *selecție a tipurilor de apartamente* existente în baza de date, necesare la asamblarea în planul de secțiune — scară.

Prin asamblarea apartamentelor rezultă variante posibile care sînt analizate.

Prin adăugarea la restricțiile temei a unor restricții de ordin subiectiv se face *selecția variantei optime* în funcție de criteriile impuse.

Informațiile referitoare la varianta optimă vor fi concretizate în *planul de secțiune — scară* (Fig. 8.8).

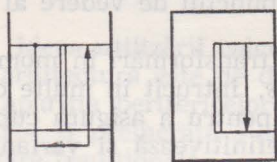


Fig. 8.7. Noduri de cuplare.

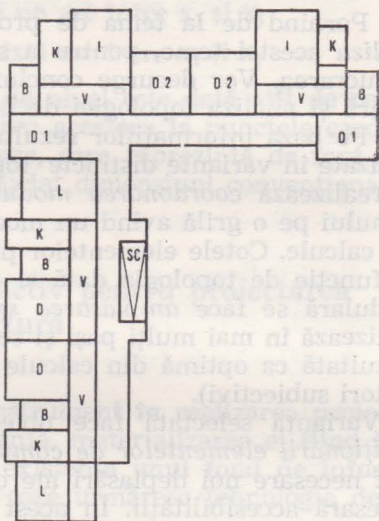


Fig. 8.8. Tipuri de secțiuni: de colț, capăt, mijloc, izolate.

În vederea realizării planului secțiunii întregii construcții rezultat din asamblarea secțiunilor — scară se generează *tipuri de secțiuni* (de colț, de capăt, de mijloc, izolate).

Elaborarea planurilor de secțiune — bloc

Prin asamblarea secțiunilor — scară într-un anume mod dictat de tema de proiectare și de considerente estetice subiective, rezultă variante de secțiuni ale construcției. Datorită preponderenței factorilor subiectivi, tehnica de generare se va baza pe proceduri conținând combinații de transformări geometrice ale secțiunilor-scară extrase din baza de date, în funcție de tipul adecvat cerut de succesiunea transformărilor și de tipul secțiunii selectat anterior.

Acest modul utilizează cu preponderență tehnicile de grafică interactivă.

Realizarea imaginii în perspectivă

Odată stabilit planul de secțiune al construcției, se poate realiza, cunoscînd și elemente referitoare la planul vertical, imaginea în per-

sspectivă a construcției respective. Reprezentarea în spațiul tri-dimensional conferă posibilitatea analizei ansamblului arhitectural și încadrarea lui în sistemul constructiv proiectat.

8.4.2. Proceduri automate de proiectare

Proiectarea asistată de calculator presupune, după cum am mai menționat, automatizarea unor proceduri din cadrul fluxului stabilit, proceduri care pot fi modelate matematic. În cazul nostru, principalele etape de proiectare pe care le execută calculatorul exclusiv sau în colaborare cu arhitectul sînt :

- generarea variantelor topologice ;
- coordonarea modulară ;
- alocarea optimă a spațiilor ;
- poziționarea elementelor de comunicație, și a altor simboluri ;
- generarea secțiunilor.

Generarea variantelor topologice

Problema generării automate a variantelor topologice și baza matematică au fost prezentate în § 8.3.

Trebuie adăugat că procesul de generare manuală a unui set complet la variante topologice ar fi practic imposibil în condițiile în care numărul nodurilor grafului crește, proiectarea tradițională luînd în considerare numai un set restrîns de variante „uzuale” pentru tipurile de apartamente date. De aceea, varietatea soluțiilor fiind scăzută, se ajunge la utilizarea unor șabloane care conduc la monotonie în elaborarea proiectelor de arhitectură.

Generarea automată a variantelor topologice asigură un fond de informații memorate în baza de date necesar fazelor de proiectare ulterioare.

Coordonarea modulară

Coordonarea modulară este o tehnică de dimensionare a spațiilor unui plan, astfel încît acesta să poată fi așezat pe o grilă avînd un modul (unitate de măsură) rezultat ca optim din calcule.

Pornind de la normativele în vigoare privind suprafețele admisibile ale camerelor în funcție de destinația lor și de tipul apartamentelor în care sînt incluse, metoda stabilește dimensiunile optime ale fiecărui spațiu, avînd drept criteriu, respectarea unui raport dat al dimensiunilor (lățime/lungime).

În scopul obținerii unor soluții modulate, necesare realizării de pereți la scară industrială cu dimensiuni tipizate, laturile camerelor se determină astfel încît să fie multiplu de unul sau mai multe module.

S-a constatat că modulele cel mai frecvent folosite în tipizare sînt de 30, 60 și 90 cm.

Fiecare dimensiune se calculează pornind de la valoarea de 90 cm la care se adună în mod repetat modulul ales, astfel încît să nu se depășească 800 cm.

Evident, că nici o cameră a unui apartament nu va ajunge să aibă o latură de 8 m, această valoare fiind o constantă de program.

Modelul matematic al acestei tehnici poate fi descris prin parcurgerea următorilor pași :

1. Pe baza datelor introduse de utilizator pentru identificarea tipului de apartament dorit (nr. de camere, nr. de persoane) se extrag din nomenclatorul cu normativele apartamentelor, suprafețele minime și maxime, precum și raportul lățime/lungime, admise pentru fiecare tip de cameră.

De asemenea se rețin limitele minime și maxime ale suprafețelor locuibile și utile corespunzătoare tipului de apartament.

2. Pentru fiecare modul (i) și pentru fiecare spațiu (j) se alege o suprafață (S_{ij}) multiplu de modul, care să se încadreze între limita minimă (S_j min) și maximă (S_j max) date de nomenclator, cu o toleranță de 0,10, iar pe de altă parte, să respecte raportul dat lățime/lungime (R_j dat) cu o toleranță dată.

$$a) S_j \min \leq S_{ij} \leq S_j \max$$

$$b) 8 \ 100 \leq S_{ij}$$

$$c) 0.9 \times S_j \min \leq S_{ij} \leq 1.1 \times S_j \max$$

$$d) D_j < 0.2 \text{ unde } D_j = |R_{ij} - R_j| \text{ dat}$$

Condițiile sînt :

$$\text{— a) și b) și d)}$$

sau

$$\text{— c) și b) și d)}$$

Pentru fiecare modul și spațiu pot rezulta mai multe soluții posibile care sînt reținute și afișate.

3. La fiecare modul se alege dintre soluțiile găsite aceea care respectă criteriul :

$$\min_j (D_j)$$

unde D_j este diferența calculată la punctul d) de mai sus

4. Pentru fiecare modul dimensionabil pentru toate spațiile planului ales, se calculează suprafețele locuibile și utile și se testează dacă acestea se încadrează în limitele minime și maxime din nomenclatorul tipurilor de apartamente, precum și disponibilul (procentual și absolut) rămas pentru circulație.

5. În cazul în care utilizatorul nu este mulțumit de soluția găsită aplicînd criteriul abaterii minime la raportul lățime/lungime, acesta are posibilitatea să aleagă și alte variante posibile. În această situație se reiau calculele de la pasul 4). Oricum, ultima variantă calculată este cea care va fi reținută pentru a fi folosită mai departe în procedurile de amplasare.

Optimizarea alocării spațiilor

Problema alocării optime a spațiilor pentru a configura un spațiu este complexă prin natura și varietatea factorilor care o condiționează. Este o problemă restricționată de două elemente.

Primul îl constituie *problema topologică*, aceasta introducând restricții de vecinătate, comunicație sau accesibilitate obligatorii, care în final vor asigura funcționalitatea ansamblului.

Rezultatele problemei topologice sînt concretizate în mai multe tipuri de matrici asociate variantelor topologice. Aceste matrici furnizează informații cu privire la vecinătatea camerelor, orientarea lor la punctele cardinale, coordonatele spațiilor în planul topologic al variantei, incidența spațiilor.

O parte a informațiilor conținute de matrici vor constitui premise pentru crearea fișierelor sistemului, altă categorie va facilita orientarea spațiilor respectînd anumite reguli de ordonare ce vor fi prezentate și o a treia categorie va conține informații de text pentru verificarea variantei finale obținute din alocare și va reprezenta și unul dintre criteriile de selecție a acestora printre variantele „apropiate de optim”. Al doilea element care influențează abordarea problemei alocării spațiilor îl constituie *dimensionarea*, adică tocmai modulul de asociere a geometriei unei topologii date. Aceasta constituie o restricție foarte puternică prin acțiunea de deformare a spațiilor din planul topologic.

Implicațiile dimensionării. În absența acestui factor, problema alocării suprafețelor n-ar mai fi pusă, întrucît faza de elaborare a variantelor topologice furnizează planuri de configurare la dimensiuni convenționale. Aceste planuri conțin spații alocate contiguu care respectă și condiția de dreptunghi a ansamblului.

Dimensiunile nefiind însă cele reale, planul topologic se deformează micșorîndu-se sau dilatăndu-se, în funcție de raportul dintre dimensiunile reale și cele din planul topologic (Fig. 8.9).

Planul topologic va fi considerat în continuare ca o grilă de referință pe care spațiile vor fi deplasate în scopul compactării.

Un indicator de remarcat la asocierea geometriei unei topologii date îl constituie raportul dintre dimensiunile spațiilor din planul topologic și cele ale spațiilor dimensionate corespunzătoare.

În situația în care dimensiunile spațiilor din planul topologic sînt mai mici, se vor depăși limitele spațiilor și în acest caz este necesară translația axelor din planul topologic.

Se observă că în urma dimensionării, pozițiile relative ale camerelor se schimbă, ajungîndu-se la situații de suprapunere pe o anumită suprafață sau la situații de împrăștiere pe planul topologic, cu goluri între ele (Fig. 8.10).

Variantele prezentate exemplifică situațiile care pot să apară în urma dimensionării spațiilor și raportarea la planul topologic de la care s-a pornit. Situația contiguității spațiilor în această fază este considerată o excepție. Deci în acest moment problema o constituie modificarea pozițiilor relative ale spațiilor astfel încît să se obțină o suprafață contiguă și respectîndu-se condițiile de topologie stabilite pentru fiecare variantă în parte.

În urma stabilirii variantei dimensionale integrale, se selectează variantele topologice configurabile prin dimensionare. În acest sens se

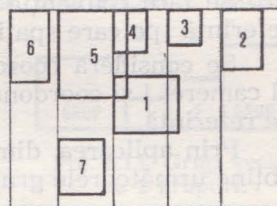


Fig. 8.9. Deformarea spațiilor în urma dimensionării.

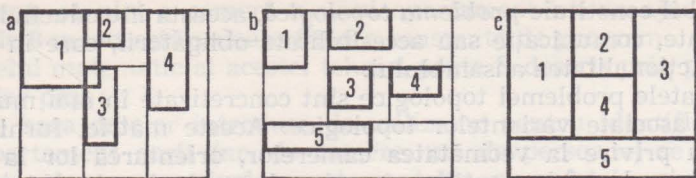


Fig. 8.10. a) Suprapunerea spațiilor în urma dimensionării (1, 2, 3).

b) Împrăștierea spațiilor în urma dimensionării;

c) Identitatea între soluția topologică și cea geometrică.

testează toate corelațiile dimensionale, astfel încât să se păstreze toate restricțiile topologice.

Variantele care nu respectă corelațiile sînt eliminate.

Criterii de selecție a variantei optime. Pentru selecția variantei optime se iau în considerare următoarele criterii :

- suprafața golurilor interioare să fie minimă ;
- perimetrul dreptunghiului înfășurător să fie minim ;
- diferența între aria dreptunghiului înfășurător și aria totală a spațiilor să fie minimă ;
- criterii subiective — introduse prin opțiuni ale utilizatorului, care reprezintă preferința pentru o anumită variantă.

Metoda de alocare optimă a suprafețelor

Se face convenția ca planul topologic să fie considerat ca o grilă de referință pe care spațiile vor fi deplasate succesiv, în scopul compactării.

Se consideră coordonatele ($X_0(i)$, $Y_0(i)$) ale punctului de referință al camerei i și coordonatele ($X_1(i)$, $Y_1(i)$) ale punctului diagonal punctului de referință.

Prin aplicarea dimensiunilor (LU = lungime, LA = lățime) se pot obține următoarele grupuri de coordonate posibile :

$$X_0(i), Y_0(i) ; X_{A1}(i), Y_{A1}(i)$$

unde

$$X_{A1}(i) = X_0(i) + LU$$

sau

$$X_{A1}(i) = X_0(i) + LA$$

și

$$Y_{A1}(i) = Y_0(i) + LU$$

sau

$$Y_{A1}(i) = Y_0(i) + LA$$

care conduc la combinațiile de coordonate corespunzătoare. Alegerea combinației se face în concordanță cu combinația de pe grila topologică.

$$X = X_0(i) - X_1(i)$$

$$Y = Y_0(i) - Y_1(i)$$

Dacă $X < Y$ pe direcția X se va aplica lățimea iar pe direcția Y se va aplica lungimea, în caz contrar pe direcția X se va aplica lungimea iar pe direcția Y se va aplica lățimea. Rezultatul dimensionării este prezentat grafic în Fig. 8.11.

Grila topologică constituie pentru pasul următor suportul alocării. Astfel, nodurile sale vor constitui limitele de translație pe cele 2 direcții în scopul creării unor subansamble de spații, asigurând în acest fel și respectarea topologiei. Posibilitățile de cuplare a spațiilor pe direcțiile V—E și N—S sînt cuprinse într-o matrice a grupurilor care va indica sensul de alocare. Această matrice conține distribuția nodurilor în planul topologic și informațional de vecinătate a spațiilor între ele sau cu punctele cardinale.

Explorînd fișierul cu planurile topologice dimensionate și matricea grupurilor, se realizează prin actualizarea coordonatelor un fișier de subansamble.

— În același moment, coordonatele spațiilor se vor raporta la pozițiile lor în cadrul subansamblului respectiv. O observație importantă este că la un moment dat, un spațiu poate exista în 2 subansamble pe o direcție. Această proprietate asigură posibilitatea cuplării subansamblelor.

Se selectează nodurile duble pe o direcție, translatînd grupul pe direcțiile N—S de la sud către nord, respectiv V—E de la est către vest pînă la suprapunerea nodurilor comune. În cazul în care vectorul de alocare conține spații nealocate acestea se alocă după o procedură distinctă, care explorează vecinătățile și actualizează coordonatele astfel încît să se realizeze cuplarea minimă (1,20 m) cu spațiile adiacente. Procesul de alocare se încheie în momentul în care vectorul de alocare nu mai conține elemente nule și matricea grupurilor nu mai indică subansamble cu noduri duble.

La obținerea subansamblelor, un element important este tipul grupului care se alocă. Ținînd seama de învecinarea cu alte grupuri sau cu punctele cardinale (PC) pot exista 4 situații care ne interesează pe o anumită direcție :

- 1 — grup vecin cu două puncte cardinale (Fig. 8.12).
- 2 — grup vecin cu două grupuri (Fig. 8.13).
- 3 — grup vecin cu 1 punct cardinal și cu alt grup.

Din aceste poziții relative posibile decurg 2 variante de alocare :

- a) de la Vest la Est (respectiv N—S) dacă tipul grupului este 1, 2, 3 a.
- b) de la Est la Vest (respectiv S—N) dacă tipul grupului este 3 b.

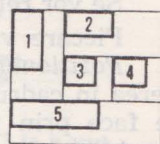


Fig. 8.11. Exemplu de asociere a setului de dimensiuni pe un plan topologic.

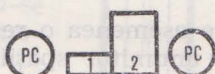


Fig. 8.12. Grup vecin cu 2 puncte cardinale.

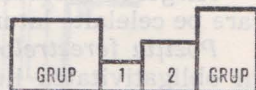


Fig. 8.13. Grup vecin cu 2 grupuri.

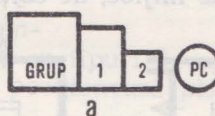
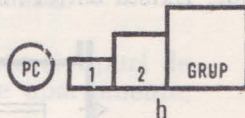


Fig. 8.14. Grup vecin cu un punct cardinal cu alt grup la punctul cardinal opus.



Coordonatele obținute în urma alocării pot plasa centrul de referință al figurii în orice punct al grilei topologice în funcție de natura subansamblurilor constituite. De aceea, înainte de afișare este necesară translatarea planului obținut în originea inițială a grilei topologice. Pe parcursul alocării se fac teste de corelare a dimensiunilor, de respectare a topologiei, de compatibilitate a cuplării subansamblurilor, invalidând variantele la care se semnalează erori.

Se vor reține numai variantele configurabile.

Fiecare variantă va avea asociați indicatorii de eficiență a alocării.

Poziționarea elementelor de comunicație și a altor simboluri. Includerea în cadrul planurilor obținute a unor elemente grafice standardizate se face prin proceduri interactive. Aceasta presupune opțiunea utilizatorului în momentul prelucrării, privind : — simbolul selectat, transformările geometrice aplicate acestuia înainte de includerea în plan, marcarea punctului în care va fi poziționat.

Aceste funcții se realizează utilizând tehnica menu-ului în care se înscriu tipurile de funcții grafice realizate sau chiar simboluri, în cazul în care numărul acestora este redus.

Poziționarea elementelor de comunicație asigură accesibilitatea între spațiile interioare și cu nodul de cuplare (scara) — uși și comunicarea cu exteriorul — ferestre.

Comunicarea între spațiile interioare nu afectează procedura de generare a secțiunii, întrucât nu restricționează în nici un mod orientarea apartamentului.

Poziția accesului în apartament (ușa de la vestibul) constituie o restricție importantă întrucât este elementul care dă orientarea în planul secțiunii.

Alegerea accesului într-o anumită poziție condiționează tipul de cuplare pe celelalte laturi.

Poziția ferestrelor este de asemenea o restricție puternică, decurgând din obligativitatea iluminării anumitor spații ale apartamentului, determinând, împreună cu poziția accesului în apartament, tipul cuplării.

Generarea secțiunilor. La generarea planului de secțiune, un element important îl constituie poziția pe care o ocupă acestea în secțiunea în bloc. Există astfel : secțiuni de mijloc, de colț, de capăt sau izolate.

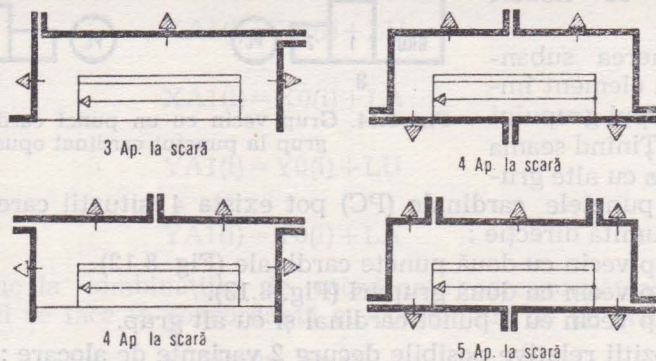


Fig. 9.15. Scheme de asamblare (ideograme) pentru scara luminată.

Tipul secțiunii influențează orientarea apartamentelor în plan. La aceasta se adaugă și tipul nodului de circulație : luminat, neluminat. Selecția planurilor de apartamente pentru asamblare este condiționată și de numărul de apartamente la scară, precizat prin tema de proiectare.

Combi-națiile acestor elemente generează tipurile de variante de asamblare prezentate în fig. 8.15 pentru scara luminată și în fig. 8.16 pentru scara neluminată. Schemele de asamblare reprezintă șabloane pentru plasarea componentelor secțiunii, conținând descrierea topologiei acesteia. Acestea conțin restricțiile de îmbinare a elementelor, impunând cuplarea pe anumite laturi și condiționând poziția accesului. În stabilirea tipului cuplării se va ține seama de următoarele elemente : poziția accesului, pozițiile ferestrelor, forma apartamentului. Combi-nația acestora, în unele cazuri conduce la imposibilitatea încadrării apartamentului într-un anumit tip de cuplare. În alte cazuri se pot genera mai multe tipuri posibile de cuplare și deci se impune tratarea lor pentru fiecare combinație în parte.

Criteriile de selecție a planurilor de apartamente din fișier sînt în general de ordin subiectiv, solicitîndu-se decizia utilizatorului în diverse momente ale prelucrării. De aceea se impune aplicarea unei metode de generare interactivă a planurilor de secțiuni. Această metodă pornește de la schemele de asamblare care reprezintă sinteza posibilităților de com-binare a diverselor tipuri de scări cu tipuri de apartamente și tipuri de cuplare. Pe șablonul acestora se poziționează planurile de apartamente. (Fig. 8.17).

Metoda presupune următoarele faze :

Selecția ideogramei — se face alegînd schema de ansamblare care satisface toate restricțiile temei de proiectare și afișarea acesteia pe ecranul display-ului.

Analizînd imaginea, utilizatorul solicită *extragerea din fișier și afișarea variantelor de apartamente* pe tipuri de apartamente și tipuri de cuplare, oprindu-se la varianta care-l satisface ca formă și ca indicatori de alocare.

Asupra variantei selectate operează o serie de transformări geometrice (scalare, translație, rotație, oglindire) pentru a-l aduce în poziția dorită pe șablonul de asamblare. Astfel, *poziționarea apartamentului pe*

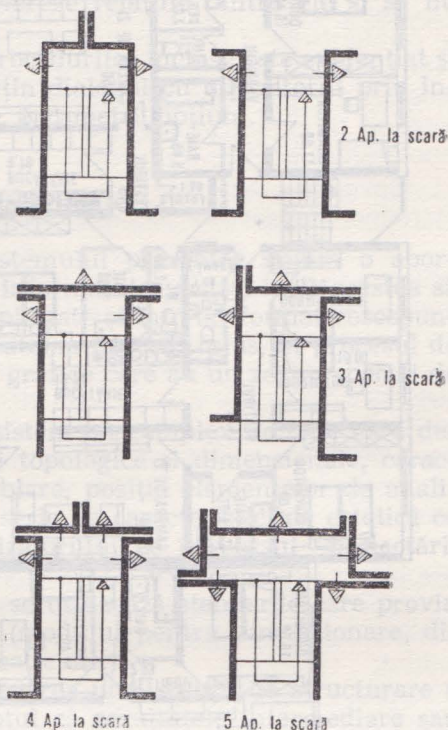


Fig. 8.16. Scheme de asamblare pentru scara neluminată.

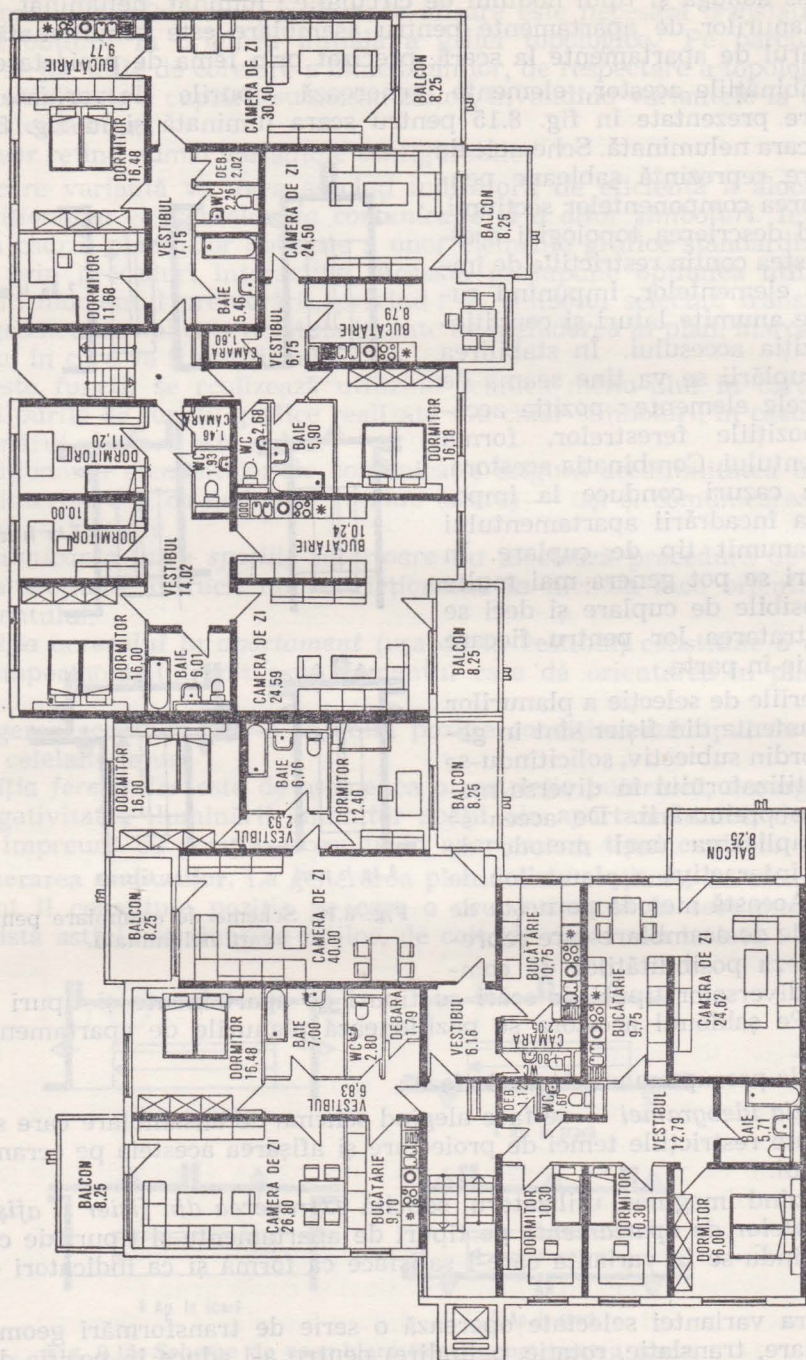


Fig. 8.17. Exemplu de plan de secțiune.

schema de asamblare constituie o condiție restrictivă pentru următoarele apartamente care vor fi alese astfel încât să se îmbine cu cele poziționate anterior.

Planul de secțiune generat prin repetarea pașilor enumerați pentru toate apartamentele care compun secțiunea poate avea în final o formă cu neregularități care pot fi atenuate prin deplasări ale componentelor între anumite limite care să nu deterioreze relațiile dintre ele și să nu încalce restricțiile.

Gradul înalt de interactivitate al procedurilor incluse este evidențiat și de faptul că majoritatea acestora întrețin dialogul cu utilizatorul prin intermediul consolei sub forma de mesaje, parametri, opțiuni.

8.4.3. Particularitățile în structurarea informației

Caracteristicile funcționale ale sistemului prezentat impun o abordare specifică a problemei organizării informațiilor, astfel încât acestea să poată fi făcute disponibile cu multă rapiditate și într-un format corespunzător cerințelor fazelor de proiectare automatizate. În plus, în procesul de prelucrare intervin frecvent informații grafice care au un regim special de utilizare.

Tema de proiectare introduce în sistem un complex de date care definesc problema de rezolvat: restricții topologice și dimensionale, caracteristici constructive (scheme de asamblare, poziția elementelor de analizare, încălzire, gaze etc.), precum și o serie de caracteristici de estetică ce se vor materializa în opțiuni ale utilizatorului pe parcursul proiectării automate.

În corelație cu tema de proiectare se utilizează standarde care provin din necesitatea tipizării în construcții (modulul pentru dimensionare, dimensiuni pentru elementele de comunicație etc.).

Cea mai puternică restricție în alegerea unei soluții de structurare a informațiilor în baza de date este faptul că rezultatele intermediare sau finale ale prelucrării sînt imagini grafice. Aceasta implică existența unor fișiere de desen organizate astfel încât să permită selecția rapidă, posibilități de modificare, precum și reprezentarea pe diverse medii în formate prestabilite. Rezultatele intermediare se afișează pe ecranul display-ului grafic interactiv în scopul analizei și prelucrării, memorîndu-se în dinamică fazele prin care trec.

Afișarea pe plotter se face numai în momentul definitivării desenului sau la solicitarea utilizatorului.

Gradul de complexitate al procesului de prelucrare impune agregarea informațiilor pe nivele, realizînd o structură arborescentă care permite accesul selectiv la corecțiile de date specifice unei faze de proiectare (nivel apartament, nivel secțiune etc.) concomitent cu legarea lor de nivelul superior sau inferior.

Organizarea informațiilor în baza de date este restricționată și de necesitatea corelării formatelor fișierelor în coordonate cu formatele fișierelor de desen. Acest aspect este caracteristic procedurilor interactive care operează prin modificări frecvente și schimburi de informații între cele două tipuri de fișiere.

Elaborarea automată a desenelor presupune apariția unor elemente grafice cu un grad mare de repetabilitate în cadrul unei reprezentări sau cu caracter tipic pentru toate desenele fazei respective de proiectare.

Aceasta impune memorarea desenelor elementare numite uzual simboluri într-o bibliotecă de simboluri și extragerea acestora la cerere, în scopul includerii în desenul complex.

Pentru sistemul prezentat biblioteca de simboluri conține : elemente de comunicație și acces (uși, ferestre), schemele tipice de asamblare, simboluri pentru elementele de canalizare, încălzire, gaze, simboluri pentru generarea variantelor de mobilare a spațiilor etc. Răspunsul pe care-l dă sistemul în cursul procesului de proiectare poate fi sub forma desenelor, rapoartelor de ieșire sau mesajelor.

Din prima categorie fac parte : setul de variante topologice, planul de apartament, planul de secțiune, imaginea în perspectivă.

Ca rapoarte de ieșire se obțin : lista suprafețelor modulate și indicații de eficiență pentru variantele de amplasare. Lista suprafețelor modulate cuprinde informații de sinteză obținute în urma coordonării modulare pentru seturile de dimensiuni rezultate.

Indicatorii de eficiență pentru variantele de amplasare caracterizează variantele generate din punctul de vedere al suprafeței utile, suprafeței dreptunghiului înfășurător, gradul de acoperire a dreptunghiului înfășurător, perimetrul dreptunghiului înfășurător. Aceștia constituie criterii de selecție pentru variantele de planuri ce vor fi reținute pentru asamblări ulterioare.

O categorie aparte de răspunsuri ale sistemului o constituie mesajele care se pot obține la consola operatorului sau pe display-ul grafic, în cursul procedurilor interactive. Acestea informează utilizatorul despre modul de funcționare a programului, comunică rezultate intermediare, solicită opțiuni.

Mesajele marchează nodurile decizionale în care este necesară intervenția proiectantului uman care coordonează fluxul pe care-l va urma procesul de proiectare ca urmare a opțiunii introduse.

8.4.4. Proceduri grafice interactive

Necesitatea modificării desenelor obținute în diferite etape de proiectare, precum și necesitatea generării interactive a unor desene complexe prin compunerea unor detalii au condus la includerea în sistem a procedurilor grafice interactive.

Acestea presupun existența în configurația de calcul a unui display grafic cu facilități interactive : tabletă grafică, joystick, taste funcționale, locatori, valuatori, creion luminos etc.

Modificarea interactivă a desenelor presupune includerea, ștergerea sau transformarea unor elemente grafice care apar pe ecranul display-ului la un moment dat utilizând funcții grafice, corespunzătoare operațiunilor menționate și asociate într-un mod prestabilit funcțiunilor unui dispozitiv de interacțiune.

De asemenea, pentru stabilirea funcției selectate la un moment dat se utilizează tehnica menu-ului prin care se face corespondența dintre o zonă a display-ului și un tip de operație ce se va executa asupra desenului.

Un astfel de menu este utilizat pentru modificarea variantelor planurilor de apartamente și conține următoarele funcții : translație, rotație, selecție simboluri, trecerea la alt desen.

Corelat cu funcția de selecție simboluri este utilizat un menu de simboluri necesare pentru poziționarea elementelor de comunicație, a elementelor de încălzire, canalizare, gaze.

Joystick-ul este utilizat ca dispozitiv de interacțiune.

Acesta punctează zona de menu asociată funcției și în funcție de tipul transformării stabilește punctul inițial și/sau punctul final, simbolul ce va fi poziționat, partea din desen (segmentul) ce va fi transformat.

Validarea poziționării simbolurilor se face prin intermediul tastelor funcționale ale display-ului cărora li se atașează funcții stabilite de către utilizator.

Generarea planurilor de secțiuni, întrucât este un proces care implică includerea multor elemente subiective, este concepută ca un modul interactiv.

Metoda pornește de la selecția schemei de asamblare care este desenată pe display și care influențează procedura de selecție a variantelor de apartamente ce vor fi cuplate potrivit șablonului ales. Variantele de apartamente extrase din baza de date sînt desenate separat și analizate. Dacă satisfac cerințele de cuplare sînt reținute și asupra lor se operează dacă e cazul o serie de transformări geometrice (scalare, translație, rotație, oglindire) pentru a-l aduce în poziția dorită din schema de asamblare.

Aceste funcții se realizează și aici utilizînd tehnica menu-ului și dispozitivele de interacțiune (joystick, taste funcționale).

Similar se generează planuri complexe de secțiuni, prin translația, rotația, oglindirea unor secțiuni simple.

Procedurile interactive implică un dialog permanent cu utilizatorul printr-un schimb de mesaje și opțiuni care coordonează procesul de prelucrare și activează prin intermediul unei proceduri de selecție, funcțiile grafice solicitate conversațional.

8.5. Concluzii

ARTIS este un pachet software grafic interactiv, care oferă specialiștilor în arhitectură un instrument de analiză și decizie în realizarea proiectelor specifice domeniului.

Concepția pachetului de programe este modulară, oferind posibilitatea includerii unor noi componente în sistem.

Este un sistem rapid din punctul de vedere al timpului de răspuns, ceea ce asigură eficiența procedurilor interactive.

Eficiența pachetului de programe constă atît în puterea de analiză și desen a unui număr mare de variante de planuri arhitecturale cu un nu-

măr mare de spații cât și în alegerea amplasamentului optim, toate acestea salvînd multe ore de calcul și redesenări.

Prin generarea unui număr foarte mare de variante, se propun arhitectului soluții noi care nu s-ar putea obține în procesul de proiectare tradițional.

De asemenea, generarea automată a tipurilor de subansamble ale construcției și asamblarea acestora constituie o sursă de economisire a timpului de proiectare.

Standardizarea și tipizarea vor constitui elementele de legătură cu alte domenii către care se poate extinde proiectarea asistată de calculator (sistemizare, construcții).

Bibliografie, capitolul 8

- [1] Jouko Seppänen, James M. Moore, *Facilities Planning with Graph Theory*, Management Science, 1970.
- [2] Tosiysu L. Kunii, *Computer Graphics*, Springer-Verlag, 1983.
- [3] Steve Harrison, *Coordinating A/E/C CAD*, Computer Graphics World, November, 1983.
- [4] James D. Foley, Andries Van Dam, *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1983.
- [5] Carter J., *Computers and the architect*, The Architect's Journal, 3, 1973.
- [6] Peterson J., *Information Methods for Design and Construction*, J. Wiley, 1976.
- [7] Hillier F. S., *Quantitative Tools for Plant Layout Analysis*, Journal of Industrial Engineering, Vol. XIV, No. 1, 1963.
- [8] Muther R. D., *Systematic Layout Planning*, The Architect's Journal, No. 3, 1961.
- [9] Moore J. M., *Plant Layout and Design*, Macmillan, New York, 1962.
- [10] J. Encarnacao, *Computer Aided Design ; Modelling, Systems Engineering, CAD Systems*, Springer Verlag, 1980.
- [11] G. Enderle, K. Kansy, G. Pfaff, *Computer Graphics Programming*, Springer-Verlag, 1984.
- [12] * * * ARTIS Manual de prezentare, ITC, 1984.
- [13] * * * ARTIS Manual de utilizare, ITC, 1984.

Prelucrarea imaginilor, cu aplicații în medicină, biologie, robotică

În timp ce sistemele grafice realizează o sinteză a desenelor unor obiecte reale sau imaginare, prelucrarea imaginilor tratează procesul reciproc: analiza unor scene sau recunoașterea unor obiecte din desenele lor. Este un domeniu important utilizat în studiul fotografiilor de supraveghere aeriană, analiza imaginilor provenite de la „ochii” roboților industriali, sau de la scannerele cu raze X, recunoașterea amprentelor digitale.

Prelucrarea imaginilor are o serie de subdomenii cum ar fi: intensificarea contrastului unei imagini, detectarea și recunoașterea formelor, analiza scenelor. Cu ajutorul acestora se realizează imagini îmbunătățite prin eliminarea „zgomotelor” (detalii neinformaționale), detectarea și clarificarea unor forme standard, căutarea deviațiilor (distorsiunilor) de la o formă standard, sau chiar recunoașterea (reconstrucția) unui model tridimensional al unui obiect pe baza mai multor imagini în două dimensiuni.

Pentru a putea defini și înțelege transformările cu care se operează în prelucrarea numerică a imaginilor este necesară o clasificare a imaginilor după complexitatea lor. O primă împărțire este cea naturală, în imagini color și imagini monocrome sau alb-negru. În imaginile alb-negru putem urmări numărul de nuanțe sau de semitonuri dintre alb și negru. Asemănător tehnicii fotografice, spunem că o imagine are un contrast mai mare decât o altă imagine dacă în cea dintâi avem mai puține nuanțe, dacă trecerea de la o nuanță la alta se face mai net, adică elementele imaginii se detașează mai pregnant din fondul acesteia. Dacă o imagine are numai două nuanțe, alb și negru se va numi imagine binară. Colajele, tăieturi din hirtie neagră lipite pe fond alb, constituie un exemplu tipic pentru această categorie de imagini.

Între imaginile binare un loc special îl ocupă desenele, adică imaginile formate doar din puncte și linii drepte sau curbe.

Contururile obiectelor sau regiunilor, hărțile trasate numai cu curbe de nivel, diferitele tipuri de spectre sau de grafice constituie exemple pentru acest tip de imaginii.

9.1. Introducerea imaginilor în calculator

Imaginile obișnuite, cu care operăm la tot pasul, au unele caracteristici de continuitate, atât ca suprafață, cât și în ce privește tranzițiile lente de la o culoare la alta sau de la o nuanță la alta. Se vorbește de aceea despre *imagini analogice*, pentru a le distinge de cele *numerice*, care, așa cum se va vedea, nu au aceste caracteristici.

9.1.1. Aproximarea numerică a imaginilor

Codificarea numerică a imaginilor, necesară introducerii acestora în calculator, presupune două faze de aproximare: una privind suprafața imaginii, alta privind nivelul de luminositate și culoarea. Suprafața imaginii se acoperă cu o rețea, în fiecare ochi al rețelei considerând culoarea sau luminozitatea constante. În cele mai multe cazuri se consideră rețele regulate formate cu paralele la laturile imaginii atunci când aceasta are forma unui dreptunghi, uneori însă se consideră mai convenabile rețele hexagonale [2]. Indiferent de tipul rețelei, aproximarea imaginii va fi cu atât mai bună cu cât rețeaua este mai deasă. În figura 9.1. (a—d) apare o imagine aproximată pe rețele 32×32 , 64×64 , 128×128 , 256×256 (pag. 225—228).

Imaginile au fost simulate (la plotter) prin desene, urmărind obținerea aceleași densități de linii în toate trei, deci reprezentînd în mod egal negrul din imagine.

În figura 9.2. (a—c) apare și mai pronunțat eroarea care se face la eșantionarea unei imagini, fie pe rețea dreptunghiulară, fie pe rețea hexagonală.

În timp ce pentru acuratețea imaginii preluate sînt de preferat rețelele cît mai dese, memorarea matricială, transferul și transformările matricilor-imagini depind esențial, ca dificultate și consum de timp, de dimensiunea matricii adică de desimea rețelei. În funcție de tipul imaginilor de prelucrat și de configurația de calcul disponibilă se fac adesea compromisuri, lucrîndu-se cu imagini approximate pe rețele cu 96×96 sau 128×128 chiar în cadrul unor sisteme reputate de prelucrare a imaginilor (Quantimet). Se cuvine să menționăm și alte moduri de codificare și aproximare a imaginilor prin șiruri sau prin rețele neregulate (fig. 9.3), în special aproximarea numită prin arbori quadratici [3] (pag. 229).

9.1.2. Codificarea imaginilor

În fiecare ochi al rețelei cu care s-a aproximat suprafața imaginii trebuie aproximată culoarea, determinînd fie *nuanța spectrală*, *strălucirea* și *saturația*, fie prin descompunerea uzuală în cele 3 culori de bază, determinînd intensitățile celor trei componente (roșu, verde, albastru). Dacă imaginea color o primim succesiv prin trei filtre adecvate (roșu, verde și albastru) vom avea trei imagini monocrome, luminozitatea în fiecare punct al uneia din aceste trei imagini corespunzînd intensității componente respective de culoare. Cu un astfel de raționament, eventual și cu instala-

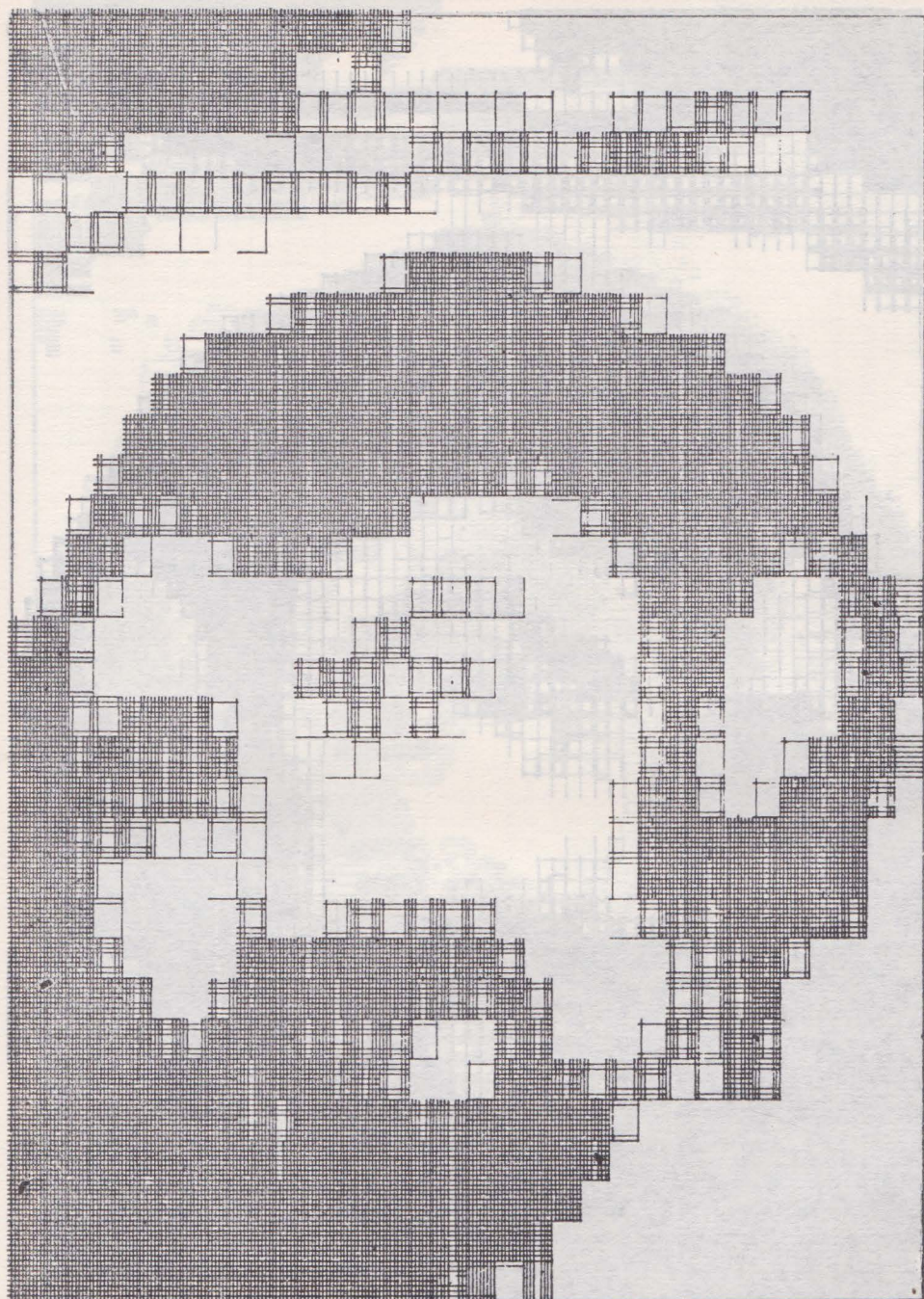


Fig. 9.1. Portret : a) 32x32

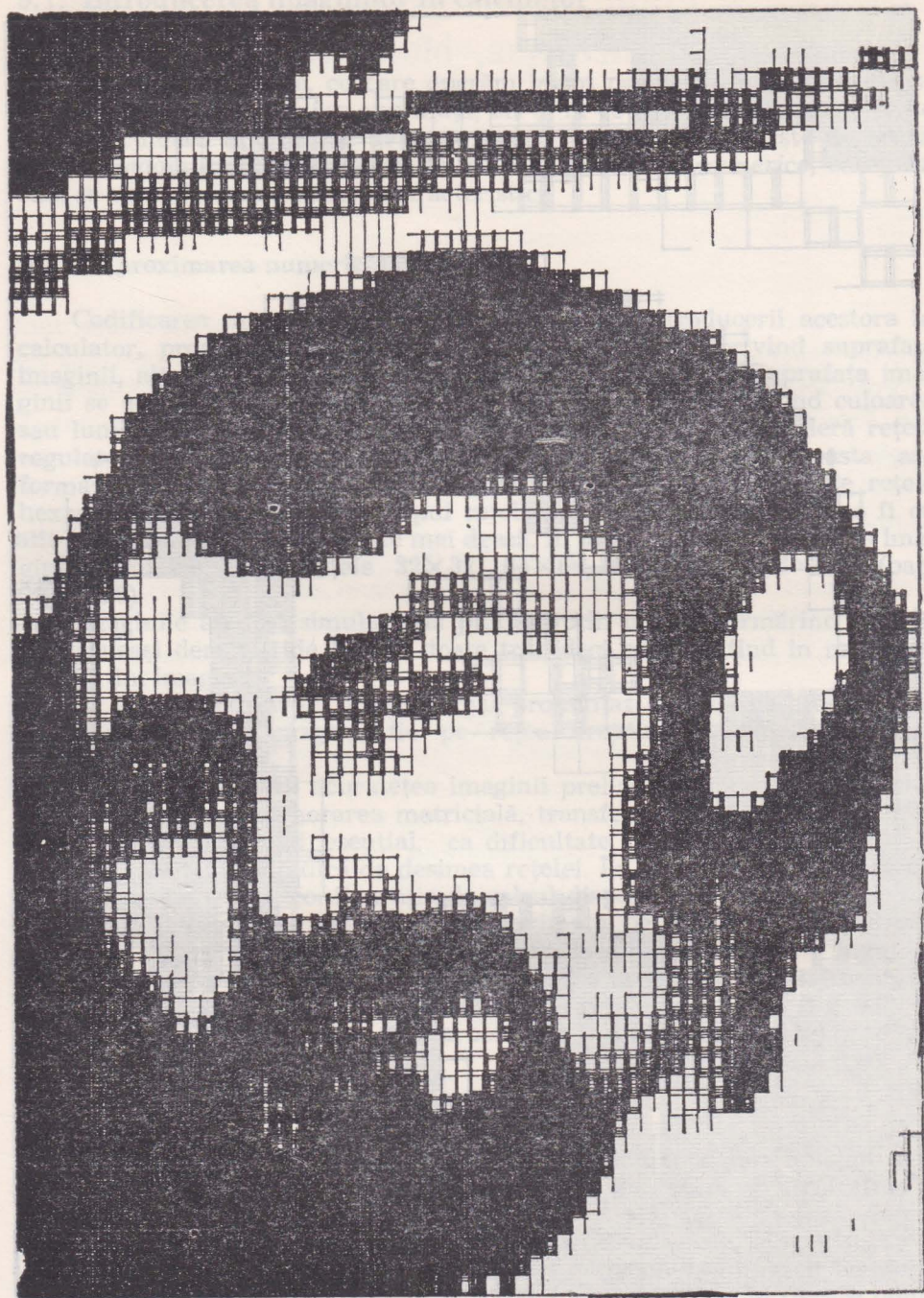


Fig. 9.1. b) 64×64



Fig. 9.1. c) 128×128

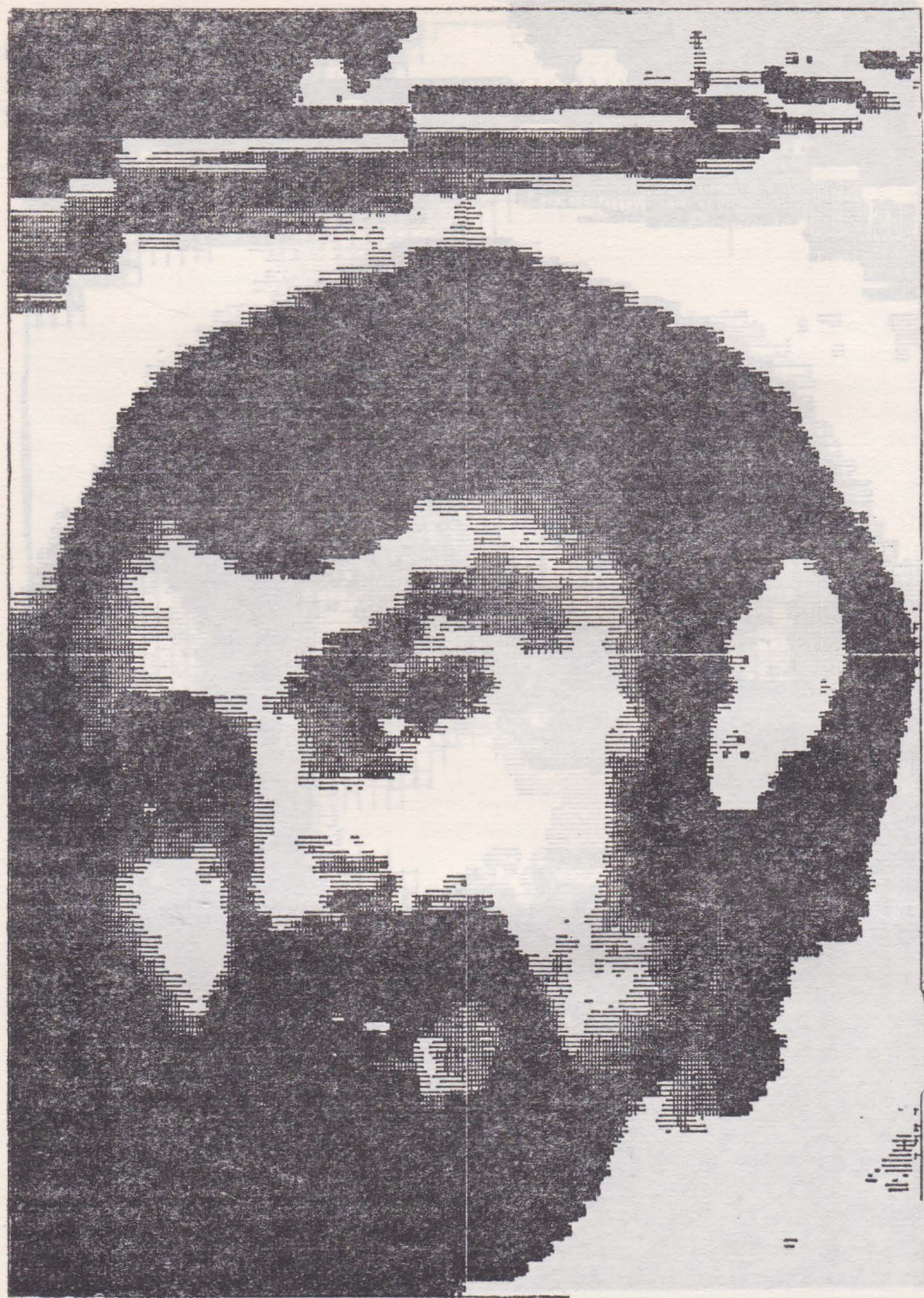
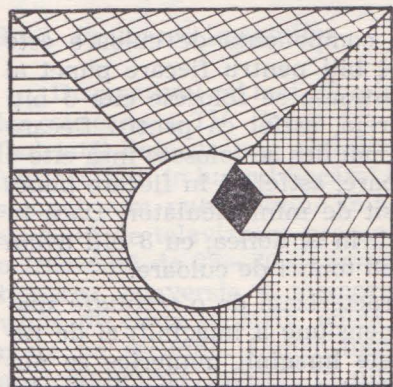


Fig. 9.1. d) 256×256



1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4
1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4
1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4
1	1	3	6	6	4	4	4	4	4	4
1	1	5	6	6	6	5	4	4	4	4
1	1	4	6	3	3	5	4	4	4	4
2	2	3	5	4	4	3	4	4	4	4
2	2	2	2	5	5	2	3	4	4	4
2	2	2	2	5	5	2	2	3	4	4
2	2	2	2	5	5	2	2	2	3	3

b

1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4
1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4
1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4
1	1	1	1	3	2	4	4	4	4	4
1	1	6	6	6	6	4	4	4	4	4
1	3	6	6	6	6	4	4	4	4	4
2	2	6	6	6	6	4	4	4	4	4
2	2	6	6	3	3	4	4	4	4	4
2	2	3	5	4	4	2	4	4	4	4
2	2	2	2	5	4	2	2	4	4	4
2	2	2	2	5	4	2	2	3	3	3
2	2	2	2	5	4	2	2	2	3	3

c

4	4	4	4	4	4	0
4	5	5	5	5	5	4
4	5	6	6	6	5	4
4	5	6	7	6	5	4
4	5	6	6	6	5	4
4	5	5	5	5	5	4
4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4

a

(4,7)(0,1)
(4,1)(5,6)(4,1)(0,1)
(4,1)(5,1)(6,3)(5,1)(4,1)(0,1)
(4,1)(5,1)(6,1)(7,1)(5,1)(4,1)(0,1)
(4,1)(5,1)(6,3)(5,1)(4,1)(0,1)
(4,7)(0,1)
(4,7)(0,1)

c

(4,9)(5,5)(4,3)(5,1)(6,3)
(5,1)(4,3)(5,1)(6,1)(7,1)
(6,1)(5,1)(4,3)(5,1)(6,3)
(5,1)(4,3)(5,5)(4,10)(0,8)

4	4	4	4	4	4	0
4	5	5	5	5	4	0
4	5	6	6	5	4	0
4	5	6	6	5	4	0
4	5	6	6	5	4	0
4	5	6	6	5	4	0
4	5	5	5	5	4	0
4	4	4	4	4	4	0

d

Fig. 9.3. Moduri de codificare: a) rețea 8×8 pixeli; b) numărul repetițiilor pe orizontală; c) numărul repetițiilor pe verticală; d) rețea neregulată — arbore quadratic.

ția optică corespunzătoare, putem privi imaginile color ca triplete de imagini monocrome. După eșantionare, imaginea color va fi o matrice în care fiecare element este un vector cu trei componente, sau o secvență de trei matrici de aceeași dimensiune, corespunzând componentelor de bază. Este deci suficient să urmărim modul în care se codifică luminozitățile în imaginile alb-negru. În imaginile alb-negru binare, problema este simplă: punem, spre exemplu cu numere în baza doi, 1 pentru alb și 0 pentru negru. Apare atunci naturală problema codificării diferitelor niveluri de luminozitate dintre alb și negru prin numere situate între 0 și 1. Fiind vorba de codificare pentru introducere în calculator, se pune problema stabilirii numărului de niveluri de luminozitate cu care se aproximează zonele imaginii, respectiv al numărului de valori cu care trebuie lucrat, și se vor prefera numerele întregi fracțiilor subunitare. În fond, indiferent cum le vom spune, nivelurile de luminozitate ale imaginii se vor codifica numeric. Cum însă între acestea nu au sens operațiile aritmetice uzuale ci unele similare celor din logică, considerăm utilă interpretarea lor ca valori de adevăr. În [4] se utilizează aparatul matematic al algebrelor Post pentru definirea operațiilor cu imagini, demonstrându-se că toate imaginile numerice de aceeași dimensiune și cu cel mult N niveluri de luminozitate formează o algebră Post N -valentă.

Imaginea 64×64 redată în fig. 9.1, b are 113 niveluri de luminozitate, putându-se codifica pe 7 biți, în timp ce cea 128×128 redată în fig. 9.1, c are numai 29 niveluri și se poate codifica pe 5 biți. Din considerente de programare ele se codifică pe câte 8 biți. Desigur redarea la plotter se face cu esențial mai puține nuanțe.

Organizarea pe octeți a memoriei calculatoarelor face ca cel mai adesea să se lucreze cu 256 niveluri de luminozitate, codificând albul cu 255 și negrul cu 0. În multe cazuri nu e necesară o nuanțare așa de serioasă, ochiul uman neputând distinge mai mult de 100 niveluri de luminozitate. La televizoarele alb-negru obișnuite, cu 16 niveluri se obține o nuanțare satisfăcătoare. Și cum 16 niveluri se pot înscrie pe 4 biți, aceeași imagine codificată pe 16 niveluri va ocupa de 2 ori mai puțin spațiu în memoria calculatorului decât codificată pe 256 niveluri. Există și aplicații în care se codifică luminozitatea pe 3 sau pe 6 biți. Există însă și aplicații în care este necesară o nuanțare mai puternică; în tomografie se utilizează de obicei 11 sau 12 biți pentru codificare, deci apar 2048 sau 4096 niveluri de luminozitate.

În cazul imaginilor color, dacă fiecare componentă de culoare este codificată pe 8 biți, vor fi necesari $3 \times 8 = 24$ biți pentru fiecare punct al imaginii. În unele aplicații mai puțin pretentioase se folosesc câte 3 biți pentru două componente și doi pentru a treia, astfel ca pentru fiecare punct al imaginii să avem câte un octet. Cel mai des se folosesc însă câte 4 sau 5 biți pentru fiecare componentă de culoare, astfel ca în fiecare punct să nu se folosească mai mult decât un cuvânt de minicalculator. Dacă în primul caz, cu 24 biți, avem 16777216 tonuri, în al doilea, cu 8 biți avem 256 tonuri și în al 3-lea cu 15 biți avem 32768 tonuri de culoare.

În acest fel o imagine numerică este caracterizată de o rezoluție spațială (dimensiunea rețelei numindu-se și dimensiune a imaginii) și de rezoluție de culoare și luminozitate. Elementele imaginii numerice se numesc *pixeli*. Rezoluția spațială a imaginii privește numărul de pixeli din

imagini, în timp ce rezoluția de culoare privește conținutul-modul de codificare al pixelilor, sau lungimea pixelului în biți. Vom spune despre o imagine monocromă că are dimensiunea D și p biți pe pixel dacă a fost eșantionată cu o rețea cu $D \times D$ ochiuri și codificată cu 2^p niveluri de luminozitate. Alegerea lui D și p la definirea unei imagini numerice depinde nu numai de aparatura disponibilă ci și de tipul imaginilor de preluat și prelucrat. În același spațiu de memorie putem avea, fie o imagine cu $2D \times 2D$ pixeli a p biți, fie cu $D \times D$ pixeli a $4p$ biți. Pe de altă parte între figurile 9.1, b și 9.1, c diferența nu pare așa de mare încât să favorizeze imaginea 128×128 care ocupă de 4 ori mai mult spațiu decât cea 64×64 . Desigur nu același lucru se poate spune comparând imaginile din fig. 9.4 a—e, în care textul nu mai poate fi decît cu greu descifrat la micșorarea dimensiunilor.

În figura 9.5 apare imaginea unei litere, codificată binar, respectiv pe 3 și pe 4 biți (b și c). Imaginea corectă (ideală) este cea binară (din 9.5, a), în celelalte intervenind zgomote sau variații ale luminozității. Acestea din urmă sînt mai apropiate de cele reale și tocmai trecerea la o imagine binară ca aceea din 9.5, a este un deziderat al prelucrării numerice a imaginilor.

La imaginile numerice color va trebui specificată distribuția biților în pixeli pe componentele de culoare dacă această distribuție nu e uniformă, altfel vom vorbi despre imagini color cu $3 \times p$ biți/pixel. Un calcul simplu ne arată că volumul de memorie necesar prelucrării unei imagini color va fi $3 \times p \times D^2$ biți; pentru $D=512$ și $p=8$ asta înseamnă 6291456 biți sau 786432 octeți, ceea ce depășește cu mult dimensiunile memoriei unui calculator uzual. Și nu trebuie uitat că pentru prelucrarea imaginilor este necesară memorarea a cel puțin 2 imagini (imaginea inițială și cea rezultat), iar uneori chiar urmărirea unei secvențe de mai multe imagini. Imaginile preluate din sateliți, spre exemplu cele înregistrate și transmise în programul de cercetări LANDSAT, folosesc rezoluții spațiale mult mai serioase: dimensiunea imaginii fiind de 4096 sau mai mult, iar imaginea color fiind completată cu imagini preluate în domeniile invizibile ale spectrului, în special în infraroșu. Aceste dimensiuni alături de operațiile specifice prelucrărilor de imagini au dus la realizarea unor sisteme de calcul specializate pentru diferitele tipuri de aplicații.

9.1.3. Prelucrarea imaginilor

Dispozitivul cel mai simplu și mai răspîndit pentru preluarea imaginilor este camera TV. Scena din fața obiectivului camerei TV este urmărită (baleiată) linie cu linie, obținîndu-se un semnal electric ce apreciază variația luminozității în lungul fiecărei linii. Eșantionînd și convertind numeric acest semnal vom putea obține imaginea numerică (fig. 9.6, 9.7). Din păcate, sistemul de televiziune presupune preluarea și transmiterea imaginilor cu o frecvență de 25—30 de imagini/secundă. Asta înseamnă că pentru eșantionarea, conversia și memorarea semnalului TV trebuie lucrat cu frecvențe de circa 10 MHz, adică trebuie manipulate cca 10 milioane de numere pe secundă. Dimensiunile acestor numere depind de convertorul analog/numeric folosit; în ultimă instanță acesta este cel care dă rezolu-

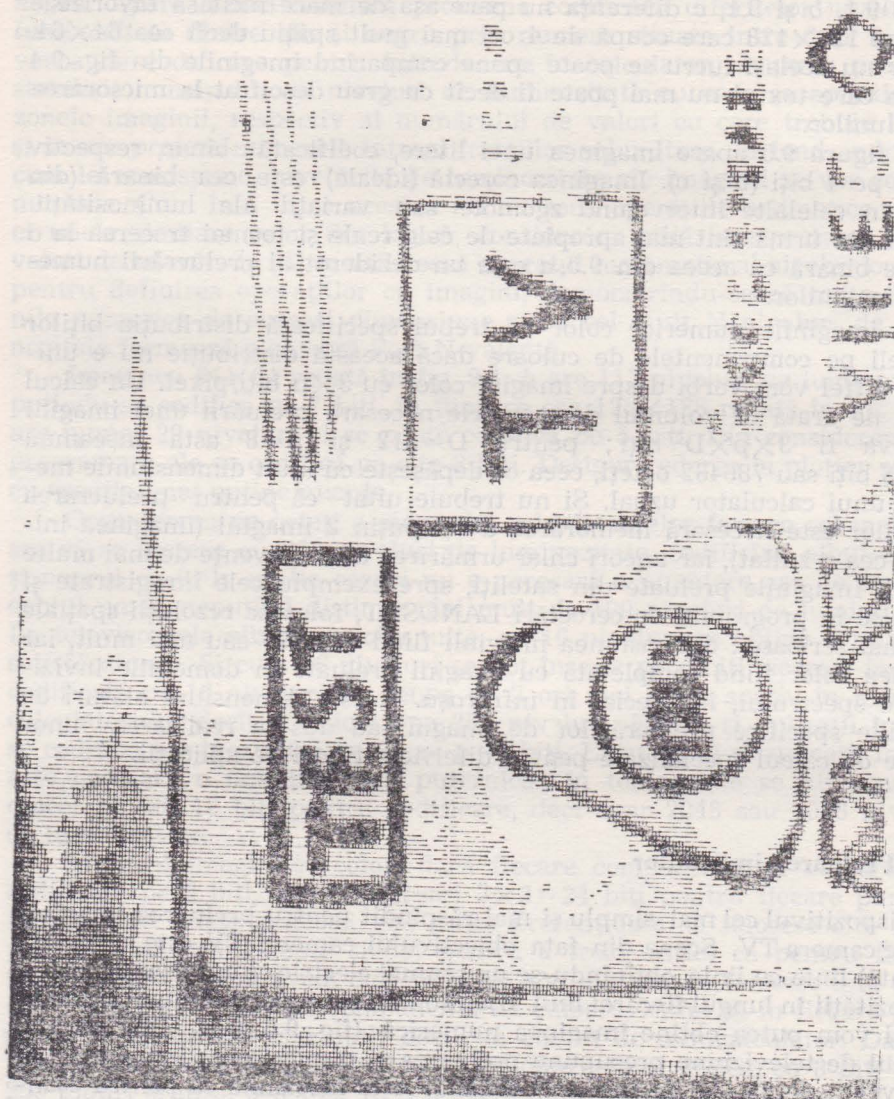


Fig. 9.4. Image test 256×256×8 (a—b) și o porțiune a ei cuantizată cu rețea dreptunghiulară 64×64 (c), 32×32 (d), respectiv 16×16 (e).

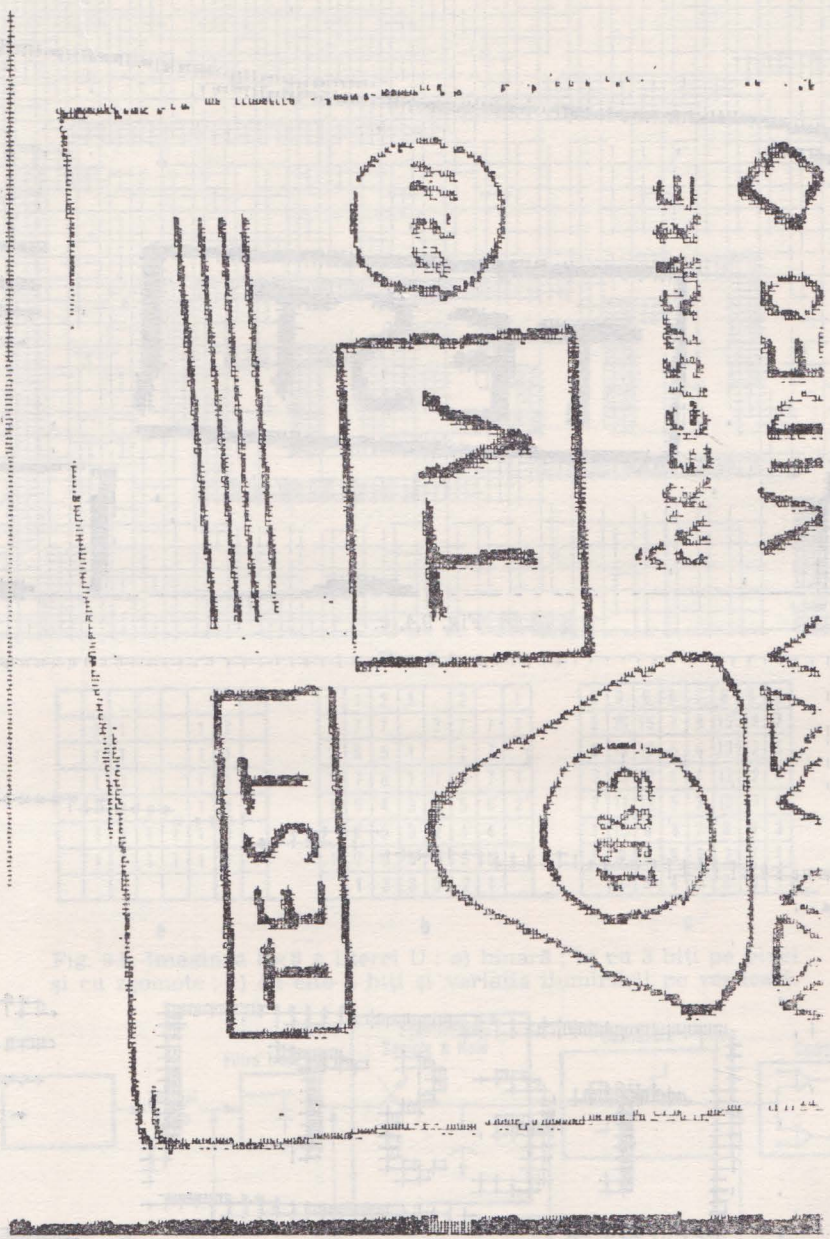


Fig. 9.4. b.

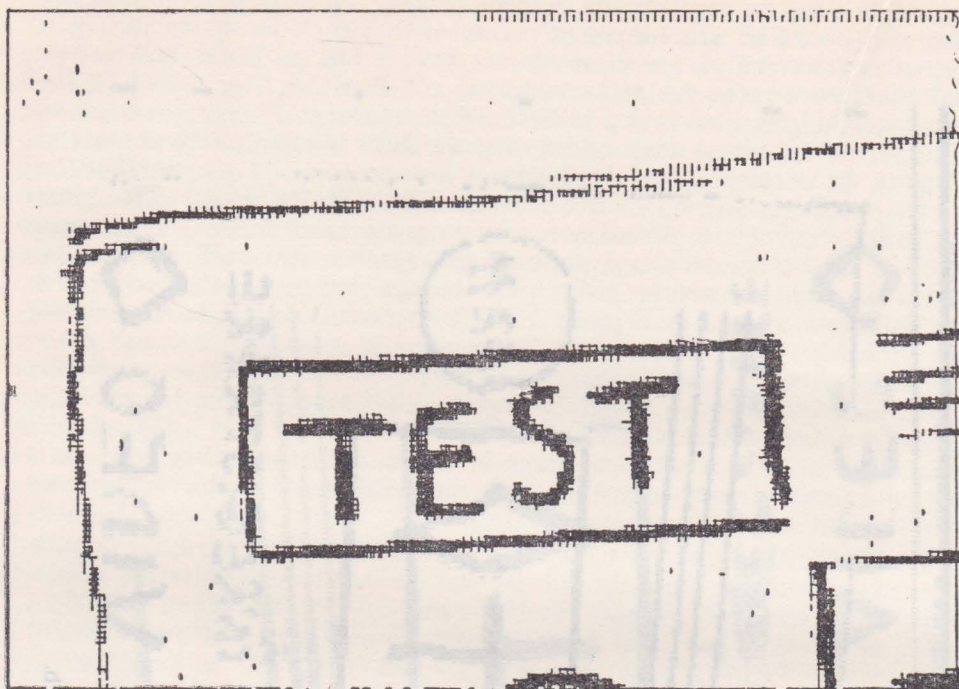


Fig. 9.4. c.

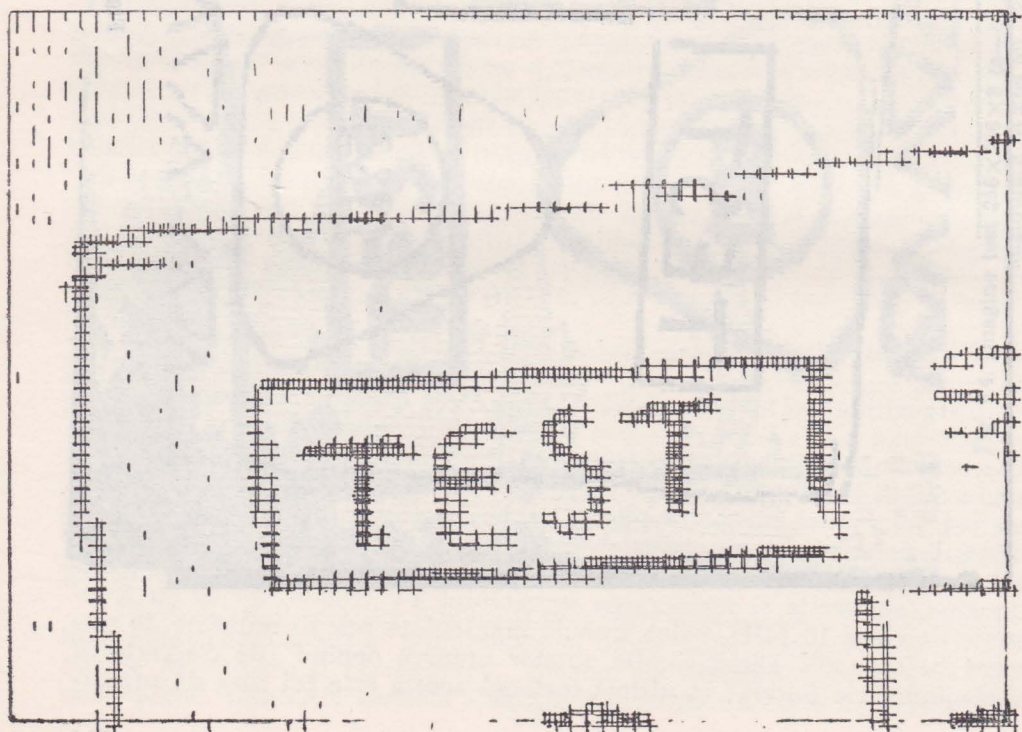


Fig. 9.4. d.

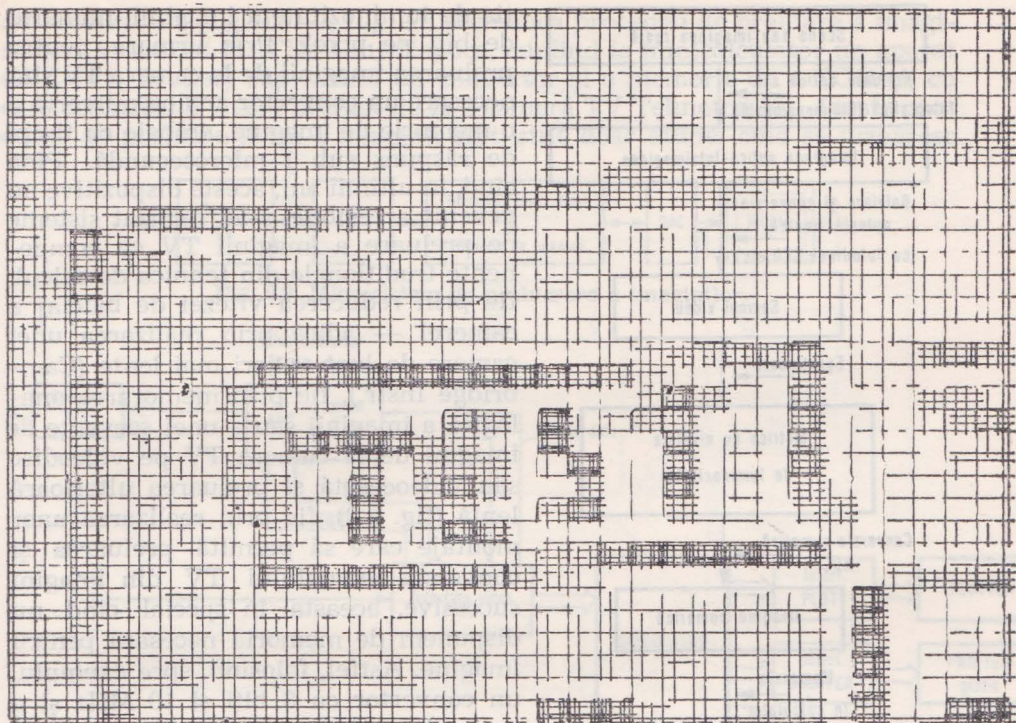


Fig. 9.4. e.

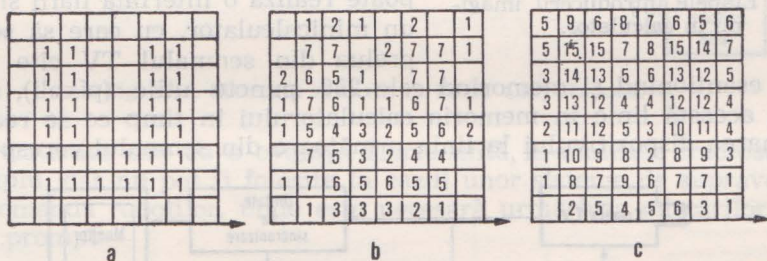
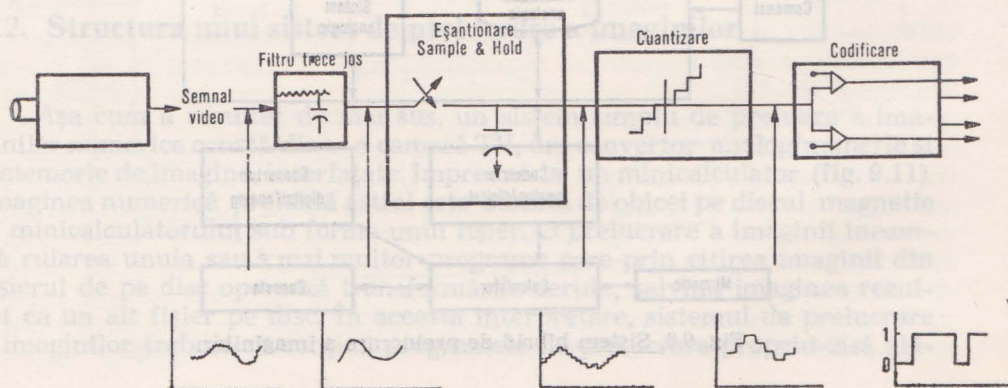


Fig. 9.5. Imaginea 8x8 a literei U : a) binară ; b) cu 3 biți pe pixel și cu zgomote ; c) cu câte 4 biți și variația iluminării pe verticală.



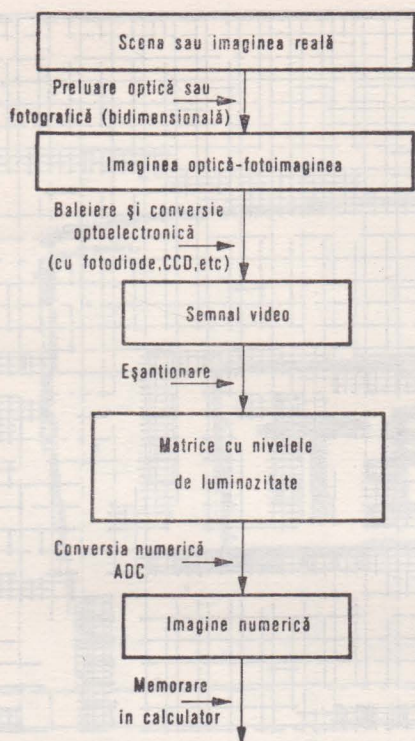


Fig. 9.7. Etapele introducerii imaginii în calculator.

odată, eșantionând și memorând cele 256 puncte utile (pixeli), și descărcând această linie în memoria calculatorului în timp ce se realizează poziționarea dispozitivului la linia următoare din semnalul corespunzător

ția de luminozitate a imaginii, numărul de biți pe pixel. Prin urmare, pentru preluarea imaginii de la camera TV sînt necesare un convertor analog/numeric și o memorie de imagine, ambele cu timp de răspuns sub 1 microsecundă. Pînă cînd, în ultimii ani, aceste dispozitive au devenit accesibile, s-au realizat sisteme de preluare a imaginii TV cu componente tradiționale din tehnica de calcul, fie prin reducerea vitezei de baleiaj a camerei — adică prin realizarea unei camere de luat vederi mai lente (Cambridge Instr.), fie prin memorarea analogică a imaginii sau a unei secvențe de imagini de la camera TV pe videodisc sau videocasetă și preluarea ulterioară lentă (fig. 9.8), fie prin realizarea unor montaje care să permită preluarea și conversia semnalului TV din imagini succesive, aceasta în special cînd nu dispunem de memoria necesară pentru imagine. Astfel, folosind, spre exemplu, un convertor cu 8 biți și 10 MHz și o memorie rapidă cu numai 256 octeți, se poate realiza o interfață hard și soft la un minicalculator, cu care să se poată prelua din semnalul TV cîte o linie

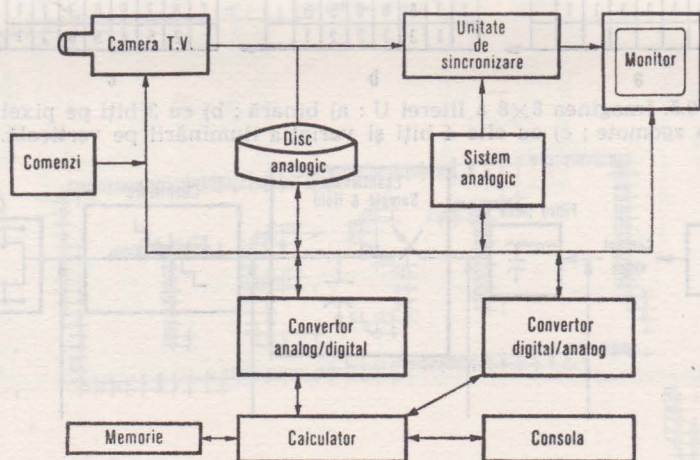


Fig. 9.8. Sistem hibrid de prelucrare a imaginilor.

altui cadru TV (fig. 9.9—9.10). Un asemenea procedeu de preluare a imaginilor s-a realizat la ITIM Cluj-Napoca, cuplînd la minicalculator un aparat (N-C-104, Bruker) cuprinzînd un convertor și o memorie de 4 KOcteți, cu care semnalul TV este preluat de la o cameră TV Tehnoton [6]. Aceste procedee de preluare lentă a imaginii sînt utile doar atunci cînd se urmăresc

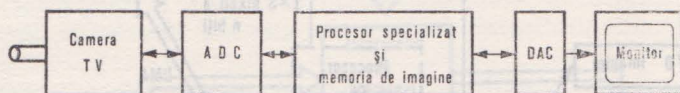


Fig. 9.9. Microsistem de prelucrare a imaginilor.

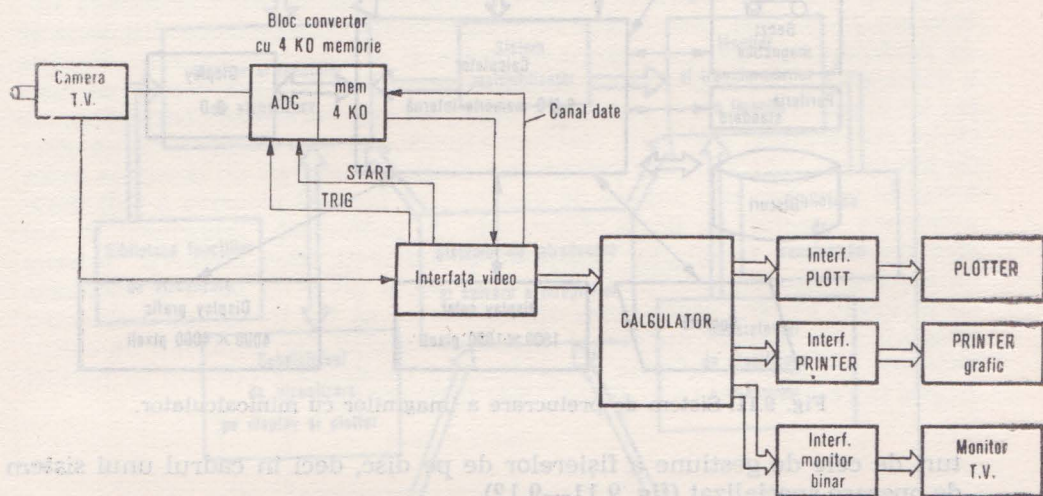


Fig. 9.10. Sistemul realizat la ITIM Cluj-Napoca.

imagini statistice sau cu o evoluție foarte lentă, în analizele microscopice, de exemplu, dar nu pot fi folosite în cazul unor sisteme de supraveghere sau la comanda roboților, unde este necesară urmărirea mișcărilor și un răspuns prompt.

9.2. Structura unui sistem de prelucrare a imaginilor

Așa cum a rezultat de mai sus, un sistem simplu de preluare a imaginilor numerice constă dintr-o cameră TV, un convertor analog/numeric și o memorie de imagine, interfațate împreună la un minicalculator (fig. 9.11). Imaginea numerică preluată astfel este stocată de obicei pe discul magnetic al minicalculatorului sub forma unui fișier. O prelucrare a imaginii înseamnă rularea unui sau a mai multor programe care prin citirea imaginii din fișierul de pe disc operează transformările cerute, salvînd imaginea rezultat ca un alt fișier pe disc. În această interpretare, sistemul de prelucrare a imaginilor trebuie să conțină programele de prelucrare propriu-zisă ală-

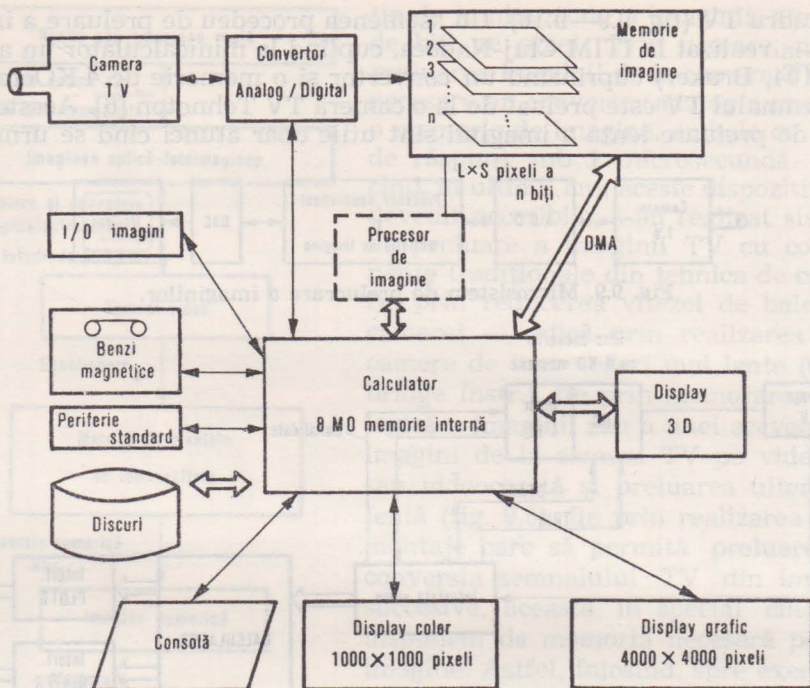


Fig. 9.11. Sistem de prelucrare a imaginilor cu minicalculator.

turi de cele de gestiune a fișierelor de pe disc, deci în cadrul unui sistem de operare specializat (fig. 9.11—9.12).

Eficiența prelucrărilor imaginilor se poate estima prin diferite determinări statistice și caracterizări globale, dar este esențială posibilitatea de

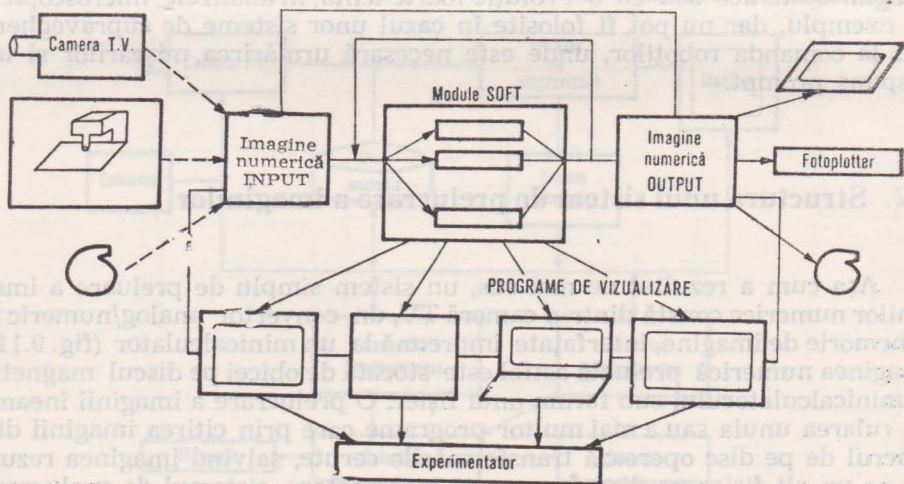


Fig. 9.12. Structura software a unui sistem de prelucrare a imaginilor.

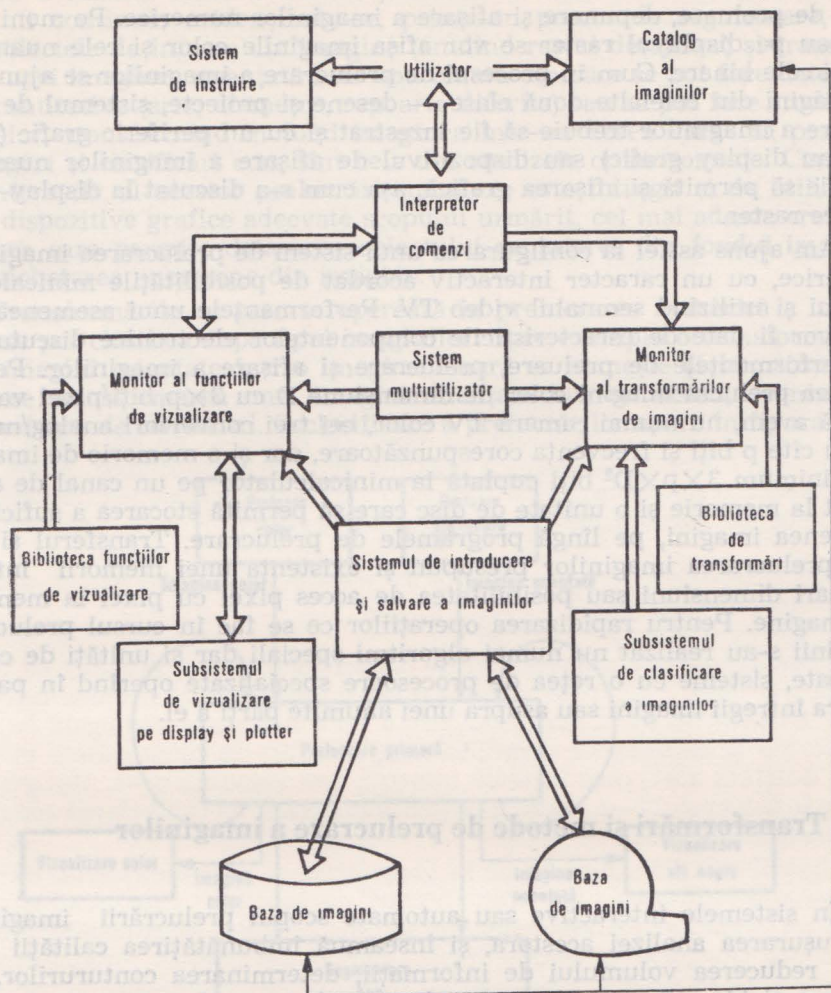


Fig. 9.13. Structura unui sistem de operare specializat pentru prelucrarea imaginilor.

vizualizare a imaginii prelucrate. Pentru vizualizarea imaginii se utilizează fie un monitor TV legat la memoria de imagine și la minicalculator prin intermediul unui convertor numeric/analog deci printr-un dispozitiv care să realizeze procesul invers de la preluare-transformare a imaginii numerice în semnal TV, fie un display raster cu memoria de rastru corespunzătoare unei imagini și cu minimum 16 niveluri de luminozitate. Un display color se dovedește util chiar în sistemele de prelucrare a imaginilor monocrome, întrucât ochiul uman sesizează mai bine culorile decât nivelurile de iluminare. La sistemele de prelucrare a imaginilor color vom avea la intrare o cameră TV color și la ieșire un display sau monitor color, dar și unul alb-negru pentru vizualizarea componentelor monocrome. Aceste dispozitive hard trebuie însoțite în cadrul sistemului de progra-

mele de preluare, depunere și afișare a imaginilor numerice. Pe monitorul TV sau pe displayul raster se vor afișa imaginile color și cele nuanțate, dar și cele binare. Cum în procesul de prelucrare a imaginilor se ajunge și la imagini din celelalte două clase — desene și proiecte, sistemul de prelucrare a imaginilor trebuie să fie înzestrat și cu un periferic grafic (plotter sau display grafic) sau dispozitivul de afișare a imaginilor nuanțate trebuie să permită și afișarea grafică, așa cum s-a discutat la display-urile grafice raster.

Am ajuns astfel la configurarea unui sistem de prelucrarea imaginilor numerice, cu un caracter interactiv acordat de posibilitățile minicalculatorului și utilizând semnalul video TV. Performanțele unui asemenea sistem vor fi date de caracteristicile componentelor electronice discutate și de performanțele de preluare, prelucrare și afișare a imaginilor. Pentru a putea prelucra imagini color de dimensiune D cu $3 \times p$ biți/pixel va trebui să avem, nu numai camera TV color, cei trei convertori analog/numeric cu câte p biți și frecvența corespunzătoare, dar și o memorie de imagine de minimum $3 \times p \times D^2$ biți cuplată la minicalculator pe un canal de acces direct la memorie și o unitate de disc care să permită stocarea a suficiente asemenea imagini, pe lângă programele de prelucrare. Transferul și mai ales prelucrarea imaginilor presupun și existența unei memorii interne de mari dimensiuni sau posibilitatea de acces pixel cu pixel la memoria de imagine. Pentru rapidizarea operațiilor ce se fac în cursul prelucrării imaginii s-au realizat nu numai algoritmi speciali dar și unități de calcul dedicate, sisteme cu o rețea de procesoare specializate operând în paralel asupra întregii imagini sau asupra unei anumite părți a ei.

9.3. Transformări și metode de prelucrare a imaginilor

În sistemele interactive sau automate scopul prelucrării imaginilor este ușurarea analizei acestora, și înseamnă îmbunătățirea calității imaginii, reducerea volumului de informații, determinarea contururilor, depistarea și identificarea obiectelor din imagine, numărarea sau caracterizarea lor în scopul unor clasificări ulterioare sau pentru eventuala comandă a unor dispozitive de manipulare sau de alarmă. Și asta nu pentru că sistemele de prelucrare a imaginilor ar putea s-o facă mai bine decât ochiul uman — performanțele acestuia ca acuitate și viteză de interpretare sînt încă neegale, ci pentru a degreva cercetătorul, dispecerul sau diagnosticianul de operații de rutină. Aspectul interactiv apare pregnant în diagnosticul medical bazat pe prelucrarea unor imagini, radiografii, scintigrafii, ecografii etc.). Preluînd o anumită imagine, cel mai des monocromă, medicul va opera asupra ei o succesiune de transformări, intensificări, filtrări pentru a vedea cît mai bine *obiectul* urmărit. Imaginea monocromă nuanțată va fi transformată tot într-o imagine nuanțată uneori într-o imagine color, înlocuind nivelurile de luminosități prin culori (pseudocolorare) pentru a sesiza mai bine anumite detalii. În momentul cînd a evidențiat destul de bine „obiectul” urmărit, medicul va copia imaginea de pe ecranul pe care a urmărit-o, pentru a o atașa la fișa pacientu-

lui sau a cazului studiat. Uneori procesul de transformare și analiză a imaginii continuă, evidențiindu-se, printr-un proces de segmentare, numai obiectele de interes din imagine (anulând restul detaliilor) și transformând apoi imaginea nuanțată într-una binară din care se pot face determinări cantitative (arie, diametre, rapoarte diferite) sau se pot face studii ale formelor, transformând în fond imaginea într-un desen care să permită catalogări și clasificări cum sînt cele din analizele cromozomiale. Caracterul interactiv al acestor prelucrări complexe este întregit și de utilizarea unor dispozitive grafice adecvate scopului urmărit, cel mai adesea creionul luminos care permite detașarea obiectului de interes din fondul imaginii sau etichetarea unor zone din imagine.

Transformările cu care se operează în prelucrarea numerică a imaginilor se pot clasifica după tipul imaginilor. Spre exemplu o transformare a unei imagini nuanțate într-o imagine binară se numește și *binarizare*, în timp ce transformarea unei imagini nuanțate într-un desen, eventual, o *determinare de contururi*. O clasificare a prelucrărilor apare în figura 9.14.

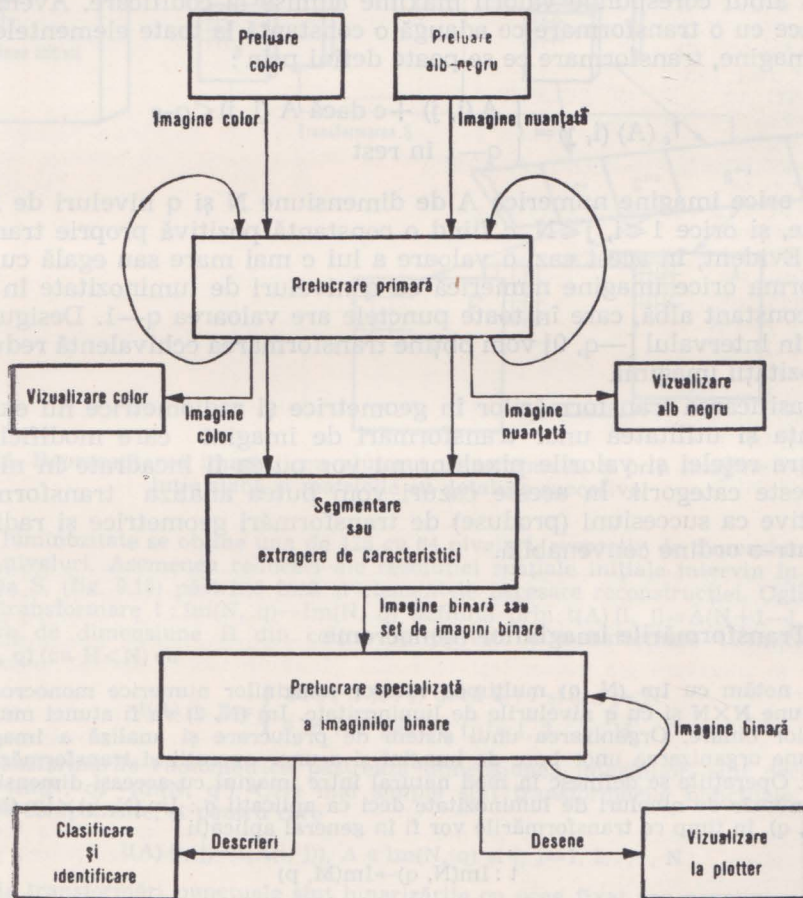


Fig. 9.14. Principalele categorii de prelucrare a imaginilor.

Între prelucrările zise preliminare deosebim *transformările geometrice* care afectează geometria imaginii, adică pozițiile pixelilor, nu valoarea lor și *transformările radiometrice* care modifică doar nivelurile de luminozitate, eventual culorile din imagine.

Transformările geometrice sînt destinate în principal corectării unor deficiențe de prelucrare a imaginii — aberații ale obiectivului cu care s-a preluat imaginea, corecții ale unghiului de vedere — deci a deformărilor de perspectivă etc. Tot în această categorie a transformărilor geometrice se încadrează și modificările simple ale matricii imagine-oglinzire, rotație cu 90 sau multiplu de 90 grade, extragerea unei anumite porțiuni din imagine.

Spre deosebire de acestea, transformările care păstrează poziția modificînd doar valorile pixelilor, deci intensitatea radiației electromagnetice în punctele imaginii se numesc transformări radiometrice. Astfel, creșterea iluminării unei imagini înseamnă o transformare radiometrică care provoacă creșterea uniformă a valorilor pixelilor, cu convenția adoptată că albul corespunde valorii maxime admise la codificare. Avem deci de a face cu o transformare ce adaugă o constantă la toate elementele matricii imagine, transformare ce se poate defini prin :

$$I_c(A)(i, j) = \begin{cases} A(i, j) + c & \text{dacă } A(i, j) < q - c \\ q - 1 & \text{în rest} \end{cases}$$

pentru orice imagine numerică A de dimensiune N și q niveluri de luminozitate, și orice $1 \leq i, j \leq N$, c fiind o constantă pozitivă proprie transformării. Evident, în acest caz, o valoare a lui c mai mare sau egală cu q va transforma orice imagine numerică cu q niveluri de luminozitate în imaginea constant albă, care în toate punctele are valoarea $q-1$. Desigur punînd c în intervalul $[-q, 0]$ vom obține transformarea echivalentă reducerii luminozității imaginii.

Clasificarea transformărilor în geometrice și radiometrice nu exclude existența și utilitatea unor transformări de imagini care modificînd și structura rețelei și valorile pixelilor nu vor putea fi încadrate în niciuna din aceste categorii. În aceste cazuri vom putea analiza transformările respective ca succesiuni (produse) de transformări geometrice și radiometrice într-o ordine convenabilă.

9.3.1. Transformările imaginilor monocrome

Să notăm cu $\text{Im}(N, q)$ mulțimea tuturor imaginilor numerice monocrome de dimensiune $N \times N$ și cu q nivelurile de luminozitate. $\text{Im}(N, 2)$ va fi atunci mulțimea imaginilor binare. Organizarea unui sistem de prelucrare și analiză a imaginilor presupune organizarea unor baze de imagini și a unor operații și transformări între imagini. Operațiile se definesc în mod natural între imagini cu aceeași dimensiune și același număr de niveluri de luminozitate deci ca aplicații $\sigma : \text{Im}(N, q) \times \text{Im}(N, q) \rightarrow \text{Im}(N, q)$, în timp ce transformările vor fi în general aplicații

$$t : \text{Im}(N, q) \rightarrow \text{Im}(M, p)$$

Dacă transformarea de imagini $t : \text{Im}(N, q) \rightarrow \text{Im}(M, p)$ are proprietatea $M < N$ și $p < q$, o vom numi compresie, volumul de informație din imaginea transformată

fiind mai mic decât în imaginea inițială. Exemplul cel mai simplu de compresie este cel în care $M=N/2$ și transformarea se definește prin

$$t(A)(i, j) = \frac{A(2i, 2j) + A(2i-1, 2j-1) + A(2i, 2j-1) + A(2i-1, 2j)}{4}$$

O astfel de transformare a fost aplicată succesiv în figurile 9.1, a, c, reducându-se de fiecare dată de 4 ori volumul de informație. De fapt figurile 9.1, c și 9.1, b au fost obținute din 9.1, d aplicând același tip de transformare dar fără împărțirea la 4. Astfel din imaginea inițială de dimensiune 256 și cu 16 nive-

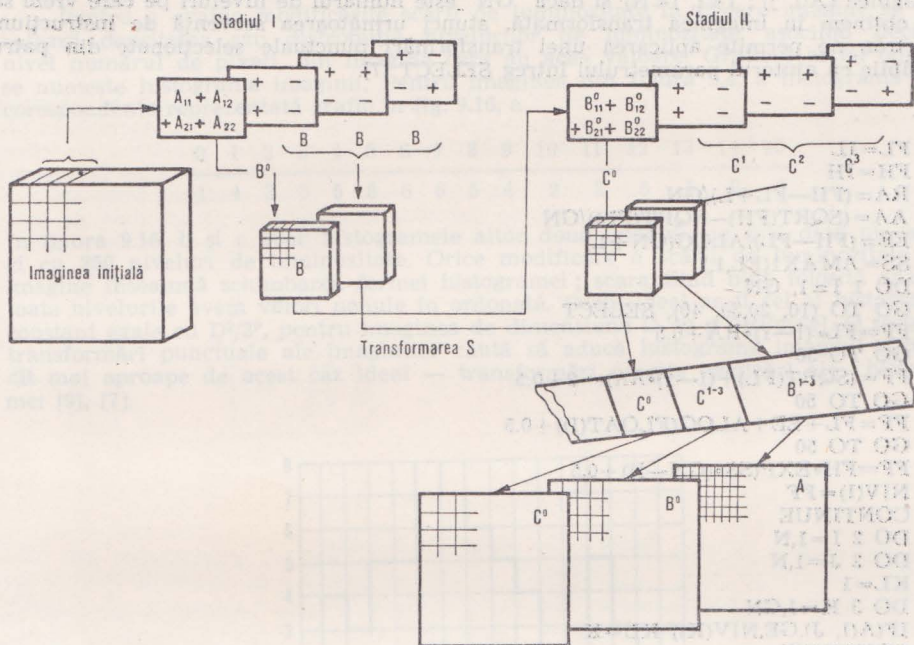


Fig. 9.15. Reprezentarea imaginii cu ajutorul transformatei S prin imagine cu rezoluție slabă și matricile cu detaliile succesive.

luri de luminozitate se obține una de 128 cu 64 niveluri, respectiv de dimensiune 64 și cu 256 niveluri. Asemenea reduceri ale rezoluției spațiale inițiale intervin în transformarea S, (fig. 9.15) păstrând însă și elementele necesare reconstrucției. Oglindirea este o transformare $t: \text{Im}(N, q) \rightarrow \text{Im}(N, q)$ definită prin $t(A)(i, j) = A(N+1-i, j)$ iar fereastra de dimensiune H din colțul (i_0, j_0) este o transformare $t: \text{Im}(N, q) \rightarrow \text{Im}(H, q)$ (cu $H < N$) cu

$$t(A)(i, j) = \begin{cases} A(i_0+i, j_0+j) & \text{dacă } i_0+i \text{ și } j_0+j \leq N \\ 0 & \text{în rest, pentru } i, j=1, 2, \dots, H \end{cases}$$

Transformările radiometrice păstrează dimensiunea imaginilor, sint deci aplicații $t: \text{Im}(N, q) \rightarrow \text{Im}(N, q)$. Cele mai simple sint transformările punctuale, ce se aplică pe componente, și pentru care

$$t(A)(i, j) = t(A(i, j)), \quad A \in \text{Im}(N, q) \text{ și } i, j=1, 2, \dots, N$$

Astfel de transformări punctuale sint binarizările cu prag fixat sau negativarea imaginii definită prin

$$n(A)(i, j) = q-1-A(i, j) \text{ pentru } i, j=1, 2, \dots, N$$

Transformarea $t: \text{Im}(N, q) \rightarrow \text{Im}(N, q)$ definită prin

$$t_p(A)(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{dacă } A(i, j) \geq p \\ 0 & \text{în rest} \end{cases}$$

se numește binarizare cu prag p , pentru $1 \leq p < q$ și vom avea $q-1$ astfel de binarizări distincte, pentru $p=1, 2, \dots, q-1$ [4].

Tot o transformare punctuală este și modificarea scării de luminozitate, liniară sau neliniară, fie că e vorba de extinderea ei, fie de restrângere. Astfel, dacă I_H, I_L sînt limite superioară, respectiv inferioară a nivelurilor de luminozitate din imaginea $\{A(i, j); 1 \leq i, j \leq N\}$ și dacă GN este numărul de niveluri pe care vrem să le obținem în imaginea transformată, atunci următoarea secvență de instrucțiuni Fortran ne permite aplicarea unei transformări punctuale selecționate din patru posibile cu ajutorul parametrului întreg **SELECT** [7].

```

FL=IL
FH=IH
RA=(FH-FL+L)/GN
AA=(SQRT(FH)-SQRT(FL))/GN
EE=(FH-FL)/ALOG(GN+1.)
SS=AMAX1(FL,1.)
DO 1 I=1, GN
GO TO (10, 20, 30, 40), SELECT
10 FF=FL*(I-1)*RA+0.5
GO TO 50
20 FF=(SQRT(FL)+(I-1)*AA)**2+0.5
GO TO 50
30 FF=FL+EE+ALOG(FLOAT(I))+0.5
GO TO 50
40 FF=FH*EXP(SS*(GN-I))+0.5
50 NIV(I)=FF
1 CONTINUE
DO 2 I=1,N
DO 2 J=1,N
KL=1
DO 3 K=1,GN
IF(A(I, J).GE.NIV(K)) KL=K
3 CONTINUE
B(I, J)=KL-I
2 CONTINUE

```

Aici $NIV(I)$ este un vector de dimensiune GN în care se încarcă un fel de scară a luminozităților și care definește de fapt transformarea punctuală. Un vector asemănător apare și la transformările imaginilor color și mai ales la colorarea imaginilor alb-negru. Pentru astfel de vectori ce definesc transformarea luminozității sau culorii în literatură s-a generalizat termenul „Look-up table”, utilizat uneori și în prescurtarea **LUT**.

Dacă imaginea inițială era reprezentată cu p biți/pixel și $0 < I_L < I_H < 2^p - 1$, iar $GN = 2^p$, atunci cu oricare din formulele de mai sus spunem că se realizează normalizarea imaginii, în sensul că nivelurile de luminozitate se vor împrăștia pe toată scala posibilă, valoarea cea mai luminoasă ajungînd alb și cea mai puțin luminoasă — negru. Aplicînd a doua oară această transformare (pentru aceeași GN și **SELECT**) imaginea rezultat nu se mai modifică; spunem că avem de a face cu o transformare de imagine idempotentă. $t(t(A)) = t(A)$, în timp ce negativarea imaginii are proprietatea $n(n(A)) = A$.

O altă transformare punctuală frecvent utilizată este [8] *fereastra de gri*, o transformare ce se poate defini prin secvența de instrucțiuni de mai sus punînd **SELECT**=1, și luînd I_L, I_H în interiorul domeniului de valori ale pixelilor $A(i, j)$.

Intervalul [IL, IH] este tocmai fereastra de gri care se extinde prin transformare la întreg domeniul [0, GN—1].

Transformările punctuale discutate mai sus intervin frecvent atât în prelucrările preliminare cât mai ales la vizualizarea imaginilor. Dar alegerea pragurilor la binarizări sau a intervalului ferestrei de gri presupune cunoscută statistica nivelurilor de luminozitate din imagine.

9.3.2. Histograme și alte determinări statistice

Pentru a evalua modificările scării de luminozitate în fiecare imagine se calculează densitatea sau distribuția nivelurilor de luminozitate, asociind fiecărui nivel numărul de pixeli, din imagine care au acea valoare. Graficul astfel obținut se numește histograma imaginii. Pentru imaginea din figura 9.4, a histograma este corespondența reprezentată grafic în fig. 9.16, a.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4	3	5	5	8	6	6	5	4	2	2	5	3	2	3

În figura 9.16, b și c apar histogramele altor două imagini, de astă dată nu cu 16 ci cu 256 niveluri de luminozitate. Orice modificare a scării de luminozitate din imagine înseamnă schimbarea formei histogramei; scara fiind bine folosită dacă la toate nivelurile avem valori nenule în ordonată. Cazul ideal ar fi cel al histogramei constant egale cu $D^2/2^p$, pentru imaginea de dimensiune D cu p biți/pixel. O serie de transformări punctuale ale imaginilor caută să aducă histograma imaginii rezultat cât mai aproape de acest caz ideal — transformări numite egalizări ale histogramei [9], [7].

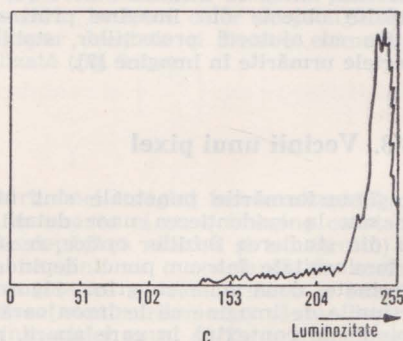
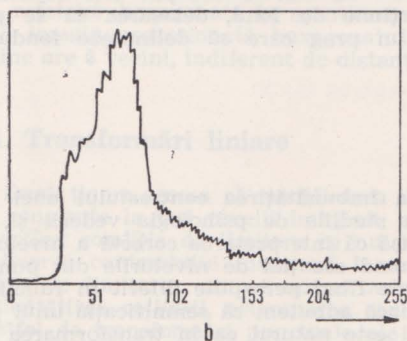
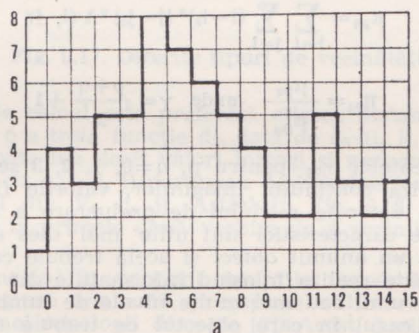


Fig. 9.16. Histograme (a, b, c)

Pentru imaginea A de dimensiune N și cu GN niveluri de luminozitate, histograma, ca vector cu GN componente se calculează prin următoarea secvență de instrucțiuni FORTRAN

```
DO 2 I=1 GN
2 IH(I)=0
DO 1 I=1,N
DO 1 j=1, N
K=A(I, J)
IH(K)=IH(K)+1
1 CONTINUE
```

Datorită informațiilor pe care le furnizează, histograma este folosită în diferitele etape ale prelucrărilor primare precum și la segmentarea imaginilor. Aprecierea eficienței unor filtrări sau a unor îmbunătățiri de imagine se face urmărind modificarea alurii histogramei. Există desigur și alte determinări statistice ce se fac asupra imaginilor nuanțate sau a unor părți mai ales pentru a putea compara între ele imaginile sau porțiunile lor. Dintre acestea amintim doar centrul de greutate de coordonate (i_c , j_c) și momentele care se calculează în imaginea A prin formulele

$$i_c = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N iA(i, j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N A(i, j)}, \quad j_c = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N jA(i, j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N A(i, j)}$$

$$\mu_{pq} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (i-i_c)^p (j-j_c)^q A(i, j)$$

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^r} \quad \text{unde} \quad \gamma = \frac{p+q}{2} + 1 \quad [10]$$

Cu ajutorul momentelor η_{pq} pentru $p, q=0, 1, 2, 3$ se construiesc expresii cu care se poate caracteriza conținutul imaginilor, valorile fiind, în anumite limite, invariante la variațiile datorate modului de prelucrare a imaginii (rotație, traslație, dimensiune). Aceste caracteristici sînt utile mai ales atunci cînd din întreaga imagine a fost decupat un anumit obiect și acela trebuie caracterizat și identificat. Decupajul acesta se poate realiza folosind informațiile din histogramă, dacă obiectul este caracterizat de unul sau mai multe nivele de luminozitate ce nu mai apar în restul imaginii. În cazul în care obiectul ce trebuie decupat este separat de celelalte obiecte din imagine printr-o porțiune de fond, detașarea sa se poate realiza cu ajutorul proiecțiilor, stabilind un prag care să delimiteze fondul de obiectele urmărite în imagine [7].

9.3.3. Vecinii unui pixel

Transformările punctuale sînt utile la îmbunătățirea contrastului unei imagini sau la evidențierea unor detalii. Din studiile de psihologia vederii și, mai ales din studiarea iluziilor optice, rezultă însă că interpretarea corectă a nivelurilor de luminozitate într-un punct depinde în mod esențial de nivelurile din punctele învecinate, două zone cu griuri riguros egale fiind percepute diferit în funcție de porțiunile de imagine ce le înconjoară. Și dacă admitem că semnificația unui pixel depinde de contextul în care apare, atunci este natural ca în transformarea unei imagini transformata unui pixel să depindă și de valorile celorlalți pixeli din imagine, sau măcar de cei învecinați. Vorbim atunci de o transformare globală a ima-

ginii sau de una locală. Și intervine aici noțiunea de pixeli vecini. Desigur, două elemente care se află pe o aceeași linie dar în coloanele alăturate, sau două elemente ce se află pe o aceeași coloană în linii succesive, vor fi neapărat învecinate; dar elementele de forma $A(i, j)$, $A(i+1, j+1)$ sînt sau nu învecinate? În funcție de această accepțiune un pixel din imagine are fie 4, fie 8 vecini (exceptînd desigur pixelii de la marginea imaginii). Dacă considerăm distanța uzuală (euclidiană) între două puncte (i, j) , (k, h) din imagine, $d_1((i, j), (k, h)) = |k-i| + |h-j|$, atunci cei 4 vecini ai punctului (i, j) se definesc prin

$V_4(i, j) = \{(k, h); d_1((i, j), (k, h)) \leq 1\}$, în timp ce cei 8 vecini se pot defini prin

$V_8(i, j) = \{(k, h); d_1((i, j), (k, h)) < 2\}$, sau și mai simplu, prin

$V_8(i, j) = \{(k, h); d_2((i, j), (k, h)) \leq 1\}$, unde d_2 este distanța definită prin $d_2((i, j), (k, h)) = \max(|k-i|, |h-j|)$.

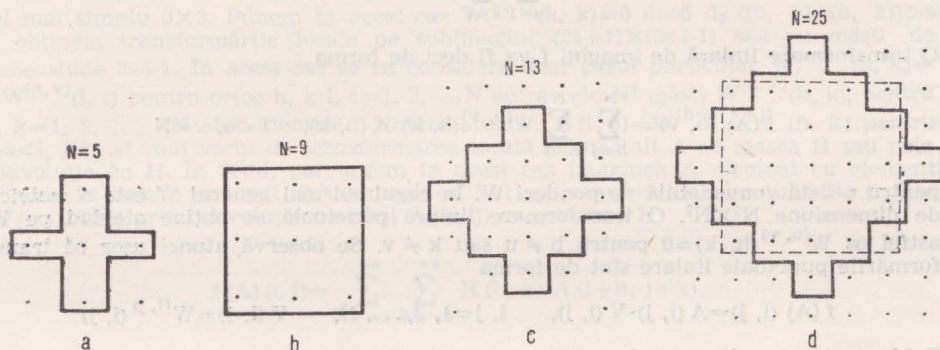


Fig. 9.17. Diferite tipuri de vecinătăți.

Din considerente de calcul este preferată adesea distanța d_2 . Pentru definirea lui $V_4(i, j)$ utilizîndu-se o a treia funcție d_3 , dată de $d_3((i, j), (k, h)) = |k-i| + |h-j|$. Aceasta din urmă nu poate lua decît valori întregi și nenegative, și nu poate defini mulțimea V_8 . Vom nota cu $A_{p+1}(i, j)$ porțiunea de imagine formată de pixelul $A(i, j)$ împreună cu vecinii săi din $V_p(i, j)$. Astfel în Fig. 9.18 apar conturate A_5 , A_9 , A_{13} și A_{25} . Limitîndu-ne la primele două vorbim de 4 vecinii, respectiv de 8 vecinii unui pixel [3].

Împărțirea unei imagini în porțiuni, operație necesară extragerii și identificării obiectelor din imaginea analizată, presupune utilizarea ambelor *vecinătăți* ca elemente de bază ale unei *topologii discrete* [2]. Acest dualism se evită prin folosirea rețelilor hexagonale în eșantionarea imaginii, în locul celor dreptunghiulare. Într-o imagine eșantionată hexagonal liniile apar decalate și fiecare element de imagine are 6 vecini, indiferent de distanța utilizată (fig. 9.2, c).

9.3.4. Transformări liniare

Dacă ținem seama că modificarea iluminării unei imagini înseamnă adăugarea unei constante la toți pixelii imaginii, adică însumarea ei cu o imagine constantă, (respectînd condiția de limitare ce nu permite depășirea albului și a negrului) iar modificarea contrastului înseamnă înmulțirea imaginii cu o constantă (în aceleași condiții de limitare), atunci apare normală cerința ca o transformare a imaginii (îmbunătățirea calității, estomparea sau întărirea conturilor etc.) să nu depindă de astfel de transformări punctuale ale imaginii, altfel spus, să fie o transformare liniară.

Fie deci f o transformare liniară de imagine, adică $f(rA+B) = rf(A) + f(B)$, oricare ar fi imaginile A și B constanta r . Pornind de la expresia generală a trans-

formărilor matriciale liniare $f(A) = P \cdot A \cdot Q$, pentru P, Q matrici patrate cu aceeași dimensiune N cu matricea imagine A , putem scrie pentru $i, j = 1, 2, \dots, N$

$$f(A)(i, j) = \sum_{u=1}^N \sum_{v=1}^N A(u, v) P(i, u) Q(v, j)$$

Putem pentru fiecare i, j fixați să considerăm matricea

$$W^{(i, j)}(u, v) = P(i, u) \cdot Q(v, j), \quad u, v = 1, 2, \dots, N$$

avem deci o familie de N^2 matrici pondere sau măști, care prin convoluția cu matricea imagine furnizează fiecare element al imaginii transformate, adică

$$f(A)(i, j) = \sum_{u=1}^N \sum_{v=1}^N A(u, v) W^{(i, j)}(u, v)$$

O transformare liniară de imagini f va fi deci de forma

$$f(A)(u, v) = \sum_{h=1}^N \sum_{k=1}^N W^{(u, v)}(h, k) A(h, k), \quad 1 \leq u, v \leq N$$

pentru o listă convenabilă de ponderi W . În cazul cel mai general W este o matrice de dimensiune $N^2 \times N^2$. O transformare liniară punctuală se obține alegând pe W astfel ca $W^{(u, v)}(h, k) = 0$ pentru $h \neq u$ sau $k \neq v$. Se observă atunci ușor că transformările punctuale liniare sînt de forma

$$f(A)(i, j) = A(i, j) \cdot V(i, j), \quad i, j = 1, 2, \dots, N, \quad V(i, j) = W^{(i, j)}(i, j)$$

Evident nici una din transformările punctuale discutate mai sus nu verifică această condiție, fiind deci neliniare.

Un caz deosebit de important de transformare liniară este cel în care ponderea se definește prin funcția complexă

$$W_{avhk} = \exp \left(\frac{-2\pi i}{N} (uh + vk) \right),$$

unde $i = \sqrt{-1}$, caz ce definește transformarea Fourier a imaginii A de dimensiune N . Multe operații de prelucrare a imaginilor numerice se bazează pe transformarea Fourier. Transformarea Fourier inversă se definește prin

$$f^{-1}(A)(u, v) = \frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^N \sum_{k=1}^N A(h, k) \exp \left(\frac{2\pi i}{N} (hu + kv) \right) \quad [3]$$

Dacă notăm $z = \exp \left(\frac{2\pi i}{N} \right)$ și considerăm matricea $N \times N$

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & z & z^2 & \dots & z^{N-1} \\ 1 & z^2 & z^4 & \dots & z^{2N-2} \\ 1 & z^3 & z^6 & \dots & z^{3N-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & z^{N-1} & z^{2N-2} & \dots & z^{(N-1)(N-1)} \end{pmatrix}$$

transformarea Fourier se poate exprima în forma $f(A) = ZAZ'$, unde Z' este transpusa matricii unitare Z . Desigur, pentru simplificarea și rapidizarea calculelor matricea Z se mai poate simplifica iar cele două înmulțiri de matrici se rearanjează ținând seama de valorile z^{hk} . Complexitatea acestor calcule pentru dimensiunile N ce intervin la imaginile numerice (256, 512 sau mai mult) a condus la realizarea unor dispozitive hard pentru calculul cât mai rapid al produsului de matrici sau, mai ales, al produsului de convoluție. Chiar și în aceste sisteme specializate produsele se realizează cel mai adesea pe porțiuni. De exemplu dacă imaginea A de dimensiune 256 o împărțim în porțiuni 16×16 , vom avea 256 asemenea patrate. Construind și 256 de măști convenabile tot de 16×16 , vom putea transforma, aplicând formula de mai sus pentru $N=16$, fiecare subimagine. Asamblând rezultatele vom putea obține o imagine transformată și vom neglija diferențele ce apar desigur între aceasta și transformata globală — operată pe întreaga imagine. Așa se procedează de obicei atât la transformarea Fourier cât și la alte transformări utilizate la filtrarea și la compresia imaginilor [3] (transformări Hadamard, Karhunen-Loeve etc.). Cazul mai frecvent întâlnit este cel al transformărilor liniare locale pe subimagini mici, cel mai simplu 3×3 . Punem în acest caz $W^{(u,v)}(h, k) = 0$ dacă $d_2((u, v), (h, k)) > s$ și obținem transformările locale pe subimagini $(2s+1) \times (2s+1)$ sau cu măști de dimensiune $2s+1$. În acest caz se va considera doar cazul particular $W^{(u,v)}(h, k) = W^{(u,v)}(l, t)$ pentru orice $h, k, l, t = 1, 2, \dots, N$ adică cele N^2 măști $W^{(u,v)}(h, k)$, pentru $h, k = 1, 2, \dots, N$ sînt identice. Notăm atunci $H(i, j) = W^{(h+i, k+j)}(h, k)$ pentru $-s \leq i, j \leq s$ și vom vorbi de transformarea locală a imaginii A cu masca H sau prin convoluție cu H . În fond, parcurgem în acest caz imaginea A element cu element și luînd în fiecare punct (i, j) subimaginea $A_m(i, j)$, construim elementul $f(A)(i, j) = A_m(i, j) \otimes H$ prin convoluția matricii $A_m(i, j)$ cu matricea H

$$f(A)(i, j) = \sum_{h=-s}^{+s} \sum_{k=-s}^{+s} H(h, k) A(i+h, j+k)$$

În cazul $s=1$, deci al măștilor 3×3 trebuie menționate cîteva transformări liniare mai frecvent utilizate. Cele definite de măștile

$$\begin{pmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1/16 & 2/16 & 1/16 \\ 2/16 & 4/16 & 2/16 \\ 1/16 & 2/16 & 1/16 \end{pmatrix}$$

se folosesc la reducerea zgomotelor din imagine, în timp ce

$$\begin{pmatrix} 0 & 1/4 & 0 \\ 1/4 & -1 & 1/4 \\ 0 & 1/4 & 0 \end{pmatrix} \text{ sau } \begin{pmatrix} 1/8 & 1/8 & 1/8 \\ 1/8 & -1 & 1/8 \\ 1/8 & -1/8 & 1/8 \end{pmatrix}$$

definesc laplaciantul discret 3×3 folosit atât la filtrări cât și la evidențieri de contururi [3, 10].

9.3.5. Detecția conturilor

Problema determinării conturilor obiectelor din imaginile numerice este esențială pentru identificarea acestora și deci constituie o etapă importantă în prelucrarea preliminară. Contururi sînt considerate liniile sau zonele pe care nivelul de luminozitate are o variație depășind o anumită limită. Această limită depinde de particularitățile imaginii și face destul de discutabilă definiția dată. Sistemul vizual uman, și nu numai cel uman, pare a fi deosebit de înzestrat pentru evidențierea conturilor, prin aceasta reușindu-se, cu mecanisme încă nelămurite, interpretarea

tridimensională a imaginilor. Desigur există și situații în care ochiul uman inserează contururi și deci obiecte, deși nu există nici o variație a nivelului de luminozitate, sau există doar câteva elemente din care obținem impresia unui contur complet.

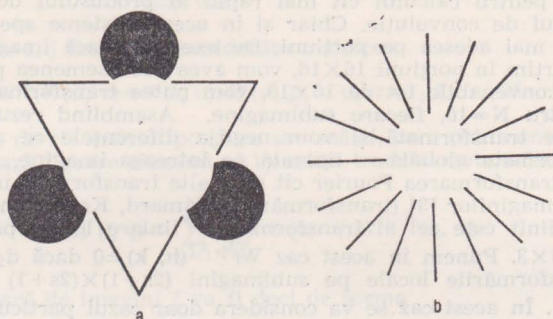


Fig. 9.18. Contururi false ; iluzia soarelui.

Așa cum se vede și din definiția de mai sus în detecția conturilor cel mai adesea se pornește de la un model diferențial. Nivelurile de luminozitate fiind interpretate ca și cote ale unei suprafețe în spațiu $z = Z_A(x, y)$, $Z_A(i, j) = A(i, j)$, vom spune că în punctul (h, k) din planul imaginii avem un *element de contur* sau o *muchie* dacă gradientul suprafeței în acel punct depășește în normă un prag fixat t . Deci dacă

$$\sqrt{\frac{\partial^2 Z_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Z_A}{\partial y^2}} \geq t$$

în punctul (i, j) al suprafeței, atunci în acest punct avem un element de contur o muchie, a cărui direcție e dată de

$$\arctg((\partial Z_A / \partial x) / (\partial Z_A / \partial y))_{(i, j)} \quad [3]$$

Aproximînd prin diferențe derivatele parțiale $\partial/\partial x$ și $\partial/\partial y$ ale funcției imagine și folosind convoluția se ajunge la măști de tipul

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -a & 0 & a \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{și} \quad \begin{pmatrix} -1 & -a & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & a & 1 \end{pmatrix}$$

cunoscute sub numele de operator Prewitt pentru $a=1$, respectiv Sobel pentru $a=2$. Astfel

$$\frac{\partial Z_A}{\partial x(i, j)} \quad \text{și} \quad \frac{\partial Z_A}{\partial y(i, j)}$$

sînt approximate prin

$$g_1(A)(i, j) = A_9(i, j) \otimes \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -a & 0 & a \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

respectiv

$$g_2(A)(i, j) = A_9(i, j) \otimes \begin{pmatrix} -1 & -a & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & a & 1 \end{pmatrix}$$

Mărimea sau norma gradientului va fi deci aproximată prin

$$d(g_1(A)(i, j), g_2(A)(i, j))$$

pentru $d=d_1, d_2$ sau d_3 (distanțele definite la 9.3.3). Spre exemplu, cu operatorul Prewitt și d_3 din imaginea numerică din fig. 19.3, a obținem

—	—	—	—	—	—	—	—
—	6	6	6	6	6	15	—
—	6	6	4	6	6	15	—
—	6	4	0	4	6	15	—
—	6	6	4	6	6	15	—
—	6	6	6	6	6	15	—
—	3	3	3	3	3	14	—
—	—	—	—	—	—	—	—

Dacă pragul t pentru decizia asupra existenței muchiilor îl luăm, de exemplu, 10 obținem următoarea imagine binară

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

în timp ce pentru pragul 5 avem

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0
0	1	1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Se observă aici cât de tare depinde numărul de muchii de alegerea pragului. În timp ce o valoare prea mare poate conduce la pierderea unor elemente importante conducând la omiterea unor obiecte din analiză, un prag prea mic introduce muchii false și în locul unor linii conduce la un fascicul [11].

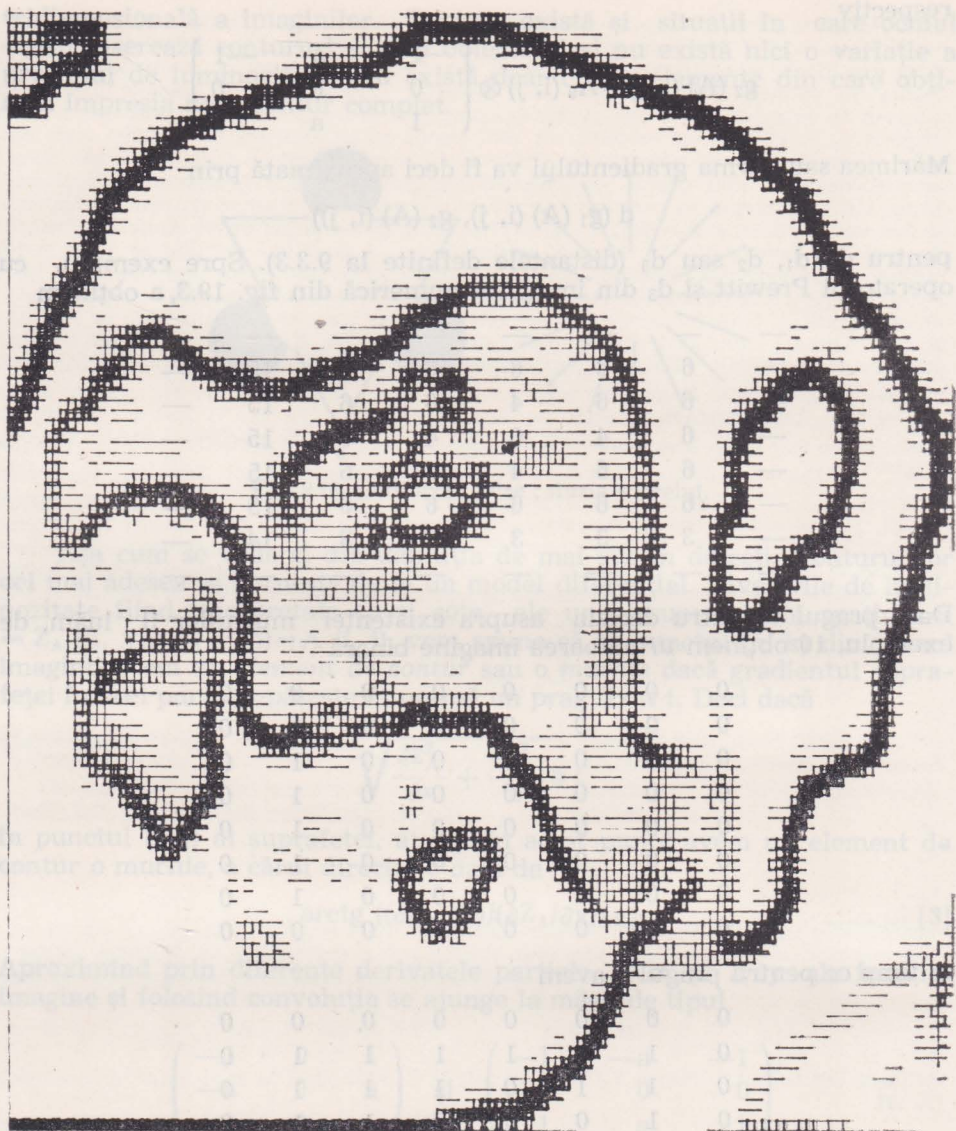


Fig. 9.19. Contururi Sobel pentru imaginea din fig. 9.1, d.

Pentru o alegere corectă sînt necesare adesea mai multe încercări, aspectul interactiv fiind aici hotărîtor. De obicei se lucrează cu praguri suficient de mici pentru a se pierde cît mai puțin și se prelucrează apoi imaginea elementelor de contur. Căutînd să se elimine muchiile false, aplicînd metode de subțiere, îmbunătățînd contururile prin favorizarea unui anumit tip de curbe sau a anumitor direcții. În anumite aplicații interesînd doar contururile formate din linii în timp ce în altele se caută doar curbe netede închise — contururi de obiecte rotunde — [12], [13].

În funcție de tipul imaginilor ce se prelucrază și de obiectele ce se analizează în acestea s-au elaborat numeroase metode de detecție a contururilor, cele mai multe încadrându-se în schema din figura 9.20. Acestea se diferențiază prin numărul și dimensiunile măștilor folosite ($H_1, H_2, \dots$) și prin felul operatorului punctual și al deciziei asupra existenței muchiei. Există mai multe încercări de clasificare și comparație a meto-

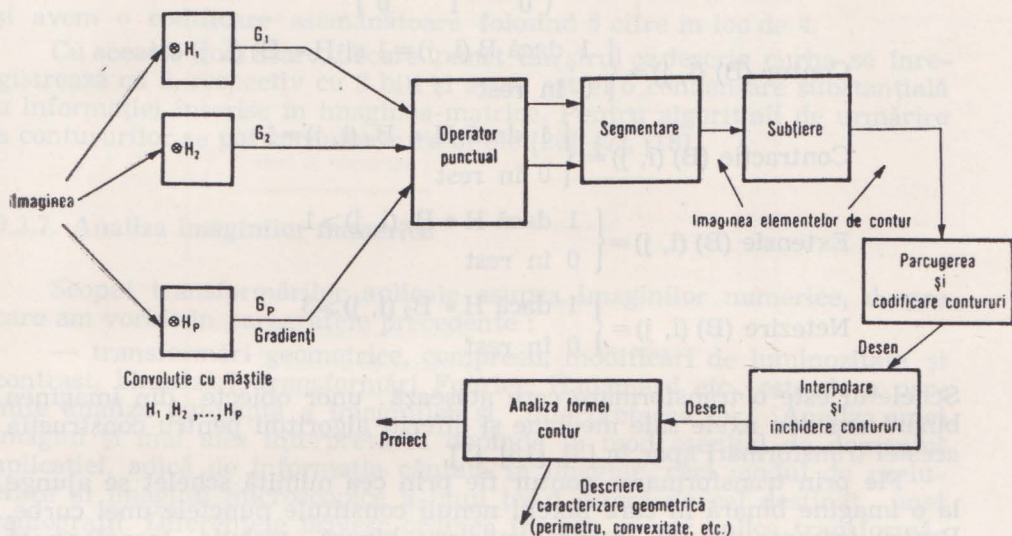


Fig. 9.20. Etapele proceselor de detecție și analiză a contururilor în imagini nuanțate.

delor de detecție a muchiilor [2], [9], [14], [15], [16], [17]. Independent de metodele folosite se ajunge în final (după etapele de îmbunătățire) la prelucrarea unor imagini binare, parcurea contururilor însemnând în fond transformarea imaginii binare într-un desen.

9.3.6. Prelucrarea imaginilor binare

Nu numai la detecția contururilor dar și în alte prelucrări ale imaginilor nuanțate se ajunge la una sau mai multe imagini binare. Prelucrarea și analiza imaginilor binare este mult mai simplă și a fost elaborată de mai multă vreme în domeniul recunoașterii formelor [3], [7]. În prelucrarea imaginilor binare se folosesc vecinătățile cu 4 și cu 8 vecini și mai ales distanțele d_2 și d_3 . Considerînd că pixelii din imaginea binară au valoarea 1 în timp ce fondul e marcat cu 0. Conturul unui astfel de obiect este definit aici de pixeli cu valoarea 1 care au cel puțin un vecin cu valoarea 0. În schimb pixelii cu valoarea 1 și toți vecinii tot 1 determină interiorul obiectului. Asupra obiectelor din imaginea binară se pot efectua determinări geometrice (arie, perimetru, centru de greutate etc.) și se pot studia proprietățile de conexiune sau de convexitate.

Dintre transformările imaginilor binare cele mai frecvent utilizate trebuie amintite conturul, contractia, extensia, netezirea care se pot defini pentru $B \in \text{Im}(N, 2)$ și $1 \leq i, j \leq N$ prin

$$H = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Contur}(B)(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{dacă } B(i, j) = 1 \text{ și } H * B_9(i, j) \leq 4 \\ 0 & \text{în rest} \end{cases}$$

$$\text{Contractie}(B)(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{dacă } H * B_9(i, j) = 5 \\ 0 & \text{în rest} \end{cases}$$

$$\text{Extensie}(B)(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{dacă } H * B_9(i, j) \geq 1 \\ 0 & \text{în rest} \end{cases}$$

$$\text{Netezire}(B)(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{dacă } H * B_9(i, j) \geq 3 \\ 0 & \text{în rest} \end{cases}$$

Scheletul este o transformare care atașează unor obiecte din imaginea binară axa sau axele sale mediane și diferiți algoritmi pentru construcția acestei transformări apar în [3], [18], [7].

Fie prin transformarea contur fie prin cea numită schelet se ajunge la o imagine binară în care pixelii nenuli constituie punctele unei curbe. Pentru trasarea acestei curbe imaginea binară trebuie transformată într-un desen parcurgându-se în ordine punctele curbei printr-un algoritm de urmărire și codificare. Uzual codificarea se face prin procedeul introdus de Freeman [19], folosind în locul coordonatelor punctelor poziția lor relativă (punctele trebuind să fie vecine în V_8 fie în V_4). Astfel în cazul vecinilor definiți prin $d_3(i, j)(k, h) \leq 1$ notind pozițiile relative prin

$$\begin{matrix} & 1 \\ & \cdot \\ 2 & - & \cdot & x & \cdot & - & 0 \\ & \cdot \\ & 3 \end{matrix}$$

putem codifica curba

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	1	1	0
0	0	0	1	1	1	0	0

prin șirul (2, 4) 033030332221212110101

În cazul a 8 vecini se notează pozițiile relative prin

3	2	1
4	x	0
5	6	7

și avem o codificare asemănătoare folosind 8 cifre în loc de 4.

Cu această codificare, fiecare punct din șirul ce descrie curba se înregistrează cu 2, respectiv cu 3 biți și avem astfel o condensare substanțială a informației înscrise în imaginea-matrice. Pentru algoritmi de urmărire a conturilor se pot consulta între altele [20], [7], [18].

9.3.7. Analiza imaginilor numerice

Scopul transformărilor aplicate asupra imaginilor numerice, despre care am vorbit în paragrafele precedente :

— transformări geometrice, compresii, modificări de luminozitate și contrast, binarizări, transformări Fourier, Hadamard etc., este de a permite analiza automată a imaginilor și interpretarea lor. Analiza unei imagini și mai ales interpretarea depinde în mod esențial de domeniul aplicației, adică de informația căutată în imagine, căci modul de prelucrare al imaginii microscopice a unui țesut diferă de cel destinat unei radiografii. Diferențele privesc ordinea în care se vor aplica transformările pentru ca, în primul caz, să se detașeze celulele din fondul imaginii prin eliminarea informației inutile, în timp ce radiografiilor li se aplică metodele de îmbunătățire a contrastului.

În funcție de domeniul aplicației în vederea analizei imaginilor trebuie precizate *trăsăturile definitorii* ale obiectelor din imagine : contururi, conexitate, texturi, caracteristici numerice ale formelor. Procedeele de analiză a imaginilor numerice urmăresc tocmai punerea în evidență a acestor trăsături [22], [23], [24], [25].

După detecția conturilor, codificarea și parcurgerea lor se trece de la imaginea dată matricial la o descriere ca șir de coduri (ca un cuvânt cod) a conturului. Pentru a aproxima apoi forma geometrică se face trecerea la reprezentarea analitică pe porțiuni. În felul acesta se trece la descrierea prin parametrii reprezentării analitice (fig. 9.21). Aproximarea se face cu segmente de dreaptă sau cu arce de cerc sau parabolă după tipul aplicației [12], [13], [26].

În analiza imaginilor se urmărește apoi măsurarea ariilor, diametrelor, perimetrelor și aprecierea conexității obiectelor din imagine. Pentru a obține aceste informații se utilizează imaginile binarizate. Aria și perimetrul obiectelor dintr-o imagine numerică se definesc cu ajutorul transformărilor elementare expuse în paragraful precedent [3], [24]. Aceste caracterizări numerice ale obiectelor din imagine pot fi apoi utilizate la identificarea obiectelor.

În aplicații se utilizează pe scară largă și caracterizarea globală sau pe porțiuni a imaginii cu ajutorul unor determinări statistice : momente,

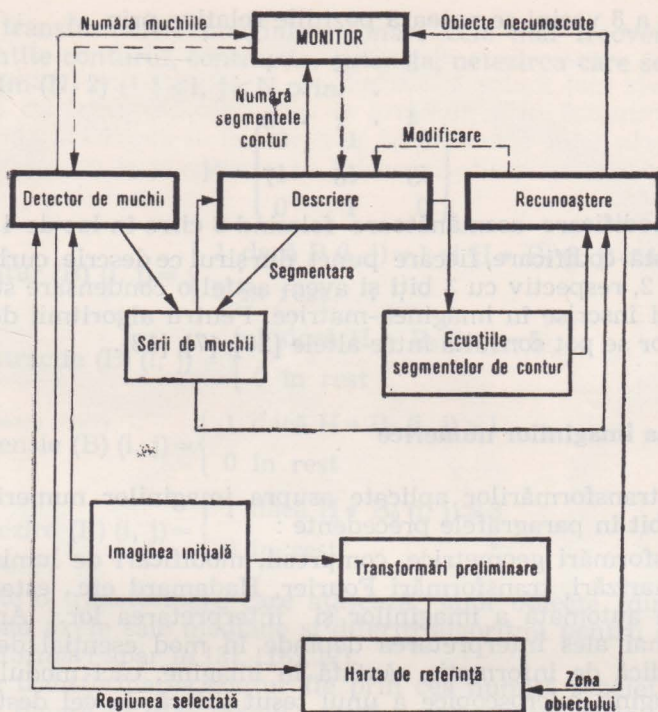


Fig. 9.21. Procesul de analiză a scenelor.

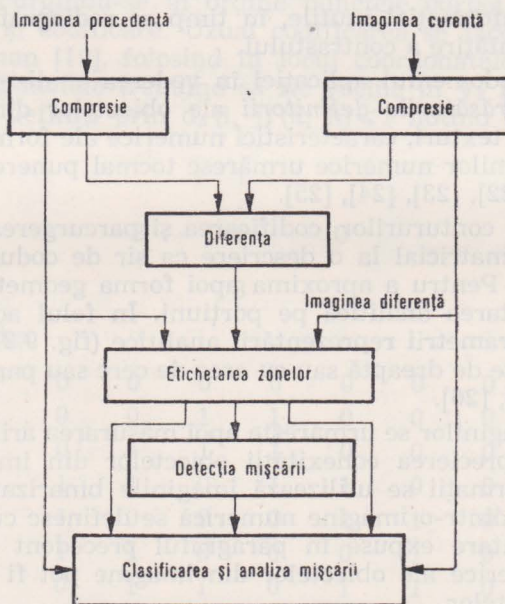


Fig. 9.22. Schema bloc a unui sistem de detecție și analiză a mișcării.

histograme, matrici de covarianță. Valorile acestor caracteristici se utilizează și ele la identificarea obiectelor din imagine. În cazul imaginilor aeriene regiuni diferite din imagine (păduri, ape, terenuri cultivate) apar diferențiate prin variații specifice ale nivelurilor de luminozitate (*textura zonei*) în fiecare din benzile spectrale înregistrate.

Tipurile de texturi corespunzând la diferite zone de teren pot fi identificate utilizând caracterizările statistice [21].

Așa cum rezultă din cele de mai sus, în urma analizei imaginii se obțin un șir de informații numerice care caracterizează obiectele din imagine. Pentru identificarea lor una dintre metodele utilizate presupune existența unui catalog de obiecte sau forme de identificat în care se fac comparații „matching” [7], [23], [27]. Obiectul se consideră identificat când seamănă suficient de mult cu unul dintre cele catalogate.

O problemă complexă de analiză a imaginilor o ridică urmărirea obiectelor în mișcare cu ajutorul instalațiilor de supraveghere. În acest caz se prelucrează succesiuni de imagini care urmăresc în timp mișcarea. Pentru detecția mișcării se compară între ele imaginile succesive ale aceleiași scene urmărind imaginea diferențelor. Figura 9.22 conține schema etapelor detecției mișcării [28], [29], [30], [31].

9.4. Aplicații ale prelucrării imaginilor

9.4.1. Aplicații în medicină și biologie

Dezvoltarea sistemelor specializate de prelucrat imagini răspunde nevoii tot mai mari de prelucrare și stocare de imagini în vederea diagnosticului medical.

Diagnosticul medical este, de cele mai multe ori, bazat pe imagini. Primul lucru pe care îl face medicul confruntat cu un caz — se uită la pacient, la corpul său, la expresia feței etc. S-au elaborat diferite metode care permit medicului să vadă și în interiorul opac al corpului pacientului, vizualizându-se detalii ascunse ochiului. Între acestea, instalațiile radiologice sînt cele mai răspîndite, radiologia fiind de mulți ani o parte integrantă a diagnozei medicale și o disciplină prezentă în orice instituție medicală. Aceasta furnizează imagini ale interiorului corpului prin proiecția pe un plan, organele interne diferențiindu-se prin transparența lor la razele X. Pe lângă aceasta, ultrasonografia sau ecografia, termografia și scintigrafia sînt metode complementare ca informație transmisă, dar furnizează tot imagini. În sfîrșit, endoscopul permite vederea în interiorul diferitelor cavități ale corpului uman, iar microscopul completează la nivelul microstructurii interne posibilitățile de vizualizare ale țesuturilor biologice.

În timp ce la unele din aceste procedee de diagnostic se examinează imagini individuale static urmărindu-se prezența anumitor structuri sau analizîndu-se dimensiunile și pozițiile relative ale unor obiecte din imagine, la altele se urmărește tocmai modificarea în timp — funcționarea, analizîndu-se succesiunii de imagini. O situație aparte, în care se preiau și se prelucrează simultan un mare număr de imagini pentru aceeași

examinare, apare la reconstrucția din proiecții în tomografia axială. Fie că se bazează pe raze X, radiație gama, ultrasunete sau rezonanță magnetică, reconstrucția imaginilor din proiecții s-a dovedit una din cele mai senzaționale aplicații ale prelucrării imaginilor în medicină și poate chiar ale aplicației calculatoarelor. Această tehnică permite în prezent obținerea unor imagini din interiorul corpului uman corespunzând secționării pe orice direcție, fără a afecta pacientul și cu o doză nu prea mare de radiații. Mai mult, se poate obține chiar imaginea spațială (în trei dimensiuni) a organului urmărit, putându-se calcula volumul sau stabili cu precizie poziția în spațiu în vederea unor tratamente sau a unor intervenții chirurgicale [32].

Toate imaginile ce se realizează în cadrul acestor procedee de diagnostic trebuie preluate, prelucrate, evaluate și în final catalogate și păstrate. Păstrarea imaginilor se face, în principal din trei motive :

- există o cerință uzuală de a păstra cel puțin 10 ani fiecare document,

- imaginile vechi sînt comparate eventual cu cele rezultate din investigațiile mai recente, urmărindu-se evoluția bolii sau a tratamentului,

- în clinicile mai mari o selecție a imaginilor este necesară cercetării și învățămîntului.

Arhivarea imaginilor a devenit o problemă în spitalele din zilele noastre. Producția anuală a unui spital modern utilat, cu 1 000 de paturi, este de cel puțin 80 000 examinări tomografice, 200 000 filme radiologice, 100 000 imagini ecografice, 80 000 scintigrafii, 20 000 termografii, totalizîndu-se astfel peste 5 milioane de imagini în 10 ani [33].

Cuplarea unui sistem de prelucrat imagini la aparatura uzuală de diagnostic presupune adaptarea și dotarea cu interfața potrivită astfel încît semnalele de la aparatele de măsură să fie introduse în calculator eliminîndu-se suportul clasic de înregistrare (film, placă fotografică etc.). În figura 9.23 se prezintă schema de principiu a unei instalații pentru diagnostic medical radiologic. Un astfel de sistem permite obținerea rapidă a unei imagini în raze X ceea ce înseamnă o doză de radiație mai mică pentru pacient. Metodele de îmbunătățire a imaginilor deja descrise oferă pe monitorul sistemului o imagine clară și cu contrast bun. În același timp medicul poate comanda transformări ale imaginii care să-i permită urmărirea unei anumite zone, a unui anumit interval de luminozitate, stocarea sau copierea la nevoie a imaginii pe un suport [34].

Sisteme de prelucrat imagini s-au realizat pentru diagnosticul prin ultrasunete, scintigrafie, angiografie etc. [32], [33], [34], [35]. Toate aceste aparate funcționează în regim interactiv, analiza imaginilor și interpretarea lor fiind sarcina medicului [35], [36], [32].

O mare extindere au primit în ultimii ani sistemele de tomografie axială computerizată (CAT). Acestea se bazează pe tehnica reconstrucției din proiecții. Noua tehnică constă în a baleia un obiect prin plane și a colecta un mare număr de măsurători pentru radiațiile dirijate precis și sistematic prin aceste plane, cu ajutorul calculatorului reconstruindu-se structura internă a materialului analizat. Rezultatul este o mulțime de imagini numerice, cîte una pentru fiecare baleiaj, valorile pixelilor fiind coeficienții de atenuare liniară pentru radiația absorbită în material, deci proporționale cu densitățile locale ale obiectului analizat [37].

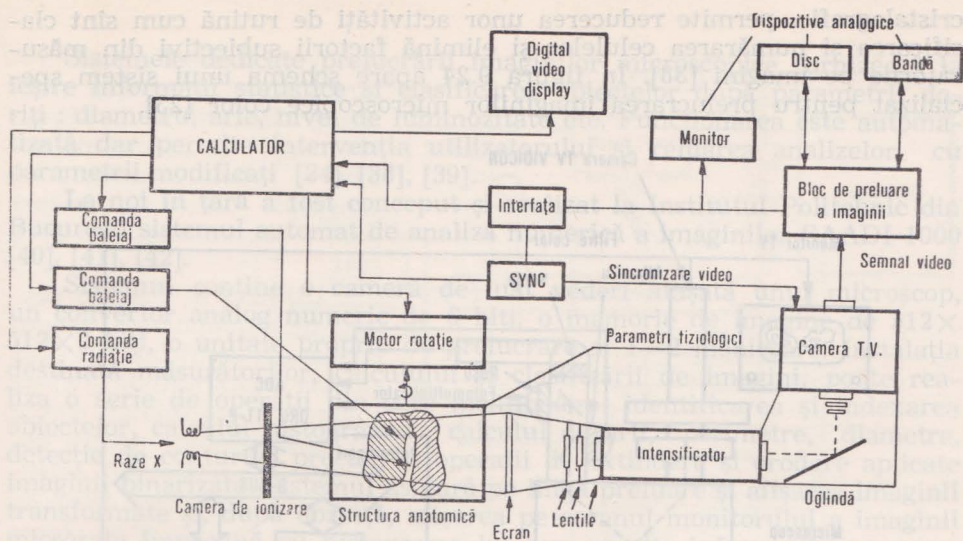


Fig. 9.23. Schema unui sistem video pentru diagnostic medical (radiologic).

Primele imagini ce s-au obținut astfel au revelat structura delicată a creierului uman, imagine ce nu putea fi obținută cu radiografii clasice. De atunci au apărut diferite generații de sisteme CAT în efortul susținut de a obține imagini cât mai bune calitativ și precise, în timp cât mai scurt și cu o cât mai redusă doză de radiații.

Examinarea CAT constă din trei etape :

1. colectarea — se fac măsurătorile și se preiau imaginile numerice,
2. reconstrucția — se prelucerează setul de imagini reconstruind din ele imaginea spațială,

3. analiza imaginii — diagnosticianul analizează asistat de calculator imaginea rezultat, ca o secțiune aleasă de el prin corpul pacientului [33].

Fiecare tomograf asigură primele două faze. Bazele matematice ale reconstrucției din proiecții prezintă un interes deosebit pentru matematicieni, utilizând și redescoperind rezultatele lui RADON (1917). Dar aplicarea acestora nu a fost posibilă decât prin utilizarea calculatoarelor moderne. O contribuție hotărâtoare la matematica reconstrucției și la studiile experimentale necesare teoriei a avut Allan M. Cormak lucrînd la clinica lui Barnard. Hounsfield a împărțit cu Cormak premiul Nobel pentru medicină pe 1979, atribuit în legătură cu invenția tomografiei computerizate [37].

Cu ajutorul acestor sisteme se pot obține imagini din interiorul corpului uman corespunzînd unor secțiuni alese de diagnostician evidențindu-se pozițiile relative ale organelor și caracteristicile spațiale. Între aplicațiile curente ale înregistrărilor CAT trebuie menționate depistarea tumorilor, planificarea tratamentului și vivisecția neinvazivă în domeniul neurochirurgiei [33], [32].

O altă direcție în care sistemele de prelucrat imagini își găsesc aplicații este microscopia. Prelucrarea și analiza automată a imaginilor microscopice, atît cele ce conțin probe biologice cît și cele din metalografie sau

crystalografie, permite reducerea unor activități de rutină cum sînt clasificarea și numărarea celulelor și elimină factorii subiectivi din măsurătorile pe imagini [38]. În figura 9.24 apare schema unui sistem specializat pentru prelucrarea imaginilor microscopice color [23].

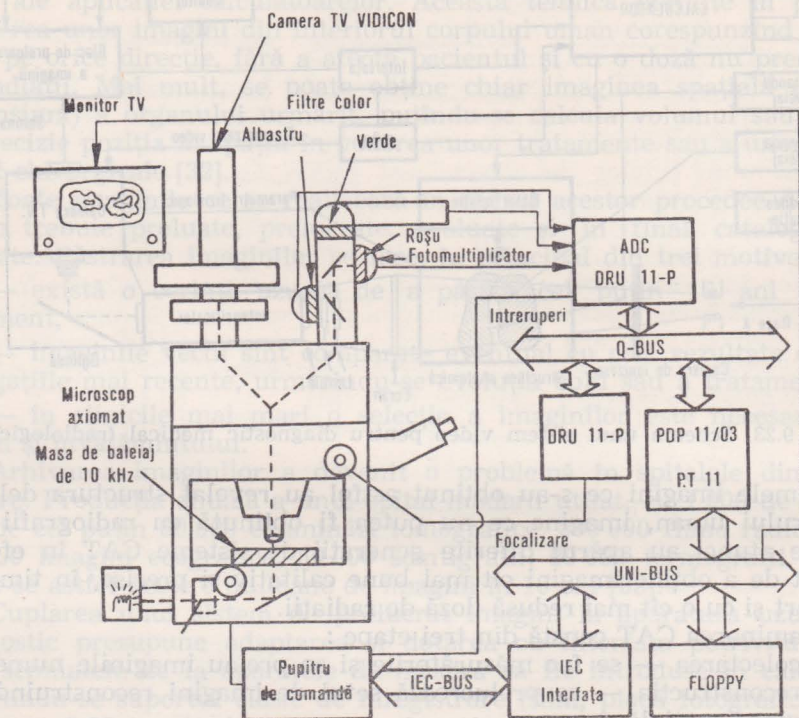


Fig. 9.24. Sistem specializat pentru prelucrarea imaginilor microscopice color.

Specificul imaginilor microscopice care conțin obiecte convexe și discrete (de tip celulă), cu spațiul dintre obiecte fără informație utilă pretind din partea sistemelor de prelucrare caracteristici speciale. În primul rînd rezoluția spațială care să permită ca imaginea fiecărei celule să ocupe cel puțin 8—10 pixeli, ceea ce corespunde la o distanță între pixeli mai mică decît 0,5 microni [38]. Apoi, din cauza că suprafața probei depășește cadrul unei singure imagini, sistemul trebuie să asigure acoperirea acestuia prin mișcarea mecanică a lamelei microscopice și racordarea imaginilor succesive. Pentru a permite determinări cantitative și analiza formelor, sistemul necesită condiții speciale de iluminat și camere de luat vederi de mare fidelitate.

Sistemele performante de prelucrare a imaginilor microscopice ating viteze de achiziție de la 1,7 la 5 Mpixeli pe secundă. Metodele de rapidizare a achiziției și prelucrării presupun compresia imaginii și preprelucrarea. Se utilizează metode de codificare la parcurgere ca cele prezentate în figurile 9.3 b și 9.3 c, sau prelucrarea linie cu linie pe măsură ce se preiau imaginile.

Sistemele dedicate prelucrării imaginilor microscopice furnizează la ieșire informații statistice și clasificarea obiectelor după parametrii doriti : diametru, arie, nivel de luminozitate etc. Funcționarea este automatizată dar permite intervenția utilizatorului și reluarea analizelor cu parametrii modificați [24], [38], [39].

La noi în țară a fost conceput și realizat la Institutul Politehnic din București sistemul automat de analiză numerică a imaginilor SAADI-1000 [40], [41], [42].

Sistemul conține o cameră de luat vederi atașată unui microscop, un convertor analog numeric de 6 biți, o memorie de imagine de $512 \times 512 \times 9$ biți, o unitate proprie de prelucrare și 1—2 monitoare. Instalația destinată măsurătorilor, calculului și clasificării de imagini, poate realiza o serie de operații din care menționăm : identificarea și indexarea obiectelor, calculul histogramei, calculul de arii, perimetre, diametre, detecție de contururi precum și operații de extindere și erodare aplicate imaginii binarizate. Sistemul asigură pe lângă preluare și afișarea imaginii transformate și, după dorință, afișarea pe ecranul monitorului a imaginii micșorate împreună cu histograma lui sau cu alte informații suprapuse [43], [44].

Sistemul se află în producție la Întreprinderea de calculatoare electronice București.

9.4.2. Roboți cu vedere artificială

Una dintre aplicațiile cu efecte economice dintre cele mai importante este realizarea roboților industriali cu vedere artificială [45]. Robotica a făcut în ultimii ani pași serioși atât în domeniul industrial, cât mai ales în cel militar și spațial.

Vederea artificială, posibilitatea de a recepționa, analiza și interpreta imagini, identificând în acestea obiectele de interes sau luind decizii în funcție de apariția în imagine a unor obiecte necunoscute, toate acestea sînt cerințe normale pentru un robot eficient. Aceasta înseamnă că robotul trebuie să fie înzestrat cu un sistem propriu de preluare, prelucrare, analiză și interpretare a imaginilor. Un robot industrial ce urmărește o bandă transportoare conține de obicei și un sistem adecvat de iluminare a scenei, precum și posibilitatea de a prelua imaginea pe baza unor semnale obținute din exterior (mișcarea benzii). Odată identificat obiectul de pe banda transportoare se va comanda dispozitivul de manipulare pentru a executa operațiunile mecanice cerute (figura 9.25).

Asemenea roboți își găsesc o largă aplicabilitate în locurile de muncă nocive sau în operațiunile cu înalt grad de uzură : sortare, supraveghere, în industria chimică, în centrale nucleare etc. [45], [46], [47], [48].

Specific sistemului de vedere la roboți este necesitatea răspunsului în timp real, deci prelucrarea, analiza și interpretarea rapidă a imaginii, ceea ce face ca, de regulă, să se lucreze cu imagini binarizate chiar din faza de preluare, calitatea imaginii reglîndu-se prin intermediul iluminării. De asemeni se urmărește identificarea unui număr restrîns de forme (lista de piese ce vor fi manipulate), distanța și unghiul de privit fiind în general fixate. Desigur renunțarea la aceste restricții complicînd

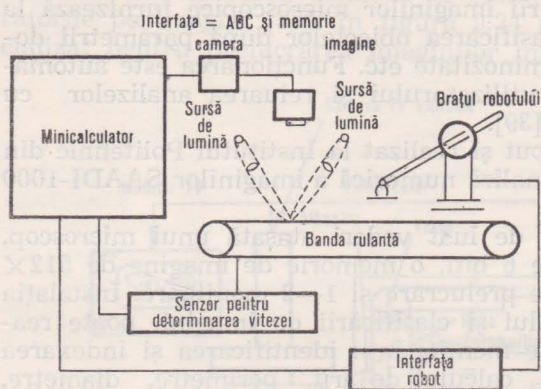


Fig. 9.25. Schema hardware a unui robot cu vedere artificială.

realizările deosebite obținute în sistemele de prelucrare a imaginilor, pînă în prezent construcția de roboți cu viziune este încă la începuturile ei [47], [48].

modul de analiză și interpretare a imaginii duce la întirzierea răspunsului. În sfîrșit, răspunsul sistemului de vedere al robotului trebuie să constituie un șir de comenzi pentru partea mecanică [48], [44].

Utilizați în felurite procese de automatizare, roboții cu vedere artificială au doar rareori posibilități de interacțiune și constituie un amplu obiect de studiu pentru domeniul inteligenței artificiale. Cu tot efortul depus în această direcție și cu toate

9.5. Impactul prelucrării imaginilor asupra dezvoltării sistemelor de calcul

Volumul mare al informației manipulate în prelucrarea imaginilor și vitezele deosebite necesare la prelucrarea în timp real alături de performanțele necesare diferitelor aplicații au condus nu numai la configurarea unor sisteme dedicate, la realizarea unor unități de pre procesare și la implementarea hard a transformărilor ce intervin mai frecvent [41], [44], [50], ci și la proiectarea de noi sisteme de calcul [51], [52], [53], [30].

Se conturează trei direcții majore pe care se dezvoltă sistemele specializate în prelucrarea imaginilor, direcții de cercetare în cadrul firmelor și institutelor de prestigiu :

1. sistemele celulare sau matriciale,
2. sistemele etajate "pipe-line",
3. sistemele multicalculator.

În sistemele celulare fiecărui pixel din imaginea de prelucrat îi corespunde un procesor (fig. 9.26). Avem deci o matrice de $D \times D$ procesoare identice cuplate între ele astfel ca să poată realiza simultan operațiile de bază, transformările punctuale, locale sau globale ale imaginii. Dimensiunea D a imaginii va fi în acest caz caracteristică întregului sistem. Modelul cel mai discutat de sistem celular este CLIP-4 [51], [53], realizat cu 9216 procesoare, prezentat schematic în figurile 9.27, 9.28.

Într-un astfel de sistem, în loc ca la transformarea unei imagini să se pareurgă pixel cu pixel întreaga matrice, fiecare procesor execută transformarea operînd asupra pixelului propriu și avînd acces și la veci-

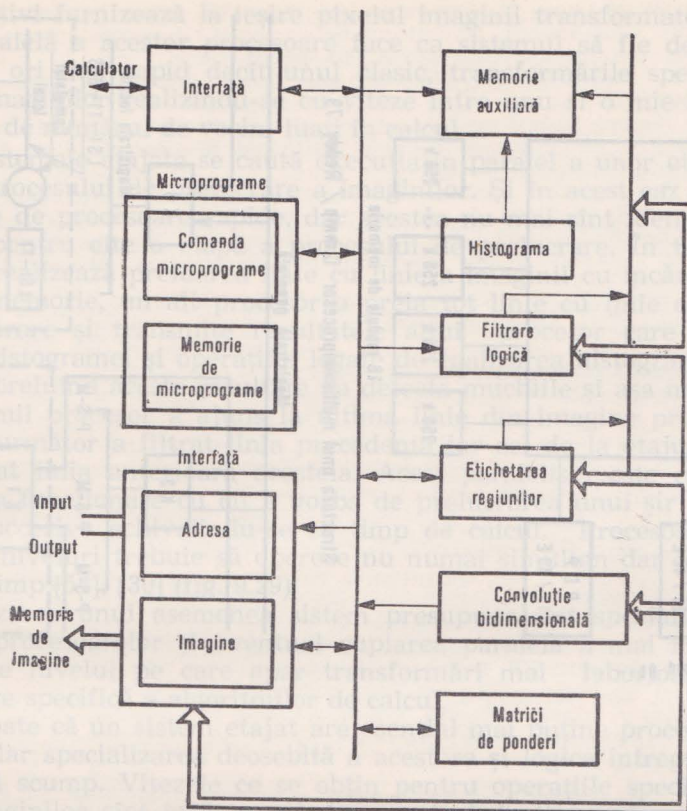


Fig. 9.26. Schema bloc a unui procesor paralel de imagini.

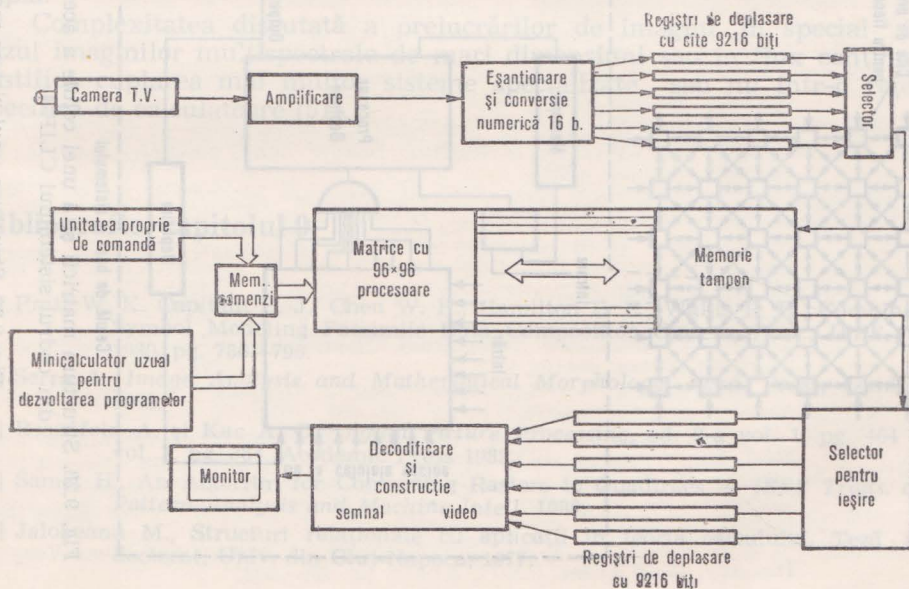


Fig. 9.27. Schema bloc a sistemului celular CLIP-4.

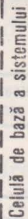
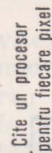
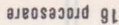


Fig. 9.28. Structura matricii și a unei celule a acesteia din cadrul sistemului CLIP-4.



Structura unui multimiprosesor C.mmp / Reddy 79



Fig. 9.29. Structura unui sistem multiminicalculator.

nii respectivi furnizează la ieșire pixelul imaginii transformate. Funcționarea paralelă a acestor procesoare face ca sistemul să fie de cel puțin o mie de ori mai rapid decât unul clasic, transformările specifice prelucrării imaginilor realizându-se cu viteze între unu și o mie M pixeli/s, în funcție de numărul de vecini luați în calcul.

La sistemele etajate se caută execuția în paralel a unor etape succesive ale procesului de prelucrare a imaginilor. Și în acest caz este vorba de o serie de procesoare rapide, dar acestea nu mai sînt identice ci specializate pentru cîte o etapă a procesului de prelucrare. În timp ce un procesor realizează preluarea linie cu linie a imaginii cu încărcare într-o zonă de memorie, un alt procesor o preia tot linie cu linie executînd o primă filtrare și transmite rezultatele altui procesor care va realiza calculul histogramei și operațiile legate de egalizarea histogramei. Un alt procesor preluînd aceste rezultate va detecta muchiile și așa mai departe. Cînd primul procesor a ajuns la ultima linie din imagine procesorul de la etajul următor a filtrat linia precedentă iar cel de la etajul al treilea a prelucrat linia anterioară acestora. Acest paralelism este cu atît mai eficient ca funcționare cu cît e vorba de prelucrarea unui șir de imagini etapele succesive echivalîndu-se ca timp de calcul. Procesoarele de pe diferitele niveluri trebuie să opereze nu numai simultan dar în intervale egale de timp [54], [30] (fig. 9.29).

Realizarea unui asemenea sistem presupune atît specializarea deosebită a procesoarelor și eventual cuplarea paralelă a mai multor procesoare pe nivelul pe care apar transformări mai laborioase cît și o structurare specifică a algoritmilor de calcul.

Cu toate că un sistem etajat are esențial mai puține procesoare decât unul celular specializarea deosebită a acestora și logica întregului sistem îl fac mai scump. Vitezele ce se obțin pentru operațiile specifice prelucrării imaginilor sînt însă asemănătoare. Ambele tipuri de sisteme presupun programe specifice, iar în unele cazuri aceste sisteme se pot cupla.

Complexitatea discutată a prelucrărilor de imagini, în special în cazul imaginilor multispectrale de mari dimensiuni sau în flux continuu justifică cuplarea mai multor sisteme specializate sau nu într-o rețea specifică de calculatoare [51].

Bibliografie, capitolul 9

- [1] Pratt W. K., Capitant P. J., Chen W. H., Hamilton E. R., Wallis R. H., Combined Symbol Modeling Facsimile Data Composition System, *Proc., IEEE*, 68, 1980, pg. 786—796.
- [2] Serra J., *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Acad. Press, London, 1982.
- [3] Rosenfeld A. și Kac A. C., *Digital Picture Processing*, ed. 2-a vol. 1, pg. 464 și vol. 2, pg. 384. Academic Press 1982.
- [4] Samet H., An Algorithm for Converting Rasters to Quadrees — *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intell.* 1980.
- [5] Jalobeanu M., Structuri relaționale cu aplicații în teoria calculului. Teză de doctorat, Univ. din Cluj-Napoca, 1977.

- [6] Jalobeanu M. și Lupșa N., Prelucrarea imaginilor TV cu un minicalculator. Univ. din Cluj-Napoca, laboratorul de cercetări Interdisciplinare. Sesiunea de comunicări 17 noiembrie 1983, pg. 35—36.
- [7] Pavlidis T., *Algorithms for Graphics and Image Processing*, Springer Verlag, 1982.
- [8] Zăciu R., Asupra unor transformări aplicate în sistemele de prelucrare și analiză a imaginilor. *Inteligența artificială și robotică*. Edit. Acad. București, 1983, pg. 317—323.
- [9] Bocu M., Un algoritm pentru transformarea imaginilor prin egalizarea histogrammei. Sesiunea de comunicări științifice „Informatica și dezvoltarea economico-socială a României”. București, 24—26 mai 1982.
- [10] Hall E. L., *Computer Image Processing and Recognition*, New York, Academic Press, 1979.
- [11] Bocu M. și Buduroiu V., Determinarea contururilor de obiecte în prelucrarea informației video. Sesiunea de comunicări științifice „Informatica și dezvoltarea economico-socială a României”, București, 24—26, 1982.
- [12] Tavakoli M. and Rosenfeld A., Building and Road Extraction from Aerial Photographs, *IEEE Trans. SMC* 12(1), 1982, 84—91.
- [13] Kimme C., Ballard D. A., Sklansky J., Finding Circles by an Array of Accumulators, *Comm. ACM*, 18, 1975, pg. 120—122.
- [14] Davis L. S., A Survey of Edge Detection Techniques, (Computer Graphics and Image Processing) *CGIP*, 4, 1975, 248—270.
- [15] Fram J. R., Deutsch E. S., On the Quantitative Evaluation of Edge Detection Schemes and Their Composition with Human Performance, *IEEE Trans. Computer*, C-24, 1975, 616—628.
- [16] Abdou I. E., Pratt W. K., Quantitative Design and Evaluation of Enhancement/Thresholding Edge Detectors, *Proc. IEEE*, 67(5), 1979, pg. 753—764.
- [17] Jalobeanu M. Detectia contururilor în prelucrarea numerică a imaginilor la un minicalculator. Sesiunea de comunicări „Informatică și dezvoltarea economică” ICCI, București, mai 1982.
- [18] Jimenez J., and Navalon J. L., Some experiments on Image Vectorization, *IBM J. Res. Develop*, 26, 6(1982) 724—733.
- [19] Freeman H., Computer Processing of Line Drawing Images. *Computing Survey*, 6(1979), 57—97.
- [20] Dudani S. A., Region Extraction Using Boundary Following. In *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. Acad. Press, New York, 1976, pp. 216—232.
- [21] Rosenfeld A., Weng C. Y. and Wu A. Y., Multispectral Texture, *IEEE Trans. SMC-12(1)*, 1982, 79—84.
- [22] Rosenfeld A., *Digital Image Analysis*, Topics on Applied Physics, Springer-Verlag, New York, 1976.
- [23] Foith V. P. (ed), *Angevandte Szenenanalyse* (Informatik Fachberichte 20), Springer Verlag, Berlin, 1979.
- [24] Meyer F., Feature Extraction by Mathematical Morphology in the Field of Quantitative Cytology. *Biomedical Images and Computers*, pg. 56—65, Springer, London, 1982.
- [25] Spătaru Al., Zăciu R., Buzoloiu V. și Căpățînă V., Sisteme de prelucrare și analiză a imaginilor: utilizări. Sesiune jubiliară : „100 de ani de la reorganizarea școlii naționale de poduri și șosele”, București, decembrie, 1982.
- [26] Ballard D. H., Generalizing the Hough Transform to Detect the Arbitrary Shapes, *Pattern Recognition*, 13(1981), pg. 111—112.
- [27] Fu K. S., (ed), *Digital Pattern Recognition*, Communication and Cybernetics 10, Springer Verlag, Berlin, 1976.
- [28] Martin W. M., Aggarwal J. K., Dynamic Scene Analysis, *Computer Graphics and Image Processing*, 7(1978), pg. 356—374.
- [29] Jain R., Nagel H. H., On a Motion Analysis Process for Image Sequences from Real World Scenes, *IEEE Trans. PAMI*, 1(2), (1979), pg. 206—214.
- [30] Jain R., Martin W. N., Aggarwal J. K., Segmentation Through the Detection of Changes Due to Motion, *Computer Graphics and Image Processing*, 9(1979), pg. 13—34.
- [31] Aggarwal J. K., Badler N. I. (ed), Special Issue on Motion and Time-Varying Imagery, *IEEE Trans. PAMI*, 2(1980), pg. 499—588.

- [32] Pop T. (ed), *Medicina nucleară, Diagnostic și tratament*. Ed. Medicală, București, 1983.
- [33] Höhne K. H. (ed), *Digital Image Processing in Medicine*, Lecture Notes in Medical Informatics, 15, Springer-Verlag, Berlin, 1981.
- [34] Sklansky J., *Medical Radiographic Image Processing and Pattern Recognition*, Proc. 5-th Int. Conf. Pattern Recognition, dec. 1980, pg. 374—382.
- [35] Pop T. (ed), *Diagnosticul cu ultrasunete*, Ed. Medicală, București, 1982.
- [36] Vinți D., Stamatian P., *Diagnosticul ecografic în obstetrică și ginecologie*. Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1982.
- [37] Herman G. T. (ed), *Image Reconstruction from Projections; Implementation and Applications*. Topics in Applied Physics, vol. 32, Springer Verlag, 1979.
- [38] Tucker J., Preliminary Results for Automated Cervical Cytology using Nuclear DNA Content, *Machine Aided Image Analysis*, 1978, Inst. Phys. Conf. Ser. No. 44, pg. 186—194.
- [39] Sklansky J., Bisconte J. C. (ed), *Biomedical Imaging and Computers*, Lecture Notes in Medical Informatics, 17, Springer Verlag, Berlin, 1982.
- [40] Buzuloiu V., Coltuc D., Datcu M. și Zamfir A., Prelucrări rapide în sistemele pentru analiza automată a imaginilor. Conferința Națională de Electronică și Telecomunicații, Automatică și Calculatoare, București '82.
- [41] Buzuloiu V., Datcu M., Particularități privind arhitectura unor sisteme mici autonome pentru analiza automată a imaginilor. Lucrările primului simpozion de microprocesoare, microcalculatoare și aplicații, București, nov. 1981.
- [42] Zaciuc R., Utilizarea microprocesoarelor în sistemul de prelucrare a imaginilor. Lucrările primului Simpozion de microprocesoare, microcalculatoare și aplicații, București, nov. 1981.
- [43] Buzuloiu V., Zamfir A., Datcu M., Memorie de un cadru pentru sisteme de analiza imaginilor. Sesiunea jubiliară „100 de ani de la reorganizarea școlii naționale de poduri și șosele” Buc. dec., 1981.
- [44] Buzuloiu V., Gheorghe A., Oprea R., Sistem de analiza imaginilor; structura, unitatea centrală. Lucrările primului Simpozion de electronică aplicată. București, aprilie 1981.
- [45] Drăgănescu M., *A doua revoluție industrială. Microelectronica, automatica, informatica — factori determinanți*. Ed. Tehnică, București, 1980.
- [46] Davidoviciu A., Magda R., Sisteme de vedere artificială pentru roboți industriali în *Inteligența artificială și robotica*. Editura Academiei R.S.R. București 1983, pg. 292—299.
- [47] Kruger R. P., Thompson W. B., A Technical and Economic Assessment of Computer Vision for Industrial Inspection and Robotic Assembly (invited paper). *Proc. IEEE* 69(12), 1981, pg. 1524—1539.
- [48] Kelley R. B., Birk J. R., Martins H., Tella R., A Robot System Which Acquires Cylindrical Workpieces from Bins. *IEEE Trans. SMC*, vol. 12(2), 1982, pg. 204—214.
- [49] Bocu M., Nedeveschi S., Terek S., Prelucrări de imagini pentru aplicații în medicină și robotică. *Electrotehnica, Electronica, Automatica*, Anul 27, Nr. 2, București, iunie 1983, pg. 49—52.
- [50] Pătru M., Selinger S., Un procesor specializat pentru prelucrarea imaginilor. *Electronica, Electrotehnica, Automatica*, Anul 27, nr. 2, București iunie 1983, pg. 53—59.
- [51] Preston K., Uhr L., (eds). *Multicomputers and Image Processing*, Academic Press 1982.
- [52] Mărgărit L. și Zaciuc R., Procesor celular pentru preluarea de imagini. Sesiunea jubiliară „100 de ani de la reorganizarea școlii naționale de poduri și șosele” București, dec. 1981.
- [53] Koles P., Digital Picture Processing by Cell-processor. *Computers and Artificial Intelligence*, vol. 2, nr. 4, (1983) pg. 331—341.
- [54] Pratt W. K., William K., and Ted J. Cooper, Recursive Pipeline Architecture Aids Image Processing, *Computer Technology Review*, Winter 1982, pg. 113—118.

Prelucrarea imaginilor și grafica interactivă în fotogrammetrie și teledetecție

10.1. Culegerea, prelucrarea și reprezentarea datelor în fotogrammetrie și teledetecție

Folosirea minicalcatoarelor de proces prevăzute cu software, specializate, cuplate cu aparate de observare, măsurare pe imagini (fotograme) și înregistrarea datelor obținute, a condus la automatizarea proceselor tehnologice specifice fotogrammetriei și teledetecției, având ca efect creșterea randamentului și calității lucrărilor respective. La un sistem constituit din aparat fotogrammetric — calculator, cum este cel realizat și folosit în prezent, datele măsurate sînt înregistrate, sînt comparate cu date standard sau între ele și în consecință sînt valori acceptate și valori respinse care trebuie refăcute pentru continuarea procesului de lucru.

În cazul existenței unui software interactiv, aceste date sînt interogate și interpretate de operator în timpul măsurărilor fotogrammetrice respective. Operatorul poate lua imediat deciziile corespunzătoare care se impun într-un proces tehnologic care se desfășoară on-line. Aceasta implică, în special la aparatele fotogrammetrice de tip mai vechi, existente în număr mare în producție, unele amenajări privind înregistrarea și transmiterea datelor măsurate, adaptarea metodelor folosite la cerințele impuse de automatizarea proceselor tehnologice fotogrammetrice și de teledetecție, precum și un anumit nivel de dotare și de pregătire a specialiștilor. De asemenea, pentru realizarea automatizării pe etape a fost necesar să se elaboreze o concepție, să se cuprindă într-un sistem toate segmentele proceselor tehnologice din domeniile menționate. Sistemul, elaborat în întregime în țară, de culegere, prelucrare și reprezentare a datelor de fotogrammetrie și teledetecție se bazează pe existența unei bănci de date geodezice, precum și a unei baze de date de serviciu specializată, încorporată în sistem, care poate fi apelată în procesul de lucru.

Prin acest sistem se realizează aerotriangulația analitică și numerică, planuri cadastrale prin metode fotogrammetrice analitice, realizarea modelului digital al reliefului terenului, prelucrarea și reprezentarea datelor de teledetecție.

La elaborarea sistemului s-a avut în vedere echiparea fiecărui aparat fotogrammetric cu dispozitiv de înregistrare și, respectiv, cu interfață de transmitere a datelor măsurate la calculatorul de proces. De asemenea, a

fost elaborat software-ul necesar dialogului operatorului fotogrammetrist cu calculatorul pentru executarea și prelucrarea datelor în sistem interactiv on-line și, respectiv, reprezentarea datelor la o configurație de cartografiere automată, în sistem off-line (figura 10.1).

Ca dispozitiv de înregistrare a mărimilor măsurate, atașat aparatelor fotogrammetrice de tip stereocomparator — stecometru și de tip analogic

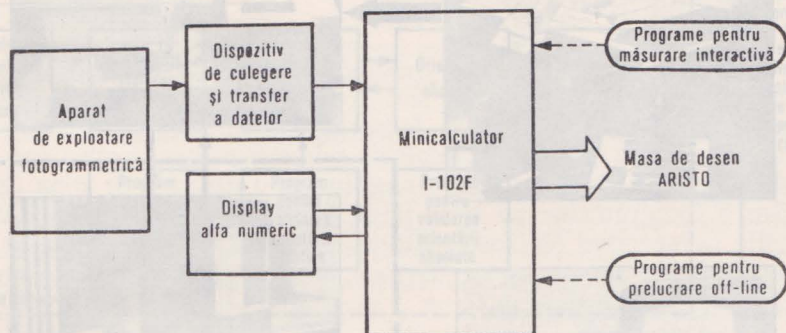


Fig. 10.1. Configurația sistemului pentru măsurarea fotogrammetrică interactivă.

— stereometrograf se utilizează coordimetre de tip F și G, fabricate de VEB Carl Zeiss Jena (care produce și aparatele fotogrammetrice menționate).

Dispozitivul de legătură între coordimetru și calculator, prin care se transmit datele la calculator și prin care se realizează dialogul cu calculatorul este o interfață realizată de Institutul de Tehnică de Calcul (I.T.C.).

Pentru realizarea dialogului între operator și calculator se utilizează terminalele alfanumerice DAF-2010 și, respectiv, DAF-2020.

În figura 10.2 se prezintă un stecometru echipat pentru măsurători fotogrammetrice interactive, cuplat la minicalculatorul I-102 F cu care este dotat sistemul.

Fiecare din problemele fotogrammetrice și de teledetecție prevăzute a fi rezolvate cu sistemul realizat și în funcțiune, pe lângă software-ul de bază al sistemului, folosește propriul său software specializat care necesită o structură diferențiată a datelor și, respectiv, o pregătire și o verificare a lor specifică.

În figurile 10.3, 10.4 și 10.5 se prezintă schema procesului interactiv de culegere și verificare (validare) a datelor pentru tehnologiile fotogrammetrice menționate.

Software-ul de bază al sistemului îl constituie pachetul de programe „Culegerea Datelor Primare” (CDP) elaborat de I.T.C. și corespunde cerințelor impuse de tehnologiile fotogrammetrice și de teledetecție pentru care a fost realizat sistemul în primul rînd. Astfel, pachetul de programe CDP conține atît programe pentru culegerea propriu-zisă a datelor cît și

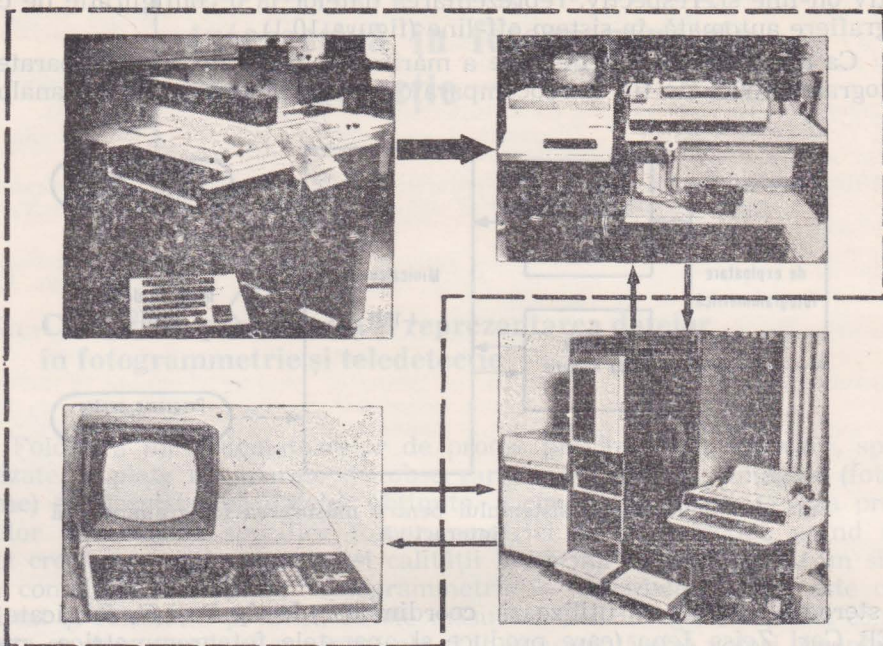


Fig. 10.2. Configurația hardware a stecometrului conectat în sistem.

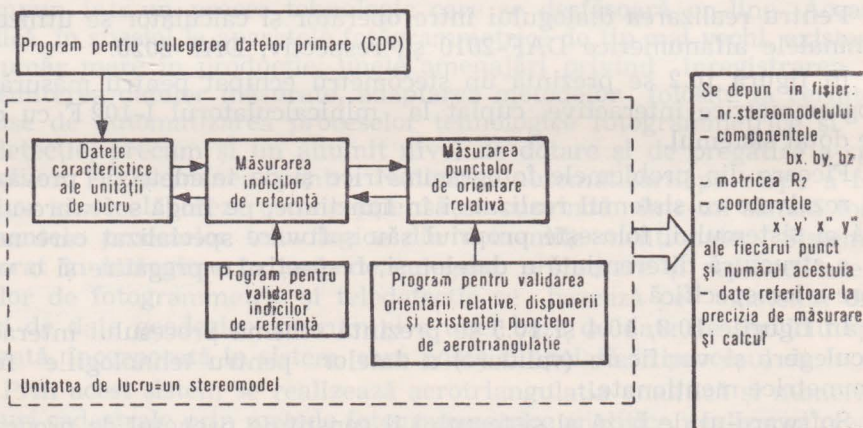


Fig. 10.3. Culegerea interactivă a datelor în cazul aerotriangulației analitice.

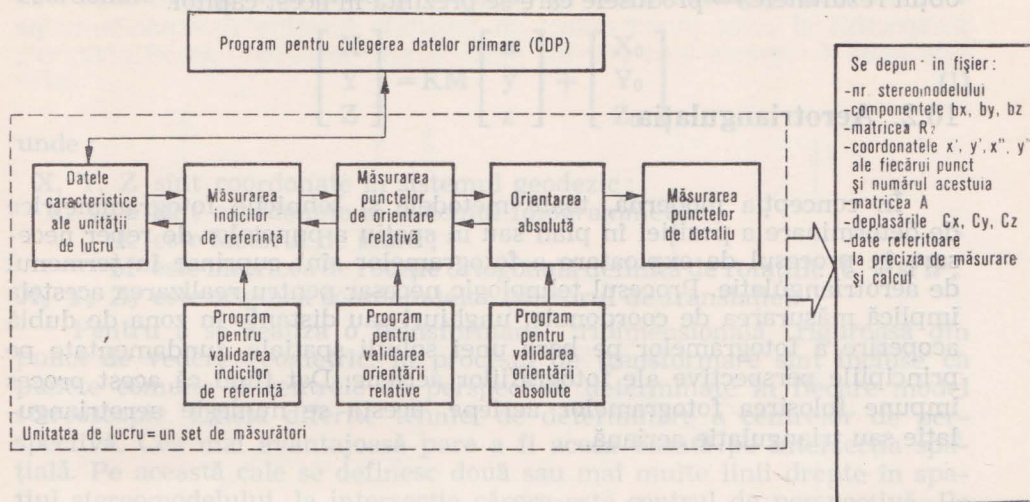


Fig. 10.4. Culegerea interactivă a datelor în cazul exploatării analitice (cadastru funciar).

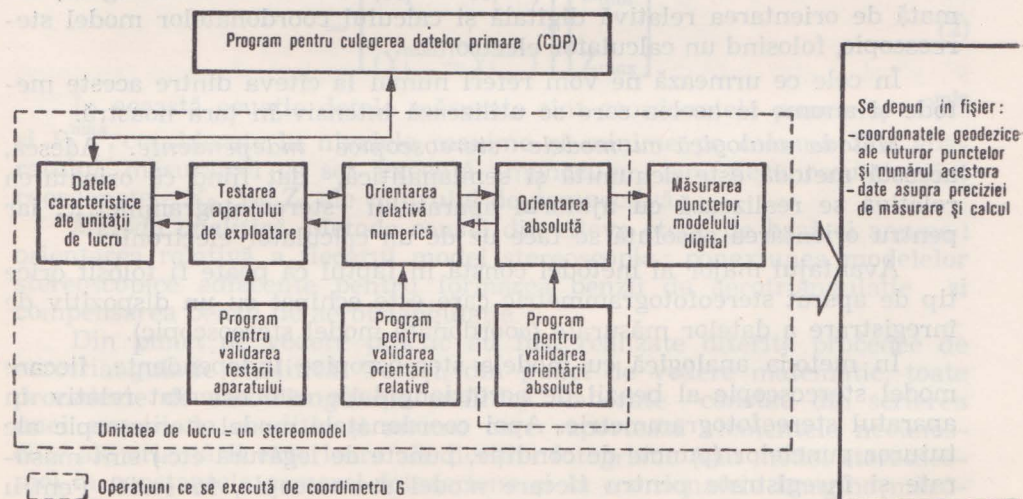


Fig. 10.5. Culegerea interactivă a datelor în cazul modelului digital al terenului.

programe pentru validarea acestora, care satisfac și cerințele specifice proceselor tehnologice fotogrammetrice și de teledetecție prin care se obțin rezultatele — produsele care se prezintă în acest capitol.

10.2. Aerotriangulația

În concepția modernă, toate metodele și tehnicile fotogrammetrice de determinare a poziției în plan sau în spațiu a punctelor de reper necesare în procesul de exploatare a fotogramelor sînt cuprinse în termenul de aerotriangulație. Procesul tehnologic necesar pentru realizarea acesteia implică măsurarea de coordonate, unghiuri sau distanțe în zona de dublă acoperire a fotogramelor pe baza unei soluții spațiale, fundamentate pe principiile perspective ale fotografiilor aeriene. Dat fiind că acest proces impune folosirea fotogramelor aeriene, acesta se numește aerotriangulație sau triangulație aeriană.

10.2.1. Metodele de aerotriangulație

Metodele de realizare a aerotriangulației pot fi clasificate în două mari categorii: analogice sau instrumentale și, respectiv, analitice sau digitale. Metodele analogice implică realizarea optico-mecanică a orientării relative și măsurarea coordonatelor model stereoscopic, folosind un aparat de exploatare fotogrammetrică.

Metodele analitice constau din măsurarea coordonatelor imagine, urmată de orientarea relativă digitală și calculul coordonatelor model stereoscopic, folosind un calculator electronic.

În cele ce urmează ne vom referi numai la cîteva dintre aceste metode și anume la acelea care se utilizează intensiv în țara noastră.

Metoda analogică cu modele stereoscopice independente. Adesea, această metodă este denumită și semianalitică, dat fiind că orientarea relativă se realizează cu ajutorul aparatului stereofotogrammetric, iar pentru orientarea absolută se face uz de un calculator electronic.

Avantajul major al metodei constă în faptul că poate fi folosit orice tip de aparat stereofotogrammetric care este echipat cu un dispozitiv de înregistrare a datelor măsurate (coordoanate model stereoscopic).

În metoda analogică cu modele stereoscopice independente, fiecare model stereoscopic al benzii de aerotriangulație este orientat relativ în aparatul stereofotogrammetric. Apoi coordonatele model stereoscopic ale tuturor punctelor (puncte de condiție, puncte de legătură etc.) sînt măsurate și înregistrate pentru fiecare model stereoscopic, în serie. Pentru formarea benzii de aerotriangulație, modelele stereoscopice sînt legate unul de altul printr-o transformare de similitudine tridimensională care reprezintă relația proiectivă dintre sistemul de coordonate al modelului stereoscopic precedent și sistemul de coordonate al modelului stereosco-

pic care urmează sau, în final, după aceeași relație între sistemul de coordonate fotogrammetrice și sistemul de coordonate geodezice :

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = KM \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

unde :

X, Y, Z sînt coordonate în sistemul geodezic ;

x, y, z sînt coordonate în sistemul fotogrammetric ;

K este factorul de scară ;

M este matricea de rotație ortogonală definită de rotațiile K, Φ și Ω ;

X_0, Y_0, Z_0 este originea coordonatelor (vectorul de translație).

Pentru a se realiza o transformare tridimensională riguroasă din punct de vedere geometric, în procesul de transformare sînt incluse ca puncte comune și centrele de perspectivă determinate în fiecare model stereoscopic. Există diferite tehnici de determinare a centrelor de perspectivă. Cea mai avantajoasă pare a fi aceea bazată pe intersecția spațială. Pe această cale se definesc două sau mai multe linii drepte în spațiul stereomodelului, la intersecția cărora este centrul de perspectivă. Pe baza ecuației unei drepte care trece prin două puncte (P_1 în planul $Z=\max$. și P_1 în planul $Z=\min$), se obține următoarea ecuație de condiție :

$$\begin{bmatrix} -(Z_{\min}-Z_{\max}) & 0 & (X_1^{\min}-X_1^{\max}) \\ 0 & -(Z_{\min}-Z_{\max}) & (Y_1^{\min}-Y_1^{\max}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_0 \\ Y_0 \\ X_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (X_1^{\min}-X_1^{\max}) \\ (Y_1^{\min}-Y_1^{\max}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{\min} \\ Z_{\max} \end{bmatrix} \quad (2)$$

În această ecuație datele măsurate sînt coordonatele punctelor $P_1^{\min}$ și $P_1^{\max}$, considerate la nivelele maxime și minime pe coloana Z a aparatului, măsurători ce se execută monocular, iar necunoscutele sînt coordonatele X_0, Y_0, Z_0 ale centrului de perspectivă.

Metoda analitică. Metoda constă din cîteva etape de bază și anume : orientarea relativă a fiecărui model stereoscopic ; conexiunea modelelor stereoscopice adiacente pentru formarea benzii de aerotriangulație și compensarea benzii de aerotriangulație.

Din punct de vedere practic au fost realizate diferite procedee de aerotriangulație analitică. Totuși, din punct de vedere matematic, toate procedeele de aerotriangulație analitică elaborate constau din scrierea unei ecuații de condiție și anume care raportează elementele necunoscute ale orientării exterioare ale fiecărei fotografe (sau model stereoscopic) la constantele camerei fotoaeriene și la coordonatele imagine măsurate. Ecuațiile de condiție sînt rezolvate simultan sau secvențial și sînt calculate astfel coordonatele punctelor de aerotriangulație.

Cele mai multe dintre procedeele de aerotriangulație analitică utilizează una din cele două ecuații de condiție : coplanaritatea sau colinearitatea.

Ecuația de coplanaritate. Coplanaritatea, așa după cum este ilustrată în figura 10.6, este condiția prin care cele două centre de perspectivă și orice punct obiect cu punctele imagine corespondente pe cele două fotograme sînt într-un plan comun, respectiv punctele O' , O'' ,

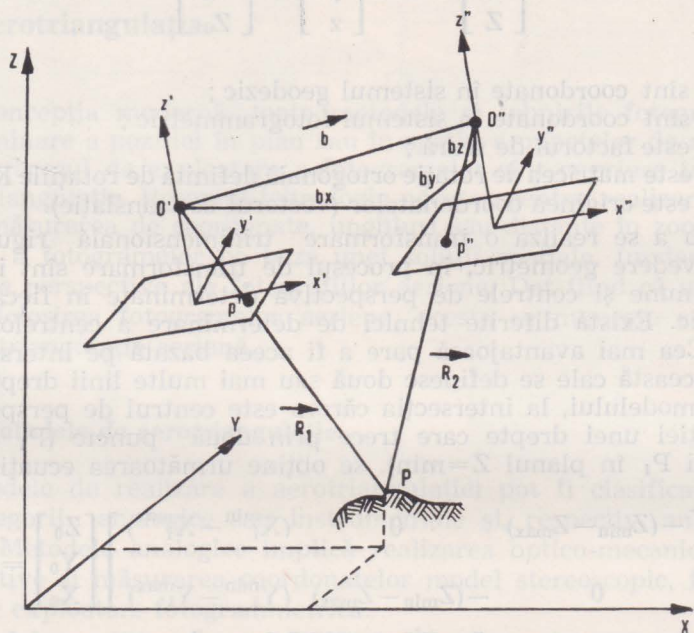


Fig. 10.6. Condiția de coplanaritate.

p' , p'' și P sînt într-un singur plan (planul epipolar). Aceasta înseamnă că, atunci cînd orientarea relativă este realizată, vectorul $\vec{R}_1$ se va intersecta cu vectorul $\vec{R}_2$ și împreună cu vectorul bazei de aerofotografiere $\vec{b}$, vor fi în același plan. Deci, produsul lor scalar va fi egal cu zero, ceea ce exprimă condiția de coplanaritate.

$$\vec{b} \cdot \vec{R}_1 \cdot \vec{R}_2 = 0 \quad (3)$$

Aceeași condiție poate fi exprimată și sub formă de determinant prin relația :

$$\begin{vmatrix} bx & by & bz \\ x' & y' & z' \\ x'' & y'' & z'' \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

unde :

bx, by, bz sînt coordonatele centrului de perspectivă O'' ;

x', y', z' sînt coordonatele punctului P pe fotograma din stînga ;

x'', y'', z'' sînt coordonatele aceleiași punct pe fotograma din dreapta.

Ecuatia de colinearitate. Colinearitatea, așa cum este ilustrată în figura 10.7, este condiția prin care orice punct obiect, imaginea sa corespondentă și centrul de perspectivă se află pe aceeași dreaptă. Adică punctele O, p și P se află pe aceeași rază fotogrammetrică.

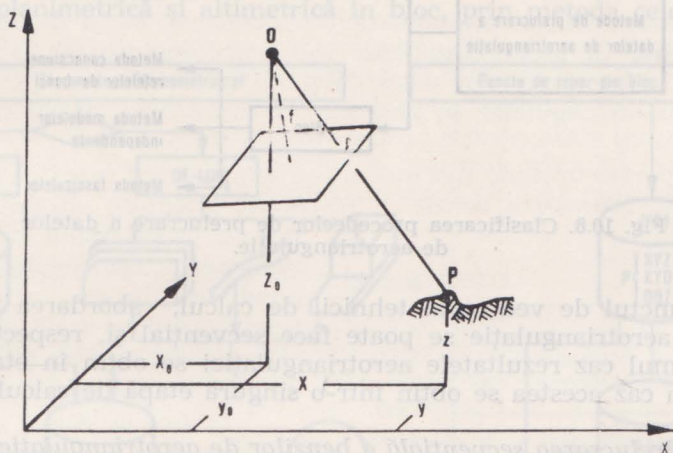


Fig. 10.7. Condiția de colinearitate.

Pentru orice punct obiect, două ecuații exprimă condiția de colinearitate și anume :

$$\begin{aligned} x &= -f \frac{(X-X_0)a_{11} + (Y-Y_0)a_{12} + (Z-Z_0)a_{13}}{(X-X_0)a_{31} + (Y-Y_0)a_{32} + (Z-Z_0)a_{33}} \\ y &= -f \frac{(X-X_0)a_{21} + (Y-Y_0)a_{22} + (Z-Z_0)a_{23}}{(X-X_0)a_{31} + (Y-Y_0)a_{32} + (Z-Z_0)a_{33}} \end{aligned} \quad (5)$$

unde :

- x, y sînt coordonatele imagine ale unui punct obiect ;
- X, Y, Z sînt coordonatele geodezice ale aceluiași punct obiect ;
- X_0, Y_0, Z_0 sînt coordonatele geodezice ale centrului de perspectivă ;
- a_{11}, a_{12}, a_{13} sînt funcții ale unghiurilor de înclinare α, φ și ω .

10.2.2. Prelucrarea datelor de aerotriangulație

Există numeroase procedee de prelucrare a datelor de aerotriangulație. În general, procedeele de prelucrare sînt cunoscute fie după numele autorului fie după numele instituției unde au fost elaborate. În toate aceste procedee de prelucrare, datele de intrare sînt fie coordonatele imagine (x, y) ale punctelor obținute cu ajutorul comparatoarelor (mono- sau stereo-), fie coordonatele model stereoscopic (x, y, z) ale punctelor obținute cu ajutorul aparatelor stereofotogrammetrice de precizie. Modul de culegere al acestor date a fost prezentat deja la începutul acestui capitol. Procedeele pot fi împărțite în procedee de prelucrare pe bandă și, respectiv, în bloc. O clasificare a procedeelelor de prelucrare a datelor de aerotriangulație se prezintă în figura 10.8.

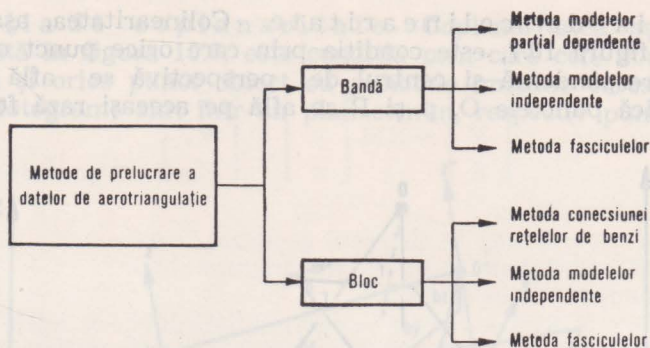


Fig. 10.8. Clasificarea procedeelor de prelucrare a datelor de aerotriangulație.

Din punctul de vedere al tehnicii de calcul, abordarea prelucrării datelor de aerotriangulație se poate face secvențial și, respectiv, simultan. În primul caz rezultatele aerotriangulației se obțin în etape, în cel de al doilea caz acestea se obțin într-o singură etapă de calcul.

Prelucrarea secvențială a benzilor de aerotriangulație

Așa după cum am menționat mai sus, prin această tehnică de calcul banda de aerotriangulație se realizează în etape de calcul care, în general, constau din : orientarea relativă și calculul unităților de bază individuale, într-un sistem de coordonate independent ; asamblarea unităților de bază într-un sistem de coordonate comun (formarea benzii) ; orientarea absolută și compensarea benzii de aerotriangulație.

Unitățile de bază individuale, care într-o oarecare măsură sînt echivalente cu unitățile de măsurare, de culegere a datelor, pot fi : fotograma sau fasciculul fotogrammetric spațial asociat fiecărei fotograme, modelul stereoscopic independent, modelul stereoscopic independent dublu, tripleta de fotograme, subbloclul de m.n fotograme etc.

Oricare ar fi unitatea de bază de calcul, prelucrarea secvențială se poate realiza în două moduri diferite, după cum urmează : în primul caz sînt calculate cele cinci elemente ale orientării relative făcînd uz de condiția de coplanaritate. În continuare, fără a afecta orientarea, modelul care rezultă este transformat în modelul precedent ; în cel de al doilea caz, toate cele șase elemente de orientare ale unei fotograme sînt calculate și compensate simultan, făcînd uz de ecuația de colinearitate. Urmează formarea benzii, prin transformarea tuturor tripletelor în prima tripletă.

În scopul prelucrării secvențiale a benzilor de aerotriangulație au fost concepute și realizate programele BANDA și METR și, respectiv, AERAN care sînt încadrate în sistemul de culegere, prelucrare și reprezentare a datelor fotogrammetrice.

Programul BANDA realizează prelucrarea benzilor de aerotriangulație măsurate la monocomparator sau la stereocomparator (stecometru).

Programul METR realizează prelucrarea benzilor de aerotriangulație măsurate pe modele stereoscopice independente, la aparate stereofoto-

grammetrice de precizie. Pentru ambele programe, unitatea de calcul este modelul stereoscopic sau modelul stereoscopic independent dublu. Caracteristic pentru programul METR este faptul că se măsoară și coordonatele centrelor de perspectivă care se includ apoi în procesul de calcul. La ambele programe, în ultima parte a calculului se execută compensarea planimetrică și altimetrică în bloc, prin metoda celor mai mici

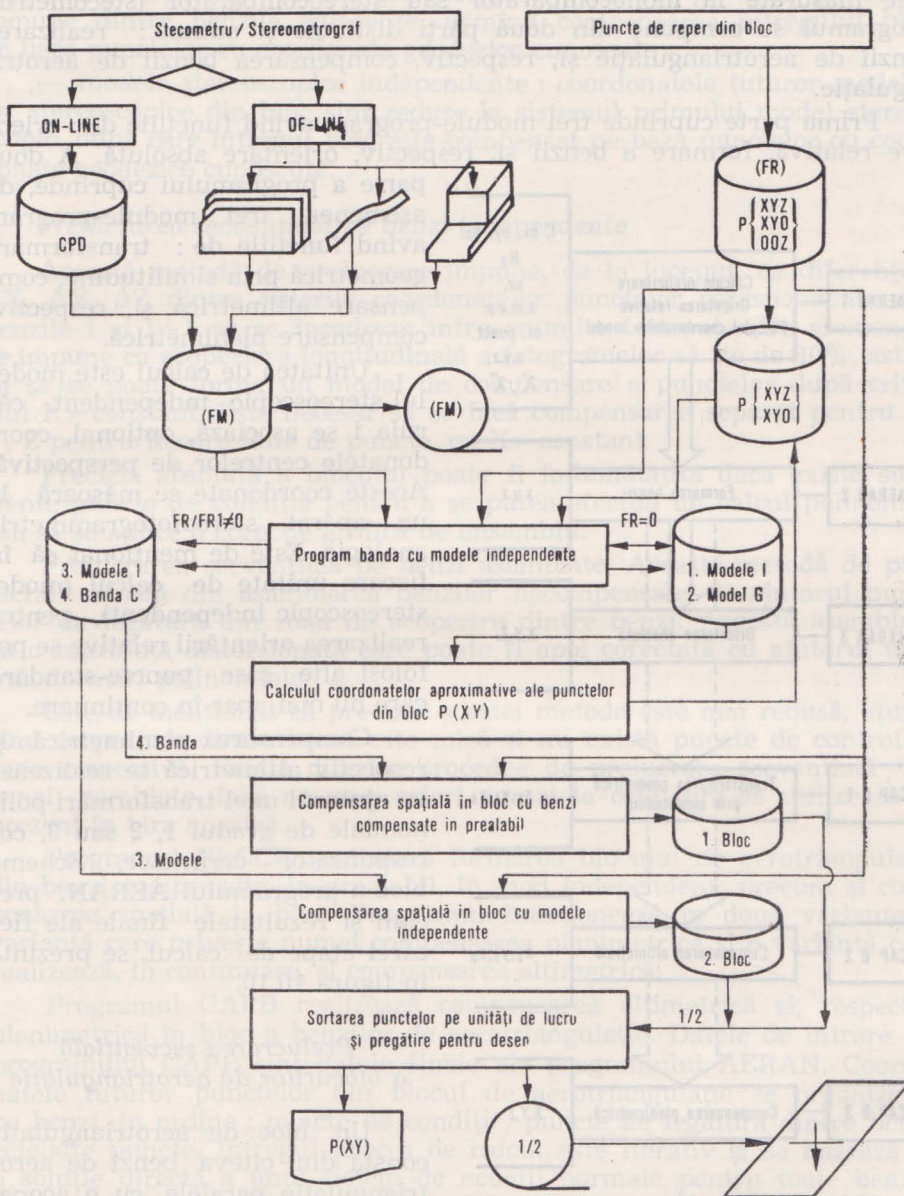


Fig. 10.9. Schema bloc a programului de aerotriangulație AERO-4.

pătrate și sint corectate erorile sistematice, pe cote, prin metoda predicției lineare. În figura 10.9 se prezintă schema bloc a programului de aerotriangulație AERO-4, care include calculul pe bandă sau în bloc, atât pentru modul de culegere on-line a datelor cât și pentru modul de culegere off-line [19].

Programul AERAN prelucrează, de asemenea, benzi de aerotriangulație măsurate la monocomparator sau stereocomparator (stecometru). Programul se compune din două părți distincte și anume: realizarea benzii de aerotriangulație și, respectiv, compensarea benzii de aerotriangulație.

Prima parte cuprinde trei module-program avînd funcțiile de: orientare relativă, formare a benzii și, respectiv, orientare absolută. A doua parte a programului cuprinde, de asemenea, trei module-program avînd funcțiile de: transformare geometrică prin similitudine, compensare altimetrică și, respectiv, compensare planimetrică.

Unitatea de calcul este modelul stereoscopic independent, căruia i se asociază, opțional, coordonatele centrelor de perspectivă. Aceste coordonate se măsoară la un aparat stereofotogrammetric analogic. Este de menționat că în fiecare unitate de calcul (model stereoscopic independent), pentru realizarea orientării relative se pot folosi alte șase puncte-standard care nu mai apar în continuare.

Compensarea planimetrică și respectiv altimetrică se realizează cu ajutorul unei transformări polinomiale de gradul 1, 2 sau 3, corespunzător cerințelor. Schema bloc a programului AERAN, precum și rezultatele finale ale fiecărei etape de calcul, se prezintă în figura 10.10.

Prelucrarea secvențială a blocurilor de aerotriangulație

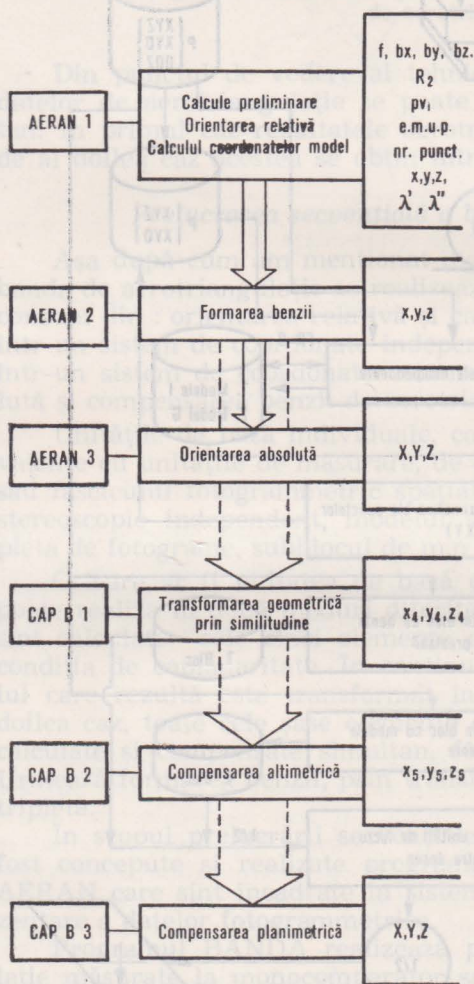


Fig. 10.10. Schema bloc a programului AERAN.

Formarea și compensarea blocurilor de aerotriangulație se poate face în unul din următoarele moduri :

- benzi independente : fiecare bandă este formată și compensată separat, iar discrepanțele dintre benzile adiacente sînt folosite pentru compensarea blocului ;

- benzi asamblate : coordonatele tuturor benzilor sînt reduse la sistemul unei benzi printr-o transformare lineară, pe baza punctelor comune dintre benzile adiacente, urmînd compensarea întregului bloc pe baza punctelor cu coordonate geodezice cunoscute ;

- modele stereoscopice independente : coordonatele tuturor modelelor stereoscopice din bloc sînt reduse la sistemul primului model stereoscopic, după care întregul bloc este compensat pe baza punctelor cu coordonate geodezice cunoscute.

Prelucrarea secvențială pe benzi independente

Această metodă de prelucrare impune, de la început, ca diferențele ΔX , ΔY , ΔZ dintre valorile coordonatelor punctelor corespondente din benzile i și $i+1$ să se încadreze între anumite toleranțe. De asemenea, se impune ca acoperirea longitudinală a fotogramelor să fie de 80%, astfel ca să se poată forma un model de compensare a punctelor după criteriul $X = \text{constant}$. Este necesar să se facă compensarea separat pentru X , Y , Z pentru fiecare linie de puncte, cu $X = \text{constant}$.

Precizia absolută a blocului poate fi îmbunătățită dacă există suficiente puncte de condiție pentru a se putea efectua un calcul polinomial sau să se aplice o corecție grafică de ansamblu.

Prelucrarea secvențială pe benzi asamblate. Această metodă de prelucrare constă din asamblarea benzilor necompensate cu ajutorul punctelor de legătură din zona de acoperire dintre benzi. Această asamblare dă o suprafață distorsionată care poate fi apoi corectată cu ajutorul unei transformări polinomiale.

Este de menționat că precizia acestei metode este mai redusă, atunci cînd acoperirea dintre benzi este mică și nu există puncte de control în zona respectivă. Există diferite procedee de prelucrare secvențială pe benzi asamblate, însă ne vom referi numai la cele care se utilizează în prezent în țara noastră.

Programul BLOCK realizează formarea blocului de aerotriangulație din benzi compensate, în prealabil, în mod independent, precum și compensarea spațială în bloc. Programul funcționează în două variante, o variantă care privește numai compensarea planimetrică și o variantă care realizează, în continuare, și compensarea altimetrică.

Programul CAPB realizează compensarea altimetrică și, respectiv, planimetrică în bloc a benzilor de aerotriangulație. Datele de intrare ale programului CAPB sînt datele finale ale programului AERAN. Coordonatele tuturor punctelor din blocul de aerotriangulație se organizează pe benzi, în ordine : puncte de condiție, puncte de legătură dintre benzi, celelalte puncte. Întregul proces de calcul este iterativ și se bazează pe o soluție directă a unui sistem de ecuații normale pentru toate benzile de aerotriangulație (figura 10.10).

Prelucrarea secvențială pe modele stereoscopice independente

Ideea de bază a acestui procedeu de prelucrare constă în faptul că, în primul rînd, pentru fiecare model stereoscopic trebuie să se obțină orientarea relativă a acestuia pe cale analitică sau analogică. După orientarea absolută a primului model stereoscopic celelalte modele stereoscopice sînt conectate succesiv prin procedee analitice și se formează astfel blocul de aerotriangulație. În final blocul de aerotriangulație este compensat folosind transformarea polinomială.

Caracteristica principală a acestui procedeu este legarea modelelor stereoscopice prin calcul, unitatea de lucru fiind modelul stereoscopic. Conexiunea modelelor stereoscopice se face cu ajutorul punctelor comune, inclusiv și ale centrelor de perspectivă.

Baza matematică a procedurii o constituie ecuația (1) care reprezintă o transformare conformă a unui sistem definit arbitrar al coordonatelor model x, y, z cu ajutorul matricei de rotație M , a factorului de scară K și a translațiilor X_0, Y_0, Z_0 .

Pentru fiecare punct dintr-un model stereoscopic se poate scrie cîte un set de trei ecuații de condiție. Aceste ecuații conțin ca necunoscute cele trei corecții ale coordonatelor modelului stereoscopic și cei șapte parametri de orientare. În plus, pentru fiecare punct cu coordonate geodezice date se va putea scrie cîte o ecuație de condiție prin care coordonatele fotogrammetrice transformate trebuie să fie, practic, egale cu cele date.

Pe baza acestor considerente de mai sus au fost concepute și realizate diverse programe de calcul dintre care cele mai semnificative sînt: PAT-M [1], SPACE-M [22], IM-BLOCK [11].

Dintre acestea, ultimul a fost adoptat și la tehnologiile noastre și se folosește în producția fotogrammetrică. Programul cuprinde două moduri principale de operare și anume: benzi de aerotriangulație și bloc de aerotriangulație. În modul de operare pe benzi, modelele stereoscopice succesive sînt asamblate pe baza punctelor de legătură care există între ele. În modul de operare în bloc de aerotriangulație există, de asemenea, alte trei moduri de operare: avînd ca unitate banda, blocul constituit din două benzi și blocul cu un număr mai mare de benzi.

În modul de lucru în bloc, modelele sînt separate numai printr-o cartelă care listează numărul modelului și numărul de puncte observate din fiecare model. Realizarea blocului de aerotriangulație poate continua în stînga sau în dreapta modelului de început care a fost orientat absolut. De altfel, se recomandă așa-numitul mod de asamblare în L, așa cum se arată în figura 10.11. Acest mod de lucru se recomandă și pentru secționarea blocurilor mari de aerotriangulație în sub-blocuri, prin folosirea unui model de mijloc pentru pornire. Este de menționat, că nu este absolut necesar ca acest model de mijloc (de pornire) să fie orientat absolut.

Programul IM-BLOCK prezintă următoarele caracteristici: poate prelucra blocuri de aerotriangulație cu o mărime maximă de 40×40 modele, cu 25 puncte în fiecare model; orice model din cuprinsul blocului de aerotriangulație care dispune de punctele de condiție pentru orienta-

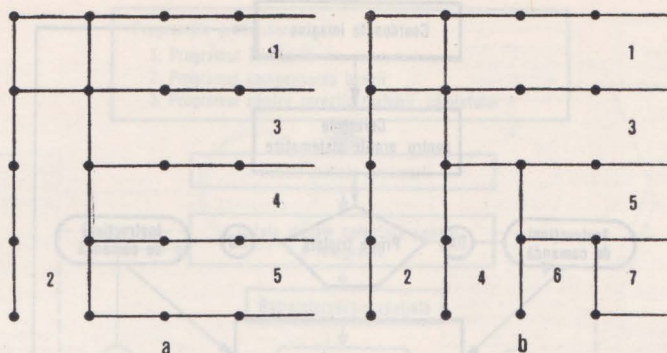


Fig. 10.11. Modul de formare a blocurilor de aerotriangulație : a) acoperire > 50 % ; b) acoperire < 50 %.

rea absolută, poate constitui modelul de pornire ; datele de prelucrare pot fi obținute fie pe cale analitică (măsurători la comparatoare), fie pe cale analogică (măsurători la aparate stereofotogrammetrice de precizie).

Prelucrarea simultană pe benzi de aerotriangulație

Acest mod de prelucrare a datelor de aerotriangulație se bazează pe ecuația de colinearitate (5). Numărul total de ecuații este de două ori mai mare decât numărul punctelor imagine, iar numărul necunoscutelor se stabilește cu relația :

$$N = 6n + 3k \quad (6)$$

unde : n este numărul fotogramelor, iar k este numărul punctelor de trecere. Se obțin astfel sisteme mari de ecuații de condiție care conțin elementele de orientare exterioară a fotogramelor și coordonatele punctelor de legătură.

Pentru rezolvarea sistemului de ecuații al unei benzi de aerotriangulație se iau în considerație toate condițiile de intersecție a razelor omoloage, împreună cu toate condițiile punctelor de control și de trecere care au fost măsurate pe fotograme. Relațiile de calcul pentru formarea benzii pot folosi diverse unități de calcul : modelul simplu, modelul dublu sau triplete de fotograme. Dintre acestea, soluția tripletelor de fotograme este cea mai eficientă.

Soluția tripletelor de fotograme pornește de la ideea că, dacă prima tripletă este formată din fotografiile $(n-1)$, n și $(n+1)$, tripleta următoare este formată din fotografiile n , $(n+1)$ și $(n+2)$, și așa mai departe. Soluția pentru parametri de orientare ai fotografeii din mijloc n din prima tripletă este considerată ca finală și este menținută ca fixă în soluția tripletei care urmează. Aceasta face ca să nu fie necesar un proces de asamblare a tripletelor pentru formarea benzii de aerotriangulație. Schema bloc a procedurii de calcul pentru soluția tripletelor de fotograme este prezentată în figura 10.12.

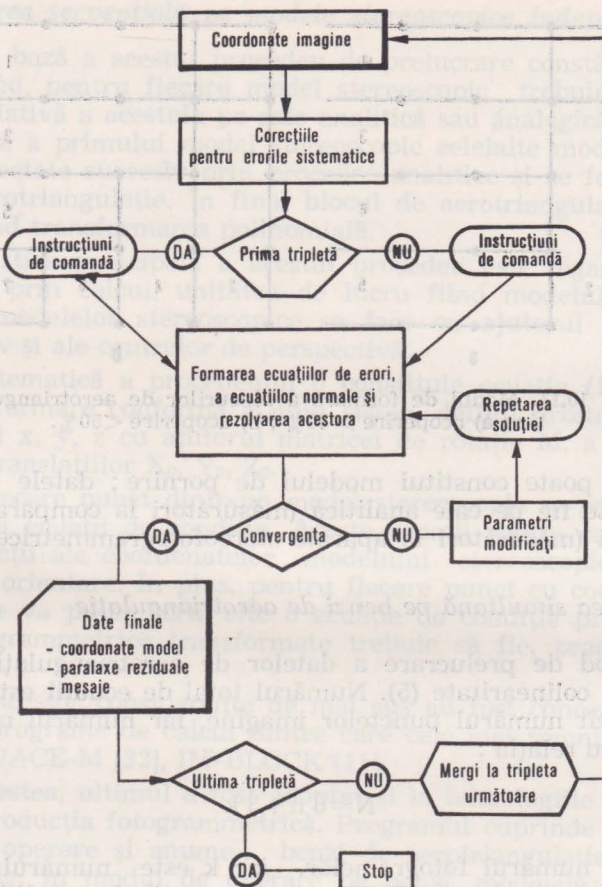


Fig. 10.12. Schema bloc pentru rezolvarea sistemului de ecuații pe triplete de fotograme.

Prelucrarea simultană a blocurilor de aerotriangulație

Modelul matematic al acestui procedeu de prelucrare îl formează ecuațiile de colinearitate scrise pentru fiecare punct imagine din cuprinsul blocului. Din rezolvarea unui set de asemenea ecuații se obțin elementele de orientare exterioară a fiecărei fotograme și coordonatele punctelor de legătură. Metoda aceasta oferă rezultate precise, dar necesită calculator de mare capacitate pentru rezolvarea numărului mare de ecuații, fapt pentru care metoda s-a folosit într-un cadru mai restrâns.

Prelucrarea simultană în bloc se execută pe baza coordonatelor imagine și ale coordonatelor geodezice obținute cu programe preliminare care furnizează date pentru compensarea în bloc, în ideea de a se reduce la minimum numărul de iterații.

În figura 10.13 se prezintă schema bloc pentru prelucrarea simultană a blocurilor de aerotriangulație.

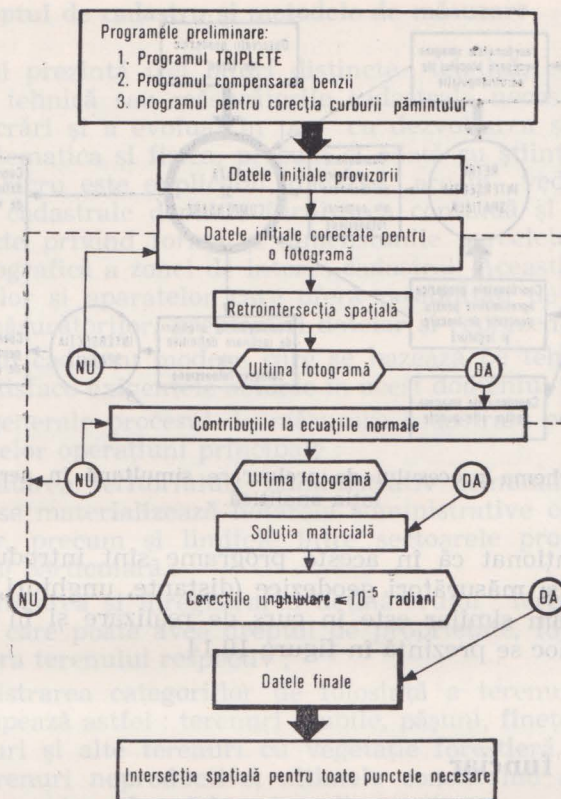


Fig. 10.13. Schema bloc pentru compensarea simultană a blocurilor de aerotriangulație.

Parametrii necunoscuți ai compensării în bloc sînt formați din **corecțiile** aplicate celor șase elemente ale retrointersecției spațiale corespunzătoare fiecărei fotograme, precum și din corecțiile aplicate coordonatelor provizorii (determinate cu programele preliminare).

Ecuațiile de corecție simultană includ toate aceste necunoscute într-o singură soluție matricială. Pe baza datelor definitive ale retrointersecției spațiale se calculează coordonatele geodezice ale celorlalte puncte care **nu** au intrat în compensare prin intersecție spațială.

Programul BLOCK-A prezintă următoarele caracteristici : poate prelucra variante de blocuri de aerotriangulație formate din 20 la 200 fotograme. Blocul poate fi format dintr-o singură bandă, din mai multe benzi, din fotograme luate cu camere diferite și de la diferite înălțimi. Programele preliminare permit detectarea și eliminarea erorilor din date, înainte de a se declanșa compensarea în bloc.

Programul fiind scris în FORTRAN IV facilitează eventualele revizuri și modificări și permite folosirea totală sau parțială de alți utilizatori. Pentru prelucrarea simultană a blocurilor de aerotriangulație sînt de menționat și alte programe, cum ar fi : SAPGO [10], MUSAT [8], RABATS [11].

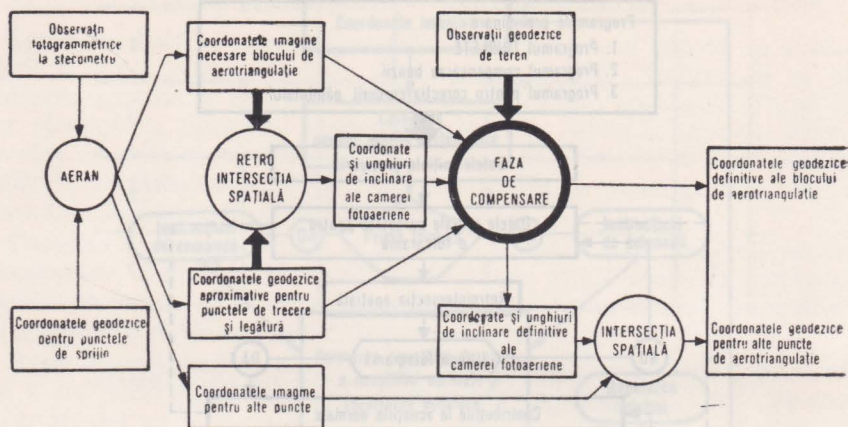


Fig. 10.14. Schema procesului de prelucrare simultană în aerotriangulația analitică.

Este de menționat că în aceste programe sînt introduse în prelucrarea simultană și măsurători geodezice (distanțe, unghiuri, diferențe de nivel). Un program similar este în curs de realizare și în țara noastră, a cărui schemă bloc se prezintă în figura 10.14.

10.3. Cadastru funciar

Scopul și importanța actuală a cadastrului funciar sînt exprimate în definiția sa, conform căreia cadastrul reprezintă ansamblul operațiilor tehnice, economice și juridice întreprinse de stat pentru inventarierea sistematică și permanentă a fondului funciar, cu stabilirea suprafeței, categoriei de folosință, calității și posesorului fiecărei parcele.

Cu toate că, în principiu, funcțiile cadastrului s-au menținut în decursul timpului, semnificația lor a evoluat în funcție de forma de proprietate asupra pămîntului.

Astfel, în cazul proprietății private asupra pămîntului, statul organizează cadastrul funciar, în primul rînd, pentru stabilirea impozitelor, pentru încheierea formalităților de moștenire, vînzare-cumpărare, parcelări, comasări, rectificări de hotare ș.a. În cazul proprietății cooperatiste și de stat, datele și informațiile cadastrale folosesc pentru planificarea și organizarea producției, controlul folosirii terenurilor, cunoașterea evoluției și stabilirea strategiei în politica fondului funciar la nivelul organelor de decizie, organizarea și sistematizarea rurală, precum și în alte scopuri. Obiectul cadastrului funciar îl constituie întreaga suprafață a țării, avînd ca date de bază parcela de teren caracterizată prin formă, dimensiuni și suprafață, ramura de folosință, deținătorul sau proprietarul, calitatea terenului, comuna de care aparține ș.a.

10.3.1. Conceptul de cadastru și metodele de măsurare

Cadastrul prezintă trei laturi distincte : tehnică, economică și juridică. Latura tehnică sau măsurătorile cadastrale necesită cel mai mare volum de lucrări și a evoluat în pas cu dezvoltarea științelor de bază, cum sînt matematica și fizica, precum și odată cu științele tehnice apropiate. Acest lucru este explicabil, dacă se are în vedere faptul că de măsurătorile cadastrale depinde furnizarea continuă și în mod operativ de date exacte privind forma și dimensiunile parcelelor de teren, configurația topografică a zonei de interes cadastral. Aceasta presupune folosirea metodelor și aparatelor care oferă posibilități de automatizare în executarea măsurătorilor, prelucrării datelor și reprezentării grafice.

Numai un cadastru modern care se bazează pe tehnologii automatizate poate satisface exigențele actuale în acest domeniu.

În linii generale procesul de măsurare cadastrală constă în executarea următoarelor operațiuni principale :

- delimitarea teritoriului administrativ comunal, prin care se identifică și se materializează hotarele administrative comunale, limitele intravilanelor, precum și limitele între sectoarele proprietate de stat, cooperatistă și particulară ;

- identificarea și înregistrarea deținătorului terenului pentru fiecare parcelă, care poate avea dreptul de proprietate, folosință sau administrare asupra terenului respectiv ;

- înregistrarea categoriilor de folosință a terenurilor care în cadastru se grupează astfel : terenuri arabile, pășuni, fînețe, vii și pepiniere viticole, păduri și alte terenuri cu vegetație forestieră, terenuri cu ape și stuf și terenuri neproductive, ultimele constituind și sursa funciară principală care se transformă în categorii superioare ;

- măsurarea elementelor configurației de planimetrie și a formelor de relief și prelucrarea datelor necesare redactării planului cadastral și calculul suprafețelor ;

- întocmirea planului cadastral la o scară optimă, care se stabilește în funcție de densitatea detaliilor topografice, de suprafețele minime care trebuie reprezentate și de valoarea economică a terenului ;

- numerotarea cadastrală, care face legătura dintre elementele parcelelor de teren ca suprafață, categorie de folosință, deținător ș.a. care se înscriu în registrele și pe planurile cadastrale ;

- calculul suprafețelor parcelelor, pe ramuri de folosință și deținători, în cadrul fiecărui teritoriu administrativ.

În final se întocmesc registrele cadastrale, care reprezintă documentația scriptică de bază a lucrărilor de cadastru, în care se înscriu toate datele tehnice, economice și juridice cu privire la fondul funciar.

La începuturile sale, cu secole în urmă, cadastrul utiliza procedee geometrice simple de măsurătoare, cu o instrumentație rudimentară. Pe măsura progresului realizat în domenii importante ale științei, precum și în diferite ramuri ale tehnicii, metodele și aparatura de măsurare au evoluat continuu. Astfel, s-a ajuns la metode și aparate topografice moderne de măsurare de unghiuri și distanțe, de înregistrare, stocare și prelucrare a datelor, precum și de întocmire automată a planurilor cadastrale.

Dezvoltarea fotogrammetriei, cu avantajele sale specifice în ceea ce privește randamentul, reducerea volumului de lucrări de teren, posibilitățile de automatizare, reducerea cheltuielilor pe unitatea de produs ș.a. au condus la folosirea acestei tehnici la întocmirea planurilor topografice și apoi în măsurătorile cadastrale.

În prezent preocupările sînt orientate, pe scară largă, pentru utilizarea fotogrammetriei numerice pentru executarea măsurătorilor cadas-

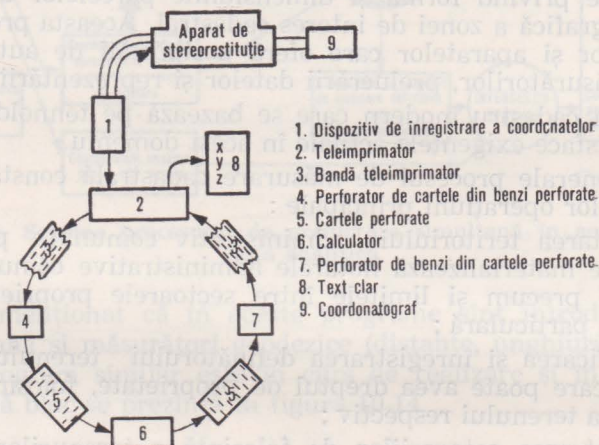


Fig. 10.15. Un proces tehnologic fotogrammetric numeric de întocmire a planurilor cadastrale.

trale. În acest scop se folosesc procese tehnologice care se bazează, în principal, pe un aparat de stereorestituire de mare precizie la care se întocmește planul cadastral și se măsoară coordonate pe suprafața modelului stereoscopic, un dispozitiv anexă pentru înregistrarea acestora și un calculator pentru prelucrarea datelor. Transmiterea datelor măsurate și rezultatele prelucrării se fac prin intermediul benzilor și cartelelor perforate.

În figura 10.15 se prezintă un asemenea proces tehnologic devenit elastic, care realizează modelul stereoscopic și măsurarea coordonatelor la un aparat de stereorestituire de precizie, înregistrarea coordonatelor măsurate concomitent cu întocmirea planurilor cadastrale.

10.3.2. Metodele fotogrammetrice analitice în cadastrul funciar

În cadrul fotogrammetriei numerice se evidențiază folosirea metodelor analitice în scopul întocmirii planurilor cadastrale.

Fazele principale ale unui asemenea proces tehnologic de fotogrammetrie analitică sînt :

- premarcarea punctelor de reperaj și a punctelor care definesc configurația parcellară ;
- executarea aerofotografierii pentru măsurători cadastrale ;

- pregătirea lucrărilor de măsurare, prelucrare și reprezentare a datelor ;
- executarea măsurătorilor pe fotograme la stereocomparator ;
- codificarea datelor și informațiilor cadastrale ;
- prelucrarea datelor pentru orientarea fotogramelor, obținerea coordonatelor punctelor cadastrale și a conținutului planului cadastral ;
- stocarea conținutului planului cadastral într-o bază de date proprie ;
- redactarea planului cadastral la un coordonatograf automat ;
- prelucrări de date cadastrale : calculul suprafețelor, comasări, rectificări de hotare, parcelări, proiectare a sistematizării teritoriului asistată de calculator.

Pentru executarea măsurătorilor fotogrammetrice este necesar ca pe fiecare pereche de fotograme să se asigure 4—5 puncte de reper, care încadrează cât mai bine, conform unei scheme standard, partea lor comună. Aceste puncte de reper pot fi selecționate dintre detaliile topografice reprezentate pe fotograme sau care se marchează pe teren înainte de fotografiere. De asemenea, pentru a se executa măsurători fotogrammetrice în scopuri cadastrale, este necesar ca pe fotograme să mai apară imaginea următoarelor categorii de puncte :

- punctele triangulației geodezice și ale rețelei care pot fi folosite ca puncte de reper în procesul de exploatare fotogrammetrică ;
- punctele care marchează hotarele județelor, municipiilor, comunelor, satelor și intravilanelor acestora ;
- punctele care delimitează proprietățile, parcelele și categoriile de folosință ale acestora ;
- alte categorii de detalii topografice care urmează să fie conținute în planul cadastral.

În procesul de exploatare fotogrammetrică precizia rezultatelor finale ale măsurătorilor și prețul de cost al lucrărilor sînt influențate, în mare măsură, de caracteristicile și calitatea fotogramelor. Din această cauză e necesar ca la proiectarea lucrărilor de aerofotografiere să se aibă în vedere cărui scop folosesc fotogramele, principalele caracteristici ale procesului de exploatare fotogrammetrică, condițiile de precizie, economicitatea lucrărilor ș.a. În cazul măsurătorilor cadastrale este necesar ca pe fotograme să apară imaginea categoriilor de puncte menționate, în condițiile aerofotografierii la o scară care să asigure precizia stabilită și eficiența economică a lucrărilor.

Pentru stabilirea scării optime de aerofotografiere se folosește relația :

$$S_f = C \sqrt{S_p} \quad (7)$$

în care :

C este factorul de economicitate care ia valori în jurul lui 200, în funcție de caracteristicile camerelor aerofotogrammetrice și ale aparatelor fotogrammetrice de măsurare pe fotograme ;

S_f este numitorul scării fotogramelor ;

S_p este numitorul scării planului cadastral.

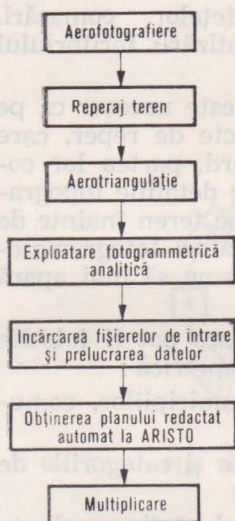
Pentru exploatarea unei perechi de fotograme sînt necesare minim 3 puncte de reper existente pe suprafața stereogramei respective cărora li se determină coordonatele geodezice prin măsurători topografice sau prin aerotriangulație. De asemenea, în același scop se culeg date și informații tematice, în acest caz cadastrale.

Măsurătorile pe fotograme și calculele pentru obținerea coordonatelor geodezice ale punctelor care definesc conținutul planului cadastral, precum și pentru desenarea automată a acestuia se organizează pe unități de lucru, iar în cadrul acestora pe stereograme. Mărimea unităților de lucru se stabilește în principal, în funcție de numărul stereogramelor, de densitatea punctelor care se măsoară și, respectiv, de memoria calculatorului alocată lucrărilor respective.

Folosirea stecometrelor cu coordimetre pentru executarea măsurătorilor fotogrammetrice digitale și înregistrarea automată a datelor, respectiv prelucrarea lor la calculatorul electronic, au constituit premisele automatizării exploatării analitice a fotogramelor în scopuri cadastrale.

Sistemul fotogrammetric automat pentru întocmirea planurilor cadastrale, denumit „SFAIPLAC”, a fost conceput avînd în vedere folosirea aparaturii fotogrammetrice și a echipamentelor electronice de calcul existente în țară și tehnologia utilizată pentru aerotriangulație și exploatare analitică a fotogramelor (fig. 10.16). Sistemul este în măsură să asigure datele de intrare pachetului de programe pentru întocmirea automată a planului cadastral folosind o configurație de cartografiere automată.

Fig. 10.16. Schema fluxului tehnologic de obținere a planului cadastral digital.



Astfel, SFAIPLAC se poate defini ca un sistem care preia datele obținute din măsurătorile fotogrammetrice analitice și informațiile cadastrale, le prelucerează după un algoritm propriu și furnizează toate elementele de conținut ale planului cadastral care se desenează automat.

Pentru desenarea automată a planurilor cadastrale sînt necesare următoarele date de intrare: inventarul de coordonate, descrierea conținutului planului cadastral și coordonatele colțurilor planșelor. Inventarul de coordonate presupune debitarea către pachetul de programe a tuturor punctelor (numerele acestora) cu coordonatele lor, puncte care definesc conținutul unui plan cadastral. În stadiul actual sistemul realizează reprezentarea planimetriei, cu posibilitatea stocării cotelor punctelor și reprezentarea reliefului prin curbe de nivel.

Descrierea de linii este al doilea tip de date de intrare, constituind un element de bază specific sistemului realizat și se elaborează în faza de pregătire a lucrării.

Descrierea codificată a conținutului planului cadastral înseamnă atribuirea aceluiași cod punctelor situate în succesiunea în care acestea urmează să fie unite pentru a reprezenta grafic configurația planimetriei.

Descrierea liniei de unire a punctelor derivă din necesitatea instruirii calculatorului în vederea obținerii programului de desen și totodată prin această descriere, pe baza codurilor introduse, se indică semnificația cartografică a fiecărui element de planimetrie (figura 10.17).

Coordonatele colțurilor planșelor care constituie cel de-al treilea tip de date de intrare se folosesc pentru reprezentarea rețelei cartografice în care se realizează planul cadastral. Întrucât conținutul unui plan cadastral se reprezintă, de regulă, pe mai multe planșe, pachetul de programe oferă posibilitatea selectării punctelor care definesc conținutul fiecărei planșe și realizează totodată intersecțiile diferitelor linii poligonale cu cadrul, cu refacerea automată a poligoanelor pentru calculul suprafețelor în cadrul fiecărei planșe [28]. După selectarea tuturor informațiilor referitoare la fiecare foaie de plan se execută decodificarea acestora și se creează programul de desen efectiv.

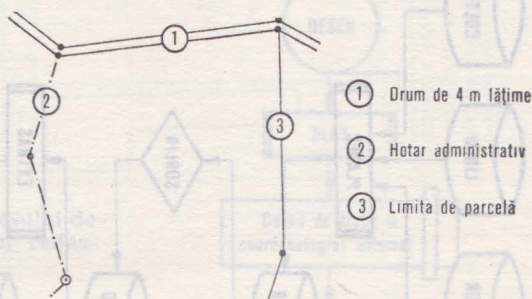


Fig. 10.17. Detaliu dintr-un plan cadastral cu codul fiecărui element reprezentat.

Pentru recunoașterea și redarea elementelor cartografice stocate în fișierele de date, SFAIPLAC folosește un sistem de codificare a conținutului planului cadastral. În vederea eliminării eventualelor erori ale datelor de intrare, sistemul a fost conceput cu programe de listare și întreținere a fișierelor. Algoritmul de creare a programului de desen izează de facilități oferite de configurația de cartografiere automată. Legătura dintre calculatorul I102F care prelucrează datele și calculatorul P.D.P. 11/04 care comandă masa de desen este off-line.

Desenul de probă rezultat, trebuie verificat și corectat, dacă este cazul, iar apoi se execută desenul final, după care originalul de editare urmează tehnologia de reproducere și multiplicare. Sistemul SFAIPLAC a fost prevăzut și cu posibilitatea obținerii, respectiv desenării pe suporturi separate, a elementelor de planimetrie care se reprezintă pe foaia de plan cadastral tipărită, prin diferite culori (negru, albastru ș.a.). În forma actuală a sistemului, problema desenării inscripțiilor privind categoriile de folosință ale terenului a fost tratată similar cu semnele convenționale, iar toponimia și celelalte inscripții se aplică prin digitizare.

Toate programele pachetului sînt structurate și modulate, fapt care permite îmbunătățirea și optimizarea lor în funcție de cerințele viitoare.

În structura sistemului SFAIPLAC se pot distinge trei faze succesive: încărcarea fișierelor, prelucrarea datelor și redarea originalului de editare a planului cadastral. În prima fază se asigură încărcarea fișierului cu date de intrare și totodată verificarea lor. Acest lucru se face cu ajutorul programelor de încărcare, listare și întreținere a fișierelor (figura 10.18).

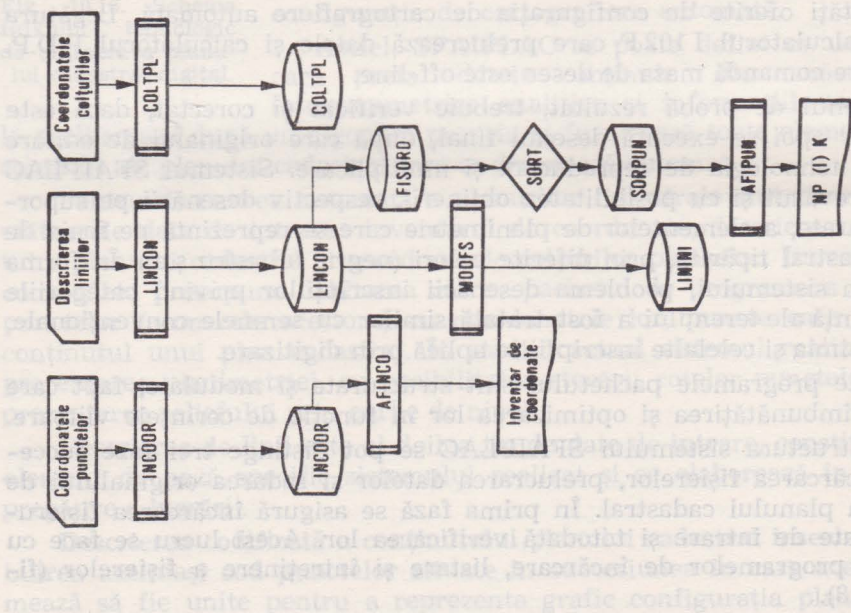


Fig. 10.18. Schema generală de încărcare a fișierelor.

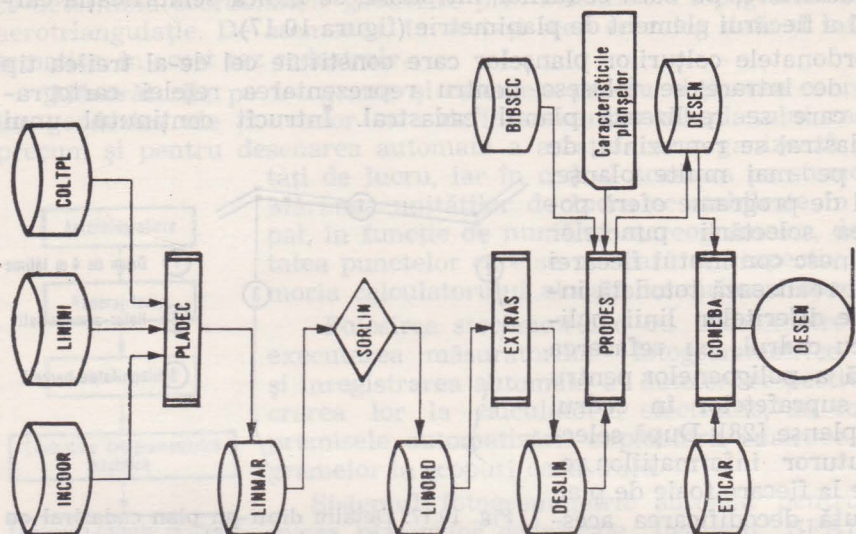
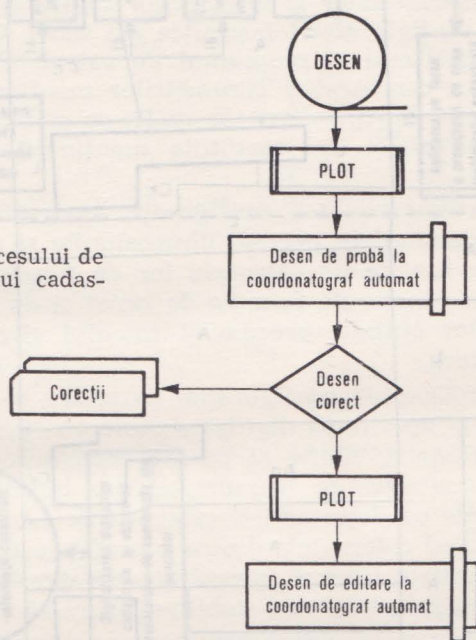


Fig. 10.19. Schema generală de prelucrare a datelor.

Faza de prelucrare a datelor asigură selecționarea conținutului planșei solicitate și crearea fișierului de desen și conversația într-un fișier în cod ASCII pentru a putea fi utilizat calculatorul P.D.P. 11/04 (figura 10.19).

Programul de desen este activat cu ajutorul configurației de cartografiere automată (ARISTO) și cu el se obține originalul de editare a planului cadastral (figura 10.20).

Fig. 10.20. Schema generală a procesului de cartografiere automată a planului cadastral.



În figura 10.21 se prezintă un eșantion de plan cadastral executat conform schemei prezentate.

Așa cum s-a arătat, sistemul SFAIPLAC este conceput să funcționeze în mod special, pe baza procesului de exploatare analitică pentru culegerea datelor de intrare. Pentru mărirea eficienței economice a sistemului și reducerea drastică a greșelilor datorită, în primul rând, perforării cartelelor a fost realizat un sistem interactiv de măsurare fotogrammetrică [32].

Astfel, sistemul interactiv realizat, împreună cu baza de date specializată în stocarea și prelucrarea datelor obținute cu SFAIPLAC și cu biblioteca de semne convenționale, contribuie la realizarea și actualizarea planurilor cadastrale și la stocarea informațiilor necesare prelucrărilor ulterioare.

Avantajele folosirii măsurătorilor fotogrammetrice digitale, ale prelucrării automate a datelor și ale cartografierii automate a planurilor cadastrale, în comparație cu procedeele analogice tradiționale, sînt evidente în faza de valorificare a datelor și informațiilor cadastrale și anume la calculul suprafețelor, comasări, rectificări de hotare și în proiectarea sistematizării teritoriului asistată de calculator.

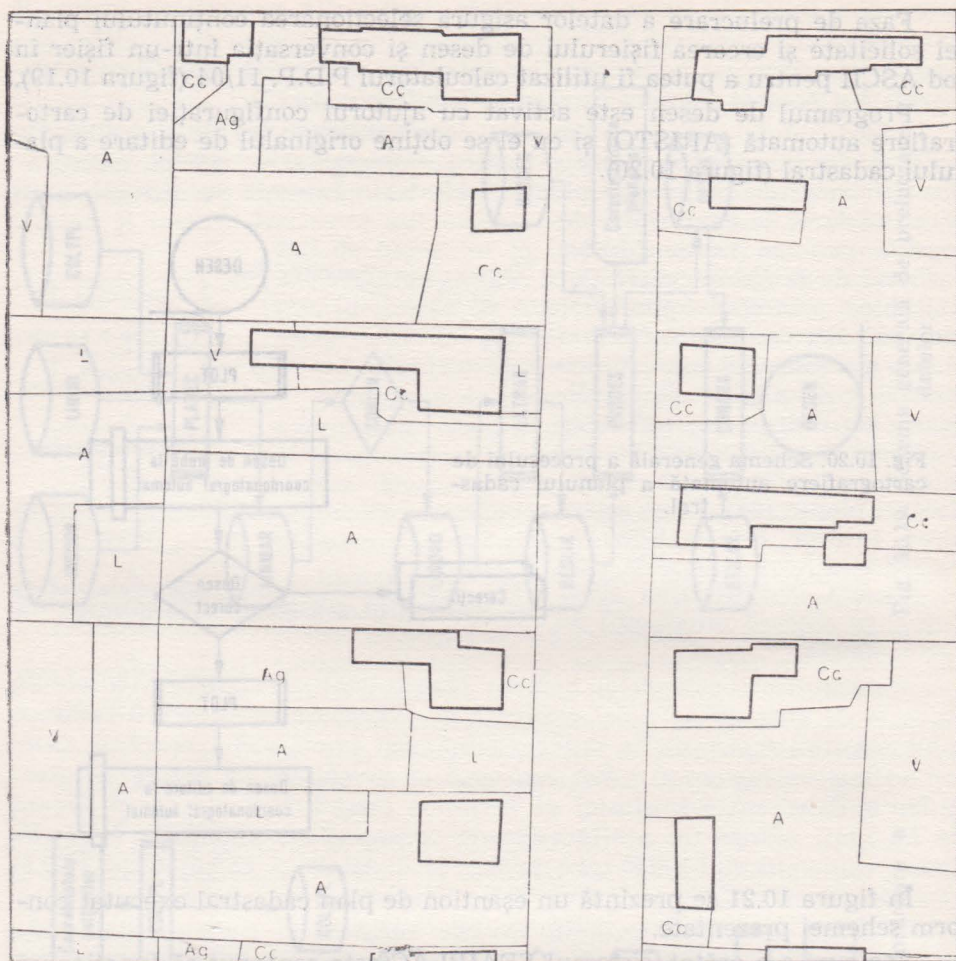


Fig. 10.21. Eșantion de plan cadastral la scara 1 : 2 000.

În figurile 10.22.I, II, III se prezintă schema unui proces tehnologic creat în scopul sistematizării teritoriului pe baza prelucrării datelor și informațiilor cadastrale obținute în procesul tehnologic prezentat. Proiectarea sistematizării teritoriului se referă la un ansamblu de lucrări cadastrale care au drept scop crearea condițiilor de exploatare optimă a fondului funciar în cadrul unor teritorii administrative (județe, comune, sate) și respectiv în unitățile deținătoare de proprietăți funciare (unități agricole de stat, cooperative agricole de producție, unități silvice, gospodării particulare ș.a.).

În cele ce urmează se prezintă succint categoriile de lucrări cadastrale care se realizează prin procesul tehnologic prezentat în figura 10.22.III.

I) Prelucrări pentru pregătirea datelor necesare proiectării sistematizării teritoriului

I Rezultatele măsurărilor cadastrale fotogrammetrice

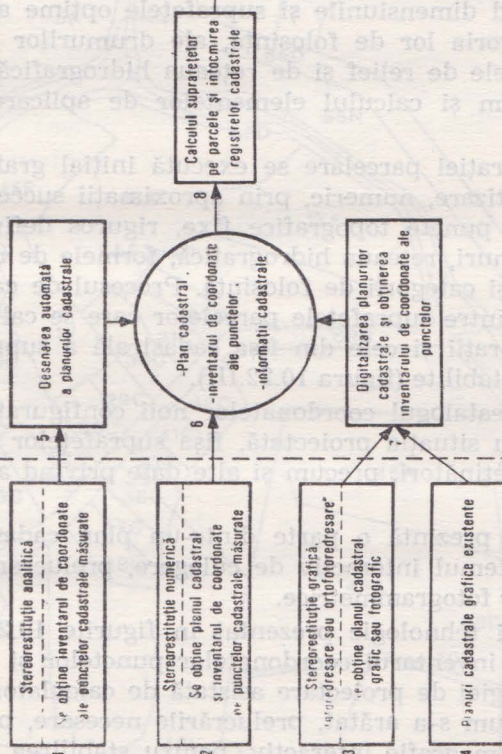
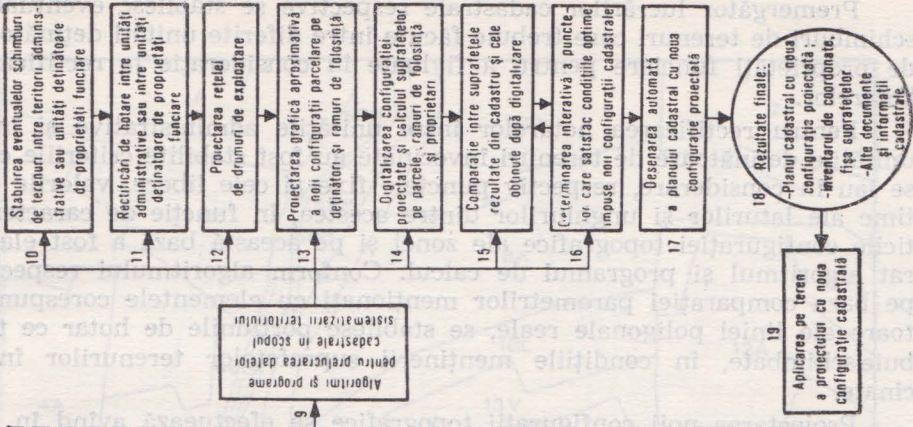


Fig. 10.22. : I) Rezultatele măsurărilor cadastrale fotogrammetrice ; II) Prelucrări pentru pregătirea datelor necesare proiectării sistematizării teritoriului ; III) Proiectarea sistematizării teritoriului.

III) Proiectarea sistematizării teritoriului



Premergător lucrărilor cadastrale respective se stabilesc eventualele schimburi de terenuri care trebuie făcute între diferite unități deținătoare de proprietăți funciare pentru a fi luate în considerație la rectificarea hotarelor.

Pentru rectificarea hotarelor între unitățile administrative și între unitățile deținătoare de terenuri învecinate au fost stabilite criteriile care se iau în considerare, respectiv punctele fixe și cele libere, valorile optime ale laturilor și unghiurilor dintre acestea, în funcție de caracteristicile configurației topografice ale zonei și pe această bază a fost elaborat algoritmul și programul de calcul. Conform algoritmului respectiv, pe baza comparației parametrilor menționați cu elementele corespunzătoare ale liniei poligonale reale, se stabilesc porțiunile de hotar ce trebuie schimbate, în condițiile menținerii suprafețelor terenurilor învecinate.

Proiectarea noii configurații topografice se efectuează având în vedere standardele privind dimensiunile și suprafețele optime ale parcelelor, în funcție de categoria lor de folosință, ale drumurilor de exploatare în funcție de formele de relief și de rețeaua hidrografică, stabilirea traseelor optime, precum și calculul elementelor de aplicare pe teren a acestora.

Proiectarea configurației parcelare se execută inițial grafic, aproximativ și apoi după digitizare, numeric, prin aproximații succesive, având ca parametri, limite și puncte topografice fixe, riguros definite pe teren, noua rețea de drumuri, rețeaua hidrografică, formele de relief și suprafețele pe deținători și categorii de folosință. Procesul de calcul se încheie când diferențele dintre suprafețele parcelelor care se calculează din coordonatele ultimei iterații și cele din fișa cadastrală a suprafețelor se încadrează în toleranțe stabilite (figura 10.22.III).

În final se obțin: catalogul coordonatelor noii configurații topografice, planul cadastral cu situația proiectată, fișa suprafețelor pe parcele, categorii de folosință, deținători, precum și alte date privind aplicarea pe teren a proiectului.

În figura 10.23 se prezintă o parte dintr-un plan cadastral la sc. 1 : 2 000, realizat cu sistemul interactiv de culegere, prelucrare și reprezentare grafică a datelor fotogrammetrice.

Conform procesului tehnologic prezentat în figurile 10.22.I, II, III, având planul cadastral, inventarul coordonatelor punctelor și fișa suprafețelor, pe baza tehnologiei de proiectare asistată de calculator elaborată, au fost efectuate, așa cum s-a arătat, prelucrările necesare, prin aproximații succesive, în sistem grafic interactiv, pentru stabilirea unei configurații parcelare optime, pentru o exploatare eficientă a fondului funciar în zona respectivă.

În figura 10.24 se prezintă noua configurație cadastrală proiectată pentru suprafața de teren reprezentată în figura 10.23.

Pentru comparație, în tabelul 10.1 se prezintă date de sinteză privind situația suprafețelor, pe parcele și categorii de folosință, în vechea și noua situație.

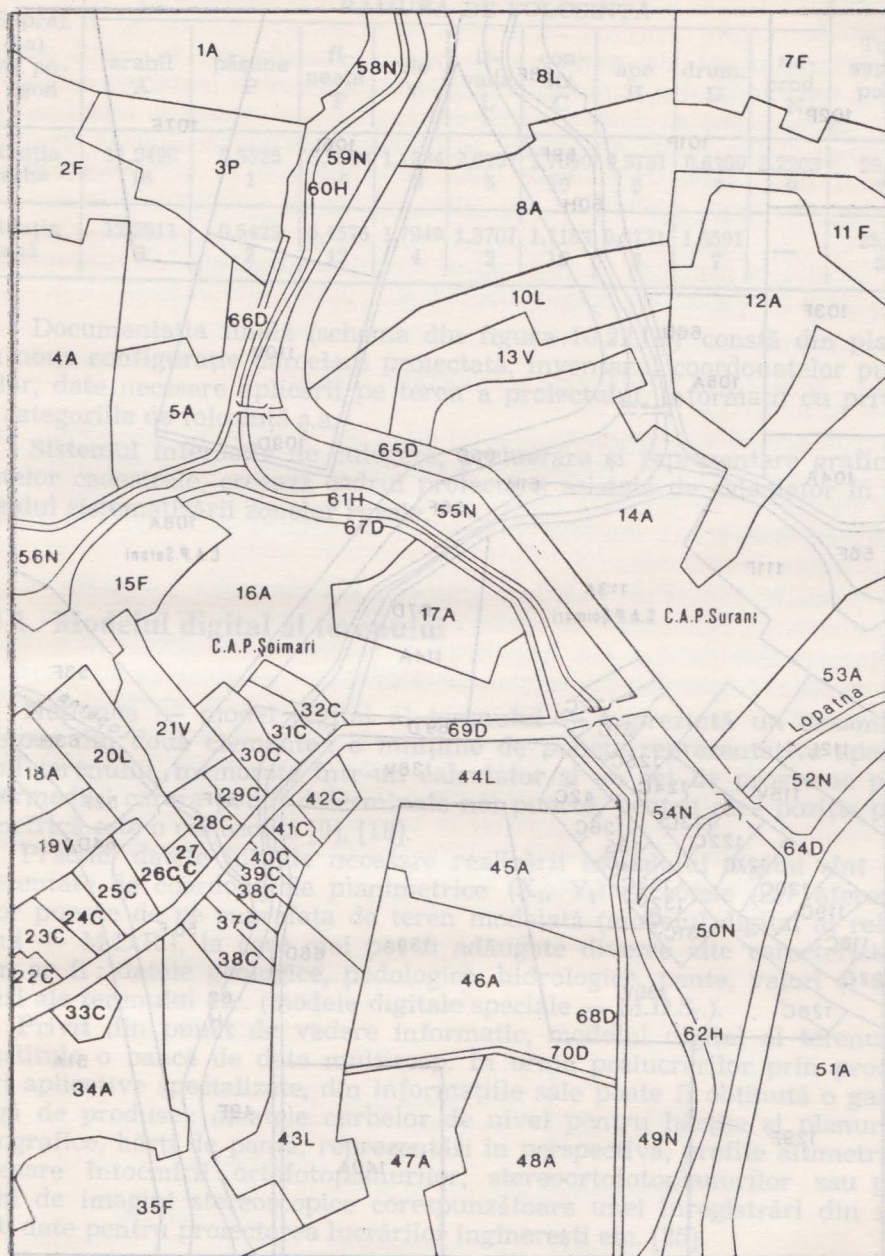


Fig. 10.23. Un eșanțon dintr-un plan cadastral realizat cu sistemul fotogrametric grafic interactiv.

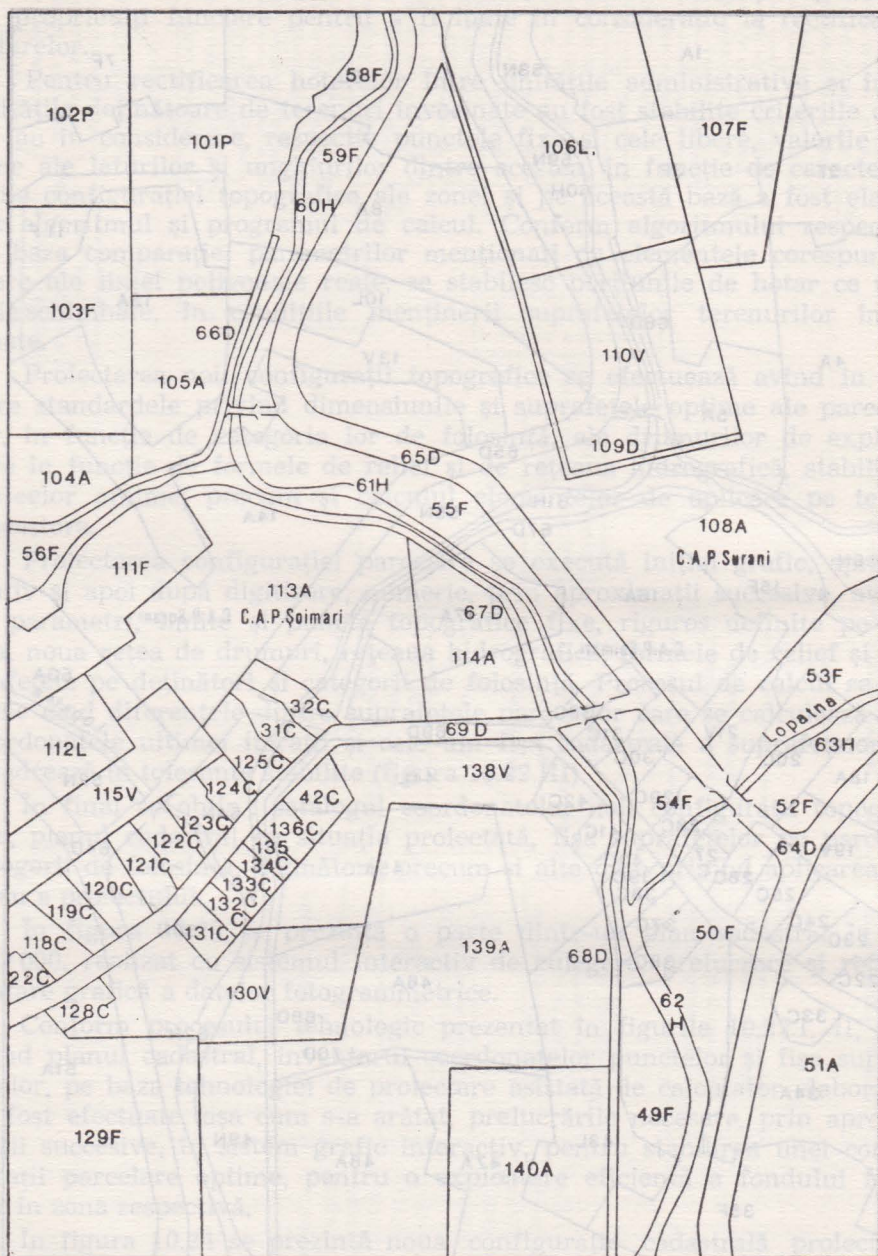


Fig. 10. 24. Noua configurație parcelară reprezentată în figura 10.23, realizată cu ajutorul sistemului fotogrammetric grafic interactiv.

Supraf. (ha) nr. po- ligon	RAMURA DE FOLOSINȚĂ									Total supraf. polig.
	arabil A	pășune P	fi- neată F	vie V	li- vadă L	con- str. C	ape H	drum. D	ne- prod. N	
Situația veche	11,9496 16	0,5325 1	3,3629 5	1,1834 3	2,0257 5	1,7690 19	0,3731 5	0,6209 7	2,2203 9	25,1998 70
Situația nouă	12,2811 8	0,5425 2	5,4575 12	1,7949 4	1,3707 2	1,7183 19	0,3731 5	1,6591 7	—	25,1972 59

Documentația finală (schema din figura 10.22.III) constă din planul cu noua configurație parcellară proiectată, inventarul coordonatelor punctelor, date necesare aplicării pe teren a proiectului, informații cu privire la categoriile de folosință ș.a.

Sistemul interactiv de culegere, prelucrare și reprezentare grafică a datelor cadastrale, creează cadrul proiectării asistată de calculator în domeniul sistematizării zonelor rurale.

10.4. Modelul digital al terenului

Noțiunea — model digital al terenului — reprezintă un ansamblu compus din două elemente : o mulțime de puncte reprezentative aparținând terenului, memorate într-un calculator și un set de programe prin intermediul cărora pot fi determinate noi puncte, pentru care poziția planimetrică este o cunoscută [9], [18].

Practic, datele inițiale necesare realizării modelului digital sînt reprezentate de coordonatele planimetrice (X_i , Y_i) și cotele (Z_i) aferente unor puncte de pe suprafața de teren modelată (modelul digital al reliefului — M.D.R.), la care mai pot fi adăugate diverse alte caracteristici, cum ar fi : datele geologice, pedologice, hidrologice, pante, valori și utilizări ale terenului etc. (modele digitale speciale — M.D.S.).

Privit din punct de vedere informatic, modelul digital al terenului constituie o bancă de date multiscop. În urma prelucrărilor prin proceduri aplicative specializate, din informațiile sale poate fi obținută o gamă largă de produse : oleatele curbilor de nivel pentru hărțile și planurile topografice, hărți de pantă, reprezentări în perspectivă, profile altimetrice necesare întocmirii ortofotoplanurilor, stereoortofotoplanurilor sau perechi de imagini stereoscopice corespunzătoare unei înregistrări din satelit, date pentru proiectarea lucrărilor inginerești etc. [25].

Datele de teren digitale pot fi obținute direct prin folosirea procedeelor topo-geodezice sau indirect prin folosirea tehnicii fotogrammetrice, respectiv o combinație a acestor două metode. Corespunzător celor două procedee menționate s-au formulat două puncte de vedere privind obținerea datelor primare : fie că se culeg puține date referitoare la puncte

caracteristice reprezentative, fie că se culeg cît se poate de multe date, însă referitoare la o rețea regulată de puncte amplasate pe suprafața terenului.

Primul punct de vedere este luat în considerație în cazul procedurilor topo-geodezice, unde dificultățile și cheltuielile materiale sînt deosebit de mari pentru determinarea datelor fiecărui punct de teren, iar pe cel de-al doilea punct de vedere se bazează procedeele folosite în cazul tehnicii fotogrammetrice, unde toate determinările se efectuează în laborator, cu largi posibilități de automatizare și culegerea interactivă a datelor.

În cele ce urmează ne vom referi numai la metodele fotogrammetrice (aspectele hardware ale acestor metode sînt prezentate în paragraful 10.1).

10.4.1. Tehnologia de realizare a modelului digital

Parametrii modelului digital. Înainte de a trece la tehnologia propriu-zisă de realizare a modelului digital este necesar să se definească cîteva parametri ce prezintă importanță în cadrul procesului. Acești parametri se referă la: modelul punctelor, densitatea punctelor, procedeul de culegere.

Modelul punctelor. Poziția planimetrică a punctelor măsurate pentru reprezentarea reliefului formează modelul punctelor. În culegerea fotogrammetrică a datelor pot fi utilizate următoarele modele: curbe de nivel, profile, rețele de puncte, puncte și linii morfologice. În culegerea fotogrammetrică a datelor se folosesc atît curbele de nivel cît și profilele și rețelele de puncte regulate care prezintă cea mai bună structură a fișierelor de date finale. De altfel, rețelele de puncte regulate sau neregulate prezintă un model de culegere a datelor care este obiectiv, simplu de realizat și extrem de adaptabil la procesul de automatizare și de prelucrare ulterioară. Rețelele de puncte pot fi clasificate în regulate, neregulate și semiregulate (figura 10.25).

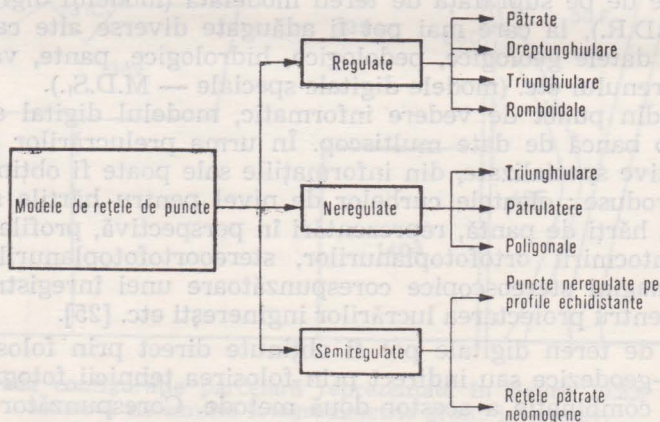


Fig. 10.25. Clasificarea rețelor de puncte.

Densitatea punctelor. Densitatea punctelor se stabilește prin **predeterminare**, compensare continuă sau o combinație a celor două variante.

Dacă densitatea punctelor se determină înaintea procesului de **culegere** a datelor, trebuie să se cunoască caracteristicile reliefului și **precizia** reprezentării. În funcție de acestea se poate determina distanța **dintre** punctele adiacente din lungul curbelor de nivel, profilelor sau pasul **rețelilor** de puncte uniforme, utilizând drept criteriu, de exemplu, **funcția** de transfer.

În cazul compensării continue, densitatea punctelor este adaptată la **caracteristicile** terenului în timpul procesului de culegerea datelor. **Procedura** poate fi obiectivă sau subiectivă. Adaptarea subiectivă este **realizată** de operatorul fotogrammetrist prin analizarea vizuală a modelului **stereoscopic**, interpretarea reliefului și stabilirea punctelor care urmează să fie înregistrate.

Adaptarea obiectivă este realizată secvențial prin măsurarea pe o **rețea** cu pas suficient de mare și în funcție de analiza datelor din rețea. După anumite criterii (echidistanța curbelor de nivel, factorul C etc.) sînt stabilite pozițiile punctelor ce urmează să fie determinate. Procedura se **repetă** pînă la acoperirea întregii suprafețe care va fi reprezentată cu o **rețea** care descrie precis, conform criteriului selectat, configurația reliefului. Această metodă reduce substanțial numărul punctelor măsurate, **fără** a introduce erori de culegerea datelor (eșantionaj).

O combinație între densitatea predeterminată și cea adaptată **reprezintă** o soluție eficientă de culegerea datelor (eșantionaj). De exemplu, **intervalul** dintre profile poate fi predeterminat, în timp ce densitatea **punctelor** în lungul lor se adaptează la caracteristicile terenului.

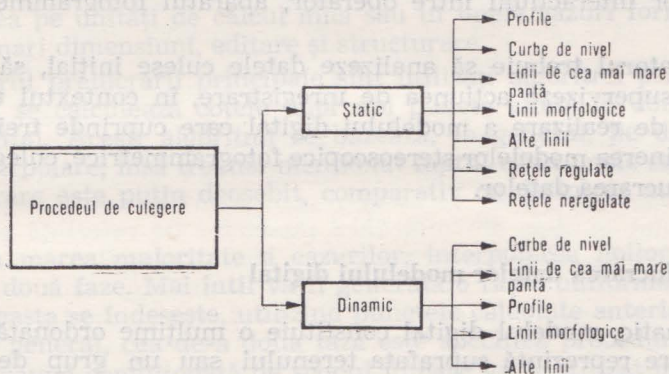


Fig. 10.26. Procedeele de culegere a datelor MDT.

Procedeele de culegere. Se disting două moduri operaționale de **culegere** a datelor : static și dinamic. O clasificare a datelor MDT corespunzătoare celor două procedee se prezintă în figura 10.26.

În modul de culegere static (punct cu punct) aparatul fotogrammetric este poziționat pe fiecare punct selecționat și se înregistrează, în mod

automat, coordonatele sale. Procedul este relativ mai greoi, dar furnizează date foarte exacte și generează puține date redundante.

În modul de culegere dinamic, aparatul fotogrammetric baleiază modelul stereoscopic și, fără a se poziționa pe vreun punct, înregistrează în mod automat coordonatele punctelor stabilite în funcție de intervalul de timp sau de spațiu dat. Procedul este mai rapid, dar mai puțin precis și generează o mare cantitate de date redundante. Ambele procedee sînt independente de modelul punctelor alese.

Realizarea practică a procedeeleor de culegere a datelor MDT (static sau dinamic) se poate face : manual, semiautomat și automat.

Operațiunea de culegere a datelor MDT manuală este relativ greoaie și de lungă durată, dar prezintă avantajul că relieful poate fi analizat și interpretat în mod vizual de către operator. Aceasta permite identificarea caracteristicilor morfologice distincte și astfel selecția relativ subiectivă a punctelor și liniilor cele mai utile.

Operațiunea de culegere a datelor MDT semiautomată este indicată îndeosebi pentru generarea rețelilor regulate sau semiregulate. Operațiunea în sine este relativ rapidă, simplă și obiectivă.

Operațiunea de culegere a datelor MDT automată este rapidă și obiectivă, dar capacitatea sa de adaptare este limitată. Principalul dezavantaj constă în dificultatea de a distinge suprafața solului în cazul zonelor acoperite (de ex. vegetație, clădiri etc.).

Abordarea optimă, în special pentru cazul stereorestituiției la scări mari, este culegerea semiautomată, completată cu extragerea manuală a unor date și informații caracteristice.

Implementarea operațiunii de culegere a datelor implică, evident, realizarea unor interacțiuni între operator, aparatul fotogrammetric și calculator.

Calculatorul trebuie să analizeze datele culese inițial, să le controleze și să supravezeze acțiunea de înregistrare, în contextul unui proces tehnologic de realizare a modelului digital care cuprinde trei faze principale : obținerea modelelor stereoscopice fotogrammetrice, culegerea și respectiv prelucrarea datelor.

10.4.2. Prelucrarea datelor modelului digital

Matematic, modelul digital constituie o mulțime ordonată de puncte discrete care reprezintă suprafața terenului sau un grup de parametri care definesc această suprafață ca o funcție de poziția planimetrică a punctelor.

Înainte de a fi generat un model digital al terenului, datele inițiale rezultate în urma procesului de eșantionaj sînt supuse unor operații de anteprelucrare care au rolul de a le pregăti în codul, formatul și structura cerute de faza principală a prelucrării.

Pentru ca aceste operații să nu conducă la consum excesiv de timp și implicit la preț de cost ridicat, tehnica modelării digitale utilizează în

faza de culegere a informațiilor primare aparate fotogrammetrice dotate cu instalații automate de înregistrare, (EK-22 Wild, coordimetru F sau G etc.). Acestea asigură selecționarea codului și formatului aferent datelor, împreună cu înregistrarea lor pe diferite tipuri de suport (bandă magnetică, bandă perforată, cartele etc.).

Pe lângă transpunerea în cod și format, etapa anteprelucrării include și procedee de compresie pentru structurile dense de puncte de referință obținute, spre exemplu, prin digitizarea semiautomată în flux a curbelor de nivel, a profilelor. Prezintă un grad superior de redundanță, densitatea acestui tip de date poate fi redusă prin gruparea punctelor în intervale, a căror dimensiune se stabilește după anumite criterii (precizie, fidelitate etc.) și apoi se efectuează analiza fiecărui interval. Astfel, dacă pentru punctele măsurate în lungul unui profil se alege ca parametru de determinare a intervalelor dublul erorii de măsurare (2σ), un interval va fi determinat de două puncte care aparțin profilului între care există o diferență de nivel $\Delta h = |2\sigma|$. Toate punctele aflate în acest interval, a căror diferență de nivel Δh_i calculată în raport cu punctul de capăt care aparține intervalului definit ca origine este mai mică decât $|2\sigma|$, vor fi eliminate.

Pentru cazurile în care datele sînt culese din modele stereoscopice orientate numai relativ, etapa anteprelucrării poate include și transformarea în sistemul de referință al coordonatelor teren, operație echivalentă cu orientarea absolută a unui model stereoscopic. Tot în această fază se realizează corecția erorilor sistematice, cum sînt cele datorate distorsiunilor obiectivelor camerelor aerofotogrammetrice, ale filmului pe care au fost înregistrate fotogramele sau cele provenite din erorile instrumentale. În final, grupul operațiilor de anteprelucrare se completează cu procedee de detectarea și eliminarea greșelilor, punerea de acord a datelor, partiționarea pe unități de calcul mici sau în unele cazuri formarea unor unități de mari dimensiuni, editare și structurare.

În cadrul prelucrării principale sînt utilizați algoritmi prin intermediul cărora se calculează cotele unor noi puncte aflate în domeniul modelului digital. Acești algoritmi se bazează, în general, pe diferite metode de interpolare, însă trebuie menționat faptul că în unele cazuri modul lor de operare este puțin deosebit, comparativ cu definirea matematică a interpolării.

Pentru marea majoritate a cazurilor, interpolarea noilor puncte se execută în două faze. Mai întîi va fi generată o rețea uniformă de puncte, iar apoi aceasta se îndesește, utilizînd punctele calculate anterior în structura sa. În general, cea de-a doua fază este specifică procedurilor aplicative și totdeauna condiționată de scopul în care va fi utilizat modelul (generarea curbelor de nivel, calculul volumelor etc.). De asemenea, este de remarcat că metodele de interpretare utilizate în cele două faze pot fi diferite.

Făcînd o scurtă trecere în revistă a metodelor de interpolare utilizate în tehnica modelului digital și începînd cu cele mai simple, acestea cuprind :

— Interpolarea lineară : sînt folosite trei puncte P_1, P_2, P_3 , învecinate, necolineare, pentru care sînt cunoscute cotele (h) și pozițiile pla-

nimetrice (X_i, Y_i). Cu ajutorul lor se determină cota h_p corespunzătoare unui nou punct P, prin definirea unei suprafețe plane :

$$h_p = a_0 + a_1x + a_2y. \quad (8)$$

Coefficienții a_0, a_1, a_2 se calculează utilizînd datele celor trei puncte inițiale, iar coordonatele x, y din (8) definesc poziția punctului P în spațiul de referință ;

— Interpolarea lineară dublă : se aleg patru puncte care determină un dreptunghi. Totodată, cele patru puncte definesc două triunghiuri (figura 10.27), care la rîndul lor conțin noul punct care urmează a fi interpolat.

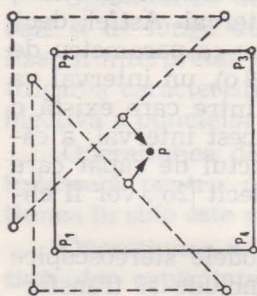


Fig. 10.27. Schema pentru interpolarea lineară dublă.

În fiecare din cele două triunghiuri se execută câte o interpolare lineară conform ecuației (8), în urma căreia vor rezulta pentru punctul P valorile de cotă h'_p, h''_p . Se ia ca valoare finală h_p media aritmetică :

$$h_p = (h'_p + h''_p)/2. \quad (9)$$

— Interpolarea bilineară : în acest caz, patru puncte care definesc un dreptunghi sînt folosite pentru calculul unui polinom bilinear care va permite apoi calculul unei noi valori h_p :

$$h_p = [1 \cdot x] \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ y \end{bmatrix} \quad (10)$$

— Calculul mediei ponderate : pornind de la valorile h_n corespunzătoare unui grup de „n” puncte aflate în vecinătatea punctului P, care urmează să se determine, valoarea sa h_p se deduce din relația :

$$h_p = \sum_{i=1}^n \left(\frac{h_n}{d_i^k} \right) / \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^k} \right) \quad (11)$$

unde d_i este distanța dintre punctul interpolat și punctele de referință, iar k o constantă aleasă în funcție de particularitățile reliefului modelat.

— Metoda suprafeței variabile : pentru interpolarea cotei fiecărui punct nou sînt extrase din mulțimea punctelor de referință „n” puncte dispuse în vecinătatea sa. În procesul de calcul, pentru fiecare punct interpolat este necesară determinarea unei noi suprafețe, care își schimbă forma și orientarea de la un punct la altul, motiv pentru care a fost denumită suprafață variabilă. Cota unui punct nou reprezintă cota poziției suprafeței în acest punct. Suprafața de aproximare folosită este, de obicei, o suprafață de gradul doi :

$$h_p = A + B_y + C_y + D_{x^2} + E_{xy} + F_{y^2}. \quad (12)$$

În vederea determinării unei noi valori de cotă se folosesc coordonatele (X, Y, Z) aferente punctelor de referință învecinate, ecuația corespunzătoare fiecărui punct de referință primind o pondere, care este o funcție monoton descrescătoare de distanța de la punctul de sprijin, respectiv la punctul interpolat.

Coeficienții ecuației suprafeței sînt determinați apoi prin metoda celor mai mici pătrate :

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & \sum x & \sum y & \sum x^2 & \sum xy & \sum y^2 \\ & \sum x^2 & \sum xy & \sum x^3 & \sum x^2y & \sum xy^2 \\ & & \sum y^2 & \sum x^2y & \sum xy^2 & \sum y^3 \\ & & & \sum y^4 & \sum x^3y & \sum x^2y^2 \\ & & & & \sum x^2y^2 & \sum xy^3 \\ & & & & & \sum y^4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum x \\ \sum xz \\ \sum yz \\ \sum x^2z \\ \sum xyz \\ \sum y^2z \end{bmatrix} \quad (13)$$

Alegînd originea sistemului de coordonate în punctul interpolat, cota sa h_p este egală cu A, din calcul urmînd să se determine numai acest parametru.

— Interpolarea lineară prin metoda celor mai mici pătrate : pentru interpolarea unui punct se selectează din mulțimea punctelor de referință un grup de „n” puncte dispuse în vecinătatea sa, între care există un grad suficient de corelație. Cu ajutorul celor „n” puncte se calculează o funcție de regresie :

$$F(xy) = \sum_{i=0}^{j=n} (A_{ij} y^j) \cdot x^i \quad (14)$$

denumită în tehnica modelului digital „funcție de tendință”, deoarece aproximează forma generală a reliefului din zona analizată. Utilizînd funcția de tendință, se calculează noi valori de cotă h'_n pentru toate cele „n” puncte de referință, ale căror cote inițiale h_n au fost măsurate.

Apoi urmează calculul unei funcții de corelație Cor (d, 0), (de obicei aleasă a priori) prin intermediul diferențelor $dh_n = h'_n - h_n$. Funcția de corelație descrie dependența dintre două diferențe dh corespunzătoare la două puncte de sprijin între care există distanța d orientată sub un unghi 0. Practic, dependența de unghiul 0 nu este luată în considerație, astfel că funcția se consideră dependentă numai de distanță. Pentru interpolarea unui punct se calculează o matrice de covarianță :

$$C = \begin{bmatrix} 1 & C(d_{1-2}) & C(d_{1-3}) & C(d_{1-n}) \\ & 1 & C(d_{2-3}) & C(d_{2-n}) \\ & & 1 & \\ & & & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

unde distanțele d_{ij} sînt distanțele dintre punctele de referință. Apoi se definește un vector de covarianță ale cărui elemente sînt reprezentate de covarianța dintre punctul interpolat și cele „n” puncte de referință :

$$c = C(d_{1-p}) \ C(d_{2-p}) \ \dots \ C(d_{n-p}). \quad (16)$$

O nouă cotă se obține cu formula :

$$h_p = F(x, y) + c^T C^{-1} dH \quad (17)$$

unde dH este un vector ale cărui componente sînt reprezentate de diferențele dh, aferente punctelor de sprijin.

În cadrul metodelor de interpolare utilizate la construcția modelelor digitale un loc important îl ocupă metodele care se bazează pe principiul modelării suprafeței terenului, element cu element, punctele de referință fiind eșantionate în rețele dreptunghiulare sau pătratice.

În interiorul fiecărui element de rețea (figura 10.28) se definește un polinom $h=F(x, y)$ care are proprietatea de a se racorda pe limitele elementului cu polinoamele care vor fi definite în elementele vecine.

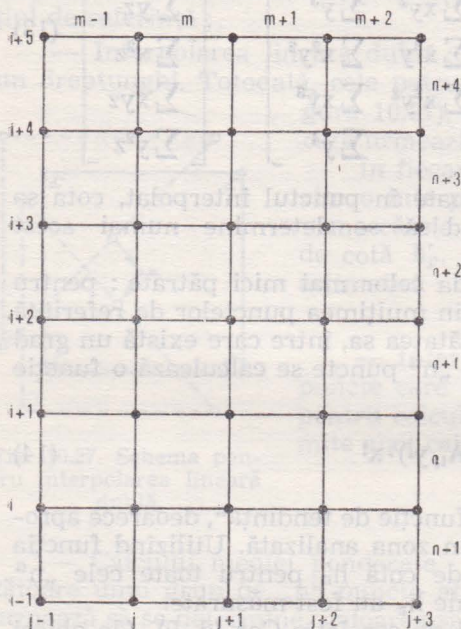


Fig. 10.28. Principiul modelării suprafeței terenului.

Racordarea este obținută prin intermediul cotelor punctelor de referință (h_{ij}), măsurate în rețea și al valorilor derivatelor polinomului (f'_x ; f'_y , $f''y$, ...), calculate în aceste puncte. În principiu, procedura se bazează pe teoria funcțiilor spline și impune continuitatea derivatelor polinomului ales pînă la ordinul $n-1$. Astfel într-un punct P_{ij} sînt impuse condițiile

$$(f_x)_{n,m}^{i,j} = (f'_x)_{n,m+1}^{i,j};$$

$$(f_y)_{n,m}^{i,j} = (f'_y)_{n,m+1}^{i,j}; \dots \quad (18)$$

Acest tip de metode oferă avantajul de a se putea interpola un mare număr de puncte în fiecare element de suprafață, într-un timp de calcul foarte scurt și nu necesită rezervarea unor spații mari din memoria sistemului de calcul pentru operare.

Referitor la elaborarea de algoritmi pentru modelarea suprafeței terenului se poate aprecia că în această privință posibilitățile sînt practic nelimitate, pînă în prezent putînd fi consemnată existența unui număr apreciabil de variante. Construcția lor este condiționată, în primul rînd, de scopul pentru care se generează modelul, un element major fiind luarea în considerație a tuturor caracteristicilor morfologice ale suprafeței terenului (linii de creastă și fire de vale, limite de lacuri și riuri, puncte dominante și linii de frîngere a pantei etc.), în vederea reconstrucției acestuia cu un grad superior de precizie și fidelitate.

10.5. Teledetecția

Teledetecția este definită drept un complex de tehnici care au ca obiect perceperea, înregistrarea și transmiterea de la distanță a informațiilor cu privire la obiecte sau fenomene, de către senzori care acționează în diferite zone ale spectrului electromagnetic, prelucrarea, interpretarea

automată și reprezentarea lor sub formă fotografică, grafică sau numerică, precum și utilizarea rezultatelor în diferite domenii de activitate.

Teledetecția comportă înregistrări spațiale și/sau aeriene în sistem fotografic sau pe bandă magnetică, folosind senzori fotografici, de baleiere în vizibil, în infraroșu, cu microunde, în sistem de televiziune sau radar, precum și înregistrări în zone test. Se deosebesc: teledetecție aeriană și teledetecție spațială, în funcție de mediul în care acționează platforma, respectiv senzorul de înregistrare sau teledetecție asupra Pământului și teledetecție asupra altor corpuri din spațiul cosmic.

Pentru obținerea înregistrărilor de teledetecție se folosesc aparate, sisteme de înregistrare, numite senzori, care acționează așa cum s-a menționat, în diferite zone ale spectrului electromagnetic și pentru transportul cărora se utilizează vehicule aeriene (avioane, elicoptere, baloane) sau spațiale (sateliți, nave spațiale pilotate, stații interplanetare automate) numite platforme.

În prezent teledetecția utilizează, pe lângă înregistrările fotografice din spectrul vizibil și înregistrări fotografice din imediata vecinătate a acestuia, respectiv infraroșul apropiat și ultravioletul apropiat și înregistrări nefotografice pe bandă magnetică. Posibilitățile pe care le oferă înregistrările nefotografice de stocare a informațiilor de prelucrare și interpretare automată și de reprezentare grafică interactivă, duc la concluzia că tendințele de dezvoltare a teledetecției sînt orientate spre utilizarea acestui gen de înregistrări.

10.5.1. Senzori și platforme

Obținerea de informații despre obiectele aflate la distanță, cu privire la starea, forma, dimensiunile, compoziția și temperatura lor, precum și asupra modificărilor acestor caracteristici în timp, se realizează cu ajutorul unor senzori de teledetecție care acționează în diferite domenii spectrale, sesizînd interacțiunea existentă în natură între radiații și corpul sau fenomenul studiat.

Acești senzori sînt amplasați pe platforme mobile sau fixe situate pe sol, în spațiul aerian sau în Cosmos.

Definirea și clasificarea senzorilor. Cîmpurile de forță — cîmpul electromagnetic, sunetul și gravitația — sînt purtătorii de informații despre corpurile aflate la distanță în cadrul acțiunii de detectare și înregistrare a acestor informații, fără a veni în contact cu obiectul.

Semnalele obținute astfel sînt înregistrate de un senzor, care este un dispozitiv sau un instrument ce absoarbe radiații, de regulă electromagnetice și le transformă în mărimi fizice măsurabile, obținînd informații despre obiectul sau fenomenul înregistrat.

Se deosebesc: senzori pasivi, care înregistrează radiația emisă sau reflectată de corpuri (radiație solară, modificările de temperatură) și senzori activi, care înregistrează radiația generată de ei și reflectată de corpuri.

Imaginea obiectelor se poate obține direct, cînd se folosește un senzor fotografic, care constă dintr-o cameră fotografică și film fotosensibil, cu posibilități de înregistrări în domeniul spectral între 0,35—1,20 μm , res-

pectiv pentru zona vizibilă a spectrului electromagnetic, precum și pentru o parte din ultravioleul apropiat și infraroșul apropiat, cu posibilități nelimitate de penetrare, dar acționînd numai la lumina zilei.

Pe un tub vidicon sau orticon — senzor de televiziune — se poate obține o imagine pentru aceeași zonă spectrală și în aceleași condiții de înregistrare, care poate fi reținută în sistem fotografic, pe o peliculă fotosensibilă. În afara zonei spectrale menționate se pot obține înregistrări producînd o succesiune de semnale de radiație dirijate către obiect cu un senzor de baleiere și înregistrînd informațiile transportate de semnalele de răspuns cu ajutorul unor detectori, pe un suport magnetic de depozitare. Zonele de utilizare ale acestor senzori de baleiere sînt determinate de limitele de transmisie spectrală a atmosferei, la $0,3-3,0\ \mu\text{m}$ și respectiv $8-14\ \mu\text{m}$. Pentru înregistrările din zona microundelor, spre exemplu cu un senzor radar, se utilizează antene în locul detectorilor. Înregistrările obținute pe bandă magnetică pot fi convertite în imagine vizuală și reținute pe film fotografic.

În tabelul 10.2 se face o clasificare a senzorilor de teledetecție, în funcție de sistemul și de tipul de înregistrare; se precizează domeniile spectrale de lucru, condițiile de înregistrare, cît și utilizările principale [34].

Definirea senzorilor de teledetecție prin cele patru caracteristici care stabilesc posibilitățile lor de utilizare: domeniu spectral, sensibilitatea în cadrul acestui domeniu, rezoluția radiometrică și fidelitatea geometrică, facilitează clasificarea lor. Gruparea lor se mai poate face în senzori care produc imagine și senzori care nu produc imagine sau în senzori fotografici și nefotografici.

Înregistrările de teledetecție în zone spectrale situate în afara domeniului vizibil, ca și efectuarea lor în benzi spectrale înguste, deși sînt relativ recente, folosirea lor se extinde rapid, odată cu perfecționarea senzorilor utilizați în aceste scopuri.

Tehnicile de teledetecție aeriană sau spațială folosesc, în prezent, în mod curent, senzori fotografici obișnuiți sau multispectrali, senzori de televiziune, senzori de baleiere uni-sau multispectrală și senzori radar.

Posibilitățile de înregistrare în cursul unei zile s-au extins odată cu diversificarea senzorilor: senzorii în infraroșu realizează înregistrări și noaptea, senzorii cu microunde (radar) acționează atît ziua cît și noaptea, precum și în condiții de ceață sau nori, iar senzorii cu ultrasunete (sonar) acționează în mediul subacvatic.

Platforme de teledetecție. Senzorii de teledetecție sînt instalații pe platforme fixe sau mobile, situate pe sol, în spațiul aerian sau în spațiul cosmic. În funcție de locul unde sînt utilizate, platformele sînt terestre, aeriene și spațiale (cosmice).

Platforma terestră facilitează ridicarea unui senzor la înălțimea necesară deasupra solului pentru a putea înregistra radiația electromagnetică provenită de la obiectele situate pe Pămînt. Determinările de pe aceste platforme sînt folosite, de regulă, pentru a corela informațiile provenite din zone test, cu cele globale obținute din spațiul aerian sau cosmic.

Platforma aeriană este un vehicul: avion, elicopter, planor, balon etc. care transportă senzori de teledetecție. La început s-au utilizat baloane în scopul obținerii de fotografii aeriene convenționale. După apariția avioanelor și perfecționarea lor, acestea au fost folosite, pe scară largă,

Categorii de senzori utilizați pentru înregistrări de teledetecție

Tipul de senzor	Sistemul de înregistrare	Sursa de energie	Tipul de înregistrare	Domeniul spectral în care acționează	Condiții de efectuare a înregistrărilor și de utilizare principală
Cameră și emulsie fotografică	Pasiv	Soarele	Alb-negru Color Fals-color Spectrozonol Multispectral	0,35—0,70 μm 0,35—0,70 μm 0,50—1,00 μm 0,35—1,20 μm 0,35—1,20 μm	Ziua fără nori, cu posibilități nelimitate de penetrare; utilizat aerian sau cosmic pentru fotogrammetrie și fotointerpretare.
Cameră de televiziune	Pasiv	Soarele	Alb-negru Color	0,35—0,70 μm 0,35—0,70 μm	Ziua fără nori, cu posibilități nelimitate de penetrare; utilizat pentru înregistrări cosmice și pentru transmiterea la distanță.
Senzor de baleiere	Pasiv	Pământul	Multispectral Termic Cu microunde	0,3—3,0 μm 3—5/8—14 μm 0,1—100 cm	Ziua și noaptea fără nori, cu posibilități nelimitate de penetrare; utilizat pentru înregistrări aeriene și cosmice în scopul clasificărilor tematice și cartărilor termice.
Instalație radar	Activ	Impulsuri cu microunde		0,5—140 cm	Ziua și noaptea cu și fără nori, cu penetrare în limitele 5—20 km; utilizat aerian pentru detectări de obiecte și întocmire de hărți.
Instalație sonar	Activ	Impulsuri cu ultrasunete		1 cm	În mediu acvatic, cu penetrare în limitele 50 m—2 km; utilizat pentru detectări de obiecte subacvatice.

pentru aerofotografierile necesare fotogrammetriei și fotointerpretării aeriene. Primele înregistrări de teledetecție neconvenționale au fost efectuate de pe aceste platforme aeriene care se pot deplasa cu viteze și la înălțimi adecvate și cu posibilitatea de a transporta echipamente complexe de înregistrare. În prezent se folosesc, aproape în exclusivitate, înregistrările aeriene fotografice din avioane, speciale sau amenajate, pentru elaborarea hărților topografice sau tematice. În țara noastră, atât pentru scopurile fotogrammetriei topografice, cât și pentru cele de teledetecție se utilizează avioane adaptate de tipul : BN 2 Islander, AN 2, AN 30 ș.a.

Platforma spațială este un vehicul care se deplasează pe o orbită sau o traiectorie în spațiul cosmic, spre exemplu satelit artificial, navă spațială etc. și transportă diferite echipamente, cum sînt senzori de teledetecție ș.a. Evoluția pe o orbită circumterestră a unei platforme spațiale pentru înregistrări de teledetecție este, de obicei, precedată de patru faze : lansarea și plasarea inițială pe o orbită de așteptare, trecerea pe orbita de transfer, așezarea pe orbita finală și corectarea periodică pentru menținerea pe orbita de lucru, în condiții cît mai apropiate de cele programate. Traectoria unei platforme care evoluează în spațiu este condiționată, atunci cînd intră sub influența forței gravitaționale a unui corp ceresc, de forma neregulată a acestuia și de neuniforma repartitie a maselor din interiorul său. Atmosfera unui asemenea corp frînează și modifică, de asemenea, traiectoria.

Parametrii orbitei circumterestre a unei platforme spațiale sînt : semi-axa mare (a) și excentricitatea elipsei (e), înclinarea orbitei față de ecuatorul terestru (i) ; ascensia dreaptă sau longitudinea nodului ascendent (Ω), care se măsoară față de punctul vernal γ ; argumentul latitudinii

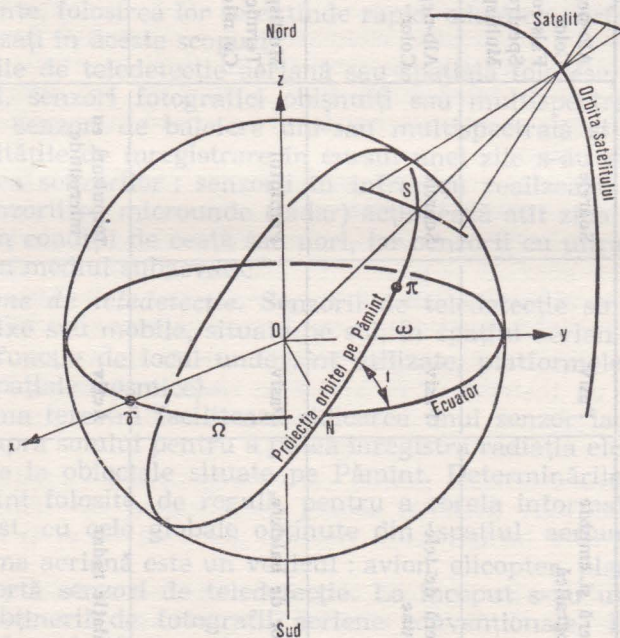


Fig. 10.29. Parametrii unui satelit artificial al Pământului.

perigeului sau distanța de la nod la perigeu (ω) și momentul trecerii la perigeu (T_π). În figura 10.29 se menționează o parte dintre acești parametri. Uneori se mai utilizează și înălțimea satelitului la apogeu și la perigeu.

Un satelit artificial al Pământului poate fi heliosincron (cazul sateliților de teledetecție Landsat), geosincron (staționar deasupra ecuatorului, deplasându-se cu viteza de rotație a Pământului, cazul sateliților meteorologici SMS, Meteosat, ca și a celor de telecomunicații) sau pe o orbită oarecare. Principala misiune a platformelor spațiale este să poarte echipamente care să efectueze măsurători, determinări, înregistrări de imagini și instalații pentru transmiterea informațiilor la stațiile de recepție de pe Pământ. Se menționează o parte din platformele spațiale echipate cu senzori de teledetecție: sateliți artificiali ai Pământului, TIROS, Nimbus, ESSA, ATS, NOAA, SMS, Landsat, Seasat (S.U.A.), Meteor, Cosmos (U.R.S.S.) și Meteosat (al Agenției Spațiale Europene); navele circumterestre cu cosmonauți la bord Voshod, Soiuz, Saliut (sovietice) și Mercury, Gemini, Apollo, Skylab (americane); navele spațiale interplanetare automate Luna, Zond, Marte, Venus (sovietice) și Ranger, Surveyor, Lunar Orbiter, Mariner, Pioneer, Viking, Voyager (americane) ș.a. S-au construit noi și variate generații de platforme purtătoare de senzori de teledetecție, perfecționați și aceștia de la o misiune spațială la alta [34].

10.5.2. Înregistrări și prelucrări

Înregistrările obținute de la distanță, specifice teledetecției, prezintă următoarele caracteristici: înglobează suprafețe întinse și surprind caracteristici de ansamblu, uneori nesesizabile cu alte mijloace; furnizează informații din zone greu accesibile sau inaccesibile; se pot efectua, în funcție de senzor, în orice perioadă a anului sau zilei; pot evidenția caracteristicile specifice ale orbitelor sau fenomenelor de studiat; se pot obține cu repetabilitate mare, deci se pot sesiza fenomene cu evoluție rapidă în timp; informațiile sînt omogene pentru întreaga suprafață; informațiile sub formă numerică pot fi preluate și interpretate automat și pot fi realizate operativ selecționări și clasificări tematice; se pot obține date pentru suprafețe mari în timp real.

Înregistrările de teledetecție sînt realizate corespunzător cerințelor, în diferite zone ale spectrului electromagnetic (ultraviolet, vizibil, infraroșu, microunde) din spațiul aerian, extraatmosferic și interplanetar, sub diferite forme: în sistem fotografic convențional (alb-negru sau color) și neconvențional (spectrozonal, fals-color sau multispectral); în sistem de televiziune, cu afișare pe ecranul unui tub cu raze catodice (display); în sistem digital, pe bandă magnetică.

Prelucrări analogice și digitale. După cum s-a menționat, înregistrările de teledetecție aérospațială se pot obține sub trei forme: imagine vizuală reținută pe un material fotosensibil, imagine vizuală produsă pe ecranul unui tub catodic (display) și „imagine” digitală reținută pe un suport magnetic (bandă magnetică). Prelucrările primare sînt specifice tipului de înregistrare.

Imaginile fotografice, convenționale sau neconvenționale, comportă prelucrările caracteristice materialului fotosensibil pentru alb-negru, color

sau fals-color. Informațiile înregistrate de imaginile fotografice se pun în valoare prin reproduceri, mărimi, micșorări, fotoasamblaje, redresare-restituție, fotoplanuri și ftohărți, stereorestituție, măsurători densitometrice etc., precum și prin digitizare și transformare în înregistrare pe bandă magnetică, cu posibilitățile ei de prelucrare-interpretare automată. În acest scop se folosesc, cu precădere, mijloacele tehnice fotogrammetrice ca : aparate de copiere fotografică, de mărire-micșorare, fotoredresatoare, stereoscoape, aparate de restituție analogică sau analitică etc., precum și echipamente specifice teledetecției ca : interpretoscoape, densitometre, sintetizatoare pentru color-compus ș.a.

Prelucrările și interpretările fotogrammetrice evidențiază, în primul rând, calitățile metrice și stereoscopice ale imaginilor fotografice obținute în spațiul aerian sau cosmic, iar fotointerpretarea valorifică informațiile tematice ale acestor imagini și dacă aceasta este completată cu prelucrări spectrozonale sau multispectrale, calitatea și cantitatea informațiilor tematice crește.

În țara noastră aparatura fotogrammetrică existentă se folosește parțial și pentru prelucrări analogice de teledetecție aeriană și spațială. Institutul de Geodezie, Fotogrammetrie, Cartografie și Organizarea Teritoriului execută toate prelucrările fotografice primare, cât și unele prelucrări specifice de teledetecție. Au fost elaborate, ca rezultat al cercetărilor, metodologii de preluare aeriană color și infraroșu alb-negru și color, precum și de prelucrare, de realizare a imaginilor color-compus fotografic și poligrafic, a fotoasamblajelor cu imagini din satelit ș.a.

Imaginile de televiziune se pot obține fotografic, în alb-negru și color, pe un suport fotosensibil și pot fi utilizate, în continuare, ca cele fotografice, reținându-se doar că rezoluția acestor înregistrări este mai scăzută și deformațiile marginale mari.

Înregistrările pe bandă magnetică, rezultate direct prin acțiunea unui senzor de baleiere, uni-sau multispectrală, ca de altfel și cele de altă proveniență (fotografică cu conversie analog-digitală, de televiziune, radar) se pretează la lucrări automate ca : corectări-calibrări geometrice și radiometrice, întăriri, precum și la interpretări automate ca : clasificări și selecționări tematice cu ajutorul calculatorului electronic, mărimi-reduceri și reprezentări grafice la coordonatografe automate. Înregistrările digitale convenționale sau rezultate din clasificări — selecționări tematice, se pot supune unui proces de conversie digital-analog, obținându-se imagini în alb-negru sau fals-color.

Configurația unui sistem de prelucrare automată a datelor digitale de teledetecție se prezintă în figura 10.30.

Acest sistem de prelucrare, elaborat de General Electric și denumit Image 270, poate utiliza înregistrări multispectrale din satelit, spre exemplu ale sateliților Landsat, pe bandă compatibilă cu calculatorul (CCT), ca și înregistrările senzorului de baleiere multispectrală Daedalus, pe bandă de înaltă densitate, prin intermediul unui echipament de interfatare cu calculatorul PDP 11/70. Vizualizarea se poate obține alfanumeric la o consolă, la un display de analiza imaginii sau la un echipament de conversie digital-analog, spre exemplu Optronics C 4500, cu înregistrare alb-negru sau fals-color pe film. În cele ce urmează se prezintă un sistem de prelucrare automată a datelor multispectrale de teledetecție elaborat

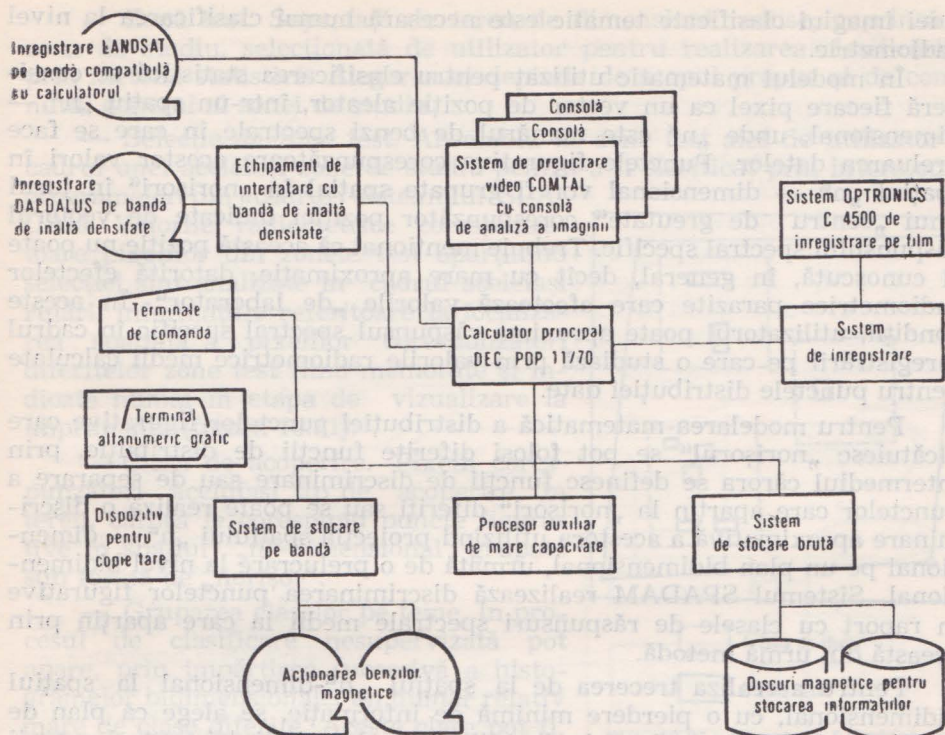


Fig. 10.30. Configurația sistemului de prelucrare a datelor de teledetecție G. E. Image 270.

de Institutul de Geodezie, Fotogrammetrie, Cartografie și Organizarea Teritoriului numit SPADAM [36].

Sistemul SPADAM reprezintă un ansamblu hard și soft, specializat pentru prelucrarea datelor multispectrale de teledetecție în vederea extragerii de informații tematice și de prezentare a acestora sub forma unor produse cartografice, eventual corectate geometric. Software-ul sistemului SPADAM este compus din pachetul de programe care alcătuiește software-ul de bază, specializat în prelucrarea statistică a datelor multispectrale de teledetecție în vederea clasificării nesupervizate a acestora și din pachetele de programe care alcătuiesc software-ul auxiliar al sistemului, specializat pentru operațiile de cartografiere automată și pentru corectarea geometrică a acestor reprezentări.

Principiile clasificării datelor multispectrale folosite la dezvoltarea software-ului SPADAM. Fiecare pixel este definit prin coordonatele sale x și y în planul imaginii unispectrale pe suport fotografic, respectiv prin poziția pe suportul magnetic a setului de valori radiometrice care alcătuiesc răspunsul spectral specific al tipului de acoperire corespunzător. Întrucât cunoașterea poziției de înregistrare pe suportul magnetic a acestor valori radiometrice asigură „clasificarea” pixelilor din punct de vedere geometric, pentru obținerea

unei imagini clasificate tematic este necesară numai clasificarea la nivel radiometric.

În modelul matematic utilizat pentru clasificarea statistică se consideră fiecare pixel ca un vector de poziție aleator, într-un spațiu „ n ” — dimensional, unde „ n ” este numărul de benzi spectrale în care se face preluarea datelor. Punctele figurative corespunzătoare acestor valori în spațiul „ n ” — dimensional vor fi grupate spațial în „norișori” în jurul unui „centru de greutate” corespunzător poziției indicate de vectorul răspunsului spectral specific. Trebuie menționat că această poziție nu poate fi cunoscută, în general, decât cu mare aproximație, datorită efectelor radiometrice parazite care afectează valorile „de laborator”. În aceste condiții, utilizatorul poate aproxima răspunsul spectral specific în cadrul înregistrării pe care o studiază prin valorile radiometrice medii calculate pentru punctele distribuției date.

Pentru modelarea matematică a distribuției punctelor figurative care alcătuiesc „norișorul” se pot folosi diferite funcții de distribuție, prin intermediul cărora se definesc funcții de discriminare sau de separare a punctelor care aparțin la „norișori” diferiți sau se poate realiza o discriminare aproximativă a acestora utilizând proiecția spațiului „ n ” — dimensional pe un plan bidimensional, urmată de o prelucrare la nivel bidimensional. Sistemul SPADAM realizează discriminarea punctelor figurative în raport cu clasele de răspunsuri spectrale medii la care aparțin prin această din urmă metodă.

Pentru a realiza trecerea de la spațiul „ n ”-dimensional la spațiul bidimensional, cu o pierdere minimă de informație, se alege ca plan de proiecție planul determinat de direcțiile date de primii doi vectori proprii ai matricei de covarianță, calculată pentru toate punctele distribuțiilor (pentru răspunsurile spectrale ale tuturor pixelilor). În acest plan este cuprinsă informația maximă care se poate extrage prin acest procedeu al proiecției pe planul bidimensional, metoda fiind cu atât mai eficientă cu cât valorile proprii corespunzătoare acestor vectori scad mai rapid. Algoritmul de bază al software-ului SPADAM prevede utilizarea iterativă a metodei componentei principale menționată mai sus, la fiecare iterație analiza statistică fiind făcută separat pentru fiecare dintre grupările de puncte determinate la iterația anterioară. Analiza histogramei bidimensionale corespunzătoare planului componentelor principale 1 și 2 este realizată de utilizator, folosind vizualizarea acestuia, realizată la imprimantă.

Algoritmul de prelucrare statistică adoptat în cadrul software-ului de bază al sistemului SPADAM. Pentru înțelegerea mecanismului de prelucrare a datelor multispectrale prin intermediul sistemului SPADAM este necesară definirea (explicarea) unor noțiuni introduse în lucrare, după cum urmează [38] :

— Zonă de studiu. Suprafața de teren care urmează a fi analizată pentru identificarea conținutului tematic al acoperirii sale. Este zona de teren care prezintă interes pentru utilizator, fiind aleasă de aceasta în conformitate cu programul propriu de cercetare. Sistemul SPADAM permite gestionarea a 100 zone de studiu diferite, identificate prin numere de ordine de la 00 la 99, numărul de ordine al zonei fiind valoarea dată identificatorului I din cartelele de date.

— Zonă test. Suprafață de teren de dimensiuni reduse, cuprinsă în zona de studiu, selecționată de utilizator pentru realizarea clasificărilor prin metoda statistică. Alegerea ei depinde de scopul propus și de conținutul general al zonei de studiu.

— Selecție de zone test. Ansamblu de zone test ales de utilizator în cadrul unei aceleiași zone de studiu pentru a fi clasificat prin intermediul programelor din cadrul sistemului SPADAM. Valorile radiometrice corespunzătoare pixelilor din zonele test aparținând selecției sînt analizate în cadrul aceleiași rîlări, informațiile referitoare la localizarea spațială a pixelilor corespunzători diferitelor zone test fiind memorate și indicate numai în etapa de vizualizare la imprimantă (figura 10.31).

— Clasa de acoperire. Pixelii corespunzători aceluiași tip de acoperire în teren, cărora le corespund puncte figurative în spațiul „n”-dimensional grupate sub formă de „norișor”.

— Gruparea claselor pe teme. În procesul de clasificare nesupervizată pot apare, prin împărțirea succesivă a histogramelor bidimensionale, un număr relativ mare de clase diferite. Aceste clase pot fi, ulterior, grupate pe teme, o temă fiind formată din una sau mai multe clase care corespund în teren la tipuri de acoperiri asemănătoare.

— Tematică. Ansamblu de clase distincte sau de teme, care permit evidențierea unui număr redus de tipuri de acoperire, tipuri tematice care alcătuiesc scopul cercetării.

Algoritmul de prelucrare statistică a valorilor radiometrice corespunzătoare pixelilor selecției de zone test este următorul [36] :

— calculul valorii medii, a dispersiilor și a covarianței pentru populația de pixeli introdusă în calcul ;

— calculul vectorilor proprii și a valorilor proprii ;

— calculul matricei de transformare a coordonatelor ;

— transformarea coordonatelor în spațiul „n”-dimensional corespunzător sistemului de axe determinat de vectorii proprii ;

— sortarea pixelilor, în ordine descrescătoare a răspunsurilor radiometrice transformate, după cheile corespunzătoare primei și celei de a doua valori radiometrice (realizarea histogramei bidimensionale în planul primei și a celei de a doua componente principale) ;

— vizualizarea la imprimantă a histogramei bidimensionale realizate, precum și a zonelor test clasificate ;

— analiza histogramei bidimensionale, separarea claselor la prima iterație și pregătirea iterației următoare ;

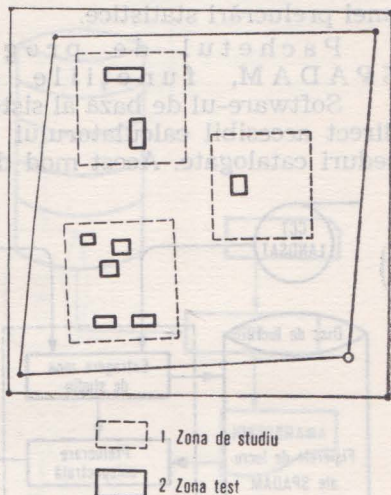


Fig. 10.31. Imagine Landsat uni-spectrală pe suport fotografic pe care sînt marcate zone de studiu și zone test.

— proces iterativ constînd din reluarea etapelor descrise la prima iterație, analiza statistică făcîndu-se însă separat pentru populațiile fiecăreia dintre clasele identificate la iterația anterioară.

Procesul este considerat terminat atunci cînd prin analiza vizualizărilor zonelor test clasificate se consideră că alte iterații suplimentare nu mai pot îmbunătăți substanțial clasificarea sau cînd numărul de pixeli corespunzător fiecărei clase este prea mic pentru a se mai preta unei prelucrări statistice.

Pachetul de programe de bază al sistemului SPADAM, funcțiile și utilizarea lui (figura 10.32).

Software-ul de bază al sistemului SPADAM este bibliotecat în format direct accesibil calculatorului și este apelat prin intermediul unor proceduri catalogate. Acest mod de organizare corespunde, în cea mai mare

măsură, cerințelor impuse de accesul la programe al unui utilizator nespecializat în prelucrările la calculator. Numele de apel al procedurilor și funcțiilor programelor pe care acestea le apelează sînt:

Procedura CIBALAN apelează două programe — programul CITIBB și programul OMODAT. Programul CITIBB selectează din banda magnetică Landsat fragmentul de înregistrare corespunzător zonei de studiu și rescrie aceste date într-un fișier gestionat de sistemul SPADAM, într-un format corespunzător prelucrării lor ulterioare prin programe Fortran. Programul OMODAT realizează o omogenizare a datelor prin intermediul unui algoritm de corectare a efectului de dungare, determinat de deosebirile dintre detectorii sistemului de prelucrare multispectral. Trebuie menționat că

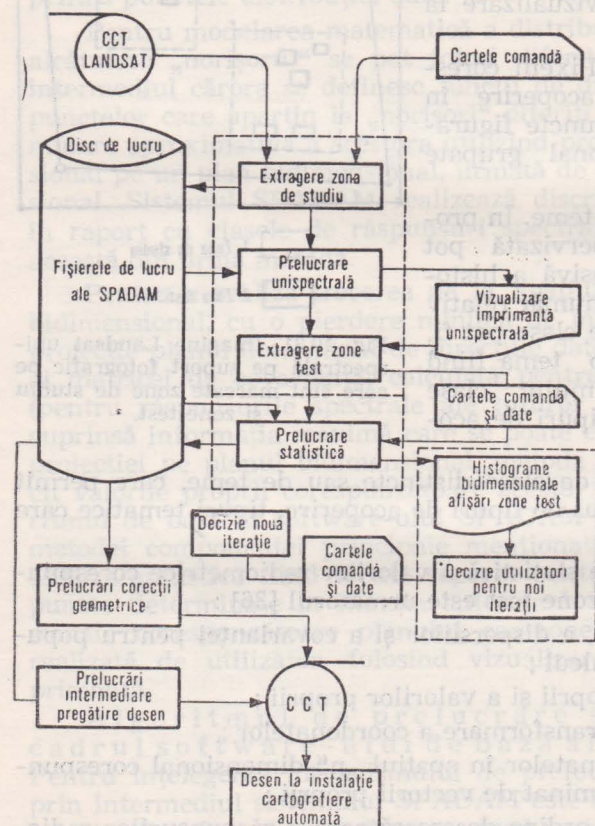


Fig. 10.32. Schema bloc a sistemului SPADAM.

singurul program din sistemul SPADAM, specializat pentru înregistrările Landsat, este programul CITIBB. Toate celelalte programe pot fi utilizate pentru prelucrarea datelor multispectrale digitale, indiferent de natura lor și de numărul de canale de prelucrare, întrucît numărul acestora apare ca un parametru de intrare (figura 10.33).

Programul HISTOG realizează histograme separate pentru fiecare bandă spectrală, pentru pixelii aparținând întregii zone de studiu. Pe baza acestor histograme se poate realiza automat sau supervizat de utilizator, o vizualizare la imprimantă a întregii zone de studiu printr-un algoritm de întărire a contrastului și folosind la afișare 16 tonuri de gri (figura 10.34).

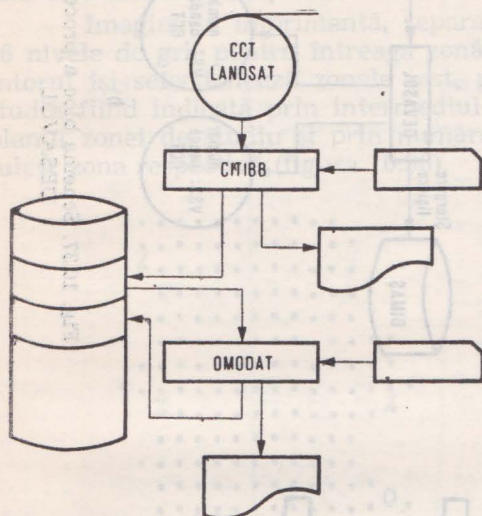


Fig. 10.33. Schema bloc de extragere a zonei de studiu.

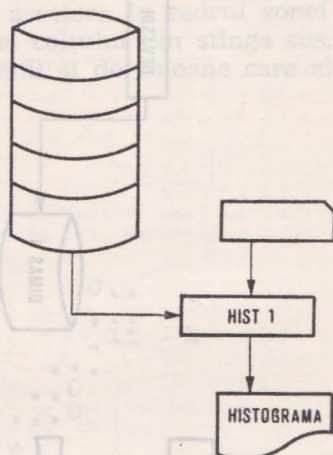


Fig. 10.34. Schema bloc de realizare a histogramelor unispectrale.

Procedura ALLINIP este o procedură care apelează programele utilitare ale firmei prin intermediul cărora sistemul SPADAM asigură gestionarea diverselor fișiere de lucru (figura 10.35).

Procedura SCFVASS apelează programele prin intermediul cărora se realizează un pas al iterației corespunzătoare clasificării statistice. Prin intermediul cartelelor de comandă ale procedurii se pot apela diferite programe din pachetul corespunzător acesteia, în funcție de solicitări. Astfel, rularea întregului pachet este efectuată numai la prima iterație. Iterațiile următoare utilizează, în mod normal, numai o parte a lanțului de programe. Apelarea unor programe specializate, pentru afișarea zonelor test clasificate în diferite combinații de teme sau clase de acoperire, precum și apelarea programelor de vizualizare a histogramelor bidimensionale se face prin intermediul unor puncte de intrare alese prin intermediul cartelelor de comandă (figura 10.36).

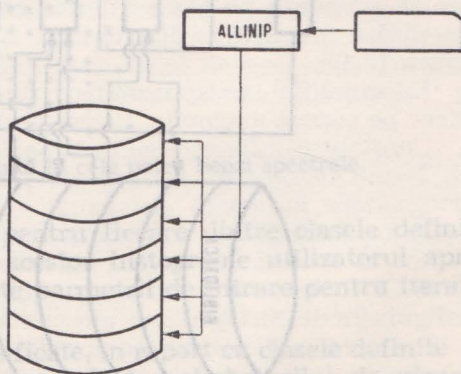


Fig. 10.35. Schema bloc a procedurii ALLINIP.

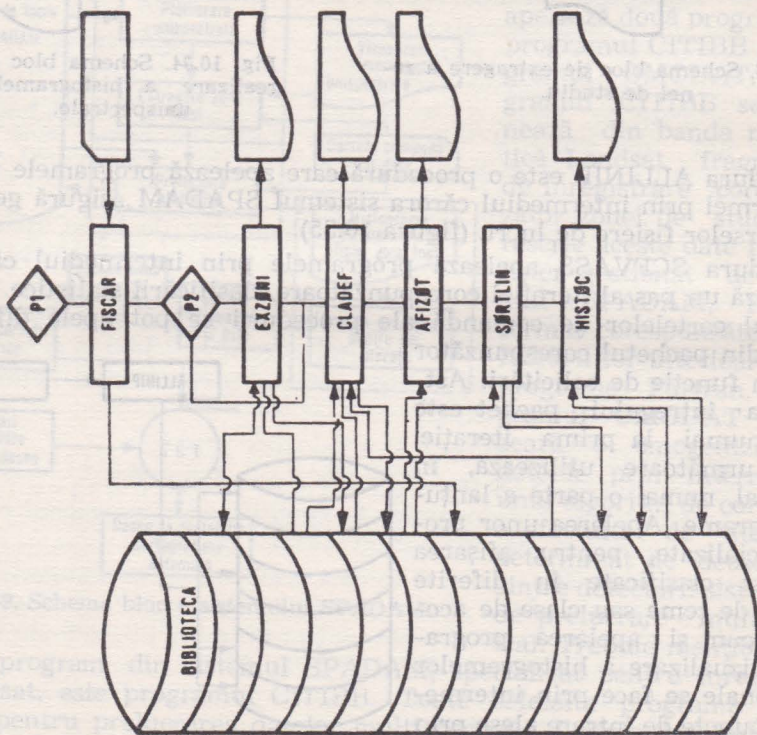


Fig. 10.36. Schema bloc a procedurii SCFVASS.

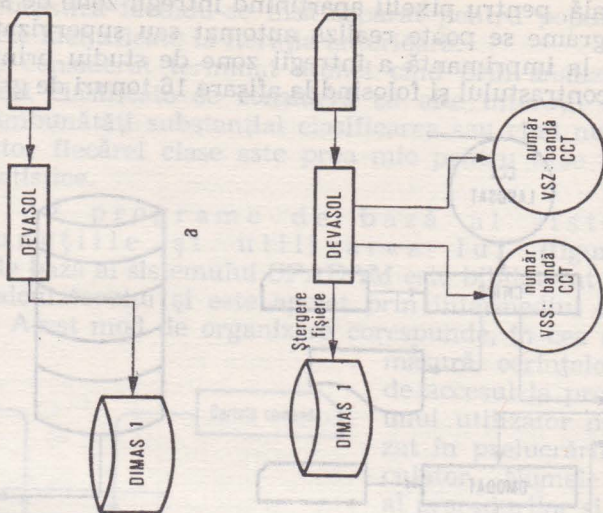


Fig. 10.37. Schema bloc a procedurii DESAVOL.

În urma rulării procedurilor prezentate se obțin la imprimanta calculatorului următoarele produse :

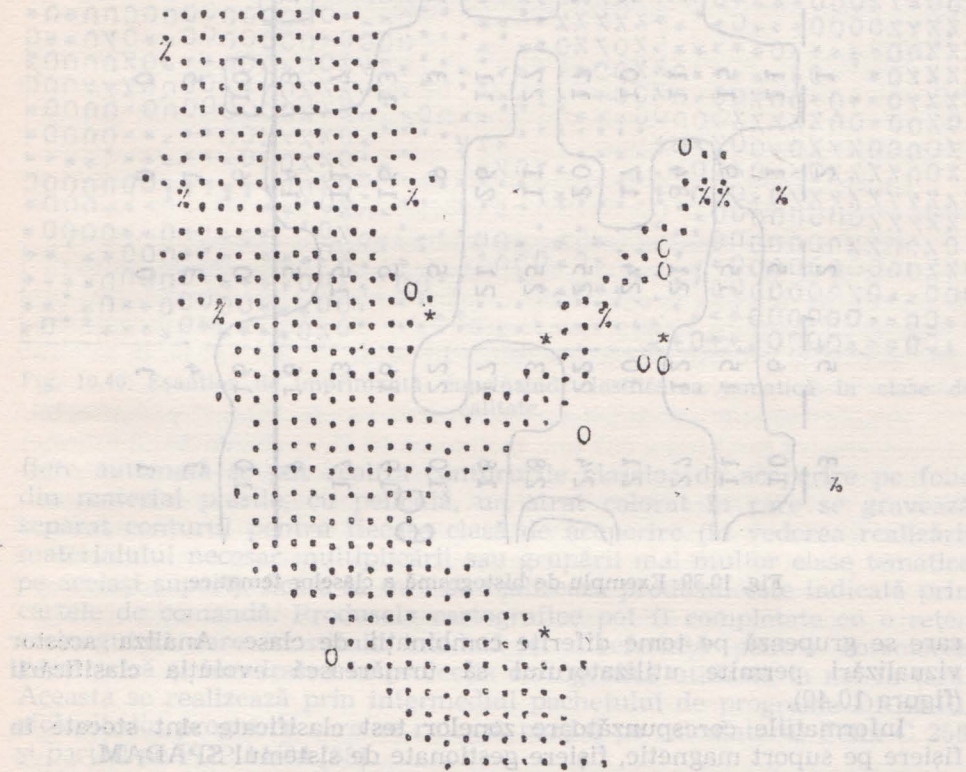


Fig. 10.38. Imagini la imprimantă în cele patru benzi spectrale.

Fig. 10 — Vizualizarea zonelor test clasificate, în raport cu clasele definite la iterația anterioară. Prin alegerea convenabilă a simbolurilor de vizualizare a diferitelor clase se pot obține la imprimantă serii de vizualizări în

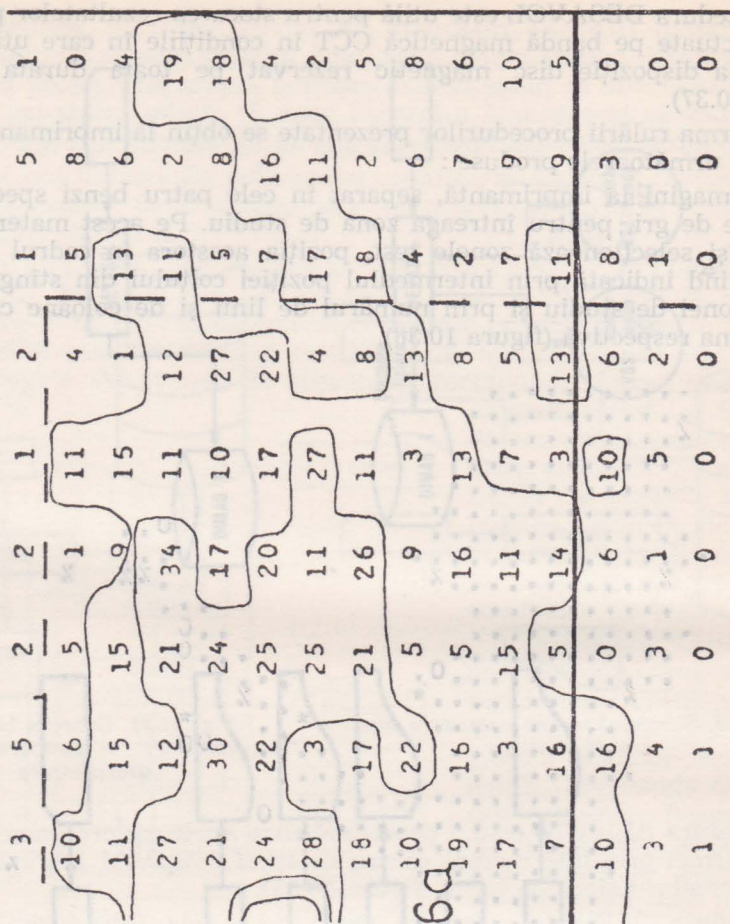


Fig. 10.39. Exemplu de histogramă a claselor tematice.

care se grupează pe teme diferite combinații de clase. Analiza acestor vizualizări permite utilizatorului să urmărească evoluția clasificării (figura 10.40).

Informațiile corespunzătoare zonelor test clasificate sînt stocate în fișiere pe suport magnetic, fișiere gestionate de sistemul SPADAM.

Conținutul informațional al zonelor test clasificate poate fi vizualizat sub formă de produs cartografic prin intermediul unei configurații de cartografiere automată Aristomat. Pentru aceasta, fișierele conținînd zonele test clasificate sînt prelucrate în vederea desenării și apoi sînt rescrise în format compatibil cu calculatorul PDP 11/04, pe bandă magnetică CCT. Această bandă magnetică este sursa datelor de intrare pentru configurația de cartografiere automată.

Prelucrarea fișierelor cu zonele test clasificate, în vederea reprezentării lor grafice, constă în selecționarea limitelor corespunzătoare fiecărei clase de acoperire a terenului în cadrul zonei test. La masa de cartogra-

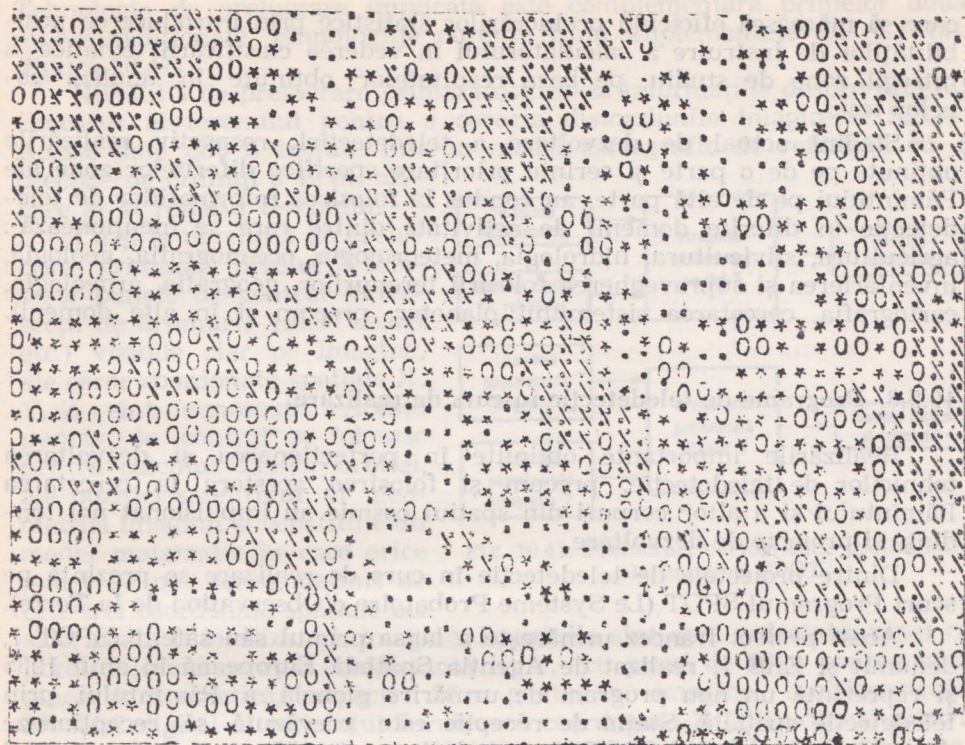


Fig. 10.40. Eșanțon de imprimantă cuprinzând clasificarea tematică în clase de calitate.

fiere automată se pot realiza contururile claselor de acoperire pe folie din material plastic, cu peliculă, un strat colorat în care se gravează separat conturul pentru fiecare clasă de acoperire (în vederea realizării materialului necesar multiplicării sau grupării mai multor clase tematice pe același suport). Scara la care se realizează produsul este indicată prin cartele de comandă. Produsele cartografice pot fi completate cu o rețea rectangulară care constituie totodată și o referință pentru corectarea geometrică și încadrarea în proiecția cartografică utilizată la noi în țară. Aceasta se realizează prin intermediul pachetului de programe DREKIL, alcătuit din programe care se rulează parțial pe calculatorul Felix-C 256 și parțial pe PDP 11/04 [35].

Hardware-ul sistemului SPADAM este alcătuit dintr-un calculator din seria Felix cu memorie de minim 128 Kocteți, prevăzut cu cititor de cartele, imprimantă, cititor de bandă magnetică și unitate de disc. Pe calculator trebuie să fie implementat software-ul de programe utilitare ale sistemului SIRIS.

Sistemul SPADAM a fost conceput ca un sistem modular. În principiu, sistemul poate fi dezvoltat fie prin introducerea de facilități auxiliare legate de vizualizarea mai rapidă și mai economică a rezultatelor prelucrării (rezultate intermediare sau rezultate finale), fie prin programe

care să mărească eficiența prelucrărilor statistice prin introducerea posibilităților de instruire a calculatorului în vederea clasificării tematice a întregii zone de studiu, pe baza rezultatelor obținute în analiza zonelor test.

Stadiul actual de dezvoltare a teledetecției, respectiv realizările obținute pe de o parte și cerințe prioritare specifice diferitelor zone ale Pământului pe de altă parte, au condus la folosirea informațiilor de teledetecție în diferite domenii de activitate dintre care se menționează: agricultura, silvicultura, hidrologia, meteorologia, oceanografia, geologia, inventarierea și supravegherea folosirii terenurilor, geografia, arheologia, cartografia, cercetarea sistemului planetar, precum și în alte domenii.

10.5.3. Programe de teledetecție în curs de realizare.

Realizările importante obținute în perfecționarea și dezvoltarea tehnicilor de teledetecție, precum și folosirea acestora la cercetarea Pământului și a altor corpuri din spațiul cosmic au impulsionat noi tendințe și proiecte de dezvoltare.

Dintre proiectele de teledetecție în curs de realizare se prezintă pe scurt Programul SPOT (Le Système Probatoire d'Observation de la Terre).

Acest proiect francez urmărește a lansa primul său satelit (SPOT 1, denumit și ERS 1, realizat de Agenția Spațială Europeană în anul 1985 și reprezintă un nou program de urmărire globală a Pământului prin teledetecție spațială. Stația de recepție este prevăzută să recepționeze date atât de la sateliții SPOT (începând din anul 1985) cât și de la satelitul Landsat D din programul american Landsat.

Primul satelit de teledetecție SPOT va fi lansat pe o orbită circumterestră (înălțimea 832 km, înclinarea $98,7^\circ$, perioada 101,3 minute), cu durată de acoperire globală a Pământului de 26 zile, înregistrând o fișe de teren lată de 60 km. Acest satelit va efectua înregistrări cu doi senzori: primul senzor va produce imagini pancromatice în banda spectrală $0,5-0,9 \mu\text{m}$ și al doilea senzor imagini multispectrale în zona vizibilă și infraroșu apropiat. La stația de recepție care funcționează în benzile X și S se vor obține imagini fotografice sau înregistrări pe bandă CCT și HDDT în formate identice cu cele ale programului Landsat. Se va obține la teren o rezoluție de 10 m în banda spectrală pancromatică și de 20 m în benzile multispectrale.

Prelucrări cartografice primare ale imaginilor SPOT. Nivelele 1 și 2 de prelucrare preliminară elaborate de Centrul de Redresare a Imaginilor Spațiale (C.R.I.S.) realizează o corectare aproximativă pentru întocmirea hărților, care solicită însă o precizie deosebită din punct de vedere geometric. Aceste nivele de prelucrări preliminare nu pot lua în considerație deplasările care se produc în imagine din cauza reliefului terenului, deplasări care pot fi neglijate în cazul imaginilor preluate vertical, deasupra terenurilor plane, când devin importante în cazul imaginilor oblice preluate în regiunile muntoase. În scopul de a identifica și a corecta asemenea surse de erori, Institutul Geografic Național francez realizează un proces tehnologic de prelucrare a imaginilor SPOT, nivelele 3 și 4.

Tehnologia de prelucrare implicată este complementară primelor două nivele menționate, tehnologiile curente fiind implementate în C.R.I.S. (figura 10.41).

Nivelul 3 de prelucrare primară utilizează informațiile despre relieful cunoscut al terenului pentru a corecta distorsiunile imaginilor SPOT. Aceste date pot fi incluse într-un model cartografic de referință cu o precizie de ordinul a 10 m, oricare ar fi relieful terenului.

Ca și la nivelul 2 de prelucrare primară, nivelul 3 folosește puncte de control (intersecții de drumuri, mici lacuri etc.) vizibile clar pe imagine, ale căror coordonate spațiale X, Y, Z sînt cunoscute. Aceste puncte de control se folosesc pentru calculul datelor orbitei, ale poziției satelitului, al geometriei imaginii și constituie un model matematic în care orice punct de pe teren, definit de cele trei coordonate spațiale ale sale, poate fi localizat pe imagine. Imaginile sînt apoi redresate, pixel cu pixel, folosind o rețea echidistantă X, Y, cu pasul de 10 m pentru imaginea pancromatică, respectiv 20 m pentru o imagine multispectrală. Modelul digital al reliefului furnizează coordonata Z (altitudinea) pentru fiecare punct pe grilă, iar modelul geometric furnizează poziția pe imaginea neprelucrată. Valoarea radiometrică a unui pixel pe o imagine corectată este apoi calculată interpolînd valorile radiometrice ale imaginii neprelucrate.

Nivelul 3 al tehnologiei de prelucrare preliminară, dezvoltat de I.G.N., va permite o calitate ceva mai bună a imaginii cartografice, produsele astfel realizate urmînd să fie furnizate cînd SPOT va fi operațional.

Această tehnologie de prelucrare va opera de la nivelul 1 al benzii compatibile cu calculatorul (CCT) produse de C.R.I.S. și distribuite de „SPOT IMAGE”. Punctele de control vor fi măsurate interactiv la o consolă de prelucrare a imaginii cu o planșetă de digitizare, după hărți topografice de bază la sc. 1 : 25 000. Tehnologia respectivă a fost concepută cu intenția de a prelucra benzi cuprinzînd pînă la 10 imagini întregi, prin aceasta reducînd numărul punctelor de control necesare. Datele corectate vor fi furnizate pe benzi magnetice sau film în formate compatibile cu alte produse SPOT. Nivelul producției va fi de 3 la 4 imagini pe zi în 1985, urmînd să crească după aceea la 8—10 imagini.

Imaginile corectate la nivelul 3 de prelucrare sînt de interes, pe de o parte pentru întocmirea și ținerea la zi a hărților topografice și tematice și pe de altă parte pentru orice utilizator care dorește să integreze imaginile SPOT cu alte date geografice sau alte imagini spațiale (ex. radar).

Nivelul 4 de prelucrare primară utilizează două imagini stereo SPOT pentru măsurarea deformării reliefului terenului și se stabilește poziția

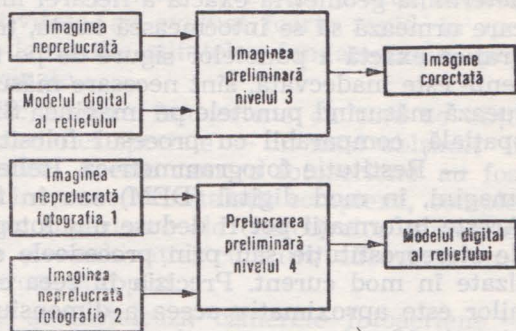


Fig. 10.41. Prelucrări cartografice preliminare ale imaginii SPOT.

curbelor de nivel și apoi se desenează hărțile. Aceste două tipuri de prelucrări primare sînt, într-un fel, tratate invers : în timp ce rezultatul nivelului 3 este imaginea corectată, nivelul 4 este o simplă reprezentare a reliefului, în forma modelului digital al terenului (DTM).

Stereograma SPOT este utilizată în două faze :

— Determinarea canevasului de puncte de control. În scopul de a determina geometria exactă a fiecărei imagini care acoperă o zonă pentru care urmează să se întocmească harta, trebuie să se calculeze poziția geografică exactă a punctelor sigure de pe teren. Cînd precizia hărților existente este inadecvată, sînt necesare măsurători geodezice. Acestea se efectuează măsurînd punctele pe imaginea SPOT prin procesul de triangulație spațială, comparabil cu procesul folosit în fotogrammetria aeriană.

— Restituție fotogrammetrică. Relieful terenului poate fi derivat din imagini, în mod digital (DEM) sau în formă grafică (curbe de nivel). Aceste informații pot fi deduse din fotografiile pe film folosind aparatele de stereorestituție sau prin procedeele corelației automate care sînt utilizate în mod curent. Precizia în ceea ce privește determinarea altitudinilor este aproximativ aceea a dimensiunilor unui pixel, respectiv aproximativ 10 m în pancromatic.

I.G.N. dezvoltă două tehnologii pentru nivelul 4 de prelucrare :

— analogică, ce va deveni operațională imediat după lansarea satelitului. În acest scop se va efectua prelucrarea primară a filmului cu sprijinul aparatului de stereorestituție TRASTER (de la Matra). Această tehnologie de prelucrare va produce nu numai relieful terenului ci și alte produse cartografice diferite : curbe figurative, detalii planimetrice, ca trasee de drumuri, limite de parcele etc.

— digitală, care va fi utilizată ulterior, după lansare și va fi o prelucrare a imaginilor direct după forma lor digitală (CCT).

Această tehnologie mult mai automatizată va produce datele modelului digital al reliefului, mai repede decît cu TRASTER, fără cartografierea directă a planimetriei.

Topografii vor fi principalii folositori ai nivelului 4 de prelucrare preliminară, în măsura în care acesta îi va sprijini la întocmirea hărților în regiuni necunoscute și în obținerea datelor digitale ale reliefului, mult mai ușor decît digitizarea hărților existente. Cu toate acestea, numeroși alți utilizatori pot folosi datele digitale ale reliefului pentru a corecta imaginile (vezi nivelul 3) și pentru a sprijini interpretarea : de exemplu, în scopul de a corecta pentru pante efectele expunerii la soare în studiile de folosire a terenurilor în zonele muntoase ș. a.

10.6. Tendințe și perspective

Fotogrammetria și teledetecția sînt științe tehnice în care etapele proceselor lor tehnologice sînt aceleași și anume : înregistrarea de la distanță a datelor cu privire la obiecte și/sau fenomene, în majoritatea cazurilor porțiuni din suprafața terestră, cu senzori care acționează în diferite zone ale spectrului electromagnetic, prelucrarea cu mijloace de calcul și reprezentarea rezultatelor sub formă fotografică, grafică sau numerică și uti-

lizarea lor în diferite domenii de activitate. Deși fotogrammetria are o tradiție de peste un secol, ea se prezintă din unele puncte de vedere ca un caz special al teledetecției, cu toate că aceasta din urmă s-a conturat ca știință multidisciplinară abia în ultimele decenii.

Lăsînd la o parte aceste particularități, se constată că etapele principale ale proceselor tehnologice menționate, care sînt practic aceleași pentru cele două domenii de activitate, au evoluat foarte rapid, în special ca urmare a realizărilor în domeniile științelor fundamentale, precum și a unor științe tehnice învecinate.

În fotogrammetrie se folosesc camere fotoaeriene cu care se obțin fotograme — fotografii cu caracteristici speciale — în mod obișnuit în alb-negru și în cazuri speciale color. Aceste camere fotoaeriene au fost perfecționate continuu devenind în prezent instalații complexe, complet automate. Datorită caracteristicilor superioare ale obiectivelor camerelor fotoaeriene, ale filmelor, precum și combinației cu filtre adecvate, înregistrările s-au extins în zona infraroșu apropiat.

Platformele aeriene pe care se instalează camerele fotoaeriene — avioane, elicoptere — au atins, de asemenea, performanțe deosebite în ceea ce privește plafonul, viteza și autonomia de zbor, precum și instalațiile și amenajările specifice acțiunilor de aerofotografiere.

În ultimele decenii, gama senzorilor de înregistrare s-a extins mult în zona infraroșu și în zona ultra-violet. Înregistrările în mai multe benzi spectrale au mărit și diversificat volumul datelor și informațiilor pe unitatea de suprafață. Realizarea și perfecționarea senzorilor de înregistrare multispectrală a fost stimulată de lansarea în spațiul cosmic a sateliților artificiali de prospectare a resurselor naturale și de supraveghere a Pămîntului.

Astfel, de la executarea fotografiilor aeriene convenționale obținute cu camere fotoaeriene instalate pe avioane sau alte tipuri de platforme aeriene, s-a ajuns la sisteme de înregistrări dintre cele mai sofisticate asupra Pămîntului și a celorlalte corpuri cerești din sistemul solar. Datele și informațiile înregistrate sînt transmise la stații terestre de recepție, după care urmează procesele de prelucrare primară, corecțiile geometrice și radiometrice care se aplică pixelilor — unitate elementară din suprafața imaginii — prelucrarea și interpretarea tematică și reprezentarea rezultatelor. Volumul imens de date și informații care se recepționează se prelucrează pe calculatoare de mare capacitate și vitează cu care sînt dotate centrele de recepție și prelucrare primară.

Așa cum deja s-a menționat, etapele principale ale fotogrammetriei și teledetecției sînt culegerea, stocarea, prelucrarea și afișarea informațiilor, privind, în primul rînd, porțiuni din suprafața Pămîntului. Activitățile de stocare, vehiculare, prelucrare, selectare și afișare a informațiilor se efectuează cu mijloace electronice și informatice, iar culegerea (înregistrarea, executarea măsurărilor) datelor și interpretarea rezultatelor se execută cu mijloacele specifice domeniilor menționate. În acest context se evidențiază caracteristicile impactului informaticii asupra științelor tehnice în general și asupra fotogrammetriei-teledetecției în special; spre deosebire de alte discipline tehnice în care informatica s-a afirmat ca un instrument foarte prețios dar auxiliar, în cele două discipline prezentate se remarcă o tendință de informatizare și automatizare completă.

În acest sens, în fotogrammetrie, dar mai ales în teledetecție, echipamentele de culegere a datelor sînt prevăzute cu dispozitive de digitizare și înregistrare numerică, aceasta fiind prima condiție pentru prelucrarea automată a datelor. Chiar și unele produse ca hărți și planuri grafice, fotografice, realizate cu echipamente și procedee analogice, sînt digitizate pentru a crea premisele prelucrării numerice.

În fotogrammetria aeriană și cosmică se utilizează aerotriangulația analitică în sistem interactiv, iar pe lângă hărțile și planurile topografice și cadastrale cu reprezentare grafică, ce se execută încă pe scară largă, datorită, în primul rînd, aparaturii existente în dotarea unităților de specialitate, se afirmă tot mai mult hărțile și planurile digitale.

În domeniul aerotriangulației analitice, orientarea relativă poate fi introdusă în procesul de lucru prin intermediul unei rutine, chiar în timp real.

Extinzînd modelul matematic al aerotriangulației analitice la toate tipurile de puncte, nu este necesar să se facă vreo distincție între orientarea relativă și respectiv absolută. Din punct de vedere practic, operatorului uman îi revine numai sarcina de a măsura cu precizie punctele din cuprinsul stereomodelului, sistemul interactiv trebuind să-l ghideze în modul cel mai sigur și să-l poziționeze în mod automat pe punctele măsurate.

Produsul grafic va constitui încă mult timp principala formă de reprezentare a datelor și informațiilor topografice — cadastrale, în paralel cu perfecționarea mijloacelor și tehnologiei de întocmire a hărților și planurilor digitale. Aceasta, pentru că limbajul cartografic care s-a format în decurs de secole este asimilat în cultura umană și este considerat o parte a acesteia. În afară de aceasta, harta grafică are avantajul de a prezenta sintetic și intuitiv o mare cantitate de informații specifice care îndeplinesc și condițiile de precizie impuse. În comparație cu limitările hărților clasice, hărțile digitale se prezintă ca spații multidimensionale, produse care pot stoca, practic, un număr nelimitat de categorii de date și informații, care se pot extrage și reprezenta, după cerințe, tot grafic și un lucru deosebit de important, se deschide un cîmp vast prelucrării numerice a datelor, inclusiv proiectarea asistată de calculator. Limitările hărților digitale sînt conjuncturale, temporare, care vor fi treptat eliminate, iar harta grafică va rămîne o formă de afișare a hărților digitale.

Pentru a se ajunge la acest stadiu este necesar să existe un anumit nivel de dezvoltare tehnologică și anume: un sistem grafic interactiv de culegere (interpretare, măsurare), prelucrare și reprezentare a datelor, o bază de date pentru stocarea hărții digitale, un sistem de codificare și reprezentare cartografică.

Bibliografie, capitolul 10

- [1] F. Ackermann, H. Ebner, H. Klein. Block Triangulation With Independent Models. *Photogram. Eng.*, vol. 39, nr. 9, 1973.
- [2] A. Baudoin. Cartographic Preprocessing of SPOT Imagery. *Nouvelles de Spot*. Décembre 1983. Centre National D'Etudes Spatiales (C.N.E.S.)

- [3] G. Corcodel. AERAN — Un nou program pentru aerotriangulația analitică. *Al V-lea Simpozion de fotogrammetrie, București, 1983.*
- [4] G. Corcodel, Prelucrarea simultană a observațiilor fotogrammetrice și geodezice în aerotriangulația analitică. *Al XV-lea Congres al I.S.P.R.S., Comisia III, Rio de Janeiro, 1984.*
- [5] G. Corcodel, Zur Automation der grossmasstäbigen Kartenherstellung in der Sozialistischen Republik Rumänien. *Vermessungstechnik, vol. 31, nr. 11, 1983.*
- [6] G. Corcodel, I. Ionescu, Digital Terrain Model in Levelling Plotting on Large Scale Topographic Maps. *XIV-th Congress of the I.S.P., Hamburg, 1980.*
- [7] G. Corcodel, I. Ionescu, Automatizarea trasării nivelmentului folosind date obținute prin digitizarea suprafeței terenului. *Al IV-lea Simpozion de fotogrammetrie, București, 1977.*
- [8] F. J. Doyle, Multiple Station Analytical Triangulation Program. *Technical Report, GIRMADA, 1965.*
- [9] F. J. Doyle, Digital Terrain Models : An Overview. *Photogram. Eng. and R.S., nr. 12, 1978.*
- [10] G. M. Elphinstone, Large Block SAPGO Program. *Photogram. Eng., vol. 41, nr. 1, 1975.*
- [11] S. K. Ghosh, Phototriangulation D. C. Heath and Company, *SUA, 1975.*
- [12] W. D. Harris, G. C. Tewinkel, C. A. Whitten, Analytic Aerotriangulation. *Technical Bulletin, nr. 21, Washington, 1962.*
- [13] M. Keller, Aerotriangulation : Image Coordinate Refinement. *Technical Bulletin, nr. 25, Washington, 1965.*
- [14] M. Keller, G. C. Tewinkel, Aerotriangulation Strip Adjustment. *Technical Bulletin, nr. 23, Washington, 1964.*
- [15] M. Keller, G. C. Tewinkel, Three-Photo Aerotriangulation. *Technical Bulletin, nr. 29, Washington, 1966.*
- [16] M. Keller, G. C. Tewinkel, Space Resection in Photogrammetry, *Technical Bulletin, nr. 32, Washington, 1966.*
- [17] M. Keller, G. C. Tewinkel, Block Analytic Aerotriangulation. *Technical Bulletin, nr. 35, Washington, 1967.*
- [18] B. Makarović, A Digital Terrain Model System. *ITC Journal, nr. 1, 1976.*
- [19] G. Marton, On-line Analytical Triangulation, Using Polifem System. *XV-th Congress of the I.S.P., Rio de Janeiro, 1984.*
- [20] W. Rhind, Automated Contouring of Some Differing Techniques. *The Cartographic Journal, nr. 8, 1971.*
- [21] G. H. Schut, A Fortran Program for the Adjustment of Strips and of Blocks by Polynomial Transformations. *Special Publication, NRC-9265, Canada, 1968.*
- [22] G. H. Schut, An Introduction to Analytical Strip Triangulation with a FORTRAN Program. *Special Publication, NRC-13148, Canada, 1973.*
- [23] G. H. Schut, Block Adjustment of Models. *The Canadian Surveyor, vol. 34, nr. 4, 1980.*
- [24] G. H. Schut, Block Adjustment of Bundles. *The Canadian Surveyor, vol. 34, 2, 1980.*
- [25] G. H. Schut, Review of Interpolation Methods for Digital Terrain Models. *I.S.P. Congress, Helsinki, 1976.*
- [26] P. Stefanovic, M. M. Radwan, K. Tempfli, Digital Terrain Models : Data Acquisition, Processing and Applications. *ITC Journal, nr. 1, 1977.*
- [27] N. Zegheru, Über die Anwendung der analytischen Photogrammetrie im Kataster, *Jenaer Rundschau, nr. 2, 1968.*
- [28] N. Zegheru, Contribuții la folosirea fotogrammetriei analitice în cadastru. *Teză de doctorat. Institutul de Construcții București, 1969.*
- [29] N. Zegheru, Automatizarea lucrărilor cadastrale prin folosirea fotogrammetriei analitice. *Buletin de fotogrammetrie nr. 1, 1973.*
- [30] N. Zegheru, Automation in Photogrammetric Cadastral Surveyings. *Al XIV-lea Congres al I.S.P., Hamburg, 1980.*
- [31] N. Zegheru, D. Gheorghiu, Antonia Fusoi, Gabriela Galbură, Z. Doroghy, Baza de date pentru planurile cadastrale digitale. *Analele I.G.F.C.O.T. vol. IV, 1982.*

- [32] N. Zegheru, Gabriela Galbură, Antonia Fusoi, D. Gheorghiu, Z. Doroghy, Sistem fotogrammetric automat pentru întocmirea planurilor cadastrale. *Analele I.G.F.C.O.T.* vol. IV, 1982.
- [33] N. Zegheru, On Digital Cadastral Mapping in Romania. *Al XVII-lea Congres al FIG, Sofia, 1983.*
- [34] N. Zegheru, M. Albotă, Introducere în teledetecție. *Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1979.*
- [35] N. Zegheru, Gh. Vass, D. M. Anton, Transformarea în proiecție cartografică a imaginilor Landsat clasificate. *Analele I.G.F.C.O.T., vol. IV, 1982.*
- [36] Gh. Vass, Prelucrarea automată a datelor multispectrale digitale de teledetecție. *Analele I.G.F.C.O.T., vol. II, 1980.*
- [37] R. Wood, A Rational Computation of the Coordinate of the Perspective Centre. *Photogrammetria, vol. 28, nr. 5, 1972.*
- [38] * * * Metodologia de extragere a conținutului topografic al înregistrărilor multispectrale digitale. *I.G.F.C.O.T., 1982.*
- [39] * * * Metodologia de multiplicare a reprezentărilor obținute din date multispectrale digitale de teledetecție. *I.G.F.C.O.T., 1982.*
- [40] * * * Manual of Photogrammetry. *American Society of Photogrammetry, Third Edition, Washington, 1965.*

ANEXE

ANEXA 1 (pag. 327—331)

ANEXA 2 (pag. 332—341)

ANEXA 3 (pag. 342—352)

ANEXA 4 (pag. 353—358)

ANEXA 5 (pag. 359—360)

ANEXA 1. Caracteristicile principalelor tipuri de display-uri

Firma producătoare	Model	Dimensiunile ecranului/ rezoluția	Gama de culori/ nr. culori afisabile simultan	Tip display/ rata de refresh	Procesor grafic intern	Software	Dispozitive de interacțiune grafică
1	2	3	4	5	6	7	8
Apollo (S.U.A.)	Domain	19"/1024 × 1024	16,7 milioane/ 256	raster/60 Hz neîntrețesut, 30 Hz întrețesut	Apollo 290	SIGGRAPH	
Adage (S.U.A.)	4100, 4250, 4370, 4177	21"	monocolor	vector			tabletă, tastatură
Aydin Controls (S.U.A.)	AYCON 16	19", 25"/1024 × 1024	16,7 milioane/ 256	raster/60 Hz neîntrețesut, 30 Hz întrețesut	Intel 8086	AYGRAPH-CORE	
Cal Comp (S.U.A.)	Visigrafic 4000	19"/1024 × 1024	4096/8-256	raster/30 Hz neîntrețesut	Motorola 68000	FSP, GCT	tastatură, tabletă, joy-stick, plotter
Chromatics (S.U.A.)	7900	19"/1024 × 1024	16,7 milioane/ 256	raster/30 Hz întrețesut	Motorola 68000	C, PASCAL, FORTRAN	digitizor, creion optic, joy-stick
Robotron (R.D.G.)	A 6470	19"/512 × 512	256	raster/50 Hz		Subrutine FORTRAN dedicate	trackball
I.E.P. (R.S.F.)	Diagram 2030	512 × 512	monocolor	raster/50 Hz; neîntrețesut	Z80		joy-stick

1	2	3	4	5	6	7	8
IEP (R.S.R.)	DAF 2020	512 × 512	monocolor	raster/50 Hz năntrețesut	8080	compatibil PLOT10	tastatură
Evans & Sutherland (S.U.A.)	Calligraphic PS-300	19"/1024 × 1024	1800/440	raster/30 Hz năntrețesut		FORTRAN, ROMULUS	
Genisco (S.U.A.)	G-6110	19"/1024 × 1024	64/16	raster/30 Hz năntrețesut		rezident PROM, Gen Cor sistem de operare	
Grinnell (S.U.A.)	2764, 2768	19"/1024 × 1024	4096/16 sau 32; 4076/256	raster/30 Hz năntrețesut		subrutine FORTRAN dedicate	joy-stick
Hewlett- Packard (S.U.A.)	1315F	14", 17", 19", 21"/1024 × 1024	monocolor	vector/50 Hz caligrafic			
Ikonas (S.U.A.)	RDS-3000	19"/1024 × 1024	16,7 milioane/ 1 milion	raster	Motorola 68000	FORTRAN	video-digitizor
Japan Radio (JAPONIA)	NWX-220/230; NWX-255/235	19", 25"/1024 × 1024	4096/16(230, 235) monocolor (220, 225)	raster/30 Hz năntrețesut	32 biti dedicați	GRAPAC scriș în FORTRAN IV	
Lexidata (S.U.A.)	2400, 2410 8100/GS	19"/1280 × 1024	monocolor, 4096/16	raster 50/60 Hz năntrețesut; 30 Hz năntrețesut (2410, 8100/ GS)	Motorola 68000	compatibil PLOT 10	joy-stick

Lundy (S.U.A.)	5470 ; P5C80	15", 19"/1536 × 1024 19"/1280 × 1024	monocolor ; 4096/256	raster/60 Hz întreţesut	Motorola 6809	Subrutine FORTRAN dedicate
Megatek (S.U.A.)	6245 ; 6255	19"/1024 × 1024	monocolor; 8/8	raster/60 Hz neîntreţesut 30 Hz între- ţesut	AMD 2901	WAND şi TEMPLATE
Megatek (S.U.A.)	7245 ; 7255 ; 7645 ; 7655	19"/1024 × 1024	monocolor 4096/16	raster/60 Hz neîntreţesut 30 Hz între- ţesut	AMD 2901	WAND şi TEMPLATE
Metheus (S.U.A.)	Omega 400	19"/1024 × 768	16,7 milioane/ 256	raster/33 Hz întreţesut	AMD 2901	AXIA tabletă
Norpak (S.U.A.)	Visual Data Processor	13", 19"/1024 × 1024	4096/16	raster/30 Hz întreţesut	AMD 2903	Subrutine FORTRAN
Orcatech (S.U.A.)	Orcatech Graphic Computer	19"/1024 × 1024	16,7 milioane/ 256	raster/30 Hz întreţesut	Intel 8086/8087	FORTAN
Phoenix (S.U.A.)	1024	19"/1024 × 1024	4096/16 (4 biţi) 16,8 milioane/ 256 (8 biţi)	raster/30 Hz întreţesut	Intel 8086/8087	CP/M86, PASCAL MT, C, BASIC, FORTRAN 77
Ramtek (S.U.A.)	9400 ; 6412	13", 19", 25"/ 1280 × 1024	16,7 milioane/ 1,2 milioane ; 256	raster/30 Hz întreţesut	AMD 2900 Motorola 68000, Z80A, Z80	Subrutine FORTRAN dedicate tastatură, tabletă

1	2	3	4	5	6	7	8
Sigma (S.U.A.)	6000, 7000	19"/1024 × 1024	4 milioane/256	raster/60 Hz neintrețesut, 30 Hz între- țesut	Z8002, Z80A	Subroutine FORTRAN GKS compatibil	
Seiko Instru- ments (JAPONIA)	CR 2412	19"/1024 × 780	40/7 milioane	raster/36 Hz intrețesut		Subroutine FORTRAN dedicate	
Transiac (S.U.A.)	TR1024	15"/1024 × 780	monocolor	raster/60 Hz intrețesut	TI 9900	compatibil PLOT10	joy-stick
Tektronix (S.U.A.)	4105	13"/480 × 360	64/8	raster/60 Hz neintrețesut	8086	PLOT10 IGL, Easy Graphing II	joy-stick
Tektronix (S.U.A.)	4107	13"/640 × 480	64/8	raster/60 Hz neintrețesut		PLOT10 IGL, Easy Graphing II	joy-stick
Tektronix (S.U.A.)	4109	19"/640 × 480	64/8	raster/60 Hz neintrețesut		PLOT10 IGL, Easy Graphing II	joy-stick
Tektronix (S.U.A.)	4115	19"/1280 × 1024	16 milioane/256	raster/60 Hz neintrețesut	8086, 8087	PLOT10 IGL	joy-stick
Vector General (S.U.A.)	VG8250; 3300; 3400	21"/4096 × 4096	4/4	vector/40 Hz caligrafic	bit-slice 8086	Subroutine FORTRAN dedicate	

Vector Automation	Graphics/80	21"/4096 × 4096	monocolor	vector	bit-slice pe 16 biți	
[U.R.S.S.	CM7800	240 × 240 mm/ 1024 × 1024	monocolor	vector	conectat direct pe bus-ul microcalculatoarelor de tip CM4	Subrutine FORTRAN creion optic
R.S.C.	EC 7943-15 (va fi omologat 1985)	512 × 512	monocolor	raster		tastatură cu taste speciale pentru mișcarea cursorului
U.R.S.S.	CM7065	1024 × 1024	monocolor	raster		Subrutine FORTRAN tastatură, creion optic
R.S.C.	EC7943-16	384 × 384	3	raster		Subrutine FORTRAN tastatură
U.R.S.S.	CM7216 (neomologat)	2048 × 2048	monocolor	raster		tastatură
U.R.S.S.	CM7304	320 × 270 din monitor TV	monocolor	raster		Subrutine FORTRAN tastatură
U.R.S.S.	CM7305	640 × 540	monocolor	raster		Subrutine FORTRAN tastatură
U.R.S.S.	CM7306	1024 × 1024	monocolor	vector refresh		Subrutine FORTRAN tastatură

Tabel cu caracteristicile principalelor tipuri de plottere

0. Tip	DIGIGRAF 1712	ICT-800	ARISTOMAT 205G
1. Suprafață desen (mm)	1 682 × 1180	830 × 1600	1200 × 1500
2. Viteză max. desen (mm/s)	350	300	30 m/min = = 500 mm/s
3. Metoda de desen	4 penițe, pastă, tuș, cap de gravat, cap optic	2 penițe, pastă, fibre	4 penițe, pastă, tuș, cap de gravat, cap optic
4. Precizie (mm)	±0,03	0,2 % distanță ±0,08	±0,05
5. Repetabilitate (mm)	0,03 ÷ 0,15	0,4	±0,02
6. Pas (mm)	0,01	0,1	0,01
7. Limbaj de comandă	FORTTRAN (calculator)	caractere ASCII	asemănător cu APT
8. Viteză de transfer	—	110 ÷ 9 600 Bd	max. 9600 Bd
9. Interfață	paralelă	serială V24	serială V24
10. Alimentare	220 V/1 300 VA	220 V/400 W	220 V/600 W
11. Poziție	plan	tambur	plan
12. Funcții proprii	procesor grafic	microprocesor	procesor grafic
13. Mediu desen	hîrtie de desen, mylar, film, folie de gravat (fixare electrostatică)	hîrtie găurită lățime 877 mm	hîrtie de desen, mylar, film, folie de gravat (fixare prin vid)
14. Proveniență	RSC	RSR	RFG

0. BENSON 1122/1132	CALCOMP 1051	CALCOMP 960	COMPUTER INSTRUMENTA- TION-ENVOY
1. 940 × rolă 50 m	864 × 3660 (rolă)	1518 × 841	1170 × 820
2. 150/250	254	750	300
3. 3 penițe, pastă, tuș, fibră	4 penițe, pastă, tuș, fibră	2 penițe, pastă, tuș, fibră	4 penițe, tuș, pastă, fibră, cap de gravare
4. ±0,05	±0,05	±0,25	±0,01
5. ±0,05	±0,05	±0,25	±0,09
6. 0,1	0,05	0,0125	—
7. FORTRAN (calculator)	FORTTRAN (calculator)	FORTTRAN (calculator)	FORTTRAN (calculator)
8. max. 9 600 Bd	max. 9 600 Bd	max. 9 600 Bd	—
9. serială V 24	serială V 24	serială V 24	serială V 24
10. 220 V/500 W	220 V	220 V/750 W	220 V
11. tambur	tambur	plan	plan
12. microprocesor	interpolator liniar	interpolator liniar	microprocesor
13. hirtie specială	hirtie specială	hirtie de desen, mylar, film	hirtie de desen, mylar, film, folie de gravat
14. FRANȚA	SUA	SUA	ANGLIA

0. FERRANTI CETEC EP 230/330	FERRANTI CETEC 3454	HEWLETT PACKARD 7221A, 9872A	HEWLETT PACKARD 7580B 7585B
1. 1 220 × 915	1016 × 1524	285 × 400 (A3)	622 × 1231 mm (A1) 927 × 1231 mm (A0)
2. 100	400	360	600
3. 1 la 8 penițe, pastă, tuș cap de gravat, cap optic	2/4 penițe, pastă, tuș, fibră	4 penițe, tuș, fibră	8 penițe, tuș, fibră, pastă
4. ±0,04	±0,1	0,2 % deplasare ±0,2 mm	0,1 % deplasare ±0,25 mm
5. ±0,0125	±0,0625	±0,1	±0,05
6. 0,0125	0,0625	0,025	0,025
7. FORTRAN (calculator)	FORTTRAN (calculator)	FORTTRAN, HP-ISPP (calculator)	FORTTRAN, HP-ISPP (calculator)
8. —	max. 9600 Bd	max. 2400 Bd	max. 9600 Bd
9. paralelă, 16 biți sau ASCII-8 biți	serială, V24	serială V 24 (7221A) paralelă IEEE 488 (9872A)	serială V 24 sau paralelă IEEE488
10. 220 V	220 V/700 W	220 V/100 W	220 V/182 W
11. plan	plan	plan	plan
12. procesor grafic posibili- tate digitizare	procesor grafic	microprocesor, limbaj HP-GL, opțiune digi- tizare	microprocesor, limbaj HP-GL, opțiune digi- tizare
13. hîrtie de desen, mylar, folie de gravat, film	hîrtie de desen, mylar, film	hîrtie de desen, film	hîrtie de desen, film
14. ANGLIA	ANGLIA	SUA	SUA

0. CALCOMP 7000	HEWETT PACKARD 7245A	HOUSTON INSTRUMENT DP 101	HOUSTON INSTRUMENT DP 11
1. 1270 × 2080	188 × 299 (rolă 61 m) grafic 363 mm/s	254 × 375	280 × 4400
2. 760	imprimantă 38 car/s	50	101,6
3. 1 la 4 penițe, tuș, pastă	cap termic	1 peniță, tuș, pastă, fibră	1 peniță, tuș, pastă, fibră
4. ±0,13	±0,2% deplasare ±0,35 mm	±0,125	±0,05
5. ±0,08	±0,25	—	±0,05
6. —	±0,25	0,125	0,05
7. FORTRAN (calculator)	HP-GL (instrucțiuni cu mnemonice de 2 car)	COMLOT (limbaj specia- lizat)	8 vectori standard
8. max. 9600 Bd	—	max. 1200 Bd	—
9. serială V24	paralelă, IEEE-488	serială V24	paralelă
10. 220 V	220 V/300 W	220 V	220 V
11. plan	tambur	tambur	tambur
12. procesor grafic	microprocesor	microprocesor	interpolare liniară
13. hîrtie de desen	hîrtie specială	hîrtie specială	hîrtie specială
14. SUA	SUA	SUA	SUA

0. HOUSTON INSTRUMENT DP 8S3	WANG 2272	MD10	TEKTRONIX 4662
1. 876×4572	406×5000	420×297 (A3)	381×254 ($\cong$ A3)
2. 114	76	200	406—559
3. 3 penițe, tuș, pastă, fibră	3 penițe, pastă, fibră	1 peniță, pastă, fibră	1/8 penițe, tuș, pastă, fibră
4. $\pm 0,1$	$\pm 0,254$	$\pm 0,2$	$\pm 0,127$
5. $\pm 0,1$	$\pm 0,508$	$\pm 0,2$	$\pm 0,06/\pm 0,25$
6. 0,05/0,03125	0,127	0,2	0,127
7. 8 vectori standard	Basic plot, GUS	10 instrucțiuni grafice, codificate ASCII	PLOT 10 (calculator) caractere ASCII (mod Alpha și GIN)
8. —	—	max. 9600 Bd	max. 1200 Bd
9. paralelă	—	serială V24	serială V24 sau paralelă IEEE-488
10. 220 V	220 V	220 V/200 VA	220/90 W
11. tambur	tambur	plan	plan
12. interpolare liniară	procesor grafic	microprocesor	microprocesor
13. hîrtie specială	hîrtie specială	hîrtie de desen, film (fixare electrostatică)	hîrtie de desen, mylar, film, (fixare electrostatică)
14. SUA	SUA	RSR	SUA

0. TEKTRONIX 4663	CALCOMP 5000/5200	CALCOMP 5100/5300	SE Labs 1004
1. 569 × 432 ($\approx A2$)	270 × rolă 50 m	536 × rolă 12 m	279 × rolă
2. 406 – 559	83/37	76/20	—
3. 2 penițe, tuș, fibră	electrostatic	electrostatic	electrostatic
4. $\pm 0,025$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,2\%$
5. $\pm 0,064$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,2\%$
6. 0,025	0,254/0,127	0,254/0,127	0,254
7. PLOT 10 (calculator) caractere ASCII	FORTTRAN (cal- culator) pachet- ul PLOT	FORTTRAN (cal- culator) pachet- ul PLOT	—
8. max. 9600 Bd	—	—	—
9. serială V24 paralelă IEEE-488	paralelă, tip DMA	paralelă, tip DMA	paralelă, serială V24
10. 220 V/180 W	220 V/600 W	220 V/1000 W	220 V
11. plan	tambur	tambur	tambur
12. procesor grafic, posibili- tate de digitizare	procesor	procesor	—
13. hîrtie de desen, mylar, film (fix. electrostatică)	hîrtie specială	hîrtie specială	hîrtie specială
14. SUA	SUA	SUA	ANGLIA

0. VERSATEC 82XX XX=22/24/36/42/44/72	VARIAN 91XX/ 92XX XX= =11, 15, 22	GERBER 75	GERBER 77
1. 537/589/894/1040/1093/ 1821 ×rolă 150 m	279, 377, 588 × ×rolă 101, 95, 70/50; 38; 25 mm/s	1524×2438	1524×7315
2. 25,4—6,4	2000, 1800, 1450/ 1000, 800, 500 linii/minut	254	1185
3. electrostatic	electrostatic (2-scan)	1 sau 6 penițe, cap de gravat, cap optic, TV	4 penițe, pastă, tuș, fibră, cap de gravat
4. ±0,2%	±0,2%	±0,127	±0,127
5. ±0,1%	±0,2%	±0,0508	±0,0508
6. 0,127	0,254/0,127	0,0254	0,0127
7. VERSAPLOT (FORTRAN) (compatibil CALCOMP)	pachet GPR (FORTRAN)	FORTRAN (calculator)	FORTRAN (calculator)
8. 105,6-89,6 Koct/s	300-9600 Bd	—	—
9. paralelă	serială-V24	paralelă	paralelă
10. 220 V/1900 W	220 V/400-540 W	120 V trifazic	120 V/45A, tri- fazic
11. tambur	tambur	plan	plan
12. microprocesor	microprocesor	unitate de control specializată 400C	unitate de control specializată 2000C, posibilitate digi- tizare
13. hîrtie specială, film electrografic	hîrtie specială	hîrtie de desen, mylar, film, folie de gravat (fixare cu vid)	hîrtie de desen, mylar, foile de gravat (fixare cu vid)
14. SUA	SUA	SUA	SUA

0. PHILIPS PM 8151	KONIGSBERG GT 5000	BENSON- VARIAN 9236	VERSATER ECP 42
1. 338 × 280 (≈ A3)	1200 × 1600	914 × rolă 35 m 25,4 mm/s (plotter)	1040 × rolă 150 m
2. 300 (vectori); 1000 (poziț.)	1000	480 linii/min (imprimantă)	25,4
3. 8 penițe, tuș, fibră	3 penițe, tuș, ink-jet, pastă, cap optic, cap de gravat	electrostatic	electrostatic color
4. 0,1 %	± 0,075	—	± 0,2 %
5. ± 0,1 (pt. o peniță) ± 0,3 (între penițe)	± 0,015	—	± 0,1 %
6. 0,1	0,01	0,127/0,254	0,127
7. FORTRAN (calculator)	FORTTRAN (calculator)	pachet BENSON- VARIAN GPR (FORTRAN)	VERSAPLOT (FORTRAN)
8. 110-2400 Bd	—	—	204,8 Koct./s
9. serială V24 paralelă IEEE 488 (IEC 625)	paralelă	paralelă	paralelă
10. 220/30 W	220 V	220 V	220 V/1900 W
11. plan	plan	tambur	tambur
12. microprocesor, opțiune digitizor	procesor grafic	procesor	microprocesor
13. hîrtie de desen (fixare electrostatică)	hîrtie de desen, film, mylar, folie de gravat (fixare cu vid)	hîrtie specială	hîrtie specială, film electro- grafic
14. Olanda	Suedia	Franța	SUA

0. VERSATEC V-80	GLASER DP-1600/1700	VIDEOTON NE-2000	CARTIMAT 1218
1. 280 × 215 (≈ A4) sau 132 car/linie	580 × 880/ 780 × 1080	297 × 420 (A3)	1200 × 1800
2. 1000 linii/min. (8,5 s/pagină grafic)	800	150	250
3. electrostatic 2-scan	1/2 penițe, tuș, pastă	1 peniță, tuș	4 penițe, tuș, pastă, cap optic, cap de gravare, TV
4. ±0,05	±0,02%	<0,5	±0,03
5. ±0,05	±0,1	<0,3	±0,01
6. 0,127	0,025	0,1	0,005
7. VERSAPLOT (FORTRAN)	FORTAN (calculator)	FORTAN (calculator)	PAD-ES (FORTRAN)
8. 38,4 KBd	2400 Bd	—	—
9. serială V24, paralelă	serială V24, paralelă	paralelă	paralelă
10. 220 V	220 V/200 W	220 V/65 VA	220 V
11. tambur	plan	plan	plan
12. microprocesor	interpolator liniar, generator de caractere	interpolator liniar	procesor grafic, posibilitate di- gitizare
13. hîrtie specială	hîrtie de desen (fixate cu vid)	hîrtie de desen (fixare electro- statică)	hîrtie de desen, film, folie de gravat (fixare cu vid)
14. SUA	Elveția	RPU	RDG

0. CORADOMAT MkIII	BENSON 5342	RAMTEK 4100	TRILOG COLORPLOT 100
1. 1100×1100	840×1188	100—382 lăţime reglabilă 60 linii/min cu 132 car/lin.	100—400 lăţime reglabilă 150 linii/minut cu 132 car/lin.
2. 200	1120	3 min.-A4 grafic color	3 min.-A4 grafic color
3. 3 peniţe, tuş, pastă, fibră, cap de gravare, TV	4 peniţe, tuş, pastă	matricial, A/N sau color	matricial, A/N sau color
4. ±0,01	0,0125	0,1 orizontal ; 0,2 vertical	0,125 orizontal şi vertical
5. ±0,05	—	—	—
6. 0,01	0,025	0,375 (68 puncte/inch)	0,254 (100 puncte/inch)
7. FORTRAN (calculator)	FORTTRAN (calculator)	—	—
8. —	max. 9600 Bd	—	—
9. paralelă	serială V24, paralelă	paralelă	paralelă, serială V24
10. 220 V	220 V/5A	220 V/1000 W	220 V/800 W (max)
11. plan	tambur	tambur	tambur
12. unitate de control SPC-16 microprocesor posibilitate de digitizare		—	—
13. hîrtie de desen, folie de gravat	hîrtie de desen, calc, pollester	hîrtie de imprimantă	hîrtie de imprimantă
14. Elveţia	Franţa	SUA	SUA

Tabel cu caracteristicile principalelor tipuri de digitizoare

0. Tip	ARISTOGRID CD 100	ARISTOGRID CD 200
1. Suprafața utilă (mm)	350 × 350 — 1000 × 1500	350 × 350 — 1000 × 1500
2. Rata date (puncte/s)	160	160
3. Precizie (mm)	± 0,1	± 0,1
4. Repetabilitate (mm)	± 0,025	± 0,025
5. Rezoluție (mm)	0,025	0,025
6. Interfață	paralelă, serială V24	serială V24
7. Viteză de transfer	—	9600 Bd
8. Format de ieșire date	caractere ASCII	caractere ASCII
9. Inteligență proprie	fără	calculator propriu PDP 11-funcții standard
10. Dispozitiv de introducere	cursor cu lupă	cursor cu lupă
11. Alimentare	220 V/80 W	220 V
12. Observații	planșetă cu traductor electromagnetic inductiv	planșetă cu traductor electromagnetic inductiv
13. Proveniență	RFG	RFG

0. BENSON LP 621/622	CARTIMAT 1218	CORADOMAT MK III
1. 1200 × 840/2000 × 1250	1200 × 1800	1100 × 1100
2. —	—	—
3. ±0,1	±0,03	±0,01
4. —	±0,01	±0,05
5. 0,1	0,005	0,01
6. paralelă	paralelă	paralelă, serială V24
7. —	—	—
8. variabil	ASCII	—
9. unitate de comandă UC 600	procesor grafic	unitate de control SPC-16
10. —	cameră TV	episcop, TV
11. 220 V	220 V	220 V
12. —	plotter reversibil	plotter reversibil
13. Franța	RDG	Elveția

0. DATAGRID DIGI- TIZER	DIGIDRID DMG	DIGIMETRE DMB
1. $762 \times 914 - 1066 \times 1524$	$900 \times 750 - 1500 \times 1050$	Ri= 104 mm ; Ra= 402 mm
2. ≤ 300 inch/sec	6	6
3. $\pm 0,127$	$\pm 0,12$	$\pm 0,03$ (p) ; $\pm 0,01$ (θ)
4. $\pm 0,0254$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$ (p) $\pm 0,0036^\circ$ (θ)
5. 0,0254	0,02	0,01 (p) ; 0,0036 (θ)
6. paralelă 8/16 biți, serială	paralelă ; serială V24	paralelă, serială V24
7. —	—	—
8. variabil, binar, BCD sau ASCII	format variabil caractere ASCII	format variabil caractere ASCII
9. scalare, pas variabil, metric/țol, origine variabilă, absolut/ incremental, mod continuu	microprocesor	microprocesor
10. cursor cu lampă $7 \times$ cursor „bumerang“	cursor cu lupă	cap de măsură radial (coordonate polare)
11. 220 V	220 V	220 V
12. planșetă cu traduc- tor electromagnetic inductiv, masă lumi- noasă	planșetă cu traductor electromagnetic	—
13. BENDIX — SUA	CORADI — Elveția	CORADI — Elveția

0. DIGIMETRE DMC	DIGIRAIL DMR	FERRANTI CETEC EP 230/330
1. $500 \times 500 - 3000 \times 2000$	$1040 \times 820 - 1540 \times 1150$	1220×915
2. 6	6	—
3. $\pm 0,04$	$\pm 0,2$	$\pm 0,04$
4. $\pm 0,01$	$\pm 0,05$	$\pm 0,0125$
5. 0,01	0,01	0,0125
6. paralelă, serială V24	paralelă, serială V24	paralelă 16 biți sau 8 biți ASCII
7. —	—	—
8. format variabil caractere ASCII	format variabil caractere ASCII	caractere ASCII
9. microprocesor	microprocesor	—
10. episcop $5 \times$, $10 \times$, cameră TV $12 - 50 \times$	cursor cu lupă	microscop $10 \times$ cu cursor și display cu 6 cifre pt. fiecare coordonată
11. 220 V	220 V	220 V
12. coordonatograf ortogonal cu masă luminoasă	planșetă mecanică cu traductor electronic	plotter reversibil
13. CORADI — Elveția	CORADI — Elveția	ANGLIA

0. GTCO DATATIZER	GTCO—PAD	HEWLETT PACKARD 7221 A, 9872 A
1. 152,4 × 152,4 — 1064 × 1524	279,4 × 432 (8 variante)	285 × 400 (≈ A3)
2.	—	20
3. ± 0,254	± 0,125	0,02 % deplasare ± 0,2 mm
4.	—	± 0,1
5. 0,0254	0,0254	0,025
6. paralelă IEEE-488, serială V24 și altele	serială V24	serială V24 (7221A) și pa- ralelă IEEE-488 (9872A)
7.	—	max. 2400 Bd
8. variabil	caractere ASCII	HP-GL (ASCII) — 9872A binar — 7221A
9. unitate de comandă cu microprocesor opțional	unitate de comandă op- țională MICRO GTCO- PAD	microprocesor
10. stilet/cursor cu lupă	stilet/cursor cu lupă	„digitizing sight“ cursor cu lupă și fire marca- toare înlocuind penița
11. 220 V	+ 5 V/2 A, + 12 V/0,5 A, + 12 V/0,1 A cc	220 V/110 W
12. planșetă cu traductor electromagnetic, opțiuni: opacă, masă luminoasă, ecran de proiecție	tabletă grafică	plotter reversibil
13. SUA	SUA	SUA

0.	HE WLETT PACKARD 7580B/7585B	HEWLETT PACKARD 9111A	HEWLETT PACKARD 9874A	HEWLETT PACKARD 9874A
1.	622 × 1231 (A1) 927 × 1231 (AO)	218,5 × 300,8	435 × 315	
2.	—	60	—	01
3.	0,1 % deplasare ±0,25 mm	±0,6	±0,125	
4.	±0,05	±0,1	±0,025	
5.	0,025	0,1	—	
6.	serială V24 sau para- lelă IEEE-488	paralelă IEEE-488	paralelă IEEE-488	
7.	max. 9600 Bd	—	—	
8.	HP-GL (ASCII)	HP-GL (caractere ASCII) 25 comenzi	HP-GL, conectabil la HP 9815/25/30	
9.	microprocesor	microprocesor	microprocesor	
10.	„digitizing sight“ — cursor cu lupă și fire mareatoare înlocuind penița	stilet	stilet/cursor cu lupă	
11.	220 V/182 W	220 V/25 W	220 V/15 VA	
12.	plotter reversibil	tabletă grafică	suprafață activă transparentă, se pot face proiecții	
13.	SUA	SUA	SUA	

0. KONGSDERG GRID TABLE	MUTOH T-III	PD-90
1. 1050×1500	1200×900	900×900
2. 10	—	—
3. ±0,125	±0,01	±0,5 relativ ; ±0,75 absolut
4. ±0,025	±0,01	—
5. 0,025	0,02	5/32 ≈ 0,15
6. paralelă	—	serială V24
7. —	—	300—2400 Bd
8. KLAM, caractere ASCII	—	ASCII
9. point, scale, run, mode	microcalculator propriu, programabil în BASIC	microprocesor
10. cursor cu lupă	cursor cu lupă	cursor cu lupă
11. 220 V	220 V	220 V
12. planșetă cu traductor electromagnetic	planșetă mecanică cu tra- ductor electronic	planșetă cu traductor electrostatic
13. Suedia	Japonia	RSR

0. PHILIPS PM 8141	QMS 8820	SUMMAGRAPHICS BIT PAD ONE
1. $338 \times 280 (\approx A3)$	$X \times Y \times Z = 508 \times 305 \times 254$	$279,4 \times 279,4$
2. 15	—	≤ 200
3. 0,1%	$\pm 0,01$	—
4. $\pm 0,1$	$\pm 0,002$	—
5. 0,1	0,002	0,1/0,127
6. paralelă IEEE-488, serială V24	paralelă	paralelă IEEE-488 sau serială V24
7. 110—2400 Bd	—	300—19200 Bd
8. ASCII	BCD	ASCII/Binar
9. microprocesor	calculator de birou HP 9815 A, pachet de pro- grame QDA	microprocesor, format de ieșire variabil, mod pro- gramabil
10. cursor cu lupă și fire marcatoare în locul peniței — „digitizing sight”	palpator mecanic	cursor cu lupă/stilet
11. 220 V/30 W	220 V/12 VA	220 V
12. plotter reversibil	mașină de mare precizie în 3 dimensiuni cu sis- tem de măsură electro- optic masă de granit masiv	tabletă grafică cu traduc- tor magnetostrictiv
13. Olanda	SUA	SUA

0. SUMMAGRAPHICS	MUETALOS GXX	0028 250 TALOS „THE WEDGE”	0
	DATAGRID H40	CLAT XX=11/14/22/40/48/60	
1.	913 × 1220 — 1068 × 1524	279 × 279 — 1120 × 1524	279 × 279
2.	—	100	240
3.	± 0,1	± 0,0254/ ± 0,0127	± 0,06
4.	± 0,1	—	—
5.	0,025 — 0,1	0,0254/0,0127	0,06
6.	serială V24	serială V 24, paralelă IEEE-488	serială V24, paralelă
7.	—	300 — 9600 Bd	50 — 9600 Bd
8.	caractere ASCII	format selectabil caractere ASCII	binar sau BCD
9.	calculator propriu programabil în BASIC sau FORTRAN	opțional unitate de comandă cu microprocesor SMART 3.1.0	—
10.	cursor cu lupă	stilet/cursor cu lupă	stilet/cursor cu lupă
11.	220 V	220 V	+ 15 Vcc/0,25 A
12.	planșetă cu traductor electromagnetice	planșetă cu traductor electrostatic	tabletă grafică electro-magnetică
13.	SUA	SUA	SUA

0. TEKTRONIX 4662 opt 1	TEKTRONIX 4663	TSD-12/15
1. 381×254	$569 \times 432 (\approx A2)$	$150 \times 200/200 \times 254$
2. 10	10	60
3. $\pm 0,127$	$\pm 0,025$	
4. $\pm 0,06$	$\pm 0,064$	$\pm 6,25$ ajustarea originii
5. 0,127	0,025	1,254/5,08
6. paralelă IEEE-488, serială V24	serială V24	paralelă 8 biți TTL (A) serială V24 (B)
7. max. 1200 Bd	max. 9600 Bd	50—9600 Bd
8. compatibil TEKTRONIX	compatibil TEKTRONIX	caractere ASCII
9. microprocesor	microprocesor	—
10. joystick sau stilet	cursor tip „digitizing sight“	degetul operatorului indică o zonă dintr-un „menu“
11. 220 V/90 W	220 V/180 W	+ 5 V/0,65 A, + 12 V/0,12 A cc sau 220 V/22 W (A sau B)
12. plotter reversibil	plotter reversibil	dispozitiv OEM de interac- țiune direct pe ecran prin indicarea cu degetul, func- ționând cu unde acustice și transductori piezoelectrice
13. SUA	SUA	SUA

0. Tip	WANG 2262-X X=1/2/3
1. Suprafața utilă (mm)	508 × 508/750 × 1000/900 × 1200
2. Rata date (puncte/s)	200
3. Precizia (mm)	<0,254
4. Repetabilitate (mm)	<0,254
5. Rezoluție (mm)	0,254
6. Interfață	paralelă
7. Viteză de transfer	—
8. Format de ieșire date	BCD
9. Inteligență proprie	programe BASIC în cal- culatorul 2200
10. Dispozitiv de intro- ducere	stilet/cursor cu lupă
11. Alimentare	220 V/0,15 A
12. Observații	moduri de lucru, point stream, switch stream
13. Proveniență	SUA

Fiind un domeniu foarte nou al științei calculatoarelor, grafica informatizată folosește termeni și concepte al căror înțeles nu este unanim acceptat de specialiști. Cu atât mai mult versiunea românească a acestor termeni diferă de la traducător la traducător.

Pentru a încerca o standardizare a termenilor utilizați în grafica informatizată, propunem un dicționar care are la bază normele ISO IDIS 2382/13. Pentru fiecare termen vom da atât echivalentul în limba engleză cît și cel în limba franceză. Precizăm că nu toți termenii specifici graficii interactive utilizați în carte se regăsesc în acest dicționar.

1. CONCEPTE GENERALE

1.1. Grafică interactivă [Computer graphics; Infographic]

Metode și tehnici de conversie a datelor într-o/dintr-o reprezentare afișabilă prin intermediul calculatorului.

1.2. Grafică prin coordonate; [Coordinate graphics (Line graphics); Infographie par coordonnées].

Grafică interactivă în care imaginile sînt produse pornind de la comenzi de afișare și de la coordonate.

1.3. Grafică prin raster; [Raster graphics; Infographie par quadrillage].

Grafică interactivă în care o imagine este compusă din elemente de desen (pixel) dispuse în linii și coloane.

1.4. Comandă de afișare; [Display command (Display instruction); Commande d'affichage].

Comandă care controlează starea sau acțiunea unui dispozitiv de afișare.

1.5. Comandă absolută; [Absolute command (Absolute instruction); Commande absolue].

Comandă de afișare care determină dispozitivul de afișare să interpreteze datele consecutive comenzii drept coordonate absolute.

1.6. Comandă relativă; [Relative command (Relative instruction); Commande relative].

Comandă de afișare care determină dispozitivul de afișare să interpreteze datele consecutive comenzii drept coordonate relative.

1.7. Adresabilitate (în grafica informatizată); [Addressability; Capacité d'adressage].

Numărul de puncte adresabile pe fiecare axă din spațiul specificat pentru un dispozitiv de afișare.

1.8. Punct adresabil (în grafica informatizată); [Addressable point; Position addressable].

Orice punct de pe suprafața unui dispozitiv de afișare care poate fi adresat.

2. REPREZENTAREA ȘI MEMORAREA IMAGINILOR

2.1. Imagine codificată; [Coded image; Image codée].

Reprezentarea unei imagini afișabile într-o formă convenabilă pentru memorare și prelucrare.

2.2. Coordonată absolută; [Absolute coordinate; Coordonnée absolue].

Una dintre coordonatele care identifică poziția unui punct adresabil față de originea unui sistem de referință.

2.3. Coordonată relativă; [Relative coordinate; Coordonnée relative].

Una dintre coordonatele care identifică poziția unui punct adresabil față de un alt punct adresabil.

2.4. Coordonată incrementală [Incremental coordinate; Coordonnée par accroissement.]
Coordonată relativă pentru care punctul de referință este punctul adresat anterior.

2.5. Coordonată a utilizatorului [User coordinate; Coordonnée d'utilisateur.]
Coordonată specificată de utilizator și exprimată într-un sistem de coordonate independent de dispozitivul de afișare.

2.6. Coordonată universală [World coordinate; Coordonnée universelle.]

Coordonată carteziană independentă de dispozitivul de afișare folosită de un program aplicativ pentru a specifica datele grafice de intrare și de ieșire.

2.7. Coordonată normalizată de dispozitiv [Normalized device coordinate; Coordonnée d'appareil normée.]

Coordonată specificată într-un sistem intermediar de coordonate independent de dispozitiv, normalizat la o gamă precizată de valori, în general cuprinse între 0 și 1.

Observație: o imagine ale cărei puncte sînt exprimate în coordonate normalizate de dispozitiv este vizualizată în aceeași poziție relativă indiferent ce dispozitiv se folosește pentru a o afișa.

2.8. Coordonată de dispozitiv [Device coordinate; Coordonnée d'appareil.]

Coordonată specificată într-un sistem de coordonate dependent de dispozitiv.

2.9. Element grafic (primitivă grafică) [Display element (Graphic primitive, Output primitive); Élément graphique (Primitive graphique).]

Cel mai mic element reprezentabil grafic care poate fi utilizat la crearea unei imagini. Exemplu: un punct, un segment de dreaptă, un șir de caractere.

2.10. Linie ascunsă [Hidden line; Ligne cachée.]

Segment de dreaptă reprezentînd o muchie invizibilă într-o proiecție plană a unui obiect spațial (cu trei dimensiuni).

2.11. Reprezentare prin muchii [Wire frame representation; Représentation fil de fer.]

Mod de afișare în care sînt vizualizate toate muchiile unui obiect tridimensional fără a face distincție de liniile ascunse.

2.12. Segment (în grafica informatizată) [Segment (Display group); Segment (Groupe graphique).]

Colecție de elemente grafice care pot fi manipulate ca o unitate.

2.13. Marcaj [Marker; Marque.]

Simbol grafic de formă specifică utilizat pentru indicarea unei locații particulare.

2.14. Primitivă de intrare; [Input primitive; Primitive d'entrée.]

Dată (informație) obținută prin intermediul unui dispozitiv de intrare cum ar fi: claviatură, selector, locator, dispozitiv de interceptie sau evaluator.

2.15. Spațiu virtual (în grafica informatizată) [Virtual space; Espace virtuel.]

Spațiu în care coordonatele elementelor grafice sînt exprimate într-o manieră care le asigură independența de dispozitiv.

3. AFIȘAREA IMAGINILOR

3.1. Afișare [Display; Affichage.]

Reprezentare vizuală a datelor.

3.2. Imagine; [Display image; Image.]

Colecție de elemente grafice sau segmente care sînt reprezentate împreună la un moment dat pe o suprafață de afișare.

3.3. Imagine video [Soft copy; Image-video (Image sur écran).]

O imagine nepermanentă.

Exemplu: o imagine de pe ecranul unui tub catodic.

3.4. Spațiul dispozitivului [Display space (Operating space); Espace d'appareil.]

Spațiul definit prin ansamblul tuturor pozițiilor adresabile ale unui dispozitiv de afișare.

3.6. Element de imagine (Pixel); [Pixel (Picture element); Pixel (Élément d'image).]

Cel mai mic element de pe o suprafață de afișare căruia i se poate atribui în mod independent o culoare sau o intensitate.

3.7. Vector absolut [Absolute vector; Vecteur absolu.]

Un vector ale cărui capete sînt specificate în coordonate absolute.

3.8. Vector relativ ; [Incremental vector (Relative vector) ; Vecteur relatif].

Un vector al cărui punct final este specificat ca o deplasare față de punctul de origine.

3.9. Dimensiunea incrementului ; [Increment size ; Pas (Increment).]

Distanța dintre două puncte adresabile adiacente pe o suprafață de afișare.

3.10. Unitatea de raster ; [Raster unit ; Unité de trame.]

Unitate de măsură determinată de distanța dintre doi pixeli adiacenți.

Observație : Termenul unitate de rastru era folosit pentru a denumi dimensiunea incrementului.

3.11. Pasul plotterului ; [Plotter step size ; Pas de traceur].

Dimensiunea incrementului în cazul plotterului.

3.12. Ștergere ; [Blanking ; Extinction].

Eliminarea de pe suprafața de afișare a unui sau mai multor elemente grafice sau segmente.

3.13. Clipire ; [Blinking ; Clignotement].

Modificare periodică intenționată a intensității unui sau mai multor elemente grafice sau segmente.

3.14. Pilpire ; [Flicker ; Papillotement].

Pulsația nedorită a unei imagini afișată pe un tub catodic.

Observație : Pilpirea apare când frecvența de reimprospătare este prea mică în raport cu caracteristicile fosforului.

3.15. Întoarcerea imaginii ; [Wraparound ; Bouclage.]

Afișarea în anumite puncte ale suprafeței de afișare a unor elemente grafice ale căror coordonate se află în afara spațiului dispozitivului.

Observație : Întoarcerea imaginii are loc când coordonatele punctelor adresabile se calculează folosind operatorul aritmetic modulo.

În consecință, puncte amplasate adiacent în realitate, apar la margini opuse ale suprafeței adresabile.

4. UNITĂȚI FUNCȚIONALE

4.1. Suprafață de afișare ; [Display surface ; Surface d'affichage (Surface de visualisation)]

La un dispozitiv de afișare, este mediul pe care apar imaginile afișabile.

Exemplu : Ecranul unui tub catodic ; hîrtia de la un plotter.

4.2. Consolă de afișare ; [Display console ; Visu (Visuel ; Console de visualisation).]

Consolă care are cel puțin o suprafață de afișare și poate avea unul sau mai multe dispozitive de intrare.

4.3. Consolă de afișare cu raster ; [Raster display device ; Visu à quadrillage.]

Dispozitiv de afișare în care imaginile afișate sînt generate pe o suprafață de afișare utilizînd grafica informatizată prin raster.

4.4. Dispozitiv de afișare caligrafică ; [Calligraphic display device (Directed beam display device ; Directed beam device) ; Visu à balayage cavalier.]

Dispozitiv de afișare în care elementele grafice ale imaginilor afișate pot fi generate în orice secvență controlată prin program.

4.5. Tub cu memorie ; [Storage tube ; Tube à mémoire.]

Tip de tub catodic care păstrează o imagine afișată fără să necesite reimprospătare.

4.6. Ecran cu plasmă ; [Plasma panel (Gas panel) ; Ecran à plasma.]

Parte a unui dispozitiv de afișare constituit dintr-o grilă de electroni plasați într-un mediu gazos într-o încălțată plată.

Observație : Imaginea persistă o lungă perioadă de timp fără reimprospătare.

4.7. Plotter cu tambur ; [Drum plotter ; Traceur à rouleau.]

Un plotter care desenează o imagine afișabilă pe o suprafață de afișare montată pe un tambur rotitor.

4.8. Plotter ; [Flatbed plotter ; Table traçante (Table à tracer).]

Un trasor care desenează o imagine afișabilă pe o suprafață de afișare montată pe o suprafață plană.

4.9. Plotter cu raster ; [Raster plotter ; Traceur par ligne.]

Un plotter care generează o imagine afișabilă pe o suprafață de afișare folosind o tehnică de parcurgere linie cu linie prin puncte.

4.10. Plotter electrostatic [Electrostatic plotter; Traceur électrostatique.]

Plotter cu raster care utilizează un rind de electrozi pentru a crea sarcinile electrice care atrag cerneala pe hîrtie.

4.11. Cap de trasare [Plotting head; Tête traçante.]

Dispozitivul cu care plotterul desenează pe suprafața de afișare.

4.12. Generator de caractere [Character generator; Générateur de caractères.]

Unitate funcțională care convertește un caracter din reprezentarea sa codificată într-o reprezentare grafică pentru afișare.

4.13. Generator de caractere prin segmente [Stroke character generator; Générateur de caractères par traits.]

Generator de caractere care produce imaginile caracterelor prin segmente de dreaptă.

4.14. Generator de caractere cu matricea de puncte [Dot matrix character generator; Générateur de caractères par points.]

Generator de caractere care produce imaginile caracterelor prin puncte.

4.15. Generator de curbe [Curve generator; Générateur de courbes.]

Unitate funcțională care convertește reprezentarea codificată a unei curbe într-o reprezentare grafică a curbei pentru a fi afișată.

4.16. Generator de vectori [Vector generator; Générateur de vecteurs.]

Unitate funcțională care generează segmente de dreaptă orientate.

4.17. Locator [Locator; Relèveuse de coordonnées.]

Dispozitiv de intrare ce furnizează coordonatele unei poziții.
Exemple: șoricelul, tableta.

4.18. Bîlă rotitoare [Control ball (Track ball; Tracker ball); Boule roulante.]

Bîlă, rotibilă în jurul centrului ei, folosită ca dispozitiv de intrare, de obicei ca locator

4.19. Joystick [Joystick; Manche à balai.]

Manetă cu cel puțin două grade de libertate, folosită ca dispozitiv de intrare, de obicei ca locator.

4.20. Rotișă [Thumb wheel; Molette.]

Rotișă mobilă în jurul axei sale, care furnizează o valoare scalară.

Observație: o pereche de rotișe poate fi folosită drept locator.

4.21. Șoricel [Mouse; Souris.]

Locator manevrat manual pe o suprafață.

Observație: un șoricel este alcătuit dintr-o bîlă rotitoare sau dintr-o pereche de rotișe

4.22. Tabletă [Tablet; Tablette.]

Suprafață plană care permite reperarea fiecărei poziții de pe ea și care este folosită de obicei ca locator.

4.23. Dispozitiv de intercepție [Pick device; Dispositif de designation.]

Dispozitiv de intrare utilizat pentru indicarea unui anumit element grafic sau a unui anumit segment.

4.24. Creion optic [Light pen; Photostyle.]

Dispozitiv de intercepție fotosensibil care se întrebuițează îndreptîndu-l spre suprafața de afișare.

4.25. Comutator luminos [Virtual push button (Light button); Élément de menu (Touche virtuelle).]

Elemente grafice folosite pentru simularea tastelor funcționale prin intermediul unui dispozitiv de intercepție.

4.26. Evaluator [Valuator; Comparateur.]

Dispozitiv de intrare ce furnizează o valoare scalară.
Exemple: rotișă, potențiometru.

4.27. Selector [Choice device; Sélecteur.]

Dispozitiv de intrare ce furnizează o valoare dintr-o mulțime de alternative.
Exemplu: o tastă funcțională.

4.28. Cititor de curbe [Stroke device; Lécuteur de courbes.]

Dispozitiv de intrare ce furnizează coordonatele unei mulțimi de puncte care mărcheză, tras cîl urmat de el.

5. METODE ȘI PROCEDEE DE FUNCȚIONARE

5.1. Regenerarea (imaginii) [(Image) Regeneration ; Régénération (d'image).]

Suită de evenimente necesare generării unei imagini afișabile pornind de la reprezentarea sa din memorie.

5.2. Reimprospătare [Refresh ; Rafrâichissement.]

Procedeu care constă în producerea în mod repetat a unei imagini pe o suprafață de vizualizare astfel încât imaginea să rămână vizibilă continuu.

5.3. Frecvență de reimprospătare [Refresh rate ; Fréquence de rafraichissement.]

Numărul de generări ale unei imagini afișabile în vederea reimprospătării efectuate într-o secundă.

5.4. Econ [Echo ; Echo.]

Notificarea imediată a operatorului de la consola dispozitivului de afișare asupra valorii curente furnizate de un dispozitiv de intrare.

5.5. Cursor [Cursor ; Curseur.]

Simbol grafic particular folosit pentru a indica poziția de pe suprafața de afișare în care se va executa următoarea operație.

5.6. Urmărire [Tracking ; Poursuite.]

Deplasarea unui simbol de urmărire.

5.7. Simbol de urmărire [Tracking symbol ; Symbole de poursuite.]

Simbol de pe suprafața de afișare care indică poziția corespunzătoare coordonatelor datelor furnizate de un locator.

5.8. Interceptare cu creion optic [Light-pen detection (Ligh-pen hit) ; Détection par photostyle.]

Detectarea prin intermediul unui creion optic a luminii produse de un element grafic pe o suprafață de vizualizare.

5.9. Țintă (Cursor) [Aiming symbol (Aiming Circle ; Aiming Field) ; Champ de visée.]

Cerc sau altă configurație luminoasă de pe suprafața de afișare folosită pentru a indica zona în care se poate detecta prezența la un moment dat unui creion optic.

5.10. Element (segment) interceptabil [Detectable element (segment) ; Élément (segment) detectable.]

Element optic (segment) care poate fi detectat de un dispozitiv de interceptare.

5.11. Întindere [Rubber-banding ; Étirement.]

Deplasarea extremității comune a unui ansamblu de segmente de dreaptă în timp ce originile lor rămân fixe.

5.12. Trasare [Inking ; Trace.]

Desenarea unei linii prin deplasarea unui locator pe o suprafață de afișare și lăsarea unei urme în spatele locatorului în maniera în care se desenează pe hârtie o dreaptă cu creionul.

5.13. Dragare [Dragging ; Entraînement d'image.]

Deplasarea unuia sau mai multor segmente pe o suprafață de afișare prin translație de-a lungul unui parcurs determinat de un locator.

5.14. Evidențiere [Highlighting ; Mise en évidence.]

Scoterea în evidență a unui element grafic sau a unui segment prin modificarea atributelor lor vizuale.

5.15. Translație [Translation ; Translation.]

Aplicarea unei deplasări constante pozițiilor unuia sau mai multor elemente grafice.

5.16. Scalare [Scaling ; Changement d'échelle.]

Aplicarea unui factor de multiplicare unuia sau mai multor elemente grafice.

Observație. Pentru a face scalarea în două sau mai multe direcții, nu este necesar să se folosească același factor de scară pentru fiecare direcție.

5.17. Rotire [Rotation ; Rotation.]

Acțiunea de a roti elementele grafice în jurul unei axe.

5.18. Oglinzire [Mirroring ; Réflexion.]

Reflectarea elementelor grafice față de o linie sau față de un plan.

5.19. Fereastră [Window ; Fenêtre.]

Zonă predefinită din spațiul virtual.

5.20. Vizor [Viewport ; Clôture.]

Zonă predefinită din spațiul de afișare.

5.21 Transformare fereastră/vizor (Transformare de vizualizare) [Window/viewport transformation (Viewing transformation) ; Transformation fenêtre/clôture.]

Transformare care pune în corespondență marginile și conținutul unei ferestre cu marginile și interiorul unui vizor.

5.22. Decupare [Clipping ; Détourage (Découpage).]

Eliminarea acelor părți ale elementelor grafice care nu se încadrează într-un perimetru dat.

5.23. Mascare [Shielding (Reverse clipping) ; Masquage.]

Eliminarea acelor părți ale elementelor grafice care se încadrează într-un perimetru dat.

5.24. Defilare [Scrolling ; Defilement.]

Deplasarea unei ferestre pe verticală sau pe orizontală astfel încît pe măsură ce datele noi sînt afișate în vizor cele vechi dispar.

5.25. Defilare verticală ; [Rolling ; Defilement vertical.]

Defilare restrînsă la direcția verticală.

5.26. Efect de lupă [Zooming ; Variation de focale (Effet de loupe).]

Scalare continuă a unei întregi imagini afișabile astfel încît să dea impresia vizuală de mișcare a unui grup grafic spre sau dinspre un observator.

Observație : factorul de scalare trebuie să fie același în toate direcțiile.

5.27. Culbută [Tumbling ; Culbute.]

Afișare dinamică a rotirii unor elemente grafice în jurul unei axe a cărei orientare în spațiu se modifică în mod continuu.

5.28. Panoramarare [Panning ; Panoramique].

Translatarea continuă a unei întregi imagini afișabile pentru a da impresia vizuală de deplasare laterală a întregii imagini.

5.29. Fundal [Background image (Static image) ; Fond d'image ;

Parte a unei imagini care nu este modificată pe durata unei suite de tranzații.

Exemplu : Cadru de supraîmprire

5.30. Primplan [Foreground image (Dynamic image) ; Premiere plan d'image.]

Parte a unei imagini care poate fi modificată dinamic.

5.31. Cadru de supraîmprire [Form overlay ; Cadre de surimpression.]

Desen care reprezintă de exemplu un formular, o grilă, un plan sau o hartă, și este utilizat drept fundal.

5.32. Imprimare de cadru ; Form flash ; [Impression de cadre.]

Afișare a unui cadru de supraîmprire.

6. MICROGRAFICĂ

6.1. Micrografică informatizată [Computer micrographics ; Micrographie].

Metode și tehnici de conversie a datelor într-un/dintr-un microformat prin intermediul calculatoarelor.

Observație : Microformat este de obicei microfilmul sau microfișa.

6.2. Ieșire pe microfilm (COM) ; [Computer output microfilming (COM) ; Composition en sortie d'ordinateur sur microforme (COM).]

Tehnică de conversie și înregistrare a datelor de la calculator direct pe microfilm.

6.3. Imprimantă pe microfilm ; [Computer output microfilmer (COM device) ; Imprimante de microformes].

Dispozitiv specializat pentru ieșire pe microfilm.

Listă selectivă de produse-program în domeniul prelucrărilor grafice pe calculator, aflate în biblioteca națională de programe (BNP-ICI) *

Nr. crt.	Denumire produs-program și funcții realizate	Domenii de utilizare	Tip echipament de calcul	Elaborator
0	1	2	3	4
1.	DIAGRAF — Sistem de programe pentru descrierea desenelor : — translatări, rotiri, scalări — generare interpolări și legături (în curs de dezvoltare conform standardelor internaționale SIGGRAPH '79 și GKS '82)	— construcții civile, arhitectură — topologie, cartografie — construcții de mașini — electronică, — electrotehnică — confecții	CORAL Independent DAF 2010	Institutul Central pentru Conducere și Informatică București
2.	EDIMAG — Pachet de programe pentru elaborarea variantelor de desene pentru executarea lor pe mese automate de desen (graph-plotter) folosind display-uri semigrafice	— cercetare-proiectare asistată de calculator în : — construcții civile și industriale — construcții de mașini	CORAL Independent DAF 2010	ICI CTCE Cluj-Napoca
3.	LPAD — Limbaj pentru desenarea automată în plan : — descriere obiecte pe bază de primitive grafice (linii, cercuri, texte) — calcul automat de cote — programare în limbaj de nivel înalt	— construcții, arhitectură — topologie, cartografie — construcții de mașini	CORAL Independent Display	ICI CTCE Cluj-Napoca
4.	INTERPLOT — Pachet de programe pentru automatizarea desenării pe un display grafic sau plotter : — trasare linii, arce de cerc, cercuri, (linii continue sau întrerupte), simboluri speciale, text, hașurări, curbe continue etc.	— construcții, arhitectură — topologie, cartografie — construcții de mașini	CORAL Independent Display grafic (DAF-2020) Plotter	ICI CTCE Cluj-Napoca

* Anexa cuprinde programe în domeniul prelucrărilor grafice pe calculator existente în BNP în momentul conceperii materialului. Preocupări și realizări de produse-program în domeniul graficii interactive au numeroase colective din diferite institute de cercetare, întreprinderi industriale și facultăți ; o parte din aceste realizări sînt exemplificate pe parcursul lucrării.

0	1	2	3	4
5.	MINILOT — Pachet de programe pentru executarea automată a desenelor cu ajutorul mesei de desen de tip DIGIGRAF-1612 (RSC)	— construcții civile și industriale, arhitectură — topologie, cartografie — construcții de mașini etc.	— CORAL — Independent — Plotter DIGIGRAF-1612 interfață mini-calculator — plotter	ICI CTCE Arad
6.	TRACUN — Pachet de programe pentru desena automată a liniei de contur a unui plan generat prin interpolare netedă a datelor tridimensionale oarecare	— explorări geologice — cartografie — meteorologie — îmbunătățiri funciare — construcții de mașini etc.	CORAL Independent Plotter DIGIGRAF (independente sau conectate la minicalculator)	ICI CTCE Cluj-Napoca
7.	POLIED — Produs-program pentru reprezentarea tridimensională convexă a obiectelor în spațiul utilizator pe display sau plotter — proiecții paralele, ortogonale, oblice, centrale — înlăturarea muchiilor nevăzute — primitive: cuboid, cilindru, con, sferă, etc. — revoluții, translații, scalare (pe 3 axe) — concatenări, intersecții etc.	— construcții civile și industriale, arhitectură — construcții de mașini etc.	CORAL Independent Display Plotter (optional)	ICI CTCE Cluj-Napoca
8.	SIMS — Produs-program interactiv pentru modelarea suprafețelor. Permite descrierea, manipularea și reprezentarea grafică a suprafețelor cu ajutorul punctelor în vederea generării de programe pentru comanda numerică cu program a mașinilor-unelte	— construcția de mașini — aeronautică — ind. ușoară	CORAL Independent Display (DAF) Plotter	ICI CTCE Cluj-Napoca
9.	EDL — Limbaj extensibil de programare cu facilități grafice (nucleu conform standardului internațional SIGGRAF)	— cercetare-proiectare asistată de calculator	CORAL Independent	Institutul Central pentru Conducere și Informatică
10.	STAR-PD-M118 — Pachet de programe pentru reprezentarea grafică pe plotter a rezultatelor prelucrărilor de date	— sisteme de prelucrare electronică a datelor	Microcalculator FELIX M-118	Institutul Central pentru Conducere și Informatică

