

# **CONSIDERAȚII TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND REALIZAREA COMPUTERIZATĂ A TIPARELOR, CU AJUTORUL MANECHINELOR VIRTUALE PENTRU DESIGN VESTIMENTAR**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea "Politehnica" din Timișoara  
în domeniul INGINERIE MECANICĂ  
de către

**Ing. Andreea Anca Șimon**

Conducător științific: prof.dr.ing. Doina Drăgulescu  
prof.dr.ing. Octavian Gligor  
Referenți științifici: prof.dr.ing. Aurica Căzăilă  
prof.dr.ing. Constantin Bungău  
conf.dr.ing. Erwin Christian Lovasz

Ziua susținerii tezei: 17.10.2008

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Automatică          | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie              | 8. Inginerie Industrială                    |
| 3. Energetică          | 9. Inginerie Mecanică                       |
| 4. Ingineria Chimică   | 10. Știința Calculatoarelor                 |
| 5. Inginerie Civilă    | 11. Știința și Ingineria Materialelor       |
| 6. Inginerie Electrică |   |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2008

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Problema fundamentală a construcției îmbrăcăminteii o constituie adaptarea structurilor textile plane la forma neregulată a corpului omenesc, iar rezolvarea acestei probleme condiționează poziția corectă a produsului pe corp și funcționalitatea acestuia. Tiparele reprezintă desfășuratele plane ale reperelor produselor de îmbrăcăminte, a căror formă și dimensiuni trebuie corelate cu forma și dimensiunile corpului uman.

Se poate vorbi despre viitorul industriei de confecții doar în ideea că orice firmă va adopta flexibilitatea și calitatea dreptei concepte de prim ordin. Flexibilitatea trebuie să asigure adaptarea firmei la cerințele pieței, iar calitatea reprezintă ceea ce-și dorește consumatorul.

Spre deosebire de *producția individuală*, destinată consumului individual, în care numărul variantelor dimensionale este practic nelimitat, iar parametrii produsului sunt determinați de purtător, în *producția de serie*, destinată în special consumului colectiv, numărul variantelor dimensionale este limitat, cererea purtătorilor fiind asigurată pe baza standardelor antropometrice. Astfel, fabricația industrială a produselor de îmbrăcăminte se realizează pentru un număr determinat de variante dimensionale, în conformitate cu standardele antropometrice alcătuite la nivelul cerințelor industriei de confecții.

La scară mondială s-au elaborat numeroase standarde antropometrice care să reglementeze tipologiile dimensionale pentru populație, dar una din pretențiile majore ale consumatorului este potrivirea perfectă pe corp a produsului vestimentar, care să urmărească formele și dimensiunile acestuia, ceea ce rămâne încă o problemă pentru industria de confecții, având în vedere marea diversitate dimensională a populației.

Scopul lucrării de față este de a rezolva construcția tiparelor pentru produsele de îmbrăcăminte cu ajutorul tehnicii de calcul, într-o gamă dimensională cât mai variată, astfel încât să satisfacă un număr cât mai mare de consumatori. În acest sens, lucrarea urmărește realizarea unui manechin virtual pentru design vestimentar, a cărui forme și dimensiuni se pot modifica în funcție de tipologia dimensională a populației.

Acest manechin virtual s-a realizat pornind de la cunoștințele despre structura anatomică a corpului uman și în special forma exterioară a acestuia, iar în urma cercetării posibilităților de modelare geometrică a curbilor și suprafețelor, s-a ajuns la obținerea formelor complexe a corpului uman.

Lucrarea este structurată în trei părți: *Partea de Documentare*, care reprezintă o sinteză asupra cunoștințelor actuale, *Partea de Cercetare*, care cuprinde datele de pornire la realizarea studiului și *Partea de Contribuții Personale*, în care s-a realizat un manechin virtual pentru design vestimentar, iar în final s-a trecut la obținerea computerizată a tiparelor pentru produsele de îmbrăcăminte.

Această muncă susținută nu ar fi fost posibilă fără ajutorul unor oameni deosebiți, cărora țin să le mulțumesc pe această cale.

Un gând de pioasă recunoștință și profund respect, regretatei doamne Prof. Dr. Ing. Doina Drăgulescu, primul meu conducător științific, care m-a îndemnat să abordez acest subiect și m-a îndrumat pe parcursul elaborării acestei lucrări până aproape spre final.

Doresc să exprim cele mai alese mulțumiri domnului Prof. Dr. Ing. Octavian Gligor, conducătorul meu științific, care a avut bunăvoința să mă sprijine și care a continuat să mă îndrume în vederea finalizării acestei lucrări.

Calde mulțumiri colectivului de la Catedra de Mecatronică, din cadrul Facultății de Mecanică din Timișoara, care mi-a pus la dispoziție laboratorul pentru realizarea studiului, din ultima parte a lucrării.

În final, dar nu în ultimul rând, vreau să mulțumesc familiei, părinților mei și în mod special soțului și copilului, care au dat dovadă de o înțelegere deosebită și care m-au susținut permanent.

ȘIMON, ADREEA ANCA

**Considerații teoretice și experimentale privind realizarea computerizată a tiparelor, cu ajutorul manechinelor virtuale pentru design vestimentar**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 9, Nr. 42, Editura Politehnica, 2008, 212 pagini, 184 figuri, 3 tabele.

ISSN: 1842-4937

ISBN: 978-973-625-728-5

Cuvinte cheie:

manechin, tipare, program, confecții, antropometrie, design vestimentar

Rezumat,

Problema fundamentală a construcției îmbrăcăminte o constituie adaptarea structurilor textile plane la forma neregulată a corpului uman, iar rezolvarea acestei probleme condiționează poziția corectă a produsului pe corp și funcționalitatea acestuia. Tiparele reprezintă desfășuratele plane ale reperelor produselor de îmbrăcăminte, a căror formă și dimensiuni trebuie corelate cu forma și dimensiunile corpului uman.

Scopul lucrării de față este de a rezolva construcția tiparelor pentru produsele de îmbrăcăminte cu ajutorul tehnicii de calcul, într-o gamă dimensională cât mai variată, astfel încât să satisfacă un număr cât mai mare de consumatori. În acest sens, lucrarea urmărește realizarea unui manechin virtual pentru design vestimentar, a cărui forme și dimensiuni se pot modifica în funcție de tipologia dimensională a populației.

Acest manechin virtual s-a realizat pornind de la cunoștințele despre structura anatomică a corpului uman și în special forma exterioară a acestuia, iar în urma cercetării posibilităților de modelare geometrică a curbilor și suprafețelor, s-a ajuns la obținerea formelor complexe a corpului uman, și în final s-a trecut la obținerea computerizată a tiparelor pentru produsele de îmbrăcăminte.

## CUPRINS

Cuvânt înainte .....	3
----------------------	---

### PARTEA I-a STADIUL DOCUMENTĂRII

<b>Cap. 1. Prezentarea evoluției istorice a îmbrăcăminteii, a idealurilor estetice și strânsa legătură dintre anatomie și artă .....</b>	<b>9</b>
--	----------

1.1. Epoca primitivă .....	10
1.2. Antichitatea .....	12
1.2.1. Costumația antică egipteană .....	12
1.2.2. Costumația antică persană .....	13
1.2.3. Costumația antică greacă .....	13
1.2.4. Costumația antică romană .....	14
1.2.5. Costumul antic bizantin .....	15
1.3. Evul Mediu .....	16
1.3.1. Vestimentația medievală .....	16
1.3.2. Costumul gotic .....	20
1.4. Renașterea .....	21
1.4.1. Artă în Renaștere .....	21
1.4.2. Costumul Renașterii .....	33
1.5. Moda în perioada precapitalistă .....	40
1.6. Moda orientală .....	41
1.6.1. Costumul chinezesc .....	41
1.6.2. Costumul japonez .....	47
1.7. Moda în secolul XX .....	48
1.8. Moda contemporană .....	50

<b>Cap. 2. Forma și dimensiunile corpului uman .....</b>	<b>53</b>
--	-----------

2.1. Noțiuni de anatomie a corpului uman .....	53
2.1.1. Sistemul osos și sistemul articular .....	53
2.1.2. Sistemul muscular .....	57
2.2. Elemente de biomecanică a corpului uman .....	60
2.3. Prezentarea generală a formei exterioare a corpului uman .....	61
2.4. Studiul proporțiilor corpului uman .....	63
2.4.1. Proporțiile corpului uman în artă .....	63
2.4.2. Proporțiile corpului uman pentru design vestimentar ..	68
2.5. Principalii indicatori morfologici care caracterizează forma și dimensiunile corpului uman .....	70
2.6. Dezvoltarea fizică a corpului uman .....	75
2.7. Tipuri de indicatori care definesc forma și dimensiunile corpului uman.....	76

**PARTEA a II-a**  
**ETAPA DE CERCETARE**

<b>Cap.3.Tipuri de curbe și suprafețe pentru modelarea corpului uman .....</b>	<b>80</b>
3.1.Reprezentarea și modelarea obiectelor geometrice .....	80
3.1.1.Reprezentarea poligonală .....	81
3.1.1.1.Modelarea obiectelor poligonale .....	83
3.1.2.Rețele de petice parametrice bicubice .....	86
3.1.2.1.Modelarea obiectelor cu rețele de petice .....	88
3.1.3.Construcția geometrică a solidului .....	89
3.1.4.Tehnici de subdividere a spațiului .....	91
3.1.4.1.Arbori de ordin opt .....	92
3.1.4.2.Arbori BSP .....	95
3.1.5.Strategii de proiectare .....	97
3.1.5.1.Proiectarea obiectelor poligonale .....	97
3.1.5.2.Proiectarea unei rețele de petice parametrice.	98
3.1.5.3.Proiectarea unei descrieri CSG .....	100
3.2.Reprezentarea parametrică .....	101
3.2.1.Reprezentarea parametrică a solidelor tridimensionale	101
3.2.1.1.Prezentarea generală a curbelor parametrice .	102
3.2.2.Reprezentarea parametrică a curbelor tridimensionale	105
3.2.3.Curbele cubice Bézier.....	105
3.2.3.1.Unirea segmentelor de curbă Bézier .....	110
3.2.3.2.Proprietăți ale curbelor Bézier.....	111
3.2.4.Curbele B-spline .....	112
3.2.4.1.Curbele B-spline uniforme .....	113
3.2.4.2.Curbele B-spline neuniforme .....	118
3.2.4.3.Proprietăți ale curbelor B-spline .....	125
3.2.5.Suprafețe cubice biparametrice .....	125
3.2.5.1.Unirea peticelor de suprafață Bézier .....	128
3.2.5.2.Petice de suprafață B-spline .....	131
3.2.6.Redarea suprafețelor parametrice .....	133
3.2.7.Extinzând controlul: NURBS și $\beta$ -splines .....	137
3.2.7.1.NURBS .....	137
3.2.7.2. $\beta$ -splines .....	138
3.2.8.Modelarea corpurilor cu rețele parametrice bicubice ...	140
3.2.8.1.Potrivirea suprafețelor .....	140
3.2.8.2.Desenul secțiunii transversale .....	143
3.2.8.3.Desenul unui poliedru de control: tehnica de bază .....	145
3.2.8.4.Desenul unui poliedru de control: control fin ..	146
3.2.8.5.Desenul unui poliedru de control: control brut	148

<b>Cap.4. Manechine pentru design vestimentar .....</b>	<b>151</b>
4.1. Scurt istoric al evoluției formei manechinelor .....	151
4.2. Evoluția metodelor de măsurare a corpului uman .....	154
4.3. Metode de cercetare a formei exterioare a corpului uman .....	158

**PARTEA a III-a  
CONTRIBUȚII PERSONALE**

<b>Cap.5. Simularea unui manechin virtual pentru design vestimentar .....</b>	<b>162</b>
5.1. Datele și dimensiunile necesare realizării unui manechin pentru design vestimentar .....	162
5.2. Realizarea unui manechin virtual pentru design vestimentar.....	164
<b>Cap. 6. Realizarea tiparelor produselor de îmbrăcăminte cu ajutorul unui manechin pentru design vestimentar .....</b>	<b>184</b>
6.1. Stadiul actual în realizarea tiparelor .....	184
6.2. Metode de realizare a tiparelor cu ajutorul unui manechin reglabil asociat calculatorului .....	184
6.3. Calibrarea echipamentului pentru achiziționarea datelor .....	188
6.4. Prelucrarea imaginilor manechinului.....	189
6.5. Editarea și prelucrarea imaginilor achiziționate .....	191
6.6. Rezultate experimentale .....	195
<b>Cap.7. Concluzii și contribuții .....</b>	<b>200</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>203</b>

**PARTEA I-a**  
**STADIUL DOCUMENTĂRII**



# 1. PREZENTAREA EVOLUȚIEI ISTORICE A ÎMBRĂCĂMINTEI, A IDEALURILOR ESTETICE ȘI STRÂNSA LEGĂTURĂ DINTRE ANATOMIE ȘI ARTĂ

Apariția vestimentației este legată de cele mai timpurii trepte de dezvoltare ale societății omenești, evoluția îmbrăcăminteii fiind dependentă de viața economico-socială, nivelul de cultura și civilizație atins de aceasta.

Îmbrăcăminteii este un bun vestimentar, necesar omului atât pentru protejarea corpului sau, precum și un mijloc de împodobire și înfrumusețare a acestuia. Creată la început pentru apărarea corpului de acțiunea nefavorabilă a mediului climatic înconjurător, sub influența diferitelor condiții istorice a evoluției idealurilor estetice, îmbrăcăminteii a suferit multiple transformări, a atins o mare varietate de tipuri și forme devenind un obiect al artelor plastice. Funcția de apărare a corpului ar fi putut fi îndeplinită de forme extrem de simple ale produselor vestimentare, dar societatea omenească în decursul dezvoltării sale a căutat să dea îmbrăcăminteii diferite forme conducându-se după anumite cerințe estetice.

Prin specificul sau, suferind prin purtare o uzură mai rapidă decât celelalte obiecte de artă decorativă, îmbrăcăminteii se schimbă cel mai frecvent și oglindește cel mai prompt neîncetata evoluție a civilizației, a concepțiilor și idealurilor estetice. Îmbrăcăminteii reflectă fidel originalitatea culturii naționale a diferitelor popoare, simțul lor estetic, tradiția, nivelul de trai, particularitățile mediului natural etc.

În societățile împărțite pe clase, îmbrăcăminteii a oglindit cel mai direct condițiile sociale și raporturile de clasă și a constituit un mijloc de diferențiere socială. Fiecare clasă dominantă, pe diferite trepte ale istoriei și-a impus concepțiile estetice și idealul propriu despre om, de care a încercat să se apropie prin înfățișarea exterioară cu ajutorul vestimentației. Amprenta personală a costumelor unor epoci și țări este hotărâtă de idealul de frumusețe umană, realizat practic prin valorificarea unor mijloace de expresie artistică comune artelor plastice.

În termenul de "**costum**" se includ alături de îmbrăcăminteii propriu-zisă și alte obiecte, care împreună întregesc aspectul exterior al omului. Astfel o definiție cuprinzătoare a acestuia ar putea fi: costumul este acel complex de obiecte coordonate între ele, formate de-a lungul istoriei și în evoluție permanentă, atât obiecte care se îmbracă nemijlocit pe corp, cât și accesorii (poșete, bijuterii etc.), care împreună cu machiajul și coafura formează aspectul exterior al omului și realizează un scop unic unitar-estetic.[85]

În scopul dimensionării corecte a produselor de îmbrăcăminte și a asigurării corespondenței dintre produs și corp este necesar să se cunoască structura anatomică a corpului uman, forma sa exterioară privită ca suprafață de sprijin a produsului vestimentar.

**Anatomia** este o știință fundamentală care studiază atât structura organismului uman, cât și raporturile organelor componente, bazându-se în principal pe disecție. Studiul corpului uman a început prin observarea simplă a individului, fie asupra corpului său, fie al semenului său. Mai târziu a apărut disecția, la început ca mijloc de cercetare a cauzei morții, apoi ca metodă de studiu a anatomiei omului. Disecția dezvoltă procesul cunoașterii și conturează anatomia ca știință.

## 1.1 Epoca primitivă

În această perioadă datele de anatomie au fost rudimentare. Ele sunt atestate de picturi murale cu animale și oameni de statură mică, în mișcare și îmbrăcați sumar. Trăsăturile corpului uman apar diforme. Astfel este cunoscută celebra statueta din calcar, Venus din Willendorf, cu sânii și fesele gigante și corpul acoperit de o scoică.

Idealul uman exprimă dorința de a dobândi prin mimare și travestire puterea unor fiare vânată, sau puterea unor forțe necunoscute. Astfel specifică unui stadiu primitiv de civilizație pare să fi fost nu atât vestimentația cât modificarea aspectului trupului însuși, schimbarea coloritului natural prin pictare, remodelarea lui prin automutilare și încrustarea podoabelor direct în carne. Toate popoarele primitive au practicat pictarea trupului în diverse forme și culori aplicate direct sau prin ștampilare, sau fixate în piele prin tatuaj. Rolul însemnelor și al ornamentelor era în primul rând cel de a indica locul și rolul fiecărui individ în colectivitate, iar altele erau menite să sprijine și să ajute omul împotriva forțelor cunoscute și necunoscute. În acest sens oamenii primitivi își pictau cercuri în jurul gurii sau a ochilor cu sens magic de barieră împotriva duhurilor rele. Se mai practicau, ca metode de înfrumusețare, găurirea urechilor sau a nasului pentru purtarea diferitelor inele, sau o mulțime de cercuri de metal sub formă de coliere purtate în jurul gâtului de femeile "girafe", cercuri care determinau extensia patologică a coloanei vertebrale și o rigiditate a ținutei care dovedea dreptul de a nu munci fizic.[90]

În faza primară a vieții, omul și-a confecționat singur obiectele de îmbrăcăminte, aceasta îndeletnicire dăinuind și astăzi în unele zone geografice unde știința și tehnica pătrund mai greu, sau chiar deloc. Astfel omul și-a fixat pe corp prototipul produsului, confecționat din blănuri de animale, scoarțe și frunze de copaci, mulțumindu-se cu o îmbrăcăminte sumară, dar eliberându-și astfel brațele pentru muncă. Dezvoltarea ulterioară a îmbrăcăminteii a fost legată de dezvoltarea forțelor și mijloacelor de producție. Evoluția îmbrăcăminteii s-a desfășurat ca urmare a obținerii unor materiale noi cu aspect plăcut, frumoase la vedere, rezistente la solicitări mecanice și eficiente la prelucrare și purtare.

Inventarea războiului de țesut și dezvoltarea meșteșugurilor textile a condus la apariția produselor de îmbrăcăminte realizate la început prin drapare și apoi prin coasere a țesăturilor deja croite. La formele raționale de astăzi ale îmbrăcăminteii s-a ajuns printr-un lung și complex proces evolutiv.

În evoluția istorică a îmbrăcăminteii se pot distinge următoarele trei etape:

- prima etapă, de drapare a unor bucăți dreptunghiulare de material, fixate pe corp prin diferite sisteme de prindere: agrafe, copci, șnururi;
- a doua etapă, de realizare a îmbrăcăminteii din bucăți dreptunghiulare unite prin coasere;

- a treia etapă, de obținere a îmbrăcăminte din repere de formă geometrică neregulată corespunzătoare formei corpului, croite din diferite materiale plane, etapă în care se poate încadra și îmbrăcăminte actuală.

În perspectivă, se conturează și o altă etapă de obținere a reperelor sau a produsului în ansamblu, prin procedee neconvenționale care elimina croirea materialelor plane și permit obținerea directă a formei spațiale a produsului, corespunzătoare formei corpului.[21]

Caracteristic pentru prima perioadă de evoluție a îmbrăcăminte, cea mai veche, este sistemul de drapare adoptat de vechii greci și romani. Funcția primordială a produselor realizate pe acest principiu era cea de protecție a corpului, dar prin materialele și elementele folosite, precum și prin culoare se realizau diferențierile de poziție socială. Sistemul de drapare se mai păstrează și în zilele noastre, de exemplu la costumul național al femeilor din India.

## 1.2 Antichitatea

În antichitate, datele empirice de anatomie proveneau de la observarea omului bolnav sau mort, sau de la animalele sacrificate.

Egiptenii foloseau disecția și astfel au obținut cunoștințe importante de anatomie. Ei au inventat procedeul de îmbălsămare a mumiilor care se efectua după eviscerarea corpului. La egipteni datele de anatomie s-au transmis prin picturi murale, papirusuri și povestirile lui Herodot.

În India disecția era interzisă, dar nu ca observație ci ca manevră instrumentală.

În China disecția a fost prohibită de la Confucius până în 1913, iar cărțile ofereau date laice, imaginare, ireale. În canonul medical Nei Ching, de acum 3000 de ani, se descriu și date despre oasele la femei și la bărbat, articulații și 12 vase de sânge corespunzătoare lunilor anului. Ei cunoșteau însă bine vasele de sânge superficiale. Cunoștințele chinezilor erau însă modeste și bizare. Astfel lipsa datelor obținute prin disecție, în China veche, țara cu o civilizație atât de dezvoltată și rafinată, a determinat o stagnare în dezvoltarea anatomiei și a științelor medicale, dând curs elementelor imaginare.

În Grecia antică s-au descris două perioade: perioada prehipocratică, până în anul 400 î.e.n., când cunoștințele au fost sumare și nesistematizate; și perioada Hipocratică care este o perioadă înfloritoare, cunoscut fiind faptul că Hipocrate este considerat părintele medicinei.

Un rol important l-a avut școala din Alexandria, care a reprezentat un centru cultural și înfloritor pentru acea perioadă. Aici s-a înființat prima Universitate din lume. În acea vreme în mod organizat se practica disecția pe cadavre de om în așa-zisul "teatru anatomic". Nenumărate descoperiri anatomice dezvoltă științele medicale în totalitate, oferind un progres real medicinei.

În Imperiul Roman au existat cercetători de frunte, cum a fost și medicul roman Galenus, care în calitate de medic chirurg al amfiteatrului de gladiatori are prilejul de a examina, vindeca și urmări rănilor rezultate din lupta acestora. Având spiritul și construcția omului de știință, organizează o școală de medicină, unde se practica disecțiile pe animale, scrie peste 100 de cărți, dintre care 43 de medicină, cărți în care autorul arată printre altele și date de anatomie.[96]

### 1.2.1 Costumația antică egipteană

Pentru un studiu al îmbrăcăminteii, civilizația egipteană constituie un punct de plecare, întrucât furnizează cu patru milenii înaintea erei noastre date sigure privind ornamentele, artele plastice și artele aplicate, confecțiile din diferite materiale, bijuterii etc. Egiptenii erau cunoscuți în antichitate ca renumiți navigatori, constructori, artiști de o reală valoare, cunoscând procedeele tăbăcirii și prelucrării pieilor, precum și diferite procedee de colorare. Arta textilă era foarte dezvoltată și cunoscută în lumea antică drept o creație de mare valoare.



Fig. 1.1 - Modele de costume egiptene (a) și persane (b).

Populația de rând, meșteșugarii, țăranii și sclavii purtau șorturi scurte sau o pânză ce acoperea partea de jos a corpului, iar în anotimpurile calde aceștia purtau slipuri. Încălțăminea egiptenilor era formată din sandale cu barete prinse pe picior.

Femeile nobile și din clasele mijlocii purtau rochii lungi care se mulau pe corp, cu mânecile scurte sau lungi, iar în jurul gâtului purtau coliere din pietre semiprețioase și cristaluri în diferite nuanțe, formând un obiect de podoabă plin de strălucire. Bijuteriile, obiectele de podoabă, inelele, cerceii, cutiile pentru farduri, vasele pentru parfumuri, statuete reprezentând șacali, sfincși sau păsări erau obiecte pe care egiptenii le foloseau în timpul vieții, însoțindu-i și după moarte.

Idealul de frumusețe umană era zugrăvit în figura zeului-faraon, în care erau întrupate armonia cosmică și echilibrul suprem, având ca principale calități proporțiile perfecte, ținută solemnă, și expresia de liniște netulburată de pasiuni pământești. Costumul sublinia măreția prin supradimensionari, compoziția simetrică și bogăția decorațiilor.[91]

### 1.2.2 Costumația antică persană

Costumele și încălțăminta persanilor nu erau mai prețioase de cele ale egiptenilor. Populația de rând purta un costum în care haina și pantalonii erau dintr-o bucată, iar regii, șahii și nobilii purtau costume împodobite cu pietre scumpe, cingători bătute cu diamante, inele, bijuterii și alte accesorii frecvente la toate popoarele asiatice (fig.1.1).[125]

### 1.2.3 Costumația antică greacă

Costumul grec se caracteriza prin simplitate, dar materialele folosite pentru confecționarea acestora erau viu colorate.



Fig. 1.2 - Modele de costume grecesti.

Îmbrăcămintea acelor timpuri a predominat până la apariția costumului "Doric", care a pus bazele costumului antic grec. Costumul bărbătesc era caracterizat prin folosirea unor bucăți de țesătură necroite și necusute, care se drapau pe corp, fiind prinse pe umăr cu ace sau cu agrafe. Pentru ceremonii și festivități purtau o pelerină lungă numită "himation", vestimentație specifică costumului grec (fig. 1.2 a).

Costumul pentru femei numit "peplos" se înfășura strâns pe corp, în formă tubulară și se prindea cu ace la umeri, iar apoi apare costumul "Ionic", caracterizat prin forma încrețită și cu pliseuri, fără să fie mulat pe corp (fig. 1.2 b).[31]

Idealul de frumusețe grecesc, cel mai înaintat al societății de democrație sclavagistă, rezultat dintr-o armonioasă dezvoltare psihofizică, plin de forță și demnitate, a fost întrupat de sculpturi, ca de pilda "Zeus" sau "Atena" de Fidias. Pornind de la observarea directă a nudului de pe terenurile de sport, artiștii plastici au formulat antropometria greacă clasică, descoperind în relațiile dintre părți și dintre acestea cu întregul o armonie organică.

#### 1.2.4 Costumația antică romană

Costumul roman avea trăsături asemănătoare costumului grec fiind drapat cu falduri drepte care nu se modelau pe conformația corpului.

Costumul pentru bărbați era format dintr-o togă folosită de către cetățenii liberi, dar interzisă sclavilor și străinilor. Oamenii legii purtau ca simbol al puterii o togă tivită cu purpură pentru a le întări autoritatea (fig. 1.3a).

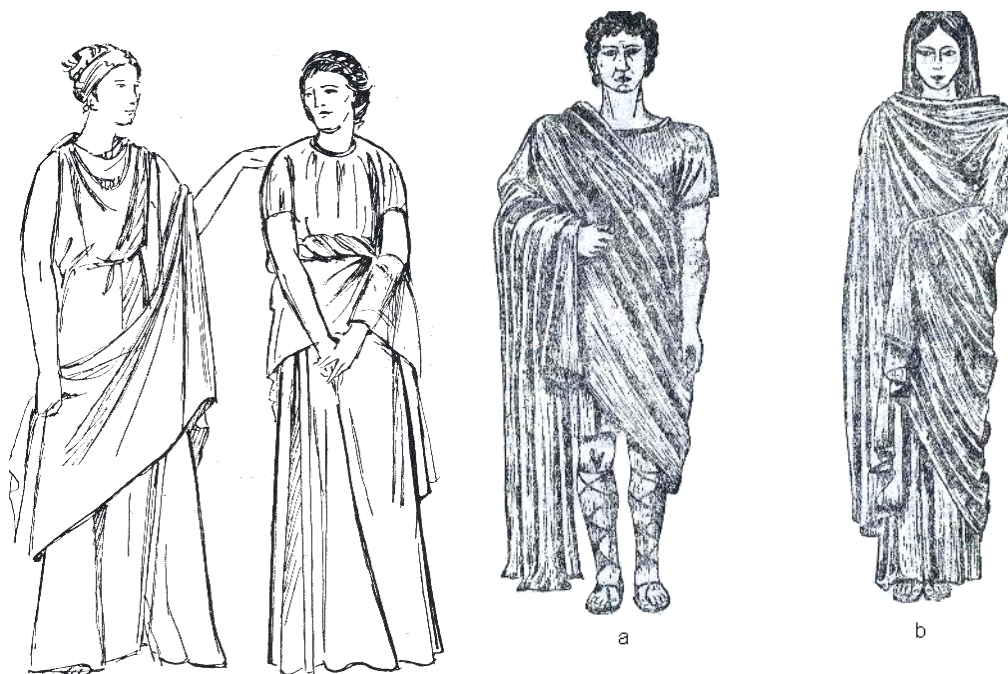


Fig. 1.3 - Modele de costume romane.

Costumul feminin a păstrat linia costumului grec folosind în general modele și materiale orientale. Costumul feminin era alcătuit din cămașa (ca îmbrăcăminte intimă), o rochie pentru activitățile zilei numită "stola" iar peste acestea se purta o mantie care întregea vestimentația (fig. 1.3b).

Cel mai vechi tip de produs realizat din bucăți dreptunghiulare asamblate prin coasere este tunica romană, care a servit ca model de bază pentru alte tipuri de produse, dintre care unele s-au păstrat și astăzi în portul unor popoare.

Idealul uman. Mai mult ingineri decât arhitecți, istorici și prozatori decât poeți, romanii erau mai puțin înclinați să caute frumusețea atemporală, prețuind mai degrabă virtuțile utile statului, forța de convingere a oratorului, bărbăția și stăpânirea de sine a militarului. Tipul preferat era sportiv dar mai vânjos decât cel grecesc, cu umerii mai lați și gâtul mai gros, iar costumul amplifică prestața.

Idealul de frumusețe feminin a evoluat de asemenea, de la armonioasa echilibrare a tuturor însușirilor umane, realizată în modelele Greciei clasice și apreciate în Roma republicană, la afirmarea superiorității rangului prin forme mărețe și bogăție ostentativă, prezente în elenism și reluate în Roma imperială.[109]

### 1.2.5 Costumul antic bizantin

Scena politico-economică în antichitate este dominată și de Imperiul bizantin. Ca urmare a apariției concepțiilor teologice și a idealurilor de frumusețe, care au determinat creația unei mode mai complexe, care să acopere cât mai mult conformația corpului, Constantinopolul a devenit un centru mondial al îmbrăcăminte de lux.



Fig. 1.4 - Modele de costume bizantine.

În Bizanț industria textilă era mult mai dezvoltată decât în Occident și astfel aici se produceau tot mai multe țesături frumoase, rigide, în culori vii și variate, cu desene și motive simetrice sau florale, influențate de îmbrăcăminteii siriană.

Costumul bizantin, în primele secole ale Imperiului, era asemănător cu cel al romanilor: tunica bărbaților, lungă și largă, era ornamentată cu dungi verticale aplicate din stofă de diferite culori, la fel ca și mantia purtată peste tunică; tunicile femeilor aveau adeseori mânecile brodate, iar uneori femeile purtau peste tunică un văl care le împodobește vestimentația.

Țesăturile groase de mătase făceau ca drapajul să fie mai puțin suplu decât a celor de in, iar veșmântul cădea mai rigid, pliurile erau drepte, iar formele corpului nu erau puse în evidență, după cum reiese și din iconografia timpului.[71]

Începând din sec.VII, costumul devine mai strâmt și mai aderent pe corp. Bărbații au împrumutat de la barbari obiceiul de a purta pantaloni, iar peste pantaloni purtau o cămașă numită "chiton" (fig. 1.4). Îmbrăcăminteii femeilor nu se deosebea prea mult de cea a bărbaților (cel puțin în societatea aristocratică), cu absența, bineînțeles, a pantalonilor. Lenjeria intimă nu era cunoscută.[20]

În această epocă, costumul bizantin caută să separe tot mai mult clasele sociale, prin îmbrăcăminte. Astfel oamenii de rând purtau haine cât mai simple, pe când costumele celor avuți erau ample și fastuoase, cu multe broderii și pietre prețioase.

Idealul de frumusețe greco-romană s-a modificat potrivit concepției teologice separând sufletul divin de trupul păcătos, punând accentul pe chip, asupra ochilor, asupra coafurei și podoabelor capului.

Portul bărbii și al mustăților, necunoscut romanilor, a apărut în lumea bizantină, devenind un semn al demnității și al onoarei (cultivat de preoții și călugării ortodoxi și în zilele noastre). Datorită accentului pus pe chip, corpul era mascat prin țesături rigide, reducându-l la o schemă abstractizată, lipsită de relief. În artă, interesul pentru armonia proporțiilor a dispărut, înlocuit cu rețete practice pentru executarea picturilor bisericești.[45]

### **1.3. Evul Mediu**

Anatomia, ca și celelalte științe nu s-au putut dezvolta din cauza ignoranței față de cercetare. Se studiau doar operele lui Galenus care erau cărți de căpătâi. "Crede și nu cerceta" era dictonul impus de biserică. Distrugerea bibliotecii din Alexandria, ca și reducerea activităților de studiu și cercetare au dus la existența unei perioade întunecate ce caracterizează Evul Mediu.

Un rol important în Evul Mediu a avut înființarea unor universități în Italia, Franța sau Anglia, cu un debut modest dar dezvoltându-se în timp vor oferi date științifice sistematizate ce contribuie la progresul umanității.

#### **1.3.1 Vestimentația medievală**

Condițiile economice și social-istorice din Europa Evului Mediu au favorizat dezvoltarea îmbrăcăminteii ca mijloc de înfrumusețare a corpului. Treptat, produsele vestimentare realizate sub formă de monolit, încep să se obțină din diferite repere a căror formă să corespundă diferitelor segmente ale corpului.



Idealul de frumusețe, exprimând puterea și bogăția, era privilegiul stăpânilor războinici și al mai marilor bisericii creștine. Pentru ceremonii toți recurgeau la o costumație somptuoasă după modelul prestigiosului Bizanț, amplificându-și sculptural silueta pe verticală și cautând să impresioneze prin coloritul viu al materialelor scumpe și prețiozitatea ornamentelor.

Astfel sunt și imaginile lui Otto al III-lea (fig. 1.6) și a lui Carol cel Mare (fig. 1.5), figură de marcă a Europei, conducător al regatului franc, reprezentat într-o statuie de bronz din secolul IX, cu un aer autoritar și demn.[142]

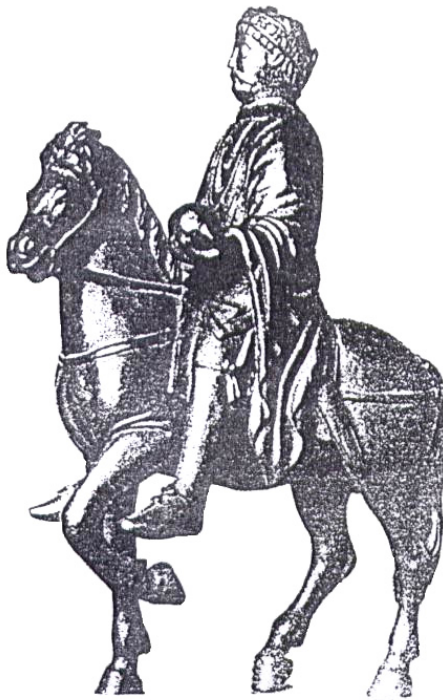


Fig. 1.5 - Carol cel Mare – regatul francilor-sec. IX (Muzeul Luvru - Paris)

În Evul Mediu timpuriu, linia îmbrăcămintei purta încă influența romanilor și cea a popoarelor germanice, de la care s-a păstrat uzul pantalonilor.

În prima jumătate a secolului al XII-lea dispar ultimele rămășițe ale costumului germanic, care se păstrase tot timpul fără modificări substanțiale. Pe lângă caracterul său funcțional, îmbrăcămintea avea acum și o marcantă semnificație socială, păstrând un aspect în mod clar ierarhizat. (de exemplu, în Anglia portul blănurilor era strict rezervat familiei regale și marilor nobili).

Costumul pentru femei era constituit dintr-un corsaj ce se ajusta lateral sau la spate și o fustă împodobită cu broderii prețioase. În anotimpurile reci se adăugau jachete având linie dreaptă, sau ajustate pe corp cu nasturi sau cu agrafe (fig. 1.8a).

Costumul pentru bărbați avea formă dreaptă, cu lungime prelungită și cu mâneci largi dar ajustate la terminație. În anotimpurile reci se mai foloseau pelerine drepte confecționate din țesături groase sau dublate cu blănuri. La partea superioară se foloseau capișoane pentru acoperirea capului, sau un șal pentru învelirea gâtului

(fig. 1.8b). Pentru înalta societate, costumația păstra oarecum linia, dar se deosebea prin bogăția și broderiile cu care erau împodobite costumele.[31]



Fig. 1.6 - Împăratul Otto al III-lea – costum de împărat roman - sec. X

În Evul Mediu dezvoltat, costumele nobililor și al orășenilor înstăriți aveau o linie de oarecare eleganță, prin simplitatea formelor și adaptarea lor la formele corpului, precum și bineînțeles prin calitatea materialului. Maeștrii croitori, al căror număr crește acum considerabil, caută să pună în valoare cât mai mult umerii, pieptii și talia hainei.

Cu noua modă a bărbaților apărută în Franța către anul 1340, cu cămașa cu mâneci bogate și lungi, cu haina ajustată pe corp și încheiată pe talie, mai scurtă, lăsând să se vadă forma coapsei și a gambei, precum și noua modă a femeilor, cu rochii foarte aderente pe corp, cu talia cât mai strânsă, cu pieptul înalt și părul ascuns sub o coafă elegantă, devenea evidentă dorința de punere în evidență a trupului și de afirmare a personalității, ceea ce era totodată și un semn de emancipare intelectuală.

Odată cu noua modă vestimentară, în care intra și încălțăminte cu vârful lung, subțire și curbat, se răspândește tot mai mult gustul accesoriilor, al culorilor vii, al țesăturilor suple și al mătăsurilor. O îmbrăcăminte proprie unei anumite vârste nu există, iar copiii erau îmbrăcați la fel ca și adulții. Pe țări, costumele se diferențiază mai mult prin culorile și felul țesăturii decât prin tăietură.

Începând din secolul al XII-lea, lumea bogată purta tot mai mult mățăsuri, importate din Orient și din Egipt. De asemenea au intrat în modă blănurile, fie cele comune, furnizate de fauna locală (blana de iepure colorată în roșu, orna mânecile și marginile hainei), fie cele de lux, aduse din Siberia sau Norvegia (blănuri de urs, castor și jder), sau cele extrem de scumpe (de hermină și zibelină).

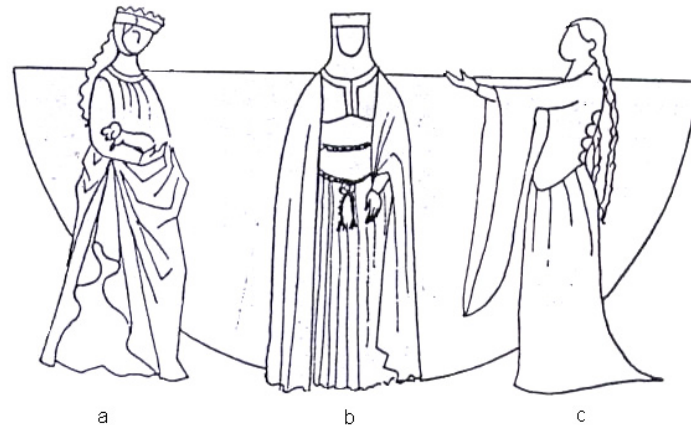


Fig. 1.7 - Costum feminin în stil romanice: a. costum-sec.XII; b. rochie și mantie-sec.XI; c. rochie-sec.XIII



Fig. 1.8 - Modele de costume medievale - sec.XIII

Moda își avea exigențele ei cromatice, iar alegerea culorilor era totdeauna condusă de considerente ierarhice. Astfel pe primul loc se situa culoarea roșie cu numeroasele ei nuanțe, urma albastrul, apoi verdele și pe ultimele locuri se situau culorile gri, brun și negru (culori socotite impure, neodihnitore și sumbre) care se foloseau pentru veșmintele comune și de calitate inferioară. Culorile erau apreciate după gradul de luminozitate, preferându-se cele care degajau mai multă claritate. Oamenii evului mediu aveau acest simț al culorilor mult mai dezvoltat decât anticii, și chiar decât lumea modernă.

În Evul Mediu matur și târziu, caracteristic este atenția pe care bărbații o dădeau încălțăminteii, preferând-o în culori vii și ornamentând-o cu panglici, nasturi și alte accesorii. Un alt accesoriu al costumației, deosebit de important erau mănușile.

Acestea, fie că erau confecționate din piele, din blană sau erau tricotate, fie că erau ajustate pe mână sau erau lungi și acopereau o parte din antebraț erau purtate de toate clasele sociale. Mănușile aveau și un sens simbolic: a prezenta seniorului o mănușă era un semn de omagiu; a-i arunca cuiva o mănușă era un gest de provocare; iar a-ți scoate mănușa când intrai în biserică, sau când dădeai mână cu cineva era un semn de respect. Această ultimă semnificație s-a păstrat până în zilele noastre, dovadă a gradului de civilizație atins de popoarele medievale.

### 1.3.2 Costumul gotic

În această perioadă, costumul omului este în plin proces de transformare, atât la femei cât și la bărbați. Pentru femei, vestimentația începe să se compună din rochii frumoase confecționate cu mult lux și fast, iar pentru bărbați apare tunica cu pieptii vătuiți (pentru accentuarea siluetei atletice), confecționată din materiale de diferite culori și cu motive brodate sau imprimate, iar peste tunică apare pelerina, lungă până peste genunchi și prevăzută cu șlișuri. Astfel se poate caracteriza costumul gotic, specific încă perioadei medievale.

Idealul de frumusețe umană se caracterizează prin verticalitatea stilului gotic (fig. 1.9). Schemele figurilor umane erau alcătuite din unghiuri ascuțite, iar costumul strâns pe trup, îl subția, dematerializându-l, fără a-l masca însă, ca în epoca precedentă, bizantină și romanică, ci dimpotrivă făcându-l vizibil.[91]

Costumul gotic este cel care pregătește apariția costumului care va caracteriza Renașterea și care aduce un elogiul frumuseții fizice a omului.



Fig. 1.9 - Trompet, orga domului din Strasbourg, 1385

## 1.4. Renașterea

Reînflorire, restaurare, reînnoire, revelație, reformă, renaștere, iată termenii de care se servesc de cele mai multe ori martorii oculari ai revoluției culturale care se desăvârșise la sfârșitul secolului al XV-lea.

### 1.4.1. Arta în Renaștere

Renașterea, considerată o epocă de progres în istoria culturii, reprezintă o etapă hotărâtoare în procesul de trecere de la epoca medievală la epoca modernă, adică de la feudalism la capitalism, motiv pentru care începând cu secolul al XV-lea și până în zilele noastre Renașterea n-a încetat de a figura pe ordinea de zi a cercetărilor și dezbaterilor istorice.

Renașterea reprezintă epoca transformărilor majore în toate domeniile, dar cu precădere în artă, reprezentată prin pictură, sculptură și arhitectură, fiind caracterizată ca cea mai mare răsturnare progresistă din câte trăise omenirea până atunci.

Astfel Leonardo da Vinci cercetează legile mișcării, echilibrului și căderii corpurilor, reduce sunetul și lumina la forme ale mișcării fizice, face disecții pe cadavre și întemeiază anatomia comparată; chirurgul francez Ambroise Pare întemeiază obstetrica pe disecția femeilor care au murit însărcinate, scrie prima carte de "Anatomie practică" și inventează instrumente chirurgicale; Copernic a descoperit "revoluțiile corpurilor cerești"; Galileo Galilei a stabilit legea gravitației universale. Acestea sunt doar câteva exemple care au marcat epoca renașterii, epocă ce a luat naștere în Italia, mai exact în orașul Florența (centrul cultural și de inspirație pentru toți artiștii renașcentiști și pentru toți cei care au urmat până în zilele noastre), și care s-a extins apoi în toată Europa. Un rol important în ușurarea învățământului de anatomie funcțională și biomecanică l-au avut desenul, ca reprezentare grafică a noțiunilor anatomice, ca și pictura și sculptura. Acestea au prezentat structurile anatomice, percepute și înregistrate prin observație atentă legând anatomia de artă.

Începând cu secolul al XIV-lea, sculptura și pictura încep să se desprindă de sub dominația arhitecturii (ceea ce era caracteristic artei gotice) și să reprezinte din ce în ce mai fidel omul și natura. Titanii Renașterii, atotputernici în artă, fizică, chimie (Donatello, Rafael, Michelangelo, Tizian, Tintoretto, Leonardo da Vinci) au făcut disecții și au studiat componentele structurale ale corpului omenesc; au întocmit planșe anatomice (Leonardo da Vinci – 14 volume de planșe și 120 volume de anatomie) cu mușchi, oase, pârghii, desenează vase, nervi, organe, direct de pe cadavrele disecate și descriu structuri ale corpului omenesc. Prin studierea formelor exterioare ale corpului omenesc, ei au oferit "viață" sculpturilor și picturilor care au rămas celebre până astăzi.[98]

Donatello e inițiatorul unei noi concepții artistice, a cărei influență s-a exercitat asupra tuturor formelor artei. Astfel în sculptură, în statuia de bronz a lui "David", Donatello reprezintă nudul direct și fără reticențe. Interzis în epoca medievală, nudul apare acum triumfător reprezentând un ideal de frumusețe artistică. Sculptura florentină s-a eliberat de sub influența lui Donatello și a atins

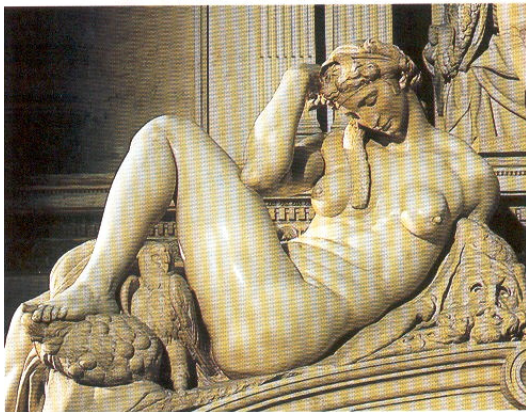
apogeul datorită lui Michelangelo. Artă supremă pentru Michelangelo era sculptura. El spunea că nu există idee pe care artistul să n-o poată întruchipa în marmură.



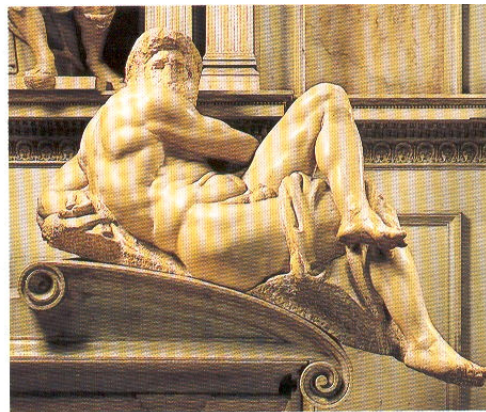
"David"



"Pieta"



"Ziua"



"Noaptea"

Fig. 1.10 - Sculpturi ale lui Michelangelo

Michelangelo a reprezentat forța athletică sub toate formele ei și a ridicat la apogeu tendința fundamentală a Renașterii: cultul frumuseții corporale. Printre cele mai renumite creații ale artistului sunt: "Ziua" și "Noaptea", care împodobesc piatra funerară de pe mormântul lui Giuliano de Medici, "David", statuia uriașă care reprezintă tipul ideal al frumuseții virile (fiecare mușchi e încordat, subliniind armonia unui corp perfect) și "Pieta", capodoperă aflată în Basilica Sf. Petru de la Vatican, despre care pictorul și istoricul Giorgio Vasari, contemporan cu Michelangelo, scria că: "...e imposibil să redai un trup neînsuflețit mai bine sub aspectul mușchilor, venelor, nervilor care însoțesc sistemul osos și nici o altă prezentare a unui cadavru nu poate fi mai apropiată de natură decât aceasta" (fig.1.10).

În pictură, nudul (anatomia), proporțiile, mișcarea, perspectiva sunt principalele probleme pe care și le pun artiștii, mai ales în Florența. Paolo Uccello stabilește regulile perspectivei geometrice și le aplică în pictură, iar Antonio Pollajuolo și Andrea Verrocchio urmăresc pe cadavre structura mușchilor, forma oaselor și direcția mănunchiurilor de tendoane. "Important e, spune L. B. Alberti, să cunoști numărul oaselor și mușchilor și jocul nervilor... Nici cea mai mică articulație să un înceteze de a-și îndeplini funcția".

Evul Mediu condamnase disecția ca o nelegiuire. Nu toți artiștii din secolul al XV-lea practicau în mod sistematic studiul anatomiei, dar mulți dintre ei sunt preocupați să o redea, pregătind astfel calea lui Leonardo da Vinci și Michelangelo, care se vor servi de anatomie pentru a descoperi înăuntrul corpului neînsuflețit "secretul formelor plastice și al mișcărilor".[98]

Pe lângă structura corpului, artiștii Renașterii au avut și preocuparea de a stabili legea proporțiilor umane. Studiul se întemeiază pe ideea că frumusețea vie a corpului uman e rezultatul solidarității și armoniei tuturor părților componente.

L. B. Alberti lua măsura și proporțiile celor mai frumoase modele, convins că frumusețea ideală rezultă din selecția și îmbinarea elementelor celor mai desăvârșite. Frumusețea unui corp de proporții armonioase nu apare în toată plenitudinea ei decât atunci când corpul e reprezentat în acțiune. Artiștii florentini au fost inițiatori și maeștri în acest domeniu. Dar ceea ce-i ispitește mai ales e instantaneul formei umane, în gest, în mers, în dans. "Venera" lui Botticelli, reprezintă triumful acestui principiu (fig. 1.11).[138/41]

Pentru artiștii Renașterii corpul uman apare ca întruchiparea frumuseții absolute în natură și de aceea e cel mai apt să rezolve secretul frumuseții. Artistul trebuie să caute să-i pătrundă și să-i înțeleagă structura măreață, pentru a reuși să facă din corpul omenesc strălucirea și grația frumuseții supreme.

Pentru artiști, nudul e mijlocul superior de a exprima semnificația intimă a lucrurilor. Încordarea mușchilor și vibrația pielii nu se realizează complet decât în figurile nude. De aceea reprezentarea nudului, ca gloriificare a corpului uman, devine proba decisivă a artei Renașterii. "Punctul însemnat în arta desenului, spunea Benvenuto Cellini, e de a reda exact corpul nud al unui bărbat sau al unei femei".

Idealul de frumusețe feminină s-a modificat de-a lungul timpului, dar a fost diferit chiar și între unele popoare, în funcție de zona geografică și de influențele acesteia, dovadă fiind lucrările marilor artiști florentini, flamanzi, germani sau spanioli, toți aparținând epocii renascentiste.

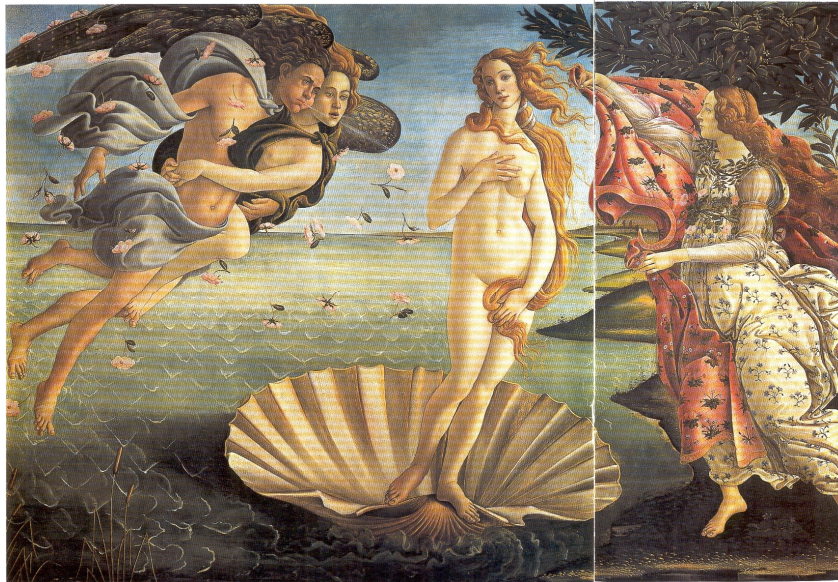


Fig. 1.11 - "Venera" - Botticelli

Unul dintre marii pictori ai artei renașcentiste este venețianul Tițian, care în tablourile sale "Amorul sacru și amorul profan" și "Flora" prezintă unul din primele portrete ale acelei frumuseți ideale care va deveni în scurtă vreme universal cunoscută sub denumirea de "frumusețe tițiană". Se pot observa aici nu numai frumusețea absolută a trupului feminin care nu are nevoie de nici un fel de podoabe suplimentare, ci și minunația veșmintelor feminine (fig. 1.12) și (fig. 1.13). [138/46]

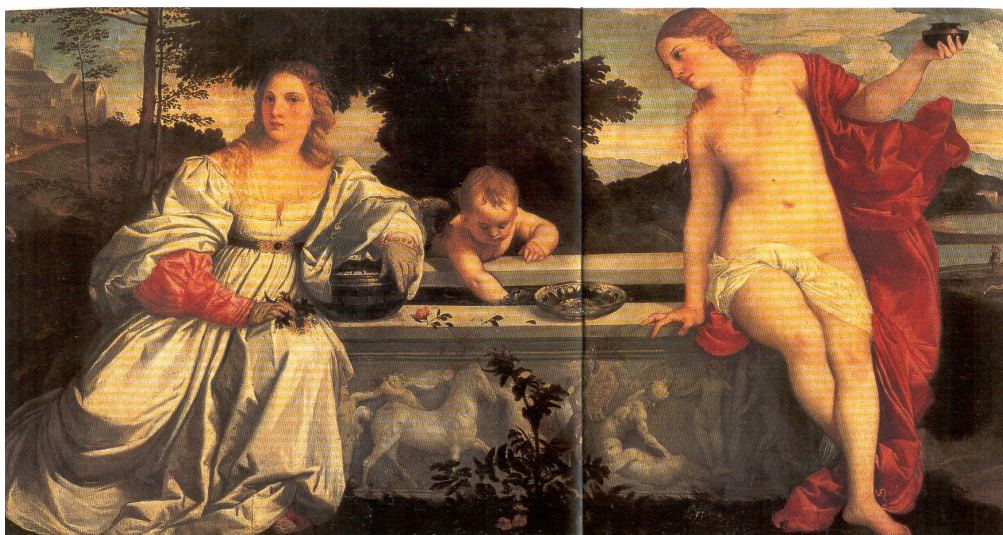


Fig. 1.12 - "Amorul sacru și amorul profan"- Titian



Simbolul farmecului feminin și al tinereții este minunat reprezentat atât de Botticelli, cât și puțin mai târziu de Rafael, reprezentanți celebri ai Renașterii italiene, în "Cele Trei Grații", tema abordată de mai toți pictorii care au vrut să redea frumusețea corpului feminin (fig.1.14 și fig.1.15).[138/38]

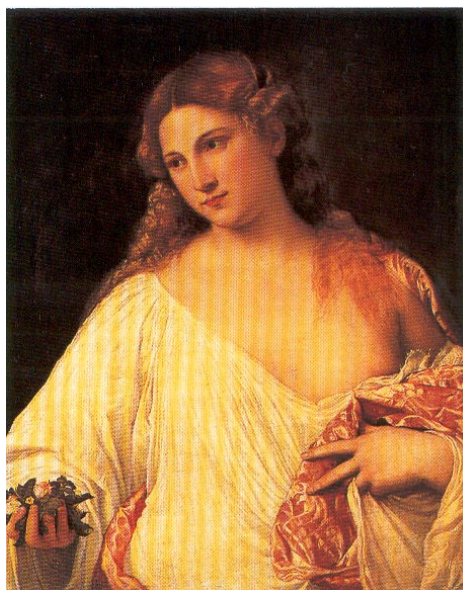


Fig. 1.13 - "Flora"- Tițian



Fig. 1.14 - "Cele trei grații" - Rafael



Fig. 1.15 - "Primavera" - Botticelli

În aceeași perioadă, reprezentanții picturii flamande și germane dezvăluie un alt ideal de frumusețe feminină, cu silueta mult mai alungită, iar ca specific este linia unduitoare și foarte pronunțată a pântecului, precum și ovalul sânilor.

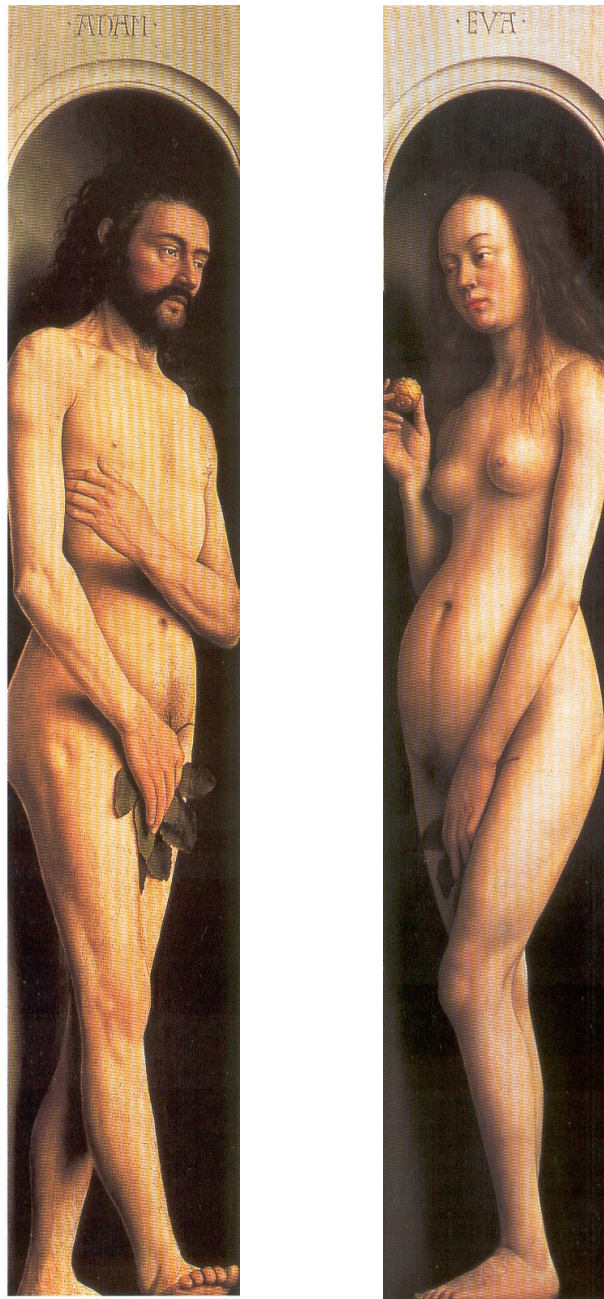


Fig. 1.16 - "Adam" și "Eva" - Jan van Eyck

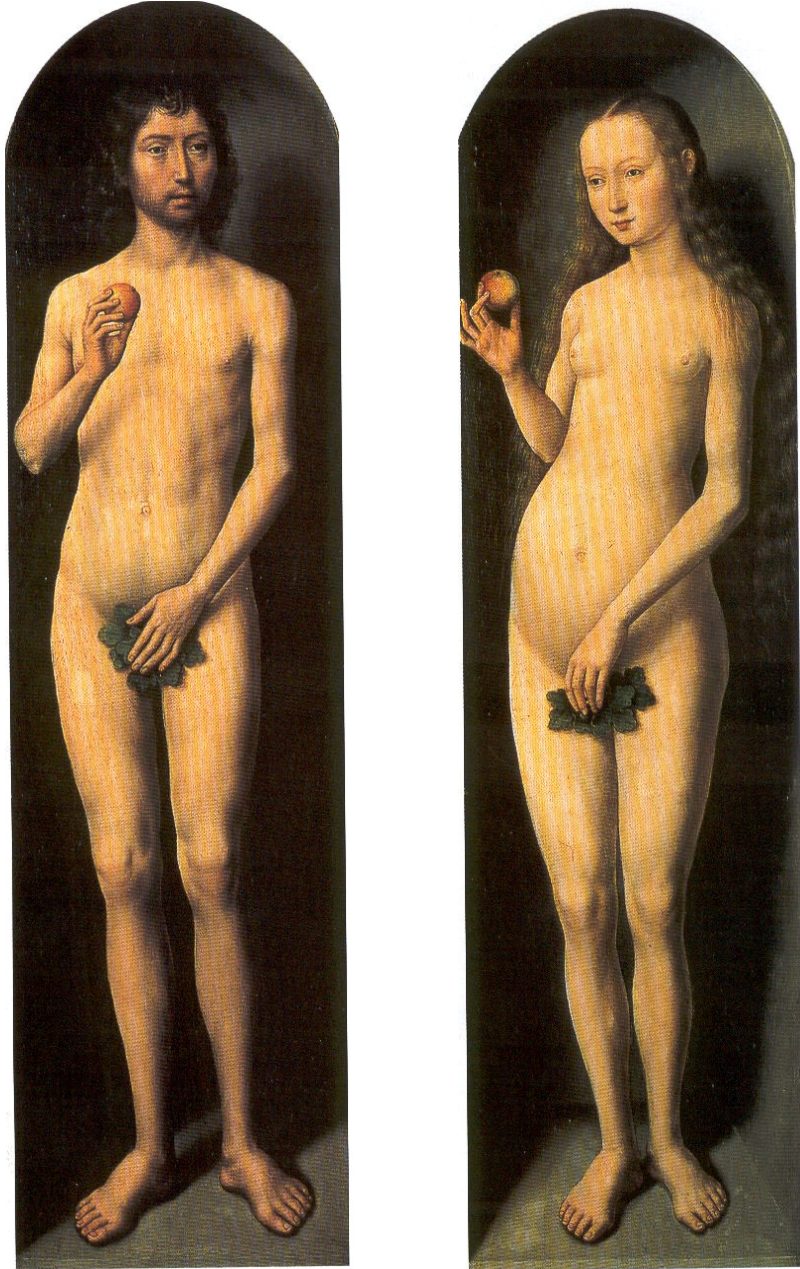


Fig. 1.17 - "Adam" și "Eva" - Hans Memling

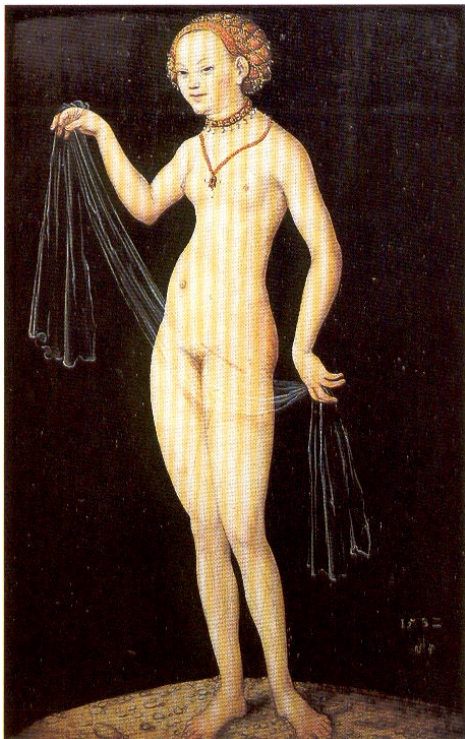


Fig. 1.18 - "Venus"



Fig. 1.19 - "Judecata lui Paris"

În ceea ce privește idealul de frumusețe masculină, se poate remarca diferența dintre trupurile atletice pictate sau sculptate de Michelangelo și cele reprezentate în pictura flamandă sau germană, la acea vreme. Astfel sunt "Adam" și "Eva", lucrările pictorului flamand Jan van Eyck (fig. 1.16), "Adam și Eva" a lui Hans Memling (fig. 1.17) și picturile lui Lucas Cranach "Venus" (fig. 1.18) și "Judecata lui Paris" (fig. 1.19). [138/51,52,54]

Influența Renașterii italiene începe să se facă simțită și în creațiile artiștilor din această parte a Europei. Astfel, germanul Albrecht Durer în lucrările sale cu aceeași temă "Adam și Eva" (fig. 1.20), zugrăvește trupurile atât a femeii cât și a bărbatului într-un mod mult mai apropiat de cel al pictorilor Renașterii italiene, căutând o formulă care să-i permită rezolvarea proporțiilor corpului omenesc. [138/55]

După anul 1600, Rubens este unul dintre cei mai mari pictori flamanzi, trubadur al frumuseții senzuale a lumii, artist de o vitalitate debordantă îndrăgostit de trupul feminin, pe care l-a zugrăvit cu o inegalabilă măiestrie.

Numărul tablourilor lui Rubens consacrate trupurilor goale de femeie este atât de mare, încât în întreaga istorie a picturii nu se mai întâlnește un fenomen asemănător. Și astăzi pictura lui Rubens este asociată cel mai adesea cu un anumit tip bine definit de frumusețe feminină. Se spune că nudurile lui se abat de la canoanele actuale ale frumuseții, fiind considerate prea pline, prea corpolente, dar un singur lucru este cert: ele erau cu siguranță conforme gustului și esteticii pictorului și poate chiar corespundeau gustului care domnea în epoca lui Rubens. Acest canon de frumusețe rubensian poate fi admirat în tabloul "Cele Trei Grații", o minunată operă a artistului (fig. 1.21). [138/66]

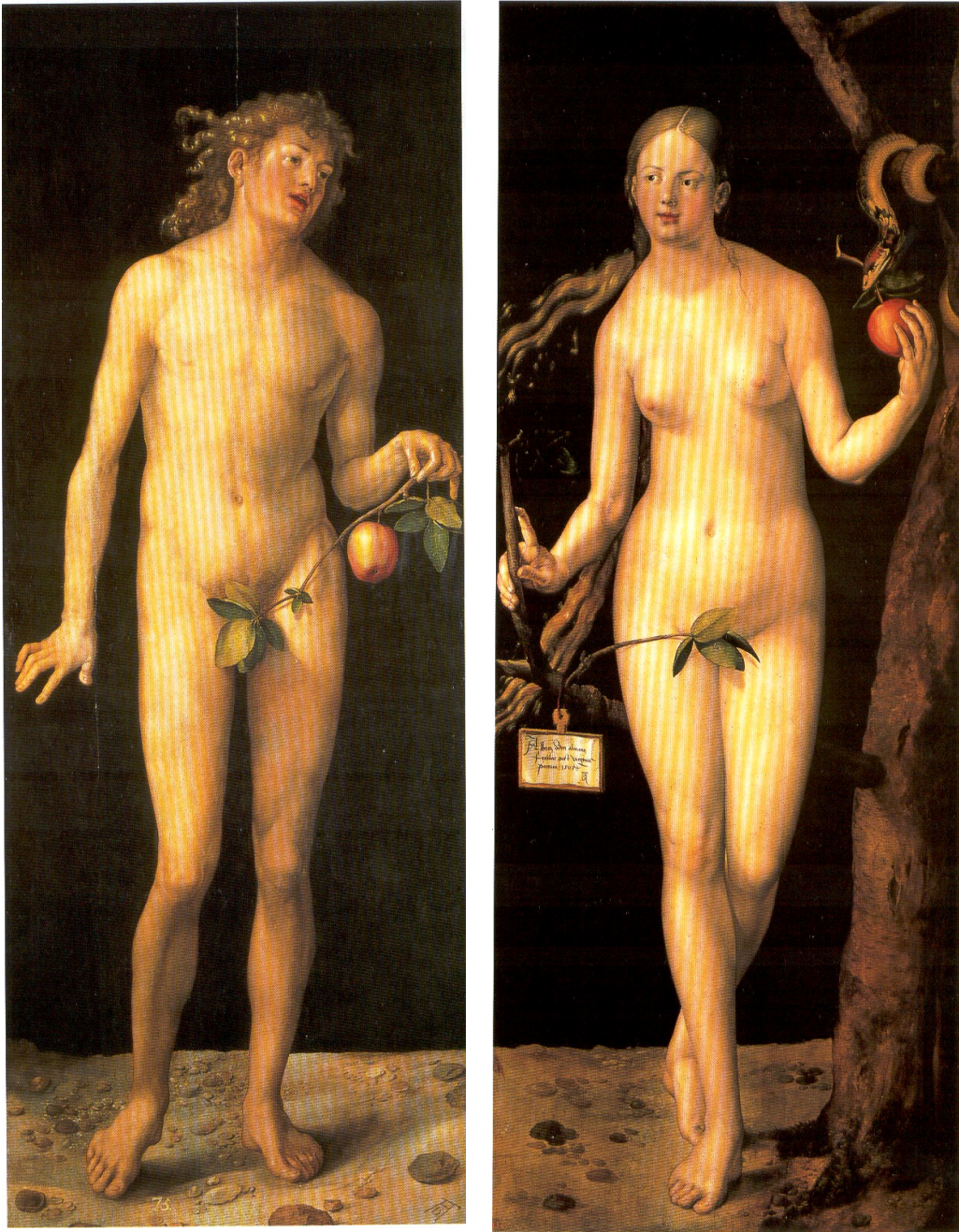


Fig. 1.20 - "Adam și Eva" - Albrecht Durer



Fig. 1.21 - "Cele trei grații" – Rubens

Un alt elogiu adus frumuseții feminine este "Gioconda" (fig. 1.22) - "glorioasa înscenare a misterului feminin" creat de Leonardo da Vinci. Simplitatea costumului, mâinile frumoase prin însăși forma lor, fără podoabe, fără inele, mărimea aproape naturală și strânsă corelație dintre costum, personaj și peisaj, fac din acest portret un model de neîntrecut.

Convins că "frumusețea e proporție armonică", Leonardo da Vinci s-a străduit să stabilească regulile proporțiilor frumoase ale corpului omenesc și astfel să se ridice de la natură la tipul ideal.[138/37]

Bolta Capelei Sixtine de la Vatican (fig. 1.23), este dovada grăitoare că Michelangelo a fost prin excelență reprezentantul epocii sale. "La Michelangelo anatomia devine muzică. Trupul omenesc este la el aproape în exclusivitate o formă arhitectonică"- Pietro Aretino - 1537.[138/36]

“Poți să citești toate tratatele despre frumusețea sublimă, și chiar și așa tot nu vei înțelege aceasta noțiune... Intră însă în Capela Sixtină și rotește-ți privirea: aici vei descoperi frumusețea în esența ei pură”- E. Castelary Ripoll 1872.

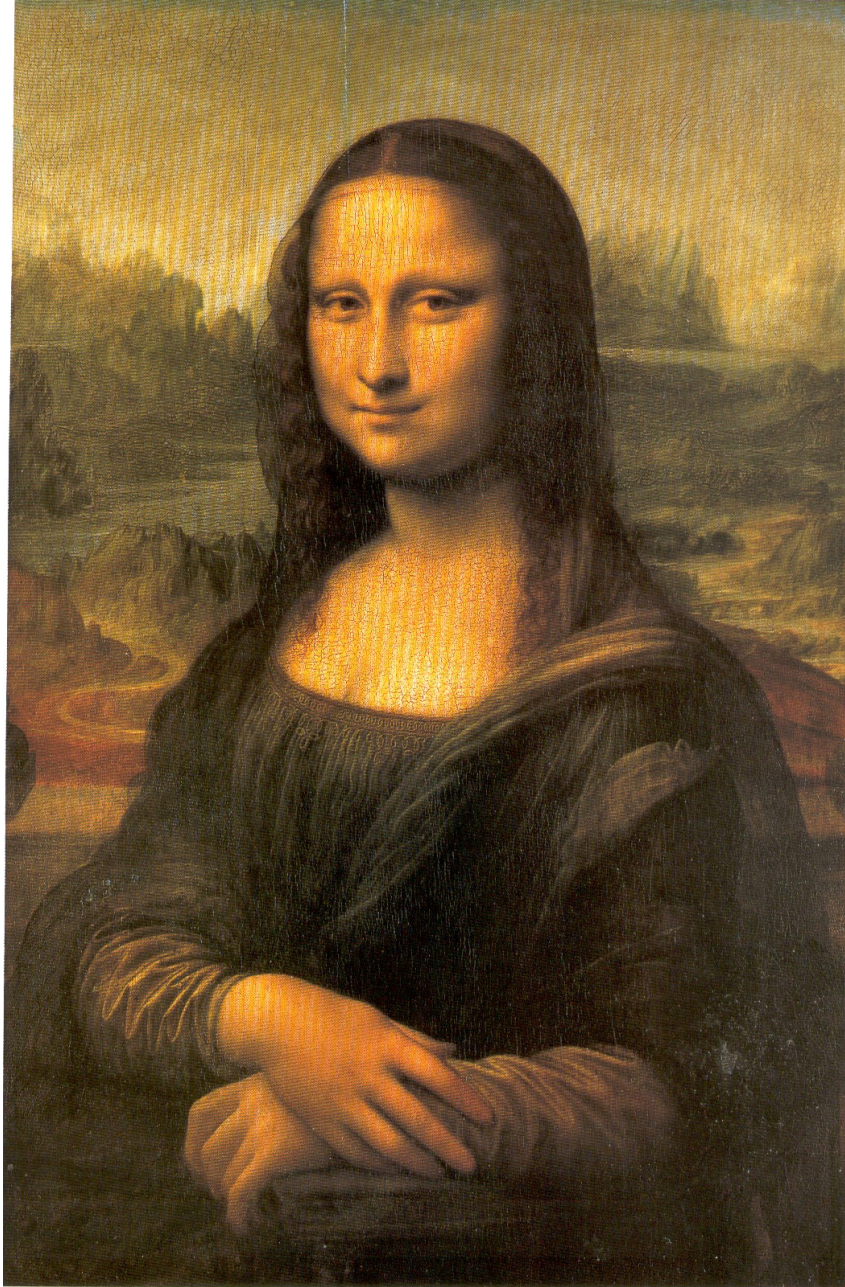


Fig. 1.22 - "Mona Lisa" ("Gioconda") - Leonardo da Vinci.

În pictura spaniolă a secolelor al XVII-lea și al XVIII-lea nudurile de femei erau o raritate, deoarece inchișiția pedepsea acest gen de pictură. Totuși un mare reprezentant al picturii spaniole, care este Velazquez, în tabloul său intitulat "Venus la oglindă" (fig. 1.24), dezvăluie trupul zvelt, dar totodată uimitor modelat al femeii făcând trimitere la nudurile lui Tițian.[138/46]

Aceste nepieritoare opere de artă sunt mărturie atât a canoanelor estetice din acele vremuri, atât a idealurilor de frumusețe feminină și masculină, cât și a modei vestimentare a diferitelor epoci și a diferitelor popoare.

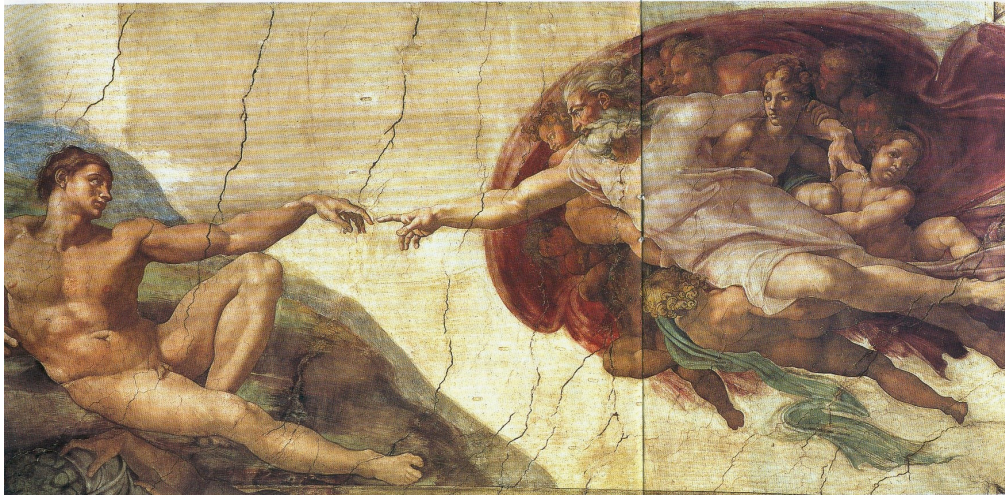


Fig. 1.23 - "Crearea lui Adam" - Michelangelo



Fig. 1.24 - "Venus la oglindă" - Velazquez



### 1.4.2. Costumul Renașterii

Secolele XIV-XV au adus modificări în vestimentația feminină, prin divizarea rochilor în corsaj și fustă. Cu unele modificări, costumul feminin specific clasei dominante s-a menținut la forme asemănătoare timp îndelungat, din secolul al XVI-lea până în secolul al XIX-lea.

Costumul Renașterii pentru femei era caracterizat prin decolteuri adânci, fuste largi la terminație și strâmte în talie, iar mânecile foarte largi și încrețite la umăr. Pentru anotimpurile călduroase apare crinolina, o rochie din materiale subțiri, decoltată la gât, foarte strânsă pe talie, dar foarte largă la terminație unde se întărește cu balene din os sau din metal. Pentru anotimpurile reci se purtau fuste groase, scrobite, prevăzute cu întărituri la tiv, iar mânecile erau ajustate pe braț.[31]



Fig. 1.25 - Costumul Renașterii

Caracteristica principală a vestimentației feminine în această perioadă a reprezentat nivelarea particularităților de conformație prin corset și prezența fustelor purtate peste cercuri de diferite dimensiuni.

Costumul Renașterii pentru bărbați se caracterizează prin faptul că haina se scurtează considerabil, lăsând să se vadă forma piciorului aproape în întregime (fig. 1.25). În această perioadă costumul este format din cămașă, la care apare gulerul apretat (gulerul tare) și din jacheta cu revere late care puteau fi îmblănite sau matlasate. Costumul masculin pune în lumină fruntea prin bereta lată și amplifică umerii prin mânecile bufante.[90]

Sculptural silueta era formată, atât în costumul feminin, cât și în cel masculin, din alternarea contrastantă de subțieri (talie, gât, încheieturi) și evazări (poale și manșete învoalate).

Făcând referire la operele de artă, se pot exemplifica câteva costumații specifice anumitor țări, tot din perioada Renașterii, reprezentate în picturi celebre ale unor artiști celebri. Astfel se pot observa asemănările, dar și deosebirile vestimentare, în funcție de zona geografică, diferențierea făcându-se în special pe criteriul gustului estetic ce se regăsea în acea perioadă la diferite popoare din Europa.

Astfel sunt:

- "Portet dublu"-cca.1440, a pictorului florentin Filippo Lippi (1.26);
- "Soții Arnolfini"-1434, a pictorului flamand Jan van Eyck (1.27);
- "Portretul lui Henry al VIII-lea"-1536 (Anglia), a pictorului Hans Holbein (1.28);
- "Portretul lui Jane Seymour"-1537, a pictorului german Hans Holbein (1.29);
- "Înmormântarea contelui de Orgaz"-1588, a pictorului spaniol El Greco (1.30);
- "Trișorul cu asul de treflă"-1636, a pictorului francez Georges de la Tour (1.31);
- "Portretul unui ofițer"-1624, a pictorului olandez Frans Hals (1.32);
- "Rondul de noapte"-1642, a pictorului olandez Rembrandt (1.33);
- "Femeie la fereastră" -1664, a pictorului olandez Jan Vermeer van Delft (1.34);
- "Portretul Isabellei Brant"-1621, a pictorului flamand Anton Van Dyck (1.35);
- "Portretul Eleonorei de Toledo cu fiul Gianni de Medici"- Bronzino (1.36);
- "Las Meninas"-1656, a pictorului spaniol Velazquez (1.37);
- "Soții Byam cu fiica Selina"-1760, a pictorului englez Gainsborough (1.38);
- "Toaleta de dimineață"-1740, a pictorului francez Chardin (1.39);
- "Adelaide de France"-1756, a pictorului francez Jean-Marc Nattier (1.40);
- "Maria Antoinett cu trandafir"- 1787, Elisabeth Vigee-Lebrun (1.41);
- "Portretul lui Carol I"-1635, a pictorului flamand Anton Van Dyck (1.42);
- "Portretul lui Mary Ruthven"-1640, a pictorului flamand Anton Van Dyck (1.43);
- "Baia Dianei"-1742, a pictorului francez Francois Boucher (1.44);
- "Fată citind"-1776, a pictorului francez Fragonard (1.45)



1.26



1.27



1.28



1.29



1.30



1.31



1.32



1.33



1.34



1.35



1.36



1.37



1.38



1.39



1.40



1.41



1.42



1.43

1.44



1.45



Idealul de frumusețe umană, în Renașterea **Italiana** a fost întrupat în lucrările celebre ale pictorilor și sculptorilor care puneau în valoare vitalitatea, vigoarea trupească și forța gândirii creatoare, prin supradimensionarea siluetei generale și prin efectul de bloc masiv, dat în viața zilnică de veșmintele ample. Vârsta preferată era cea adultă, a omului format, realizat, plin de prestanță și încredere în sine, cu mișcări largi, liniștite și nobile. Sculptural, costumul evidenția proporțiile și articulațiile firești ale corpului sugerând fibrele musculare.

Spre deosebire de idealul italian, bazat pe echilibrul armonios al proporțiilor, după model antic, idealul **german** aparținea încă viziunii gotice asupra frumuseții, înțelesă ca expresivitate maximă, obținută prin exagerări ale formelor, disproporții sau stridente coloristice, așa cum se poate vedea și în lucrările pictorilor din acea vreme.

Idealul de frumusețe umană în **Spania** se opunea celui italian prin prețuirea sufletului și disprețul pentru trup, mascat de costum, abstractizat prin geometrizare. Acest lucru este evidențiat puternic în picturile renumitului Dominikos Theotokopulos poreclit El Greco, grecul cu suflet hispanic, care duce la extrem alungirea personajelor din tablourile sale, concentrându-și atenția asupra ochilor mari, umbriți, cu priviri arzătoare, ca odinioară în arta bizantină. Un exemplu grăitor este tabloul "Înmormântarea contelui de Orgaz" (fig. 1.30).[138/69]

În **Anglia**, idealul uman, întrupat de reprezentanții regalității autoritare, ca Henric al VIII-lea (fig. 1.28) sau al soției sale Jane Seymour (fig. 1.29), purta pecetea unor caractere dârze și reci, distanțarea socială fiind subliniată prin veșminte și bijuterii. Mai târziu, tot în Anglia curtea regală a adoptat moda europeană de tip francez (ca în portretul reginei Carol I (fig. 1.42), sau al lui Mary Ruthven (fig. 1.43) ale lui Van Dyck).[138/56,67]

Incepând cu sec. al XVII-lea stilul **baroc** se dezvoltă în țările în care prestigiul capetelor încoronate, ca și cel al aristocrației era susținut prin desfășurarea unui lux inaccesibil poporului de rând ca și printr-o artă măreață și irațională, în care omul apărea copleșit de forțele de nestăpânit ale naturii.

Idealul de frumusețe era cel al unei ființe superioare, distante și inaccesibile. Sculptural, nobilimea se distingea prin mărimea nefirească a siluetei realizată prin costum (bonete înălțate, fuste pe cercuri de sârmă etc.), a cărui incomoditate proclamă privilegiul de a nu munci, iar pictural, prin culori rafinate ca și prin materialele bogate, țesături cu fir, dantele și bijuterii.

Aspectul cel mai somptuos era atins de ținuta feminină de la curtea **spaniolă**. În picturile lui Velazquez infantele par copleșite de carapacea imensă a perucilor și de rochiile rigide în formă de clopot, din mătăsuri și catifele scumpe (fig.1.37).[138/68]

În **Olanda**, s-a dezvoltat o artă pe drept numită antibarocă. Idealul de frumusețe umană era cel al burgheziei și în primul rând al militarilor, ca muschetarii imortalizați de Al. Dumas. Era din nou apreciat corpul cu formele lui firești, ca și viață terestră, belșugul și confortul, iar costumului i se cerea să fie comod și practic potrivit unui om activ. Sculptural, costumul pune în valoare volume puternice "de butoiaș", linia determinantă a costumului era curba largă, înlocuind linia dreaptă, rigidă și formele geometrice, seci ale costumului spaniol. Aceste aspecte se pot urmări în picturile lui Frans Hals (fig.1.32), Rembrandt (fig.1.33), sau Vermeer (fig.1.34). [138/65,63,61]

În **Franța**, idealul de frumusețe umană era cel al Renașterii italiene, cunoscut aici datorită artiștilor care studiau pictura și sculptura în Italia.

Franța monarhică era receptivă atât influențelor olandeze, caracterizate prin simplitate, cât și celor baroce italiene. Îmbrăcăminte feminină era mai elegantă, cu talia mai subțire și decolteul mai mare, iar țesăturile folosite erau mai luxoase: mătăsuri lucioase și multe dantele. Ținuta burgheză era mai simplă, pe când costumul popular mai păstra încă elemente renaștentiste, (ca în tablourile lui Georges de la Tour (fig.1.31).[138/62]

Un nou stil, numit **rococo**, apare în Franța în secolul al XVIII-lea. Ca în toate epocile de dominație a aristocrației, beneficiind din naștere de privilegii și rente, vârsta preferată a eleganților zilei era foarte tânără, aproape adolescentă, iar calitatea cea mai prețuită era grația pusă în valoare prin dans.

În picturi de Boucher (fig.1.44) sau Fragonard (fig.1.45), femeia apare minionă, cu proporții de copil sau de păpușă, cu cap rotund și o expresie de candoare afectată.[138/82,80]

## 1.5. Moda în perioada precapitalistă

În secolele XVII și XVIII, moda era de o mare eleganță. Stofele și bijuteriile erau de calitate superioară și superb ornamentate.

Regii, femeile de la curte, nobilii și alte categorii sociale apropiate acestora de la curtea Franței au fost propovăduitorii modei. Până în perioada anilor 1700, femeile purtau rochii largi susținute de cercuri metalice.





Fig. 1.46 - Modele de rochii din perioada anului 1800 - 1850.

După anul 1800, această modă dispăre brusc, fiind înlocuită de o nouă linie în care rochiile devin lungi, decoltate la spate, prinse în funde și purtate peste jupeane. Pantofii erau cu tocuri înalte. Pe parcurs aceste modele devin mai bogate datorită noilor materiale: damascuri, satinuri, catifele, brocarturi (brodate cu fir de aur și argint), taftale, țesături de bumbac și muselinuri subțiri.

Această linie a modei era adoptată de toate clasele sociale, cu deosebirea că cei mai puțin avuți își confecționau îmbrăcămintea din stofe mai ieftine.[91]

## 1.6 Moda orientală

Picturile chineze și japoneze din cele mai vechi timpuri reproduc scene din viața de toate zilele, viața înțelepților, lucrătorilor, meseriașilor, eroilor, evenimentelor mai importante, prezentate cu mare precizie în care nu este omis nici cel mai mic detaliu al îmbrăcămintei, încălțăminte și ornamentației.

### 1.6.1. Costumul chinezesc

Costumul chinezesc este redat din două piese: un kimono și o sutană, asemenea unei cămăși lungi cu deschiderea gâtului rotundă, în falduri până la glezne, terminată cu o bandă lată; deasupra se purta o robă subțire asemenea unei mantii cu mânecile largi, uneori încinsă la mijloc, iar în picioare papuci sau sandale. Mai târziu, la kimono s-au adăugat ornamentații și o croială mai elegantă.

Costumul chinezesc deși era diferențiat în funcție de clasa socială, sex, vârstă, anotimp, ilustrează în același timp unitatea locuitorilor imperiului printr-o

evidentă uniformitate în linie și structură. Croiala de bază a hainelor era cea a caftanului, de tip poncho, fără cusătura pe umăr.[123]

Sculptural, veșmintele nu se mulau pe trup, ci îl mascau, fiind largi, neajustate prin încrețiri sau pense și suprapuse în mai multe straturi.

Nobilii și prinții purtau robe lungi înflorate, în culori tradiționale, cu mânecile largi, căptușite, cu gulerele late și de alte culori, iar ca motive decorative foloseau flori de cireș, crizanteme, petale, muguri, crenguțe, păsări și numeroase elemente geometrice. Chinezii prețuiau foarte mult armonia de culori, preferând culorile calde, deschise și clare (fig.1.47).

Fig. 1.47 - Modele de costume chinezești:



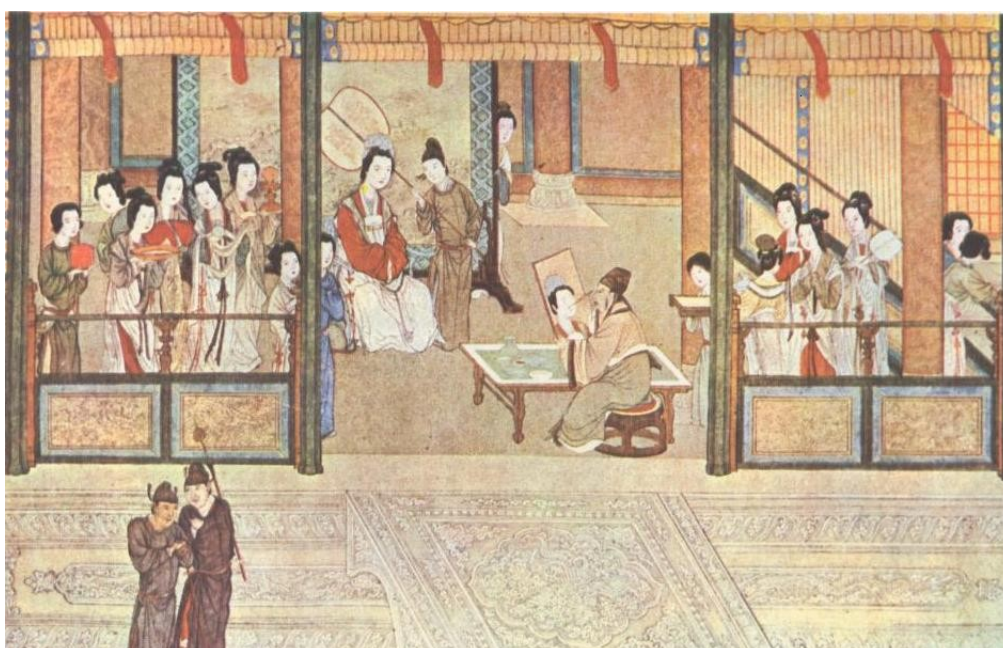
Ien Li-Ben - Cei 13 împărați (fragment) – sec.VII



Ciang Siuan - Pregătirea mătăsii - sec.VIII



Ciu Ing - Ospăț într-o noapte de primăvară - 1510-1530



Ciu Ing - Dimineață de primăvară - 1520 - 1550



Anonim - Cei 18 înțelepți (fragment) - sec. XVIII



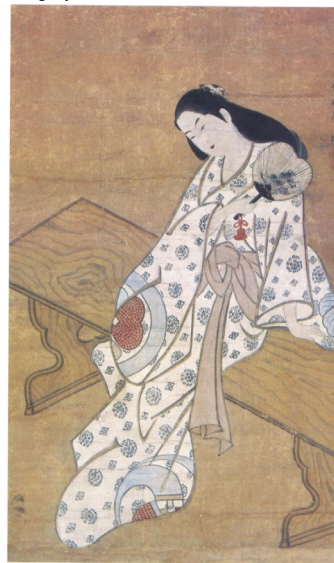
Tang In – Femeie cântând la fluiet, Chineză în costum tradițional - sec. XIX 1470

Stofele chinezești și japoneze i-au impresionat pe europeni prin frumusețe și varietate. Influența asiatică în Europa atinge apogeul în perioada anilor 1650 - 1750, când apar tapiserii și diferite materiale după moda chinezească.[59]

Fig. 1.48 - Modele de costume japoneze:



Școala Tosa - sec. XVI



Shifu - Bijin - sec. XVII



Școala lui Utamaro - Curtezana și însoțitoare - sec. XVIII



Scoala Ukiyo - Bijin - sec. XIX



Terazaki Kogyo - Tânără fată - sec. XX

Idealul de frumusețe umană, întrupat în figurile zeilor ca și în cele ale împăraților, era marcat pe de-o parte de setea de înțelepciune spre dobândirea liniștei depline, și pe de altă parte de convențiile vieții sociale.

Veșmintele oficiale indicau funcția, alcătuind în același timp și o pavăză personalității, ca și evantaiul folosit atât de bărbați, cât și de femei. Machiajul femeilor în alb, roșu și negru dădea feței aspect de porțelan. Ca o dovadă de rang înalt, dar și de totală aservire bărbatului, femeile erau supuse schingiurii picioarelor prin legarea lor încă din copilărie, valoarea socială și comercială a femeii fiind apreciată după micimea picioarelor.[91]

### 1.6.2. Costumul japonez

Influențată la începutul evului mediu de exemplele Chinei imperiale, Japonia și-a conturat un stil original în artă ca și în costumație mai ales după secolul al X-lea, atingând apogeul în secolele XV-XVIII.

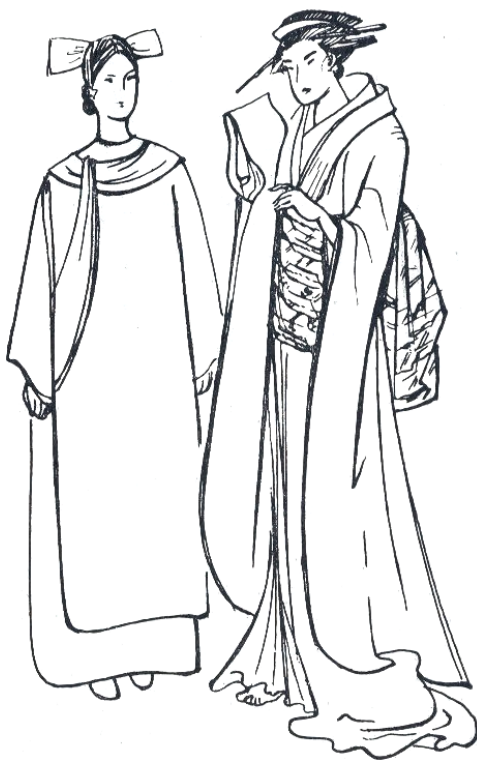


Fig. 1.49 - Modele de costume orientale.

Idealul de frumusețe umană punea în valoare mai ales agilitatea și grația: femeia cu silueta plată ca o trestie, lipsită de proeminențe (sâni, șolduri), își păstra linia și datorită așezării pe sol, cu spatele drept. Chiar și cruzii samurai își mânuiau spadele cu mișcări unduioase de dans. Sculptural, hainele lungi și largi suprapuse îngroșau silueta firavă dându-i consistență și modelând-o într-un volum general cilindric.

Kimonoul japonez avea aceeași croială de bază ca și caftanul chinezesc și era confecționat fie din mătăsuri scumpe, cu broderii, fie din bumbac ieftin, iar kimonourile feminine difereau prea puțin de cele masculine (fig. 1.48). Pe trup erau suprapuse mai multe kimonouri lungi, din mătase sau bumbac, după stare, lăsându-se să se vadă câte puțin din gulerul fiecăruia, iar peste ultimul kimono era legat un brâu lat, numit "obi".[126]

Ca și chinezoaicele și femeile din Japonia își fardau fața accentuând albul pielii, negrul sprâncenelor și roșul buzelor. Accesoriile obișnuite erau evantaiul și umbrela, iar bijuteriile erau purtate pe cap (agrafe, cercei) nu la gât sau pe brațe (coliere, brățări) (fig. 1.49). Un simbol al consecvenței atât în tradiții cât și în vestimentație al popoarelor din Asia de est este kimonoul, care s-a păstrat până în zilele noastre.[19]

## 1.7    Moda în secolul XX

Un factor mobilizator în evoluția îmbrăcăminteii l-a constituit Franța, care prin curtea domnitoare ce a predominat o perioadă îndelungată de timp, a influențat întregul proces de evoluție. Astfel se explică și faptul că în anul 1672 apare la Paris primul jurnal de modă care se folosește și în zilele noastre.

În secolul al XVIII-lea apar o serie de modificări în forma produselor de îmbrăcăminte în primul rând pentru creșterea mobilității corpului. Modificări principale suferă vestimentația masculină, în care se preiau forme din costumul popular și care tind spre o simplificare asemănătoare celei din zilele noastre.

O dată cu modificările formei produsului apar la începutul secolului al XIX-lea primele încercări de motivare teoretică a croielii produsului. Într-un jurnal de modă din 1818 se citează despre primul "sistem de croială" inventat în Franța. Aceste "sisteme de croială" au implicat necesitatea preluării sau calculării prin proporții a dimensiunilor care determină diferite segmente constructive ale tiparelor, favorizând prin aceasta valorificarea unor tehnici și metode din antropologie.

În ultima jumătate a secolului al XIX-lea, inventarea mașinii de cusut a oferit posibilități de creștere a productivității muncii și a condus la realizarea produselor cu forme de complexitate mai mare.

Pentru secolul al XX-lea este specifică trecerea la modalități industriale de realizare a îmbrăcăminteii, dar despre o fabricație industrială se poate vorbi începând cu anul 1930.

În nici o altă perioadă schimbările în vestimentație nu s-au produs așa rapid și profund ca în secolul al XX-lea, în primul rând în ceea ce privește vestimentația feminină care a evoluat treptat spre formele funcționale de astăzi. Caracteristic vestimentației secolului al XX-lea este relativa ștergere a diferențelor dintre îmbrăcăminte masculină și cea feminină, ca urmare a nivelării deosebirilor de ocupație și ritm de viață. Profundele prefaceri ale structurii sociale, creșterea pe cea mai mare parte a globului a standardului de viață, au făcut ca vestimentația să nu mai slujească rangurilor sociale, iar creația artistică în îmbrăcăminte să reflecte interesele maselor largi.

La începutul secolului XX, de cel mai mare prestigiu se bucură figura teapană a financiarului respectabil și impunător. Trupul sedentar și greoi era cu grijă ascuns în carapacea rigidă a hainelor întunecate, cu guler tare și pălărie "cilindru". Mai liber și mai receptiv noutăților modei, costumul feminin a devenit un domeniu

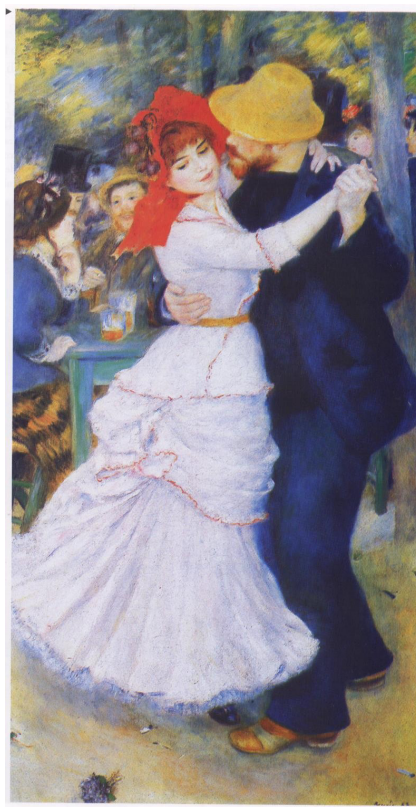


de manifestare însemnat al noului val, numit "Art Nouveau", curentul artistic principal fiind simbolismul.

Pe când idealul de frumusețe masculină era cel al prozaicului burghez respectabil, femeia slăvită de artiști era o ființă de vis, o divinitate inaccesibilă, fatală, surâzătoare și misterioasă (deseori reprezentată în pictură cu ochii închiși).



a.



b.

Fig. 1.50 a. Claude Monet - "Doamna cu umbrela" - 1883  
b. Auguste Renoir - "Dans la Bougival" - 1883

Impresioniști ca Monet (fig.1.50a) sau Renoir (fig.1.50b) au pictat femei asemănătoare florilor, cu fuste învoalate ca niște corole și cu pălării înfioate ca buchete de roze. Vârsta preferată era cea matură, impunând o siluetă greoaie, pe care o imită și tineretul.[138/2,4]

După primul război mondial, idealul de frumusețe feminină s-a schimbat, optând pentru artificialitate. Tipul feminin preferat era cel al adolescenței cu corpul băiețesc, ca o scândură, purtând taior. (Greta Garbo).

Atributele feminine erau voit mascate: părul tuns, pieptul aplatizat prin croiala în fir drept fără pense, iar cordonul era coborât pe șolduri pentru a nu marca talia (fig.1.51).

După cel de-al doilea război mondial, schimbarea stării de spirit s-a manifestat vizibil în modă printr-un val de gingășie.

Casele de modă pariziene și-au reluat activitatea, Christian Dior fiind cel care a conturat primul noua siluetă "New look". El declara: "Avem în urma noastră

un trecut de război, de uniforme, de femei cu umeri lași ca de boxeri. Am desenat femei ca niște flori, cu umerii ușor căzuți, bustul rotunjit, talia subțire ca trestia și cu fuste învoalate ca petalele”.[91]



Fig. 1.51 - Modele din "Journal des Ouvrages de Dames" - 1928

De-a lungul secolului XX, moda a mers parcă în contra timpului adaptându-se mereu la izvorul tinereții. Renunțând să mai mimeze vârsta adulților ajunși, care altădată puteau numai ei să-și permită luxul eleganței, tinerii au început să-și determine singuri înfățișarea exterioară. Moda celor sub 20 de ani, a "teen-age"-rilor a avut o profundă influență asupra formelor vestimentare din ultimul deceniu, manechinele ideale fiind adolescente suple și înalte.

## 1.8    Moda contemporană

Linia îmbrăcăminteii din zilele noastre a fost influențată de marile descoperi științifice, transformând vechile obiceiuri și mode tradiționale în altele care sugerează forme și funcțiuni noi.

Îmbrăcăminte modernă este caracterizată de funcționalism și în general de o linie simplă fiind evidente cerințele pentru haine de lucru, sport, după amiază, casă sau pentru ocazii deosebite. Participarea femeilor în toate ramurile de activitate a influențat moda în sensul găsirii unor modele practice atât pentru lucru, cât și pentru timpul liber. În această perioadă apar stiluri noi și ca o caracteristică principală a modei contemporane este ritmul rapid de schimbare și durata scurtă a acesteia.

În prezent, moda este lansată de designerii marilor case de modă, sub forma unor spectacole, iar actorii principali sunt manechinele, care defilând pe scenă prezintă creațiile acestora.

Idealul actual de frumusețe feminină este reprezentat tocmai de aceste manechine a căror dimensiuni trebuie să se apropie cât mai mult de cele considerate astăzi ca fiind perfecte: "90 - 60 - 90" (fig.1.52).[143]

Fig. 1.52

Deoarece vestimentația marilor creatori de modă lansată pe scenă este de cele mai multe ori excentrică, moda actuală este împărțită în două curente: "Haute Couture", care prezintă vestimentația ca artă, creație, spectacol și "Pret a Porter", care prezintă vestimentația străzii, de zi cu zi, pentru diverse ocazii, ușor accesibilă tuturor.

Cu toate că vestimentația actuală tinde să anticipeze moda viitorului, costumațiile, obiceiurile și tradițiile popoarelor din secole de mult apuse, sunt și vor rămâne un nesecat izvor de inspirație pentru marii creatori de modă (fig.1.53).[144]

Produsele actuale în care se îmbină calitățile funcționale cu cele estetice reprezintă forme directe de manifestare estetică și mijloace de afirmare a personalității fiecărui purtător.





Fig. 1.35

## 2. FORMA ȘI DIMENSIUNILE CORPULUI UMAN

### 2.1 Noțiuni de anatomie a corpului uman

În scopul dimensionării corecte a produselor de îmbrăcăminte și a asigurării corespondenței dintre produs și corp este necesar să se cunoască structura anatomică a corpului uman, forma sa exterioară privită ca suprafață de sprijin a produsului vestimentar. Pentru aceasta în proiectarea constructivă a produselor de îmbrăcăminte sunt necesare o serie de date furnizate de antropologia aplicată la cerințele industriei de confecții.

**Antropologia** apărută ca știință independentă la sfârșitul secolului al XVIII-lea a fost definită ca istoria naturală a omului. Antropologia aplicată cuprinde utilizarea metodelor și a gândirii antropologiei în domenii foarte variate legate de prezența omului.

**Morfologia** este acea parte a antropologiei, care studiază legile de modificare individuală a formei și structurii organismului uman, variabilitatea somatică a populației.

**Anatomia** este știința despre forma și structura organelor, sistemelor și a organismului uman în ansamblu. Anatomia reprezintă o parte componentă a morfologiei. Pentru construcția îmbrăcăminte sunt necesare informațiile oferite de anatomia suprafețelor și anatomia plastică, ramuri ale anatomiei care se ocupă cu studiul diferitelor caractere exterioare, a sistemelor de organe care realizează mișcarea, cu relieful și plastica corpului.

Organismul uman este alcătuit dintr-un complex de celule, sisteme și aparate care formează un tot unitar. Aparatul specializat care efectuează mișcările corpului omenesc se numește "aparat locomotor" sau "aparat de susținere și mișcare", funcția complexă a acestui aparat purtând numele de "locomotie".

Aparatul locomotor este alcătuit din trei sisteme: **sistemul osos** (de rezistență), **sistemul articular** (de legătură) și **sistemul muscular**.

#### 2.1.1 Sistemul osos și sistemul articular.

**Sistemul osos** este constituit din schelet și are rolul de a prelua și suporta încărcările care revin corpului. Scheletul este alcătuit dintr-un număr de 200 oase (din care 170 pereche), care îndeplinesc următoarele funcțiuni: susțin diferitele părți moi ale organismului, formează cavități de protecție pentru unele organe interne și servesc ca pârghii pentru efectuarea diferitelor mișcări, constituind elementele pasive ale mișcării.

Oasele sunt construcții "minim absolute" (Pauwels-Kummer), construcții care asigură o rezistență maximă cu material minim astfel că, masa totală a țesutului osos reprezintă 16-18% din masa totală a adultului, și 14% a noului născut.

După configurația lor externă corelată cu funcțiile pe care le îndeplinesc, oasele pot fi: oase lungi (cilindrice), care se întâlnesc în special în scheletul membrilor, oase late (omoplatul, oasele bazinului, oasele craniului), oase scurte (oasele din scheletul mâinii și a piciorului) și oase mixte (vertebrele, occipitalul etc.).[101,122]

**Sistemul articular** este alcătuit dintr-un complex de organe destinate să unească oasele între ele. Contactul dintre două capete osoase cu sau fără mișcare între ele împreună cu toate elementele ce le înconjoară formează o articulație.

În corpul omenesc există 230 de articulații foarte diferite ca formă și funcțiuni. Cel mai mare număr de articulații se întâlnește între oasele mâinii, de unde rezultă și marea ei mobilitate. Scheletul articular reprezintă pentru organismul omului componenta pasivă a aparatului locomotor. Din punct de vedere topografic deosebim scheletul și articulațiile capului, coloana vertebrală, cutia toracică și scheletul și articulațiile membrilor (fig. 2.1).

**Scheletul și articulațiile capului**

Scheletul este format din oasele cutiei craniene (neurocraniu) și oasele masivului facial (viscerocraniu), cu rol de protecție a encefalului și de susținere a țesuturilor moi. Articulațiile asigură participarea elementelor osoase la mișcările mimice și masticăției.

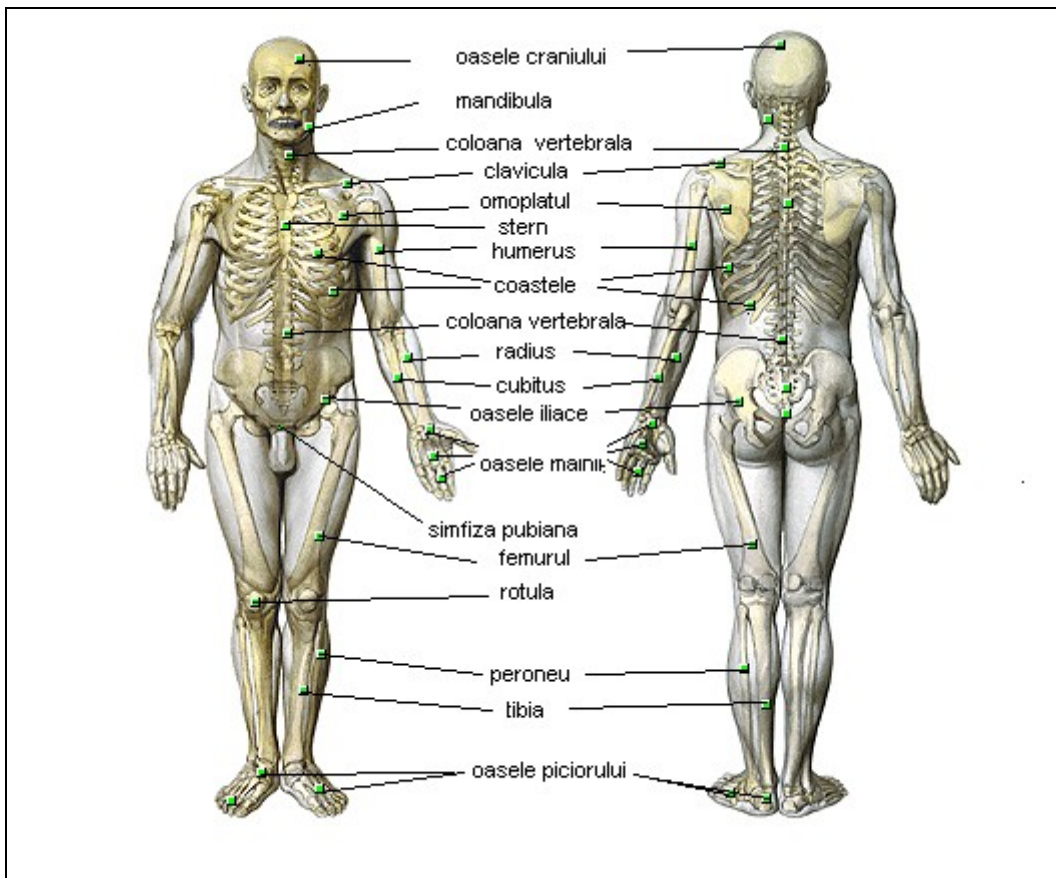


Fig. 2.1 - Scheletul - vedere anterioară și posterioară

**Coloana vertebrală** este formată din 33-34 vertebre suprapuse, străbătute în lungime de un canal prin care trece măduva spinării. Coloana vertebrală se poate împărți în 5 regiuni: cervicală, dorsală sau toracală, lombară, sacrală și coccigiană (fig. 2.2).

Zona cervicală (C1-C7) este formată din 7 vertebre, iar ultima dintre ele este cea mai mare și este plasată la îmbinarea gâtului cu trunchiul.

Zona toracală (T1-T12) sau coloana dorsală cuprinde 12 vertebre de care se articulează 12 perechi de coaste.

Zona lombară (L1-L5) este alcătuită din 5 vertebre și este dispusă între ultima coastă și bazin.

Zona sacrală (sacru) cuprinde 5 vertebre care după vârsta de 16 ani încep să se sudeze între ele, formând în jurul vârstei de 25 de ani osul sacru.

Zona coccigiană (cocci) este formată din 4-5 vertebre involuate care formează un singur os numit osul cocci.

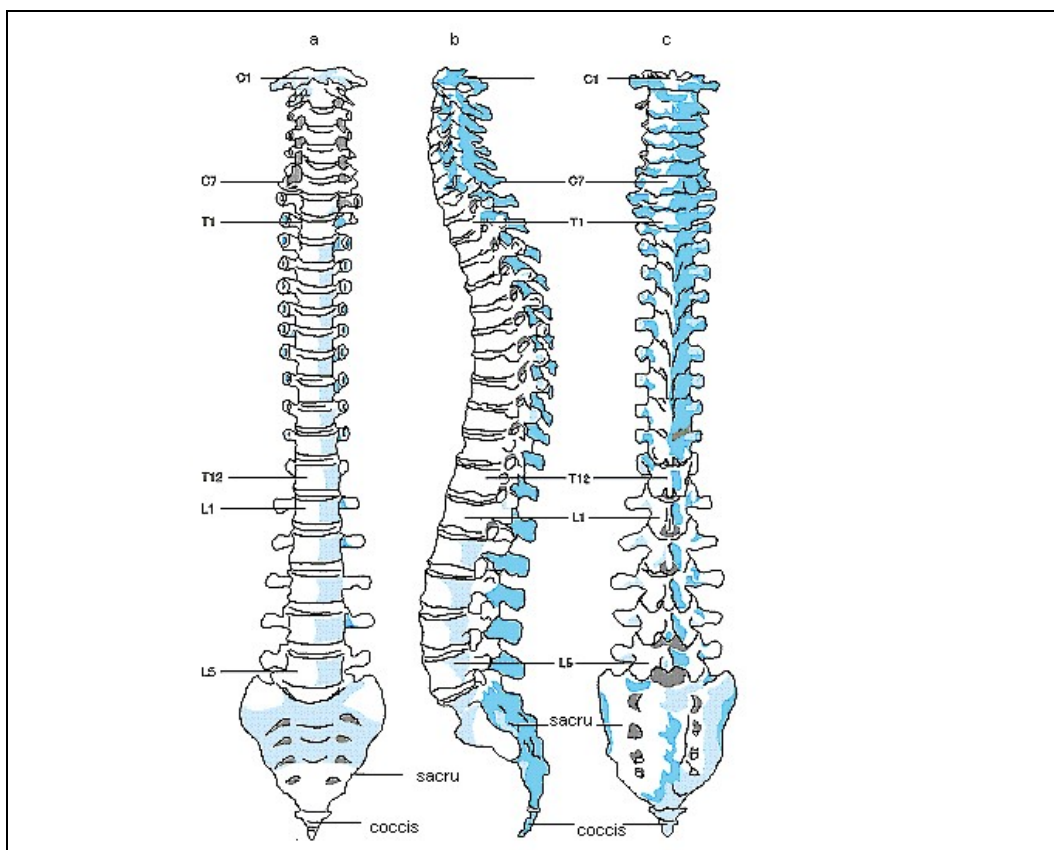


Fig. 2.2 - Coloana vertebrală: a.anterior, b. lateral, c.posterior.

Coloana vertebrală are un triplu rol: constituie axul static al scheletului, asigură protecție măduvei spinării și participă la executarea diferitelor mișcări.

Coloana vertebrală prezintă curburi în forma literei S, curburi care favorizează echilibrul în statică și mers și au rol de a atenua șocurile și vibrațiile în

timpul mișcărilor. Forma acestor curburi determină în mare măsură ținuta corpului.[101,122]

**Cutia toracică** este formată din coloana dorsală (toracală), la spate, coaste la partea antero-laterală și anterior de osul stern. Cele 12 perechi de coaste se articulează posterior de vertebrele coloanei dorsale, iar anterior, cu excepția ultimelor două perechi (coaste flotante), cu osul stern. Toate articulațiile coastelor sunt mobile, din care motiv la respirație cutia toracică își modifică dimensiunile. Forma și dimensiunile cutiei toracice depind de sex și vârstă.

**Scheletul și articulațiile membrilor superioare** (membrile toracice), este alcătuit din 4 segmente osoase: umăr (centura scapulară), braț, antebrăț și mână propriu-zisă.

**Umărul** (centura scapulară), asigură legătura dintre partea superioară a trunchiului și membrul superior. Scheletul centurii scapulare este constituit din două oase pereche, omoplatul și clavicula.

**Omoplatul** (scapula), este un os plat de formă triunghiulară dispus la partea posterioară și superioară a cutiei toracice, formând pe suprafața spatelui o proeminență care influențează forma definitivă a spatelui. Spre extremitatea exterioară este dispusă apofiza acromială, proeminență în articulația umerilor. Extremitatea superioară a omoplatului formează apofiza claviculară. Clavicula este un os lung, ușor curbat în forma literei S, forma ce rezultă din necesitatea susținerii omoplatului și membrului superior. Extremitatea internă se articulează cu sternul și fixează membrul superior de torace, iar extremitatea externă cu omoplatul.

Centura scapulară nu este închisă posterior, deoarece omoplații nu se unesc. Centura scapulară orientează lățimea umerilor și influențează forma și dimensiunile trunchiului la partea superioară.

**Brațul** are scheletul format dintr-un singur os, pereche, cilindric, numit humerus care coboară pe părțile laterale ale toracelui ușor oblic. Partea superioară a humerusului având forma semisferică se articulează cu omoplatul (articulația scapulo-humerală) prin intermediul articulației umerale multiaxiale cea mai mobilă din scheletul omului. Extremitatea inferioară a humerusului este proeminentă în articulația cotului.

Conformația brațelor, categoriile de mișcări, precum și amploarea acestora condiționează dimensionarea produselor de sprijin pe umeri.

**Scheletul antebrățului** cuprinde median osul radius orientat spre degetul mare și lateral osul cubitus sau ulna. Aceste două oase vin în contact doar cu extremitățile lor. Brațul și antebrățul se articulează prin articulația cotului, sau articulația humero-cubito-radială, care constă de fapt din trei articulații separate (dintre humerus și radius, humerus și cubitus, și între cubitus și radius), dar având o singură capsulă articulară și o sinovie. La extremitatea inferioară oasele antebrățului se articulează cu oasele mâinii.

**Mâna** reprezintă segmentul terminal al membrului superior și are scheletul format din 27 de oase dispuse în trei etaje:-opt oase carpiene, cinci oase metacarpene și falangele (trei pentru fiecare deget, în afară de cel mare care are două). Mâna se articulează cu oasele antebrățului prin articulația eliptică stilo-radială, care asigură mișcările de rotație în jurul a două axe: frontală și sagitală. Aceasta articulație cât și cele dintre segmentele osoase ale scheletului mâinii asigură mișcările complexe de mare mobilitate ale mâinii.

**Scheletul și articulațiile membrilor inferioare**, este alcătuit din scheletul centurii pelviene (bazinului), scheletul coapsei, a gambei și scheletul piciorului.



**Scheletul centurii pelviene**, face legătura dintre coloana vertebrală și membrele inferioare. Bazinul sau pelvisul este format din două oase simetrice numite oase iliace sau coxale. Acestea se articulează posterior cu osul sacru (articulația sacro-iliacă) și anterior între ele prin simfiza pubiană.

Forma bazinului este principalul element de diferențiere a scheletului între cele două sexe, fiind la femeii mai larg și mai jos decât la bărbați.

**Scheletul coapsei** este format dintr-un singur os lung, pereche numit femur, orientat oblic în jos. Oblicitatea este mai accentuată la femeii decât la bărbați, datorită lărgimii mai mari a bazinului în direcție transversală. Capul femurului se articulează cu osul iliac formând articulația coxo-femurală, articulație sferică cu trei grade de mobilitate. Cu extremitatea inferioară femurul ia parte la formarea articulației genunchiului.

**Scheletul gambei** cuprinde două oase: tibia și peroneul. Tibia este un os mai voluminos, dispus median și suportă greutatea corpului, iar peroneul (fibula) este situat în plan lateral. La partea superioară, oasele gambei se articulează cu femurul formând articulația genunchiului, iar la partea inferioară cu oasele piciorului.

**Articulația genunchiului** este cea mai mare și mai complexă din corpul omenesc și este protejată la partea anterioară de un os mic semisferic numit rotulă.

**Piciorul** prezintă un schelet format din 26 de oase dispuse în trei grupe: 7 oase tarsiene, 5 metatarsiene și 14 falange. Articulațiile piciorului sunt pe de o parte între oasele piciorului propriu-zis și pe de altă parte între oasele piciorului și cele ale gambei.[21,101,122]

Piciorul reprezintă pârgia terminală a membrului inferior, punct de legătură între corp și sol în acțiunile biomecanice structura lui fiind adaptată funcțiilor principale: susținerea corpului în poziția verticală și element activ al mersului.

### 2.1.2 Sistemul muscular

Sistemul muscular este constituit din mușchi, tendoane și ligamente, care în ansamblu reprezintă elemente active ale mișcării. Dispoziția și gradul de dezvoltare al musculaturii determină forma exterioară și relieful diferitelor regiuni ale corpului. Există un număr mare de mușchi, în jur de 600, majoritatea simetrici. Masa țesutului muscular reprezintă în medie 36 până la 42% din masa totală a corpului adultului și în jur de 22% din masa corpului nou născutului.

După particularitățile structurale și funcționale, mușchii se pot clasifica în mușchi **striati**, mușchi **netezi**, și mușchiul **cardiac**.

Mușchii striati sunt formați din fibre musculare, îmbracă scheletul și din această cauză se mai numesc și mușchi scheletici. Mușchii striati răspund la solicitări, reprezentând mușchii voluntari care asigură diferite mișcări ale omului.

Mușchii netezi sunt situați la nivelul organelor interne și prezintă grupa mușchilor involuntari.

Mușchiul cardiac este un mușchi cu o individualitate morfo-funcțională specifică, reprezentând o categorie intermediară între cele două: este un mușchi striat, dar se comportă involuntar.

După forma lor mușchii pot fi: **lungi** (frecvent dispuși pe oasele membrelor), **lați** (în special în musculatura trunchiului), **scurți** (din care cea mai mare parte la nivelul coloanei vertebrale), și **circulari** care prin construcția lor permit deschiderea sau închiderea unor orificii.

Mușchii se caracterizează prin două proprietăți principale: contractibilitatea și elasticitatea. Contractibilitatea este acea proprietate a mușchiului de a-și schimba forma sau tensiunea, fără a-și modifica volumul având ca rezultat contracția

musculară și efectele sale mecanice. După contracție, datorită elasticității mușchiul revine la forma și dimensiunile sale inițiale.[ 21,122,101]

Configurația exterioară a corpului omenesc este determinată de mușchii superficiali ai scheletului. Toți acești mușchi sunt pereche și dispuși simetric în partea stângă și dreaptă a corpului (fig. 2.3).

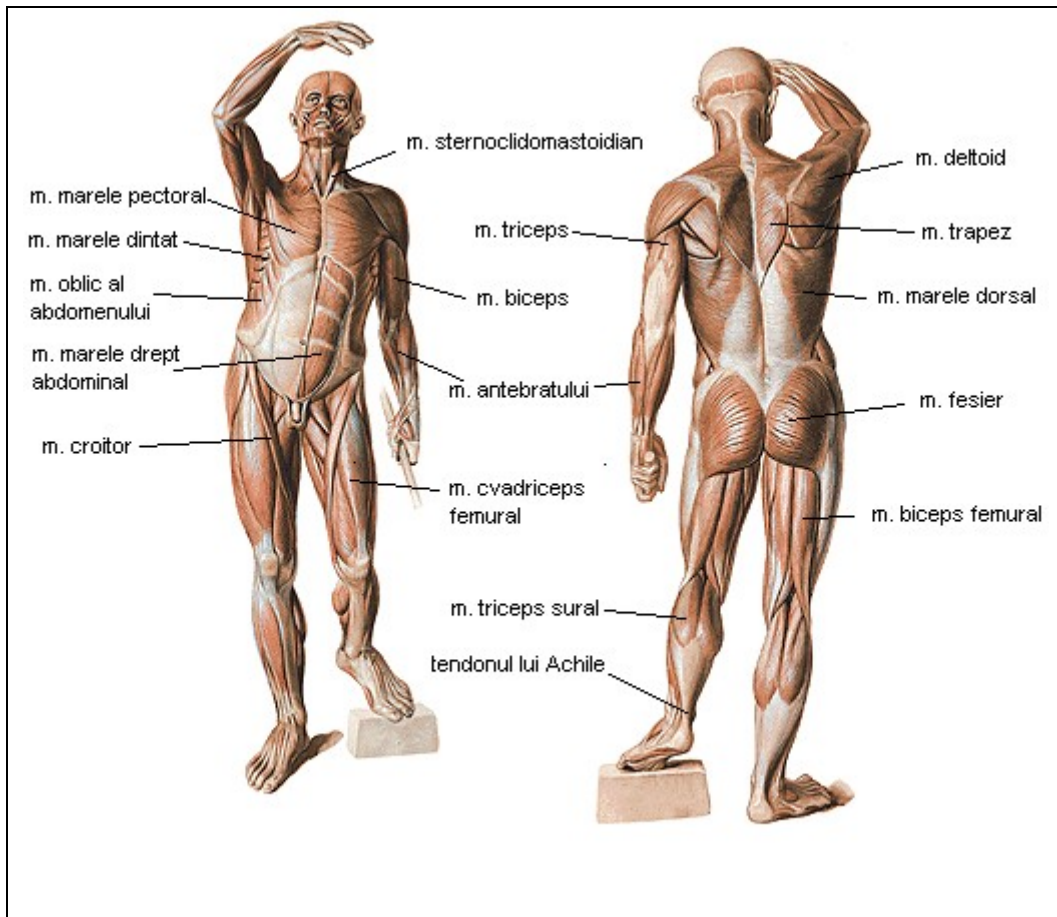


Fig. 2.3 - Sistemul muscular - vedere anterioară și posterioară

**Mușchii gâtului.** Pe suprafața laterală a gâtului, cei mai proeminenți sunt mușchii sternocleidomastoidieni, fixați cu extremitatea superioară pe oasele craniului, iar cu cea inferioară pe claviculă și primele coaste. Prin intermediul lor se produce înclinarea și rotația laterală a capului, iar prin contracția simultană a celor doi mușchi simetrici se realizează aplecarea capului în jos.

În funcție de dezvoltarea și dimensiunea lor se determină perimetrul gâtului, mărime antropometrică foarte importantă în proiectarea produselor de îmbrăcăminte.

**Mușchii trunchiului** se grupează în mușchii cefei și ai spinării, mușchii anteriori ai toracelui și mușchii abdominali.

**Mușchii cefei și ai spinării** (posteriori ai coloanei vertebrale) au ca principală funcțiune îndoirea gâtului și a spatelui. Cei mai importanți mușchi superficiali sunt: trapezul și mușchiul marele dorsal.

**Trapezul** este un mușchi lat, de formă triunghiulară care se inseră cu baza pe linia mediană a coloanei vertebrale iar cu vârfurile pe apofizele vertebrelor cervical și respectiv pe oasele centurii scapulare.

De gradul de dezvoltare al mușchilor trapez depinde forma și perimetrul gâtului și gradul de proeminență al omoplatului pe suprafața spatelui.

**Marele dorsal** este un mușchi lat, de formă triunghiulară, cel mai lat mușchi din corpul omenesc și ocupă toată partea inferioară și laterală a spatelui. Acest mușchi delimitează la spate zona subaxilară, participă la actul respirației, acționând asupra coastelor și are tendința de a trage brațele spre înapoi.

**Mușchii anteriori ai toracelui.** Cel mai mare și proeminent mușchi situat la partea superioară a toracelui este mușchiul **marele pectoral**, mușchi care asigură relieful pieptului, în special la bărbați. Mușchiul marele pectoral se inseră cu baza pe claviculă, stern și cartilajele primelor coaste, delimitând la partea anterioară zona axilară.

Pe fața laterală a cutiei toracice este dispus mușchiul **marele dințat**. La partea anterioară se fixează începând cu perechea 10 de coaste, iar la cealaltă extremitate pe suprafața interioară a omoplatului. Acest mușchi formează peretele interior al zonei axilare și ia parte la actul respirației (la inspirație).

Un rol aparte în musculatura toracelui îl joacă mușchiul **diafragm plat**, în formă de cupolă cu concavitatea orientată în jos, care are o acțiune puternică în inspirație. Diafragma împarte trunchiul în două cavități: torace și abdomen.

Mușchii abdominali sunt dispuși simetric pe ambele laturi ale corpului, formează peretele anterolateral al abdomenului și se unesc anterior pe linia mediană prin încrucișarea firelor aponevrotice formând linia albă (septul). Toți acești mușchi prin contracție simultană iau parte la expirație și de asemenea produc îndoirea coloanei lombare. Dintre mușchii superficiali abdominali cei mai importanți sunt: **marele drept abdominal** și mușchiul **oblic** al abdomenului.

**Mușchiul drept abdominal** este situat imediat în afara liniei mediane, se prezintă sub forma unei benzi musculare, la partea superioară se inseră pe coastele 5, 6 și 7, iar la partea inferioară pe osul pubis. Are rol în coborârea coastelor, ca mușchi expirator și la îndoirea trunchiului în față.

**Mușchiul oblic al abdomenului** se inseră pe ultimele șapte coaste, este orientat oblic în jos, se fixează cu extremitatea inferioară pe creasta iliacă și închide partea anterioară și laterală a abdomenului și partea inferioară a cutiei toracice. Produce prin contracție rotirea trunchiului în jurul unei axe longitudinale.

Musculatura membrului superior se poate grupa în următoarele regiuni: **musculatura umărului** (centurii scapulare), **musculatura brațului, antebrațului și mâinii**.

Cel mai superficial mușchi din zona centurii scapulare este **deltoidul**, de forma unei bolți triunghiulare, care se inseră cu baza pe claviculă și omoplat, cuprinde articulația umărului și cu celălalt capăt se fixează pe fața exterioară a humerusului. Acest mușchi determină în mare măsură forma regiunii umerale.

Dintre mușchii brațului cei mai proeminenți sunt **bicepsul** și **tricepsul**.

**Bicepsul** este un mușchi fusiform, situat la partea anterioară și servește la îndoirea antebrațului în articulația cotului, fiind foarte proeminent sub piele la contracție.

**Tricepsul** se dispune pe suprafața posterioară a humerusului. Acțiunea acestui mușchi este opusă mușchiului biceps. Mușchii antebrațului sunt în număr de

20 și se împart în număr de 3 grupe: anterior (flexori), posteriori (extensori) și laterali (cu rol în mișcarea de rotație în exterior a antebrațului).

**Musculatura mâinii** cuprinde 19 mușchi proprii care acționează exclusiv asupra degetelor și reprezintă grupa mușchilor de finețe și precizie a mâinii.

**Musculatura membrului inferior.** Se disting și aici următoarele regiuni: musculatura centurii pelviene (a bazinului), musculatura coapsei, musculatura gambei și a piciorului.

Din musculatura centurii pelviene cel mai proeminent este mușchiul **marele fesier**, dipus pe suprafața posterioară a bazinului și care înconjură articulația coxo-femurală fixându-se pe suprafața posterioară a femurului.

Din musculatura coapsei se disting: mușchiul croitor, cvadricepsul femural și bicepsul femural.

**Mușchiul cvadriceps femural** se dispune pe suprafața anterioară a femurului iar extremitatea inferioară trece peste suprafața anterioară a articulației genunchiului și se fixează pe partea anterioară a tibiei.

**Mușchii gambei** sunt grupați în 3 regiuni: anterioară (tibiali), laterală (peronieri), și posterioară, dintre care în plan superficial se află tricepsul sural, un mușchi voluminos, alcătuit din 3 fascicule care converg într-un tendon unic (tendonul lui Achile). Acest mușchi are un rol deosebit în mers, fugă, săritură etc. Mușchii intrinseci ai piciorului sunt în număr de 20 și sunt dispuși în patru regiuni: una dorsală și trei plantare.[21,101,122]

## 2.2 Elemente de biomecanică a corpului uman

Structura actuală a corpului omenesc și forma lui sunt rezultatul necesității de mișcare a omului. Corpul uman poate fi considerat drept o mașină vie: bios=viață; mehane=mașină. Biomecanica se ocupă cu studiul mișcărilor din punctul de vedere al legilor mecanice: studiul formelor de mișcare, a forțelor care produc mișcarea și a interacțiunii dintre acestea și forțele rezistente.

Biomecanica se ocupă nu numai de analiza mecanică a mișcărilor ci și de efectele lor asupra structurii diferitelor organe care realizează mișcarea. Organismul în mișcare trebuie privit ca un tot unitar, mișcarea fiind rezultatul intrării în acțiune a tuturor factorilor morfo-funcționali reprezentați de organele aparatului locomotor și ale sistemului nervos.

Fiecare segment al aparatului locomotor prezintă o structură funcțională și o dinamică specifică.

### **Coloana vertebrală**

Coloana vertebrală este cel mai important segment al aparatului locomotor. Mișcările coloanei, indiferent de amplitudinea lor sunt mișcări complexe, rezultate din micromișcările cumulate ale tuturor articulațiilor intervertebrale. Astfel se pot deosebi următoarele categorii de mișcări: flexia (îndoirea), extensia (întinderea), înclinarea laterală, rotația în jurul unui ax vertical ce trece prin centrul discurilor intervertebrale și circumducția ca rezultată a mișcărilor de mai sus, executate succesiv. Amplitudinile acestor mișcări sunt diferite pe zone, în funcție de tipul mișcării.

### **Toracele**

Cavitatea toracică trebuie să prezinte un anumit grad de mobilitate pentru a fi posibilă efectuarea ritmică a celor doi timpi ai respirației. Mobilitatea cavității toracice depinde de gradul de mobilitate a coastelor. Astfel la inspirație se produce o

mărire a dimensiunilor cavității toracice, iar la expirație are loc revenirea la poziția inițială prin coborârea coastelor.

#### **Centura scapulară și membrele superioare**

Mișcarea în toate sensurile și o amplitudine atât de mare a membrilor superioare este asigurată de următoarele segmente osoase: articulația scapulo-humerală, articulațiile centurii scapulare și articulația cotului.

Articulația scapulo-humerală este cea mai mobilă din tot corpul și împreună cu articulațiile centurii scapulare permite efectuarea următoarelor mișcări: abducția (îndepartarea brațelor de corp), adducția (apropierea brațelor de corp), rotația internă și externă, circumducția ca rezultată a acestor mișcări.

Articulația cotului permite mișcări de flexie și extensie a antebrațului pe braț, iar antebrațul permite realizarea unor mișcări caracteristice de rotație: în interior (pronație) și în exterior (supinație).

Gâtul mâinii (regiunea care face legătura dintre antebraț și mână) prezintă un complex osteo-articular care permite efectuarea mișcărilor de flexie, extensie, abducție, adducție și circumducție. Mâna are multiple posibilități de mișcare, dispune de capacitatea de cuprindere și constituie un organ specializat al sensibilității.

#### **Centura pelviană și membrele inferioare**

La adult centura pelviană (bazinul) poate fi considerat ca un întreg rigid. Articulația coxo-femurală permite efectuarea mișcărilor de flexie, extensie, abducție, adducție, rotație și circumducție.

În articulația genunchiului se dezvoltă două mișcări principale: flexia și extensia gambei pe coapsă, însoțite de o serie de mișcări secundare de rotație internă și externă.

În articulația gleznei au loc mișcări de flexie și extensie ale piciorului. Piciorul este în așa fel construit încât să poată suporta nu numai greutatea corpului ci și greutatea suplimentară. În același timp piciorul prezintă mari posibilități de mișcare cum ar fi: flexie-extensie, abducție-adducție, rotație internă-externă și circumducție. Deși în multe din articulațiile sale mișcărilor sunt foarte reduse, în totalitatea sa piciorul se poate mișca aproape în toate direcțiile.[4]

#### **Stratul adipos subcutanat**

Asupra plasticii corpului omenesc o importanță deosebită o are mărimea și modul de repartizare a stratului adipos subcutanat. Acest strat are rolul de a atenua proeminențele scheletului și relieful mușchilor și de a da rotunjime și armonie corpului. Gradul de dezvoltare și modul de repartizare a stratului adipos subcutanat depinde de sex și de vârstă. În majoritatea cazurilor depunerile de grăsime cresc pe măsura înaintării în vârstă. La femei stratul adipos se depune cu precădere în zona pieptului, șoldurilor și feselor, în timp ce la bărbați în zona superioară a peretelui abdominal. Depunerile excesive de țesut adipos duc la o stare morbidă numită obezitate, în care este modificat total echilibrul și aspectul exterior al corpului.

## **2.3 Prezentarea generală a formei exterioare a corpului uman**

În studiul configurației exterioare a corpului omenesc se utilizează informațiile utilizate de anatomia plastică sau anatomia formelor exterioare.

Forma exterioară a corpului se studiază pe următoarele regiuni: cap, gât, trunchi și membre. Fiecare din acestea prezintă suprafețe anterioare, posterioare și laterale (sagitale).

### **Gâtul**

Forma gâtului este diferențiată în primul rând după sex și vîrstă. Astfel la femei și la copii datorită unei dezvoltări mai accentuate a țesutului adipos, regiunea gâtului este rotunjită, în timp ce la bărbați conturul este mult mai proeminent ca urmare a puternicei dezvoltări a musculaturii (mușchii sternocleidomastoidieni și mușchii trapez).

Lungimea gâtului (zonei cervicale) depinde și de înclinarea umerilor, fiind mai mică la persoanele cu umerii ridicați și mai mare la persoanele cu umerii coborâți.

În plan sagital gâtul prezintă o înclinare spre față datorată curbării coloanei cervicale, a cărei adîncime maximă este situată în dreptul cele de-a 5-6 vertebre cervicale.

### **Trunchiul**

Trunchiul reprezintă cea mai voluminoasă parte a corpului. Partea superioară a trunchiului se numește regiune umerală. La partea anterioară suprafața trunchiului este împărțită în torace și abdomen, iar partea posterioară este numită și spate.

**Umerii**, prezintă în mod obișnuit o ușoară înclinare față de gât. Valoarea medie a unghiului de înclinare a umărului este de 24 grade la bărbați și 21 grade la femei. În funcție de înclinarea umerilor, corpurile pot prezenta: **umeri ridicați** (înalți), **umeri normali** și **umeri coborâți**. În definitivarea liniilor de contur superioare ale tiparelor produselor de îmbrăcăminte cu sprijin pe umeri, un rol important îl joacă înălțimea și lungimea umerilor.

**Forma toracelui** depinde de forma scheletului sau (de forma cutiei toracice), de musculatura toracelui (în special gradul de dezvoltare al pectoralilor), iar la femei și de forma glandelor mamare, dispuse între coastele 3-7.

Pentru unul și același perimetru toracic, forma cutiei toracice poate fi diferită. Astfel se întîlnesc corpuri cu toracele la partea anterioară și posterioară mai lat și lateral mai îngust, denumit **torace aplatizat**, și corpuri cu zona laterală a coastelor mai lată și dezvoltarea în partea anterioară și posterioară mai mică, denumit **torace cilindric**.

Cunoașterea acestor particularități este deosebit de importantă în dimensionarea în lățime a detaliilor produselor de îmbrăcăminte cu sprijin pe umeri.

**Forma abdomenului** depinde de sex, vîrstă, precum și de gradul de dezvoltare a țesutului adipos, a toracelui și a bazinului.

**Forma trunchiului la spate** este dependentă în mod hotărâtor de curbările coloanei vertebrale. Asupra formei spatelui influențează modul de cuprindere al coastelor de către omoplați care determină pe suprafața exterioară a spatelui o proeminență și de gradul de dezvoltare al musculaturii spatelui. La persoanele cu o puternică dezvoltare a musculaturii, curbările spatelui sunt de obicei atenuate și invers.

Forma trunchiului la spate determină în mare măsură ținuta corpului. Asupra formei părții inferioare a trunchiului influențează forma bazinului, musculatura (în special mușchii fesieri) și mărimea și modul de repartizare a stratului adipos.

### **Membrele**

La granița trunchiului cu membrele sunt situate centurile, centura scapulară pentru membrele superioare și centura pelviană pentru membrele inferioare.

Privit din plan sagital poziția normală a **membrului superior** este caracterizată de unghiul format de braț cu trunchiul și unghiul dintre braț și antebraț. În general, unghiul format de axa brațului și o orizontală trasată prin capul osului humerus poate avea valori diferite, astfel că se întîlnesc corpuri cu membrele

superioare **verticale**, corpuri cu membrele superioare orientate **anterior** și respectiv corpuri cu membrele superioare orientate **posterior**.

De poziția membrului superior în raport cu trunchiul și de poziția relativă a segmentelor sale trebuie ținut cont în proiectarea mânecilor.

Poziția **membrelor inferioare** depinde de poziția relativă a axei coapsei și a gambei în articulația genunchiului precum și de poziția capului femurului în articulația coxo-femurală.

Astfel se disting trei poziții: **normală** când axa gambei este practic în prelungirea axei coapsei, în forma de "X" când axa gambei formează cu axa coapsei un unghi obtuz pe suprafața exterioară a membrelor inferioare și în forma de "O" când axa coapsei și a gambei formează tot unghi obtuz, dar cu deschiderea spre suprafața interioară a membrelor inferioare.[4,21]

## 2.4. Studiul proporțiilor corpului uman

### 2.4.1 Proporțiile corpului uman în artă

Încă din antichitate, popoarele al căror nivel de cultură și civilizație era unul înaintat, au manifestat un interes deosebit pentru studiul proporțiilor, atât în artă (arhitectură, sculptură și pictură) cât și în ceea ce privește corpul uman, considerându-se că între acestea există o strânsă legătură.

Sistemul egiptean al proporțiilor era un sistem pur constructiv, în care antropometria obiectivă și măsurile artistice tehnice coincid. Canonul egiptean se adresa nu atât artiștilor, cât mai ales artizanilor "scribi de contururi" pentru a multiplica opera unui maestru creator.

Grecii au avut o altă concepție. Ei vizau captarea frumuseții și prescrierea ei sub formă de normă. Sistemul compara părțile între ele și cu întregul, descifrând astfel o armonie numerică. Sistemul este numit "organic", spre deosebire de cel egiptean socotit "constructiv mecanic", deoarece în canonul grec sunt comparate segmente, unități anatomice, cu întregul organic. Deosebirea, mai subtilă față de cel egiptean, consta în faptul că la greci antropometria un se aplica întocmai măsurilor artistice.

Vitruvius Marcus Pollio arhitect roman (sec.I, î.Ch.), a cărui operă se baza pe o tradiție de cinci secole, cunoștea bine sistemele de proporții grecești, pe care le-a numit "aritmice" (bazate pe măsurătoarea cu utilizarea numerelor întregi și fracționare), precum și speculațiile asupra unui sistem de proporții pe care le-a definit "geometrice" bazat pe numere incomensurabile, (cum este valoarea numerică:  $s = 1,618$ ; sau aceea realizată de progresiile geometrice ca: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ..., în care fiecare termen este egal cu suma celor doi precedenți – seria Fibonacci, și a căror raport este egal cu  $s = 1,618 = 5/3 = 8/5 = 13/8...$ ), numite în Renaștere "secțiunea de aur" sau "divina proporție".[64]

Pentru Vitruvius problema proporțiilor un a fost o simplă problemă de tehnică a construcției corpului, ci un motiv de speculație filozofică în care corpul uman, universul și însăși arhitectura ascultau de aceleași legi armonice. El este primul care a legiferat "măsura umană" în arhitectură, construind templul după proporțiile corpului și comparând stilurile doric și ionic cu corpul masculin și respectiv cu cel feminin.

În arta medievală s-a renunțat la determinarea proporțiilor "obiective" (pe cale antropometrică), organizându-se pictura în suprafața "planară", și astfel se recurge "schematic" numai la procedeul constructiv, tehnic.

Teoria bizantină a proporțiilor aplică sistemul modular, exprimând dimensiunile în "lungimi de cap" sau "de față". În "Manualul pictorilor de la Muntele Athos" (fig. 2.4), se atribuie, spre exemplu, două unități părții inferioare a gambei, tot două unități celei superioare, o treime (o lungime de nas) părții superioare a capului și gâtului etc.

Acest canon bizantin cu "9 lungimi de față" pătrunde în teoria artelor din epocile următoare până în secolele XVII și XVIII. Remarcabil este faptul că acest canon este identic cu cel al lui Vitruvius, care se poate citi fie, ca sistem al fracțiilor comune ale întregului, fie ca sistem modular (capul, spre exemplu fiind socotit a opta parte a corpului).

Canonul bizantin consta în exprimarea dimensiunilor corpului cu ajutorul unui modul. Acest canon nu reprezenta un sistem artistic constructiv (cum era cel al lui Villard de Honnecourt), ci făcea parte dintr-o cosmologie "armonică" în care totul era unificat cu ajutorul corespondențelor numerice și muzicale.

Villard de Honnecourt, în "Albumul de schițe" din secolul al XIII-lea reprezintă un sistem artistic constructiv oferind în același timp, proporțiile și schema constructivă a unei figuri umane (fig. 2.5).



Fig. 2.4 - "Schema celor trei cercuri concentrice" a artei bizantine și bizantinizate, din Manualul zugravului de la Muntele Athos

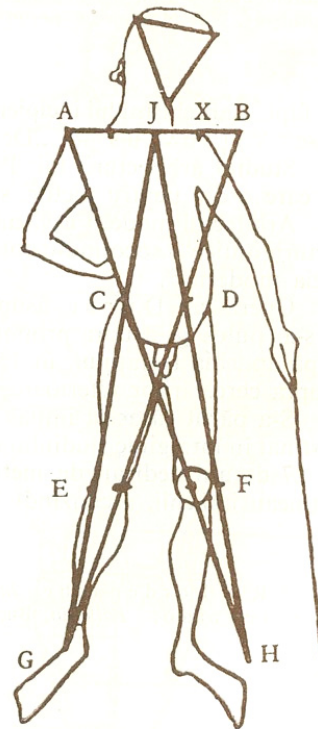


Fig. 2.5 - Villard de Honnecourt Schema din Album Biblioteca Națională, Paris



Alberti Leon Battista - arhitect, pictor, sculptor și umanist italian (1404 - 1472), considerat geniul cel mai universal al primei Renașteri, în studiul proporțiilor a stabilit o unitate de măsură denumită "rigla lui Alberti" egală cu 1/6 din corp.[64]

Leonardo da Vinci, în celebrul desen proporțional (din Academia din Veneția) a creat emblema "proporției divine". Desenul reprezintă omul înscris în pătrat și cerc, desen însoțit de un text în care transcrie fără nici un adaos sau comentariu măsurile lui Vitruvius. El știa că măsurile închid o experiență multiseclară aderând la tipul de frumusețe pe care acestea îl codificau. Importante erau un măsurile, ci armonia părților ca reflex al armoniei universului.

Pentru Leonardo da Vinci, ca și pentru gânditorii Renașterii contemporani cu el, omul era un microcosmos, imaginea redusă a macrocosmosului, sau chiar mai mult, omul era centrul universului și încoronarea creației divine. Perfecțiunea universului avea ca simbol sfera sau cercul, iar omul, universul mic, se înscrie în cerc și centrul lui este ombilicul, locul transmiterii și continuității vieții.

Vitruvius însuși gândea în acest fel și imaginase, în două figuri separate, omul înscris în pătrat și în cerc.

În mod ingenios, Leonardo da Vinci a unit cele două figuri într-o singură "imagine emblemă" în care, în plus, omul este desenat cu rigoarea anatomistului.

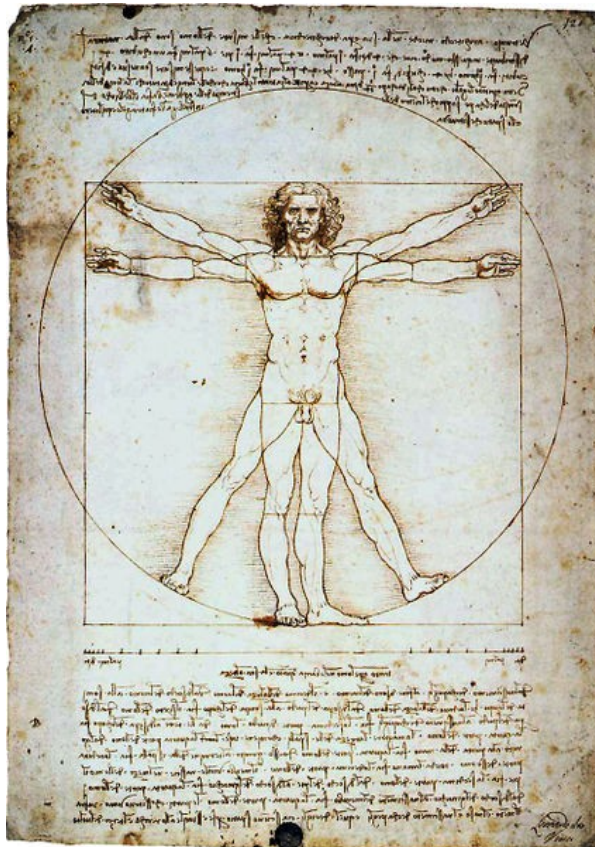


Fig. 2.6 - Desenul proporțiilor - Leonardo da Vinci

O riglă împărțitoare (împărțitorul era o scară a raporturilor părților cu talia sau înălțimea), care trece neobservată, așezată dedesubtul laturii inferioare a pătratului, figurează fără nici un comentariu sistemul de împărțire al lui Alberti (fig. 2.6). Studiul lui Leonardo da Vinci, privind proporțiile corpului uman, a fost ilustrat în cartea "De Divina Proportione" a lui Luca Pacioli, din anul 1509.[151]

Este evident că sistemele Renașterii, "Exempeda" lui Alberti și desenul lui Leonardo da Vinci poartă semnificațiile celor două izvoare: cea estetică normativă, de proveniență greacă, și cea cosmogonică de proveniență arabă, medievală.

Incepând din Renaștere, arta italiană, cu această viziune a omului, a devenit prototipul artei "bune". Rembrandt a fost singurul artist care a refuzat să o recunoască, socotind formele italiene ale corpului, aparținând "academiei".[64]

Albrecht Durer, când a început cercetările asupra proporțiilor, a conceput acest studiu în spiritul italian, care perpetua prin Alberti și apoi prin Leonardo da Vinci, ideea lui Vitruvius a unui "homo bene figuratus", omul frumos al Clasicismului. După ce însă, ascultând de înclinațiile personale a continuat cercetările, el a ajuns la alte concluzii, și anume, la concepția variantelor tipurilor morfologice, câștigând astfel o vedere științifică în detrimentul înțelegerii artistice. Durer nu concepea un artist care să nu poată proporționa "din ochi" segmentele corpului uman.

Opera lui Durer asupra proporțiilor (27 de ani dedicați de meticolosul artist acestui studiu), care la prima vedere a epuizat tot ceea ce s-ar putea ști asupra proporțiilor corpului uman, cu toate că a cunoscut mai multe ediții, după apariția tratatului din 1528, a decepționat artiștii și a ramas fără răsunet, atât asupra cercetărilor ulterioare, cât și asupra învățământului artistic.[64,92]

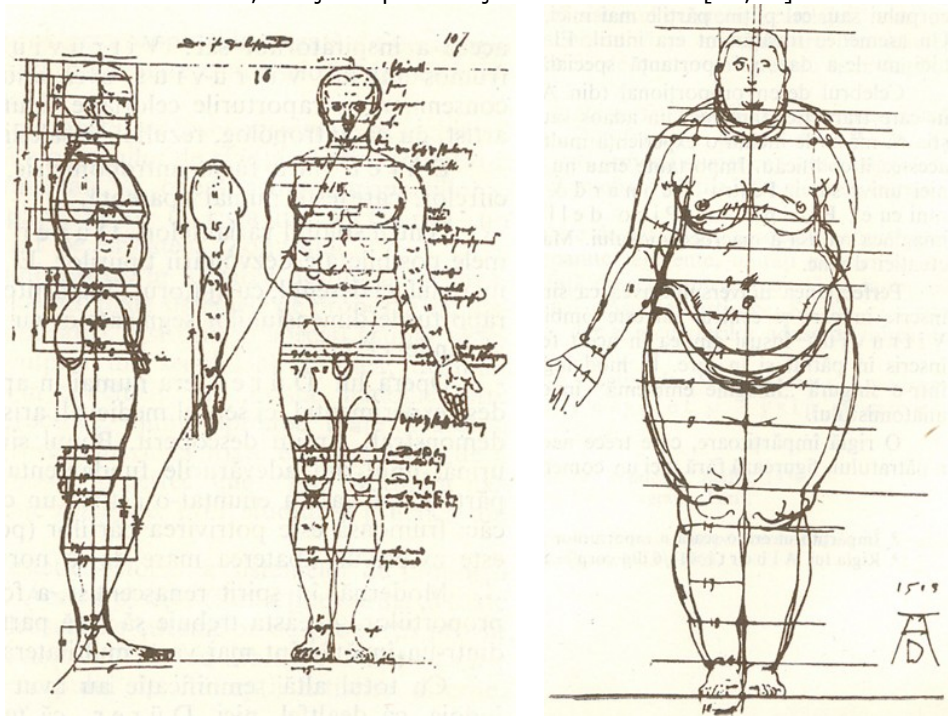


Fig. 2.7 - Durer Albrecht - Studiu de proporții, desen, 1518  
Tratatul despre proporții

Durer, desenatorul, un a făcut decât să dea o formă grafică unor concepții mai vechi asupra proporțiilor: a lui Vitruvius și a lui Alberti. Diferența constă în direcția spre care s-a orientat, direcție care vine în contradicție cu canonul lui Vitruvius: "homo bene figuratus". Intreaga operă a lui Durer asupra proporțiilor s-a născut din ideea de a legifera această varietate a înfățișării umane. Dacă "omul frumos" al lui Vitruvius avea anumite raporturi, Durer voia să știe și să consemneze și raporturile celorlalte tipuri. El a conceput și realizat această operă ca artist, nu ca antropolog, rezultatele sale limitându-se la sfera artei.

Pentru studiul variantelor, Durer a desenat după model și apoi a imaginat extremele posibile ale dezvoltării tipurilor (fig.2.7). El a proporționat "din ochi" și apoi a măsurat, nu omul, ci desenul, cu ajutorul "împărțitorului", sau cu ajutorul "riglei lui Alberti" raporturile dintre dimensiunile segmentelor cu talia (înălțimea corpului), sau măsurile acestora "în rigle" și subdiviziunile ei. Opera lui Durer era numai în aparență științifică.

Bunul simț artistic l-a făcut să întrevadă, în cele din urmă, unul din adevărurile fundamentale ale biologiei și anume, legea armonizării părților, pe care a enunțat-o astfel: un corp omenesc este frumos, fie scund, fie înalt, căci frumoasă este potrivirea părților, iar urât este excesivul, abaterea mare de la normă.

Artiștii au avut față de proporții două atitudini: unii au fost preocupați de studiul proporțiilor în care au văzut un adevărat îndreptar pentru înțelegerea și reprezentarea corpului, alții s-au dezinteresat, ei socotind, ca și Michelangelo, ca pictorul "trebuie să aibă compasul în ochi".

Sfârșitul speculațiilor asupra proporțiilor corpului este văzut de către istoricul de artă Erwin Panofsky, în părăsirea unei concepții obiective a artei și în invazia subiectivismului în interpretarea naturii. Această atitudine este pregătită încă de la sfârșitul Renașterii și are originea în "barochismul" lui Michelangelo (forme Barocului fiind considerate deschise, fluide, dirijate de geometria curbelor și spiralelor, pe când formele Clasicului sunt considerate închise, statice, cu o geometrie stabilizatoare).

Antropologia modernă un a adus nimic în plus în studiul proporțiilor artistice. Când Paul Richer ("Anatomia artistică"- 1890) a elaborat canonul sau anatomoartistic după datele antropologului Topinard, nu a câștigat nimic prin precizia măsurătorilor și a datelor statistice, căci întorcându-se la metoda artistică a diviziunii prin înalțimi de cap, regăsea vechea concepție și formă a proporțiilor canonice.

Discuțiile asupra proporțiilor purtate în zilele noastre (Primul Congres internațional asupra proporțiilor în artă, ținut la Milano în 1951) au socotit sistemele proporționale artistice numai sub aspectul lor de îndreptar de lucru al artistului, fără a putea hotărâ pe care din ele să-l califice mai bun.

Numai Erwin Panofsky ("Proporțiile corpului ca expresie a stilurilor artistice"- 1955) a susținut cu claritate (fără a ține seama că toate sistemele exprimă, în fond, același lucru) că sistemele proporționale artistice sunt o expresie a stilurilor artei de care au fost legate. Această interpretare istorică a sistemelor de proporții a făcut ca ele să fie legate de problemele estetice ale artei, și nu de cele pedagogice, de care s-au părut firesc legate.

Reluarea modernă a problemei proporțiilor pe baza cercetărilor antropologice cu scop didactic, nu a făcut să avanseze cu nimic înțelegerea lor, căci recurgând la împărțirea artistică în lungimi de cap, se redescopereau niște adevăruri mai vechi.

În concluzie, orice sistem de proporții vizează o obiectivare a formei corpului, ceea ce s-a obținut într-o oarecare măsură, judecând rezultatele asemănătoare ale tuturor sistemelor de proporționare artistice, cunoscute.

### 2.4.2 Proporțiile corpului uman pentru design vestimentar

În designul vestimentar, proporțiile părților separate sau combinate ale îmbrăcămintei, trebuie să se coreleze cu cele ale corpului care le susține. De aceea, designerul trebuie să stăpânească, deci să cunoască foarte bine proporțiile corpului omenesc. Proporțiile corpului sunt raportate la "înălțimea capului" care este unitatea (modulul) de referință. Conform celebrului desen al lui Leonardo da Vinci, corpul omenesc respectă "secțiunea de aur" (fig.2.8): segmentele  $m$  și  $M$  se afla în raportul  $s = M/m = 1,618$ . [106]

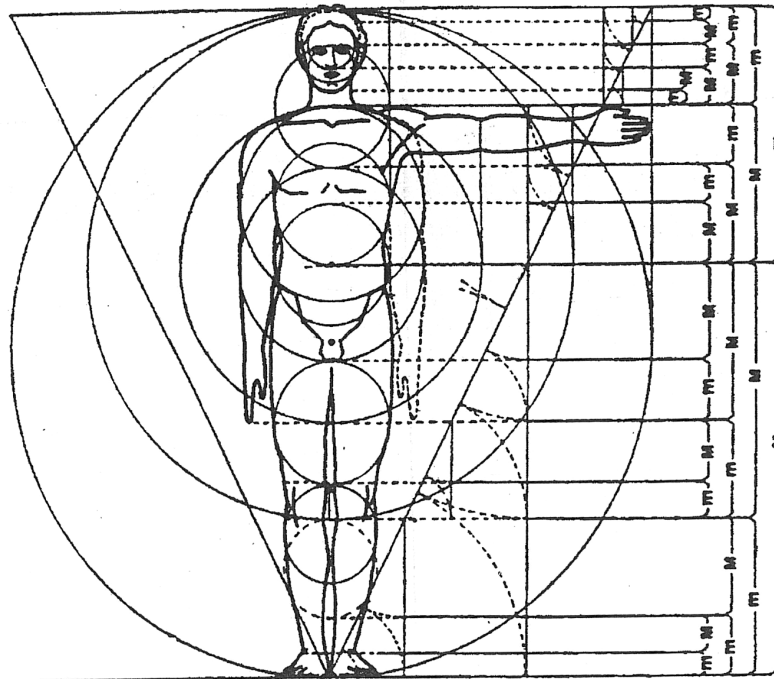


Fig. 2.8 - Proporțiile corpului omenesc conform "secțiunii de aur"

Pentru proiectarea constructivă a produselor vestimentare, dar și pentru realizarea colecțiilor de modele, designerii folosesc pentru corpurile feminine proporțiile perfecte (aceeași împărțire a înălțimii corpului în 8 înălțimi de cap), precum și idealul de frumusețe feminină al zilelor noastre (fig.2.9) și (fig.2.10). [46]

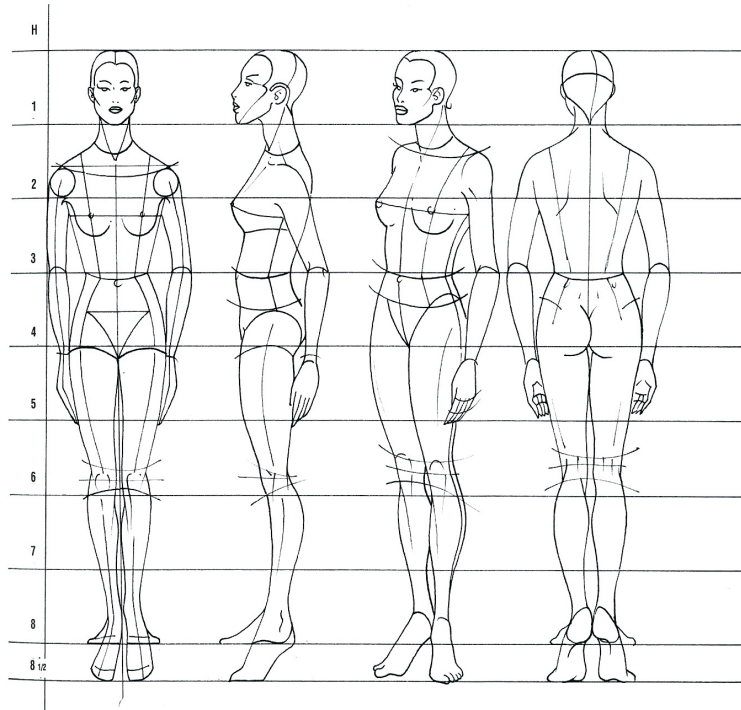


Fig. 2.9 - Studiu proporțiilor pentru design vestimentar

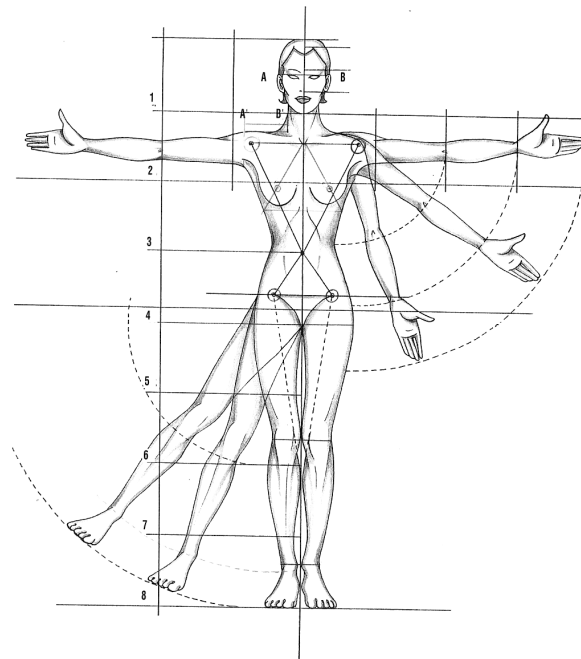


Fig. 2.10 - Studiu proporțiilor pentru design vestimentar

## 2.5 Principalii indicatori morfologici care caracterizează forma și dimensiunile corpului uman

Dintre indicatorii morfologici care stau la baza determinării formei exterioare a corpului uman cei mai importanți sunt: **dimensiunile totale** (globale), **proporțiile**, conformațiile și ținuta.

Forma de manifestare și direcția de modificare a acestor indicatori sunt influențate de o serie de factori cum ar fi: vârsta, sexul, factori ereditari, mediul social și particularitățile proceselor biochimice ale organismului.

**Dimensiunile globale** sunt cei mai importanți coeficienți ai dezvoltării fizice, care definesc formele exterioare ale organismului. Acestea sunt: înălțimea corpului, perimetrul bustului și masa corpului. După 20–25 de ani înălțimea corpului se stabilizează, în schimb perimetrul bustului și masa corpului suferă modificări odată cu înaintarea în vârstă. Aceste modificări au loc, de regulă, în sens transversal datorită depunerilor de țesut adipos, influențând și celelalte perimetre ale corpului, cum sunt: perimetrul taliei și perimetrul șoldurilor.

**Proporțiile corpului** reprezintă rapoartele dintre diferitele segmente ale corpului, respectiv dintre diferitele segmente și întreg. Proporțiile corpului se modifică în primul rând în funcție de vârstă și sex și sunt foarte diferite chiar pentru subiecți aparținând aceleiași grupe de sex și vârstă.

Antropologii au evidențiat marea variabilitate a proporțiilor la diferiți subiecți și au propus diferite sisteme de clasificare. Astfel se deosebesc trei tipuri de bază în ceea ce privește proporțiile corpului atât la bărbați cât și la femei: **doligoforul**, caracterizat prin membrele lungi și trunchi îngust, **mezoforul**, caracterizat printr-un echilibru al proporțiilor și **brahiforul**, caracterizat prin membre scurte și trunchi de lungime mai mare și dezvoltat în special în direcție transversală.[21]

Modificarea proporțiilor diferitelor segmente ale corpului, în funcție de vârstă, este redată în figura 2.11.

**Conformația** este constituția omului în sensul cel mai restrâns fiind caracterizată de un complex de factori structurali și doar parțiali de factori funcționali.

**Constituția** reprezintă o caracteristică complexă a particularităților individuale fiziologice și morfologice ale omului. Conformația este determinată de o serie de indicatori dintre care cei mai importanți sunt: gradul de dezvoltare al musculaturii, a țesutului adipos subcutanat, forma toracelui și forma abdomenului.

Majoritatea sistemelor de clasificare a tipurilor de conformații au fost elaborate pentru adulți și în special pentru bărbați. Dintre acestea există trei tipuri fundamentale: tipul **toracal**, tipul **muscular** și tipul **abdominal** (fig.2.12).

**Tipul toracal** este caracterizat printr-o slabă dezvoltare a musculaturii și țesutului adipos, o cutie toracică aplatizată, abdomen scobit și spate încovoiat.

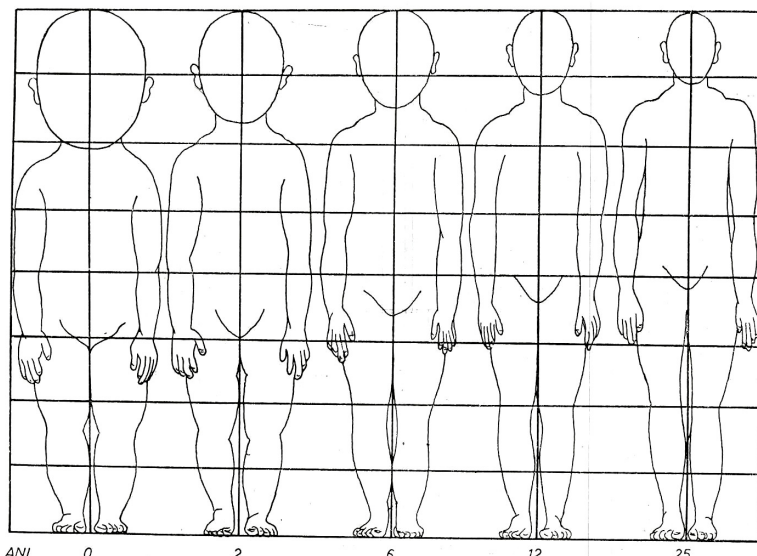


Fig. 2.11 - Modificările proporțiilor segmentelor corpului în funcție de vârstă.

**Tipul muscular** este caracterizat printr-o dezvoltare medie a țesutului adipos, musculatura medie sau medie spre puternică, toracele cilindric, iar spatele normal sau încordat.

**Tipul abdominal** se caracterizează printr-o dezvoltare abundentă a țesutului adipos, o musculatură slabă sau mediu dezvoltată, o cutie toracică conică (cu baza mare în jos), abdomenul proeminent, rotunjit și spatele încovoiat sau normal.

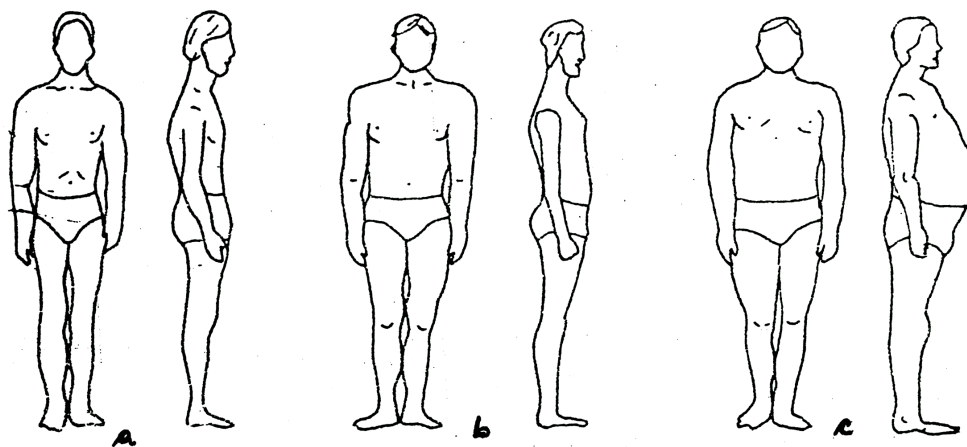


Fig. 2.12 - Conformații masculine (a. toracal, b. muscular, c. abdominal)

Pentru femei, drept criteriu de clasificare a formei corpului, a servit tendința de îngrășare și astfel în funcție de stratul adipos subcutanat, conformațiile feminine s-au împărțit în trei grupe principale și una suplimentară (fig.2.13).

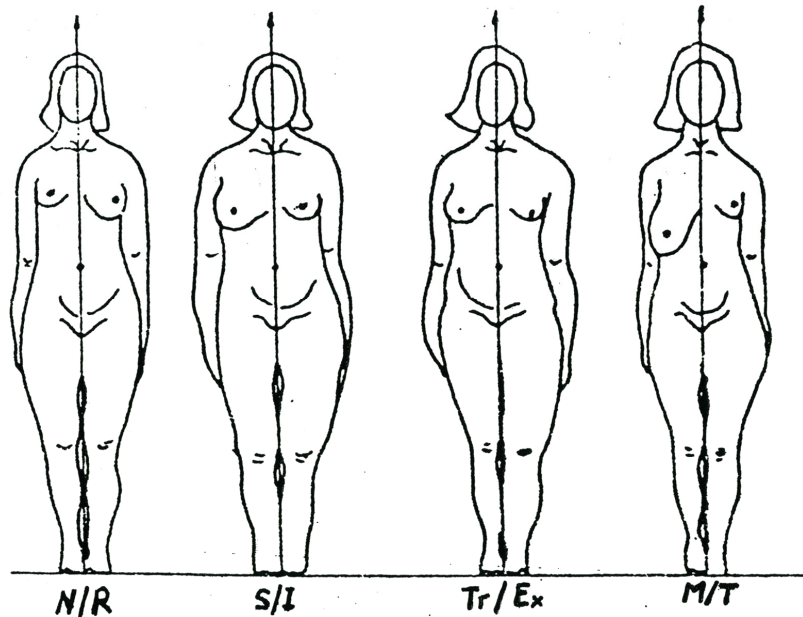


Fig. 2.13 - Conformații feminine.

În prima categorie sunt incluși subiecții la care țesutul adipos este dispus armonios. Gradul de dezvoltare al țesutului adipos poate fi slab, mediu sau abundent.

În funcție de acesta, conformațiile se clasifică astfel: **leptozom** sau tipul "**L**", **normal** sau tipul "**N**" și **rubensian** sau tipul "**R**".

În a doua categorie intră subiecții cu adipozitatea dispusă neuniform. Aici se pot întâlni două tipuri: tipul "**S**" cu adipozitatea situată în partea superioară a corpului și tipul "**I**" cu adipozitatea situată în partea inferioară a corpului.

În a treia categorie adipozitatea este tot neuniformă, dar este diferențiată pe trunchi și membre. Astfel prin dezvoltarea abundentă a țesutului adipos pe trunchi se distinge tipul "**Tr**" (truncus=trunchi), iar pentru membre tipul "**Ex**" (extremitas = membre).

Grupa a patra suplimentară, cuprinde variante mai rare, la care depunerile de țesut adipos sunt preponderente numai în anumite regiuni ale corpului. De exemplu pe bust este tipul "**M**"- mamar, iar pe țold este tipul "**T**"- trohanter.[21]

**Ținuta** este una din cele mai importante caracteristici ale poziției verticale de echilibru în statică și mers a omului.

Prin ținută se înțelege acea particularitate individuală a conformației corpului în poziție verticală pentru care este necesar un consum minim de energie musculară pentru menținerea corpului în echilibru.



Echilibrul vertical și ținuta corpului depind de poziția **centrului de greutate**. Poziția centrului de greutate în staționare se determină cu ajutorul a trei planuri anatomice principale și în raport cu suprafața de sprijin (fig.2.14).

Planurile anatomice sunt suprafețe care secționează imaginar corpul omenesc sub o anumită incidență. Se cunosc trei categorii principale de planuri anatomice: planuri frontale, planuri sagitale și planuri transversale.

**Planurile frontale** sunt dispuse paralel cu fruntea, deci vertical și antero-lateral și împart corpul într-o parte posterioară și una anterioară. Planul frontal care împarte greutatea corpului într-o jumătate posterioară și una anterioară poartă denumirea de plan medio-frontal (FFFF).

**Planurile sagitale** sunt dispuse vertical și antero-posterior și împart corpul într-o parte dreaptă și o parte stângă. Planul sagital care împarte greutatea corpului într-o jumătate dreaptă și o jumătate stângă poartă denumirea de plan medio-sagital (SSSS).

**Planurile transversale** sunt dispuse transversal și împart corpul într-o parte superioară și o parte inferioară. Planul transversal care împarte masa corpului într-o jumătate superioară și o jumătate inferioară poartă denumirea de plan medio-transversal (TTTT).

#### Centrul de greutate

Gravitatea acționează asupra corpului sub forma unui mănunchi de linii de forțe verticale care se dirijează spre centrul pământului. Toate aceste forțe asociate vectorial, au o rezultantă care acționează asupra unui punct al masei corpului, luând numele de centru de greutate.

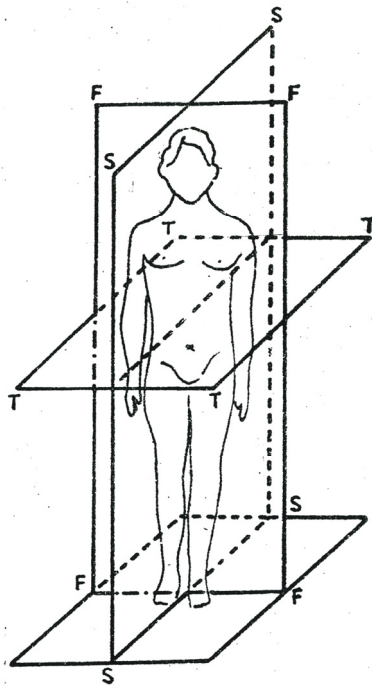
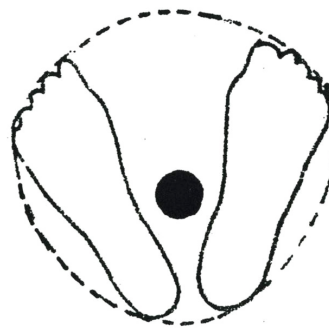


Fig. 2.14 - Planurile antropometrice.



Proiecția centrului de greutate pe suprafața de sprijin.

Centrul de greutate este situat la intersecția planurilor medio-frontal, medio-sagital și medio-transversal.

Condiția principală pentru echilibrul vertical al corpului este că proiecția verticală a centrului de greutate să cadă în interiorul suprafeței de sprijin.

Fiecare ținută este caracterizată printr-o formă determinată a coloanei vertebrale și trunchiului, o anumită poziție a capului, umerilor și membrilor inferioare. Factorii principali care determină ținuta sunt: forma trunchiului și în special forma coloanei vertebrale. Se pot deosebi următoarele categorii de ținute: normală, încordată, încovoiată, lordotică și cifotică (fig.2.15).

**Ținuta normală** se caracterizează printr-o dezvoltare echilibrată a tuturor curburilor coloanei vertebrale.

**Ținuta încordată** se remarcă prin curburi slabe ale tuturor regiunilor coloanei vertebrale.

**Ținuta încovoiată** se caracterizează printr-o puternică lordoză cervicală, înclinare spre față a trunchiului și o reducere a lordozei lombare comparativ cu tipul normal.

Aceste trei tipuri de ținute se întâlnesc cel mai frecvent în rândul populației adulte, pe când ținuta lordotică și cifotică reprezintă anomalii de ținută, cauzate de o serie de boli, noxe profesionale etc.

Îmbrăcămintea realizată pe scară industrială se realizează numai pentru corpurile cu ținută normală. Parametrii care definesc ținuta au o deosebită importanță la asigurarea echilibrului corect al produsului pe corp.[21,54,55]

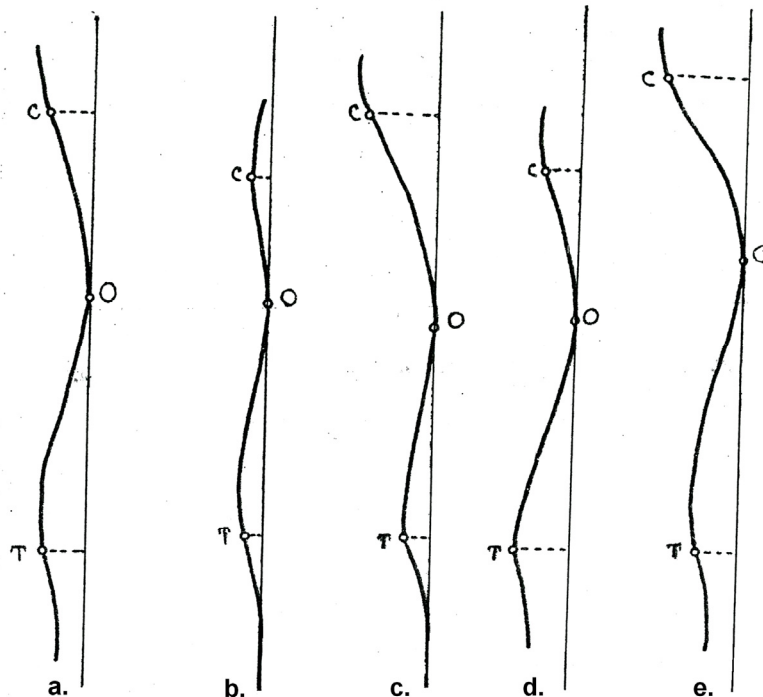


Fig. 2.15 - Tipuri de ținute (a. normală, b. încordată, c. încovoiată, d. lordotică, e. cifotică)

## 2.6 Dezvoltarea fizică a corpului uman

Dezvoltarea fizică reprezintă rezultatul, precum și acțiunea îndreptată spre influențarea creșterii corecte și armonioase a organismului, concretizată în indici morfologici și funcționali proporționali, cât mai apropiați de valorile atribuite în acest sens organismului sănătos.

Pe plan morfologic elementele de referință pentru aprecierea dezvoltării fizice a omului, așa cum rezultă din cercetările științifice efectuate în acest scop, sunt numeroase, dar cele mai frecvent menționate sunt următoarele: înălțimea, greutatea, perimetrul toracic în inspirație profundă și expirație forțată, elasticitatea toracică, perimetrul abdominal etc.[116]

Privind dezvoltarea fizică armonioasă, având criteriul de baza volumul musculaturii, poate reține atenția studiul lui David Willoughby și George R. Weaver "Ghid complet al măsurătorilor musculare", în care autorii stabilesc chiar unii coeficienți ai simetriei corpului, exprimați după cum urmează:

### - Simetria masculină perfectă:

- Antebrațul trebuie să fie de 0,833 ori bicepsul;
- Antebrațele (media ambelor) trebuie să fie de 0,300 ori toracele;
- Bicepsul trebuie să fie de 1,200 ori antebrațul;
- Bicepsul (media ambilor) trebuie să fie de 0,360 ori toracele;
- Bicepsul (media ambilor) trebuie să fie egal cu gamba;
- Brațul întins trebuie să fie de 0,962 ori bicepsul-2 cm;
- Gâtul trebuie să fie de 0,383 ori toracele;
- Toracele trebuie să fie de 1,333 ori talia;
- Toracele trebuie să fie de 1,111 ori șoldurile;
- Talia trebuie să fie de 0,750 ori toracele;
- Talia trebuie să fie de 0,833 ori șoldurile;
- Șoldurile trebuie să fie de 1,200 ori talia;
- Șoldurile trebuie să fie de 1,667 ori coapsa;
- Șoldurile trebuie să fie de 0,900 ori toracele;
- Coapsa trebuie să fie de 0,600 ori șoldurile;
- Coapsa trebuie să fie de 1,500 ori gamba;
- Gamba trebuie să fie de 0,667 ori coapsa;
- Gamba trebuie să fie egală cu bicepsul (media ambilor).

### - Simetria feminină perfectă:

- Antebrațul trebuie să fie de 0,86 ori bicepsul;
- Antebrațele (media ambelor) trebuie să fie de 0,286 ori toracele;
- Bicepsul trebuie să fie de 1,161 ori antebrațul;
- Bicepsul (media ambilor) trebuie să fie de 0,332 ori toracele;
- Bicepsul (media ambilor) trebuie să fie de 0,815 ori gamba;
- Brațul întins trebuie să fie de 0,975 ori bicepsul-1,8 cm;
- Gâtul trebuie să fie de 0,379 ori toracele;
- Toracele trebuie să fie de 1,280 ori talia;
- Toracele trebuie să fie de 0,891 ori șoldurile;
- Bustul trebuie să fie de 1,031 ori toracele;
- Bustul trebuie să fie de 1,320 ori talia;
- Bustul trebuie să fie de 0,918 ori șoldurile;
- Talia trebuie să fie de 0,718 ori toracele;
- Talia trebuie să fie de 0,758 ori bustul;
- Talia trebuie să fie de 0,696 ori șoldurile;

Șoldurile trebuie să fie de 1,123 ori toracele;  
Șoldurile trebuie să fie de 1,089 ori bustul;  
Șoldurile trebuie să fie de 1,487 ori talia;  
Șoldurile trebuie să fie de 1,705 ori coapsa;  
Coapsa trebuie să fie de 0,587 ori șoldurile;  
Coapsa trebuie să fie de 1,615 ori gamba;  
Gamba trebuie să fie de 0,619 ori coapsa;  
Gamba trebuie să fie de 1,226 ori bicepsul (media ambilor).

Coeficienții de mai sus așa cum menționează și autorii, "reprezintă un ideal de simetrie perfectă teoretică pe care nu este de așteptat ca orice ființă umană să o poată atinge în toate detaliile".

Pentru măsurarea perimetrelor menționate, autorii recomandă metrul de croitorie iar locul unde se realizează aceasta este precizat după cum urmează:

Antebrațul, în partea cea mai groasă, brațul fiind întins, iar pumnul închis ferm;

Bicepsul, în partea cea mai groasă, brațul fiind ridicat la nivelul umărului, iar mușchiul bine contractat;

Gâtul, în porțiunea cea mai îngustă;

Toracele, în porțiunea cea mai mare, sub axilă, metrul cuprinzând omoplații la spate și deasupra membrilor în față (corpul drept, mușchii relaxați);

Talia, în porțiunea cea mai subțire, deasupra ombilicului și mai jos de ultima coastă;

Șoldurile în porțiunea cea mai mare, peste fese care sunt relaxate;

Coapsa, în porțiunea cea mai mare, de obicei sub fese;

Gamba, în porțiunea cea mai joasă, picioarele fiind întinse, musculatura relaxată;

Bustul, (la femei), la nivelul celei mai mari proeminente anterioare a sânilor.

## 2.7 Tipuri de indicatori care definesc forma și dimensiunile corpului uman

Sub aspect anatomic structura corpului este aproximativ aceeași pentru toți subiecții, dar principalii indicatori morfologici variază în limite destul de largi pe colectivități de subiecți în funcție de sex, vârstă, rasă, mediu geografic și social etc. Din acest motiv la baza proiectării produselor de îmbrăcăminte trebuie să stea informații cât mai precise cu privire la forma și dimensiunile corpului și variația acestora în rândul populației căreia îi sunt destinate produsele de îmbrăcăminte. Aceste informații se obțin pe baza cercetărilor de antropometrie, desfășurate după programe specifice adaptate la cerințele industriei de confecții.

**Antropometria** este una din tehnicile principale utilizate în cercetările antropologice și are ca obiectiv măsurarea dimensiunilor corpului uman. În antropometria aplicată în industria de confecții se urmărește măsurarea segmentelor corporale pe omul viu, tehnica numită și somatometrie.

Dimensiunile corpului se preiau între repere bine precizate pe corp, repere care poartă numele de puncte antropometrice.

Punctele antropometrice corespund unor proeminente ale scheletului sau ale articulațiilor, reprezintă o graniță bine conturată a țesuturilor moi, sau o formațiune specifică a epidermei.

În analiza de ansamblu a variației corpului, în antropologie se utilizează în jur de 100 de puncte antropometrice. Pentru antropometria aplicată la specificul industriei de confecții sunt suficiente 25-30 de puncte. Acestea sunt atât puncte antropometrice clasice preluate din antropologie, cât și puncte specifice fixate la nivelul unor țesuturi moi.

Punctele antropometrice principale folosite în măsurătorile desfășurate în scopul elaborării tipologiei dimensionale a populației sunt definite în STAS-uri.

În tabelul următor se enumeră punctele antropometrice necesare definirii principalelor dimensiuni utilizate în caracterizarea corpurilor și proiectarea produselor de îmbrăcăminte (fig.2.16).

Denumirea punctului	Notăție în figura	Figura nr.
Creștetul capului (vertex)	1	a, b, c
Punct de la baza gâtului	2	a, b,
Punct clavicular	3	a, b
Punct suprasternal	4	a, b
Punct umeral	5	a, b, c
Punct acromial	5'	C
Punct mezosternal	6	a,b
Punct de la nivelul liniei taliei	7	a, b
Punct iliocristal	8	A
Punct iliospinal	9	a, b
Punct pubian	10	A
Punct axilar anterior	11	B
Punct mamelonar	12	B
Punct stilo-radial	13	B
Punct digital	14	B
Punct cervical	15	C
Punctul omoplatului	16	C
Punct axilar posterior	17	C
Punctul radial	18	C
Punct fesier	19	D
Punct abdominal	20	D
Punct rotulian	21	d,e
Punct tibian superior	22	E
Punct tibian inferior	23	E
Punct calcanean	24	F
Punctul extrem al piciorului	25	F
Punct subfesier	26	D

Pentru proiectarea constructivă a produselor de îmbrăcăminte este necesar să se cunoască o serie de dimensiuni ale corpului, dimensiuni care se măsoară între diferitele puncte antropometrice enumerate mai sus. Aceste dimensiuni ale corpului se pot împărți în două mari categorii: dimensiuni liniare și dimensiuni curbilinii.

**Dimensiunile liniare** sunt dimensiuni care se determină ca distanțe dintre două puncte sau planuri antropometrice, măsurate în linie dreaptă. În această categorie se includ următoarele tipuri de dimensiuni: înălțimi, diametre și adâncimi.

**Inălțimile** sunt distanțe rectilinii, verticale măsurate direct de la sol până la nivelul unui punct antropometric. Ele se preiau în același plan sagital și frontal, dar trec peste mai multe planuri transversale și caracterizează lungimea corpului și a segmentelor sale.

**Diametrele** reprezintă distanțele de proiecție dintre două puncte antropometrice în același plan transversal; se disting diametre trasversale și diametre antero-posterioare. Diametrele transversale sunt preluate în același plan transversal și frontal dar trec peste mai multe planuri sagitale. Diametrele antero-posterioare se preiau în același plan transversal și sagital și trec peste mai multe planuri frontale.

**Adâncimile** reprezintă distanțe de la un plan de referință până la un punct antropometric.

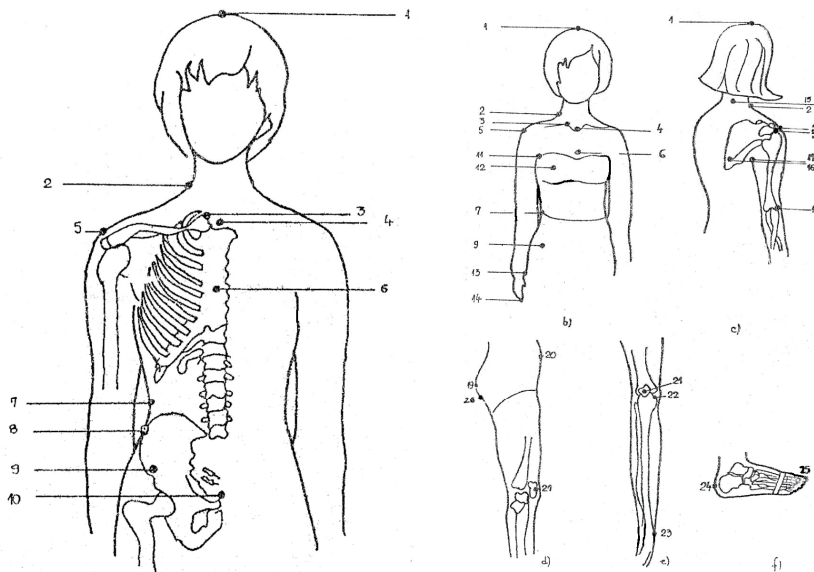


Fig. 2.16 - Punctele antropometrice.

**Dimensiunile curbilinii** sunt distanțele dintre două puncte antropometrice, măsurate pe suprafața corpului. În această categorie se includ următoarele tipuri de dimensiuni: lungimi, lățimi, perimetre și arce.

**Lungimile** sunt distanțe dintre două puncte sau plane antropometrice transversale, măsurate de-a lungul axei corpului în plan frontal sau sagital.

**Lățimile** sunt distanțele dintre două puncte antropometrice măsurate pe suprafața corpului în același plan transversal.

**Perimetrele** reprezintă lungimea unor contururi ale suprafeței corpului și se preiau în diferite plane transversale de secționare. Perimetrele caracterizează în special gradul de dezvoltare a țesuturilor moi.

**Arcele** reprezintă lungimea unor contururi preluate pe suprafața corpului delimitate de puncte situate în același plan antropometric. [21,54,55]

Pornind de la aceste informații despre structura anatomică, forma, proporțiile și dimensiunile corpului uman, în scopul realizării unui manechin virtual pentru design vestimentar, avem nevoie de cunoștințe despre modelarea curbelor și suprafețelor corpului, care să redea toate tipurile de conformații întâlnite în rândul populației. Astfel, problemele legate de modelarea curbelor și suprafețelor sunt prezentate în capitolul următor.

**PARTEA a II-a**  
**ETAPA DE CERCETARE**

### 3. TIPURI DE CURBE SI SUPRAFEȚE PENTRU MODELAREA CORPULUI UMAN

#### 3.1 Reprezentarea și modelarea obiectelor geometrice

În grafica computerizată s-au dezvoltat un șir de forme de reprezentare a obiectelor tridimensionale. Unele din acestea s-au dedus din aplicații, iar structura de date s-a determinat în totalitate prin strategia de modelare. De exemplu, în modelarea solidului, o metodă cunoscută ca CSG e o metodă ce facilitează o formă de interacție grafică ce face posibilă construcția părților inginerice, dar este și o formă de reprezentare. Unele forme sunt determinate prin algoritmi de proiectare. În imaginile construite prin urmărirea razelor predomină sferile deoarece ele sunt cele mai ușor de reprezentat prin această metodă. Metoda razelor necesită o reprezentare prin „petece” neșlefuite pentru că o soluție în timp rezonabil este posibilă doar dacă fondul pe care este realizată imaginea este format din petece sau fâșii largi.

Factorii pe care reprezentarea vrea să îi determine sunt:

- structura de date, forma algoritmilor de procesare și designul programelor fixe de hard (hardware);
- costul procesării unui obiect într-o conductă tridimensională;
- imaginea finală a unui obiect - unele forme sunt mai aproximative decât altele;
- ușurința editării formei obiectului.

Se vor studia patru forme de reprezentare aranjate aproximativ după importanța și frecvența de folosire a lor. Acestea sunt:

1. Reprezentarea poligonală - obiectele sunt approximate printr-o rețea de plane poligonale.

2. Reprezentarea prin petice parametrice bicubice - obiectele sunt reprezentate exact prin rețele de secțiuni numite petice. Acestea sunt polinoame de două variabile parametrice și, de obicei, sunt cubice.

3. Reprezentarea prin construcția geometrică a solidului (CSG). E folosită în modelarea solidului - un obiect e reprezentat exact printr-o colecție de obiecte elementare ca și sferile, cilindrii și paralelipedele (cuburile).

4. Reprezentarea prin tehnici de subdivizie spațială - fixarea unui obiect într-un spațiu în care se clasifică toate punctele după locul pe care-l ocupa obiectul.

În rezumatul de mai sus, 1 și 4 sunt scheme ce aproximează controlabil forma obiectului pe care-l reprezintă, iar schemele 2 și 3 sunt reprezentări exacte. De asemenea, schemele 1 și 2 sunt reprezentări ale suprafeței, iar 3 și 4 sunt reprezentări de volum. Se observă că cea mai folosită schemă, cea poligonală, este o schemă aproximativă de suprafață.

Ocazional, în texte, funcțiile implicite sunt menționate ca forme de reprezentare a obiectelor. O funcție implicită este, de exemplu:  $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$ , care este definiția implicită a sferei. Acestea sunt puțin folosite în grafica pe

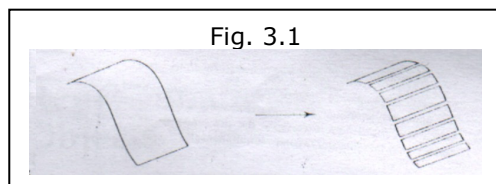


calculator, pentru că există un număr limitat de obiecte care pot fi reprezentate în acest fel și pentru că este o formă inconvenientă din punctul de vedere al proiectării.[94,95,111,112]

### 3.1.1 Reprezentarea poligonală

Aceasta este forma de reprezentare clasică în grafica tridimensională. Un obiect este reprezentat de o țesătură de fețe poligonale. În cazul general, un obiect are suprafețe curbe și fețele sunt o aproximare a unei astfel de suprafețe (figura 1.1). O reprezentare printr-o țesătură de poligoane se numește formal reprezentație de tipul "boundary" (de frontieră) sau Brep, deoarece este o descriere topologică și geometrică a suprafeței sau a liniilor delimitative ale obiectului.[110,94,95,112]

Reprezentările poligonale sunt omniprezente în grafica pe calculator și aceasta din motivul că modelarea și crearea obiectelor poligonale este ușor și rapid de realizat. Există totuși câteva dificultăți practice. Acuratețea obiectului (sau diferența dintre reprezentația prin fețe și suprafața curbă a obiectului) este, de obicei, arbitrară. În ceea ce privește calitatea finală a imaginii, mărimea fiecărui poligon trebuie să depindă, în mod ideal, de curbarea spațială locală. În locul unde curbarea se schimbă rapid, sunt necesare mai multe poligoane pe unitatea de suprafață. Acești factori tind să fie legați de metoda folosită pentru crearea poligoanelor. Dacă, spre exemplu, se construiește un obiect existent folosindu-se un digitizor tridimensional pentru a determina coordonatele vârfurilor unui poligon, operatorul va decide, bazându-se pe experiență, cât de mare trebuie să fie poligonul. Uneori poligoanele sunt extrase printr-un algoritm (de exemplu în crearea unui obiect cum ar fi un solid în mișcare de revoluție) și este posibilă o aproximare mai riguroasă a numărului de poligoane pe unitatea de suprafață.

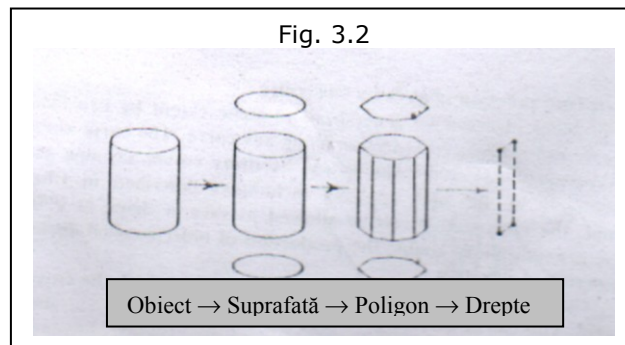


Una din cele mai bune îmbunătățiri în grafica tridimensională a fost apariția algoritmilor shading (de umbrire). Aceștia se ocupă eficient de obiectele poligonale și în același timp, micșorează efectul vizual al măsurilor pieselor diferite din reprezentare printr-o schemă de interpolare. Acest factor împreună cu îmbunătățirile recente ale limbajelor de programare fixe existente, au asigurat afirmarea structurii de țesătură poligonală. De fapt, structura de țesătură poligonală nu este folosită doar ca structură de modelare a datelor, ci și ca o formă intermediară pentru multe alte structuri de date. Am menționat deja structura de secțiuni (petice) bicubice. Aici, structura de date este convertită în poligoane ca o procedură totală de interpretare ce rezultă într-un cod de complexitate mai scăzută decât cea cerută de interpretarea directă din descrierea părților. Aceeași observație este adeseori valabilă și pentru structurile CSG.

În cel mai simplu caz, o țesătură poligonală este o structură ce consistă din poligoane reprezentate printr-o listă de coordonate  $(x,y,z)$  care sunt vârfurile poligoanelor (laturile sunt reprezentate explicit sau implicit după cum vom vedea

imediat). Astfel, informațiile pe care le-am stocat pentru a descrie un obiect sunt, în sfârșit, o listă de puncte sau vârfuri. Putem de asemenea stoca, ca și parte a reprezentării obiectului, alte informații geometrice ce se folosesc în procesarea subsecvențială. Acestea sunt de obicei normalele poligonului sau vârfului. Calculate numai o dată, acestea sunt convenabil de stocat în structura de date a obiectului și ele vor suporta orice transformare liniară ce se aplică obiectului.

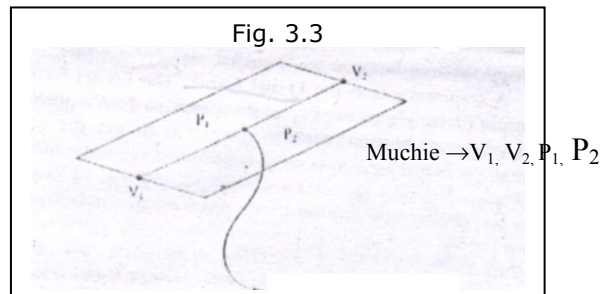
De asemenea, este convenabil să se ordoneze poligoanele într-o structură simplă ierarhică (figura 3.2). Poligoanele se grupează în suprafețe iar suprafețele se grupează în obiecte. De exemplu, un cilindru posedă trei suprafețe: două plane superior și inferior (baze) împreună cu o suprafața curbă. Motivul acestei grupări este acela că trebuie să facem distincția dintre acele laturi ce sunt părți ale laturilor aproximative dintre unghiurile drepte adiacente din suprafața curbă a cilindrului, de exemplu, și laturile care există în realitate. Felul în care acestea sunt tratate secvențial de procesul de interpretare este diferit.



Caracteristica importantă a acestei reprezentări este aceea că poligoanele sunt entități independente și pot fi tratate astfel de cel ce le proiectează. Aceasta are implicații în designul proiectării. Cea mai comună strategie de proiectare este tratarea independentă a poligoanelor, procesându-le în memoria frame (tablou) folosind un algoritm de îndepărtare a suprafețelor ascunse cu bufferul Z conjugată cu interpolare shading (prin umbrire).

Se spune uneori că deficiența principală a acestei reprezentări este aceea că relația topologică dintre poligoane este „îngropată”. De exemplu, nu este ușor să descoperi care poligoane au un vârf comun. Această informație este necesară de algoritmi shading. Importanța acestui punct depinde de eventuala folosire a modelului. Pentru cele mai multe contexte de proiectare (adică aplicații non-CAD) modelul este fixat în faza de creație și doar apoi poate fi supus unor eventuale transformări liniare. Relațiile topologice necesare pentru calculul normalelor vârfului mai sus menționate nu sunt necesare după faza de creare, și este necesară doar introducerea atributelor geometrice derivate în baza de date a modelului.

O alternativă de reprezentare a unui obiect poligonal este stocarea laturilor comune definite explicit (adică a laturilor comune, nu a celor reale). Această schemă este prezentată în figura 3.3 în care nivelul cel mai de sus al ierarhiei suprafețelor este un set de laturi. Fiecare latură este o listă de patru indici: două vârfuri și două poligoane ce au latura respectivă comună.



Motivul pentru această alternativă bazată pe laturi este eficiența în procesele de proiectare. În cadrul proiectării poligoanelor există cheltuieli de procesare asociate fiecărei laturi, pentru că este necesară mărirea poligonului astfel încât să se observe setul de pixeli prin care trece o latură. Dacă poligoanele sunt tratate separat, laturile comune sunt procesate de două ori, crescând astfel prețul procesării. Acest aspect este semnificativ atunci când complexitatea obiectului crește, crescând astfel și numărul de poligoane din reprezentare.

### 3.1.1.1 Modelarea obiectelor poligonale

Deși țesătura de poligoane este cea mai folosită formă de reprezentare în grafica pe calculator, modelarea, deși directă, este pe undeva plictisitoare. Popularitatea acestei forme de reprezentare are mai multe motive:

- ușurința modelării;
- abundența strategiilor de interpretare (atât soft, cât și hard) pentru procesarea obiectelor poligonale;
- faptul că nu există nici o restricție asupra formei sau complexității obiectului de modelat.

Strategiile de modelare sunt în principal forța brută. Dezvoltarea interactivă a unui model este posibilă prin „împingerea” vârfurilor în jur printr-un sistem de locație tridimensional, dar factorii importanți, transparenți pentru utilizator, trebuie fixați bine într-un asemenea sistem. Cerința principală este asigurarea unei aproximații adecvate a obiectului de dezvoltat.

Dacă utilizatorul face o schimbare în curbarea spațială a obiectului aproximat prin țesătura de poligoane curentă (prin mutarea uneia sau a mai multor vârfuri) atunci s-ar putea să fie necesară generarea a noi fețe pentru a menține gradul de exactitate a aproximației. Imaginați-vă, de exemplu, pornind de la un solid rectangular, acesta să fie învârtit rotind fețe opuse în direcții opuse.

Cu cât învârtirea este accentuată, cu atât crește rata de schimbare a curbării față de fețele deformate.

Strategiile de modelare a poligoanelor sunt:

1. Folosirea unui măsurător tridimensional sau adoptarea unei strategii manuale asemănătoare;
2. Folosirea unui instrument automat, ca de exemplu un laser;
3. Generarea unui obiect dintr-o descriere matematică;

#### 4. Generarea unui obiect prin desfășurare.

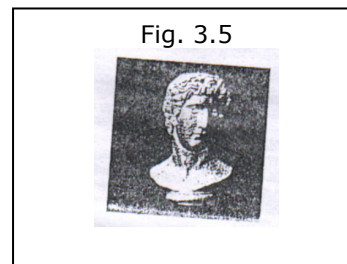
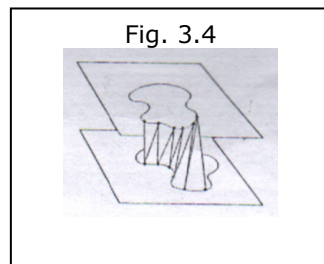
Primele două metode convertește obiecte reale în țesătura de poligoane, iar următoarele două generează modele din definiții.

#### **Modelarea manuală a obiectelor poligonale**

Cea mai ușoară cale de a modela un obiect real este folosirea unui măsurător tridimensional. Operatorul folosește experiența și judecata pentru a plasa punctele de pe obiect care vor fi vârfurile poligonului. Coordonatele tridimensionale ale acestor vârfuri sunt introduse în sistem direct. O strategie comună pentru asigurarea unei reprezentări adecvate este desenarea unei rețele pe suprafața obiectului. Acolo unde liniile curbate ale rețelei se intersectează sunt definite pozițiile vârfurilor poligonului.

#### **Generarea automată a obiectelor poligonale**

Un instrument capabil să creeze, din obiecte reale, obiecte în țesătură de poligoane foarte clare și cu rezoluție înaltă, este laserul. Obiectul este plasat pe o masă ce se rotește în dreptul razei laserului. Masa se mișcă și vertical de sus în jos. Laserul returnează un set de contururi - intersecția obiectului cu plane paralele apropiate - măsurând distanța până la suprafața obiectului. Un algoritm „la piele” ce operează asupra perechilor de contururi (fig. 3.4) convertește datele limitelor suprafeței obiectului într-un număr foarte mare de poligoane. Figura 3.5 prezintă o versiune interpretativă a unui cap de statuie ce a fost poligonizat în acest fel. Reprezentarea conține aproximativ patru sute de mii de poligoane.



#### **Modelarea matematică a obiectelor poligonale**

Generarea unui obiect dintr-o descriere matematică este realizată cel mai ușor prin cercetarea unei secțiuni verticale a obiectului. Rezoluția poligonului este ușor controlată de algoritmul generator, dar pot apărea probleme legate de rezoluția dependentă de forma obiectului. În cazul unui toroid generat prin desfășurarea unei secțiuni verticale circulare în jurul unui drum circular, poligoanele vor fi mai mari pe fața exterioară a toroidului comparativ cu poligoanelor de pe fața interioară.

#### **Generarea obiectelor poligonale prin desfășurare**

Ideea anterioară poate fi generalizată până la un anumit punct prin două extensii. În primul rând putem desfășura o secțiune verticală în jurul oricărei curbe, care poate fi o curbă arbitrară. În al doilea rând, secțiunii  $i$  se poate permite să-și varieze forma în timp ce e desfășurată. Aceste generalizări fac posibilă producția obiectelor numite solide cilindrice sau cilindrii generalizați.

Să considerăm un cub definit parametric în jurul căruia se desfășoară secțiunea. Acesta poate fi definit ca:  $Q(n)=a*n^3+b*u^2+c*u+d$ .

Acum, dacă se consideră cazul simplu al mișcării unei secțiuni constante fără a o învârti de-a lungul curbei, trebuie să se definească intervale de-a lungul curbei la care secțiunea va fi plasată, și trebuie unit prin linii drepte fiecare vârf cu plasarea anterioară.

Se ridică două probleme: care sunt intervalele la care se află punctele pe curbă și este nevoie de un sistem de coordonate de referință, cunoscut sub denumirea de „frame” (rama) în care să orientăm secțiunea?

Se consideră prima problemă. Împărțirea lui  $u$  în intervale egale nu este neapărat soluția cea mai bună. În particular punctele nu vor apărea la intervale egale de-a lungul curbei. O procedură cunoscută sub denumirea de parametrizarea lungimii de arc împarte curba în intervale egale, dar ea nu este directă (este scrisă în detaliu în Watt and Watt(1992)). De asemenea, ea poate fi nerecomandabilă. De fapt, este necesară o schemă ce împarte curba în intervale ce depind de arcuarea curbei. Când arcuarea este mare, rata generării poligoanelor trebuie să crească astfel încât mai multe poligoane sunt create când arcuarea se schimbă rapid. Cea mai directă cale de a realiza acest lucru este de a folosi algoritmul de subdivizare a curbei și de a subdiviza curba până când testul de liniaritate este pozitiv.

A doua problemă este pe undeva mai ușoară. Având definit un set de puncte mostre, trebuie definit un sistem de coordonate de referință la fiecare. Aceasta se face prin derivarea a trei vectori reciproc ortogonali ce formează axele de coordonate. Există multe posibilități. O posibilitate des folosită este cea a sistemului Frenet (Frenet frame). Sistemul Frenet este definit de originea  $P$  și de trei vectori

$T, N, B$  (fig. 3.6), iar  $T$  este vectorul tangentă modul unitar:  $T = \frac{V}{|V|}$ , unde  $V$  este

derivata curbei:

$$V = 3*a*u^2 + 2*b*u + c.$$

Normala principală  $N$  este dată de:  $N = \frac{K}{|KI|}$

$$\text{unde } K = V \times A \times \frac{V}{|V|^4}$$

și  $A$  este derivată de ordin doi a curbei:

$$A = 6au + 2b, \text{ iar}$$

$B$  este dat de formula:  $B = T \times N$ .

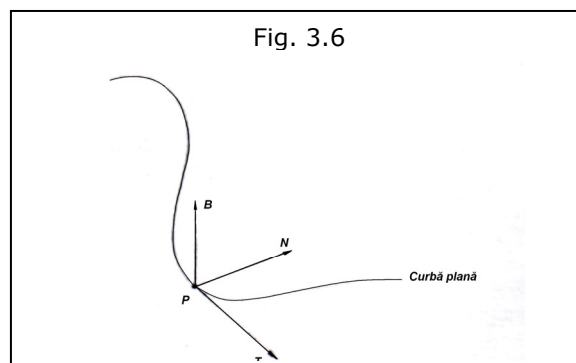
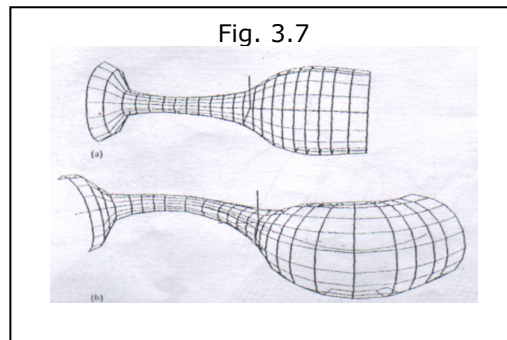


Figura 3.7 prezintă exemplele a două obiecte modelate folosind această tehnică. În figura 3.7.a un cerc de rază variabilă este desfășurat de-a lungul unei linii drepte. Figura 3.7.b prezintă obiectul produs prin desfășurarea cercului de rază variabilă de-a lungul unei axe care este ea însăși o curbă.

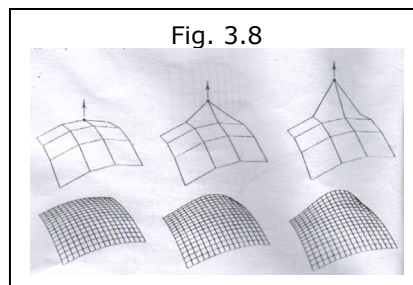


### 3.1.2 Rețele de petice parametric bicubice

Intuitiv, trecerea de la țesătură de poligoane la țesături de petice este directă. Dacă se consideră o țesătură de poligoane cu patru laturi ce aproximează o suprafață curbă, atunci o țesătură de petice poate fi considerată un set de poligoane curbilunii ce se găsesc în suprafață. Peticele sunt comparate aici cu alte forme de reprezentare.

Peticul este o suprafață curbă și orice punct al său este definit. Definiția e dată prin funcția  $Q(u,v)$  cu doi parametri:  $u$  și  $v$ , unde  $0 \leq u, v \leq 1$ , iar funcția  $Q$  e un polinom cubic.  $Q(u,v)$  e determinată prin valorile precise ale funcției date de coeficienții cubici. O cale specială și convenabilă de a defini acești coeficienți este folosirea a șaisprezece puncte tridimensionale cunoscute ca puncte de control. Patru din aceste puncte sunt vârfurile petecului (colțurile). O asemenea definiție este folosită de o funcție polinomială predefinită numită funcție de bază. Cele șaisprezece puncte sunt înlocuite în definiția funcției și se obține o funcție unică  $Q(u,v)$ . Forma petecului este determinată în totalitate de poziția punctelor de control. În figura 3.8 este prezentată relația dintre forma unui petec singular (Bezier) și punctul de control.

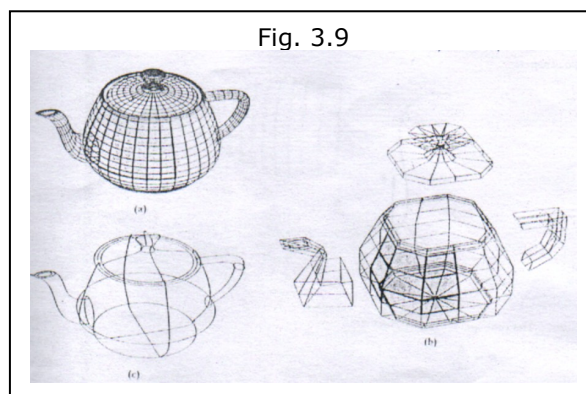
De cele mai multe ori, modelarea unui obiect sau construirea unei reprezentări structurate pe date a unui obiect tridimensional este mai dificilă când se folosesc petice bicubice (obiectele reale complexe sunt ușor reprezentabile folosindu-se un măsurător tridimensional și softul existent).



Pe lângă faptul că, pentru oricare petic este necesară specificarea a șaisprezece puncte de control, mai există o problemă practică ce constă în faptul că trebuie menținută continuitatea liniilor perimetrului obiectului pentru a păstra integritatea reprezentării. Un petic nu poate fi așezat fără a lua în considerare peticele vecine lui. De aceea, descrierea peticelor tinde să fie generată semiautomat prin folosirea unei strategii de desfășurare pentru modelare.

Pe lângă aceste dezavantaje există și avantaje ce fac utilă folosirea peticelor de suprafață în CAD. Reprezentarea este fluidă și forma unui obiect poate fi ajustată, ajustându-se de fapt poziția punctelor de control prin folosirea softului. Dar aceasta nu este la fel de ușor precum sună din cauza necesității de a menține condițiile de continuitate dintre petice. Alt dezavantaj al reprezentării prin petice bicubice este acela că proprietățile obiectului ca volum, arie și momente de inerție pot fi extrase din descriere deoarece reprezentarea prin petice bicubice este o formă analitică exactă. Această proprietate este exploatată din plin în sistemul CAD.

În sfârșit poate fi menționat că reprezentarea obiectelor cu rezoluție tridimensional înaltă poate necesita un volum mare de memorie, prin care se înțelege atât costul mare de memorie cât și întârzierile în transferul de baze de date. Accesul la bazele de date când se reprezintă scene complexe cu mai multe obiecte poate deveni semnificativ. O bază de date pentru un obiect cu petice parametrice bicubice, care este o reprezentare exactă, este pe de alta parte, foarte economică.



Ibricul Utah pentru ceai ajunge ca exemplu: în figura 3.9 este prezentată o țesătură de linii cu  $u$  și  $v$  constante. Obiectul este realizat din 32 de petice Bezier. Un petic singular este prezentat ca o linie îngroșată (în figură se reprezintă de asemenea un punct de control compus poliedric). Reprezentarea este formată din: 32 petice ori 16 puncte de control per petic. Aceasta se reduce la 306 vârfuri (deoarece cele mai multe petice au 12 puncte de control comune cu peticele vecine) și în acest caz:  $306 \times 3$  numere reale.

Pe de altă parte, o reprezentare de țesătură de poligoane ar necesita aproximativ  $2048 \times 4$  poligoane cu patru laturi, adică  $2048 \times 3$  numere reale. Deci, reprezentarea prin țesătură de poligoane necesită de șapte ori mai multă memorie.

Un alt avantaj este legat de reprezentarea obiectelor distante ce se proiectează într-o regiune mică a ecranului. Folosirea unei țesături de poligoane

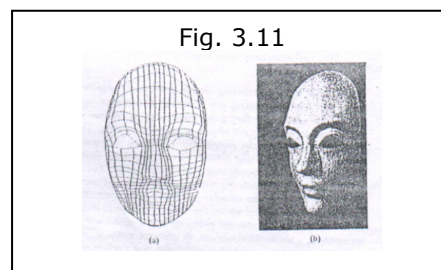
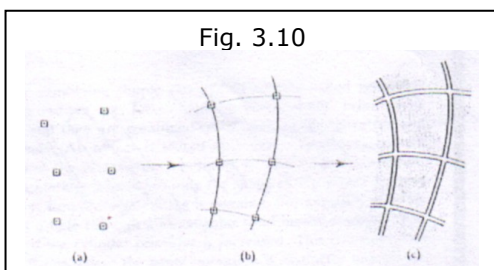
implică în același timp transfer de baze de date ce nu țin cont de numărul de pixeli pe care-l ocupă imaginea finală. O schemă de subdivizare în petice parametrice ar fi mai economică (deși implică cheltuieli de timp când se face conversia scanată). Într-o asemenea schemă, peticele originale sunt convertite într-o reprezentare de țesătură de poligoane prin subdivizare ce se poate opri la orice nivel. În particular, subdivizarea poate fi oprită când un produs de subdivizare al peticului este conținut în aria unui pixel. Aceasta contrastează cu un obiect de țesătură de poligoane unde un obiect complex văzut de la distanță poate avea ca efect proiectarea pe același pixel al unui număr de poligoane.

### 3.1.2.1 Modelarea obiectelor cu rețele de petice

Există două strategii practice de modelare ce pot fi folosite pentru crearea modelelor cu petice parametrice. Ambele metode implică cunoașterea în amănunt a teoriei reprezentării prin petice parametrice bicubice.

Prima metodă, numită trasarea suprafeței, este de fapt o metodă particulară a interpolării suprafețelor. Un set de puncte ce se găsesc în suprafața obiectului sunt pregătite pentru a fi reprezentate și se extrage din aceste puncte o descriere de petic. Analog trasării unei drepte prin puncte din plan, se trasează o suprafață prin puncte din spațiul tridimensional. Astfel, metoda este potrivită pentru a modela obiectul prin abstracție sau a trasa o suprafață prin puncte obținute prin măsurarea unui obiect. Diferența dintre această metodă și reprezentarea prin țesătură de poligoane constă în faptul că din punctele măsurate se obține o suprafață continuă. În cazul unui obiect real, suprafața obținută nu va fi o copie exactă a suprafeței căreia i-au aparținut punctele. Exactitatea reprezentării depinde de numărul de puncte prin care se face trasarea suprafeței sau de extinderea spațială a peticilor din rețea.

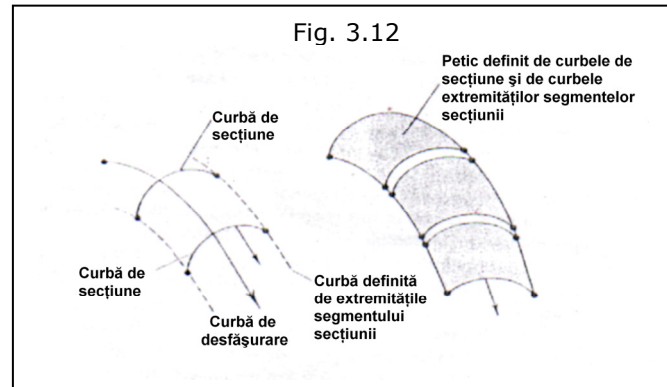
Principiul procesului este reprezentat în figura 3.10. Se începe cu un set de puncte din spațiul tridimensional. Pasul următor este trasarea de curbe prin puncte cu două direcții parametrice  $u$  și  $v$ . Această rețea de curbe este partiționată în seturi de cadrilatere curbilini (de fapt acestea formează laturile peticilor individuale). Se obțin puncte de control pentru fiecare petic din fiecare cadrilatere. Rețeaua de curbe este „umplută” cu petice de suprafață. Figura 3.11 prezintă o rețea de curbe obținută dintr-un set de puncte alese dintr-un obiect real împreună cu versiunea de reprezentare a descrierii cu petice.



A doua metodă de modelare a peticilor parametrice este desfășurarea secțiunii. La fel ca în modelarea țesăturii de poligoane se definește o axă sau o



curbă de desfășurare (fig.3.12). Aceasta va fi o curbă cubică, asemănătoare cu cea din figură, fie dintr-un set de segmente de curbe cubice. Curba secțiunii este plasată la intervale egale folosindu-se aceleași tehnici descrise în paragraful 3.1.1.1.



Referitor la figura 3.12 aceasta prezintă două curbe ale secțiunii plasate în două puncte mostră consecutive alese de-a lungul curbei de desfășurare. Altă pereche de curbe cubice este determinată de extremitățile segmentului secțiunii. Se obțin astfel patru curbe din perimetrul petecului și descrierea petecului. Prin plasarea unei alte curbe de secțiune la următorul punct ales de pe curba de desfășurare se va naște un alt petec și așa mai departe. În final, se obține un cilindru generalizat.

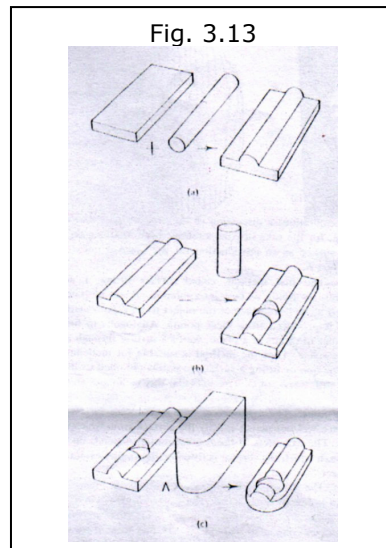
### 3.1.3 Construcția geometrică a solidului

Motivația pentru acest tip de reprezentare este facilitarea unui mod interactiv de modelare a solidului. Ideea este că obiectele sunt de obicei părți care vor fi prelucrate prin topire, folosirea de mașini mecanice sau prin punere sub presiune, și pot fi construite combinând obiecte elementare numite primitive geometrice. Aceste primitive sunt, de exemplu, sfere, conuri, cilindri sau solide rectangulare și sunt combinate folosind operatori booleeni și transformări liniare.[112,94,95,111]

Un obiect este stocat sub formă de arbore. Frunzele conțin primitive simple iar nodurile stochează operatori sau transformări liniare. Editarea simplă a formei este posibilă deoarece reprezentarea definește nu numai forma obiectului dar și istoria modelării sale. De exemplu, creșterea diametrului unei găuri într-un solid rectangular este o alterare neimportantă - raza primitivei cilindrului va crește. Aceasta contrastează cu reprezentarea prin țesături de poligoane Brep unde aceeași operație nu este deloc neimportantă. Deși poligoanele existente în suprafața cilindrului sunt ușor de accesat prin structura ierarhică, pentru a genera un nou set de poligoane trebuie reactivată procedura de modelare ce s-a folosit pentru crearea poligoanelor originale. De asemenea, trebuie notat că, pentru a menține acuratețea, trebuie folosite mai multe poligoane.

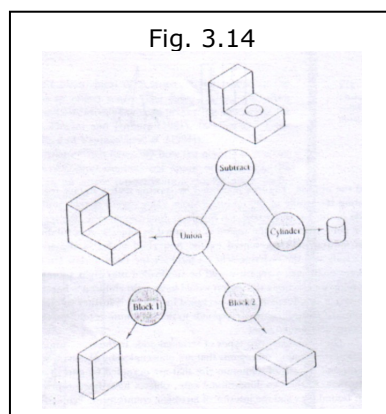
Operatorii booleeni sunt folosiți atât ca formă de reprezentare cât și ca tehnică utilizator - interfață. Un utilizator specifică solidele primitive și le combină folosind operații booleene. Reprezentarea obiectului este o reflecție sau înregistrare a operațiilor de interacție a utilizatorului. Astfel se poate afirma că reprezentarea și

modelarea nu sunt separate (după cum sunt descrise în alte forme din acest capitol). Activitatea de modelare devine reprezentare. Se va demonstra această idee printr-un exemplu: Figura 3.13 prezintă operațiile booleene posibile între solide. Figura 3.13a prezintă unirea a două solide.

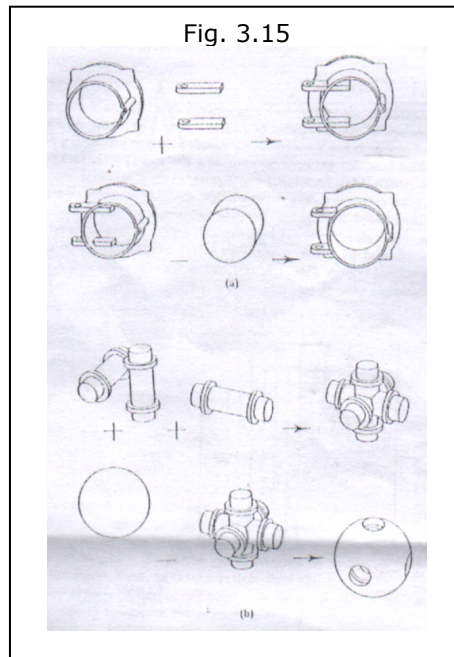


Dacă considerăm obiectele ca nori de puncte, operația de unire închide toate punctele ce se găsesc în cele două corpuri originare. Exemplul al doilea (fig. 3.13b) prezintă efectul operației de diferență sau substracție. Un operator de substracție șterge (îndepărtează) din primul corp toate punctele comune cu al doilea corp. În acest caz este definit un cilindru care este substras din obiectul produs în figura 3.13a. Figura 3.13c prezintă un exemplu de aplicare a operației de intersecție. Aici este definit un solid realizat prin unirea unui cilindru și a unui solid rectangular (aceleași din figura 3.13a). Acest solid este intersectat apoi cu obiectul produs în figura 3.13b. Operația de intersecție produce un set de puncte ce sunt conținute de ambele corpuri.

Figura 3.14 prezintă o reprezentare de construcție geometrică a solidului ce reflectă construcția unui obiect simplu. La frunzele arborei sunt trei solide originare: două cutii (paralelipipede) și un cilindru. Paralelipipelele sunt combinate folosindu-se operatorul de unire și se realizează o gaură într-unul din paralelipipede prin definirea unui cilindru și substragerea lui din ansamblul de paralelipipede.



Puterea operatorilor booleeni e demonstrată în continuare prin câteva exemple. În primul exemplu (fig.3.15a) două părți dezvoltate separat sunt combinate folosind un operator de unire urmat de unul de diferență, obținându-se astfel configurația dorită. Al doilea exemplu (fig.3.15b) prezintă un obiect complex construit doar prin unirea de cilindri și care apoi este folosit pentru a produce, prin substragere, o carcasă complexă.



Deși există avantaje substanțiale în reprezentarea CSG, există și dezavantaje. O problemă este timpul necesar producerii imaginii ce reprezintă obiectul. Un dezavantaj serios este faptul că metoda impune limitări ale operațiilor ce pot fi folosite pentru a crea și modela un solid. Operațiile booleene sunt globale: ele afectează întreg solidul. Operațiile locale, ca de exemplu modificarea în detaliu a unei fețe a unui obiect complex, nu pot fi ușor implementate folosind un set de operații. Acest lucru a făcut pe mulți modelatori să folosească reprezentarea Brep. Nu există nici un motiv pentru care operațiile booleene să nu fie încorporate în sistemele Brep. De exemplu, Designbase (Chiyokura, 1988) încorporează operații booleene dar folosește tehnica Brep pentru reprezentarea obiectului. Discuția în jurul acestor două reprezentări durează de cincisprezece ani (vezi Chiyokura 1988 pentru discuția în jurul meritelor relative ale fiecărei reprezentări).[34]

### 3.1.4 Tehnici de subdividere a spațiului

Aceste tehnici sunt metode care iau în considerare întregul spațiu al obiectului și clasifică fiecare punct al obiectului după locul ocupat de obiect în spațiu. Astfel, se poate forța împărțirea întregului spațiu în figuri regulate sau cubice și se pot clasifica fiecare din ele. E clar că asemenea procedură este foarte costisitoare

din punctul de vedere al memoriei necesare și este disponibil un număr de scheme ce impun o organizare structurală bazată pe schema clasificării figurii elementare.

În grafica tridimensională pe calculator, asemenea reprezentări de date sunt folosite cel mai des ca structuri de date auxiliare sau secundare. De exemplu, reprezentarea obiectului definit printr-un arbore CSG nu este directă. O strategie este convertirea arborelui CSG într-o structură de date intermediară de tipul subdividere spațială și reprezentarea obiectului din aceasta.

Alt exemplu este folosirea subdividerii spațiale în trasarea obiectului cu ajutorul razei. Aici, în loc de a pune întrebarea: „raza aceasta intersectează vreun obiect din scena?”, ce implica un test de intersecție pentru fiecare obiect (care test este foarte scump), se pune întrebarea „ce obiecte sunt întâlnite în timp ce se ghidează raza prin spațiul figurii?”. Astfel nu este necesară o căutare obositoare prin structura de date elementare pentru a găsi o posibilă intersecție, deci este o strategie mult mai practică. În continuare sunt prezentate câteva exemple începând cu cel mai frecvent întâlnit: arborele de ordin opt.

#### 3.1.4.1 Arbori de ordin opt

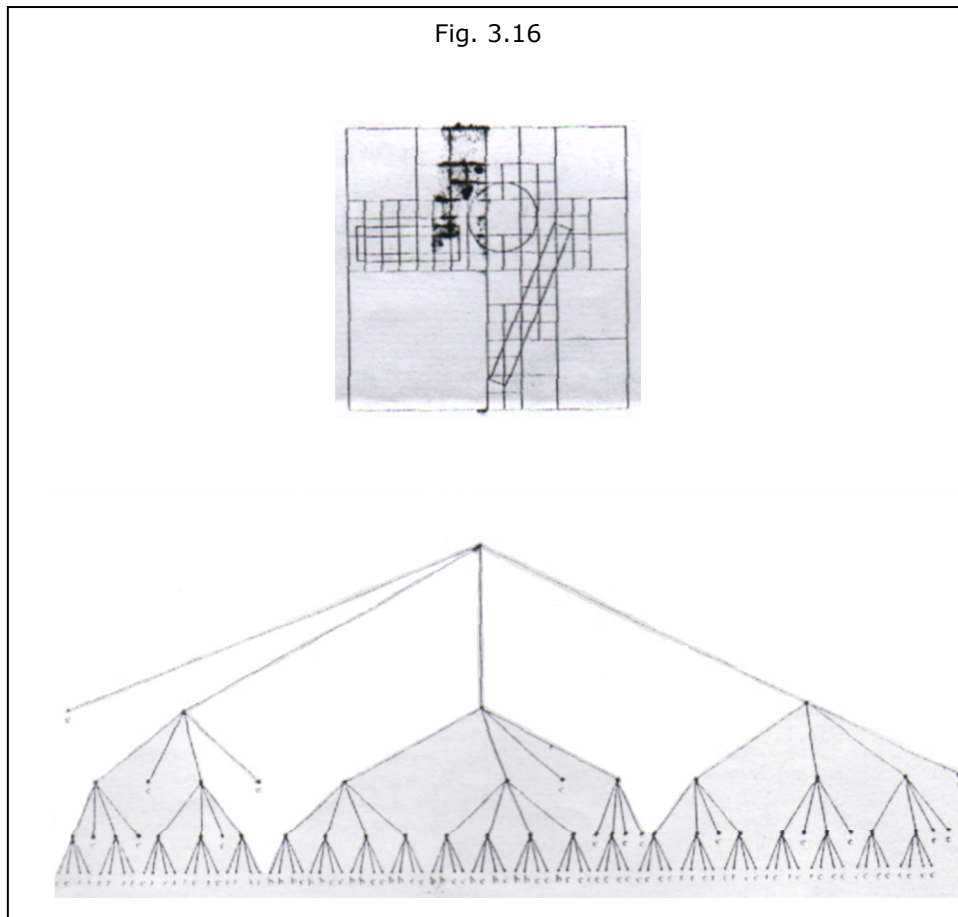
Un arbore de ordin opt e o structură de date ierarhice ce specifică locul ocupat în spațiul de regiunile cubice ale obiectului. Regiunile cubice sunt deseori numite „voxel”. Acest arbore a fost folosit foarte mult în procesarea imaginii și în grafica pe calculator (vezi, de exemplu, „Doctor and Torborg” (1981), „Jacklins and Tanimoto” (1980), „Meagher” (1982) și „Yamaguchi”(1984)).[41,81]

Un arbore de ordinul opt e o structură de date ce descrie cum sunt distribuite obiectele dintr-o scenă în spațiul tridimensional ocupat de scenă.

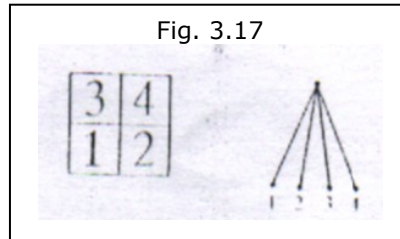
Ideile implicate într-o reprezentare cu arbore de ordinul opt pot fi demonstrate mai ușor folosind un arbore de ordin patru pentru a reprezenta ocuparea unei regiuni bidimensionale.

Figura 3.16 reprezintă o regiune bidimensională conținând câteva obiecte simple împreună cu o reprezentare a unui arbore de ordinul patru a unei regiuni și obiectele. Arborele este creat începând cu o regiune pătratică reprezentând întregul spațiu ocupat. Această regiune este reprezentată de nodul din vârful arborelui (în spațiul tridimensional, regiunea pătratică este un cub). Regiunea fiind ocupată de obiecte, ea este împărțită în patru subregiuni ce sunt reprezentate de cele patru noduri secundare din arbore. Figura 3.17 indică schema de arbore folosită pentru nodurile secundare (în cazul spațiului tridimensional regiunea este împărțită în opt subregiuni, iar nodul principal ar avea opt noduri secundare de unde și termenul de arbore de ordinul opt). Fiecare subregiune ce este ocupată de obiecte este subdivizată în continuare până mărimea subregiunii corespunde rezoluției maxime necesare schemei de reprezentare.

Astfel, în arbore există două feluri de noduri. Unele noduri terminale corespund subregiunilor ce nu sunt ocupate de obiecte în timp ce altele corespund celulelor de mărime minimă, ce sunt ocupate de o parte a unui obiect. În cazul bidimensional, obiectele sunt reprezentate de perimetrul lor și spațiul dinăuntru perimetrului este considerat neocupat. În cazul tridimensional obiectele sunt reprezentate de suprafața lor și se vor subdivide doar regiunile care conțin părți de suprafață.



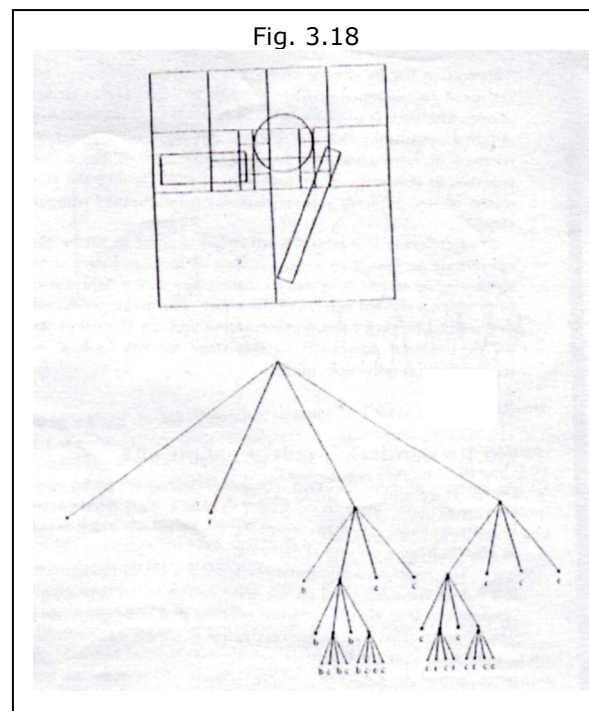
Există două moduri în care descompunerea unei scene printr-un arbore de ordinul opt se poate folosi pentru reprezentarea obiectului. În primul rând, un arbore de ordinul opt ca cel descris anterior poate fi folosit chiar el ca o reprezentare completa a obiectelor existente în scenă. Setul de celule ocupate de un obiect constituie reprezentarea obiectului respectiv. În orice caz, pentru o schemă complexă ar fi necesară o descompunere a spațiului ocupat în foarte multe celule, ceea ce ar necesita enorm de multă stocare de date.



O alternativă comună este folosirea unei reprezentări de structură de date standard a arborelui și folosirea arborelui de ordinul opt ca reprezentare a distribuției obiectului în scenă. În acest caz, un nod terminal al arborelui reprezentând o regiune ocupată ar fi reprezentat de un pointer pe structura de date a oricărui obiect ce interesează acea regiune. Figura 3.18 ilustrează această posibilitate în cazul bidimensional. Aici subdivizarea regiunii se oprește acolo unde se întâlnește o regiune ce intersectează un singur obiect.

O regiune reprezentată de un nod terminal nu este neapărat ocupată în întregime de obiectul asociat cu ea. Forma obiectului din regiune va fi descrisă de reprezentarea structurii sale de date. În cazul unei reprezentări a modelului suprafeței unei scene, obiectele sunt poligoane sau petice.

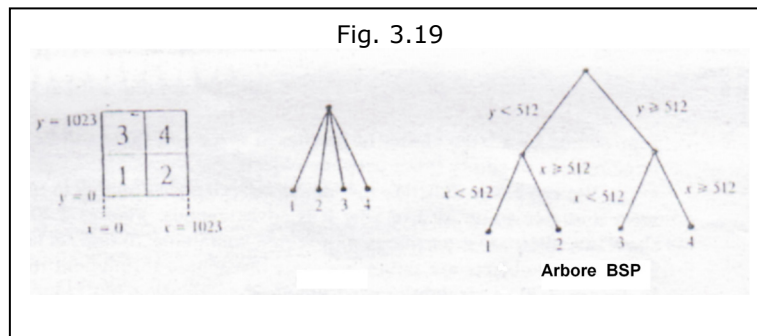
În general o regiune ocupată reprezentată de un nod terminal se poate intersecta cu mai multe poligoane și va fi reprezentată de o listă de pointeri pe structurile de date ale obiectului.



### 3.1.4.2 Arbori BSP

Structura auxiliară folosită pentru reprezentarea subdiviziunii este în esență un arbore, dar reprezentarea precisă a structurii de date folosită a indexa un arbore de ordinul opt diferă de cele descrise anterior. Ea este definită ca un arbore de partiție spațială binară sau arbore BSP.

Figura 3.19 demonstrează ideea în două dimensiuni. Ea conține o subdivizare de un subnivel a regiunii pătratice împreună cu o reprezentare a arborelui de ordin patru de un nivel și arborele BSP corespunzător. O extensie simplă până la trei dimensiuni face posibilă codarea unui arbore de ordinul opt ca arbore BSP. Fiecare nod neterminal al arborelui BSP reprezintă un singur plan partiționar ce împarte spațiul ocupat în două. Un nod terminal reprezintă o regiune ce nu mai este împărțită și ce conține pointeri pe reprezentarea structurii de date ale obiectului ce intersectează acea regiune (de obicei unul sau două).



Un arbore BSP poate fi folosit în trasarea cu ajutorul razelor la fel ca în tehnica arborelui de ordinul opt descrisă mai devreme. Pentru a trasa o rază într-o regiune nouă se generează în acea regiune un punct  $(x,y,z)$ . Nodul arborelui corespunzător acestui punct se găsește înlocuind punctul  $(x,y,z)$  în ecuația planului la fiecare nod până când punctul verifică ecuația și urmărind ramura corectă din fiecare nod, se cercetează dacă raza intersectează vreun obiect din regiunea reprezentată de nodul terminal al arborelui BSP ce se găsește prin procedeul de mai sus.

#### Subdivizarea adaptată cu un arbore BSP

Când un arbore BSP e folosit pentru a reprezenta o subdiviziune a spațiului în celule cubice nu se observă nici un avantaj față de codificarea directă de structuri de date din arborele de ordinul opt. Dar nimic din cele spuse până acum nu necesită ca subdivizarea să fie în celule cubice.

De fapt, ideea arborelui BSP a fost introdusă de Fuchs (1980), când planele folosite în subdivizare puteau fi oricum. În Fuchs (1980) structura BSP era folosită ca un ajutor în sortarea planelor dintr-o scenă în ordine inversă. Planele folosite pentru subdivizarea spațiului erau plane definite de poligoanele ce constituiau scena. Aceste plane puteau fi așezate oricum.[60]

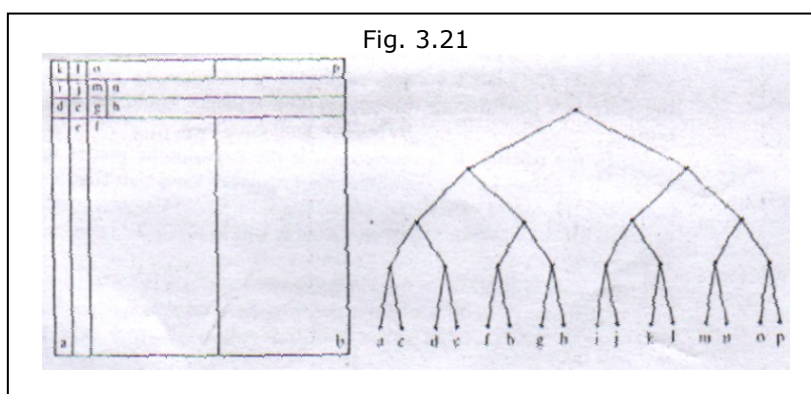
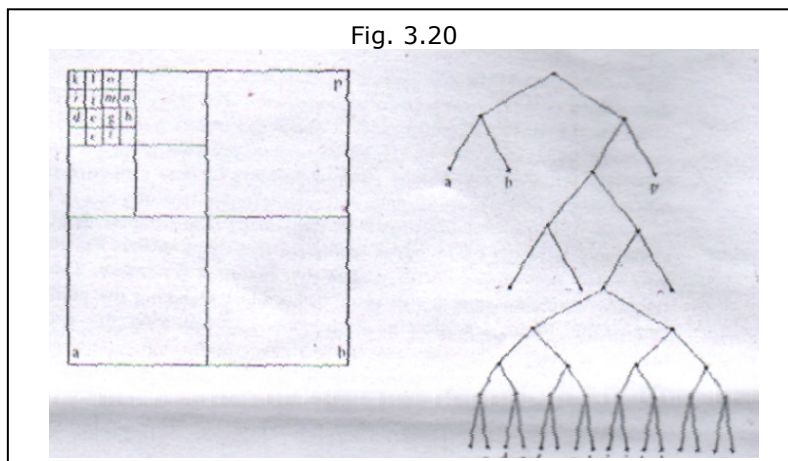
În trasarea cu ajutorul razelor este convenabil ca planele de partiție să formeze unghiuri drepte cu axele, deoarece acestea simplifică testul efectuat pentru a vedea de ce parte a planului se găsește un punct. Oricum, o schemă în care

poziția planelor de partiționare depinde de distribuția obiectelor din spațiu ocupat are anumite avantaje.

Obiectele sunt uneori distribuite inegal în spațiul ocupat. Aceasta e în particular cazul în care obiectele sunt de fapt petice folosite pentru a aproxima suprafața obiectului real. Un singur obiect real va fi reprezentat de un grup de petice în spațiu și vor exista regiuni relativ mari de spațiu liber între obiecte.

Se poate ușor ilustra ideea partiționării adaptate în cazul bidimensional și se poate arăta de ce este avantajos. Figurile 3.20 și 3.21 arată două alternative de partiționare a unei regiuni conținând șaisprezece obiecte notate de la **a** la **p**. Aceste obiecte sunt împărțite relativ inegal în regiuni. În figura 3.20 s-a folosit o subdivizare directă cu arbori de ordinul patru și acesta s-a reprezentat printr-un arbore BSP. Lungimea maximă a arborelui este opt și aceasta este lungimea maximă în cazul cercetării necesare pentru a identifica o regiune în care se afla un punct dat.

În figura 3.21 s-a folosit partiționarea adaptată. La fiecare pas s-a ales o linie de partiție ce împarte regiunea curentă astfel încât să conțină un număr de obiecte egal de ambele părți ale liniei. Astfel se găsește un arbore BSP în care lungimea maximă este patru.





### 3.1.5 Strategii de proiectare

Această secțiune descrie pe scurt principalele sau cele mai folosite strategii de proiectie în care se folosesc împreună modurile de reprezentare ale obiectelor descrise mai sus.

Proiectarea (Rendering) este un cuvânt provenit din jargon care a ajuns să însemne o colecție de operații necesare pentru a proiecta o vedere a unui obiect sau a unei scene pe o suprafață virtuală. Obiectul este luminat și interacția sa cu o sursă de lumină este calculată astfel încât să producă o viziune umbrită a scenei. Strategiile majore de proiectie sunt determinate de reprezentarea obiectelor și de opțiunile de algoritmi disponibile pentru procesele interne.

#### 3.1.5.1 Proiectarea obiectelor poligonale

Obiectele poligonale sunt pe departe cele mai comune forme de reprezentare în grafica calculatorului și există programe fixe incluse în hard care sunt disponibile pe multe stații de lucru care proiectează un obiect dintr-o bază de date poligonală.

Datele de intrare pentru un proiector poligonal sunt o listă de poligoane, iar datele de ieșire sunt câte o culoare pentru fiecare pixel de ecran. Avantajul major a proiectelor poligonale este că s-au dezvoltat algoritmi ce tratează poligoanele ca entități singulare sau ca unituri. Aceasta determină o procesare rapidă și ușoară. Oricum, trebuie spus că aceste avantaje se micșorează pe măsură ce obiectele devin tot mai complexe. Există situații în care obiectele sunt descrise de sute, chiar mii de poligoane și a fost prezentat un exemplu în figura 3.5.

Cea mai bună cale de a sparge procesul de proiectare este considerarea descriției unui obiect printr-un număr de spații de coordonate. În fiecare spațiu au loc operații și spațiile de coordonate facilitează anumite procese și specificații. Un obiect este de obicei stocat într-o bază de date folosindu-se coordonatele vârfurilor ce sunt exprimate într-un sistem de coordonate locale sau modelare. Originea poate fi un punct convenabil din obiect, de exemplu colțul (vârful) unui cub.

Pentru construcția unei scene, obiectul specificat într-un sistem de coordonate model poate suferi transformări tridimensionale. Aceasta fixează obiectul în spațiul de coordonate lumii, un spațiu comun pentru toate obiectele dintr-o scenă. În acest spațiu se fixează și poziția sursei de lumină (sau a surselor de lumină) ce luminează scena. În aceste spații ale lumii se creează o referință vizuală. Aceasta este originea sistemului de coordonate vizuale. Acesta poate fi chiar punctul din care este privit obiectul-punct vizual. Obiectul este transferat în spațiul de coordonate vizuale și în acest spațiu se fac specificările legate de vizualizare. Trebuie stabilite, ca exemplu de vizualizare, cât de departe de scenă este observatorul, ce fel de proiectie pe planul vizual este necesară și așa mai departe. Uneori este folosită noțiunea de aparat fotografic sintetic. Astfel, se oferă o analogie a atributelor externe și interne ale aparatului fotografic. Atributele externe sunt poziția aparatului fotografic și direcția în care este îndreptat. Natura imaginii create pe negativ depinde de atributele interne, ca tipul lentilelor, care sunt analoge cu opțiunile ce pot fi specificate într-un sistem vizual comprehensibil.

În spațiul vizual are loc operația cunoscută sub numele de micșorare (exterminare). Aceasta șterge poligoanele ce nu pot fi vizibile din punctul vizual. Fața poligonului obiectului (un cub, de exemplu) mai mare este parțial ascunsă de cubul mai mic. Exterminarea îndepărtează trei fețe ale fiecărui cub, dar fața solidului mai mare se consideră vizibilă. Un algoritm de ștergere a suprafeței ascunse rezolvă această problemă deoarece tratează vizibilitatea la un nivel subpoligonal. Operația de exterminare consideră poligonul ca întreg pentru fiecare obiect și nu poate rezolva problema obiectelor parțial acoperite.

Ultimele două operații ce pot fi aplicate poligoanelor sunt umbrirea și rasterizarea. Pentru o proiecție comună, aceste operații sunt realizate în spațiul tridimensional al ecranului. Umbrirea compară orientarea fiecărui obiect poligonal față de sursa de lumină și umbrește poligonul în interior. Rasterizarea calculează valoarea alocată fiecărui pixel în proiecție. Acest proces implică conversia din specificarea geometrică exactă a poligonului într-o aproximație spațială. Un proiector simplu poate alocă umbra feței pixelului arătat. O strategie mai elaborată poate discerne că pixelul arătat este parțial acoperit de două fețe și îi poate alocă o umbră intermediară între cele două umbre alocate fetelor. Asemenea considerații sunt de domeniul algoritmilor anti-identificare.

În procesul descris mai sus primele patru operații sunt comune oricărui proiector și implică transformări. Operațiile finale pot varia, depinzând de algoritmi selectați pentru a realiza ștergerea suprafețelor ascunse, umbrirea și rasterizarea. De asemenea, aceste procese sunt neseperabile și nu sunt consecutive. Pentru cel mai comun proiector, ele sunt simultane la nivel de pixel. În final este trecerea la un volum vizual tridimensional. În sistem de graf complet diferă de un aparat fotografic printr-un fapt important - poate fi specificat un volum vizual tridimensional, se poate crea o regiune volumică în spațiul vizual și orice informație referitoare la un obiect ce nu este în legătură cu acest spațiu poate fi ștearsă. Astfel, spre exemplu, putem șterge toate obiectele sau părțile de obiect ce se află la o anumită distanță de un aparat fotografic. Operația de trecere în tridimensional este realizată în spațiul vizual.

Un punct care n-a fost discutat până acum este ordinea în care poligoanele sunt prelucrate din baza de date. S-a spus că rețelele tratează poligoanele ca entități singulare și dacă un poligon este trecut prin rețea, atunci este activată selecția algoritmului de ștergere a fețelor ascunse.

O organizare „curgătoare” este încercarea cu poligonul Z-buffer.

Această metodă implică faptul că poligoanele individuale pot fi luate din baza de date în orice ordine, procesate ca unități independente și versiunea lor umbrită este stocată în memoria ecranului ce este schimbată continuu pe măsură ce mai multe poligoane trec prin rețea. În timpul necesar trecerii tuturor poligoanelor prin proiector, imaginile de pe ecran se pot schimba de mai multe ori, pe măsură ce poligoanele mai apropiate de observator acoperă pe cele deja aflate pe ecran, dar care sunt mai îndepărtate.

### 3.1.5.2 Proiectarea unei rețele de petice parametrice

Cea mai bună încercare de a proiecta petice perimetrice bicubice este preprocesarea reprezentată și conversia peticelor în poligoane plane.

La prima vedere acest lucru este o contradicție: de ce să aproximăm cu poligoane un obiect pe care deja l-am modelat folosind o reprezentare prin petice de o înaltă acuratețe? Există două justificări. Prima, se poate ca reprezentarea prin petice să fie, de exemplu, necesară pentru un mediu de modelare iterativ. A doua,

În privința acurateții, reprezentarea prin petice e convertită în poligoane printr-o subdivizare asupra căreia avem control complet și putem controla de asemenea mărimea finală a poligoanelor. Putem chiar să facem mărimea poligonului dependentă de curbarea locală a peticului, un ideal la care ne-am referit când am discutat de reprezentarea prin țesături poligonale. Un alt avantaj al acestei metode este acela că ea operează ca unificare cu proiectarea țesăturii poligonale. Cum s-a mai spus, există disponibil atât softul cât și hardul necesar pentru modelele poligonale.

Trebuie spus că vor fi mult mai multe poligoane în modelul convertit decât petice în modelul parametric. Procesul este schițat în figura 3.22. Preprocesul ce permite conversia unei rețele de petice într-un set de poligoane conține doar două faze. Prima este conversia elementară. Dacă baza peticului este un Bézier, atunci se convertește reprezentarea peticului la această formă. Aceasta implică numai înmulțirea matricelor. Acest pas simplifică mult cea de-a doua idee a procesului.

Un petic este subdivizat până când se satisface un criteriu infailibil. Subdivizarea este realizată prin desenarea de curbe izoparametrice la fiecare nivel ( $u=0.5$ ,  $v=0.5$ ), curbe care definesc patru petice din original. Criteriul infailibil este un simplu test geometric care privește distanța dintre un plan prin punctele colțurilor peticului și suprafața peticului.

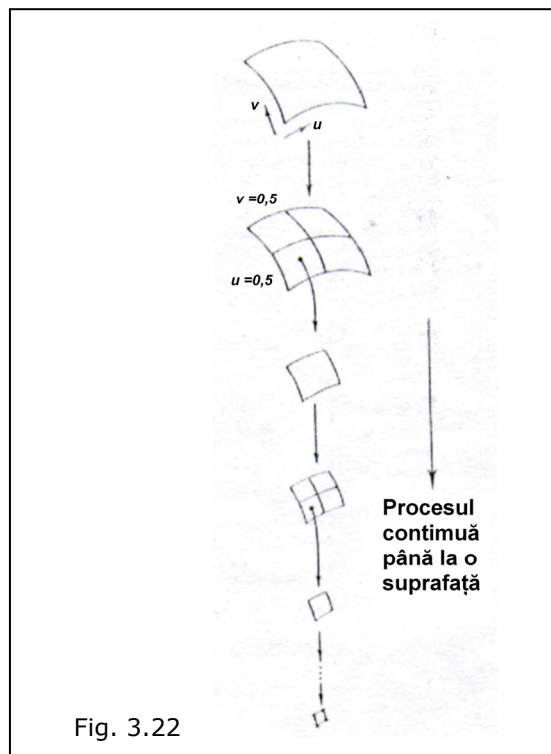


Fig. 3.22

### 3.1.5.3. Proiectarea unei descrieri CSG

Strategiile de proiectare pentru modelele CSG sunt diferite. Caracteristica distinctivă a reprezentării CSG e faptul ca ea nu este o reprezentare a perimetrului. În celelalte reprezentări, suprafața reprezentată este perimetrul obiectului, împărțindu-se spațiul tridimensional în două regiuni: intern și extern obiectului.

În reprezentarea CSG, baza de date a obiectului este un arbore ce leagă un set de obiecte primitive unul de altul prin operații bool. Acest regim de reprezentare facilitează interactivitatea puternică, iar prețul care se plătește pentru aceasta este o strategie de proiectare complexă și scumpă.

Problema principală implicată de proiectarea CSG a obiectelor este derivarea unei reprezentări perimetrice din baza de date CSG. S-au dezvoltat trei tehnici:

- trasarea CSG cu ajutorul razelor;
- conversia în reprezentarea la nivel de pixel urmată de proiectarea volumului;
- folosirea unei versiuni a algoritmului Z-buffer.

Prima tehnica este o adaptare directă a tehnicilor de trasare cu ajutorul razelor. Evaluarea unui obiect dintr-o descriere CSG poate fi obținută reducând problema la o dimensiune. Pentru acesta vom trimite o rază din fiecare pixel în planul vizual. În cazul cel mai simplu (proiecție paralelă) vom explora spațiul obiectului cu un set de raze paralele.

Procesul se împarte în două faze. Prima, se consideră o singură rază. Fiecare primitivă este comparată cu această rază pentru a vedea dacă raza intersectează primitiva. Aceasta implică rezolvarea unui test de intersecție cu patru ecuații liniare. Orice intersecții sunt stocate la nivelul Z. Dispunem acum de o clasificare rază/primitivă pentru fiecare rază și se poate căuta orice combinație booleene între primele două primitive întâlnite de-a lungul razei.

Din figura 3.23 se poate vedea ușor ca evaluarea operațiilor booleene dintre primitivele întâlnite de-a lungul unei raze este directă. O valoare de umbrire poate fi alocată pixelului printr-un model simplu de reflecție aplicat la prima intersecție de-a lungul razei. Trebuie spus că, după cum se observă din figura 3.23, acest punct variază conform operațiilor booleene dintre primitive.

Trasarea cu ajutorul razei în acest fel este metoda clasică a proiectării modelului CSG. Ea este însă foarte scumpă. În sfârșit, se observă că metodele se integrează într-un singur model:

- evaluarea unei reprezentări perimetrice dintr-o descriere CSG;
- ștergerea suprafețelor ascunse - sunt luate în considerare doar intersecțiile

cu

- cele două primitive cele mai apropiate de observator;
- umbrirea.

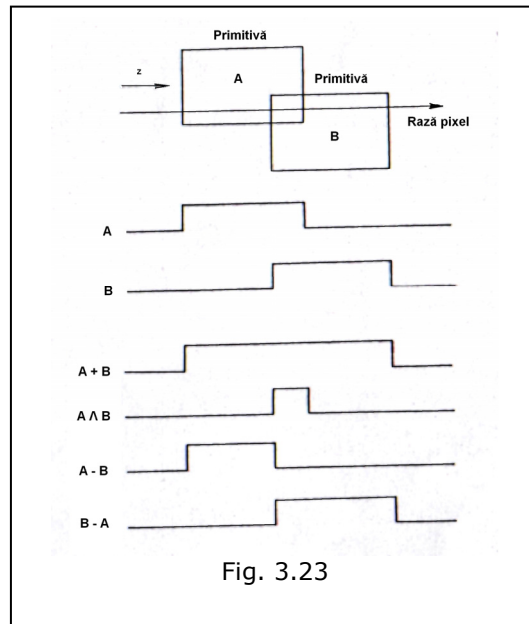


Fig. 3.23

Trebuie observat că toate operațiile au loc în spațiul ecranului și se va trece direct din spațiul descrierii CSG în spațiul ecranului. Se va trece peste complexitatea spațiului vizual dacă se folosește o proiecție paralelă cu cea descrisă anterior.

## 3.2. Reprezentarea parametrică

### 3.2.1 Reprezentarea parametrică a solidelor tridimensionale

Reprezentarea parametrică a solidelor și a curbelor este acum o unealtă de bază în grafica pe calculator, în special în proiectarea asistată de calculator (computer-aided design - CAD). Tehnicile ce au fost dezvoltate inițial pentru a modela caroserii de automobil și fuselaje de avion sunt aplicate acum în numeroase și variate ramuri ale graficii computerizate. De exemplu, procedeele sunt folosite în modelarea obiectelor, design interactiv și în animație.

Una din cele mai cunoscute formulări parametrică este suprafața Bézier, creată în anii '60 de către Pierre Bézier pentru a fi folosită la designul caroseriilor Renault. Sistemul CAD al lui Bézier, UNISURF, folosit din 1972, a fost, fără îndoială, responsabil pentru numeroasele modele scoase de fabricile Renault în anii '70. De fapt, se poate ca munca lui Bézier să fie fost precedată de eforturile lui P. de Casteljaou la Citroën la începutul anilor '60. Oricum, rapoartele sale interne rămân nedescoperite până în 1975. Chiar dacă astăzi nu ne referim la suprafețele de Casteljaou, numele său apare într-un algoritm des folosit la crearea și desenarea curbelor și a suprafețelor.

Abordarea obișnuită a examinării reprezentărilor parametrice începe cu o descriere a curbelor tridimensionale și continuă cu generalizarea acestora la suprafețe. Vom adopta și noi această direcție, concentrându-ne asupra formulărilor Bézier și B-spline. Comportarea curbelor și notațiile asociate sunt mai puțin complicate decât la suprafețe; în continuare ne vom ocupa mai în detaliu de comportarea curbelor, știind că proprietățile curbelor se extind și la suprafețe; în plus, își au propriul lor loc în grafica computerizată. Putem schița traiectoria unui obiect cu puncte definite în spațiu prin interpolarea unei curbe parametrice printre aceste puncte. De asemenea, putem defini sau modela un solid "condus" printr-o constantă de alunecare sau prin varierea secțiunii transversale de-a lungul curbei. În cea de-a doua jumătate a capitolului se folosește algoritmul de Casteljau pentru a afișa curbele Bézier și se discută diferitele tehnici de redare folosite la vizualizarea suprafețelor definite parametric.

### 3.2.1.1 Prezentare generală a curbelor parametrice

După cum vom vedea, o **curbă parametrică** e definită printr-o mulțime discretă de puncte cunoscute ca **puncte de control** sau **muchi de control** împreună cu un set de **funcții de bază** sau **funcții de combinare**. Această metodă de specificare a curbei este complet diferită față de cea "normală", care are forma unei funcții implicite. Aceasta se vede în figura 3.24. Patru puncte de control, de la  $P_0$  la  $P_3$ , sunt date unui algoritm care generează curba. În acest caz curba trece prin două din puncte. Avem câte o funcție de bază definită pe domeniul în care variază parametrul  $u$  pentru fiecare punct de control, iar curba  $Q(u)$  este creată folosind punctele de control pentru a trasa funcțiile de bază. În figura 3.24 funcțiile de bază sunt funcții Bézier.

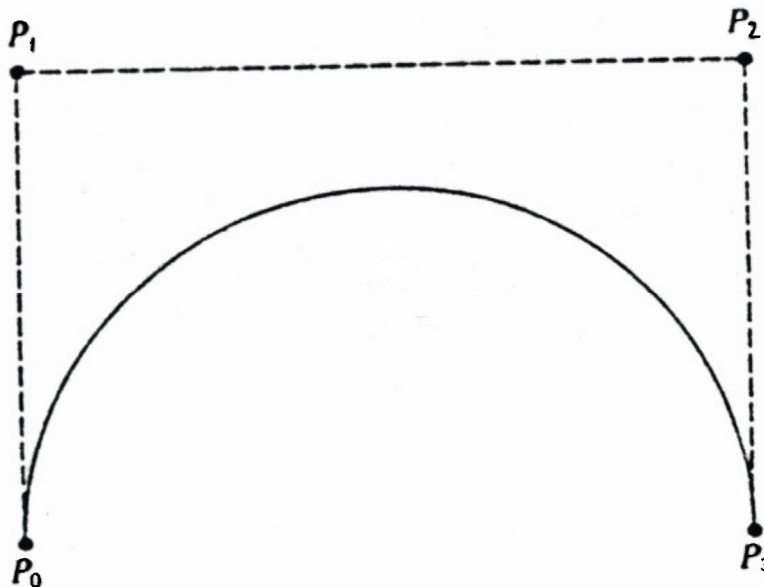


Fig. 3.24 - O curbă definită prin patru puncte de control  
În acest caz, curba este Bézier.

Astfel:

$$x(u) = \sum_{i=0}^3 P_{xi} \cdot B_i(u)$$

specifică faptul că obținem componenta pe  $x$  a lui  $Q(u)$  prin însumarea componentelor pe  $x$  ale fiecărui punct de control trasat prin valoarea funcției de baza în  $u$ . Analog:

$$y(u) = \sum_{i=0}^3 P_{yi} \cdot B_i(u)$$

$$z(u) = \sum_{i=0}^3 P_{zi} \cdot B_i(u)$$

$$Q(u) = \sum_{i=0}^3 P_i \cdot B_i(u)$$

sau mai exact:

Funcțiile de bază folosite pentru a trasa și aranja punctele de control într-un segment de curbă pot fi orice set format dintr-un număr oarecare de funcții de bază diferite ce au evoluat în CAD și în grafica computerizată.

Funcții de bază diferite au proprietăți diferite; de obicei diferă faptul că ele interpolatează punctele de control sau le aproximează. Celelalte diferențe sunt proprietățile de continuitate și parametrii folosiți pentru a controla forma unei curbe printr-o interfață interactivă. În acest capitol ne vom concentra supra funcțiilor de bază Bézier și B-spline. Curbele Bézier se bucură de succes datorită simplității lor și din cauză că obiectele pot fi cu ușurință redactate dacă sunt reprezentate prin suprafețe Bézier.

Curbele Bézier au anumite dezavantaje care pot fi înlăturate folosind curbele B-spline. Specificarea unui segment de curbă (sau a unui petec de suprafață) printr-un set de puncte de control este baza unei metode de design interactiv în CAD. Un set de puncte sau de poligoane este specificat interactiv de către designer, și după aceste puncte este trasată și vizualizată curba. Dacă nu este satisfăcătoare se specifică un nou set de puncte și operațiile se reiau. Se face distincție între o curbă

și un segment de curbă. În general, o curbă este formată dintr-un număr de segmente de curbă unite între ele prin niște restricții de continuitate.

Fiecare segment de curbă este definit prin patru puncte de control. Definim înfășurătoarea convexă a punctelor de control după cum urmează. Dacă considerăm toate punctele de control ca un set de puncte, înfășurătoarea convexă a acestor puncte (într-un plan) poate fi văzută ca regiunea formată prin întinderea unei benzi elastice în jurul punctelor de control (fig. 3.25).

De remarcat este faptul că înfășurătoarea convexă nu este aceeași cu poligonul format prin unirea punctelor de control succesive. Înfășurătorile convexe sunt importante în redarea contextului. De exemplu, la aplicarea unui fascicol de lumină sub un anumit unghi pe un petec de suprafață, înfășurătoarea convexă poate fi folosită ca volum delimitator.

În grafica pe calculator apare tendința de a folosi curbele cubice. Aceasta se datorează faptului că prezintă o suficientă flexibilitate a formei pentru cele mai folosite aplicații, dar și faptului că curbe de ordin mai mare aduc costuri mai mari și alte inconveniente. De asemenea, polinomialele cubice sunt adevărate curbe în spațiu - nu sunt planare. Curbele pătratice sunt funcții de trei puncte de control și în spațiul tridimensional ele sunt conținute într-un plan. O curbă formată din segmente pătratice poate fi numai un set de segmente bidimensionale pe porțiuni. Acest lucru cu siguranță nu va fi satisfăcător atunci când asemenea segmente sunt utilizate pentru a modela corpuri tridimensionale.

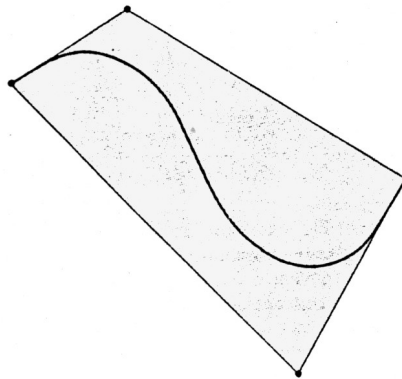


Fig. 3.25 - Înfășurătoarea convexă a unui segment de curbă B-spline cubică.

În figura 3.25, curba e conținută în interiorul suprafeței determinate de punctele de control. Segmentele de curbă prezintă proprietăți de continuitate. Când o curbă compusă este formată din segmente de curbă, aceste proprietăți se pot modifica în funcție de cum au fost unite segmentele.

Simpla unire a două segmente printr-un capăt comun implică continuitatea geometrică  $G^0$ . Dacă vectorii tangenți la fiecare segment de curbă în capătul comun au aceeași direcție și module diferite atunci curba are continuitatea geometrică  $G^1$ . Dacă vectorii tangenți sunt identici, curba prezintă continuitate de gradul întâi sau continuitate  $C^1$ . Vectorii tangenți la o curbă sunt prezentați în figura 3.28.

În general, continuitatea parametrică  $C^n$  este definită după cum urmează. Dacă direcția și mărimea lui  $d^n/dt^n[Q(u)]$  sunt egale pentru cele două segmente la capătul comun, atunci curba prezintă continuitatea  $C^n$ .



### 3.2.2 Reprezentarea parametrică a curbelor tridimensionale

Un exemplu practic al unei curbe tridimensionale este un punct ce se mișcă în spațiu (fig. 3.26). Poziția sa e definită printr-un vector  $r$ , funcție de timp  $t$ . Aceasta dă o așa-zisă descriere parametrică a curbei, sub forma a trei ecuații în  $t$ :

$$\begin{aligned}x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t)\end{aligned}$$

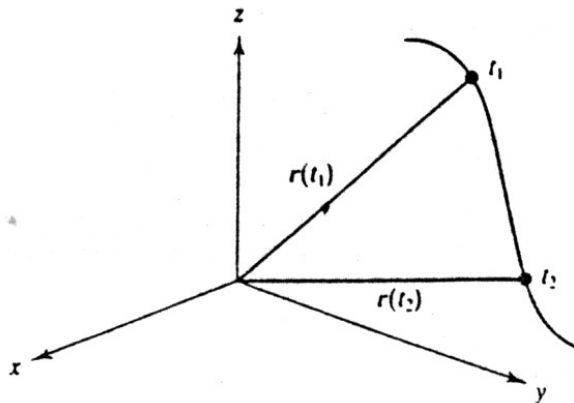


Fig. 3.26 - Un punct mișcându-se în spațiu

Astfel putem descrie parametric orice curbă în spațiu, folosind ca parametru de exemplu  $u$ , iar o curbă cubică este dată de:

$$\begin{aligned}x(u) &= a_x u^3 + b_x u^2 + c_x u + d_x \\ y(u) &= a_y u^3 + b_y u^2 + c_y u + d_y \\ z(u) &= a_z u^3 + b_z u^2 + c_z u + d_z\end{aligned}\quad (2.1)$$

unde  $0 \leq u \leq 1$ , iar funcțiile  $x$ ,  $y$ ,  $z$  sunt polinoame cubice de parametru  $u$ .

Există anumite motive pentru a folosi în grafica pe calculator exprimarea parametrică în locul funcțiilor implicite. (O funcție implicită este  $f(x,y,z)=0$ ; de exemplu, exprimarea prin funcție implicită a unei sfere este  $x^2+z^2+y^2-r^2=0$ ). În primul rând, punctele de pe o curbă pot fi calculate separat, în loc să fie rezolvate ecuații neliniare sub formă implicită pentru fiecare punct în parte. Curbele parametrice (și suprafețele) sunt transformate cu ușurință.

Aplicarea unei transformări liniare reprezentării parametrice a curbei realizează chiar o transformare a curbei. Majoritatea aplicațiilor de design folosesc curbe complexe (și/sau suprafețe) care nu pot fi exprimate prin funcții implicite simple, pe când reprezentarea parametrică permite descrierea pe porțiuni, iar o curbă sau o suprafață poate fi dată printr-un set de polinoame pe porțiuni. (Polinoamele de grad mare pot descrie curbe complexe, dar necesită un număr mare de coeficienți, ceea ce poate introduce oscilații nedorite în curbă).

### 3.2.3 Curbele cubice Bézier

Privim acum o formă particulară a reprezentării parametrice: curba cubică Bézier. Formularea Bézier a unei curbe cubice implică specificarea unui set de puncte de control, din care este obținut polinomul cubic. Această formă rezultă, în majoritatea textelor, pornind de la funcții de bază sau de combinare. Foley *et al.*

(1989) dau o metodă de obținere ușor de înțeles, arătând legătura dintre formularea Bézier și cubicele Hermite sau Ferguson.[57]

Rescriind ecuațiile (2.1) ca o singură ecuație vectorială obținem:  
 $Q(u) = au^3 + bu^2 + cu + d$

acesta fiind modul normal de exprimare a unui polinom cubic parametric. Folosind funcțiile de bază Bézier sau funcțiile de combinare Bernstein:

$$\begin{aligned} &(1-u)^3 \\ &3u(1-u)^2 \\ &3u^2(1-u) \\ &u^3 \end{aligned}$$

polinomul este exprimat prin aceste funcții și patru puncte de control:

$$Q(u) = P_0(1-u)^3 + P_1 3u(1-u)^2 + P_2 3u^2(1-u) + P_3 u^3$$

sau sub formă matricială:

$$Q(u) = \mathbf{UBP} = \begin{bmatrix} u^3 & u^2 & u & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}$$

Din punct de vedere intuitiv formularea matricială nu este de mare ajutor, fiind preferată definiția cu funcții de combinare, dată mai jos; totuși, forma matricială este folositoare când avem în vedere implementarea hardware.

$P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  și  $P_3$  sunt patru puncte de control care definesc curba,  $P_0$  și  $P_3$  fiind capete. Ele se numesc puncte de control deoarece prin mutarea lor în spațiu este controlată sau influențată forma curbei. Pligonul format prin unirea punctelor de control se numește poligon caracteristic sau de control. Figura 3.24 prezintă o curbă și poligonul său caracteristic.

Forma Bézier este o ingenioasă reformulare a formei polinomiale cubice Hermite. Aceasta permite determinarea formei unei curbe numai după poziția celor patru puncte de control. În particular, utilizatorul nu trebuie să specifice sau să controleze vectorii tangenți, sau derivatele de ordinul întâi, necesare în scrierea Hermite. În continuare este prezentată o interpretare geometrică a felului în care sunt folosite punctele de control. Interpretarea poate fi ignorată dacă se urmărește numai folosirea în practică a segmentelor Bézier.[8,87,112,135]

Derivând în  $u$  funcțiile de bază se poate demonstra că:

$$Q_u(0) = 3(P_1 - P_0)$$

$$Q_u(1) = 3(P_2 - P_3)$$

Aceștia sunt vectorii tangenți la curbă în capete și se poate vedea că  $P_1$  și  $P_2$  aparțin acestor vectori. Deplasarea celor patru puncte va permite astfel controlul poziției și formei curbei, modificându-se de fapt capetele și vectorii tangenți la curbă în capete.

Figura 3.27 încearcă să prezinte felul în care punctele de control influențează forma curbei, iar figura 3.28 prezintă o curbă și vectorii săi tangenți. Prin scrierea unui scurt program interactiv și experimentând cu pozițiile punctelor de control se poate aprecia intuitiv această interpretare geometrică. În particular, se poate observa că cele două puncte de control din mijloc lasă impresia că se "trage" de curbă.

Să spunem, de exemplu, că avem nevoie de o metodă de design ce reproduce forma unei curbe "simple", trasată de mână.

Am putea proceda în felul următor:

1. Aproximăm forma curbei formând un poligon de control.
2. Îl folosim pentru a desena curba Bézier asociată.
3. Ajustăm punctele de control.
4. Repetăm 1. și 2. până suntem mulțumiți de formă.

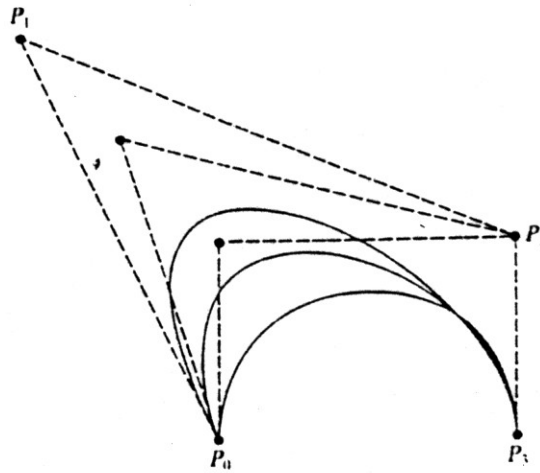


Fig. 3.27 - Efectul mutării unui punct de control

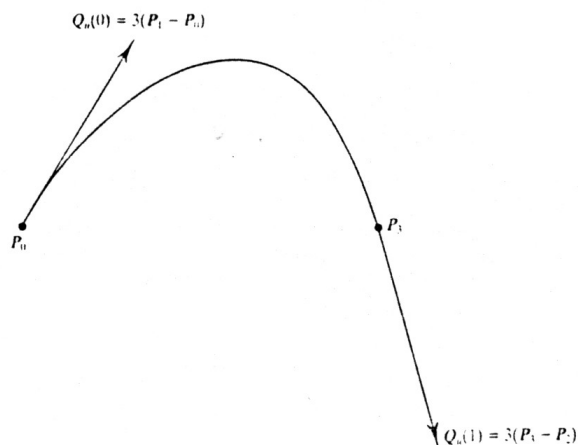


Fig. 3.28 - Relația dintre punctele de control Bézier și vectorii tangenți

Să ne întoarcem acum la funcția de bază sau de combinare discutată la începutul capitolului. Cele patru funcții de bază sunt prezentate în figura 3.29 și, pentru această interpretare, curba este specificată prin:

unde fiecare termen al sumei este produsul dintre un punct de control  $P_i$  și funcția

$$Q(u) = \sum_{i=0}^3 P_i \cdot B_{i,3}(u)$$

de combinare  $B_{i,3}$  care, în acest caz, este un polinom de gradul trei. Aceste curbe arată influența pe care fiecare punct de control o are asupra formei finale a curbei. Pentru o valoare particulară a lui  $u$  însumăm valorile obținute de la fiecare din cele patru funcții de combinare.  $P_0$  are influența cea mai mare pentru  $u=0$  ( $B_{0,3}$ ,  $B_{2,3}$  și  $B_{3,3}$  sunt

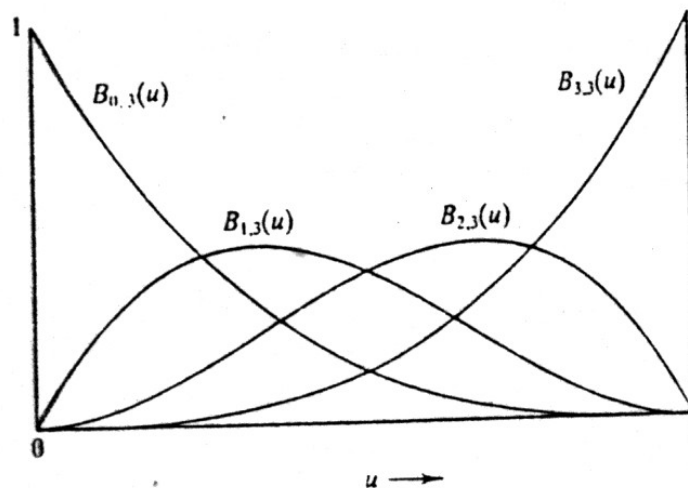


Fig. 3.29 - Funcțiile de bază Bézier

toate nule în acest punct). Pe măsură ce  $u$  este crescut către  $P_1$ ,  $B_0$  și  $B_1$  determină în principal forma curbei,  $B_{2,3}$  și  $B_{3,3}$  neavând vreo influență. Punctele  $P_1$  și  $P_2$  au efect maxim când  $u=1/3$  respectiv  $2/3$ . De remarcat este faptul că prin mutarea oricărui punct de control este influențată, în mai mică sau mai mare măsură, forma tuturor părților curbei. Acesta este dezavantajul curbelor Bézier - controlul este global.

Un alt punct important este faptul că reprezentarea parametrică permite curbe multiplu parametrice. De exemplu, dacă  $P_0=P_3$  atunci curba rezultantă va fi o buclă închisă.

Setul de funcții de bază sau de combinare date pentru polinoamele cubice:

$$\begin{aligned} B_{0,3}(u) &= (1-u)^3 \\ B_{1,3}(u) &= 3u(1-u)^2 \\ B_{2,3}(u) &= 3u^2(1-u) \\ B_{3,3}(u) &= u^3 \end{aligned}$$

este un caz particular de funcție de bază de orice grad  $n$ , unde:  
și:

$$Q(u) = \sum_{i=0}^3 P_i \cdot B_{i,n}(u)$$

$$B_{i,n}(u) = C(n,i) u^i (1-u)^{n-1}$$

iar  $C(n,i)$  este coeficientul binomial:  
 $C(n,i) = n! / (i!(n-i)!)$

Se remarcă faptul că se mărește numărul de puncte de control la  $n+1$ . Apar, oricum, probleme asociate cu creșterea numărului de puncte de control prin mărirea gradului funcțiilor de combinare, și aceste dificultăți reprezintă un motiv pentru care se preferă curbele B-spline.

La acest moment este folositor să luăm în considerare aspectele reprezentării unei curbe prin puncte de control. Cea mai importantă proprietate, în ceea ce privește interfața cu utilizatorul, este aceea că mutarea unui punct de control dă o modificare intuitivă a formei curbei. Altfel spus, curba mimează forma poligonului de control. O proprietate importantă din punctul de vedere al algoritmilor ce se ocupă de curbe (și suprafețe) este aceea că o curbă este întotdeauna închisă în înfășurătoarea convexă formată de poligonul de control. Aceasta provine din faptul că suma funcțiilor de bază este unu pentru orice valoare a lui  $u$ . Având în vedere transformările, din moment ce curbele sunt definite ca și combinații liniare de puncte de control, curba este transformată de către orice transformare afină (rotație, translație etc.) în spațiu prin aplicarea transformării potrivite setului de puncte de control. Astfel, pentru a modifica o curbă, modificăm punctele de control și apoi îi calculăm punctele. În acest context este de remarcat faptul că nu este ușor să transformi o curbă calculându-i întâi punctele și apoi transformând (cum am face cu o descriere implicită). De exemplu, la trasare nu este clar de câte puncte este nevoie pentru a asigura netezimea curbei când aceasta este mărită. Este de remarcat faptul că transformările în perspectivă nu sunt afine, deci nu putem să poziționăm punctele de control pe ecran și să calculăm astfel curba.

Deși am discutat forma cubică Bézier, acesta este doar un caz special al setului de curbe polinomiale Bernstein-Bézier. Cubicele sunt folosite cel mai des pentru că sunt rezonabil de simple, dar și suficient de flexibile pentru un design interactiv. Avantajele unor curbe de ordin mai mare se leagă de gradul de continuitate care poate fi atins între segmentele de curbă. Pe lângă costurile de calcul, cu cât se folosesc curbe de ordin mai mare, cu atât relația între poligoanele caracteristice formate de punctele de control și curbă devine mai slabă.

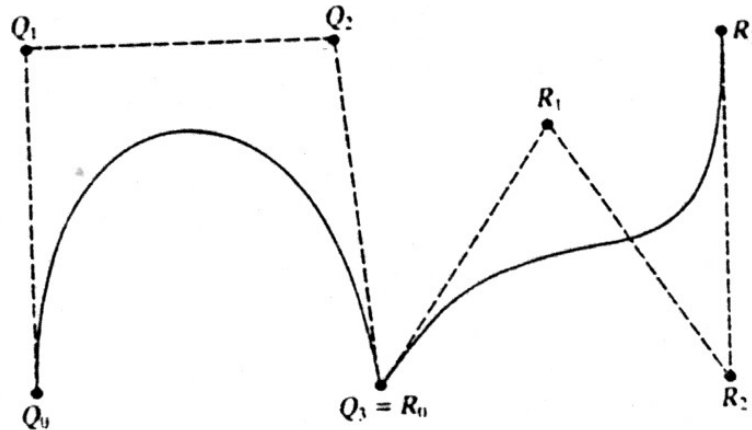


Fig. 3.30 - Continuitate pozițională între curbe Bézier

### 3.2.3.1 Unirea segmentelor de curbă Bézier

Segmentele de curbă definite printr-un set de patru puncte de control pot fi unite pentru a forma curbe mai complexe decât cele care pot fi obținute din forma cubică polinomială. Din aceasta rezultă o curbă polinomială pe porțiuni.

O metodă alternativă de a reprezenta curbe mai complexe este mărirea gradului polinomului, dar aceasta are dezavantaje matematice și de calcul; este considerat în general mai simplu să se împartă curba în segmente cubice.

Conectarea segmentelor de curbă implică aplicarea unor restricții în punctele de joncțiune. Restricția implicită este  $G^0$ . Diferența între continuitatea  $G^0$  și  $G^1$  pentru o curbă Bézier este prezentată în figura 3.30 și în figura 3.31. Continuitatea  $G^0$  înseamnă că punctul de sfârșit al primului segment coincide cu punctul de început al celui de-al doilea. Continuitatea  $G^1$  înseamnă că marginile polinomului caracteristic sunt coliniare, după cum se vede în figură. Aceasta înseamnă că vectorii tangenți la sfârșitul unei curbe și începutul celeilalte sunt coliniari. La suprafețele umbrite, menținerea numai a continuității  $G^0$  ar putea face ca în redarea finală a obiectului joncțiunile să fie vizibile.

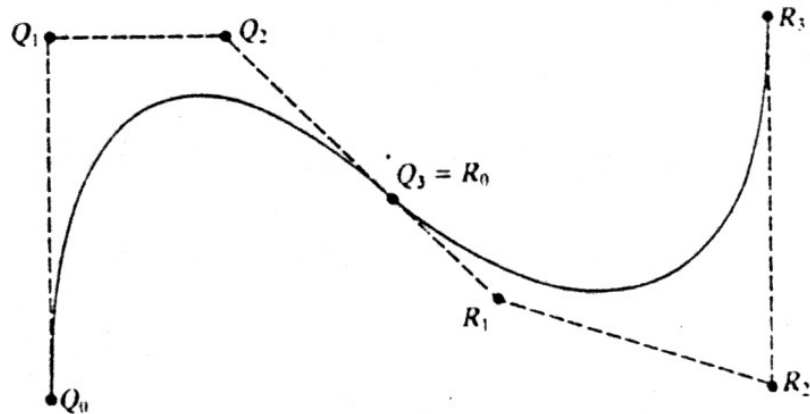


Fig. 3.31 - Continuitatea tangențială între curbe Bézier

Dacă punctele de control a două segmente sunt  $Q_i$  și  $R_i$  atunci continuitatea  $G^1$  este păstrată dacă:

$$(Q_3 - Q_2) = k(R_1 - R_0)$$

Folosind această condiție, o curbă Bézier compusă este construită ușor adăugând pe rând câte un segment. Totuși, avantajul de a putea construi o formă compusă din segmente este oarecum diminuat de legăturile care sunt aplicate acum punctelor de control din cauza condițiilor de joncțiune.

Acest dezavantaj poate fi atenuat numai prin mărirea gradului polinomului sau prin fracționarea segmentului în două sau mai multe segmente mai mici.

### 3.2.3.2 Proprietăți ale curbelor Bézier

- Gradul polinomului este întotdeauna cu unu mai mic decât numărul punctelor de control. În grafica pe calculator se folosește gradul trei.
- Curba urmărește forma poligonului de control și este conținută în înfășurătoarea convexă formată de punctele de control.
- Punctele de control nu exercită control local. Mutarea oricărui dintre punctele de control afectează întreaga curbă în mai mică sau mai mare măsură. Aceasta se poate vedea examinând figura 3.29, care arată că toate funcțiile de bază sunt peste tot nenule cu excepția punctelor  $u=0$  și  $u=1$ .
- Primul și ultimul punct de control sunt capetele segmentului de curbă.
- Vectorii tangenți la curbă în capete coincid cu prima și ultima latură a poligonului de control.
- Curba nu oscilează față de oricare linie dreaptă mai des decât poligonul de control - aceasta este cunoscută sub numele de proprietatea diminuării variației.
- Curba este transformată aplicând orice transformare afină (adică orice combinație de transformări liniare) punctelor sale de control. Curba este invariantă (nu își schimbă forma) la o astfel de transformare.

### 3.2.4 Curbele B-spline

Două neajunsuri asociate curbelor Bézier ce sunt înlăturate prin folosirea curbelor B-spline sunt faptul că modificarea poziției punctelor de control are efect global, și relația dintre gradul curbei și numărul de puncte de control. Prima proprietate - globalitatea - impică faptul că, deși un punct de control influențează puternic segmentul de curbă cel mai apropiat de el, totuși are un oarecare efect și asupra întregii curbe, fapt ce se poate vedea și în figura 3.29. Toate funcțiile de bază sunt nenule pe întreg intervalul parcurs de  $u$ . Al doilea dezavantaj înseamnă că nu putem folosi o curbă cubică Bézier pentru a aproxima sau reprezenta  $n$  puncte fără să folosim mai multe segmente de curbă (sau fără să creștem gradul curbei).

Inițial, florarul ("spline") era o unealtă a desenatorilor ce consta dintr-o fâșie subțire metalică (sau de lemn) folosită pentru a desena curbe prin anumite puncte fixe prin "adăugarea de greutate" în puncte numite noduri. Curba rezultată este netedă, iar tensiunea internă este minimalizată. Echivalentul matematic este curba spline cubică polinomială.

Ca și o curbă Bézier, o curbă B-spline nu trece prin punctele de control. O curbă B-spline este o polinomială cubică pe bucăți, constând dintr-un număr oarecare de segmente de curbă. (Pentru simplitatea notațiilor vom lua în considerare doar curbele B-spline cubice. Pot exista însă curbe B-spline de orice grad). Aceasta este un segment pe un anumit interval și de la un interval la altul coeficienții se schimbă. Pentru un singur segment putem compara formularea B-spline cu cea Bézier folosind aceeași notație matricială.

Formularea B-spline este:

$$Q_i(u) = \mathbf{UB}_s\mathbf{P} = \begin{bmatrix} u^3 & u^2 & u & 1 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{i-3} \\ P_{i-2} \\ P_{i-1} \\ P_i \end{bmatrix}$$

unde  $Q_i(u)$  este cel de-al  $i$ -ilea segment al curbei, iar  $P_i$  este un set de patru puncte dintr-o succesiune de puncte de control. Același lucru se poate scrie și astfel:

$$Q_i(u) = \sum_{k=0}^3 P_{i-3+k} B_{i-3+k}(u) \quad (2.2)$$

unde  $i$  este numărul segmentului, iar  $k$  este indexul punctului de control local, adică indexul pentru segmentul  $i$ . Valoarea lui  $u$  într-un segment de curbă este  $0 \leq u \leq 1$ . Folosind această notație îl putem descrie pe  $u$  ca pe un parametru local - ce variază local în domeniul  $[0,1]$  - pentru a defini un singur segment de curbă B-spline.

Astfel, folosind această notație, se observă că o curbă B-spline este formată dintr-o serie de  $m-2$  segmente de curbă notate convențional cu  $Q_3, Q_4, \dots, Q_m$  și definite sau determinate prin  $m+1$  puncte de control  $\mathbf{P}_0, \mathbf{P}_1, \dots, \mathbf{P}_m$ ,  $m \geq 3$ . Fiecare



segment de curbă este definit prin patru puncte de control și fiecare punct de control influențează patru și numai patru segmente de curbă. Aceasta este proprietatea controlului local al curbelor B-spline - principalul avantaj asupra curbelor Bézier.

În această privință au existat și alte păreri. Barsky (Bartels, Beatty și Barsky, 1988)[7] susține că o comparație între curbele Bézier și B-spline nu este concludentă, deoarece nu se compară lucruri de același fel ci un singur segment de curbă Bézier (care poate avea setul de vârfuri de control extins și gradul curbei ridicat) cu o curbă B-spline compusă. Un singur segment de curbă Bézier este supus unui control global deoarece mutând un punct de control afectează întreaga curbă. Într-o curbă compusă B-spline, mutarea unui punct de control afectează numai câteva segmente de curbă. Comparația ar trebui făcută între curbe Bézier multisegment și curbe B-spline. Diferența este că, pentru a menține continuitatea segmentelor Bézier, deplasarea punctelor de control trebuie să satisfacă restricțiile impuse, pe când punctele de control ale unei curbe B-spline pot fi mutate în orice fel.

O curbă B-spline prezintă continuitate pozițională și continuitate a derivatelor de ordinul întâi și doi ( $C^2$ ), deoarece și funcțiile de bază sunt ele însele polinoame de clasă  $C^2$ . O combinație liniară de astfel de funcții de bază va fi de asemenea continuă  $C^2$ . Se definește întregul set de segmente ca și o curbă B-spline în  $u$ :

$$Q(u) = \sum_{i=0}^m P_i \cdot B_i(u)$$

În această notație,  $i$  reprezintă indicii punctelor de control care nu sunt locale, iar  $u$  este un parametru global ce va fi analizat mai pe larg în subcapitolul următor.

#### 3.2.4.1 Curbele B-spline uniforme

Ecuția (2.2) arată că fiecare segment dintr-o curbă B-spline este definit prin patru funcții de bază și patru muchii de control. Din acest motiv există trei funcții de bază și trei muchii de control în plus față de numărul de segmente.

Valoarea lui  $u$  în punctul de unire a două segmente se numește **valoare de nod**, iar faptul că o curbă B-spline este uniformă înseamnă că nodurile sunt plasate la intervale egale ale parametrului  $u$ .

Figura 3.32 prezintă o curbă B-spline definită prin șase varfuri sau puncte de control:  $P_0, P_1, \dots, P_5$ . Se observă de asemenea efectul modificării gradului polinoamelor, curbele fiind prezentate pentru gradele 2, 3 și 4. În general ne interesează cubicele, iar aceasta este o curbă formată din trei segmente cu capătul din stânga al lui  $Q_3$  lângă  $P_0$  și capătul din dreapta al lui  $Q_5$  lângă  $P_5$ . Astfel se observă că o curbă B-spline uniformă nu interpoalează în general punctele de control din capete, spre deosebire de o curbă Bézier.

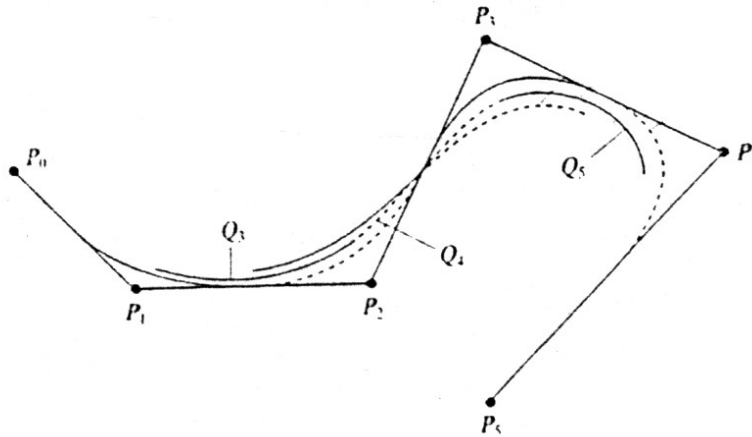


Fig. 3.32 - O curbă cubică B-spline formată din trei segmente, definită prin șase puncte de control. (Curbele sunt de gradul 2, 3, respectiv 4)

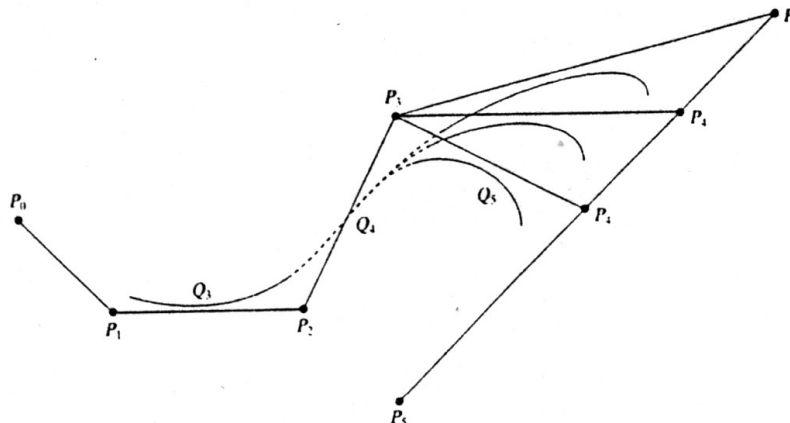


Fig. 3.33 - Demonstrarea proprietății de "localizare" a curbelor B-spline

Prin notații avem următoarea organizare:

$Q_3$  este definit prin  $P_0P_1P_2P_3$  care sunt trasate cu  $B_0B_1B_2B_3$ .

$Q_4$  este definit prin  $P_1P_2P_3P_4$  care sunt trasate cu  $B_1B_2B_3B_4$ .

$Q_5$  este definit prin  $P_2P_3P_4P_5$  care sunt trasate cu  $B_2B_3B_4B_5$ .

Faptul că segmentele de curbă folosesc puncte de control în comun stă la baza mecanismului prin care se menține continuitatea  $C^2$  între segmente.

Figura 3.33 arată efectul schimbării poziției punctului de control  $P_4$ . Această deplasare trage segmentul  $Q_5$  în direcția corespunzătoare și afectează, într-o mai mică măsură, segmentul  $Q_4$  (care este și el definit prin  $P_4$ ). Totuși  $Q_3$  nu este afectat, figura demonstrând importanța proprietate de efect local al curbelor B-spline. În general, un singur punct de control influențează patru segmente de curbă.

Să analizăm acum funcțiile de bază ce definesc curba. Fiecare funcție de bază este nenulă pe patru intervale succesive în care variază  $u$  (fig. 3.34). Este, de

fapt, o cubică formată la rândul ei din patru segmente. Funcția B-spline este nenulă între valorile  $u_i, u_{i+1}, \dots, u_{i+4}$  și centrată în  $u_{i+2}$ .

Fiecare punct de control este trasat de o singură funcție de bază, și, dacă presupunem că valorile de nod sunt egal distanțate, fiecare funcție de bază este o copie sau o translată a celeilalte, iar setul de funcții de bază folosit de curba din figura 3.32 este prezentat în figura 3.35.

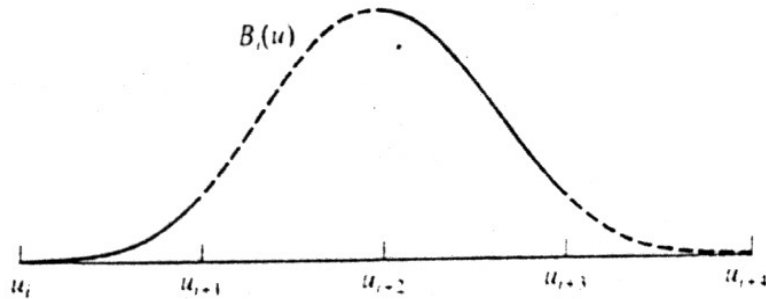


Fig. 3.34 - Funcția de bază B-spline uniformă

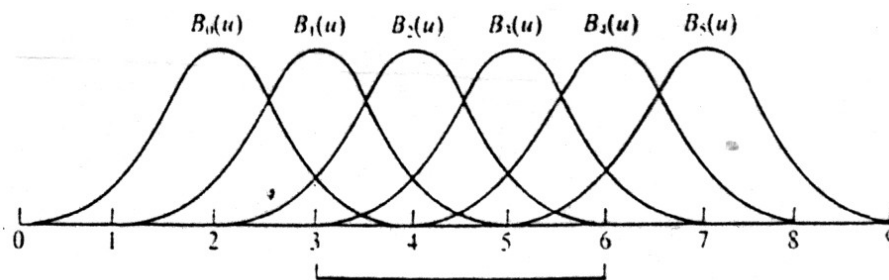


Fig. 3.35 - Cele șase funcții B-spline folosite la construirea curbei din fig. 3.32. Acestea sunt una translată a alteia.

Funcțiile de bază au suma unu pentru valorile parametrului  $u$  pentru care este definită curba, în acest caz  $u \in [3, 6]$ . O consecință este faptul că întreaga curbă B-Spline este conținută în interiorul înfășurătorii convexe a punctelor sale de control. Dacă studiem un singur segment al curbei, acesta definește un interval în care variază parametrul  $u$ ,  $[u_i, u_{i+1}]$ . Funcțiile de bază ce sunt active în al  $i$ -lea interval parametric, de la  $u_i$  la  $u_{i+1}$ , adică funcțiile ce definesc un singur segment de curbă, sunt prezentate îngroșat în figura 3.36. Aceasta dă o interpretare folositoare a comportamentului funcțiilor când  $u$  variază. În general, pentru valori ale lui  $u$  ce nu sunt valori de nod, sunt active patru funcții de bază ce au suma unu.

Când este atinsă o valoare de nod  $u = u_i$ , una din funcții este "oprită" și alta "pornită". În nod există doar trei funcții care au suma unu.

În acest moment putem afirma că o curbă B-spline este compusă din  $m-2$  segmente definite prin poziția a  $m+1$  funcții de bază peste  $m+5$  valori de nod. Astfel, în figura 3.32 avem trei segmente, șase puncte de control și șase funcții de bază peste zece valori de nod.

Să analizăm din nou figura 3.36. În intervalul parametric  $u_i \leq u \leq u_{i+1}$  evaluăm cele patru funcții,  $B_i, B_{i-1}, B_{i-2}$  și  $B_{i-3}$ , înlocuind  $0 \leq u \leq 1$  și calculând:

$$\begin{aligned}
 B_i &= 1/6 u^3 \\
 B_{i-1} &= 1/6 (-3u^3+3u^2+3u+1) \\
 B_{i-2} &= 1/6 (3u^3-6u^2+4) \\
 B_{i-3} &= 1/6 (1-u)^3
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

E important de observat că astfel se definește un singur segment din fiecare din cele patru funcții de bază B-spline în intervalul  $[0,1]$  și nu o singură funcție formată din patru segmente pe intervalul  $[0,4]$ .

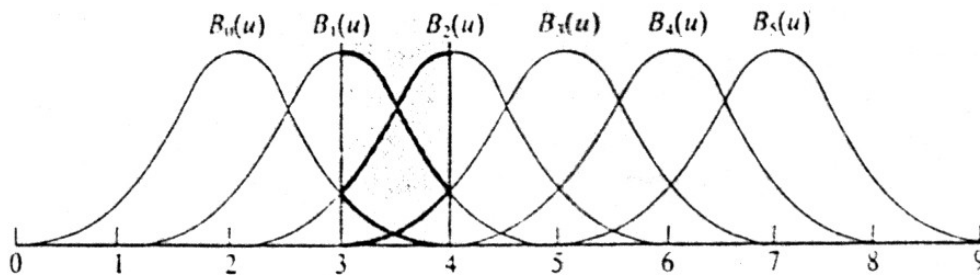


Fig. 3.36 - Cele patru funcții B-spline nenule pentru primul segment de curbă din fig.3.32

Vom lua în considerare acum muchiile de control din capete și observăm din nou că curba nu interpolează aceste puncte.

În general, o curbă B-spline nu interpolează nici un punct de control. Putem obliga o curbă B-spline să interpoleze puncte de control introducând muchii multiple. Aceasta implică o pierdere de continuitate, după cum vom vedea. Intuitiv ne putem gândi la creșterea influenței unui punct de control prin repetarea sa, curba fiind atrasă către acest punct.

Un segment este creat de funcțiile de bază prin trasarea punctelor de control. Dacă un punct de control se repetă, el va fi folosit de mai multe ori pentru evaluarea unui singur segment. O astfel de tehnică poate fi folosită pentru a face curba să interpoleze atât punctele de control intermediare cât și pe cele din capete - unde pierderea continuității ar putea să fie mai puțin semnificativă.

De exemplu, să comparăm figura 3.37 cu figura 3.32. Ultimul punct de control din exemplul din figura 3.32 este acum repetat de trei ori. Avem astfel cinci segmente, iar  $P_5$  este folosit o dată în determinarea lui  $Q_5$ , de două ori în  $Q_6$  și de trei ori în  $Q_7$ . Curba este acum definită pe intervalul  $3 \leq u \leq 8$ . În punctul  $u=8$  curba coincide cu  $P_5$ .

Figura 3.38a prezintă efectul introducerii de puncte de control intermediare multiple. În această figură  $P_3$  a fost dublat, el fiind aproape interpolat, apărând un segment în plus. Continuitatea se schimbă de la  $C^2G^2$  la  $C^2G^1$ .

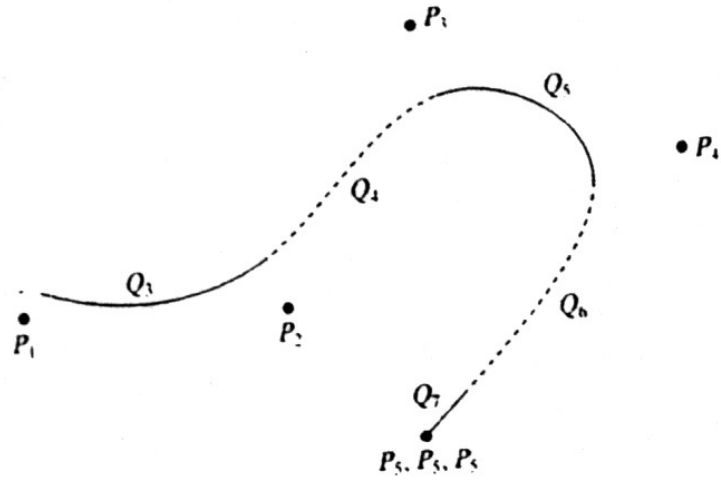


Fig. 3.37 - Efectul capetelor multiple.  $P_5$  este triplat.

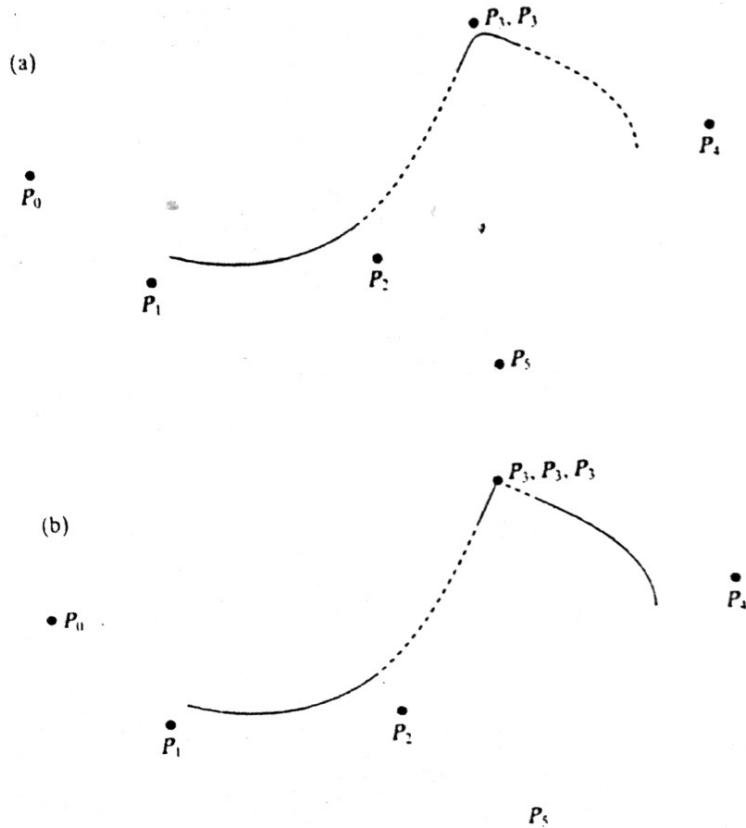


Fig. 3.38 - Efectul punctelor de control intermediare multiple.  
(a)  $P_3$  e dublat; (b)  $P_3$  e triplat

Figura 3.38b îl prezintă pe  $P_3$  triplat. De această dată curba interpolează punctul de control, devenind o linie dreaptă de fiecare parte a punctului, iar continuitatea se reduce la  $C^2G^0$ .

### 3.2.4.2 Curbe B-spline neuniforme

O curbă B-spline neuniformă este o curbă pentru care intervalele parametrice între valori de nod succesive nu sunt în mod necesar egale. Aceasta implică faptul că funcțiile de combinare nu mai sunt una translația celeilalte, ci variază de la interval la interval.

Forma cea mai întâlnită a unei curbe B-spline neuniforme este aceea în care unele intervale dintre valori de nod succesive sunt reduse la zero, prin inserarea de noduri multiple. Această facilitate este folosită pentru a interpola puncte de control (și capete și intermediare) și prezintă anumite avantaje față de metoda folosită în subcapitolul anterior - introducerea de puncte de control multiple.

În particular, un punct de control poate fi interpolat fără efectul ce a apărut la folosirea muchiilor de control multiple, și anume segmente de curbă în linie dreaptă de o parte și de alta a punctului de control. [8,112,87,130,132,135]

Să considerăm curba generată în figura 3.32. Valorile de nod pentru această curbă sunt  $u=3,4,5,6$ . În domeniul parametric  $3 \leq u \leq 6$  funcțiile de bază au suma unu. Intervalul dintre fiecare valoare de nod este 1. Dacă se folosesc valori de nod neuniforme atunci funcțiile de bază nu mai sunt aceleași pentru fiecare interval parametric, ci variază odată cu  $u$ .

În figura 3.39 sunt folosite aceleași puncte de control ca și în figura 3.32 și curba B-spline este încă formată din trei segmente. Totuși, această curbă interpolează capetele, deoarece au fost introduse noduri multiple la fiecare capăt al vectorului nod; acesta este  $[0,0,0,0,1,2,3,3,3,3]$ .

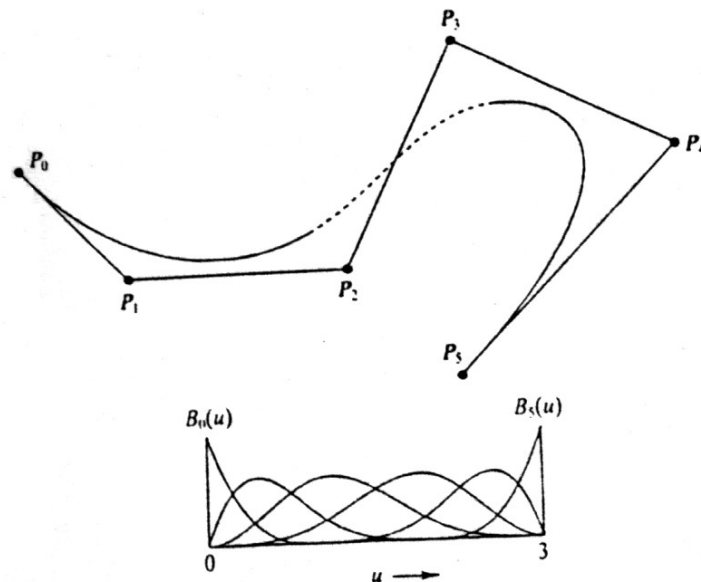


Fig. 3.39 - O curbă B-spline neuniformă ce interpolează punctele din capete folosind vectorul de nod  $[0,0,0,0,1,2,3,3,3,3]$ .

Funcțiile de bază sunt și ele prezentate în figură, iar curba are acum nouă segmente, de la  $Q_0$  la  $Q_8$ . Totuși,  $Q_0$ ,  $Q_1$  și  $Q_2$  sunt reduse la un singur punct;  $Q_3$ ,  $Q_4$  și  $Q_5$  sunt definite pe domeniul  $0 \leq u \leq 3$ ;  $Q_6$ ,  $Q_7$  și  $Q_8$  sunt de asemenea reduse la un singur punct  $u=3$ .

Un alt exemplu ce subliniază flexibilitatea unei curbe B-spline este dat în figura 3.40. Aici avem nouă puncte de control și treisprezece noduri. Vectorul de nod este  $[0,0,0,0,1,2,3,4,5,6,6,6,6]$ .

În general, un vector nod este orice secvență nedescrescătoare de valori de nod, de la  $u_0$  la  $u_{m+4}$ . După cum am văzut, valorile de nod consecutive pot fi egale, iar numărul de valori identice se numește **multiplicitatea** nodului.

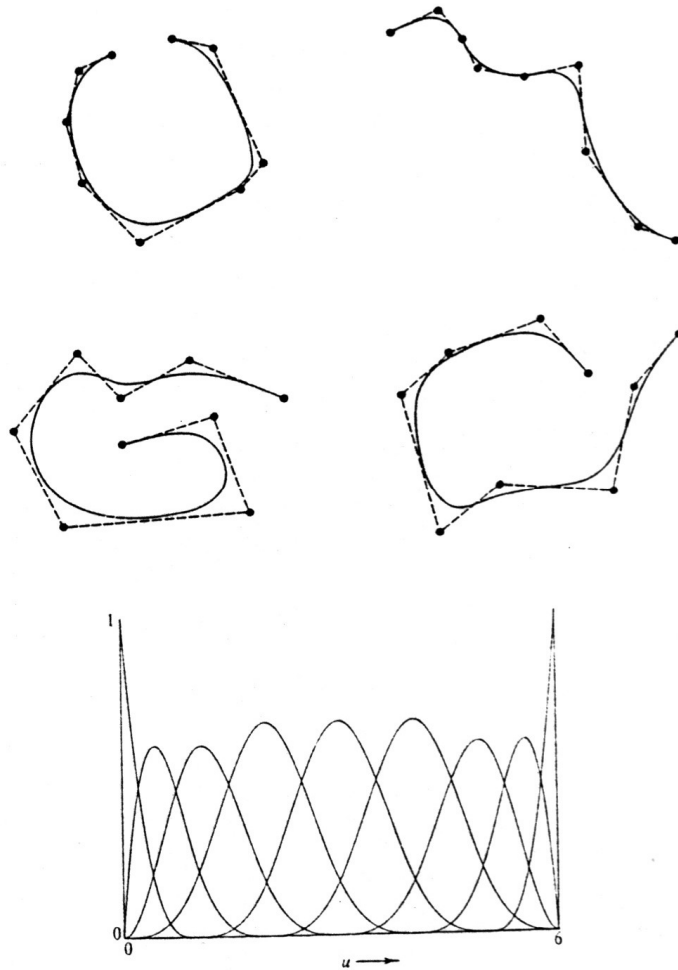


Fig. 3.40 - Exemplu de flexibilitate a curbelor B-spline.  
Vectorul nod este  $[0,0,0,0,1,2,3,4,5,6,6,6,6]$

Obligând o curbă să interpoleze capetele folosind muchii de control multiple nu obținem același efect ca și la folosirea nodurilor multiple, iar figura 3.41 prezintă ultimul punct de control  $P_5$  în exemplul nostru standard interpolat folosind odată un punct de control multiplu și odată folosind un vector nod cu multiplicitatea 4 pentru valoarea de nod finală.

Dacă folosim vectorul nod  $[0,0,0,0,1,1,1,1]$  atunci obținem un segment de curbă ce interpolează pe  $P_0$  și  $P_3$ . În acest caz funcțiile de bază sunt cele Bézier (fig.3.29), iar curba rezultantă este o curbă Bézier. Astfel vedem că o curbă Bézier este doar un caz particular de curbă B-spline neuniformă.

Efectul unui nod multiplu asupra formei funcției de bază se observă cu ușurință. De exemplu, figura 3.42a prezintă funcția de bază B-spline uniformă definită între nodurile 0,1,2,3,4.

După cum s-a explicat în subcapitolul anterior, aceasta este ea însăși formată din patru segmente polinomiale cubice definite pe domeniile date. Acestea sunt generate folosind ecuația (2.3) și traslatând fiecare segment cubic cu 0,1,2,3 și 4 unități pe  $u$ . În mod alternativ putem folosi:

$$B_0(u) = \begin{cases} b_0(u) = 1/6u^3 & 0 \leq u \leq 1 \\ b_1(u) = -1/6(3u^3 - 12u^2 + 12u - 4) & 1 \leq u \leq 2 \\ b_2(u) = 1/6(3u^3 - 24u^2 + 60u - 44) & 2 \leq u \leq 3 \\ b_3(u) = -1/6(u^3 - 12u^2 + 48u - 64) & 3 \leq u \leq 4 \end{cases}$$

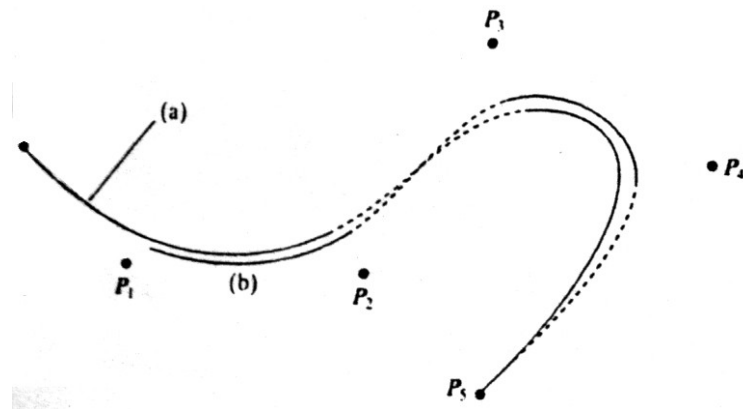


Fig. 3.41

Comparând-o cu ecuația (2.3) observăm că aceasta definește o singură funcție de bază B-spline pe domeniul  $0 \leq u \leq 4$ . Dacă dublăm al doilea nod și folosim vectorul  $[0,1,1,2,3]$ ,  $b_1(u)$  se scurtează la lungimea zero, iar funcția devine asimetrică (fig. 3.42b).



Nodul dublu elimină continuitatea derivatei a doua, dar continuitatea primei derivate rămâne.

Triplând al doilea nod folosind vectorul  $[0,1,1,1,2]$  ne dă o funcție simetrică (fig. 3.42c) care are doar o continuitate pozițională.

Multiplicând de patru ori acest nod (rezultă  $[0,1,1,1,1]$ ) se obține funcția din figura 3.42d, unde chiar și continuitatea pozițională este eliminată.

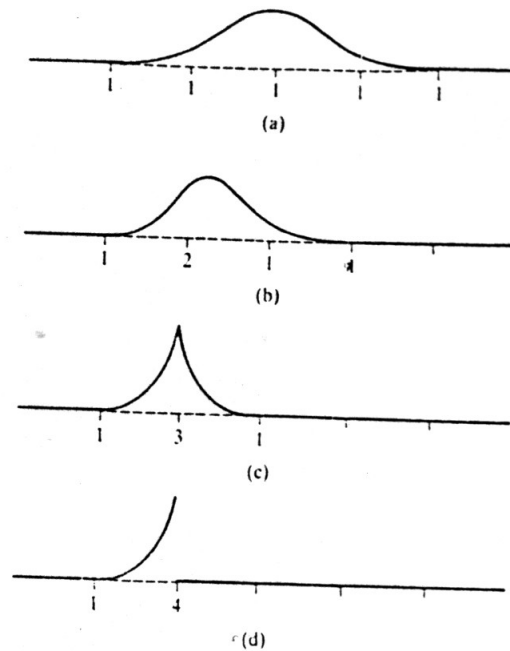


Fig. 3.42 - Efectul multiplicității nodurilor la singură funcție de bază B-spline

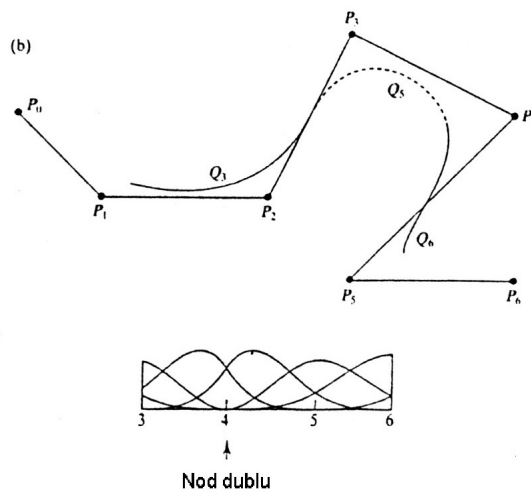
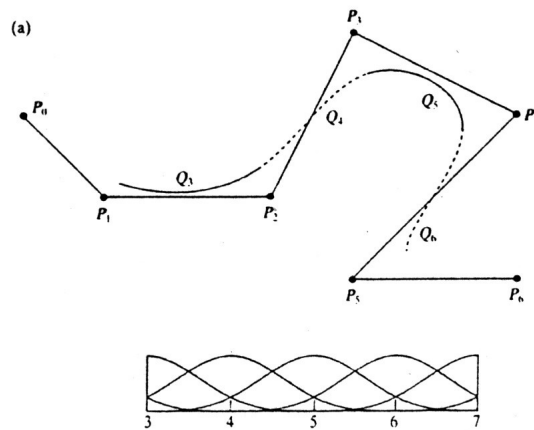
- a.  $[0,1,2,3,4]$
- b.  $[0,1,1,2,3]$
- c.  $[0,1,1,1,2]$
- d.  $[0,1,1,1,1]$

Dacă ne întoarcem acum la contextul prezentat în figura 3.39, prima funcție de bază este definită pe  $0,0,0,0,1$  și este asimetrică, neavând nici continuitate pozițională. A doua este definită pe setul de valori de nod ce conține un nod triplu -  $0,0,0,1,2$ . A treia este definită pe secvența  $0,0,1,2,3$  și este de asemenea asimetrică. În acest caz toate funcțiile sunt asimetrice; rezumând, obținem:

Vector nod	Funcție de bază
00001	$B_0$
00012	$B_1$
00123	$B_2$
01233	$B_3$
12333	$B_4$
23333	$B_5$

Mai departe putem vedea că aceste funcții de bază au suma unu pe întreg domeniul lui  $u$  și că pentru  $u=0$  și  $u=3$  singurele funcții de bază nenule sunt  $B_0$  și  $B_5$  (ambele unitare) care fac capetele să fie interpolate de către  $Q_3$  respectiv  $Q_5$ .

Vom modifica acum multiplicitatea nodurilor interioare unde problema modificărilor de continuitate devine vizibilă. Să luăm exemplul dat în figura 3.43. Acesta este același exemplu folosit în figura 3.32, cu diferența că s-a adăugat încă un punct de control pentru a obține o curbă cu patru segmente.



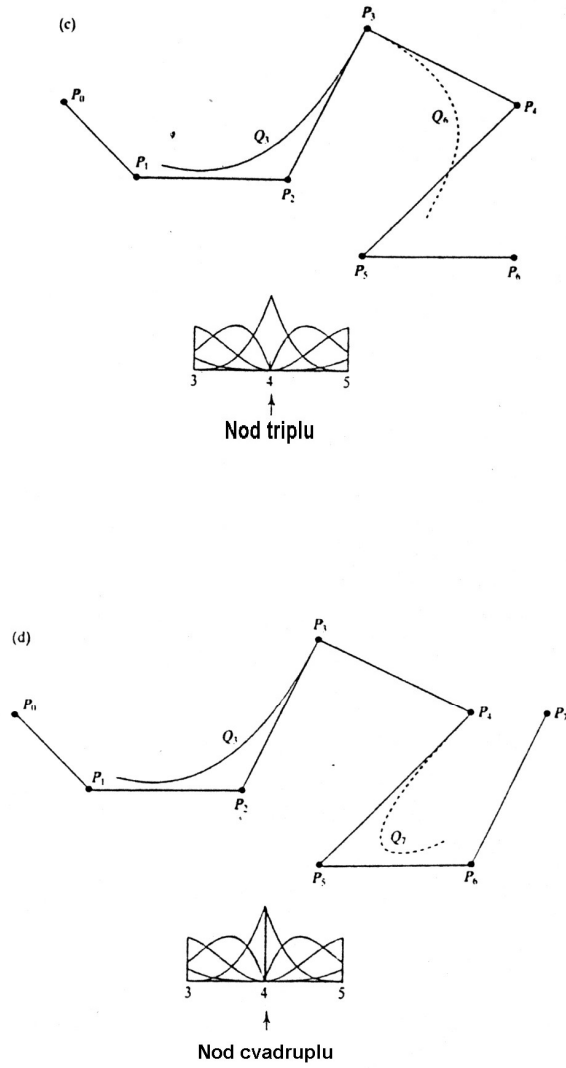


Fig. 3.43 - Efectul multiplicității nodurilor la o curbă B-spline

- a. [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]
- b. [0,1,2,3,4,4,5,6,7,8,9]
- c. [0,1,2,3,4,4,4,5,6,7,8]
- d. [0,1,2,3,4,4,4,4,5,6,7,8]

Vectorul nod este  $[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]$ , iar în figura 3.43a este prezentată curba. Figura 3.43b arată efectul introducerii unui nod dublu folosind vectorul  $[0,1,2,3,4,4,5,6,7,8,9]$ . Numărul de segmente este redus la trei;  $Q_4$  este redus la zero.

Înfășurătorile convexe ce conțin pe  $Q_3$  și  $Q_5$  se întâlnesc pe muchia  $P_2P_3$ , iar punctul de joncțiune dintre  $Q_3$  și  $Q_5$  este adus forțat pe această dreaptă.

În figura 3.43c este introdus un nod triplu -  $[0,1,2,3,4,4,4,5,6,7,8]$ . Curba este redusă la două segmente;  $Q_4$  și  $Q_5$  sunt reduse la zero în  $P_3$ . Avem doar continuitate pozițională între  $Q_3$  și  $Q_6$ , dar segmentele aflate de o parte și de alta a punctului  $P_3$  sunt curbe. Aceasta ar trebui comparată cu figura 3.38, realizată cu un vârf de control triplu. În figura 3.43d este introdus un nod cvadruplu -  $[0,1,2,3,4,4,4,4,5,6,7,8]$ .

Continuitatea pozițională este distrusă, iar curba se reduce la un singur segment. Pentru a vedea ce înseamnă acest lucru, am mai introdus un punct de control pentru a apărea încă un segment,  $Q_7$ . Există acum un spațiu între sfârșitul lui  $Q_3$  și începutul lui  $Q_7$ . Acestea nu au puncte de control comune.

Vom studia acum o metodă recursivă de generare a funcțiilor de bază sau de combinare pentru curbele B-spline neuniforme. Metoda, cunoscută și sub numele de **algoritmul Cox-deBoor** (de Boor, 1972; Cox, 1972) [17,18,37], este în mod remarcabil capabilă să genereze curbe B-spline uniforme sau neuniforme de orice grad folosind o singură formulă recursivă. Deoarece funcțiile nu mai sunt una translația celeilalte, calculele sunt mai complicate. Pentru o cubică (de gradul patru) putem defini formula recursivă în forma sa desfășurată.

Extinzând notația la o curbă B-spline pentru a include gradul ca al doilea indice, definim funcțiile de bază pentru a evalua punctul de control  $P_i$  ca  $B_{i,j}(u)$ , iar relațiile de recurență pentru o curbă B-spline cubică sunt:

$$B_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & u_i \leq u \leq u_{i+1} \\ 0 & \text{în rest} \end{cases}$$

$$B_{i,2}(u) = \frac{u-u_i}{u_{i+1}-u_i} B_{i,1}(u) + \frac{u_{i+2}-u}{u_{i+2}-u_{i+1}} B_{i+1,1}(u)$$

$$B_{i,3}(u) = \frac{u-u_i}{u_{i+2}-u_i} B_{i,2}(u) + \frac{u_{i+3}-u}{u_{i+3}-u_{i+1}} B_{i+1,2}(u)$$

$$B_{i,4}(u) = \frac{u-u_i}{u_{i+3}-u_i} B_{i,3}(u) + \frac{u_{i+4}-u}{u_{i+4}-u_{i+1}} B_{i+1,3}(u)$$

Când nodurile sunt repetate, un coeficient de 0/0 poate apărea în definiția Cox-deBoor și acesta este considerat a fi zero.

Din punct de vedere al calculului, numărătorul este întotdeauna verificat dacă e zero, iar rezultatul este pus pe zero, indiferent de valoarea numitorului.

Alegerea unui set particular de noduri în sistemele CAD comerciale ce folosesc curbele B-spline este de obicei o parte predefinită a sistemului.

### 3.2.4.3 Proprietăți ale curbelor B-spline

Unele dintre proprietățile curbelor Bézier se splică și aici. În particular:

- Curba urmărește forma poligonului de control și este obligată să stea în înfășurătoarea convexă a punctelor de control.
- Curba prezintă proprietatea diminuării variației.
- Curba este transformată aplicând orice transformare afină punctelor sale de control.
- În plus, curbele B-spline au următoarea proprietate:
  - O curbă B-spline prezintă control local - un punct de control este legat de patru segmente (în cazul unei cubice) și mutând un punct de control sunt influențate doar aceste segmente.

### 3.2.5 Suprafețe cubice biparametrice

Tratarea segmentelor de curbă cubică parametrică prezentată în subcapitolele anterioare este cu ușurință generalizată la porțiunile de suprafață cubică biparametrică. Un punct de pe porțiunea de suprafață este dat printr-o funcție biparametrică, iar un set de funcții de bază sau de combinare este folosit pentru fiecare parametru. [8,29,30,135,115,117,75]

O suprafață cubică Bézier e definită astfel:

$$Q(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 P_{ij} \cdot B_i(u) \cdot B_j(v)$$

Matematic, suprafețele tridimensionale sunt generate prin produsul cartezian a două curbe. O suprafață Bézier și punctele sale de control sunt prezentate în figura 3.44, unde suprafețele sunt afișate folosind linii izoparametrice. Cele șaisprezece puncte de control formează un poliedru caracteristic, și aceasta aduce relația la forma suprafeței așa cum o făcea poligonul caracteristic pentru segmentul de curbă. Din figura 3.44a se observă intuitiv că doisprezece din punctele de control sunt asociate cu marginile petecului de suprafață (patru din ele specificând punctele din capăt), iar cele patru puncte din mijloc specifică forma interioară. Doar muchiile ce formează colțurile se află în suprafață. Proprietățile curbelor Bézier se extind și în domeniul suprafețelor. Figura 3.45 arată un petec de suprafață deformat "trăgând" de un singur punct de control. Intuirea suprafeței cu ajutorul punctelor de control și abilitatea de a asigura o continuitate de gradul întâi sunt păstrate. Petecul de suprafață e modificat aplicând câte o transformare fiecărui punct de control.

Modul în care funcționează punctele de control se poate vedea prin analogie cu curba cubică. Interpretarea geometrică este, în mod evident, mai dificilă decât în cazul curbei, iar scopul formulării Bézier este să scutească designerul de folosirea vectorilor tangenți. Formularea matematică este:

$$P(u, v) = \begin{bmatrix} u^3 & u^2 & u & 1 \end{bmatrix} \text{BPB}^T \cdot \begin{bmatrix} v^3 \\ v^2 \\ v \\ 1 \end{bmatrix}$$

unde:

$$B = \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}$$

Este instructiv să examinăm relația dintre punctele de control și vectorii derivați în colțul petecului. De exemplu, fie colțul  $u = v = 0$ . Relația între punctele de control și vectorii asociați cu muchia  $P_{00}$  este următoarea:

$$\begin{aligned} Q_u(0,0) &= 3(P_{10} - P_{00}) \\ Q_v(0,0) &= 3(P_{01} - P_{00}) \\ Q_{uv}(0,0) &= 9(P_{00} - P_{01} - P_{10} + P_{11}) \end{aligned} \quad (2.4)$$

În figura 3.46 se pot vedea acești vectori la colțul unui petec de suprafață.  $Q_u(0,0)$  este o constantă înmulțită cu vectorul tangent la  $Q(0,0)$  pe direcția parametrului  $u$ . Analog,  $Q_v(0,0)$  este multiplu al vectorului tangent pe direcția parametrului  $v$ . Derivatele mixte în fiecare punct marginal, numite uneori **vectori de răsucire**, specifică viteza de variație a vectorilor tangenți în raport cu  $u$  și  $v$ . Vectorul de răsucire este un vector normal la planul ce conține vectorii tangenți.

Analog punctelor de control ale curbelor Bézier - care am văzut că sunt o reformulare a curbelor Hermite - rețeaua de șaisprezece puncte de control este o reformulare a petecelor de suprafață Hermite, care sunt suprafețe specificate prin patru puncte marginale, opt vectori tangenți (doi la fiecare colț) și patru vectori de răsucire. În figura 3.47 sunt prezentate elementele poliedrului de control ce aparțin derivatelor. Patru perechi de puncte specifică vectorii tangenți în  $u$  în fiecare colț (două rânduri din matrice), patru perechi specifică vectorii tangenți în  $v$  (două coloane din matrice) și toate cele șaisprezece elemente specifică vectorii de răsucire.

Pentru calculul umbrelor, trebuie să calculăm anumite normale la suprafață. Una din cele mai simple metode de umbrire a unui petec este să-l împărțim în subdiviziuni până ce acestea devin aproximativ planare (această tehnică este discutată mai pe larg în acest capitol). Petecele pot fi considerate poligoane plane, aplicându-li-se apoi umbrirea Gouraud sau Phong. Normalele la muchii sunt calculate din produsul vectorial al celor doi vectori tangenți muchiei în vârf. De exemplu:

$$\begin{aligned} a &= (P_{01} - P_{00}) \\ b &= (P_{10} - P_{00}) \\ N &= a \times b \end{aligned}$$

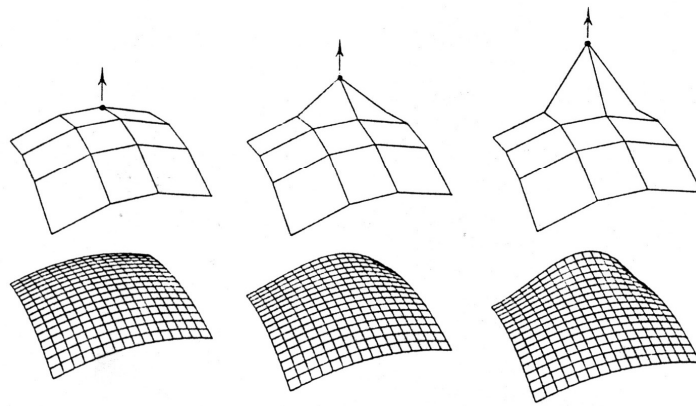
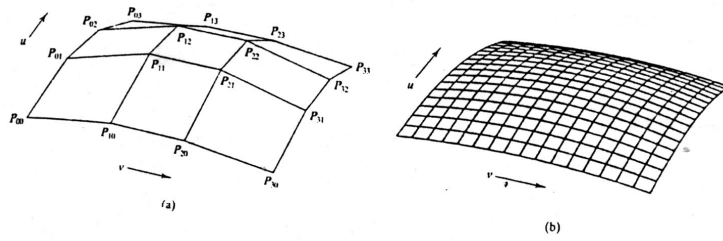


Fig. 3.44 - a. Un poliedru de control  
 b. Petecul de suprafață Bézier obținut  
 Fig. 3.45 - Efectul 'ridicării' unui punct de control

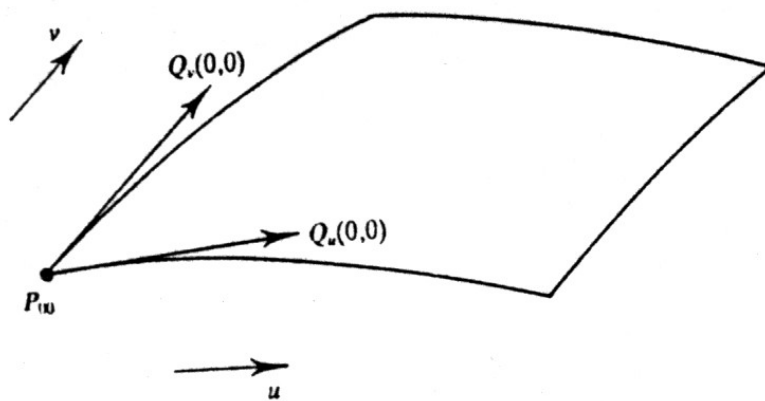


Fig. 3.46 - Vectorul tangent în  $P_{00}$

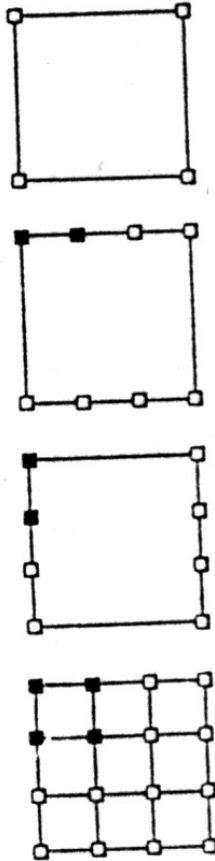


Fig. 3.47 - Elementele matricii punctelor de control

- a. Punctele din colțuri
- b. Vectorii tangenți în  $v$ : de exemplu  $Q_v(0,0)=3(P_{01}-P_{00})$
- c. Vectorii tangenți în  $u$ : de exemplu  $Q_u(0,0)=3(P_{10}-P_{00})$
- d. Vectorii de răsucire: de exemplu  $Q_{uv}(0,0)=9(P_{00}-P_{01}-P_{10}+P_{11})$

O normală poate fi calculată în orice punct al suprafeței prin produsul vectorial a două derivate parțiale  $\partial Q/\partial u$  și  $\partial Q/\partial v$ , dar calculul complet al punctelor interne din descrierea parametrică este costisitor din punct de vedere al calculelor și face posibilă apariția altor probleme (descrise mai jos). Avantajele folosirii descrierii unei suprafețe prin petece parametrică nu constă în faptul că o coordonată precisă este disponibilă pentru fiecare punct al suprafeței - costul acestei informații este în general prea mare - ci în faptul că face mult mai ușoară modelarea obiectelor.

### 3.2.5.1 Unirea petecelor de suprafață Bézier

Păstrarea continuității de gradul întâi între două petece este o generalizare a restricțiilor impuse la unirea segmentelor de curbă, abordarea cea mai ușoară fiind cea geometrică. [75,29,30,112] Figura 3.48 conține două petece,  $Q$  și  $R$ , cu o



muchie comună. Pentru a avea continuitate de gradul zero (pozițională) punem condiția:

$$Q(1,v)=R(0,v) \quad \text{pentru } 0 \leq v \leq 1$$

Această condiție implică existența unui poligon caracteristic care să conțină muchia comună a celor două petece și:

$$Q_{33}=R_{03}$$

$$Q_{30}=R_{00}$$

$$Q_{32}=R_{02}$$

$$Q_{31}=R_{01}$$

sau:

$$Q_{3i} = R_{0i} \quad i=0, \dots, 3$$

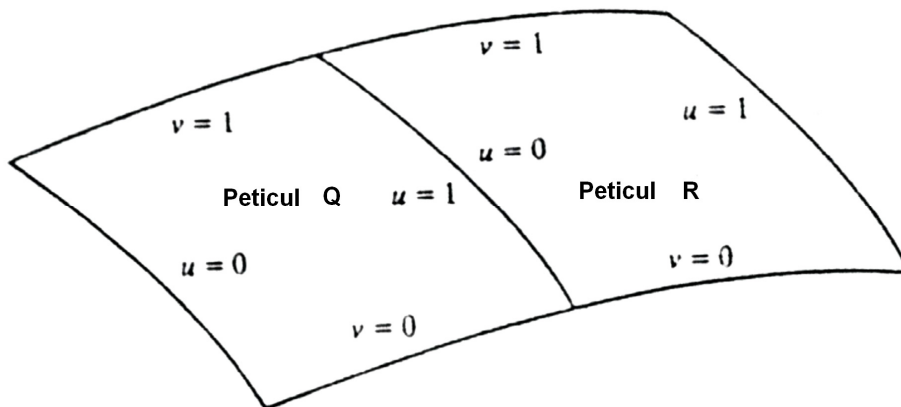


Fig. 3.48 - Conectarea a două petece

Faux și Pratt (1979) arată că, în proiectarea asistată de calculator, această restricție este gravă atunci când o suprafață compusă este construită dintr-un set de petece Bézier. De exemplu, o suprafață compusă poate fi creată pornind de la un petec și adăugând altele în jurul său.

Alăturarea a două petece pe o muchie comună implică faptul că opt dintre punctele de control ale celui de-al doilea petec sunt deja fixate, iar alăturarea unui petec la alte două deja existente presupune existența a douăsprezece puncte de control deja fixate.[53]

În 1972 Bézier găsește o altă condiție, mai puțin restrictivă; dacă impunem această restricție, în colțuri petecul va avea o continuitate pozițională dar nu și o continuitate a gradientului. Totuși, vectorii tangenți la muchiile ce se întâlnesc într-un colț trebuie să fie coplanari. Chiar și cu această flexibilitate marginală mult mai mare, încă apar probleme la designul suprafețelor compuse, o soluție fiind folosirea petecelor de grad mai mare decât trei.

Trebuie menționat faptul că petecele de suprafață dreptunghiulare cu care s-a lucrat până acum nu pot fi folosite în reprezentarea oricărei suprafețe. De exemplu, să luăm un obiect sferic; la poli, petecele dreptunghiulare trebuie să degenereze în triunghiuri. Petecele triunghiulare nu pot degenera în acest fel, ele fiind mai potrivite pentru forme complexe.

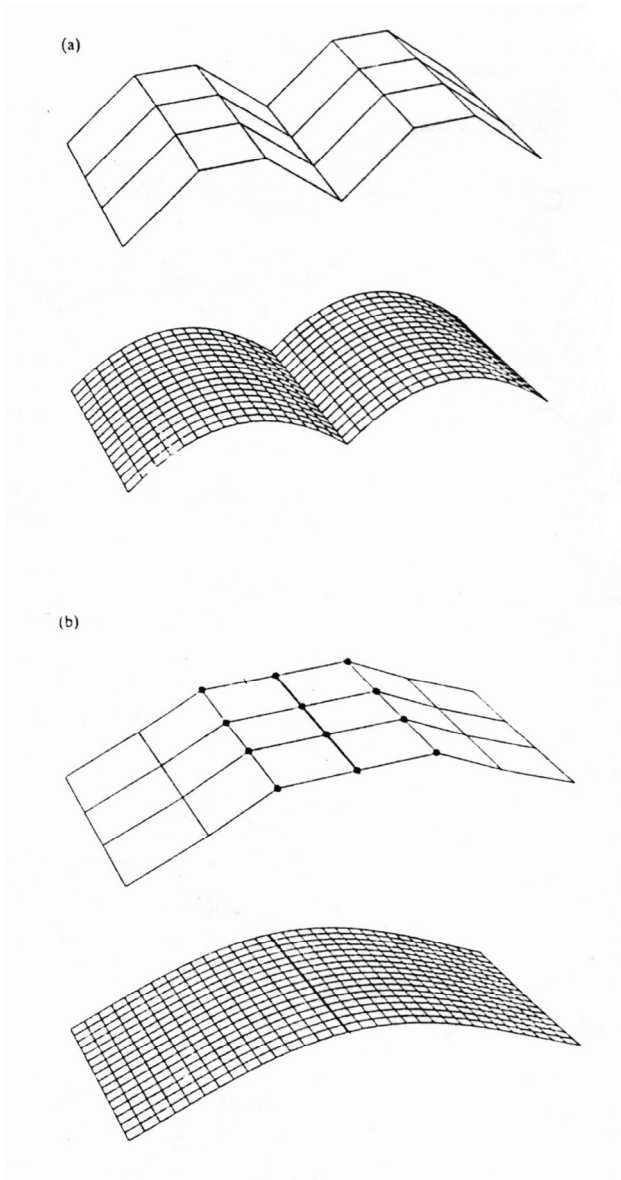


Fig. 3.49 - a. Continuitate pozițională între petece bicubice Bézier  
b. Continuitate tangențială între petece bicubice Bézier

Farin (1988) arată că principalul motiv pentru care petecele dreptunghiulare sunt predominante în sistemele CAD este faptul că prima aplicație a petecelor în designul automobilelor a fost la definirea părților exterioare ale caroseriei. Aceste părți au o geometrie rectangulară și este natural să le divizăm în dreptunghiuri mai mici și să folosim petece dreptunghiulare.[49]

### 3.2.5.2 Petece de suprafață B-spline

Pentru a forma un petec de suprafață B-spline bicubic trebuie să evaluăm:

$$Q(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{ij} \cdot B_{ij}(u, v)$$

unde  $P_{ij}$  e un șir de puncte de control, iar  $B_{i,j}(u,v)$  e o funcție de bază de două variabile. Aceasta poate fi generată din:

$$B_{i,j}(u,v) = B_i(u) \cdot B_j(v)$$

unde  $B_i(u)$  și  $B_j(v)$  sunt funcțiile cubice B-spline anterior definite. O funcție astfel formată se numește **tensorul produsului superficial (tensor product surface)**. Astfel avem

$$Q(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{ij} \cdot B_i(u) \cdot B_j(v)$$

La fel ca și la curbele B-spline, considerăm că un petec B-spline este format din mai multe segmente dreptunghiulare de petec. Avem acum două secvențe de noduri, în  $u$  și  $v$ , care luate împreună formează o grilă în spațiul parametrilor. [8,29,30,75,112]

În continuare vom folosi petece B-spline uniforme, la care grila de valori de nod prezintă intervale egale pe direcțiile parametrilor  $u$  și  $v$ .

Să luăm întâi un singur segment de petec. Vom folosi expresia "un segment de petec" pentru a descrie entitatea din spațiul biparametric analoagă unui segment de curbă din spațiul uniparametric.

Astfel, spunem că un petec de suprafață este format din mai multe segmente. În cazul unui segment de curbă B-spline era nevoie de patru puncte de control pentru a-l defini.

Extinzând în spațiul biparametric, avem nevoie de o grilă,  $P_{ij}$ , de 4x4 puncte de control pentru a forma un singur segment de petec. Aceste puncte de control sunt aranjate prin 4x4 funcții de bază de două variabile.

În figurile 3.35 și 3.36 un singur segment de curbă B-spline are nevoie de un vector de opt valori de nod,  $u_0, \dots, u_7$ .

Astfel, un singur segment de petec necesită o grilă sau o matrice de noduri de 8x8 valori (fig. 3.50). Funcțiile de bază bivariate își ating vârful în valorile de nod marcate cu un pătrat.

Să luăm un exemplu. Figura 3.51 prezintă un segment de petec B-spline determinat prin șaisprezece puncte de control, petecul fiind închis în regiunea din apropierea celor patru puncte de control centrale.

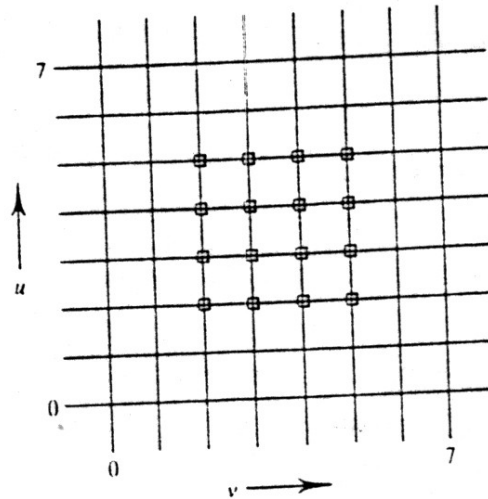


Fig. 3.50 - Cele 16 funcții B-spline bivarinate ating vârfurile în punctele prezentate în spațiul parametric

La fel ca și la curbele B-spline, care nu își interpolează punctele de control, un segment de petec B-spline nu interpolează cele patru puncte de control interioare sau vreunul din cele douăsprezece exterioare.

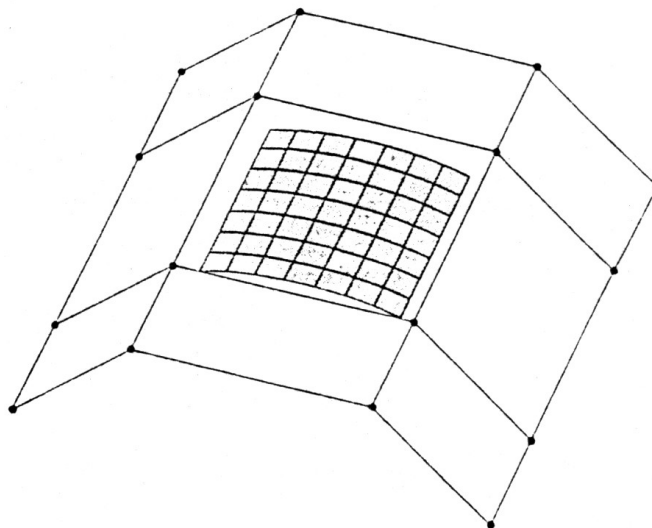


Fig. 3.51 - Un segment de petec de suprafață B-spline

Putem controla comportarea petecelor la marginile poliedrului de control folosind muchii multiple (la fel cum am controlat curbele folosind puncte finale multiple).

Aceasta se demonstrează cu ușurință luând un simplu exemplu (fig.3.52), în care am triplat un set de muchii marginale, formând o matrice de control cu douăzecișipatru de puncte. Astfel se formează un petec cu trei segmente care e atras către muchiile din margine. Se remarcă faptul că nici una din muchiile din margine nu este interpolată.

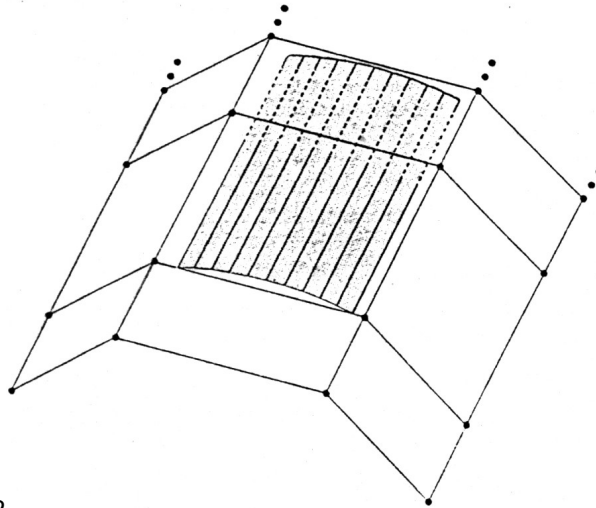


Fig. 3.52

În al doilea exemplu (fig. 3.53) am triplat două seturi de muchii marginale, din care unul este coliniar, obținând astfel un petec cu nouă segmente în care muchiile coliniare sunt interpolate. Dacă triplăm toate muchiile din margini ne rezultă o suprafață cu douăzecișicinci de segmente, care va interpola de obicei doar punctele din colțuri.

Dublarea sau triplarea punctelor de control interioare se folosește la producerea de efecte de modelare mult mai puternice decât cele disponibile pentru un petec Bézier. Un exemplu este figura 3.54, în care poliedrul de control este același ca și în exemplele anterioare, cu excepția că un punct interior a fost ridicat. Un rând și o coloană de puncte de control au fost triplate. În cazul coloanei, trei dintre muchiile de control sunt coliniare, ceea ce face ca suprafața să aibă îndoitura de-a lungul muchiei corespunzătoare din poliedrul de control. Să luăm acum rândul triplat; aici punctele nu sunt coliniare, iar efectul de îndoire este mai puțin precis. În mod evident, aceste efecte pot fi cuprinse într-un program de modelare în care rândurile și coloanele sunt triplate și toate marginile poliedrului de control sunt mutate interactiv pentru a crea sau muta o cută a suprafeței. Suprafețele cutate sunt des întâlnite, de exemplu la caroseriile autoturismelor.

### 3.2.6 Redarea suprafețelor parametrică

Algoritmii ce convertesc prin scanare suprafețe reprezentate prin petece parametrică bicubice se împart în două categorii:

- algoritmi ce redau direct din descrierea parametrică;
- algoritmi ce aproximează suprafața cu un pas poligonal și folosesc un poligon plan de conversie prin scanare pentru a reda această aproximație.

În prezent, a doua variantă este mai des folosită, fiind cea mai ușor de implementat și mai puțin costisitoare din punct de vedere al calculului. Exemplificări

ale primei metode se găsesc în cărțile lui Blinn (1978), Whitted (1979), Schweitzer și Cobb (1982) și Griffith (1984). [12,136,113] Lane *et al.* (1980) dau o descriere comparativă a acestor metode și descriu o implementare a celei de-a doua.[75]

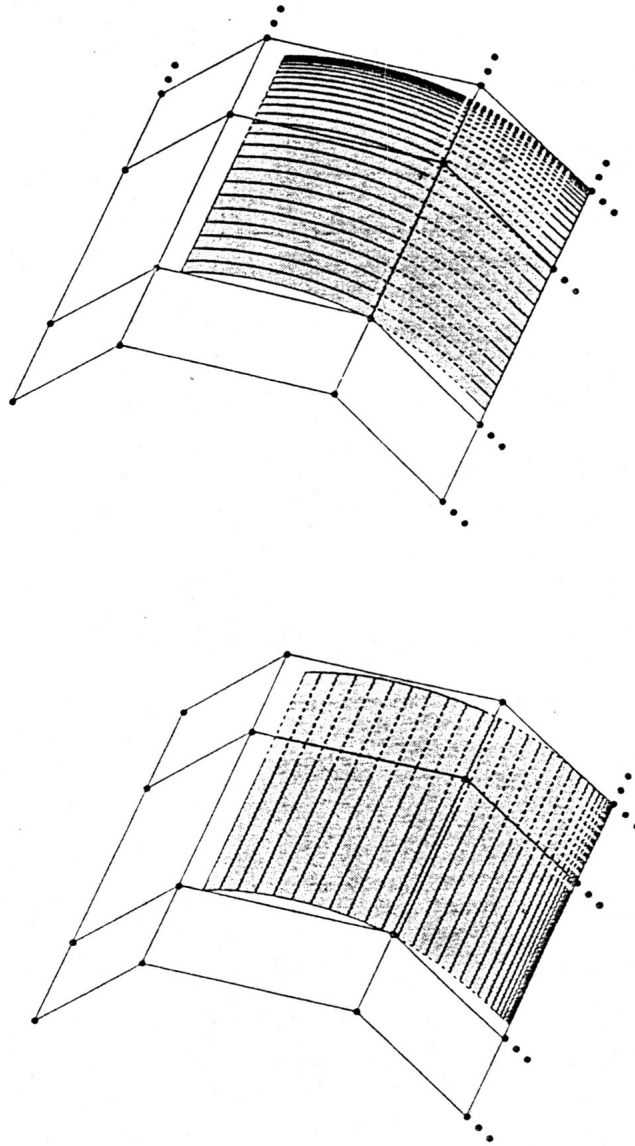


Fig. 3.53 - Un petec cu nouă segmente format prin triplarea unui rând și a unei coloane de puncte de control

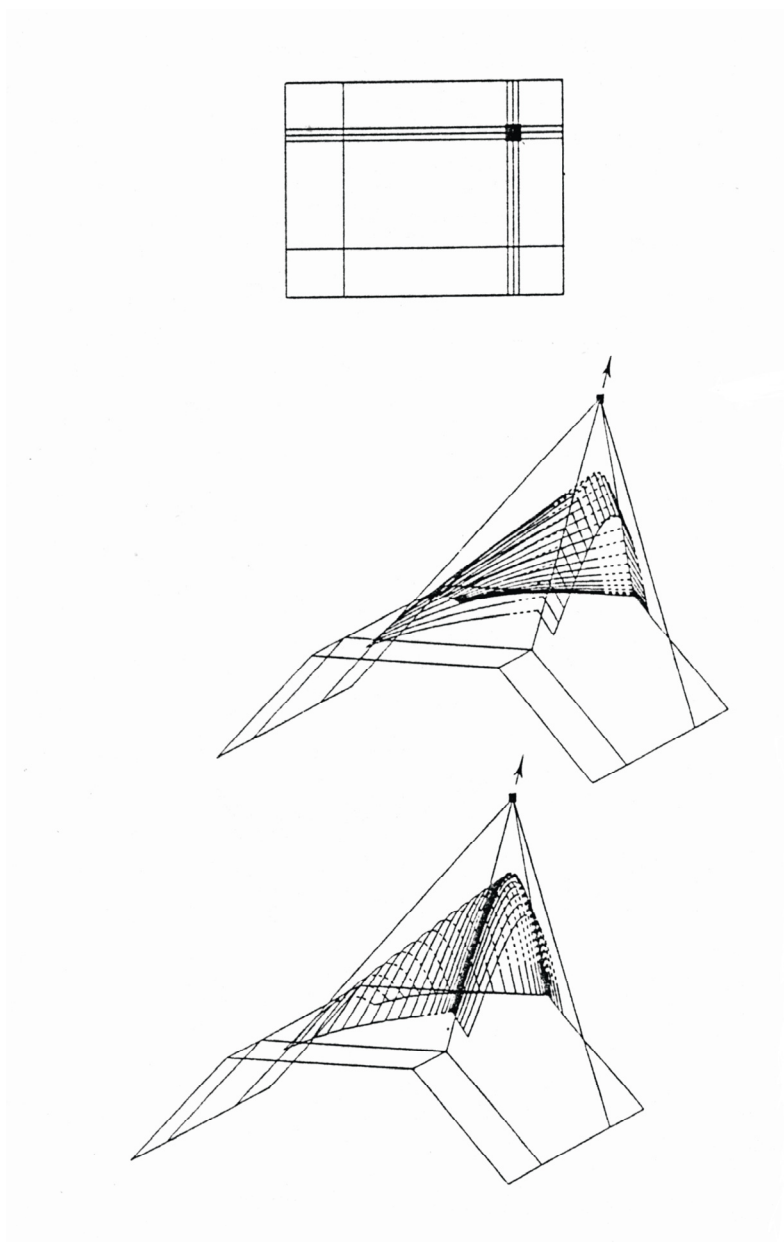


Fig. 3.54 - Triplarea punctelor de control interioare produce un petec cu denivelări. (Linii cu  $u$  constant, respectiv cu  $v$  constant)

Conversia prin scanare a suprafețelor definite parametric e dificilă, deoarece proprietățile pasului poligonal, folosit la conversia „standard”, nu sunt disponibile la petecele definite parametric. Aceste proprietăți ale poligonului folosite la conversii prin scanare simple sunt:

- coordonatele maxime și minime pe Y se obțin ușor din lista vârfurilor;

- ecuații de incrementare pot fi folosite pentru a scrie fiecare margine a poligonului ca o funcție de  $Y$ ;

- ecuații de incrementare pot fi folosite pentru a calcula adâncimea ecranului  $Z$  ca o funcție de  $X$ .

O suprafață definită parametric nu are nici una din aceste proprietăți. Coordonatele  $Y$  maxime și minime nu vor fi, în general, situate pe marginile suprafeței, iar un petec va prezenta adesea o margine siluetă. Marginile siluetă sunt dificile pentru că nu sunt neapărat marginile reale ale petecului, ci, să spunem, o parte a unei denivelări centrale ce acoperă o margine reală. La suprafețele definite parametric trebuie trasate atât marginile de frontieră cât și cele siluetă. O altă complicație apare când o margine de frontieră și o margine siluetă se intersectează. În general, în final, nici un fel de margine nu va fi monotonă pe  $X$  sau pe  $Y$ .

O suprafață definită parametric, sau un petec de suprafață, e specificată prin trei funcții de câte două variabile:

$$x = X(u,v)$$

$$y = Y(u,v)$$

$$z = Z(u,v)$$

unde atât  $u$  cât și  $v$  variază între 0 și 1. Hotarele unui petec de suprafață sunt definite de valorile  $u=0$ ,  $u=1$ ,  $v=0$  și  $v=1$ , ceea ce ne dă un petec cu patru părți.

Un mod de a privi conversia prin scanare în cazul petecelor parametrice bicubice e să o considerăm un algoritm ce operează cu curbe formate prin intersectarea planului de scanare  $XZ$  cu suprafața. În general, curba se află între două puncte de frontieră sau între un punct de frontieră și o margine siluetă. La poligoanele planare această curbă este o dreaptă, fiind necesară stocarea doar a capetelor. În cazul suprafețelor parametrice, trebuie determinate toate punctele de pe curba de intersecție.

Algoritmul lui Blinn (1978) [12] pentru o conversie prin scanare parametrică reprezintă o abordare algebrică directă și implică rezolvarea de ecuații (folosind tehnici iterative) pentru a determina intersecțiile curbelor marginale și a marginilor siluetă cu fiecare linie de scanare. Intersecția unei linii de scanare  $Y_s$  cu frontiera unui petec este dată de:

$$Y_s = Y(0,v)$$

$$Y_s = Y(1,v)$$

$$Y_s = Y(u,0)$$

$$Y_s = Y(u,1)$$

Intersecțiile cu marginile siluetă sunt date de:

$$Y_s = Y(u,v)$$

$$0 = N_z(u,v)$$

unde  $N_z$  este componenta  $z$  a normalei la petecul de suprafață. O margine siluetă e definită de acele puncte de pe suprafață în care normala la suprafață are componenta  $z$  nulă. Minimul și maximul local sunt determinate din:

$$Y_u(u,v) = 0$$

$$Y_v(u,v) = 0$$

Punctele de pe curbă între aceste puncte sunt date de:

$$Y(u,v) - Y_s = 0$$

$$X(u,v) - X_s = 0$$

Rezolvând aceste ecuații obținem un set de puncte  $(u,v)$  în spațiul parametrilor ce pot fi înlocuite în funcțiile  $X$  și  $Z$  pentru a obține valorile  $X$  și  $Z$  a marginii din planul de scanare curent. Această procedură e repetată pentru fiecare petec sau suprafață,



obținând perechi succesive de frontiere, reprezentând zonele umbrite. Pe măsură ce planul de scanare se deplasează în josul ecranului, trebuie trasate frontierele și muchiile siluetă, păstrându-se conectarea lor.

Acesta nu este un proces simplu și Blinn oferă un exemplu instructiv folosind puncte de șa. Găsirea maximului local implică adăugarea unei noi curbe de intersecție la o listă de astfel de curbe. Acestea sunt șterse în valorile minime ale lui Y. Ca efect al acestui proces obținem o partiționare a petecului de suprafață în regiuni monoton descrescătoare pe Y și cu o singură valoare în Z.

În Lane *et al.*(1980) se subliniază numeroasele probleme ale acestei abordări, dar se acceptă faptul că pentru cele mai multe suprafețe algoritmul este utilizabil.[75] Astfel, la fel ca și la conversia prin scanare a poligoanelor plane, bucla exterioară de scanare pe Y determină frontierele și muchiile siluetă, iar bucla interioară de scanare pe X completează puncte de pe curba de intersecție din planul de scanare Y. Mai departe Blinn modifică acest proces, înlocuind acuratețea cu viteza, aproximând curba de intersecție cu segmente de dreaptă.

Metodele lui Whitted, Schweitzer și Griffith sunt toate variații ale acestei abordări.[136,113]

### 3.2.7 Extinzând controlul : NURBS și $\beta$ -splines

Există două importante scheme de reprezentare a suprafețelor, care extind controlul formei dincolo de mișcarea vârfurilor de control. Acestea sunt NURBS (NeUniforme Raționale B-Splines) și  $\beta$ -splines (Beta-splines).

În cazul NURBS, un vârf de control este extins la o coordonată cvasidimensională, parametrul suplimentar fiind important deoarece permite o altă formă de control care are un efect diferit în mișcarea vârfului de control. În cel mai simplu caz al  $\beta$ -spline cu control, doi parametri globali sunt introduși și afectează întreaga curbă. Aceștia sunt "diagonalele" și "controlul" de tensiune.

#### 3.2.7.1 NURBS

O B-spline curbă neuniformă este o curbă definită într-un nod de vector (nucleu) unde distanțele între nodurile interioare nu sunt egale. De exemplu putem avea noduri interioare cu domeniul de multiplicitate mai mare ca 1 (acestea sunt distanțele între noduri de lungime 0).

Niște curbe sau suprafețe comune: cilindrii, cercuri necesită o distanțare între noduri neuniformă, iar folosința acestui tip permite o mai bună controlare a formei și abilitatea de a crea o clasă mai mare de forme.

O B-spline curbă rațională este definită de un set de puncte de control cvasidimensionale:

$$P_i^w = (w_i x_i, w_i y_i, w_i z_i, w_i)$$

Perspectiva unei hărți a acestui tip de curbă în spațiu tridimensional este numită o B-spline - curbă rațională:

$$P(u) = H \left[ \sum_{i=0}^n P_i^w B_{i,k}(u) \right]$$

$$= \frac{\sum_{i=0}^n P_i w_i B_{i,k}(u)}{\sum_{i=0}^n w_i B_{i,k}(u)}$$

$$P(u) = \sum_{i=0}^n P_i R_{i,k}(u)$$

unde

$$R_{i,k}(u) = \frac{B_{i,k}(u) w_i}{\sum_{j=0}^n B_{j,k}(u) w_j}$$

B-spline raționale au aceleași proprietăți analitice și geometrice ca și cele iraționale:

dacă  $W_i = 1$  pentru toți  $i$ ,  
atunci  $R_{i,k}(u) = B_{i,k}(u)$ .

$W_i$ -ul asociat cu fiecare punct de control sunt numite puncte de greutate și pot fi văzute ca niște parametrii suplimentari. Poate fi arătat că  $W_i$  afectează curba doar local. Dacă, de exemplu,  $W_i$  este fixat pentru toți  $j \neq i$ , o schimbare a lui  $W_i$  afectează curba doar asupra distanțelor dintre nodurile  $k$  (așa cum mutând un punct de control afectăm doar distanțele  $k$  din curbă).  $W_i$  poate fi interpretat din punct de vedere geometric ca un factor de unire. Curba tinde spre un punct de control  $P_i$  dacă  $W_i$  crește. Dacă  $W_i$  scade curba se îndepartează de punctul de control.

### 3.2.7.2 $\beta$ -splines

$\beta$ -splines sunt o formulare generalizată (Barsky și Beatty, 1983) a unor segmente de curbă B-spline.[6]

Barsky a introdus două noi grade de libertate diagonalele și segmentele de tensiune, care pot fi aplicate fie uniform întregii curbe, fie neuniform prin variația

valorilor de-a lungul curbei. Pentru valori apropiate ale diagonalelor și tensiunii, formula  $\beta$ -spline se reduce la o B-spline uniformă.

O curbă  $\beta$ -spline este definită de o secțiune de  $m-2$  segmente de curbă astfel:

$$P_i(u) = \sum_{r=-2}^1 P_{i+r} b_r(\beta_1, \beta_2, u)$$

unde  $P_i$  este un set de puncte de control  $[P_0, P_1, P_2, P_3]$   
 $0 \leq u \leq 1$   
 $i=2, \dots, m-1$

$b_r(\beta_1, \beta_2, u)$  este un polinom cubic numit funcție de bază  $\beta$ -spline de ordinul  $r$ . Micșorând prima și a doua derivată continuă ( $C^1$ ) pentru curba  $\beta$ -spline pentru a uni tangenta cu un vector al curbei continue ( $G^2$ ), Barsky dă următoarea formulă pentru valoarea funcțiilor de bază ale fiecărui segment de curbă:

$$b_{-2}(\beta_1, \beta_2, u) = (2 \frac{\beta_1^3}{\delta})(1-u)^3$$

$$\begin{aligned} b_{-1}(\beta_1, \beta_2, u) = & (\frac{1}{\delta})2\beta_1^3(u^2 - 3u + 3) \\ & + 2\beta_1^2(u^3 - 3u^2 + 2) \\ & + 2\beta_1(u^3 - 3u + 2) \\ & + \beta_2(2u^3 - 3u^2 + 1) \end{aligned}$$

$$b_0(\beta_1, \beta_2, \beta_3) = (\frac{1}{\delta})[2\beta_1^2 u^2(-u+3) + 2\beta_1 u(-u^2+3) + \beta_2 u^2(-2u+3) + 2(-u^3+1)]$$

$$b_1(\beta_1, \beta_2, u) = (2u^3)/\delta$$

unde

$$\delta = 2\beta_1^3 + 4\beta_1^2 + 4\beta_1 + \beta_2 + 2$$

Când  $\beta_1=1$  curba este nediagonalizată. Crescând  $\beta_1$  determină curba să se poziționeze pe o parte apropiind poligonul de control într-un mod nesimetric. Înlocuind  $\beta_1$  cu o valoare echivalentă determină curba să se poziționeze în modul opus.

Parametrul  $\beta_2$  afectează curba într-un mod simetric și este numit tensiune. Cum  $\beta_2$  crește, curba se apropie de poligonul de control. Când  $\beta_1=1$  și  $\beta_2=0$   $\beta$ -spline se reduce la o B-spline uniformă, cu formă cubică.

Astfel Barsky a făcut următoarea clasificare a curbelor de acest tip: nediazonalizate, netensionate  $\beta$ -Spline.

Deoarece  $\beta$ -spline este o generalizare pentru B-splines, se comportă într-un mod similar când sunt introduse multiple puncte și noduri de control.

### 3.2.8 Modelarea corpurilor cu rețele parametrice bicubice

Problemele de modelare cuprind atât realizarea unei descrieri de rețele de parametri de la 0, cât și editarea sau schimbarea formei unei descrieri deja existente. Una dintre motivațiile utilizării descrierii de suprafețe este abilitatea de a "sculpta" o suprafață deja existentă prin alterarea formei. Dacă modelarea cu o singură suprafață, de exemplu una Bézier este simplă și directă, modificări semnificative apar când avem de-a face cu mai multe suprafețe. Acest subiect reprezintă încă un domeniu de căutare și din această cauză o mare parte a subiectului nu face obiectul acestui text. Oricum, este un domeniu foarte important și îl vom acoperi astfel încât să fie cât mai bine înțeles.

#### 3.2.8.1 Potrivirea suprafețelor

Prima tehnică presupune interpolarea unui set de puncte tridimensionale cu o suprafață definită parametric. Așa cum am schițat în subcapitolul 1, facem acest lucru prin potrivirea unei rețele de curbe  $uv$  prin curbele de date. Fiecare punct este interpolat de o curbă de constante  $u$  și  $v$ . Aceste curbe sunt B-Splines interpolate prin punctele de date utilizând o tehnică standard de interpolare B-Spline. În următorul pas, curbele B-Spline sunt convertite la curbele Bézier. Această rețea de curbe este împărțită în elemente formate din 4 segmente de curbă Bézier. Aceste segmente de curbă sunt granița unei suprafețe Bézier, și dându-se acestea putem deriva punctele de control ale suprafeței. Astfel un set de puncte în spațiul tridimensional este convertit la o rețea Bézier folosind o rețea de curbe B-Spline ca intermediar.

Acum să considerăm primul pas- derivăm o rețea de curbe ce interpolează punctele de date. Problema importantă aici este că putem să nu avem nici o informație despre topologia punctelor. În interpolarea curbelor știm că aceste puncte sunt în succesiune. Aceasta este o problemă care poate fi rezolvată în context și o sugestie este dată de Watt și Watt(1992).[133]

Considerăm cazul când punctele au fost obținute dintr-un corp real și este cunoscută secvența punctelor care interpolează curbele. Acesta este un context destul de cunoscut și vom trece la al doilea pas- acela al obținerii unei rețele Bézier dintr-o rețea de curbe B-Spline.

Mai întâi trebuie să convertim curbele B-Spline în mai multe segmente de curbă Bézier. Dacă la început considerăm o singură B-Spline atunci conversia la forma Bézier este simplă și este dată de :

$$= \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 & 0 \\ 0 & 4 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 4 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_0 \\ Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{bmatrix}$$

$$[P_0 P_1 P_2 P_3] = B^{-1} B_s [Q_0 Q_1 Q_2 Q_3]$$

Unde:

P=Puncte de control Bézier  
 Q=Puncte de control B-Spline  
 B=Matricea Bézier  
 Bs=Matricea B-Spline

Observăm că schimbarea de baze poate fi folosită doar pentru B-Splines uniforme. Dacă rețeaua de curbe este formată din B-Splines neuniforme atunci conversia este continuată de o inserțiune de noduri. Acest lucru este descris cel mai bine de Watt și Watt.(1992).[133]

Pentru un multisegment de curbă B-Spline, aplicăm această formulă pentru cele mai apropiate puncte de control.

De exemplu, considerăm o curbă B-Spline formată din două segmente, definită de cinci puncte de control [Q0 Q1 Q2 Q3 Q4]. Formula conversiei se aplică de două ori pentru puntele [Q0 Q1 Q2 Q3] și [Q1 Q2 Q3 Q4].

Acum considerăm o rețea de 5x5 curbe B-Spline formate din două segmente cu punctele de control din figura 3.55a. Aplicația schemei din figura de mai sus este reprezentată în figura 3.55b.

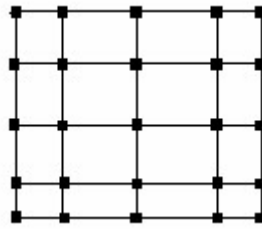
Interpretăm această figură, coloană după coloană, considerând fiecare coloană ca fiind punctul de control al unei curbe B-Spline. Fiecare coloană este convertită într-o curbă Bézier formată din două segmente. Acest fapt realizează o rețea de 7x7 curbe Bézier formate din două segmente ca în figura 3.55c.

Știm că marginea unei suprafețe Bézier este o curbă Bézier și putem interpreta liniile neîntrerupte ca marginile a patru suprafețe Bézier. Astfel am convertit o rețea de 5x5 curbe B-Spline formate din câte două segmente în 2x2 suprafețe Bézier.

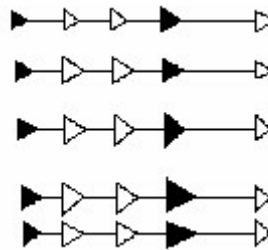
Oricum, noi doar am definit marginile pentru fiecare suprafață, aceasta însemnând că am determinat doar 12 din 16 puncte de control pentru fiecare suprafață.

Fig. 3.55  
Convertirea unei rețele de curbe B-Spline într-o suprafață Bezier (după Farin - 1990)

a. Rețea de 5x5 curbe B-Spline de două segmente.



b. Rețea de curbe convertite la 5 curbe Bezier din două segmente.



c. Rețea de curbe convertită la 7x7 curbe Bezier din două segmente formând granita a 4 curbe Bezier

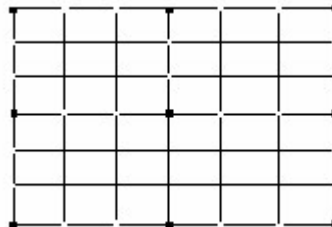
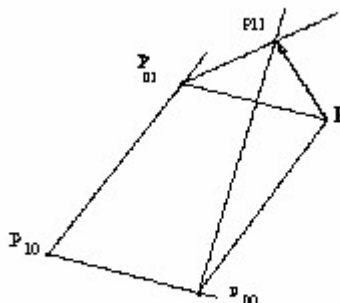


Fig. 3.56

Coeficienții de răsucire sunt proporționali cu deviația poligonului de control.



Întrebarea care se pune acum este cum să determinăm punctele de control din interior. Mai întâi luăm în considerare importanța lor redând ecuația (2.4) :

$$Q_{uv}(0,0) = 9(P_{00} - P_{01} - P_{10} + P_{11})$$

Aceasta definește întoarcerea unei suprafețe ca o derivare parțială mixtă și poate fi interpretată ca un vector ce reprezintă descrierea unui paralelipiped.

Când întoarcerea este 0 vectorul se reduce la 0 și paralelipipedul este paralelogram. Puterea intuitivă a efectului întoarcerii non-zero este dificilă.

Este mai simplu să ne uităm la semnificația geometrică când o suprafață are 0 la toate celelalte colțuri. Apoi avem o suprafață de translație când fiecare paralelipiped corespunzător poliedrului de control este un paralelogram. Paralelogramele sunt de-asemenea translația celeilalte. O astfel de suprafață este denumită suprafață de translație deoarece este generată de două curbe,  $C1(u)$  și  $C2(v)$ . Orice linie izoparametrică în  $u$  este o translație a lui  $C1$  și orice linie izoparametrică în  $v$  este o translație a lui  $C2$ . Astfel cea mai simplă soluție de estimare a celor patru puncte interioare de control este să presupunem că suprafața este una de translație și că punctele din interior sunt derivate ale celor de pe margine.

Implicația acestuia, în termeni de potrivire de suprafețe, este că curbele de pe marginea suprafeței trebuie puțin sau mai mult translatate fiecare. În orice situație practică aceasta depinde de doi factori: forma corpului și rezoluția rețelei de curbe  $uv$ .

Alte metode de determinare a întoarcerilor de suprafețe este dată de Farin(1990).[50]

### 3.2.8.2 Desenul secțiunii transversale

Desenul secțiunii transversale înseamnă construcția unui solid în formă de tub prin specificarea secțiunilor transversale consecutive la anumite intervale de-a lungul unei curbe. Începem prin afișarea unei ierarhii de posibilități ce depind de sublinierea formei. Acestea sunt:

- Axe liniare: suprafețe de revoluție(secțiuni transversale circulare) - curba rotită este o linie dreaptă.
- Axe liniare: secțiuni transversale generalizate- curba rotită este o linie dreaptă iar secțiunea transversală este asemănătoare cu o curbă parametrică.

- Axe curbe: secțiuni transversale generalizate - atât curba rotită cât și secțiunea transversală sunt curbe parametrice.

*Desenul axelor liniare: suprafețe de revoluție*

Dacă constrângem axele sau curba să fie o linie dreaptă, atunci există două posibilități. Mai întâi, suprafețele de revoluție. Aici secțiunile transversale sunt circulare și normale la axe. Variația în secțiune este controlată de o curbă de profil pe care noi o definim ca o curbă parametrică. Pentru a desena un corp utilizatorul doar definește și editează o curbă de profil. Aceasta, dacă nu este încă o curbă Bézier, este convertită la o reprezentare Bézier și divizată în elemente de rezoluție liniară. Curba se rotește în jurul axelor generând reprezentarea poligonului direct.

*Desenul axelor liniare: secțiuni transversale generalizate*

Acum considerăm cazul în care avem un segment transversal definit de o curbă de tip Bézier formată din mai multe segmente căreia i se permite să varieze proporțional cu rotirea în jurul axelor.

De exemplu, considerăm un segment de curbă cu o simetrie de patru îndoituri de rotație în jurul axelor z. Aceasta este definită de punctele de control [S0 S1 S2 S3]. Apoi considerăm că secțiunea transversală variază după o curbă Bézier  $r = r(v)$ , definită de punctele de control [R0 R1 R2 R3].

Din această descriere trebuie să avem patru suprafețe. Fiecare suprafață este generată de mișcarea secțiunii transversale de-a lungul axei z. Astfel suprafața are forma:

$$Q(u,v)=r(v)Q(u,0).$$

*Desenul axelor curbe*

Cazul general al unui solid în formă de tub este o curbă variabilă mișcată de-a lungul unui ax variabil. Chiar dacă acesta pare un caz special al metodologiei de potrivire a suprafeței, problema este unde vom genera  $uv$ .

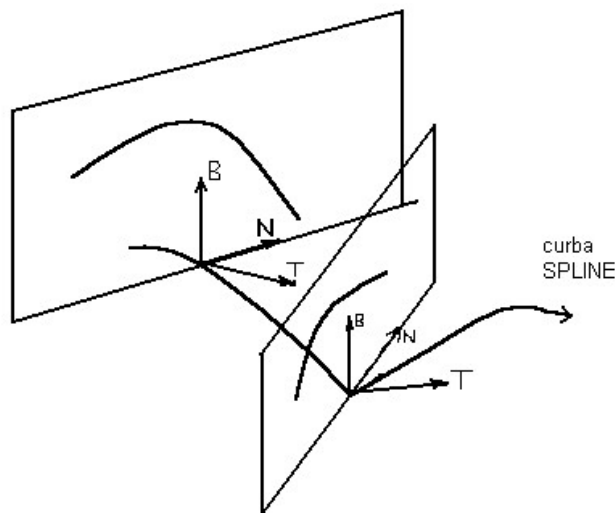


Fig. 3. 57



Considerăm figura 3.57 care arată două segmente de curbe de constante  $v$  desenate în plan definite de un sistem de coordonate pe curbă.

Curbele sunt segmente ale secțiunii transversale care sunt definite de desenatori la intervale apropiate de-a lungul axului.

Fiecare exemplu de segment de curbă definește marginea suprafeței cerute ( $v=0, v=1$ ).

Acesta definește 8 puncte de control pentru suprafață.

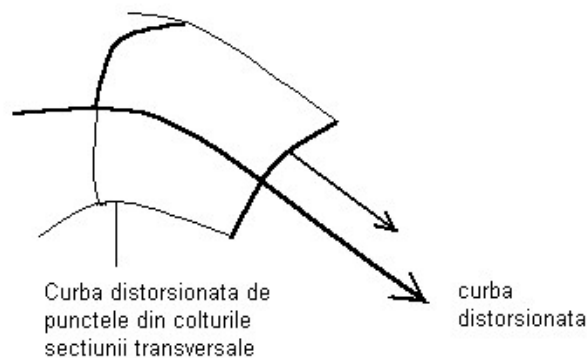


Fig. 3.58 - Problema determinării punctelor de control a unei curbe distorsionate de punctele marginale ale secțiunii transversale

Cele patru puncte de control din interior pot fi calculate pentru zero sau non-zero, așa cum am descris mai înainte. Problema este determinarea celor patru puncte ce definesc mișcarea curbei înafara punctelor de la sfârșitul segmentelor de curbă.

Deoarece secțiunea transversală a curbei variază, aceste curbe nu sunt translatare la axul curbei.

### 3.2.8.3. Desenul unui poliedru de control: tehnica de bază

Acest model de descriere cu ajutorul unei suprafețe parametrice apare în toate cărțile. Ideea este: dându-se o anumită suprafață desenatorul intervine cu un cerc care permite punctelor de control să fie mutate, iar rezultatul mutării este o suprafață nouă. Uneori este numită "formă liber-sculptată". Desenatorul poate muta unul sau mai multe puncte de control, după dorință, modelând o suprafață așa cum modelăm un corp din lut. Lăsând la o parte problema achiziționării unui sistem tridimensional care să faciliteze mișcarea punctelor de control, apar două probleme fundamentale.

Mai întâi, ce ne facem când întâlnim mai multe suprafețe, nu numai una singură? Chiar dacă desenul unei singure suprafețe se poate asocia cu un număr de

probleme practice, apar mai multe probleme când avem de-a face cu o rețea de suprafețe. Problema este că nu putem mișca punctele de control ale unei singure suprafețe fără să considerăm menținerea continuităților celorlalte suprafețe.

De exemplu dacă considerăm un corp format din suprafețe Bézier atunci un mod de mutare al punctelor de control și menținerea continuității celorlalte suprafețe este să mutăm un grup de nouă puncte ca un întreg. Aceasta automat asigură continuitatea asupra suprafeței, dar introduce anumite platouri în suprafață. Dacă mutăm punctele de control în grupuri colineare de câte trei, atunci obținem un efect de curbă în trepte, după care putem cere deformația dorită.

### 3.2.8.4. Desenul poliedrului de control: controlul fin

Cealaltă problemă ce apare este localizarea controlului. Deja am discutat aceasta cu ajutorul suprafețelor Bézier, versus B-SPLINE și acum vom considera cazul B-SPLINE în detaliu. Dificultatea se concentrează în jurul necesității de a putea varia scara deformației. Chiar dacă mișcarea unui punct de control schimbă doar acele suprafețe care le conțin, scara deformației a corpurilor în spațiu este legată de mărirea suprafețelor. Aceasta înseamnă că putem controla scara divizând suprafețele în regiuni de deformare dacă o schimbare ușoară este cerută. Aceasta este baza unei tehnici numită deformație ierarhică B-spline (Forsy și Bartels 1988).[58] Considerăm definiția unei suprafețe B-spline:

Aceasta poate fi redefinită prin inserția nodurilor în suprafață:

$$Q(u, v) = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M P_{ij} B_i(u) B_j(v)$$

Unde  $N > n$  și  $M > m$ .

Noile puncte de control sunt obținute cum au descris Forsy și Bartels. Problema este cum să aplicăm această strategie unei regiuni dintr-o suprafață ce ne interesează. Forsy și Bartels fac acest lucru prin definirea unei suprafețe minime cea mai mică secțiune a suprafeței pe care aceste puncte de control pot fi aplicate.[58,7]

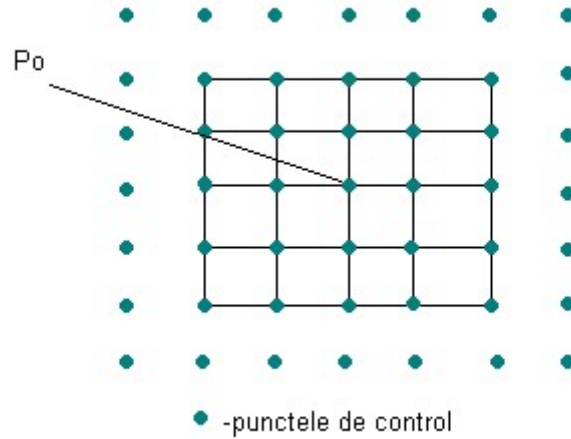
Această suprafață satisface două constrângeri:

- Mișcarea punctelor de control produce deformații care sunt localizate pe această suprafață minimală.

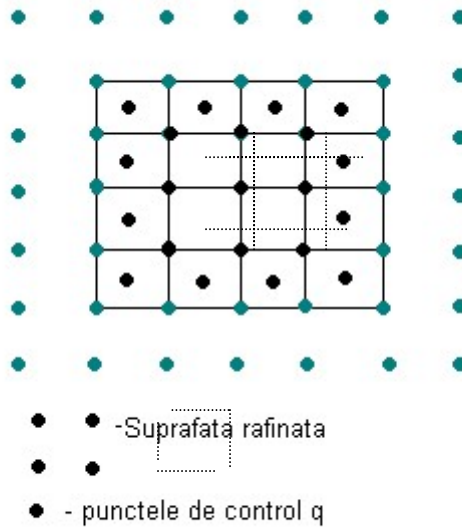
- Derivatele de la marginea suprafeței minimale rămân neschimbate.

Aceasta înseamnă că deformațiile noii suprafețe nu afectează suprafața din care s-a obținut, iar continuitatea este menținută peste tot. Motivația unei astfel de modalități de abordare este să afectăm punctele de control doar când ni se cere. Alternativa ar fi să modificăm punctele de control de pe întreaga suprafață. Acest proces poate fi repetat până obținem un rezultat satisfăcător- de aici termenul de "ierarhizare". O suprafață minimă este reprezentată de 16 suprafețe a câte  $7 \times 7$  matrici de puncte ca în figura 3.59a. Punctele de control care sunt cerute dacă cele patru suprafețe sunt extinse la 16 sunt reprezentate în figura 3.59b. Aici notăm că  $3 \times 3$  din punctele de control originale sunt împărțite pe suprafețe. O structură dinamică de date a punctelor de control este creată cu suprafața originală la

rădăcina unui arbore de puncte de control. Editarea suprafeței determină un arbore transversal, și un punct important al schemei este că traversa poate să se producă în orice direcție. Rafinamentul brut este urmat de rafinamente prime în aceeași regiune a suprafeței datorită reprezentării punctelor de control.



(a)



(b)

Fig. 3.59 - a. Suprafața minimală cu 16 puncte de control  
b. 4 suprafețe centrale extinse la 16

### 3.2.8.5 Desenul poliedrului de control: controlul brut

Acum considerăm opusul cazului anterior- controlul de calitate inferioară.

Să spunem că suntem interesați de deformarea formei, de exemplu luăm un obiect cilindric sau tubic și îl îndoim în formă de toroid.

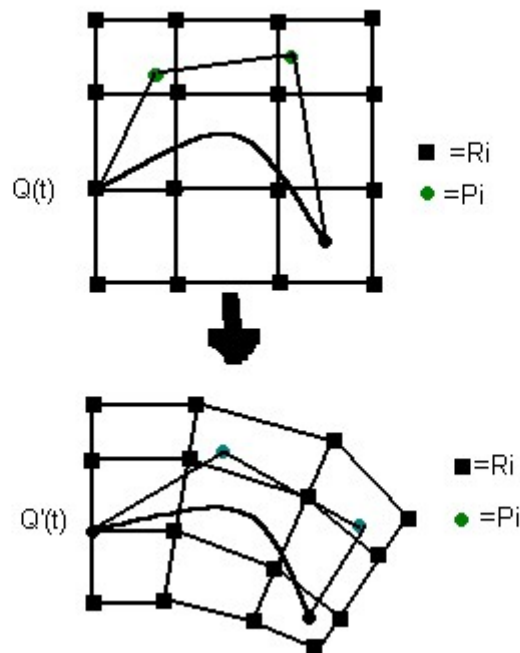


Fig. 3.60 - Distorsiunea globală a unei curbe planare

Aici trebuie să operăm asupra tuturor punctelor de control simultan.

Considerăm strategia aplicată unei curbe  $Q(t)$  definită de patru puncte de control. Mai întâi închidem curba într-un pătrat și dividem regiunea într-o rețea regulată de puncte  $R_{ij}(i=0,\dots,3;j=0,\dots,3)$  așa cum se vede în figura 3.60. Dacă considerăm pătratul un spațiu  $uv$  atunci putem scrie:

$$(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 R_{ij} B_i(u) B_j(v)$$

Comparăm identitatea cu ecuația unei suprafețe parametrice bicubică de tip Bézier. Această proprietate reiese din proprietatea de liniaritate a polinoamelor  $B_i(u)$  și  $B_j(v)$  și exprimă faptul că un set de puncte de control coplanare vor defini o suprafață plană.

Dacă grila de puncte  $R_{ij}$  este acum distorsionată în grila  $R'_{ij}$  (figura 3.60) atunci punctul  $(u,v)$  va fi reprezentat prin punctul  $(u',v')$ , astfel:

$$(u',v') = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 R'_{ij} B_i(u) B_j(v)$$

Putem folosi această ecuație să obținem un nou set de puncte de control  $P_i'$ , pentru noua curbă  $Q'(t)$ .

Aceasta este o metodă de schimbare a formei unei suprafețe globale și indirect. Acum includem curba într-o suprafață plană, distrugând suprafața prin mișcarea punctelor de control simultan cu schimbarea formei curbei.

Acum ca să extindem acest principiu ca să operăm global cu suprafețe întipărim punctele de control  $P_{ij}$ , ale suprafeței pe care dorim să o deformăm într-o hipersuprafață Bézier trivariabilă, ea însuși definită de un set de puncte de control tri-dimensionale,  $R_{ijk}$ , ce formează un cub. Astfel avem:

$$(u',v',w') = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 \sum_{k=0}^3 R'_{ijk} B_i(u) B_j(v) B_k(w)$$

Grila cubului este distorsionată global în orice mod dorim iar noile puncte de control ale suprafeței  $P_{ij}$  sunt calculate.

Un important aspect al acestei tehnici este acela că poate fi aplicată unui corp cu orice reprezentare parametrică. Astfel putem întipări suprafețele B-SPLINE într-un spațiu trivariabil Bézier.

Putem de asemenea întipări vârfurile unui poligon. Aceasta ne dă ideea oricărui punct  $x$  întipărit în volumul unei suprafețe trivariabile și care apoi este reprezentat prin  $x'$  prin distrugerea suprafeței de control a suprafeței trivariabile.

Pentru a face acest lucru avem nevoie să reprezentăm  $x$  în spațiul  $(u,v,w)$  și  $(u',v',w')$  înapoi în spațiul cartezian.

Conversiile sunt:

$$X = X_0 + uu + vv + ww$$

$X_0$  definește originea spațiului  $(u,v,w)$  unde  $u, v, w$  definesc spațiul.

$$u = u \cdot (x - x_0)$$

$$v = v \cdot (x - x_0)$$

$$w = w \cdot (x - x_0)$$

Aceste valori sunt stabilite de desenator, care poziționează unitatea cubică astfel încât corpul să fie deformat. Tehnica a fost mai întâi dezvoltată de Bézier (1972) dar cele mai multe tratări ale subiectului de grafică orientată aparțin unei

lucrări ale lui Sederberg și Perry (1986) unde tehnica este numită deformație liberă de formă (FFD).[114]

Cu ajutorul tuturor datelor prezentate în acest capitol și în capitolele anterioare, în ceea ce urmează se va studia realizarea propriu-zisă a unui manechin virtual pentru design vestimentar, care să reprezinte suportul de pornire în construcția tiparelor pentru produsele de îmbrăcăminte, prin metode mult mai rapide decât cele clasice.

## 4. MANECHINE PENTRU DESIGN VESTIMENTAR

### 4.1. Scurt istoric al evoluției formei manechinelor

Conform dicționarului, cuvântul manechin are două înțelesuri: 1. figură de lemn, de ceară, de material plastic etc., care înfățișează corpul omenesc sau o parte a lui și este folosită ca model în pictură și sculptură, ca suport pentru a proba sau a expune o haină; 2. persoana angajată de o casa de modă pentru a îmbrăca diverse obiecte vestimentare, cu scopul de a le prezenta public.

Pentru conceperea unui manechin virtual pentru design vestimentar se pot lua în considerație toate înțelesurile acestui cuvânt pe care le oferă dicționarul, iar pentru a evidenția anumite probleme legate de realizarea lui este importantă prezentarea unui scurt istoric al proporțiilor corpului uman, precum și dezvoltarea metodelor de măsurare a acestuia, deoarece ele stau la baza realizării manechinelor.



Fig. 4.1  
Manechin din împletitură



Fig. 4.2  
Manechin din sârmă

Existența manechinelor, sau mai bine zis a unor forme care serveau ca suport pentru produsele vestimentare, se pare că datează încă din Antichitate,

mărturie fiind bustul de lemn care s-a găsit în mormântul lui Tutankamon, lângă hainele acestuia.

Apoi regi și regine, asemeni faraonilor, preocupați de aspectul fizic, voiau să aibă veșmintele confecționate după măsurile corpului lor, motiv pentru care, croitorii de la curțile regale foloseau forme pentru haine, cu scopul de a evita contactul și jena regală în timpul probelor și a confecționării produselor.

Datele despre forma și modul de folosire al manechinelor din acele timpuri îndepărtate sunt foarte puține, aproape inexistente. evoluția acestor forme primitive folosite ca suport pentru haine este cunoscută doar din câteva scrieri, deoarece în nici un muzeu din lume nu s-au păstrat exemplare spre a fi studiate.

Cele mai vechi manechine despre care se știe, de prin anul 1700, sunt cele din împletituri de răchită (fig. 4.1), ele fiind probabil umplute cu piele și materiale de umplură.

Versiunea manechinelor confecționate din sârmă (fig. 4.2) a apărut cam prin anul 1800, dar ele un erau încă folosite la expunerea hainelor în magazine, ci doar pentru croitorie.

În anul 1840, la Paris, Charles Worth a devenit primul proiectant de manechine pentru vitrinele magazinelor, deoarece el putea crea figuri asemănătoare cu ale clienților săi, iar după anul 1880, străzile tot mai luminate duc la apariția a tot mai multe magazine cu vitrine care încep să-și expună produsele pe manechine.

Odată cu revoluția industrială și fabricarea produselor de serie în cantități tot mai mari și modele tot mai diversificate, proprietarii de magazine aveau nevoie de manechine pentru a afișa modelele de actualitate.

Aceste manechine timpurii au fost făcute din ceară sau din lemn acoperite cu țesătură grea, și deoarece trebuia ca ele să stea drepte s-au folosit "ghetele" din fier (fig. 4.3).[146]



Fig. 4.3 - Manechin cu ghete din fier



În anul 1930, Lester Gaba a sculptat din ghips, șase surprinzătoare manechine, pentru un magazin universal din New York. Succesul a fost atât de mare, încât fiecare dintre ele a primit câte un nume, au fost îmbrăcate cu cele mai bune haine și bijuterii, devenind cunoscute sub numele de "Gaba Girls". Manechinul preferat de Lester Gaba se pare că era unul pe nume Cynthia, un model realizat în poziție stând, cu cotul pe genunchi. Deoarece autorul a deprins obiceiul excentric de a-l plimba cu el peste tot, cu mașina, la diverse reuniuni etc., acesta i-a adus o și mai mare popularitate.

Apariția magazinelor cu vitrine tot mai mari și mai luminate, în spatele cărora manechinele sunt îmbrăcate cu modele de ultima oră pentru a atrage atenția mulțimii, au încurajat realizarea artistică a manechinelor. Astfel ele nu mai sunt doar un simplu suport pentru a expune marfa, ci acestea se dezvoltă imitând chipul omului într-un mod tot mai realist: cu păr natural, ochi de sticlă și expresie facială (fig. 4.4).[146]

În timpul celui de-al doilea război mondial, interesul pentru frumos a scăzut mult, vitrinele magazinelor devenind mai degrabă sumbre, iar manechinele de asemenea. După terminarea războiului, importanța care s-a dat manechinelor a luat avânt, acestea căpătând un aspect tot mai plăcut (cu priviri relaxate, fericite și cu un zâmbet strălucitor) și un aspect tot mai real (cu locuri perforate la nas și gură, pentru a sugera căile respiratorii).



Fig. 4.4 - Manechin cu expresie facială

Incepând cu anul 1950 apar materiale noi, iar din anul 1960 producția în masa a manechinelor descrise în amănunțime, confecționate din fibră de sticlă și apoi din materiale plastice, a devenit o realitate. Avansurile în tehnologie au continuat, așa că acum artiștii de manechine pot să realizeze orice proiect imaginabil, singura limită fiind puterea lor creatoare.

Astăzi, pe piață se găsește o gamă largă de manechine împartite pe sexe, pe vârste și chiar pe rase diferite având culori diferite, precum și pentru mai multe tipuri de produse: lenjerie intimă, ciorapi, îmbrăcăminte exterioară, căciuli etc. (fig.4.5).[150]



Fig. 4.5 - Manechine pentru vitrine

Tendința care se conturează este aceea de a crea manechine abstracte, aproape lipsite de trăsături caracteristice, care doar să sugereze corpul uman.

## 4.2. Evoluția metodelor de măsurare a corpului uman

Pentru a se putea realiza manechine pentru design vestimentar, pe lângă cunoașterea proporțiilor corpului uman este important să se cunoască modalitatea de prelevare a anumitor dimensiuni ale corpului, cu ajutorul cărora se poate întocmi un sistem de corpuri tip (corpuri a căror dimensiuni sunt stabilite prin standardele antropometrice și pentru care se execută confecționarea în serie a produselor vestimentare).

Cea mai veche modalitate de obținere a desfășuratelor plane ale componentelor îmbrăcăminte după care urma să se croiască materia primă, o reprezintă modelarea îmbrăcăminte direct pe corpul uman, tehnica cunoscută sub numele de metoda mulajelor. Metodele de croire folosite se bazau pe unități de măsură cunoscute, sau părți ale corpului omenesc. Pentru trasarea unor contururi și dimensionarea tiparelor s-a folosit mult timp metoda chirografiei, palma servind pentru trasarea liniilor de contur ale tiparelor.

Incepând cu secolul al XVIII-lea s-a simțit nevoia îmbunătățirii metodelor rudimentare de croire individuală a îmbrăcăminte, fapt care s-a concretizat în apariția unor lucrări de specialitate în care se prezenta tehnica de croire și coasere a produselor, în care se punea deja problema elaborării îmbrăcăminte pe mărimi. Astfel se poate vorbi despre o tehnica a croirii îmbrăcăminte, în sensul de construcție a formei tiparelor, pe baza măsurării corpului omenesc.

Incepând cu anul 1818, în Anglia se dezvoltă tehnica de măsurare a corpului uman pentru activitatea de confecționare a îmbrăcăminte, intuindu-se posibilitatea reducerii numărului de indicatori măsurăți și stabilirea prin calcul procentual al altora, procedeu folosit și astăzi.

Referitor la această problemă, în "Manualul croitorului Vandel" apărut la Paris în 1830 se afirma: "Schimbările corpului omenesc sunt "ghicitori" pe care croitorul nu poate să le preântampine, nici să le neglijeze, sunt dificultăți care

trebuie depășite, dar nu se poate elabora nici o regulă satisfacatoare în această direcție”. În 1839, francezul Barde, directorul almanahului “La Parisien”, se declara optimist, spunând că “se pot formula anumite reguli” pe care le enumera în publicația intitulată “Tratat enciclopedic despre arta croitoriei”.

În 1855 apare o lucrare de referințe în Germania, “Anatomia și Antropometria” a doctorului Henry Wampen, destinată pentru prima dată croitorilor. Autorul conduce studii despre corpul omenesc, pe principiile anatomiei exterioare și a matematicii, având în atenție tehnica croitorească de măsurare a corpului uman, prezentând schițe pentru diferite forme exterioare ale corpului, precum și pentru proporțiile acestuia.[54,55]

În antropometria dirijată spre satisfacerea cerințelor industriei de confecții, se măsoară indicatorii dimensionali ai corpului viu, tehnică numită somatometrie. Cercetarea formei corpului în scopul realizării produselor de îmbrăcăminte a evoluat odată cu inventarea instrumentelor necesare acestei activități. Astfel se dezvoltă metoda de măsurare directă, sau metoda clasică elaborată de antropologul elvețian R. Martin (1840- 1925). Martin a sintetizat un bogat material adunat până în 1914 de către diferiți antropologi și a elaborat o tehnică antropometrică amănunțită, indicând un instrumentar variat adecvat fiecărei prelevări în parte. Astfel pentru dimensiunile rectilinii (înălțimi, diametre, adâncimi) se folosesc: antropometrul (somatometrul) portativ Martin, sublerul antropometric, sau compasul antropometric, iar pentru dimensiunile curbilunii (perimetre, lungimi și lățimi) se folosește panglica gradată (panglica de croitorie).[21]

Cea mai spectaculoasă dezvoltare o cunosc metodele indirecte, cu toate dezavantajele pe care le prezintă unele dintre ele (cost foarte ridicat, informații insuficiente în ceea ce privesc dimensiunile curbilunii, transport greoi). Din prima generație de instalații folosite pentru măsurarea indirectă a corpului uman fac parte aparatele fotografice. Aceste metode se bazează pe fotografierea subiectului succesiv sau simultan din mai multe poziții. În generația a doua s-au dezvoltat instalații electronice de mare performanță care au rol și în identificarea mărimii la care se încadrează corpul studiat.

Datorită evoluției metodelor de măsurare a corpului uman, începând cu a doua jumătate a secolului al XVIII-lea, s-a impus dezvoltarea unor cercetări orientate spre elaborarea sistemelor de mărimi.

Cele mai vechi dimensiuni pentru standardizarea mărimilor au pornit din investigarea populației de sex feminin din colegii: în 1884 de la Colegiul Vassar din New York, în 1890 de la Universitatea Stanford din California, iar în 1903 de la Colegiul Smith din Massachusetts. În urma acestor investigații s-au obținut baze de date, dar rezultatele nu au fost valorificate satisfăcător pentru construcția îmbrăcăminte datorită neincluzării în programul anchetelor a unui număr suficient de indicatori dimensionali.

În anul 1930 s-a realizat un studiu în vederea elaborării mărimilor standardizate pentru uniformele destinate femeilor ce își desfășurau activitatea în cadrul armatei. Aceste date au fost folosite pentru elaborarea unui set de mărimi corporale care au fost oferite industriei de confecții prin Biroul Național de Standarde (SUA).

Desfășurarea cercetărilor privind introducerea sistemelor de corpuri tip, a evidențiat necesitatea revizuirii ciclice a acestora (la 10 ani, după cercetătorul Brunn), ca urmare a modificărilor care intervin în rândul populației, datorită unor factori cum sunt: diversificarea tipurilor de activități, schimbarea stilului și a regimului de viață și nu în ultimul rând modificarea idealurilor estetice.[54]

Începând cu anul 1950, elaborarea sistemelor de corpuri tip, conuscut astăzi sub numele de mărimi sau talii (size, taille) s-a extins în multe țări ale lumii înființându-se asociații și institute specializate pentru efectuarea acestor activități. Din anul 1969 Asociația Europeană a Industriei Îmbrăcăminte a propus un sistem unitar de desemnare a tipodimensiunilor, sistem preluat apoi de ISO (Organizația Internațională de Standardizare). Pe parcursul evoluției sistemelor de corpuri tip, s-a remarcat preocuparea pentru unificarea modului de simbolizare a diferitelor sisteme de mărimi, problemă care din păcate nu este rezolvată nici până în prezent.

În momentul de față, pe plan mondial, cercetările sunt canalizate atât pe problema perfecționării sistemului de corpuri tip existente, cât și pe cea a introducerii unui sistem unitar de identificare a acestora, la nivel internațional, necesar globalizării industriei de confecții. Esența acestui sistem unic constă în desemnarea variantei dimensionale (corpului tip) pentru care a fost executat produsul, printr-un cod numeric care indică valorile absolute ale dimensiunilor principale care definesc corpul tip respectiv. Astfel purtătorul își va putea compara propriile dimensiuni cu cele înscrise pe etichetă.

O altă preocupare, referitor la standardizarea mărimilor, o reprezintă stabilirea dimensiunilor pentru modelul etalon (modelul de bază pentru care se elaborează colecția). În general, fiecare producător decide care sunt dimensiunile corporale specifice, necesare modelului etalon pentru fiecare linie de produse. Astfel companiile de confecții pot schimba modelul lor etalon ca imagine, în funcție și de idealul estetic de la un moment dat, așa încât pentru același producător, mărimile pot varia, de la un an la altul, la anumite linii de produse.

În prezent, mulți designeri stabilesc mărimile modelului etalon, în funcție de dimensiunile manechinelor pe care le utilizează la prezentarea colecțiilor, manechine cu următoarele dimensiuni (considerate ca ideal estetic):

- înălțimea corpului (Ic) = 173 - 175 cm.;
- perimetrul bustului (Pb) = 88 - 90 cm.;
- perimetrul taliei (Pt) = 60 - 62 cm.;
- perimetrul șoldurilor (Ps) = 90 - 92 cm.

În contradicție cu acest ideal estetic, în septembrie a.c., pentru săptămâna modei de la Madrid, un anunț "îndrăzneț" a stârnit numeroase controverse: "Se caută manechine dolofane". Conform acestei hotărâri, la săptămâna modei de la Madrid, au absentat modele celebre precum Naomi Campbell sau Kate Moss, ceea ce a provocat reacții adverse din partea designerilor de la Paris, Tokyo și New York. Spaniolii și-au argumentat decizia susținând că imaginea manechinelor foarte slabe influențează adolescențele, care devin obsedate de propria greutate și ajung să sufere de anorexie. În ajutorul acestora au sărit imediat organizațiile de sănătate din Anglia și Germania, care doresc ca această decizie să fie adoptată unanim întrucât "Industria modei trebuie să promoveze frumusețea, iar utilizarea de manechine extrem de slabe este de natură să aducă atingerea încrederii tinerelor fete în ele însele" (Tessa Jowell, secretarul britanic al Culturii). Cu toate acestea, organizatorii "London Fashion Week" au respins această propunere, refuzând să se lipsească de prezența celor mai celebre manechine.[145]

În concluzie, aceasta modificare (dacă va avea loc), a idealul actual de frumusețe feminină, conform cerințelor enunțate atât de recent, va avea cu totul alte motive decât cele existente până acum: de schimbare a gustului estetic. Aceste criterii de modificare vor avea baza în dorința de protejare a unei imagini sănătoase pentru tânara generație.

În ultima perioadă de timp, se vehiculează tot mai mult ideea că problema standardizării corpurilor poate deveni nesemnificativă în viitor, dacă tehnologiile vor

face posibilă individualizarea corespondenței dimensionale. Introducerea sistemelor CAD/CAM a făcut posibilă și fezabilă realizarea produselor individualizate (există companii care oferă îmbrăcăminte realizată pentru clienți, pe măsurile acestora).

Deși improbabilă în viitorul apropiat, problema nestandardizării mărimilor poate fi rezolvată cu ajutorul tehnicii avansate. Timpul va decide când, unde și cu ce costuri se va amplifica realizarea industrială a produselor de îmbrăcăminte după mărimi individuale.

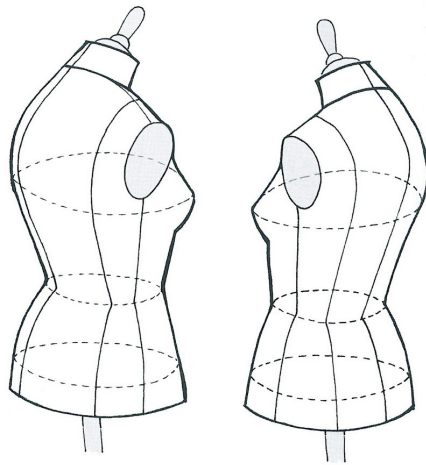


Fig. 4.6 - Manechine industriale

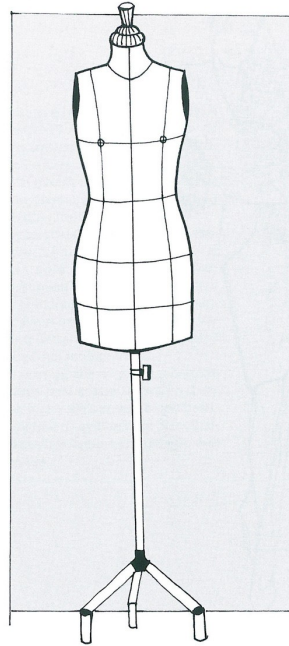


Fig. 4.7 - Manechine pentru croitorie

Perfecționarea metodelor de construcție a îmbrăcăminte, precum și evaluarea poziției pe corp a diferitelor produse impun existența unor mijloace de reprezentare spațială a formei și dimensiunilor corpului. Printre acestea un loc important îl ocupă machetele, sau manechinele corpurilor tip ce servesc la construcția tiparelor și confecționarea în serie a produselor vestimentare.

Machetele etalon ale corpului se execută pe baza sistemului de corpuri tip. Ele se execută de obicei din ghips și reprezintă trunchiul de la mijlocul coloanei cervicale, până la linia perimetrului fesier (mai jos de linia perimetrului șoldurilor). Aceste machete sculpturale au rolul de a vizualiza forma corpului și de a furniza informații cu privire la interdependența în spațiu a diferitelor puncte de pe suprafața corpului, despre configurația și curburile suprafețelor, precum și despre ținuta corpului. Pe suprafața manechinelor etalon trebuie marcate liniile de intersecție ale trunchiului cu plane situate la nivelul perimetrelor de bază.[46]

Machetele etalon stau la baza realizării manechinelor industriale (fig. 4.6).

Manechinele industriale se confecționează din materiale mai ușoare (plastic, plexiglas, carcase metalice) și sunt necesare atât verificării construcției produsului, cât și calității produsului finit. Manechinele pentru croitorie sunt asemeni manechinelor industriale (fig. 4.7). Existența manechinelor industriale elaborate pe

categorii de purtători și tipuri de produse, permite realizarea cu o precizie mai înaltă a tiparelor, asigurarea poziției corecte pe corp a produsului, ușurează munca designerului și a constructorului de tipare pentru elaborarea formei spațiale a noilor modele.

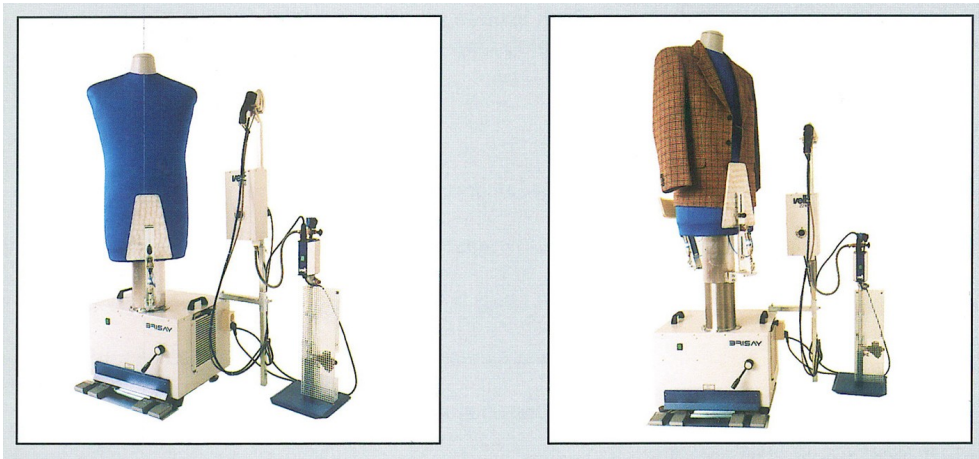


Fig. 4.8 - Prese "manechin" pentru calcat și finisat sacouri

Domeniul de utilizare a manechinelor industriale se lărgeste spre proiectarea unor utilaje pentru finisarea produselor de tipul preselor manechin (fig. 4.8), precum și pentru dezvoltarea unor metode perfecționate de obținere a tiparelor.[93,99]

### 4.3 Metodele de cercetare a formei exterioare a corpului uman

**1. Explorarea vizuală, sau somatoscopia**, constă în observarea corpului sau a unora din regiunile sale. Aceasta explorare urmărește:

- explorarea formei generale sau a unor segmente ale organismului uman.
- stabilirea tipului constituțional și morfologic.
- stabilirea simetriei diferitelor segmente ale corpului.
- observarea tegumentului, a mucoaselor, a dezvoltării țesutului subcutanat (aspect ponderal), a reliefulor osoase, vasculare, musculare.
- observarea aspectului postural al persoanelor examinate, a dinamicii unor segmente.

Explorarea vizuală a trunchiului. Toracele are o conformație specifică datorită topografiei scheletului axial și coastelor (conformație, direcție și lungime). Astfel orice modificare a celor două componente - coaste, coloană vertebrală - determină implicit afectarea formei cavității toracice. Forma toracelui se modifică în funcție de starea fiziologică, presiunea aerului în plămâni, elasticitatea coastelor, sex, vârstă etc. La nou născuți toracele are forme mai rotunjite și are baza mai mare. La bărbat toracele are diametrele transversal și antero-posterior mai mari,

datorită acțiunii masei musculare, mai bine reprezentate. La femei este mai strâmt superior și mai lat inferior.

Abdomenul are o formă variabilă, legată de conținutul abdominal și peretele abdominal. În general forma este de cilindru turtit antero-posterior. Conformația abdomenului este influențată de vârstă, sex, tip constituțional, și tip respirator. La copil abdomenul are forma unui ovoid, fiind un segment voluminos al trunchiului, având mai dezvoltată porțiunea supraombilicală. Totodată lungimea abdomenului la copil este mai mare, aceasta micșorându-se în timp. La adult abdomenul are forma unui cilindru turtit antero-posterior. El poate fi proeminent datorită țesutului adipos, abundent sau deprimat la cașectici. La bătrâni, forma abdomenului este de desagă, datorită scăderii tonusului muscular sau de țesut adipos subcutanat.

**2. Palparea manuală**, urmărește reperatele anatomice, osoase, musculare, vasculare sau viscerale ale punctelor antropometrice sau de referință.

**3. Explorarea antropometrică**, ce se efectuează cu aparatură specială pentru antropometrie, iar această tehnică oferă date precise de referință ale organismului uman în totalitate sau pe segmente.

**4. Explorarea radiologică**, fixează pe film radiologic instantanee morfofuncționale ale segmentului cercetat, ale cărui aspecte normale sau patologice se răsfrâng asupra conformației formelor externe ale corpului uman.

**5. Explorarea radioscopică**, pune în evidență cu ajutorul razelor Röntgen, componentele morfologice ale segmentului studiat.

**6. Explorarea fotocinematografică**, pune în evidență organismul sau segmentele sale din punct de vedere dinamic (mers, alergare, săritură).

**7. Explorarea holografică**, este metoda care ne oferă date tridimensionale pe o imagine spațială.

Anatomia funcțională și biomecanica aparatului locomotor, cercetează organismul uman dinamic, fiecare element fiind studiat: - în starea de repaus, în starea de relaxare=**anatomia statică**; -în diferite poziții sau posturi=**anatomia posturală**; - în timpul realizării unor mișcări ale segmentelor regiunii cercetate=**anatomia dinamică**.

Reperatele osoase și musculare, ca mijloc de orientare folosesc în antropometrie pentru cercetarea tipurilor rasiale, individuale, constituționale, în aspectul normal și patologic al părților corpului uman, vârstelor și sexului.[116]

În concluzie, cunoscând conformația anatomică a corpului uman se pot determina dimensiunile și formele produselor de îmbrăcăminte, îmbrăcămintea nefiind însă o copie fidelă a acestuia nici chiar pentru produsele care reprezintă primul strat pe corp.

Astfel dimensionarea tiparelor produselor de îmbrăcăminte se realizează pe două direcții principale: în lățime, în funcție de principalele diametre transversale cum sunt diametrul bustului, diametrul taliei și diametrul șoldului; și în lungime, în funcție de înălțimea corpului și raportul dintre diferite segmente ale corpului.

Pe diferite zone ale corpului raportul dintre forma interioară a produsului și forma corpului este diferită. La stabilirea formei și dimensiunilor interioare ale unui produs trebuie să se țină cont în primul rând de suprafața de sprijin a acestuia. Suprafața de sprijin este zona în care produsul cuprinde strâns corpul și în care este necesar să se asigure o înaltă corespondență între corp și produs pentru realizarea echilibrului produsului pe corp. În funcție de suprafața de sprijin produsele de îmbrăcăminte se grupează în două mari categorii: produse cu sprijin pe umeri, sau produse care acoperă partea superioară a corpului (bluze, rochii, sacouri, paltoane etc.) și produse cu sprijin în talie, sau care îmbracă zona inferioară a corpului (fuste și pantaloni).[24]

Îmbrăcămintea sprijinită pe talie poate avea lungimi diferite:

- până la partea superioară a coapsei (mini);
- până la nivelul genunchilor (normală);
- până la jumătatea gambei (midi);
- până la nivelul gleznei (maxi);
- până la sol (lungă).

Pentru îmbrăcămintea sprijinită pe umeri cele mai uzuale lungimi sunt până la: talie, nivelul șoldurilor, jumătatea coapsei, genunchi, jumătatea gambei, glezna piciorului și sol. Aceste lungimi sunt prezentate grafic în figura de mai jos ( fig. 4.9).

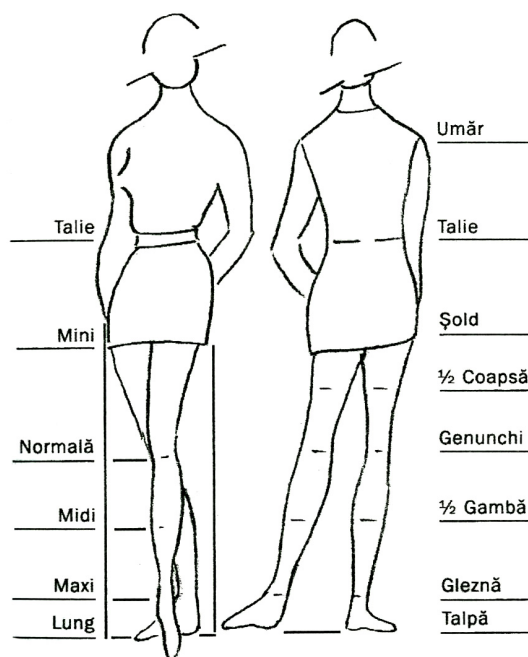


Fig. 4.9 - Lungimi pentru produse vestimentare cu sprijin pe umeri și în talie

Perfecționarea metodelor de construcție a îmbrăcămintei, precum și evaluarea poziției pe corp a diferitelor produse impun existența unor mijloace de reprezentare spațială a formei și dimensiunilor corpului, printre acestea un loc important ocupându-l machetele-manechinele corpurilor tip și respectiv ale diferitelor produse de îmbrăcămintă. Aceste machete sculpturale au rolul de a vizualiza forma corpului și de a furniza informații cu privire la interdependența în spațiu a diferitelor puncte de pe suprafața corpului, despre configurația și curburile suprafețelor și ținuta corpului.

Existența manechinelor industriale elaborate pe categorii de purtători și tipuri de produse permite realizarea cu o precizie mai înaltă a tiparelor și asigurarea poziției corecte pe corp a produsului de îmbrăcămintă.



**PARTEA a III-a**  
**CONTRIBUȚII PERSONALE**

## 5. SIMULAREA UNUI MANECHIN VIRTUAL PENTRU DESIGN VESTIMENTAR

### 5.1. Datele și dimensiunile necesare realizării unui manechin pentru design vestimentar

În ideea simulării unui manechin virtual, creat cu ajutorul computerului, trebuie neapărat să se pornească de la o documentație minuțioasă, verificată prin experimente personale.

Experimentele înseamnă, în acest caz, un număr cât mai mare de măsurători antropometrice asupra unor subiecți umani cu conformații și mărimi cât mai diverse, deoarece realizarea manechinelor pentru design vestimentar și apoi construcția tiparelor pentru diferitele produse de îmbrăcăminte să poată asigura cererea întregii piețe.

Pentru acuratețea cercetării sunt foarte importante:

- numărul (cantitatea) subiecților analizați;
- diversitatea lor antropomorfică.

În acest sens, s-a studiat un număr destul de mare de cazuri pentru conformațiile feminine, iar datele din tabelele de mai jos reprezintă media mai multor măsurători. Chiar dacă manechinul virtual simulat cu ajutorul computerului este realizat numai pentru partea de trunchi, s-au considerat ca fiind importante și măsurătorile asupra membrelor superioare și inferioare (date ce sunt trecute în tabele), deoarece astfel s-a obținut o imagine mai concludentă și în ceea ce privește proporțiile corpurilor studiate.

Studiul realizat pe femei adulte, clasifică tipurile de corpuri în trei grupe în funcție de conformație (valoarea de corpolentă medie) identificate prin literele C (corpolent), M (mediu) și A (atletic) astfel:

- tip de corp C:  $P_{\text{ș}} - P_{\text{b}} = 10$  cm. ( $P_{\text{ș}}$  este mai mare ca  $P_{\text{b}}$  cu aproximativ 10 cm.);
- tip de corp M:  $P_{\text{ș}} - P_{\text{b}} = 6$  cm. ( $P_{\text{ș}}$  este mai mare ca  $P_{\text{b}}$  cu aproximativ 6 cm.);
- tip de corp A:  $P_{\text{ș}} - P_{\text{b}} = 0$  ( $P_{\text{ș}}$  este aproape egal cu  $P_{\text{b}}$ ).

Pentru fiecare dintre cele trei grupe, înălțimea corpului este identificată astfel:

- S - scund : 160 cm (de la 156 cm până la 163 cm);
- N - normal: 168 cm (de la 164 cm până la 171 cm);

I - înalt : 176 cm (de la 172 până la 179 cm).

Studiul este realizat pentru corpurile care au înălțimea  $I_c = 160$  cm. și pentru fiecare tip de corp (C, M și A). Tabelele alcătuite cuprind și celelalte dimensiuni principale și secundare ale corpului, cu ajutorul cărora se pot construi tiparele produselor vestimentare.

Având în vedere că studiul a fost realizat cu ajutorul unui număr limitat de subiecți, s-a considerat necesar să se verifice și să se coreleze datele obținute în urma măsurărilor personale, cu datele existente în standardele antropometrice.[141] Rezultatele astfel obținute sunt trecute în tabelele următoare și stau la baza realizării manechinului virtual pentru design vestimentar.

Notațiile care s-au făcut în tabelele ce urmează sunt explicate, astfel:

Pb - perimetrul bustului; Pș - perimetrul șoldului; Pt - perimetrul taliei;  
Ic - înălțimea corpului; Lt - lungimea până în talie pe mijlocul spatelui;  
Is - lățimea spatelui; Lb - lungimea brațului (umar-pumn);  
Lex - lungimea exterioară a piciorului; Lin - lungimea interioară a piciorului.

#### Tip de corp "C":

Înălțime:  $I_c = 160$  cm

Pb=76	-80	-84	-88	-92	-96	-100	-104
Pș=88	-92	-96	-100	-104	-108	-112	-116
Pt=64	-68	-72	-76	-80	-84	-88	-92
Lt=39	-39	-39	-39	-39	-40	-40	-40
Is=34	-35	-36	-37	-38	-39	-40	-41
Lb=59	-59	-59	-59	-59	-60	-60	-60
Lex=106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106
Lin=76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76

#### Tip de corp "M"

Înălțime:  $I_c = 160$  cm

Pb=72	-76	-80	-84	-88	-92	-96	-100	-104
Pș=78	-82	-86	-90	-94	-98	-102	-106	-110
Pt=58	-60	-64	-68	-72	-76	-80	-84	-88
Lt=39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-40
Is=32	-33	-34	-35	-36	-37	-38	-39	-40
b=59	-59	-59	-59	-59	-60	-60	-60	-60
Lex=106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106
Lin=76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76

#### Tip de corp "A"

Înălțime:  $I_c = 160$  cm

Pb=72	-74	-80	-84	-88	-92	-96	-100
Pș=72	-74	-80	-84	-88	-92	-96	-98
Pt=60	-62	-62	-64	-68	-72	-76	-80
Lt=40	-40	-40	-41	-41	-41	-41	-41
Is=32	-33	-34	-35	-36	-37	-38	-39
Lb=59	-59	-59	-60	-60	-60	-60	-60
Lex=106	-106	-106	-106	-106	-106	-106	-106
Lin=77	-77	-77	-77	-77	-77	-77	-77

## 5.2. Realizarea unui manechin virtual pentru design vestimentar

Sarcina studierii unui manechin virtual este mult ușurată de existența unui program numit *Poser*<sup>1</sup>, inițial lansat de firma *MetaCreations* și actualmente aflat în proprietatea companiei californiene *Curious Labs*.

Acest produs software este relativ singular<sup>2</sup> pe piața de profil, întrucât este atât de complex și de bine realizat încât - se pare că - a descurajat concurența, cel puțin în ultimii ani.

*Poser* oferă un corp uman la proporții ideale. Se poate alege între reprezentarea ca nud, schelet sau persoană îmbrăcată, respectiv între femeie sau bărbat.

În prezentul studiu, s-a pornit de la un nud feminin, pe care *Poser* îl poate afișa într-unul dintre modurile grafice din figura 5.1.

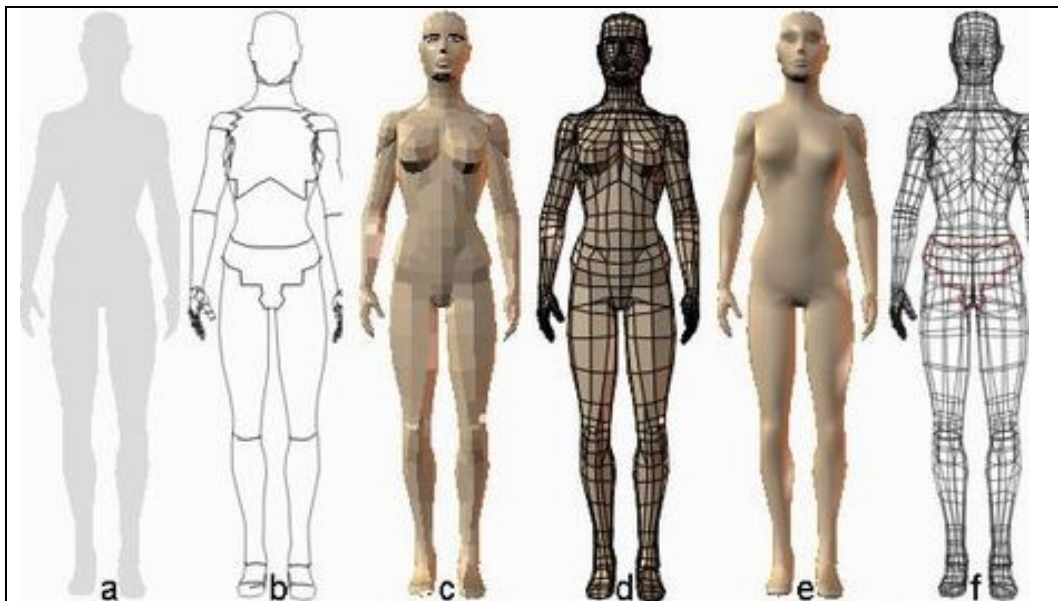


Fig. 5.1 - Moduri de afișare ale programului *Poser*

Se disting modurile:  
siluetă (a),  
contur (b),

<sup>1</sup> Programul *Poser*, aflat acum la versiunea 6.0, poate fi obținut de la adresa [http://downloads.e-frontier.com/us/user/poser\\_6\\_demo\\_product\\_12045](http://downloads.e-frontier.com/us/user/poser_6_demo_product_12045) și testat gratuit timp de 30 de zile.

<sup>2</sup> Mai există totuși și alte câteva programe, de exemplu soft-urile gratuite *DAZ Studio* și *Avimator*; oricum, diferența dintre ele și *Poser* este uriașă.

*wireframe* (d, f),  
 renderizare (randare) de calitate slabă (c) sau înaltă (e).

Întrucât, prin analogia cu clasicul manechin de croitorie, ne interesează doar partea superioară a corpului, s-a ajuns la reprezentarea din figura 5.2. În *Poser*, acest lucru se poate face selectând o anumite parte anatomică, care apoi poate fi definită ca vizibilă sau nu.

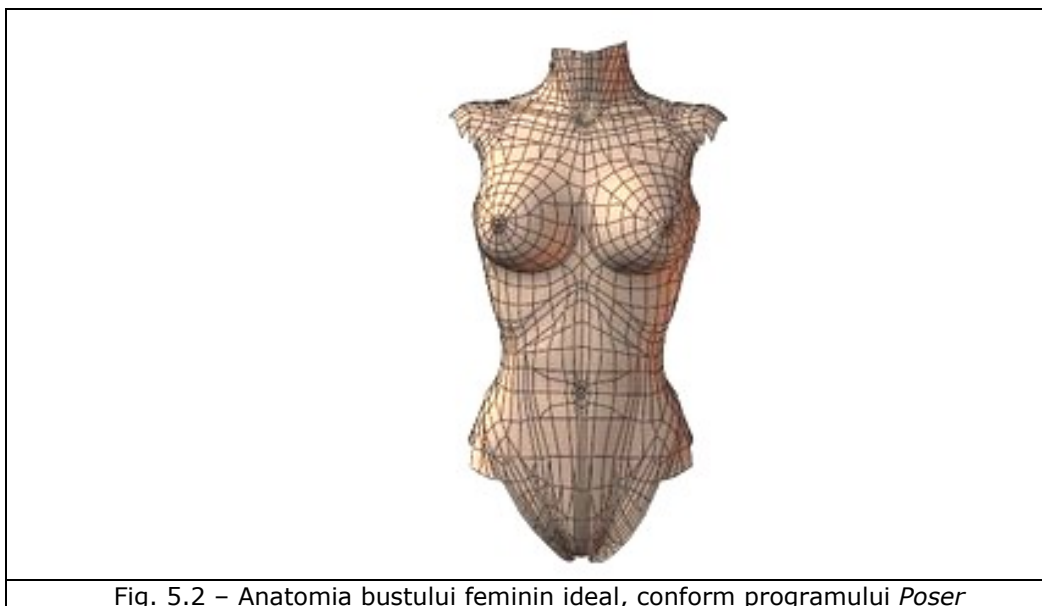


Fig. 5.2 – Anatomia bustului feminin ideal, conform programului *Poser*

Programul *Poser* permite următoarele acțiuni:

- modelarea corpului uman, prin modificarea dimensiunilor componentelor. Mai exact, modelului virtual i se pot atribui umeri lați sau înguști, bazin sau talie pe măsură etc. Se poate deforma corpul încât să se obțină orice tipologie posibilă. Se pot crea oameni grași sau slabi, cu brațe lungi sau scurte, cu burtă etc.

- modelarea posturilor. Se pot roti, translată, torsiona picioarele, brațele, gâtul, capul în absolut orice poziție, firească sau chiar imposibilă.

- „personajul” vizualizat poate fi bărbat sau femeie, sub formă nudă, îmbrăcată sau de schelet. În această ultimă reprezentare, poate fi ideal pentru studii biomecanice. În schimb, în varianta cu îmbrăcăminte, poate deveni un manechin virtual. Fiind un program atât de celebru și (relativ) unic pe piață, internetul oferă o mulțime de modele pt. *Poser*, create de amatori sau de firme specializate. Se pot găsi biblioteci de ochelari, de bijuterii, de haine sau de coafuri, altele decât cele furnizate de CD-ul de instalare al lui *Poser*. Astfel, programul este îmbogățit în permanență, prin aportul terților. *Poser* poate exporta obiectele 3D care compun corpul uman într-o varietate de formate grafice, precum RIB, 3DMF, 3DS, DXF, HAnim, OBJ, Detailer, Text, VRML, LWO, OBJ.

Acest fapt conferă o largă posibilitate de colaborare cu alte programe, care au alte capabilități decât *Poser*. Interesante sunt, în mod special, fișierele de tip 3DS (aparținătoare lui *3D Studio Max*), DXF (*AutoCAD*) și VRML.

VRML înseamnă *Virtual Reality Modeling Language* și este un format extrem de folosit în grafica 3D, încă din 1994. Motivul este că fișierele de acest tip descriu geometric obiectele în format text, deci ușor de urmărit și de editat. În plus, fișierele text se comprimă extrem de mult (în format *.zip*, de exemplu), putând fi trimise prin e-mail sau postate în internet. În figura 5.3 se poate vedea prima parte a unui astfel de cod descriptiv, referitor la abdomenul modelului care a fost creat cu *Poser*.

```

} # DEF Abdomen Shape
  DEF Chest Shape
  {
    appearance Appearance { material Material { } }
    geometry IndexedFaceSet
    {
      coord Coordinate
      {
        point
        [
          0.000256187 0.505382 0.0484137
          0.000111283 0.508593 0.049081
          0.00017713 0.519113 0.0508845
          0.000327634 0.53576 0.0529336
          0.000510163 0.547536 0.0527126
          0.000702956 0.555143 0.0507915
          0.000982811 0.563754 0.0474087
          0.00130419 0.573188 0.0438683
          0.00159887 0.581023 0.0403815
          0.00176274 0.584889 0.038531
          0.00194248
          0.5889040.0363805.....
          .....

```

Fig. 5.3 – Exemplu de fișier VRML

Acest cod-sursă, încărcat într-un program pentru VRML (cum ar fi *V-Realm Builder*, unul dintre multele programe gratuite pentru „realitatea virtuală”) va genera următoarea imagine (figura 5.4).

De remarcat aspectul dual: se poate deforma geometria unei părți a modelului fie prin modificarea codului-sursă (figura 5.3), fie interactiv, direct din programul de „realitate virtuală”, prin selectarea zonei dorite (abdomen, în exemplul prezentat în figura 5.5) și acționarea cu mouse-ul asupra fiecărui nod (vertex) – figura 5.6.

În figurile 5.4 și 5.5 se poate observa structura arborescentă, recursivă a codului (stânga), de tip *parent – child*.

În afara modificărilor geometrice, cu programele VRML se pot realiza și alterații cromatice, după cum ilustrează figura 5.7.

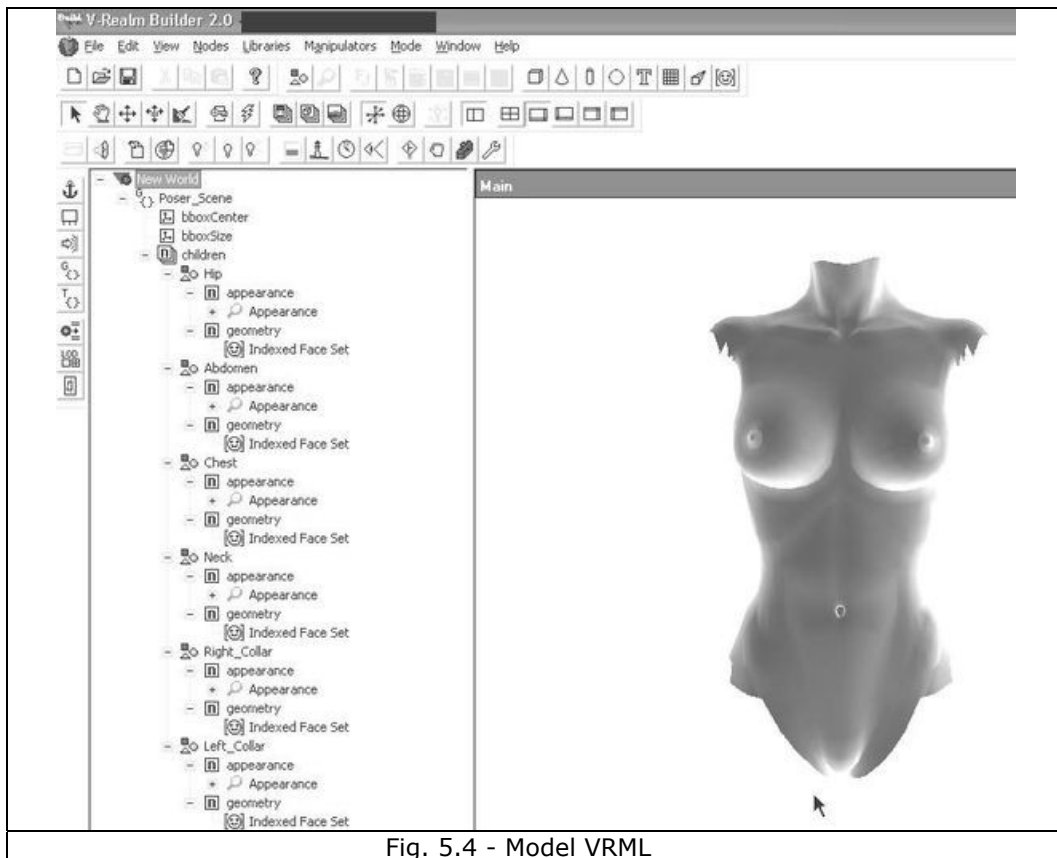


Fig. 5.4 - Model VRML

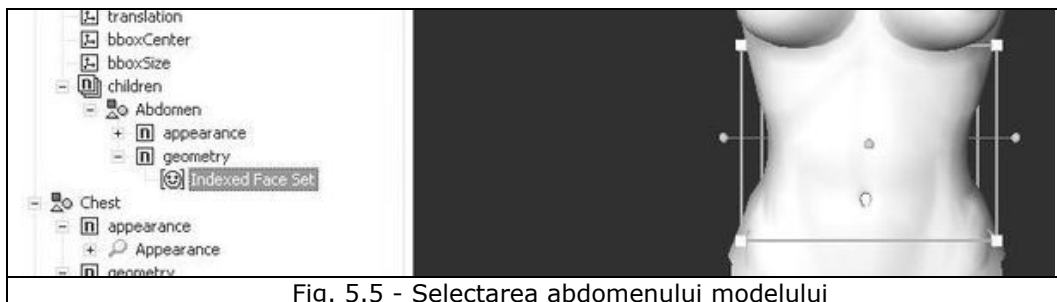


Fig. 5.5 - Selectarea abdomenului modelului

Revenind și rezumând, programul *Poser* oferă de-a gata un manechin virtual, cu proporții ideale. Acesta poate fi deformat geometric, putând emula orice tipologie umană și poate fi îmbrăcat cu articole vestimentare din biblioteci existente.

Pentru analize științifice mai complexe, aceste lucruri oferite de *Poser* nu sunt suficiente, de aceea se apelează la alte instrumente, precum cel prezentat anterior (VRML), dar mai ales la programe puternice de modelare și analiză 3D, cum ar fi *3D Studio Max*, *Rhinoceros* sau *Solid Works*.

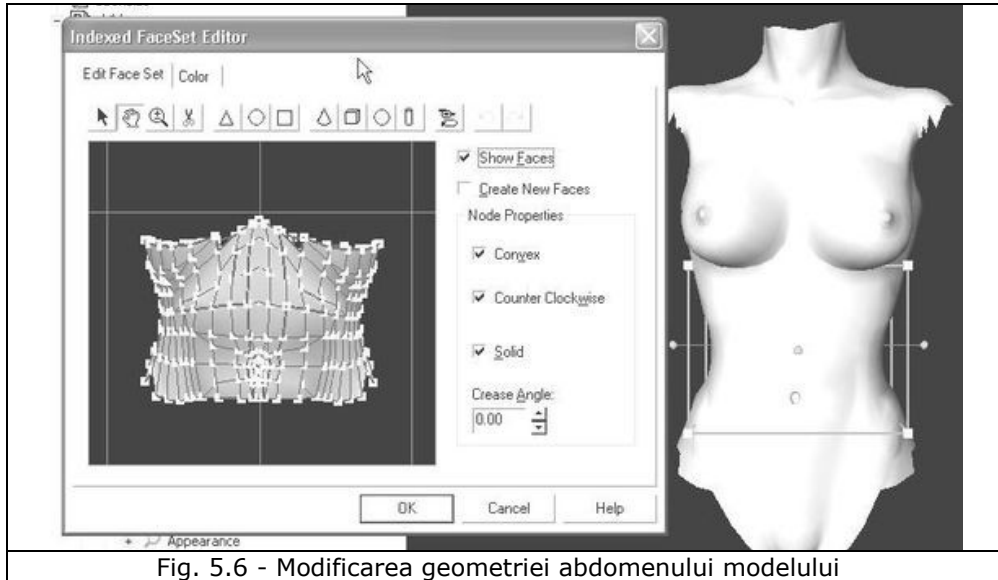


Fig. 5.6 - Modificarea geometriei abdomenului modelului

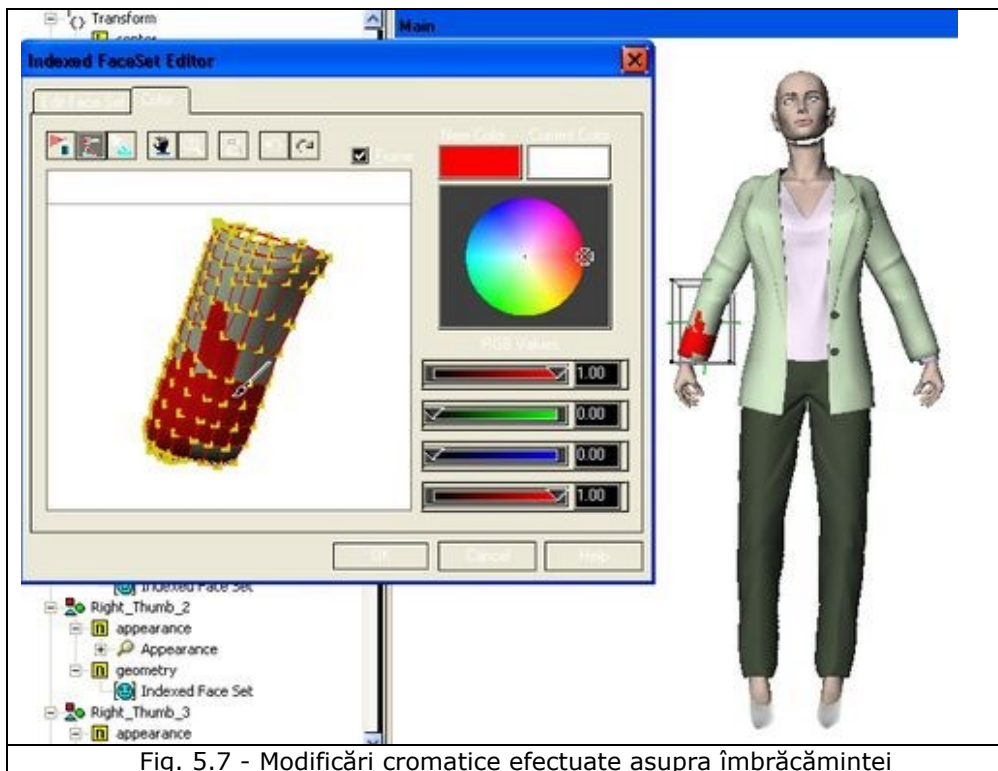


Fig. 5.7 - Modificări cromatice efectuate asupra îmbrăcămintei

*Rhinoceros* (sau *Rhino*) pare a fi cel mai prietenos din lista (minimală) de mai sus, astfel încât, în cele ce urmează, se va apela la acest program (obtenabil de la adresa [www.rhino3d.com](http://www.rhino3d.com), într-o versiune cu funcționalitate limitată în timp).



Primul pas ar fi exportarea modelului din *Poser*. S-a ales salvarea modelului cu extensia *.3ds*, specifică lui 3D Max, dar înțeleasă de majoritatea programelor 3D. Importând în *Rhino* fișierul *.3ds*, se obține imaginea din figura 5.8.

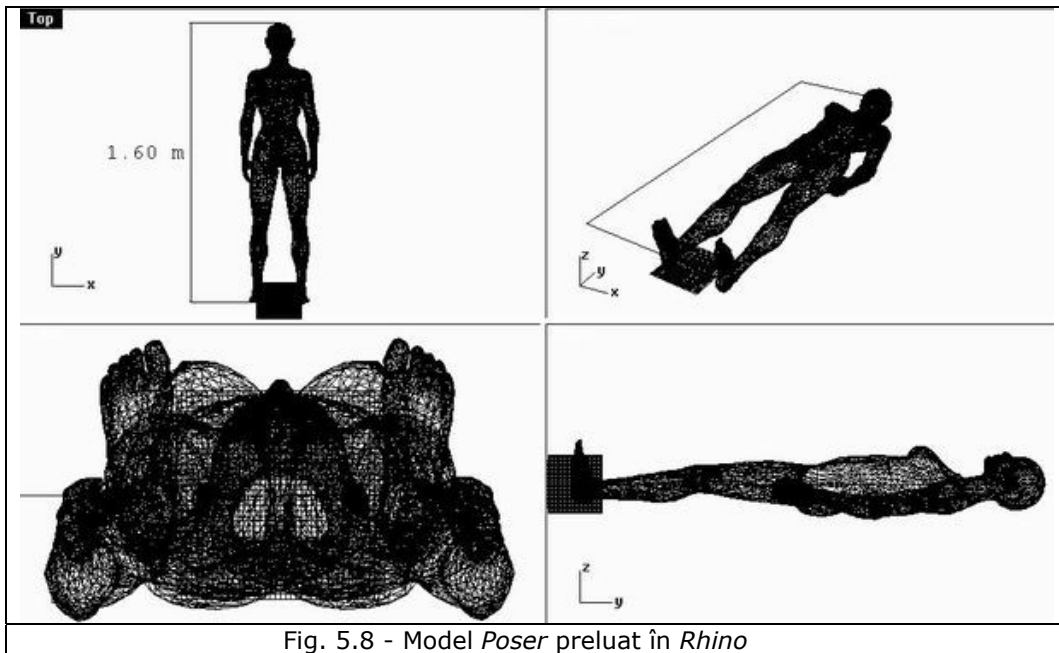


Fig. 5.8 - Model *Poser* preluat în *Rhino*

O primă constatare este că *Poser* a oferit un model uman cu proporții ideale, însă nu la scară reală, ci extrem de mic. Ca să obținem dimensiunile reale, modelul a trebuit scalat cu factorul 2285, obținându-se un corp uman înalt de 1,6 m, asupra căruia se pot face măsurători de mare finețe<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Fișierul este de tip vectorial, astfel încât poate fi scalat oricât, fără nici o pierdere de calitate.

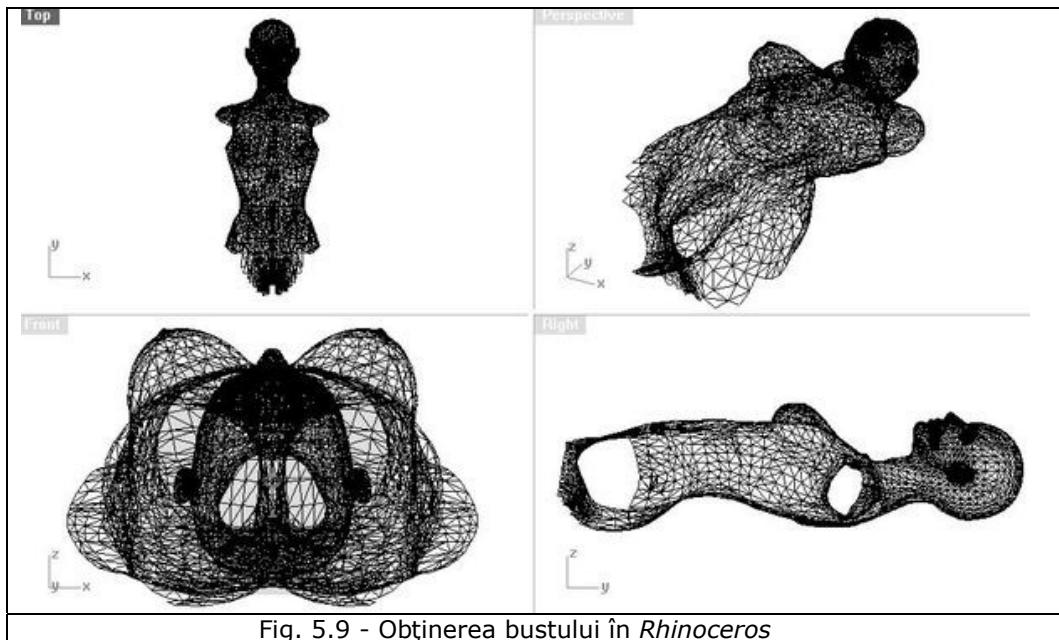


Fig. 5.9 - Obținerea bustului în *Rhinoceros*

Odată stabilite exact dimensiunile modelului, se poate renunța la părțile corpului care nu folosesc prezentei cercetării, care s-a focalizat pe manechinul feminin tip bust. După eliminarea acestora, se obține imaginea 5.9.

Inspirându-ne din principiul tomografului, respectiv profitând de capabilitățile lui *Rhino* de a face secțiuni (funcția *Contour* a programului), am aplicat o intersecție între modelul manechinului și un plan paralel cu orizontala, pe care l-am deplasat cu pas constant de 10 mm. Rezultatul se vede în imaginea 5.10.

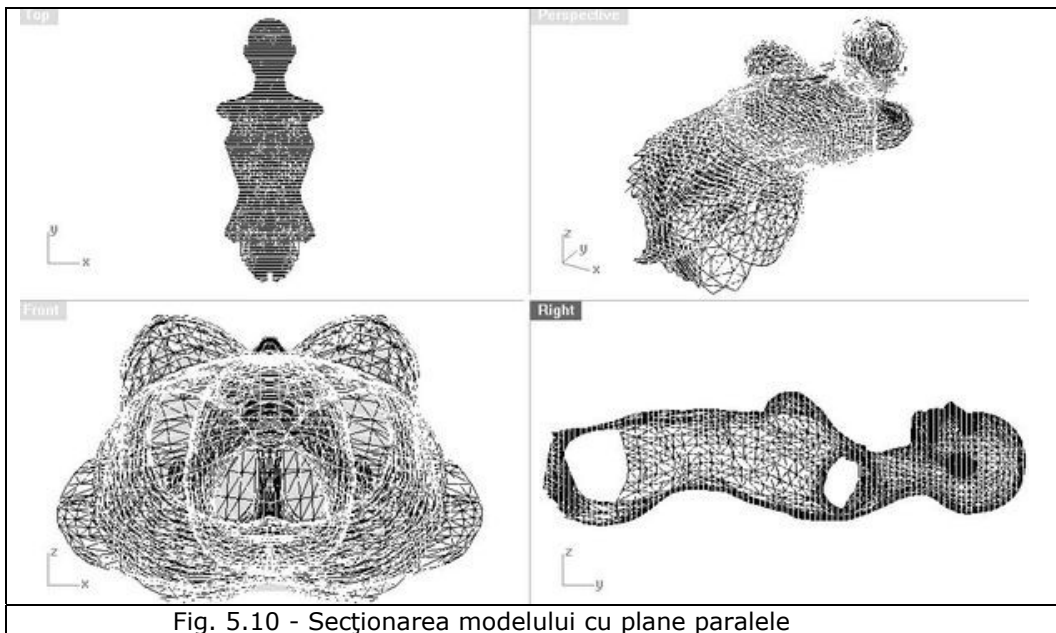


Fig. 5.10 - Secționarea modelului cu plane paralele

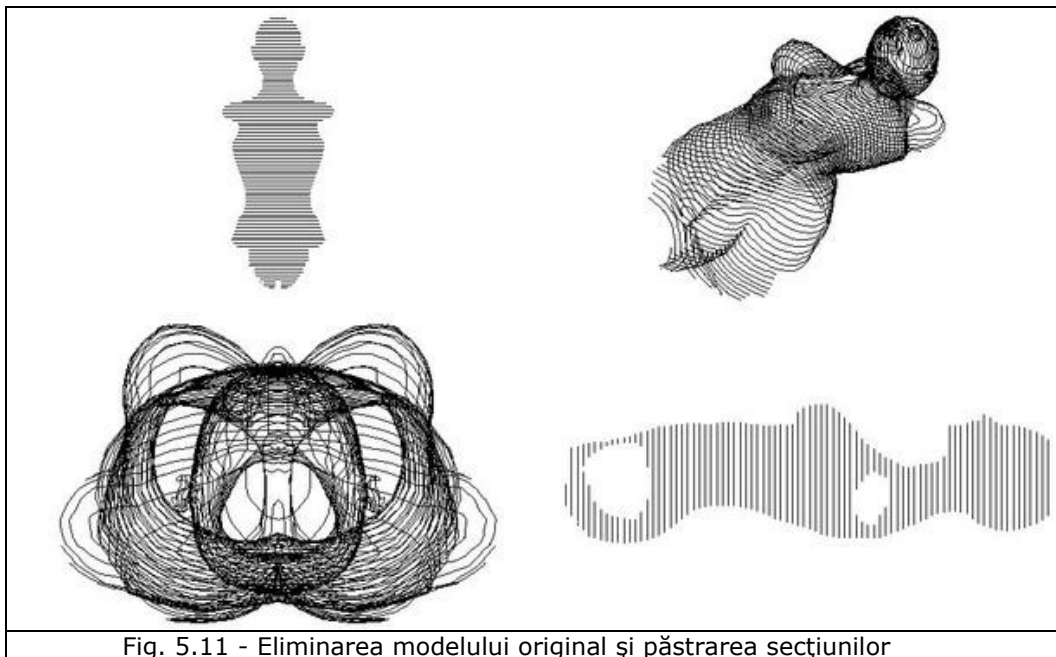


Fig. 5.11 - Eliminarea modelului original și păstrarea secțiunilor

Pentru simplificarea modelului și a urmăririi cu mai mare ușurință a elementelor geometrice, se poate renunța la rigidul inițial, păstrând doar suprafețele rezultate din aceste intersecții cu plane paralele. Cu alte cuvinte, după această „feliere” / baleiere a rigidului, se păstrează doar feliile / secțiunile rezultate, după cum arată figura 5.11.

Acum trebuie evidențiate doar elementele care ne interesează în acest stadiu al cercetării. Dacă ștergem componentele neconcludente (sau prea puțin concludente în acest demers, de altfel foarte valoroase), înseamnă că trebuie să ne focalizăm atenția pe: - umeri

- bust
- talie
- șold

acestea fiind componentele considerate a fi definitorii pentru un manechin.

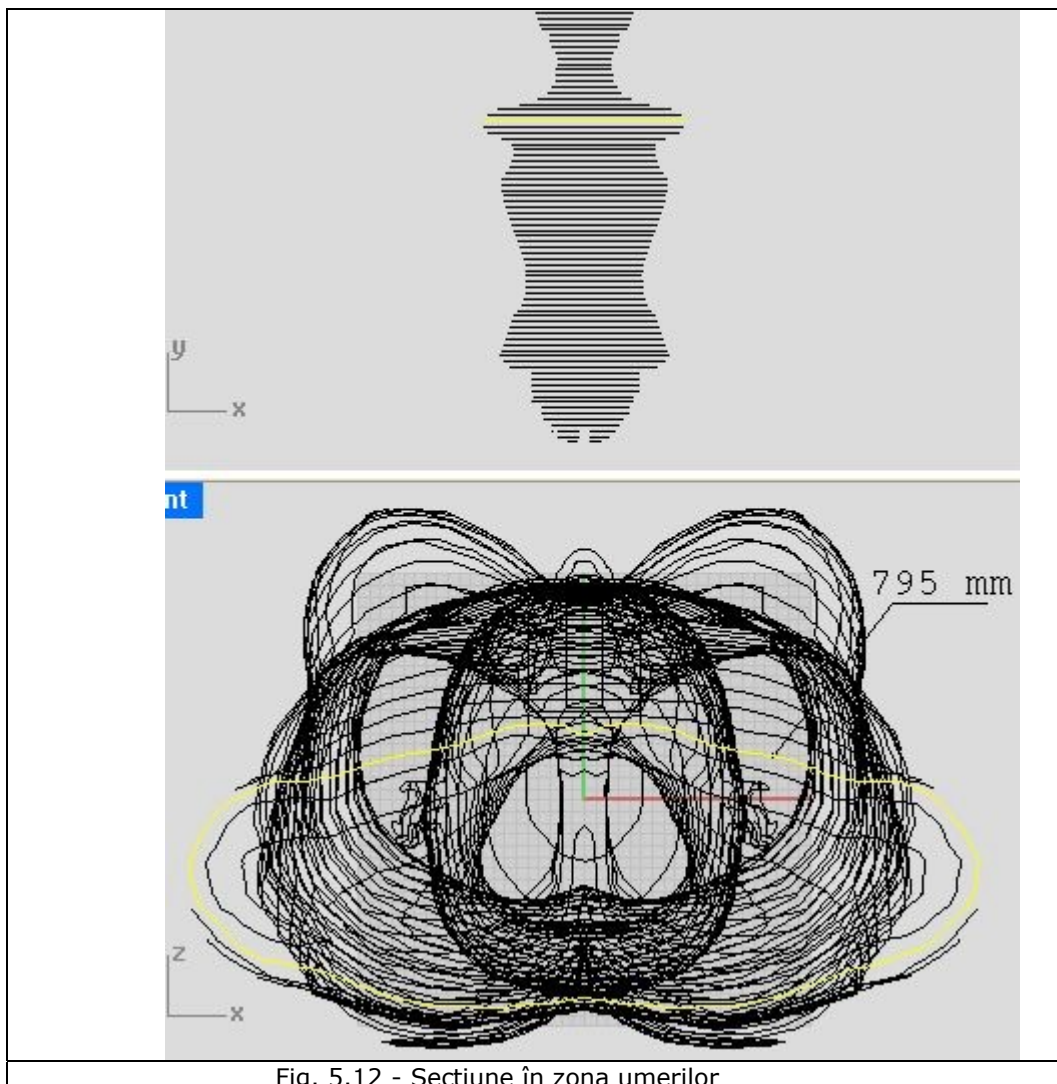


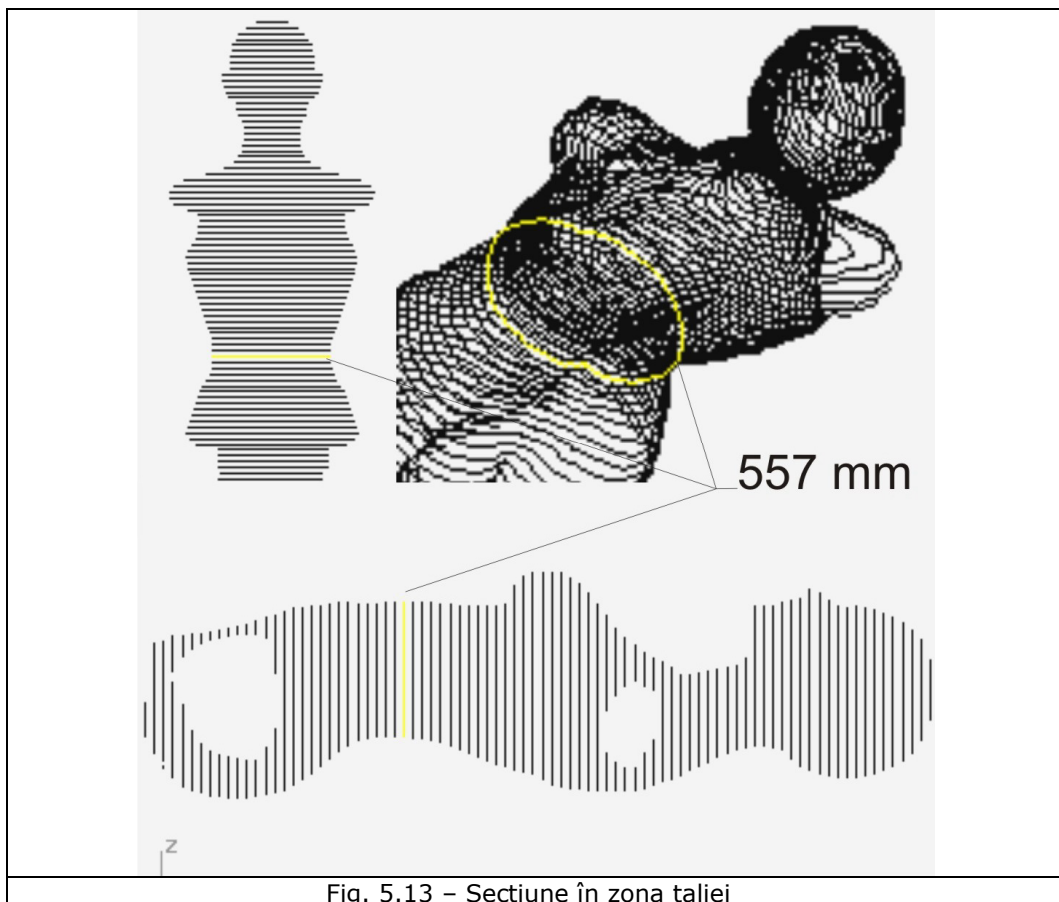
Fig. 5.12 - Secțiune în zona umerilor

Astfel, figura 5.12 ilustrează secțiunea prin zona umerilor, iar funcția *Lenght* din meniul *Analyze* al programului *Rhino* calculează perimetrul.

În același meniu se pot apela și funcțiile de calcul ale momentelor geometrice, rezultatele fiind prezentate în caseta de mai jos:

```
Area = 47783.9178
Area Centroid = -1.1816528, 6.76861572, 1292.56746
Area Moments of Inertia about World Coordinate Axes
Ix: 7.99131026e+010 (+/- 10)
Iy: 8.02846613e+010 (+/- 10)
Iz: 529654026 (+/- 7.7)
```

Analize similare se pot face, folosind *Rhinoceros*, și asupra celorlalți parametri: talie (figura 5.13), bust (figura 5.14), șolduri (figura 5.15).



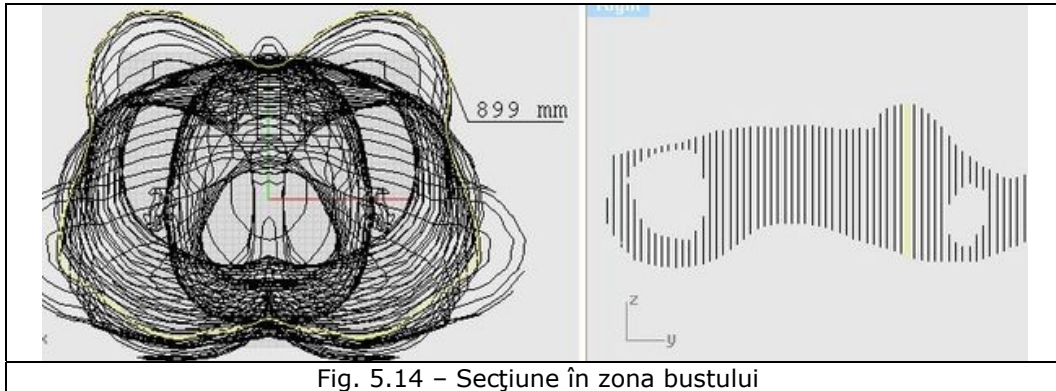


Fig. 5.14 - Secțiune în zona bustului

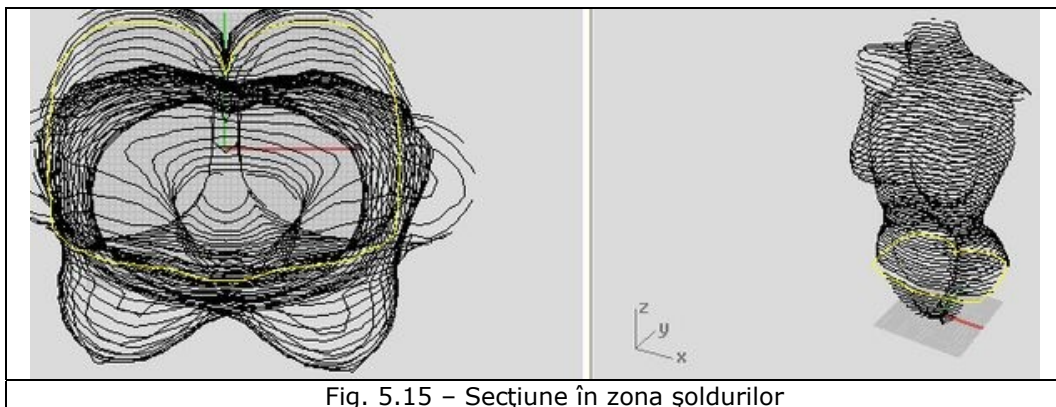


Fig. 5.15 - Secțiune în zona șoldurilor

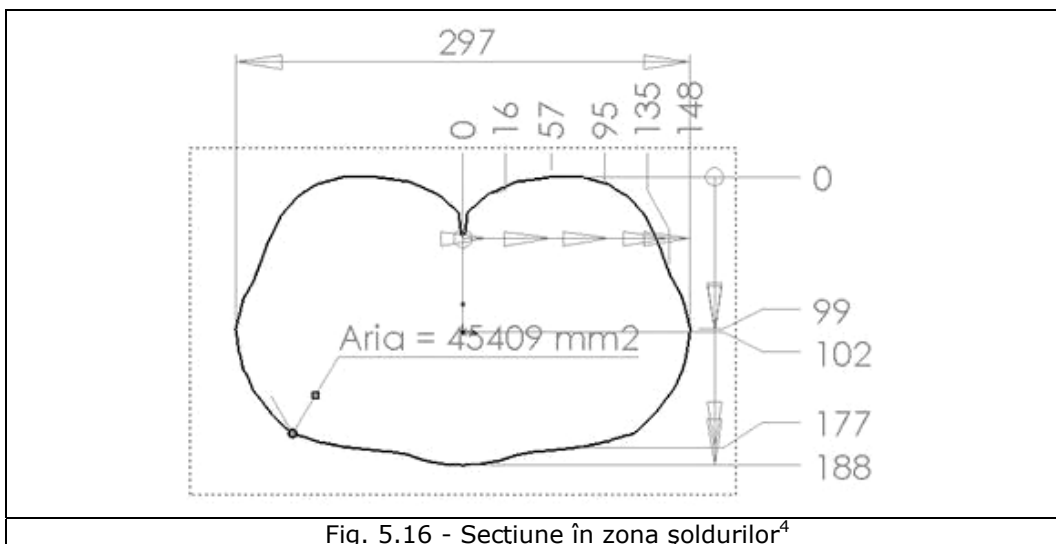


Fig. 5.16 - Secțiune în zona șoldurilor<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Această secțiune a fost creată cu programul *Solid Works*, care poate transforma secțiunile în desene 2D, cotate manual sau automat

În această etapă a cercetării, se șterg toate componentele (curbe închise, polilinii, suprafețe) în afara celor 4 secțiuni considerate definitorii din punct de vedere geometric, rămânând ceea ce se vede în figura 5.17.

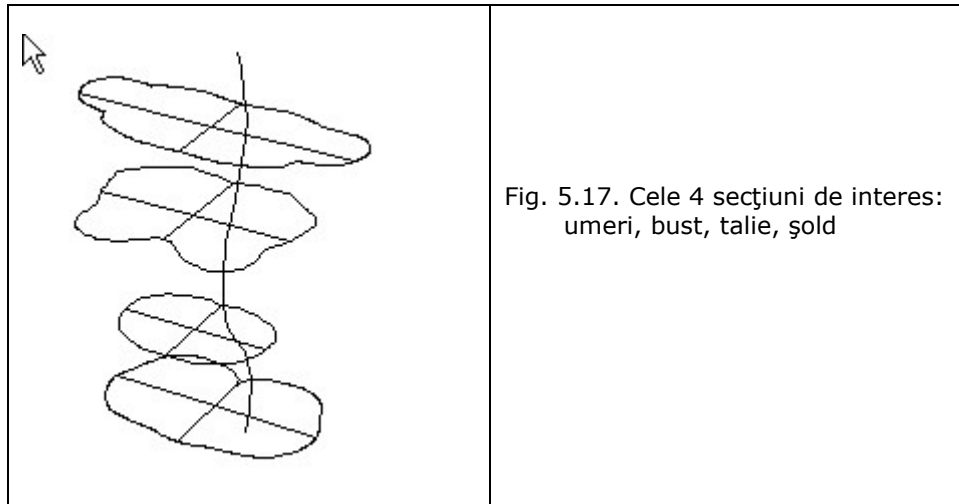


Fig. 5.17. Cele 4 secțiuni de interes:  
umeri, bust, talie, șold

Curbele care definesc cele 4 suprafețe (contururile suprafețelor) pot fi simplificate de către Rhino, dacă se dorește acest lucru, cu gradul de aproximare dorit de utilizator.

S-a optat pentru această variantă, fiindcă - pentru un manechin - s-a considerat că nu este necesară o precizie exagerată.

După simplificare, s-au obținut contururile din figura 5.18a. S-au eliminat curbele originale, păstrându-se doar cele simplificate (figura 5.18b).

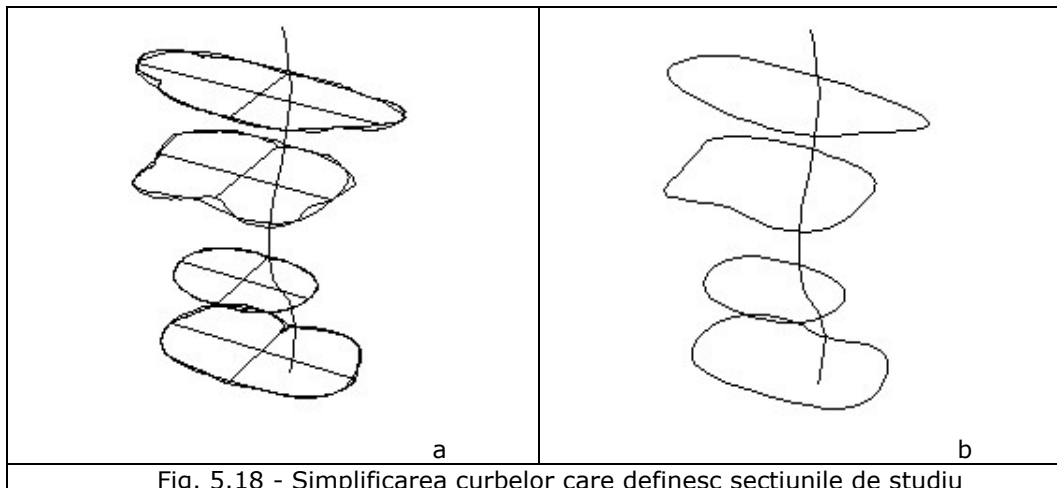


Fig. 5.18 - Simplificarea curbelor care definesc secțiunile de studiu

*Rhino* (ca și celelalte programe 3D) poate crea o suprafață înfășurătoare a unor contururi date. Rezultatul acestei interpolări este spectaculos, mai ales în condițiile în care s-a pornit de la doar 4 suprafețe simplificate.

Pornind de la cele 4 secțiuni aproximative din figura 5.18b, funcția *Loft* a programului *Rhino* reușește să genereze o suprafață înfășurătoare (figura 5.19).

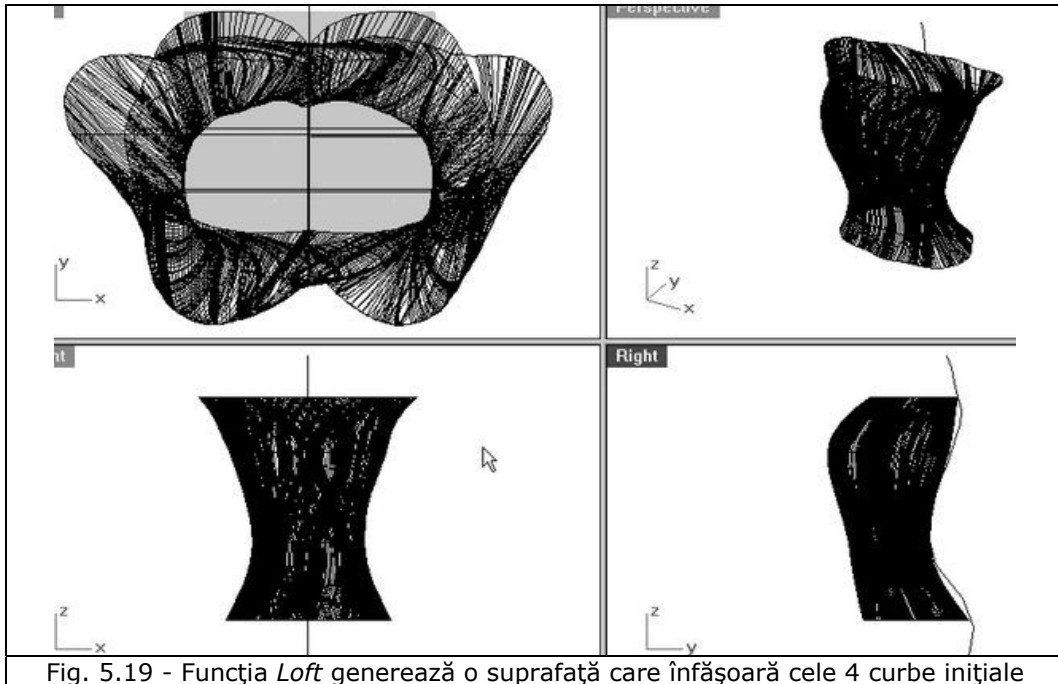


Fig. 5.19 - Funcția *Loft* generează o suprafață care înfășoară cele 4 curbe inițiale

Tot *Rhino* poate renderiza obiectele create de el; rezultatul renderizării este ilustrat în figura 5.20 și pare foarte potrivit și realist pentru un manechin.

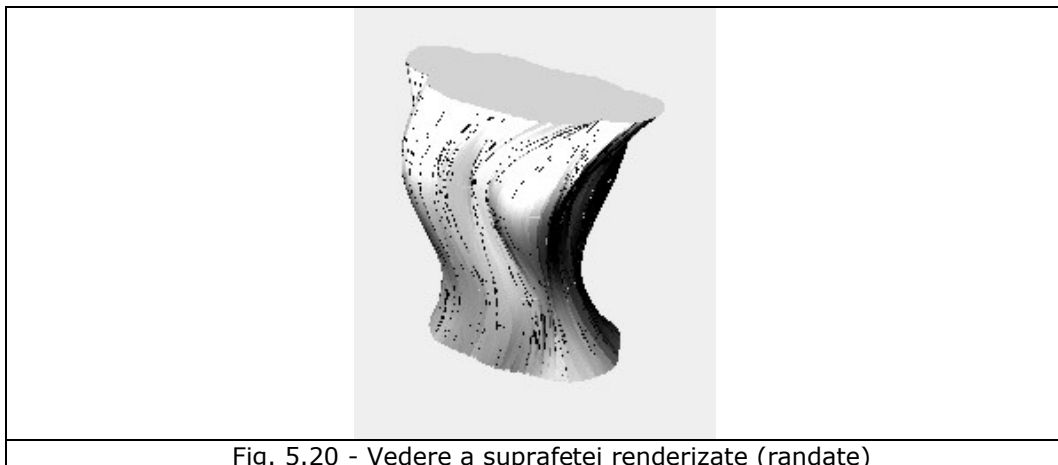


Fig. 5.20 - Vedere a suprafeței renderizate (randate)



Acest model a fost preluat în programul SolidWorks, cu care s-a creat animația prezentată pe CD (programul *03.exe*).

Cu un simplu pas în plus, respectiv prin adăugarea unei secțiuni suplimentare, cea a gâtului, manechinul poate căpăta o conformație și mai realistă (figura 5.21).

Se prezintă suprafața înfășurătoare în reprezentare *wireframe*, respectiv renderizată.

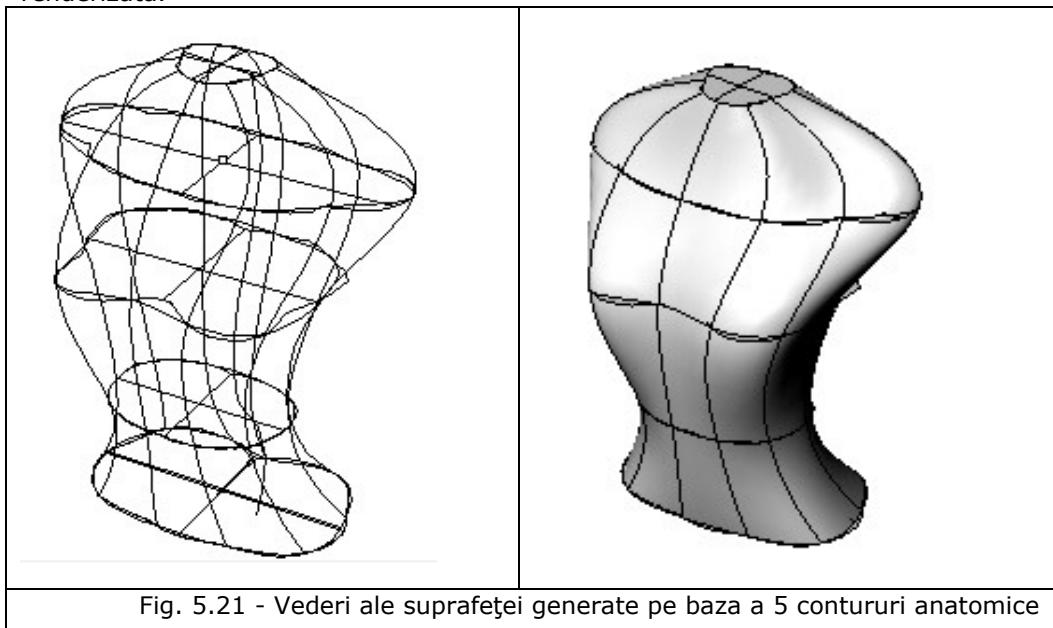


Fig. 5.21 - Vederi ale suprafeței generate pe baza a 5 contururi anatomice

În logica programului *Rhino*, suprafața din figura 5.21 este percepută ca fiind deschisă la extremitatea superioară (gât), respectiv inferioară. Dacă se apelează la funcția *Cap Planar Holes*, Rhino închide suprafața 3D, obținându-se un volum. De acum, Rhino consideră obiectul vectorial ca fiind un volum, un corp rigid.

În noile condiții, Rhino poate (prin meniul *Analyze*) să calculeze și elemente specifice volumelor; rezultatele sunt prezentate în caseta următoare:

```

Volume = 17760344.1
Volume Centroid = -2.188658, -21.243113, 1152.17564
Volume Moments:
  First Moments
  x: -3.887133e+007 (+/- 2e+002)
  y: -3.77285e+008 (+/- 2.5e+002)
  z: 2.04630358e+010 (+/- 10)
  Second Moments
  xx: 9.214473e+010 (+/- 2e+004)
  yy: 5.2542572e+010 (+/- 2.4e+004)
  zz: 2.39067015e+013 (+/- 1e+004)
  Product Moments
  xy: -7.54714e+008 (+/- 1.9e+004)
  yz: -4.1477901e+011 (+/- 3e+005)

```

```

zx: -4.867149e+010 (+/- 2.5e+005)
Volume Moments of Inertia about World Coordinate Axes
Ix: 2.39592441e+013 (+/- 3.2e+004)
Iy: 2.39988462e+013 (+/- 2.8e+004)
Iz: 1.446873e+011 (+/- 4.3e+004)
Volume Radii of Gyration about World Coordinate Axes
Rx: 1161.47768 (+/- 1e-006)
Ry: 1162.43718 (+/- 1e-006)
Rz: 90.258793 (+/- 1.4e-005)
Volume Moments of Inertia about Centroid Coordinate Axes
Ix: 3.7421806e+011 (+/- 8.4e+004)
Iy: 4.2174985e+011 (+/- 5.2e+004)
Iz: 1.3658752e+011 (+/- 7.8e+004)
Volume Radii of Gyration about Centroid Coordinate Axes
Rx: 145.15656 (+/- 1.6e-005)
Ry: 154.099695 (+/- 9.4e-006)
Rz: 87.696007 (+/- 2.5e-005)

```

În ideea simulării dinamice a unui manechin virtual, s-a conceput un prim program pentru calculator (*software*), care poate modifica dimensiunile a 3 parametri<sup>5</sup>: bust, talie, șolduri (figura 5.22).

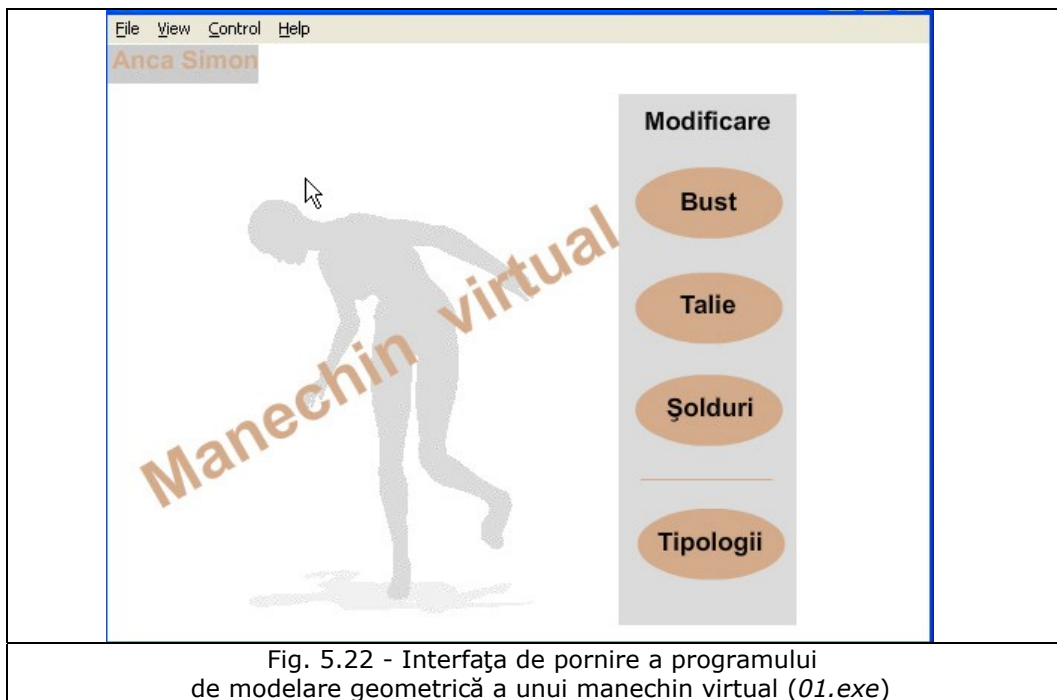


Fig. 5.22 - Interfața de pornire a programului de modelare geometrică a unui manechin virtual (01.exe)

<sup>5</sup> Ca ipoteză simplificatoare, s-a renunțat la parametrizarea umerilor ca variabilă de calcul din motivul că s-a considerat că intervin cel mai puțin semnificativ în alterarea proporțiilor, față de bust, talie sau șolduri, care par a avea o pondere definitorie.

Acest program (numit „01.exe” și atașat pe CD), pornește de la același corp feminin cu proporții ideale, pe care îl propune programul *Poser*.

Programul mărește demonstrativ bustul și/sau talia și/sau șoldurile cu 25%, respectiv cu 50%. Acești pași pot fi - într-o versiune viitoare - modificați și multiplicați, în vederea emulării unui spectru mai larg și mai elastic de modele virtuale.

Pentru modificările geometrice virtuale ale bustului, taliei și șoldurilor s-a asigurat câte un buton. Un al patrulea buton de comandă, accesează 10 tipologii umane uzuale (din punct de vedere al proporțiilor).

Programul este prezentat în *Adobe Flash* (fostul celebru *Macromedia Flash*, recent devenit proprietate *Adobe*).

De remarcat este faptul că modificările geometriei corpului (de fapt, celor 3 elemente: bust, talie, șold) se fac realist, ținând cont de legături, fără ruperea continuității sus-numitelor elemente; corpul dă în continuare impresia de întreg.

Figura 5.23 reprezintă o instanță a programului, în care se poate observa că, la o mărire a șoldului, s-a deformat corespunzător și talia fiindcă sunt elemente legate între ele.

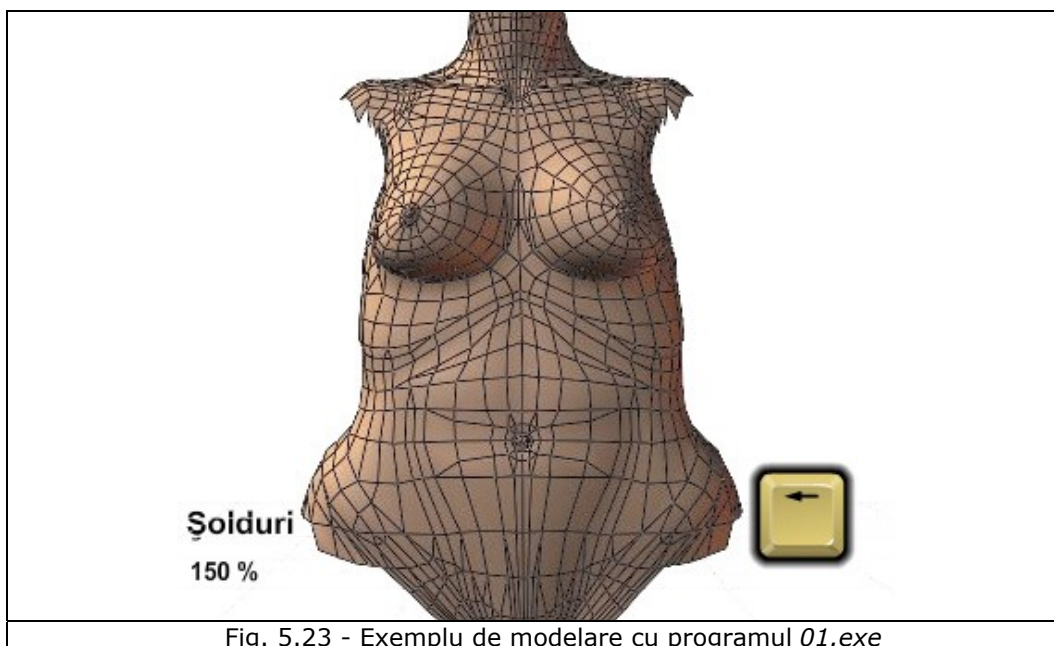


Fig. 5.23 - Exemplu de modelare cu programul 01.exe

Un alt program original (figura 5.24), „02.exe”, nu reușește (în faza actuală) acest lucru (legătura între cele 3 părți anatomice), dar nici nu urmărește asta în mod special.

Programul se bazează pe importanța perimetrelor bustului, taliei sau bazinului pentru cei din lumea modei. Aceste valori sunt reliefate de programul 02.exe, prezentat pe CD.

Pornind de la corpul cu proporții ideale, programul permite modificarea celor 3 perimetre importante în pași de câte 5%. Este afișată valoarea perimetrului în centimetri, respectiv în procente.

Butoanele inscripționate cu semnele „+” și „-” fac o scalare a perimetrului respectiv cu 5% (crescându-l sau scăzându-l), până la obținerea de proporții care depășesc firescul. Butoanele „0” aduc la starea inițială componenta anatomică selectată (*reset*).

Nu există o corelație între cele 3 părți corporale (în sensul desenării unui corp continuu, realist), în schimb sunt calculate exact perimetrele, iar părțile anatomice sunt scalate. O versiune viitoare a programului va regla cu siguranță aceste minusuri ale momentului.

Revenind la programul *Poser*, acesta permite și crearea de animații. S-a folosit această facilitate și s-a generat un film (fișierul *Transformari.avi*) reprezentând posturile din programul original *01.exe*, animate într-un ciclu continuu.

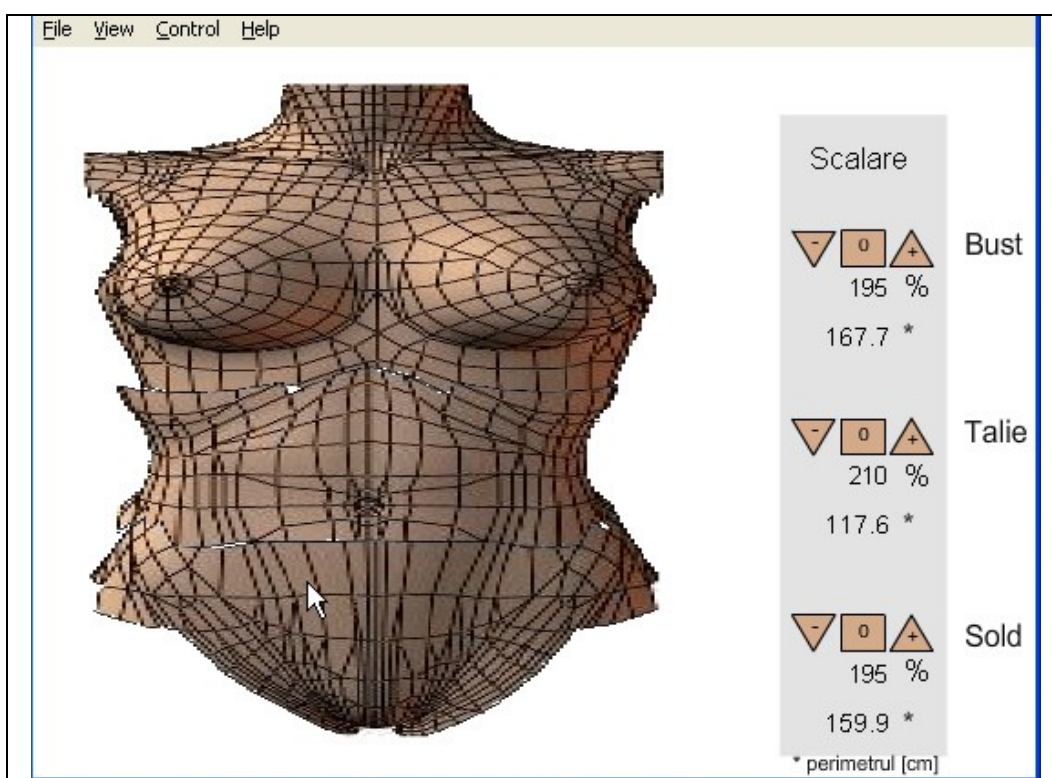


Fig. 5.24 – Interfața programului *02.exe*, de modelare geometrică a unui manechin virtual

Pentru portabilitate, s-a preferat conversia<sup>6</sup> fișierului sus-menționat (*Transformari.avi*) într-un executabil (*Transformari.exe*), pentru a permite rularea

<sup>6</sup> Conversia s-a realizat cu programul gratuit (*freeware*) RAD Video Tools (Bink), existent la adresa <http://www.radgametools.com/down/Bink/RADTools.exe>

acestui pe orice sistem, indiferent dacă are instalate programe pentru vizionare de filme (respectiv *codec*<sup>7</sup>-uri).

Tot programul *Poser* permite îmbrăcarea manechinelor pe care le creează. În figura 5.25a se prezintă imaginea de la care s-a plecat.

Figura 5.25b a îmbogățit modelul cu două articole vestimentare. De fapt, sunt cinci obiecte noi în imaginea 5.25b, fiindcă modelului i s-a adăugat podoaba capilară, ochelari și un colier.

În figura 5.26, s-a continuat îmbrăcarea manechinului virtual, cu diferite produse de îmbrăcăminte.

Îmbrăcămintea poate fi schimbată în limite largi de către programul *Poser*, doar cu ce conține el implicit, în bibliotecile sale. Dacă se dorește mai mult, internetul oferă (gratuit sau contra cost) multe alte soluții.

Programul *Poser* mai are câteva facilități ieșite din comun, cum ar fi „camerele virtuale”: *Material Room*, *Face Room*, *Hair Room* și *Cloth Room*.

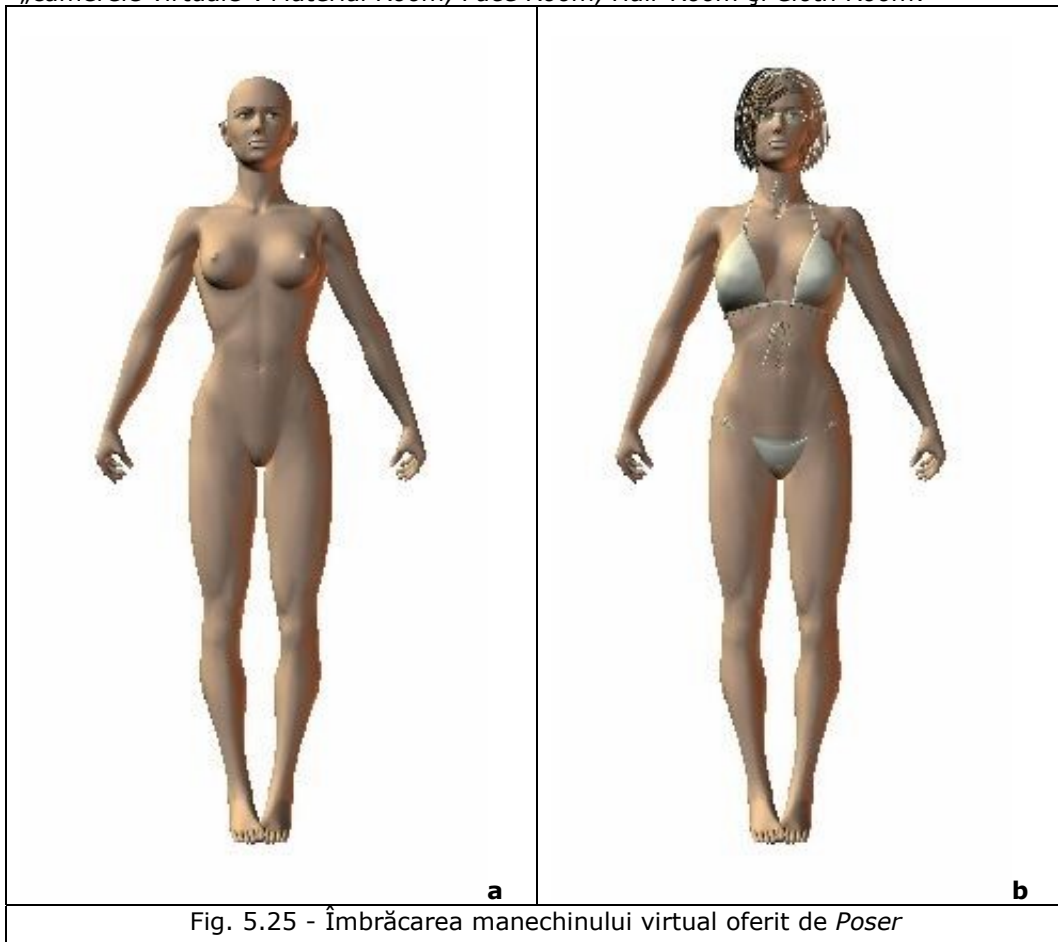


Fig. 5.25 - Îmbrăcarea manechinului virtual oferit de *Poser*

<sup>7</sup> *Codec* este o forma contrastată a expresiilor: „Compressor – Decompressor”, sau „Coder-Decoder”, sau „Compression/Decompression algorithm”. *Codec*-urile sunt programe care codează (respectiv decodează) semnale video digitale.

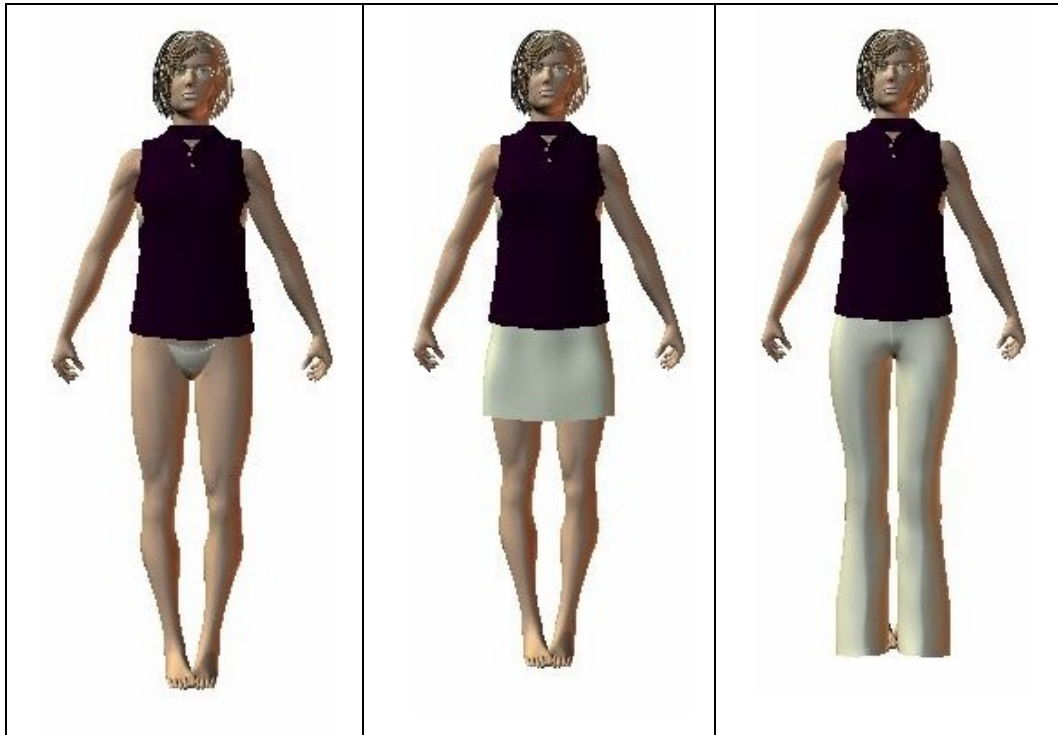


Fig. 5.26 - Bibliotecile programului *Poser* oferă și articole de Îmbrăcăminte

Acestea sunt niște editoare, care pot modifica aproape orice în domeniul respectiv. De exemplu, *Face Room* oferă posibilitatea modificării fizionomiei între niște limite incredibile. Figura 5.27 ilustrează două variații ale imaginii originale, în limitele normalului.



Fig. 5.27 - Variații ale fizionomiei, generate de editorul de fizionomii (*Face Room*) al programului *Poser*

Dacă excedem aceste limite, se pot obține și imagini ca în figura 5.28.

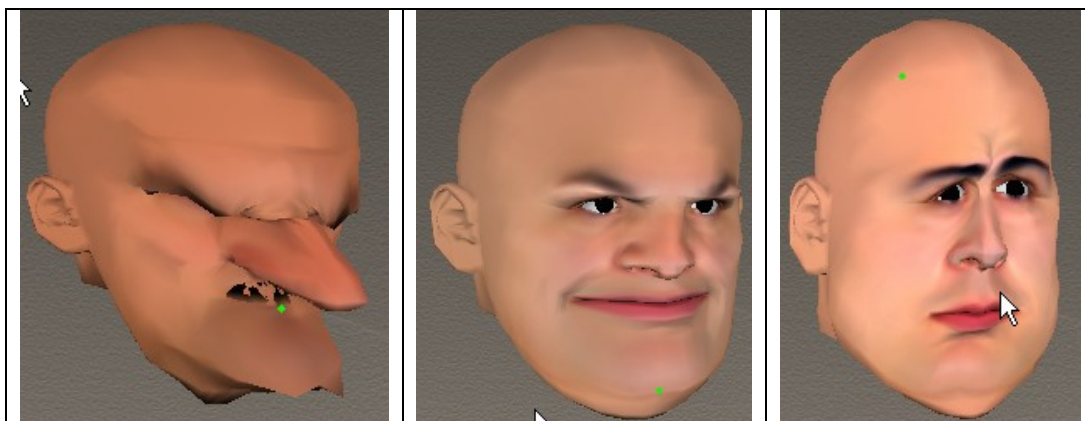


Fig. 5.28 - Variații ale fizionomiei, generate de editorul de fizionomii (*Face Room*) al programului *Poser*

Concluzionând, se poate spune că - pornind de la un program precum *Poser* - se poate rezolva problema modelării unui manechin virtual. Dacă se intervine și cu software propriu, creat exclusiv pentru scopul urmărit, acest fapt nu poate decât să ajute cercetarea.

## **6. REALIZAREA TIPARELOR PRODUSELOR DE ÎMBRĂCĂMINTE CU AJUTORUL UNUI MANECHIN PENTRU DESIGN VESTIMENTER**

### **6.1. Stadiul actual în realizarea tiparelor**

În tehnologia convențională de obținere a produselor de îmbrăcăminte, acestea sunt realizate dintr-un număr diferit de repere croite din materiale plane și asamblate prin diferite procedee. Problema fundamentală a construcției îmbrăcăminteii o constituie adaptarea structurilor textile plane la forma neregulată a corpului omenesc, iar rezolvarea acestei probleme condiționează poziția corectă a produsului pe corp și funcționalitatea acestuia. Tiparele reprezintă desfășuratele plane ale reperelor produselor de îmbrăcăminte, a căror formă și dimensiuni trebuie corelate cu forma și dimensiunile corpului uman.

Metoda clasică de construcție a tiparelor, utilizată încă în mare măsură, este metoda geometrică, metodă ce stă la baza construcției tiparelor și prin metodele moderne, bazate pe tehnica de calcul. În metoda geometrică, construcția tiparelor se execută pe baza informațiilor despre dimensiunile corpului uman și mărimea adaosurilor corespunzătoare tipului de produs care se proiectează. În construcție se pornește de la un număr limitat de dimensiuni principale ale corpului tip, iar celelalte dimensiuni secundare se calculează pe baza unor relații, majoritatea de proporționalitate, relații care diferă în funcție de autorii diferitelor variante ale metodei, ceea ce reprezintă un dezavantaj. Un alt dezavantaj, din punct de vedere al calculelor, îl reprezintă și gradarea tiparelor, adică obținerea tiparelor pentru întreaga gamă dimensională în care se confecționează un produs vestimentar.

Pornind de la aceste aspecte, ceea ce se vrea în această lucrare este să se elimine dezavantajele amintite anterior, cu ajutorul unui manechin reglabil din punct de vedere dimensional (studiu făcut în capitolul 4) și cu ajutorul unui aparat performant de preluare și de prelucrare a imaginilor fotografiate.

### **6.2. Metode de realizare a tiparelor cu ajutorul unui manechin reglabil asociat calculatorului**

O metodă mai rapidă și mai ușoară de a realiza tiparele pentru produsele de îmbrăcăminte este folosirea aparatului InSpeck Halfbody împreună cu soft-ul atașat acestui aparat și cu folosirea, în paralel a soft-ului AutoCad. Pentru a înțelege mai bine modul de funcționare a aparatului InSpeck Halfbody, în cele ce urmează se va face o scurtă descriere a acestui aparat și a principiului său de funcționare.[140]



Efectuarea investigației propriu-zise, respectiv preluarea imaginilor în scopul reconstrucției 3D a suprafeței de interes, necesită un spațiu special, care să îndeplinească o serie de condiții privind dimensiunile, forma, caracteristicile de iluminare, precum și facilități privind alimentarea cu energie electrică.

Sistemul În Speck, în configurații diverse (1 până la 4 camere) este destinat digitizării 3D. Tehnica de digitizare 3D permite obținerea unei copii tridimensionale a unei suprafețe fizice oarecare. În procesul de digitizare optică fiecare cameră preia o imagine formată dintr-un set de suprafețe de nivel, din unghiuri diferite. Imaginile separate sunt conectate în puncte prestabilite, astfel încât să fie asigurat un unghi de câmp total de 360 de grade prin prelucrare soft. Imaginile preluate se suprapun parțial astfel încât să conțină punctele de conectare prestabilite. Tehnica InSpeck permite nu numai reconstrucția formei, ci și redarea culorii, respectiv a texturii suprafețelor țintă.



Fig. 6.1 Cameca de tipul 3D Mega Capurer II

Conținutul și amplasarea aparatului InSpeck Halfbody este prezentată în cele ce urmează :

- 3 camere. Camerele utilizate sunt de tipul 3D Mega Capturer II cu suport, ca în imaginea din figura 6.1, acestea fiind compuse, și pe lângă camera propriuzisă mai având în componență un suport vertical cu ghidaj pentru mișcarea de translație și un mecanism de blocare al camerei în poziția stabilită pentru satisfacerea condiției de aliniere optică, precum și un suport - talpă de susținere și fixare a celorlalte elemente;

- un PC pentru preluarea datelor și prelucrarea acestora (fig. 6.2);

- o incintă închisă cu o iluminare profesională pentru amplasarea camerelor într-o poziție stabilită de către producător, iar aceasta amplasare se realizează ca în imaginea din figura 6.3.



Fig. 6.2 PC pentru preluarea și prelucrarea datelor

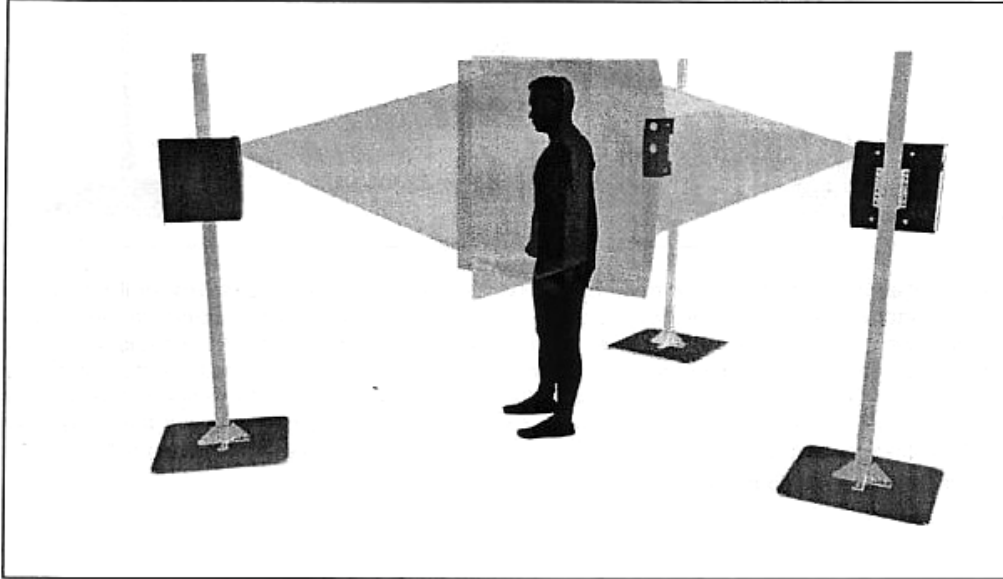


Fig. 6.3 Incinta pentru amplasarea camerelor

Metoda de funcționare a aparatului InSpeck Halfbody folosește tehnica de investigare imagistică împreună cu aplicații soft specifice: FAPS (Fringe Acquisition and Processing Software) și EM (Editin and Merging). Instalarea acestora este ulterioară instalării driverelor aferente celor trei camere digitale.

Programul FAPS identifică cele trei camere pe care le va recunoaște pe parcursul tuturor utilizărilor ulterioare pe baza numerelor de serie înscrise de producător pe carcasa camerelor. Pentru determinarea unor imagini asemenea cu suprafețele fizice digitizate, având în vedere că preluarea imaginii se face optic, este foarte importantă calibrarea sistemului de achiziție, operație care generează informație remanentă pe tot parcursul utilizării FAPS și EM.

### 6.3. Calibrarea echipamentului pentru achiziționarea datelor

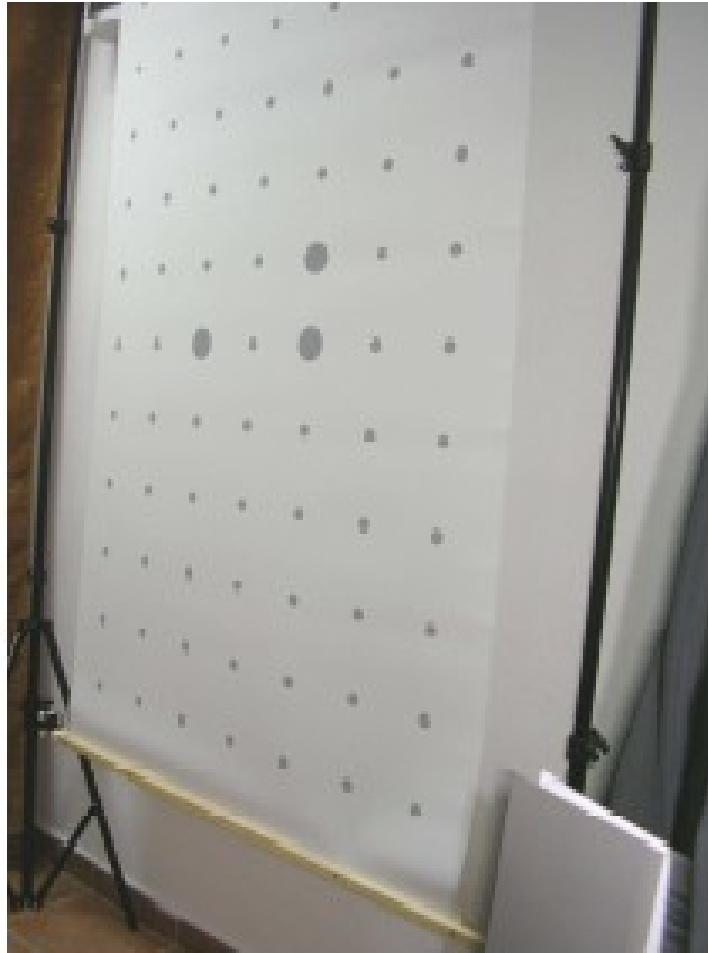


Fig. 6.4 Panou cu orificii plasate la distanțe calibrate

Calibrarea reprezintă o procedură de relaționare, pe un domeniu dat, între coordonate măsurate de un dispozitiv și coordonatele acceptate într-un sistem standard de referință.

În cazul sistemului de achiziție InSpeck, camerele preiau din spațiul real câte o imagine din trei perspective conice cu axe concurente, iar coordonatele proprii acestor perspective trebuie transformate în coordonate raportate la un sistem euclidian. Această operație asigură reconstrucția virtuală a suprafeței reale la un nivel de asemănare care să satisfacă o condiție de precizie de ordin submilimetric.

Pentru calibrare, în principiu, poate fi utilizată orice formă, cu condiția ca punctele caracteristice ale acesteia să aibă coordonate cunoscute. Furnizorul InSpeck livrează odată cu echipamentul un panou cu orificii plasate la distanțe calibrate (fig.6.4).

Pentru achiziția imaginilor este necesar ca iluminarea ambientală să fie suficient de uniformă pentru a nu introduce umbre parazite.

#### **6.4. Prelucrarea imaginilor manechinului**

Cu ajutorul FAPS se achiziționează imaginile de către cele trei camere din sistem și se generează fișiere separate aferente fiecărei imagini.

Studiul este realizat pe manechinul reglabil, căruia i se pot dimensiona cele trei perimetre principale:  $P_b$  (perimetrul bustului),  $P_t$  (perimetrul taliei) și  $P_ș$  (perimetrul șoldului), conform standardelor antropometrice și conform gamei dimensionale în care vrem să confecționăm un produs vestimentar.

Pregătirea manechinului pentru acest studiu constă în fixarea unor benzi adezive pe suprafața acestuia, astfel încât benzile să urmărească liniile de contur principale ale corpului, necesare în realizarea tiparelor.

Astfel s-au urmărit: linia de simetrie a feței, linia răscoielii gâtului la față, linia răscoielii mânecii la față, linia de simetrie a spatelui, linia răscoielii gâtului la spate, linia răscoielii mânecii la spate, linia de asamblare a feței cu spatele, precum și liniile principale de dimensionare în lățime a tiparelor (linia bustului, linia taliei și linia șoldurilor).

După fixarea benzilor, se poziționează punctele antropometrice specifice construcției tiparelor, precum și puncte de control necesare pentru preluarea și prelucrarea imaginilor.

În figurile următoare (6.5; 6.6; 6.7) sunt redată imaginile manechinului, așa cum urmează să fie utilizate pentru reconstrucția 3D într-o imagine unică.

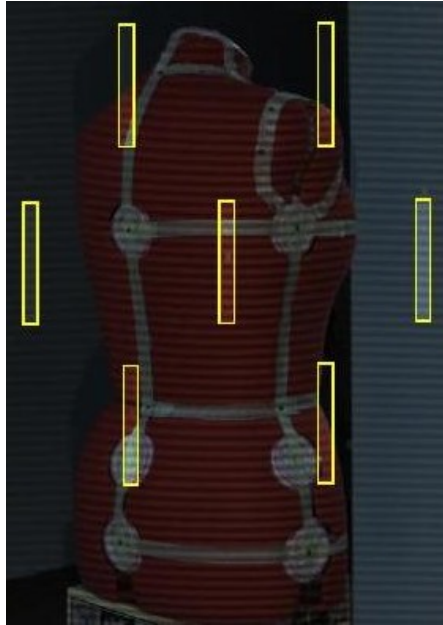


Fig. 6.5 Imagine a manechinului furnizată de camera 1

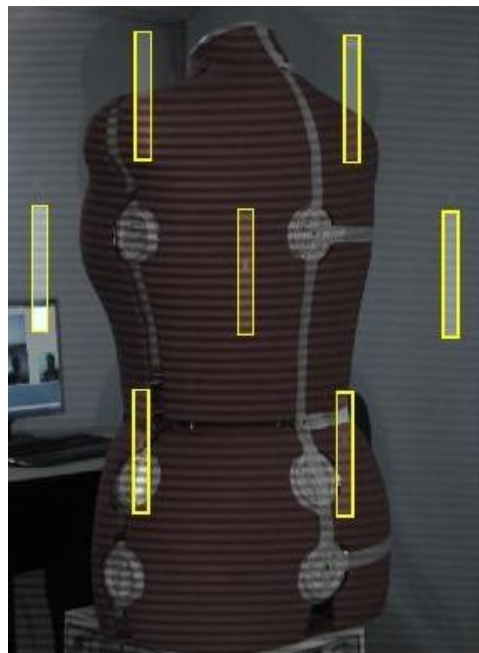


Fig. 6.6 Imagine a manechinului furnizată de camera 2

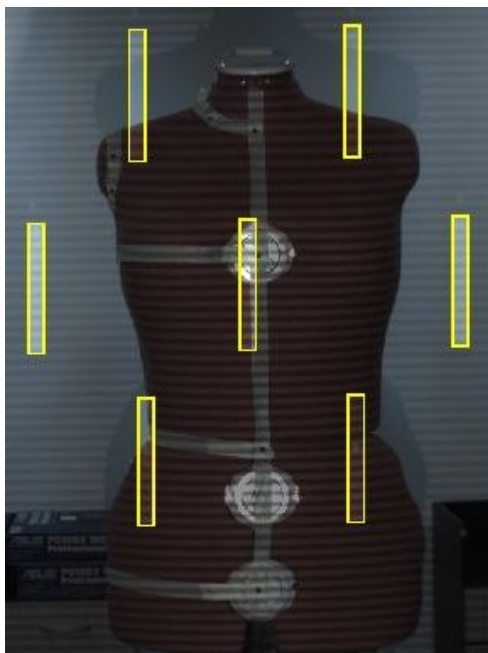


Fig. 6.7 Imagine a manechinului furnizată de camera 3

## 6.5. Editarea și prelucrarea imaginilor achiziționate

Pe lângă achiziționarea imaginilor, programul FAPS oferă și posibilitatea de editare și prelucrare a acestora.

Câteva moduri de editare și prelucrare a imaginilor achiziționate pentru obținerea modelului 3D în EM sunt explicate în observațiile următoare.

### OBSERVAȚII

1. După ce imaginile au fost achiziționate se trece la prelucrarea acestora prin decuparea zonei de interes, adică a manechinului. Decuparea zonei de interes se realizează cu ajutorul unor unelte ale meniului programului FAPS, aceasta făcându-se după următorul algoritm :
  - se selectează din meniu unealta de decupare a imaginii de interes, după care pentru a realiza o decupare cât mai bună se mărește imaginea;
  - după ce s-a făcut alegerea zonei de interes se trece la decuparea propriu-zisă care arată ca în figurile din imaginile următoare (fig. 6.8, fig. 6.9, fig. 6.10).



Fig. 6.8 Imagine 1 a manechinului, furnizată de camera 1 și prelucrată

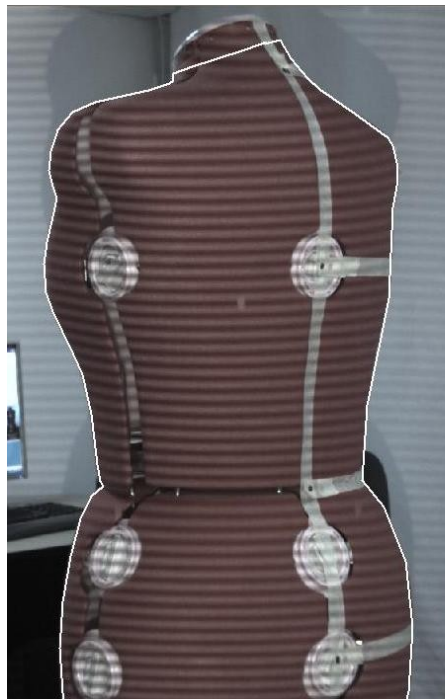


Fig. 6.9 Imagine 2 a manechinului, furnizată de camera 2 și prelucrată





Fig. 6.10 Imagine 3 a manechinului, furnizată de camera 3 și prelucrată

2. După decuparea zonei de interes se trece la o nouă etapă a procesării imaginilor. Aceasta constă în apariția unei imagini parallax în care apare doar zona de interes cu punctele de calibrare în care se află un X, iar dacă acest X nu apare înseamnă că zona marcată are o eroare care trebuie reparată. Această eroare se poate datora unei decupări necorespunzătoare. Pentru rezolvarea acestei probleme producătorul cât și personalul care folosește acest echipament sugerează în acest caz o mutare a punctelor, care apar pe conturul manechinului img3, într-o altă poziție definitivă (fig. 6.11).
3. Imaginile următoare reprezintă zona de interes, zona ce va fi exportată în EM pentru a realiza modelul 3D.

După ce imaginile au fost prelucrate în FAPS, se urmărește realizarea modelului în EM (fig. 6.12). La fel ca și în FAPS și în EM sunt o serie de etape care trebuie parcurse până a ajunge la modelul 3D de unde se vor prelua datele pentru realizarea tiparelor produselor vestimentare.

Programul de procesare EM prezintă următoarele facilități:

- deschiderea și vizualizarea modelelor 3D
- corectarea defectelor modelelor (închiderea golurilor, tăierea suprapunerilor)
- selectarea unor forme poligonale oarecare

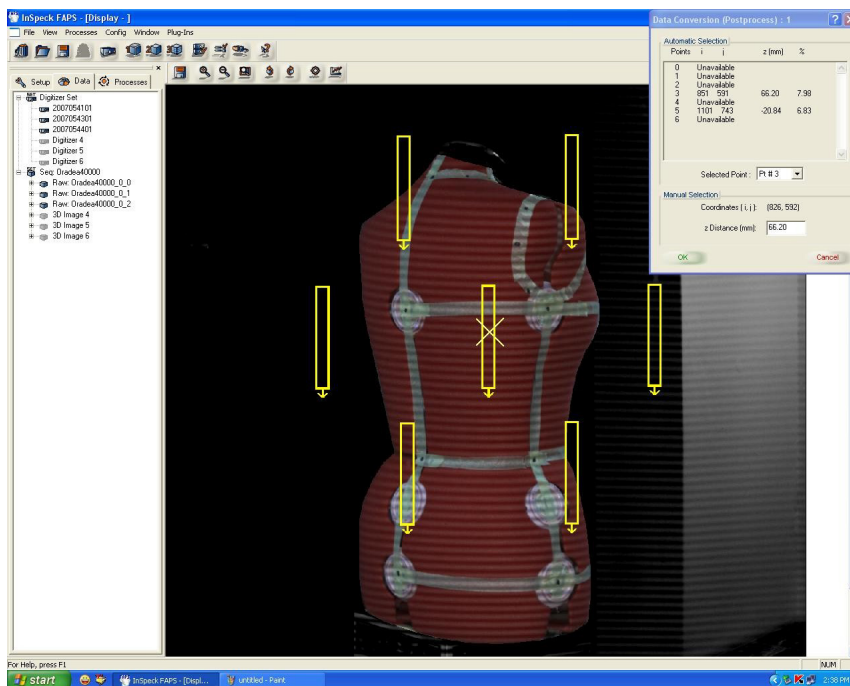


Fig. 6.11 Zona în care se află X-ul trebuie neapărat să fie o zonă de pe manechin

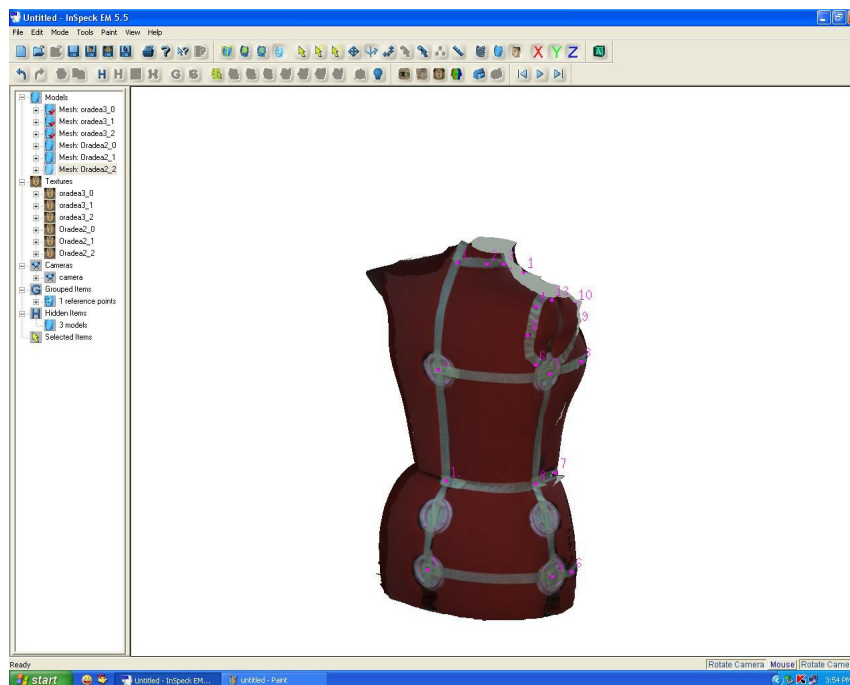


Fig. 6.12 Interfața grafică a programului EM

- editarea modelelor
- scalări
- crearea unor modele simetrice
- interpolări
- măsurarea distanțelor

## 6.6. Rezultate experimentale

În EM, după ce s-a realizat modelul 3D, cu ajutorul celor 3 imagini procesate în FAPS și prin calibrarea acestora în EM cu ajutorul unei matrici de calibrare, se trece la următorul pas, și anume marcarea punctelor de interes pe manechin și prin aceasta marcarea se obțin coordonatele punctelor de pe manechin, coordonate care vor fi salvate în fișiere create în EM ce pot fi exportate în diverse alte softuri, care permit determinări numerice mai complexe, dar ușor de efectuat.

În acest caz salvare se face în format "txt", format care arată ca în imaginea din figura 6.13.

```

seqm50 - Notepad
File Edit Format View Help
Model Land. X Coord. Y Coord. Z Coordinate
test1_1 1 X: 32.2967 Y: 166.478 Z: -40.3792
test1_1 2 X: 92.3026 Y: 3.69512 Z: 21.4137
test1_1 3 X: 81.3451 Y: -210 Z: 11.7607
test1_1 4 X: 85.345 Y: -365.984 Z: 18.5379
test1_1 5 X: -137.838 Y: -369.166 Z: 38.2993
test1_1 6 X: -103.488 Y: -207.601 Z: 8.68061
test1_1 7 X: -126.598 Y: 8.91538 Z: 24.4293
test1_1 8 X: -126.702 Y: 159.685 Z: 37.3155
test1_1 9 X: -57.9596 Y: 198.849 Z: -40.2746
test1_2 1 X: -0.635217 Y: 256.727 Z: -69.702
test1_2 2 X: 9.19126 Y: 48.3429 Z: -24.0287
test1_2 3 X: 12.1129 Y: -171.369 Z: -45.6698
test1_2 4 X: 16.7275 Y: -330.547 Z: -0.71264
-----
Measurements:

```

Fig. 6.13 Imagine a fișierului "txt" cu coordonatele punctelor extrase din EM

Pentru realizarea acestei salvări este necesară o procedură specială, aceasta executându-se după anumiți pași, și anume:

- după deschiderea uneltei de marcare din cadrul programului EM și selectarea punctelor de interes se face o salvare după numele fișierului cu terminația "txt";
- după terminarea acestei proceduri se deschide fișierul "txt" din folder-ul de unde a fost salvat și se trece la următorul pas și anume introducerea coordonatelor în AutoCad.

Programul AutoCad este un soft de proiectare 2D sau 3D acesta având o serie de unelte pentru realizarea de diferite desene, iar în cazul acesta fiind vorba despre tiparele pentru produsele de îmbrăcăminte, se va urmări realizarea acestora cu ajutorul programului.

În AutoCad coordonatele fiecărui punct sunt introduse manual în linia de scriere a comenzilor și se obține o înșiruire de puncte într-un spațiu 2D, pe baza coordonatelor introduse în linia de scriere a comenzilor.

După introducerea punctelor în AutoCad se selectează din meniul cu unelte "linia" și cu aceasta se unesc punctele. Pentru ca tiparul să fie complet și utilizabil se unesc punctele între ele cu linii, obținându-se astfel tiparele pentru fața și respectiv spatele produsului vestimentar, iar cu ajutorul programului AutoCad se poate măări sau micșora scara acestuia (fig. 6.14).

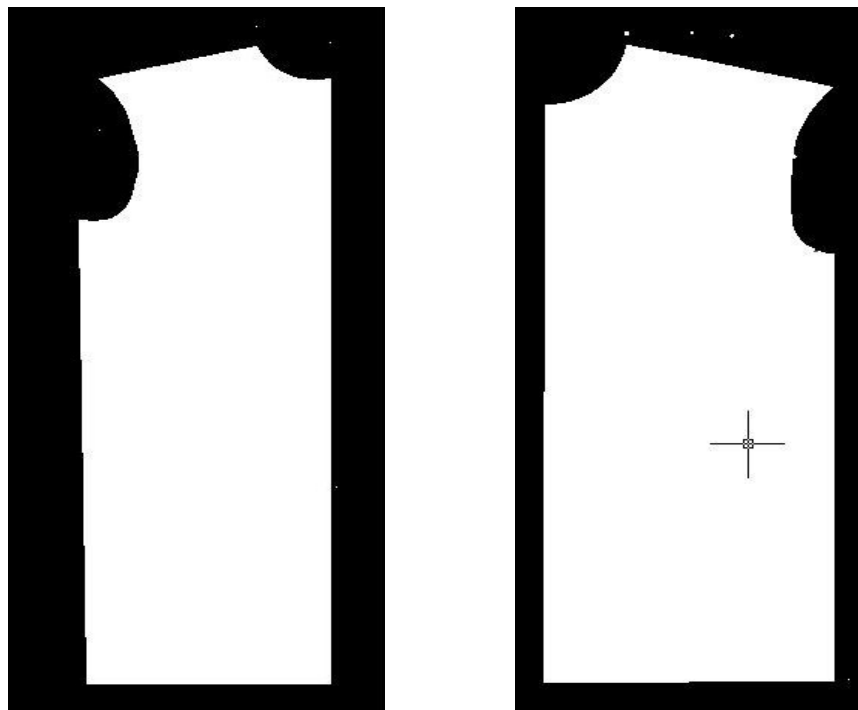


Fig. 6.14 Imaginile tiparelor spate și față, prelucrate în AutoCad

O altă posibilitate pe care programul AutoCad o oferă pentru obținerea unui tipar cât mai bun, este aceea de a umple aria șablonului cu o formă solidă și astfel putându-se plota șablonul, iar rezultatul obținut fiind un șablon ce se poate folosi imediat.

Atât fața șablonului cât și spatele au fost realizate în AutoCad la o scară de 1:5, scară care în formatul word nu a putut fi menținută, însă prin plotare directă a șablonului din AutoCad se obține dimensiunea dorită a acestuia.

În urma prelucrării tiparelor și a corecțiilor făcute la punctele caracteristice de pe conturul acestora, se vor obține imaginile din figura 6.15. Dacă prelucrarea în AutoCad este deficitară și nu satisface standardele se poate oricând revenii pentru a se face corecțiile necesare.

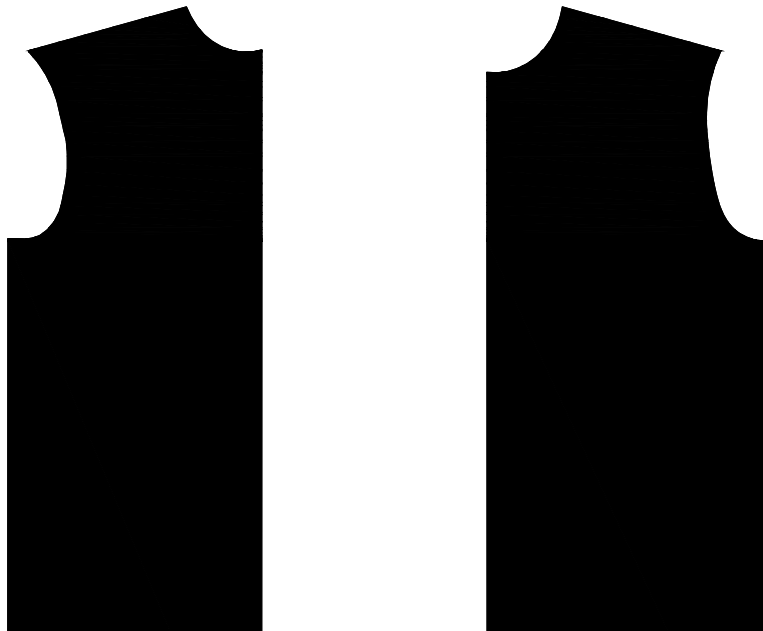


Fig. 6.15 Tiparele spate respectiv față, prelucrate în AutoCad, realizate la scara 1:5

În cadrul operațiunii de măsurare a manechinului s-au folosit 3 mărimi diferite. Fiecare mărime preluată presupune o nouă dimensionare a manechinului, care fiind reglabil facilitează acest lucru. Pașii pentru obținerea tuturor tiparelor implică aceleași metode prezentate anterior.

Pentru realizarea tiparelor produselor de îmbrăcăminte urmează definitivarea reperelor de față și spate prin introducerea adaosurilor de lejeritate,

necesare pentru libertatea mișcărilor și a respirației, sau a adaosurilor dictate de modă, în funcție de silueta produsului și de modelul dorit.

Această metodă nouă de realizare a tiparelor pentru produsele vestimentare, într-o gamă largă de mărimi, cu ajutorul manechinului reglabil, necesită unele îmbunătățiri, care odată făcute, va ușura considerabil construcția tiparelor și va reprezenta un real progres pentru industria textilă.



Fig. 6.16 Imagine din timpul pregătirii manechinului

În final sunt prezentate câteva instantanee din laboratorul în care s-a realizat acest studiu.

Astfel, în imaginea 6.16 se poate vedea pregătirea manechinului care constă în fixarea unor benzi adezive pe suprafața acestuia, astfel încât benzile să urmărească liniile de contur principale ale corpului, necesare în realizarea tiparelor. După fixarea benzilor, se poziționează punctele antropometrice specifice construcției tiparelor, precum și puncte de control necesare pentru preluarea și prelucrarea imaginilor.

În imaginea 6.17 este prezentată poziționarea și fotografierea manechinului, iar în imaginea 6.18, după ce imaginile au fost achiziționate, se trece la prelucrarea acestora prin decuparea zonei de interes, adică a manechinului. După ce imaginile au fost prelucrate, se urmărește realizarea modelului 3D, de unde se vor prelua datele pentru realizarea tiparelor produselor vestimentare.



Fig. 6.17 Imagine realizată în timpul fotografierii manechinului



Fig. 6.18 Imagine din timpul prelucrării fotografiilor

## 7. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII

- Produsele actuale de îmbrăcăminte, în care se îmbină calitățile funcționale cu cele estetice, reprezintă forme directe de manifestare estetică și mijloace de afirmare a personalității fiecărui purtător.
- Începând cu primul capitol, s-a scos în evidență evoluția idealului de frumusețe umană și a simțului estetic de-a lungul istoriei, deoarece întoarcerea privirii spre artă și implicit spre frumos a fost și va rămâne suportul de referință pentru creațiile marilor designeri vestimentari ai tuturor timpurilor.
- Totodată este necesar să se evidențieze importanța deosebită de a cunoaște structura anatomică a corpului uman, proporțiile armonioase dintre diferite segmente ale acestuia, tipurile de conformații și ținute, precum și forma exterioară a corpului uman privită ca suprafață de sprijin pentru produsele vestimentare, deoarece toate aceste date constituie baza de pornire în realizarea unui manechin pentru design vestimentar.
- Pentru scopul propus în această lucrare, de realizare a tiparelor produselor de îmbrăcăminte cu ajutorul unui manechin virtual pentru design vestimentar, s-a făcut un studiu de cercetare a posibilităților de modelare geometrică a curbilor și suprafețelor, ceea ce ajută la obținerea formelor complexe a corpului uman.
- Pornind de la tipurile de manechine pentru croitorie, sau manechinele industriale existente deja pe piață, precum și de la metodele cunoscute de cercetare a formei exterioare a corpului uman, s-a urmărit îmbunătățirea și mai ales simplificarea metodelor de construcție a tiparelor pentru produsele de îmbrăcăminte, tipare a căror formă și dimensiuni trebuie corelate cu forma și dimensiunile corpului uman.
- Cunoscut fiind faptul că dimensiunile corpului uman se modifică în timp (un exemplu concludent fiind creșterea în înălțime), s-a considerat necesară verificarea și compararea datelor obținute în urma măsurărilor personale, cu datele existente în standardele antropometrice. Rezultatele fiind foarte apropiate s-au luat în considerare ca date de pornire la realizarea manechinului cele obținute în urma măsurărilor personale.
- În ideea simulării dinamice a unui manechin virtual, s-au conceput două programe pentru calculator. Noutatea constă în faptul că acestea pot modifica dimensiunile a trei parametri principali: bust, talie și șolduri, ceea ce contribuie la alcătuirea tipologiei dimensionale întâlnite în rândul populației.



- Ambele programe pornesc de la corpul feminin de proporții ideale, propus de programul *Poser*. Acest produs software este relativ singular pe piața de profil, deoarece este atât de complex și de bine realizat, încât se pare că a descurajat concurența, cel puțin în ultimii ani.
- Primul program realizat, "01.exe", mărește bustul și/sau talia și/sau șoldurile cu 25% și respectiv cu 50%. De remarcat este faptul că modificările geometriei corpului se fac realist, fără ruperea continuității părților, corpul dând impresia de întreg.
- Al doilea program realizat, "02.exe", nu reușește în faza actuală acest lucru, adică legătura între cele trei părți anatomice, în schimb programul se bazează pe importanța dimensiunilor perimetrelor principale, precum și pe marea lor varietate: perimetrul bustului (Pb), perimetrul taliei (Pt) și perimetrul șoldurilor (Pș), pentru cei din lumea modei.
- Astfel, programul "01.exe" este mai spectaculos din punct de vedere estetic, dar are neajunsul dimensiunilor reduse din punct de vedere al numărului de subiecți (doar 10 tipuri), pe când programul "02.exe" are posibilitatea de modificare a principalelor perimetre amintite anterior, într-o varietate mult mai mare, dar are neajunsul că cele trei părți anatomice ale corpului nu prezintă continuitate.
- Într-o versiune viitoare se dorește realizarea unui program de modelare geometrică a unui manechin virtual care să includă doar avantajele celor două programe: "01.exe" și "02.exe".
- În dorința de a evidenția importanța realizării unor astfel de manechine virtuale care să se și materializeze în practică, s-a făcut un studiu asupra modalității de realizare a tiparelor pentru produsele de îmbrăcăminte, cu ajutorul unui manechin și cu ajutorul unui aparat foarte performant, "In Speck Halfbody", de ultimă generație.
- Metoda de funcționare a aparatului InSpeck Halfbody folosește tehnica de investigare imagistică împreună cu aplicații soft specifice: FAPS (Fringe Acquisition and Processing Software) și EM (Editing and Merging).
- Cu ajutorul acestor programe este posibilă achiziționarea imaginilor, editarea și prelucrarea acestora, asigurându-se astfel reconstrucția virtuală a suprafeței reale a unui manechin pentru design vestimentar.
- În acest fel se vor putea prelua coordonatele care ne interesează, se vor introduce în AutoCad, obținându-se apoi desfășuratele plane ale reperelor pentru fața și respectiv spatele unui produs vestimentar, în gama dimensională dorită.
- Pentru realizarea tiparelor de model a produselor de îmbrăcăminte, urmează definitivarea reperelor de față și spate prin introducerea adaosurilor de lejeritate, necesare pentru libertatea mișcărilor și a respirației, sau a adaosurilor dictate de modă, în funcție de modelul dorit.

- Concluzionând, toate datele și informațiile din această lucrare contribuie la ușurința construcției tiparelor pentru produsele de îmbrăcăminte, cu ajutorul tehnicii de calcul și cu ajutorul manechinelor virtuale pentru design vestimentar, ceea ce constituie o noutate în acest domeniu. În consecință, perfecționarea acestei tehnici va reprezenta un real progres pentru industria textilă.

## BIBLIOGRAFIE

1. Aldrich W., "Metric Pattern Cutting", Harper Collins Publishers, Glasgow, Anglia, 1991;
2. Atherton P.R., Weiler K., Greenberg D., "Polygon Shadow Generation", SIGGRAPH 78;
3. Avermaete R., "Rubens și epoca sa", Editura Meridiane, București, 1972;
4. Baci Clement C., "Aparatul Locomotor" (anatomie funcțională, biomecanică, semiologie clinică, diagnostic diferențial), Editura Medicală, București, 1981;
5. Baltrusaitis J., "Evul Mediu fantastic", Editura Meridiane, București, 1975;
6. Barsky B.A., Beatty J.C., "Local Control of Bias and Tension în Beta-Splines", Computer Graphics, 1983;
7. Bartels R.H., Beatty J.C., Barsky B.A., "An Introduction to Spline for Use în Computer Graphics and Geometric Modeling", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco 1987;
8. Beach R.C., "An Introduction to the Curves and Surfaces of CAD", VNR, Computer Library, New York, 1991;
9. Berbente C., Zancu S., Mitran S., Pleter o., Tăranu C., "Metode numerice de calcul și aplicații", Editura I.P.B., București, 1992;
10. Bezzel B., "Graphics programming in C++", Addison Wesley Publishing Company, 1990;
11. Bialostocki J., "O istorie a teoriilor despre artă", Editura Meridiane, București, 1977;
12. Blinn J. "Computer Display of Curved Surfaces", University of Utah, 1978;
13. Blinn J., Newell M., "Texture and reflection în computer generated images", CACM, 1976;
14. Blumenfeld M., "Introducere în metoda elementelor finite", București, Editura Tehnică, 1995;
15. Blumenfeld M., Ioniță A., Mareș C., "Metoda elementelor finite" (Aplicații și programe introductive), București, Editura I.P.B., 1992;
16. Blythe D., "Programming with OpenGL: Advanced Rendering", 1997, SIGGRAPH;
17. de Boor C., "A Practical Guide to Splines", Springer-Verlag, New York, 1978;
18. de Boor C., "On Calculating B-splines", Journal of Approximation Theory, 1972;
19. Brad C., "Pictura Japoneză din Patrimoniul Galeriei de Artă Orientală", Editura Athena, București, 1994;
20. Brehier L., "La civilisation byzantine", A. Michel, Paris, 1970;
21. Brumariu A., "Proiectarea Îmbrăcăminte", curs litografiat al Institutului Politehnic Iași, Facultatea de Tehnologie și Chimia Textilelor, 1989;
22. Bușulenga-Dumitrescu Z., "Renașterea, umanismul și destinul artelor", Editura Univers, București, 1975;
23. Buzdugan Gh., "Rezistența materialelor", Editura Academiei, București, 1986;

24. Cacoveanu M., "Proiectarea tiparelor în designul vestimentar", Atlas-Clusium, Cluj Napoca, 2003;
25. Carey R., Bell G., Marrin C., ISO/IEC 14772-1:1997, "Virtual Reality Modeling Language", URL: <http://www.vrml.org/Specifications/VRML97>, 1997;
26. Carvelli S., Ruggeri N., "La modellistica dell'abbigliamento, vol.1, Gonne-Pantaloni, Tecniche Nuove, Milano, 2001;
27. Carvelli S., Ruggeri N., "La modellistica dell'abbigliamento, vol.2, Abiti-Capispalla, Tecniche Nuove, Milano, 2001;
28. Castleman K. R., "Digital Image Processing", Prentice Hall, 1996;
29. Catmull E., "A Subdivision Algorithm for Computer Display of Curved Surfaces", Ph. D. Thesis, Report UTEC-CSc, 1974;
30. Catmull E., "Computer Display of Curved Surfaces", IEEE Computer Graphics, 1975;
31. Ciontea Gh.: "Proiectarea Îmbracamintei", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1993;
32. Chiriac V., "Finisarea termică și higrotermică a confecțiilor textile", Editura Tehnică, București, 1989;
33. Chiriac V., "Tehnologia de finisare a confecțiilor textile", Editura Tehnică, București, 1996;
34. Chiyokura H., "Solid Modeling With DesignBase: Theory and Implementation", Addison-Wesley, 1988;
35. Clark J., "A Fast Scan-Line Algorithm for Rendering Parametric Surfaces", SIGGRAPH 79;
36. Constantinescu I., Dăneț N., "Metode noi pentru calcule de rezistență", Editura Tehnică, București, 1989;
37. Cox M.G., "The Numerical Evaluation of B-splines", J.Inst.Maths. Applies, 1972;
38. Crow F., "Shadow Algorithms for Computer Graphics", SIGGRAPH 77;
39. Cuteanu E., Marinov A., "Metoda elementelor finite în proiectarea structurilor", Timișoara, Editura Facla, 1980;
40. Dippe M., Swensen J., "An Adaptive subdivision Algorithm and Parallel Architecture for Realistic Image Synthesis", SIGGRAPH 84;
41. Doctor L.J., Torborg J.G., "Display techniques for octree-encoded objects" Computer Applications, 1981;
42. Dragu P., "Modă și geometrie", Editura Tehnică, București, 1978;
43. Drăgulescu D., "Dinamica roboților", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1997, ISBN 973-30-5870-X;
44. Drăgulescu D., "Probleme de mecanică. Dinamica", Editura Helicon, Timișoara, 1992;
45. Drimba O., "Istoria Culturii și Civilizației", Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1987;
46. Drudi E., Paci T., "La figura nella moda", Ikon Editrice, Milano, 2003;
47. Dumitru I., Faur N., "Elemente de calcul și aplicații în rezistența materialelor", Editura Politehnică, Timișoara, 1997;
48. Encarnacao J., Schlenchtendahl E.G., "Computer Aided Design", Springer Verlag, Berlin, 1983;
49. Farin G., "Curved and Surfaces for Computer Aided Geometric Design", San Diego, Academic Press, 1988;
50. Farin G., "Curved and Surfaces for Computer Aided Geometric Design"-A Practical Guide, Academic Press Inc., 1990;

51. Faugeras, Ponces J., "A Hierarchical Representation for 3D Objects", IJCAI,1983;
52. Faur N., Dumitru I., "Diferențe finite și elemente finite", Editura Mirton, Timișoara, 1997;
53. Faux I. D., Pratt M. J., "Computational Geometry for Design and Manufacture", Ellis Horwood, Chichester UK, 1979;
54. Filipescu E., "Proiectarea constructivă a modelelor", Editura Gh. Asachi, Iași,1999;
55. Filipescu E., Avădanei M., "Structura și proiectarea confecțiilor textile", Editura Performantica, Iași, 2007;
56. Florea A., "Controlul calității produselor", Editura Gh. Asachi, 2001;
57. Foley J.D., et al., "Computer Graphics: Principles and Practice", Addison-Wesley, 1989;
58. Forsey D. R., Bartels R. H., "Hierarchical B-spline Refinement", În Computer Graphics Proceedings, addison Wesley, 1988;
59. Frunzetti I., Stanculescu Zamfirescu N., "Pictura Chineză Clasică", Editura Meridiane, București, 1975;
60. Fuchs H., Kedem Z. M., Naylor B. F., "On Visible Surface Generation by a Priori Tree Structures", SIGGRAPH 80;
61. Gârbea D., "Analiza cu elemente finite", Editura Tehnică, București, 1990;
62. Genaille R., "Enciclopedia picturii flamande și olandeze", Editura Meridiane, București, 1975;
63. Ghinea M., Fireteanu V., "MATLAB: calcul numeric-grafică-aplicații", Editura Teora, Bucureșei, 1995;
64. Ghițescu Gh., "Antropologie Artistică", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981;
65. Ghițescu Gh., "Permanențele artei", Editura Meridiane, București, 1976;
66. Gilbert N., Kuhn R., "Istoria esteticii", Editura Meridiane, București, 1972;
67. Gligor Oct., "Bazele proiectării și designul produselor", Editura Mitron, Timișoara, 1999;
68. Gligor Oct., "Structuri mecatronice", Editura Politehnica Timișoara, 2003, ISBN 973-625-108-X;
69. Heubner K. H., "The Finite Element Method for Engineers", John Wiley and Sons, N. Y.-Toronto, 1975;
70. Hope, Hugues, "Surface Reconstruction from Unorganized Points", Ph.D. Thesis, University of Washington, 1994;
71. Iorga N., "Istoria vieții bizantine. Imperiul și civilizația după izvoare", Editura Enciclopedică Română, București, 1970;
72. Jasma K., Schmauder, P., Yee N., "Biblioteca programatorului VRML", Editura All, București, 1998;
73. Kari P., "Wiew Based Rendering" Eurographics Workshop on Rendering, St. Etienne, France;
74. Kay D., Greenberg D., "Transparency for Computer Synthesized Images", SIGGRAPH 79;
75. Lane J., Carpenter L., Whitted T., Blinn J., "Scan Line Methods for Displayng Parametrically Defined Surface", CACM 23, 1980;
76. Larousse, "Personalități care au schimbat istoria lumii. Din Antichitate până în Evul Mediu", Editura Enciclopedia RAO, București, 2002;
77. Loghin C., "Tehnologii și utilaje în confecții textile", Editura Performantica, Iași,2003;

78. Luchin M., "Clasificarea și descrierea modelelor", A XXVIII-a Sesiune de comunicări științifice cu participare internațională, Academia Tehnică Militară, București, 1999;
79. Luchin M., "Considerații asupra semnificației și conținutului conceptelor de model și modelare", A XXVIII-a Sesiune de comunicări științifice cu participare internațională, Academia Tehnică Militară, București, 1999;
80. Luchin M., "Tendințe actuale în abordarea teoriei modelării", Robotica & Management, Reșița, 1999;
81. Meagher D., "Efficient Synthetic Image Generation of Arbitrary 3D Objects", IEEE Computer Society, 1982;
82. Microsoft Corporation, "Microsoft Developer's Network Library", 2003;
83. Microsoft Corporation, "Microsoft Visual C++ User's Guide", 2003;
84. Microsoft Corporation, "Microsoft Visual C++ Programmer's Guide", 2003;
85. Mitu S., "Confortul și funcțiile produselor vestimentare", Editura Gh. Asachi, Iași, 2000;
86. Mitu S., Mitu M., "Bazele tehnologiei confecțiilor textile", vol. 1 și vol.2, Editura Performantica, Iași, 2005;
87. Moldoveanu F., Racoviță Z., Petrescu Ș., Hera G., Zaharia M., "Grafica pe calculator", Editura Teora, București, 1996;
88. Moldoveanu F., Hera G., "Programarea aplicațiilor Windows", Editura Teora, București, 1995;
89. Mortenson M.E., "Geometric Modelling, John Wiley&Sons, USA, 1985;
90. Nanu A., "Arat pe om", Editura Compania, București, 2001;
91. Nanu A., "Artă, Stil, Costum", Editura Meridiane, București, 1976;
92. Nanu A., "Pe urmele lui Durer", Editura Albatros, București, 1976;
93. Nicolaiov P., "Tratamente umidotermice pentru confecții textile", Editura Performantica, Iași, 2004;
94. Nicolau E., "Analogie, modelare, simulare, cibernetică", Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1977;
95. Nicolau E., "Modelarea ca știință", Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1981;
96. Nițescu V., "Anatomia funcțională", Biomecanica și Antropologia Aparatului Locomotor", Editura Didactică și Pedagogică, R.A., București, 1995;
97. Olariu V., Brătianu C., "Modelarea numerică ce elemente finite", Editura Tehnică, București, 1986;
98. Oțetea A., "Renașterea", Editura Științifică, București, 1964;
99. Papaghiuc V., "Procese și utilaje pentru asamblări neconvenționale și tratamente de finisare în industria confecțiilor textile", Editura Performantica, Iași, 2005;
100. Papaghiuc V., Ionescu I., Florea A., "proiectarea sistemelor de fabricație pentru produse de îmbrăcăminte", Editura Performantica, Iași, 2004;
101. Papilian V., "Anatomia omului", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1974;
102. Papu E., "Arta și umanul", Editura Meridiane, București, 1974;
103. Pascariu I., "Elemente finite (Conceptii-Aplicații)", Ed. Militară, Bucurșeti, 1985;
104. Philippot P., "Pictura flamandă și Renașterea Italiană", Editura Meridiane, București, 1975;
105. Preda C., "Structura și calitatea materialelor pentru produse de îmbrăcăminte", Editura Performantica, Iași, 2004;

106. Radinschi C., "Desen Artistic în Industria Ușoară", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1974;
107. Riga Th., Călin Gh., "Evoluția gândirii în anatomia omului", Editura Științifică, București, 1970;
108. Rorers D., "Procedural Elements for Computer Graphics", McGraw-Hill, New York, 1985;
109. Sandre Antonio, "Il costume nei tempi della Preistoria al Rinascimento italiano, Torino, 1960;
110. Savii G.G., "Bazele proiectării asistate de calculator CAD", Editura Mirton, Timișoara, 1997;
111. Savii G.G., "Grafica 3D pe calculatoare PC", Presa Universitară Română, 1997;
112. Savii G.G., Luchin M., "Modelare și simulare", Editura Eurostampa, Timișoara, 2000;
113. Schweitzer, Dino and Cobb E., "Scanline Rendering of Parametric Surfaces", Computer Graphics, Proceedings SIGGRAPH, 1982;
114. Sederberg T., Perry S., "Free-Form Deformation of Solid Geometric Models", Computer Graphics, SIGGRAPH 86;
115. Shantz M., Lien S., "Shading Bicubic Patches", Computer Graphics;
116. Siclovan I., "Teoria educației fizice și sportului", Editura Sport-Turism, București, 1979;
117. Sid Ahmed M.A., Image Proceasing: Theory, Algorithms and Aarchitecture, Prentice Hall, 1995;
118. Șimon A., "Evoluția în timp a modei și a frumuseții umane", Simpozion Științific internațional, Univeritatea din Oradea, 2004;
119. Șimon A., "Reprezentarea și modelarea obiectelor geometrice pentru realizarea manechinelor virtuale în design vestimentar", Sesiune de comunicări științifice, Universitatea din Oradea, 2005;
120. Șimon A., "Realizarea tiparelor produselor de îmbrăcăminte, cu ajutorul unui manechin pentru design vestimentar", Sesiunea internațională de comunicări științifice, Universitatea din Oradea, 2008;
121. Taylor D.L., "Computer Aided Design", Addison-Wesley, 1992;
122. Teodorescu Dem., "Mic Atlas de Anatomie a Omului", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984;
123. Tilke Max, "Orientalische Kostume", Berlin, E. Wasmuth, 1923;
124. Timoshenko S.P., Woinowsky-Krieger S., "Teoria plăcilor plane și curbe", Editura Tehnică, București, 1968;
125. Trafali C., "Curs de antichități. Istoria costumului și a gătelii", București, 1932;
126. Tsutomu Ema, "A Historical Sketch of Japanese Costoms and Cosumes", Tokyo;
127. Umbaugh S.E., "Computer Vision and Image Processing", Prentice Hall, 1998;
128. Vertan C., Prelucrarea și analiza imaginilor", 1999;
129. Voine P.R., Voiculescu C.V., Simion F.P., "Introducere în mecanica solidului cu aplicații în inginerie", Editura Academiei București, 1989;
130. Vlad Marin, colectiv, "Grafica pe calculator în limbajele Pascal și C", Editura Tehnică, București, 1992;
131. Walnum C., "Windows 98 Programming Secret", IDG Worldwide, 1998;
132. Watt A., "3D Computer Graphics", Third Edition, Addison Wesley, 2000;

133. Watt A., Watt M., "Advance Animation and Rendering Techniques: Theory and Practice", 1992;
134. Watt A., Policarpo F., "The Computer Image", Addison-Wesley, 1998;
135. Williams L., "Casting Curved Shadows on Curved Surfaces", SIGGRAPH 78;
136. Whitted T., "An Improved Illumination Model for Shaded Display", SIGGRAPH, ACM Press, New York, 1979;
137. Zaharia M., "Structuri de date folosite în prelucrarea grafică a informației", Litografia Universității "Politehnica București, 1994;
138. \*\*\* Colecția "Mari Pictori", numerele: 2, 4, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 46, 51, 52, 54, 55, 56, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 77,79, 80, 82, 88; Editor Publishing Services, București, 2000;
139. \*\*\* Il tessuto e la confezione: conoscersi per capirsi, Formazione Educazione Lavoro, Edizione 2002;
140. \*\*\* InSpeck EM 4.0, 3D Modeling, Editing and Merging Software, version 4.0, Advanced Features Tutorial, 2002, Montreal, Canada;
141. \*\*\* Institutul Român de Standardizare (IRS), "Sisteme de mărimi standard pentru îmbrăcăminte", ISO/TR 10652, București, 1996;
142. \*\*\* Personalități care au schimbat istoria lumii - Din Antichitate până în Evul Mediu, Larousse, Editura Enciclopedică RAO, București, 2002;
143. \*\*\* Revista "Elle - Mode", Schon jetzt die Highlights, nr.1, 1998;
144. \*\*\* Revista "Unica", Editura Ringier România, București, nr.6, 1998;
145. \*\*\* <http://askmen.ro>;
146. \*\*\* <http://displayarama.com>;
147. \*\*\* <http://downlosds.e-frontier.com/us/user/poser>;
148. \*\*\* <http://radgametools.com/down/Bink/RADTools.exe>;
149. \*\*\* <http://rhino3d.com>;
150. \*\*\* <http://totaltehnik.ro>;
151. \*\*\* <http://wikipedia.org>;





**Titluri recent publicate în colecția „TEZE DE DOCTORAT”  
seria 9: Inginerie Mecanică**

---

1. **Ionel Doru Baci** – *Studiul unei familii de rețele axiale reversibile cu aplicații la proiectarea turbomașinilor, ISBN 978-973-625-489-5, (2008);*
2. **Nicolae Giorgi** – *Cercetări teoretice și experimentale privind întocmirea cadastrului de mediu pentru municipiul Târgu Jiu, ISBN 978-973-625-683-7, (2008);*
3. **Ina Liliana Vodislav** – *Contribuții privind valorificarea ecologică a deșeurilor din cauciuc, ISBN 978-973-625-684-4, (2008);*
4. **Liliana Vilceanu** – *Contribuții privind gestionarea deșeurilor industriale și menajere în contextul dezvoltării durabile a județului Gorj, ISBN 978-973-625-687-5, (2008);*
5. **Daniela Gherghel** – *Contribuții privind recuperarea, prin preotezare, a funcțiilor mecanice ale membrului superior uman, ISBN 978-973-625-686-8, (2008);*
6. **Gavrilă Trif-Tordai** – *Cercetări privind arderea combinată a biomasei cu cărbune, ISBN 978-973-625-713-1, (2008);*
7. **Adrian-Iulian Țenchea** – *Contribuții privind cercetarea arderii în strat fluidizat a biomasei, ISBN 978-973-625-712-4, (2008);*
8. **Radu Ioan Tărcăet** – *Cercetări privind realizarea precurățirii și preuscării semințelor de cereale prin fluidizare cu aer la temperatura ambienta, ISBN 978-973-625-717-9, (2008);*
9. **Ioan Marcel Indre** – *Cercetări asupra factorilor care influențează capacitatea de aspirație a ventilatorului transversal, ISBN 978-973-625-718-6, (2008);*
10. **Dan Ioan Stoia** – *Modelarea, dezvoltarea și testarea implanturilor pentru coloana vertebrală, ISBN 978-973-625-697-4, (2008).*



EDITURA POLITEHNICA

