



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00771

(22) Data de depozit: 20/11/2019

(41) Data publicării cererii:  
28/05/2021 BOPI nr. 5/2021

(71) Solicitant:  
• IPRINT 3D DESIGN&CONSULTING  
S.R.L., STR.HORAȚIU, NR.5, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• CĂLIN LAURENȚIU COSTIN,  
STR. ȘTIRBEI VODĂ, NR.4, BL.2, SC.4,  
AP.145, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• CĂLIN MIHAELA, STR.ȘTIRBEI VODĂ,  
NR.4, BL.2, SC.4, AP.145, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;

• IVANICA GABRIEL, STR.REDIU, NR.13,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• MORAR ANCA - ANDREEA,  
STR.OLĂNEȘTI, NR.4, BL.43 A, SC.1, ET.1,  
AP.5, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;  
• MOLDOVEANU ALIN - DRAGOȘ -  
BOGDAN, ALEEA BAIA DE ARIEȘ, NR.5,  
BL.1, SC.3, ET.4, AP.39, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(74) Mandatar:  
STRENC SOLUTIONS FOR INNOVATION  
S.R.L., STR.LUJERULUI NR.6, BL.100,  
SC.B, ET.3, AP.56, SECTOR 6, BUCUREȘTI

(54) SISTEM ȘI METODĂ DE GENERARE AUTOMATĂ A UNOR  
ELEMENTE DE ÎMBRĂCĂMINTE PE BAZA EXTRAGERII  
ȘI PROCESĂRII MĂSURĂTORILOR CORPORALE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și o metodă de generare automată a unor elemente de îmbrăcăminte, pe baza extragerii și procesării măsurătorilor corporale. Sistemul, conform invenției, cuprinde un sistem de scanare format dintr-un sistem central de procesare, comandă și înregistrare (1), care comunică cu un server în cloud (2), un motor rotativ (3), care antrenează o platformă mobilă (4), un ecran de vizualizare (5), informațiile obținute în procesul de scanare fiind preluate de mai multe camere de captură, în funcție de înălțimea persoanei scanate, și procesate într-un modul de captură date (9) și, prin intermediul unui modul de transmisie (10), ajung la un modul de reconstrucție (11) responsabil cu preluarea informației de scanare și generarea unui model 3D, sistemul cuprinzând, de asemenea, un modul de segmentare a corpului (12) destinat identificării principalelor zone corporale ale modelului 3D, un modul de extragere a măsurătorilor corporale (13), care preia informația segmentată a unui model 3D și pe baza unor zone predefinite conform zonelor corporale calculează măsurători specifice utilizate în industria textilă.

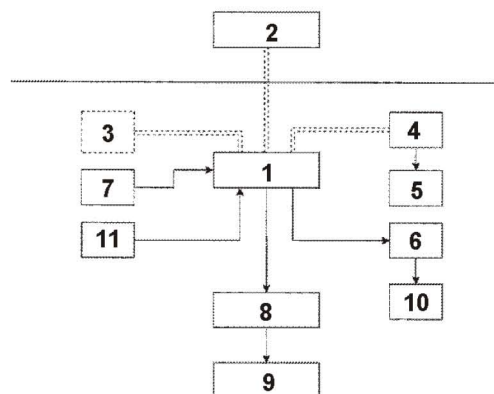


Fig. 1

Revendicări: 5  
Figuri: 8

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MARCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	a 2019 00771
Data depozit .....	20-11-2019

58  
59

1

## **Sistem si metoda de generare automata a unor elemente de imbracaminte pe baza extragerii si procesarii masuratorilor corporale**

Sistemul si metoda conform inventiei sunt destinate in principal industriei de imbracaminte si textile si permit ca pe baza scanarii corpului uman si extragerii si procesarii masuratorilor obtinute, sa se poata genera in mod automat elementele de imbracaminte de baza, conform unor specificatii standard, respectiv determinarea valorile ISO corespunzătoare marimilor utilizate la scara largă în industria textila. Utilizarea principiilor de baza specifice acestei inventii de extragere si procesare a măsurătorilor corporale face posibilă extinderea viitoare a aplicabilitatii inventiei si catre domeniile fitnessului, sanatatii, sportului, etc., in care este importanta o procesare a masuratorilor corporale in scopul luarii unor decizii de natura functionala bine determinate ce tin de aceste domenii.

Sunt cunoscute metode si sisteme de scanare a corpului uman in scopul determinarii caracteristicilor sale anatomice si de asemenea sunt cunoscute metode si sisteme de generare automata a unor elemente de imbracaminte.

Astfel, in documentul de brevet US 2018/0137640 A1 "3D body scanner data processing flow" se prezinta un sistem de scanare care pe baza informatiilor obtinute de la o multitudine de senzori, si procesate corespunzator metodei descrise, permite crearea unui model 3D al corpului uman, ce permite derularea de aplicatii in domeniul fitness-ului si sanatatii. Dezavantajul acestui sistem decurge din limitarea aplicabilitatii sale la modele de business B2C adica la domenii care nu au tangenta cu industria textila si de asemenea in faptul ca sistemul de scanare utilizeaza numai o platforma rotativa si nu brate care se rotesc in jurul subiectului, ceea ce creaza posibile limite de utilizare pentru anumiti subiecti. In documentul de brevet US 2019/027269 A1 "Cloud based garment design system" se prezinta un sistem de proiectare automata a unor articole de imbracaminte. Sistemul descris lasa deschisa problema generarii unui model 3D pe baza rezultatelor unui proces de scanare si in plus implementarea sa flexibila pe de-o parte pentru diverse categorii de subiecti, si pe de alta parte pentru diverse articole textile. Documentul de brevet US 20110218664 A1 "Fashion design method, system and apparatus" defineste un sistem de proiectare automata de elemente de imbracaminte, bazat pe incarcarea datelor biometrice ale unui subiect uman, analiza lor si apoi selectarea unui model de imbracaminte dintr-o baza de date si compararea sa cu modelul, urmata de modificarea modelului pentru a obtine modelul personalizat. Sistemul si metoda

prezentate au un caracter prea mare de generalitate, si nu reusesc sa genereze modele sui generis de imbracaminte bazate pe imaginea reala a subiectului uman interesat si adecvate total acestei imagini. Problema tehnica rezolvata de prezenta inventie este generarea automata, facila si flexibila de elemente textile de imbracaminte pe baza extragerii si procesarii masuratorilor corporale, preluate de la un sistem de scanare incorporat si generarii unui model 3D corespuzator.

Solutia tehnica conform inventiei are la baza un sistem hard/soft de scanare in 3D a corpului uman completat optional cu un cantar electronic, sistem care este tine cont de dimensiunea modelului uman scanat si are in vedere atat optimizarea posturii cat si eliminarea unor factori perturbatori ce tin de posibile interferente intre echipamente si decalibrari. Parametrii rezultati din scanarea corpului uman sunt apoi transmisi si procesati intr-o serie de module soft ce realizeaza reconstructia si segmentarea corpului uman, extragerea de masuratori corporale si scheletizarea si calculul parametrilor de animatie ce permit in ultima instanta generarea si simularea elementelor de imbracaminte dorite. Metoda de generare derulata pe sistemul aferent, este implementata cu ajutorul unui program de calculator complex ce realizeaza pasii specifici necesari generarii automate a elementelor de imbracaminte pe baza rezultatelor scanarii si cantaririi corpului uman.

Avantajul sistemului si metodei propuse consta in aceea ca ele sunt flexibile si facil de aplicat la diverse categorii de subiecti si pentru diverse articole textile de imbracaminte, in baza generarii unui model 3D adhoc rezultat din procesul de scanare implicat.

Se da in continuare un exemplu de realizare a inventiei conform figurilor 1..8 care reprezinta :

- Fig. 1- Structura hardware/software a sistemului de scanare
- Fig. 2- Schema functionala a metodei de scanare si reconstructie si formatele standard de reprezentare a datelor ;
- Fig.3- Schema functionala procesului de animatie, simularea elementelor de imbracaminte si vizualizarea rezultatului final ;
- Fig.4- Model platforma de scanare ;
- Fig. 5- Exemplu de optimizare a centrului de rotatie a scanarii un interval de 9 sectiuni; a- eroare a centrului de rotatie de 3 mm ; b- optimizare submilimetrica a centrului de rotatie
- Fig. 6-Exemplu de model uman scanat (stanga), segmentarea zonelor corpului (centru) si reprezentarea scheletal a acestuia (dreapta)
- Fig.7-Exemplu de extragerea masuratorilor la nivelul corpului ; circumferinta(stanga) lungimi (dreapta)
- Fig.8- Exemplu definire tipar tricou pentru simularea de haine.

Sistemul de generare automata a unor elemente de imbracaminte are ca punct central un subsistem de scanare performanta , comandat de un modul central 1 de procesare, comanda si inregistrare care cumunica cu un server in cloud 2.

Modulul 1 combina un sistem PC clasic echipat cu resurse hardware corespunzătoare pentru a putea îndeplini cerințele de performanță necesare ansamblului de scanare, precum și o plăcută hardware de control și afișare ce este responsabilă de interacțiunea cu elementele hardware ce nu pot fi conectate la un PC clasic precum senzorul de cantarire si butoanele de comanda. Modulul reprezinta punctul central al ansamblului sistemului intrucat comanda și coordonează mișcarea unui motor rotativ 4, a unor camere de captura 3 , răspunde la comenzile de butoane trimise de către utilizator, afișează informațiile procesului de scanare către utilizator și comunica cu echipamentele adiționale hardware precum un modul de cantarire 8. De asemenea, modulul comunica cu serverul extern 2 pentru identificarea utilizatorilor, înregistrarea procedurii de scanare dar și încărcarea datelor captate prin intermediul unui modulul de transmisie de date 10. Serverul in cloud 2 realizeaza o serie de functionalitati ce permit identificarea utilizatorilor ce utilizeaza scannerul, și alocarea de resurse corespunzătoare pentru salvarea unui nou scan precum informații de istoric al scanarilor, salvarea inregistrarilor si a datelor de masura obtinute in urma generarii modelului 3D si extragerea informatiilor de interes.

Fără a primi o comanda de identificarea sistemul nu va porni procesul de scanare. În acest caz pentru a se putea utiliza sistemul este necesara o conexiune de rețea care sa permita comunicarea în permanentă cu serverul.

Ansamblul 3 de camere de captura poate fi compus atât din 2 camere, 3 sau 4 în funcție de dimensiunea modelului scanat. Pentru a obține un rezultat corespunzător pentru persoanele mai înalte este necesar sa se amplaseze cel puțin 3 senzori, însă modelul de reconstructie și extragere de măsurători funcționează și în cazul utilizării a doar 2 camere, atat timp cat informații capturata este corespunzătoare realității.

Majoritatea camerelor de adancime au un camp de vizualizare destul de restrans, de aproximativ 45 grade pe verticala si 60 grade pe orizontala. Intrucat miscarea de scanare (rotatie) este pe orizontala 360 grade, dar si datorita faptului ca informatia scanata pe orizontala este redusa comparativ cu cea pe verticala (oamenii sunt mult mai inalti decat lati) pentru a maxima informatia oferita de fiecare camera acestea se moteaza rotite la 90 de grade, pe verticala, obtinand astfel o deschidere de 60 grade a campului de vizualizare pe verticala si de 45 pe orizontala. Avand in vedere ca se resealizeaza o rotatie completa in jurul subiectului scanat, la orice cadru preluat, campul de vizualizare pe orizontala poate sa acopere doar o parte din subiect fara a afecta calitativ informatia capturata sau posibilitatile de reconstructie. Astfel, prin pozitioneaza rotita a camerei, se mareste campul de vizualizare pe verticala, iar prin rotirea completa si inregistrarea continua la 30 de cadre pe secunda, se garanteaza preluarea optima a intregii suprafete circulare pe acest interval.

Avand in vedere pozitionarea camerelelor la aproximativ 1 metru de centrul de reconstructie, chiar si o deschidere de 60 de grade nu poate acoperi un subiect uman complet. Cum, in mod ideal, informatia de captura la nivel de camera acopera aproximativ 1 metru pe verticala in functie de inaltimea subiectul scanat, se pot monta 2, 3 sau chiar si 4 senzori la intervale de inaltime diferita, pentru a asigura o acoperire optima a suprafetei. De asemenea este necesar ca intervale de captura sa se intrepatrunda putin (~10cm) pentru a putea uni corespunsator reconstructiile locale de la nivelul fiecarei camera intr-un model global asa cum este descris in metoda de reconstructie. Astfel, pentru un copil mic, sau o persoana sub 140-150 de cm... 2 senzori pot sa acopere in intregime scanarea completa, in schimb ce pentru persoanele mai inalte este necesar inca un senzor. Atat timp cat interferentele intre senzori sunt minime adaugarea unui nou senzor permite obtinerea unei calitati mai bune a reconstructie, atat timp cat suprafata noua capturata ofera o perspectiva de vizualizare diferita. Ex: O camera de la nivelul umerilor nu poate vedea si deasupra umerilor si la sub-brat, este necesar sa exista o camera montata putin deasupra iar alta dedesubt pentru a permite vizualizarea optima a suprafetei.

În funcție de tipul de camera utilizat și de tehnologia ce sta la baza acestora, amplasamentul poate fi variabil, respectand totodata si aspectele metionate precedent, pentru a se asigura ca nu exista interferențe între camere în momentul activarii sau înregistrării cum este in cazul tehnologiilor active bazate pe sablon IR sau time-of-flight.

Pentru înregistrare, sistemul conține o serie de senzori de adancime poziționati optim. Acești senzori trebuie sa ofere posibilitatea de a captura informație de adancime si nu doar de culoare Culoarea este

opțională întrucât nu este utilizată direct în cadrul procesului de reconstrucție, dar poate fi folosită pentru texturarea modelului scanat în modulul de vizualizare. Există multiple soluții de captură de adâncime ce funcționează pe tehnologii diferite, precum stereo infraroșu, stereo color, lumina structurată, time-of-flight, sau pe baza de captură cu tipar de deformare cunoscut. Sistemul utilizează camere pe baza de lumina structurată dar orice model din cele prezentate mai sus poate fi utilizat atât timp cât calitatea informației de adâncime este corespunzătoare cerințelor sistemului, precum o rezoluție minimă de 320 x 240 și calitate bună a estimărilor de adâncime având o eroare maximă de sub 1 cm la o distanță de 1 metru față de camera.

Motorul rotativ 4 antrenează o platformă 5 mobilă, în cazul în care utilizatorul trebuie rotit iar ansamblul de camere este static, sau un ansamblu de brațe de susținere pe care sunt montate camerele, în cazul în care utilizatorul stă pe loc iar sistemul de captură se rotește în jurul acestuia.

Motorul utilizat în cadrul ansamblului este de tip pas cu pas sau servomotor pentru a permite controlul cu exactitate al rotației dar și pentru a obține o estimare cât mai exactă a rotației la fiecare moment de timp întrucât pentru fiecare cadru de imagine capturat este asociat și o rotație relativă față de momentul inițial de pornire de start de 0 grade.

Platforma mobilă 5, rotativă sau cu sistem brațe rotative permite scanarea modelului prin rotirea 360 de grade a unui sistem de brațe ce integrează camerele de captură, așa cum se poate vedea și în Fig 3. sau prin rotirea subiectului scanat pe o platformă rotativă, având ansamblul de camere static fixat în afara platformei. Deși o parte din aspectele tehnice sunt diferite modelul prezentat de reconstrucție și calcul de măsurători este fix același și se adaptează fără nici o modificare pe ambele sisteme. Motivul pentru care sunt tratate 2 abordări distincte este datorat avantajelor și dezavantajelor oferite de fiecare model în parte.

Astfel, ansamblul cu brațe rotative are avantajele ca :

- Subiectul scanat nu este rotit fiind mult mai simplu să se mențină o postură fixă și corectă în timpul scanării;
  - Comfort sporit;
- și respectiv dezavantajele:
- Suprafața utilizată a ansamblului mult mai mare;
  - Elementele rotative mari ce pot să creeze probleme tehnice în timp;
  - Sistemul poate fi ușor decalibrat prin mișcarea repetată a ansamblului;

- Complexitate mai mare tehnica: camerele se rotesc împreună sistemul de captură în schimb ce modulul de comandă și de vizualizare este static. Modul de comunicare dintre cele 2 sisteme trebuie realizat prin intermediul comunicății wireless

La rândul său, ansamblul cu platforma rotativă are ca avantaje:

- Model tehnic simplificat (comunicare directă lan)
- Ansamblul rotativ redus
- Sistemul de camere static, calibrarea mult mai stabilă în timp
- Mentenanța redusă

și respectiv ca dezavantaje:

- Subiectul scanat este rotit ceea ce poate crea dificultăți în a menține o postură fixă în timpul scanării, mai ales în momentul accelerației sau decelerației platformei
- Dacă balansul din timpul scanării este semnificativ rezultatele scanării pot fi afectate

Un modul de vizualizare 6 permite utilizatorilor să se autentifice în cazul în care sistemul de scanare este configurat cu autentificare. De asemenea pe ecran se afișează tot procesul de scanare și instrucțiunile necesare pentru a se asigura că un utilizator al echipamentului poate face o scanare fără a interveni un alt operator uman, respectiv etapele de scanare, informații despre postură ce trebuie avută, instrucțiuni ajutoare de utilizare (ce butoane trebuie apasate și când) și afișarea programului de scanare în timpul scanării.

Pentru interacțiunea cu sistemul dar și pentru a asigura o postură optimă pentru utilizatori, sistemul dispune de 2 manere 7 așezate pe platforma de scanare. Manerele sunt ajustabile pe înălțime iar în dreptul zonei de susținere dispun fiecare de câte un buton de comandă ce execută diverse acțiuni în funcție de etapa de scanare. Acțiunile sunt de tipul Înainte / Înapoi / Confirma / Anulează și sunt afișate clar pe ecran în momentul în care utilizatorul trebuie să interacționeze cu sistemul

Ca modul opțional, sistemul încorporează și un cântar electronic 8 utilizat pentru extragerea de informații prin raportarea la greutatea utilizatorului. Acesta este integrat în cadrul procesului de inițializare de scanare ca o etapă suplimentară, iar informația de greutate este înregistrată în momentul alocării identificatorului de scanare pe serverul de procesare.

Sistemul funcționează cu un modul de captură de date 9 astfel ca în momentul semnării, acest modul este responsabil cu preluarea informației de la nivelul senzorilor optici (camerele de adâncime) cât și rotația de la motorul comandat. Cadrele preluate sunt înregistrate secvențial într-un fișier împreună cu metadate necesare realizării reconstrucției precum: indexul camerei de care aparține cadrul, indexul cadrului de imagine față de momentul de pornire, timpul real și rotația relativă a ansamblului la momentul de timp.

Înainte de arhivarea imaginilor fără pierdere de calitate în formatul propriu de stocare, fiecare cadru este procesat pentru eliminarea distorsiunilor create de sistemul optic de la nivel hardware.

Antetul înregistrării conține toate informațiile de natură hardware necesare reconstrucției precum: timp de înregistrare, număr de cadre, proprietăți de camere, etc.

La finalizarea procesului de scanare, un modul de transmisie de date 10 preia fișierul înregistrat și îl trimite către serverul de procesare. Întrucât serverul de procesare nu este local, și pentru acest pas este necesară o conexiune de internet.

Sistemul cuprinde și un modul de reconstrucție 11 responsabil cu prelucrarea informației de scanare și generarea unui model 3D de timp suprafață. Modulul comunică în permanentă cu serverul de stocare 2 pentru a determina momentul în care un nou scan a fost generat. În urma unui eveniment transmis de către server, înregistrarea făcută la nivelul scannerului este preluată de modul și procesată pentru obținerea unui model 3D al persoanei scanate. Etapele de procesare presupun pre-procesarea informației de la nivelul fiecărei camere, generarea unui model format din puncte 3D pentru fiecare punct de vizualizare (camera), combinarea acestora într-un model global și aplicarea unor serii de filtre și optimizări pentru obținerea unui model 3D cât mai apropiat de cel real.

Un modul de segmentare a corpului 12 este responsabil cu identificarea principalelor zone corporale ale unui model 3D așa cum se prezintă în Fig 6. Detecția se face pe baza unui model de inteligență artificială ce este antrenat în prealabil pe o suită mare de modele 3D asemănătoare. Rezultatele obținute de acest modul sunt utilizate pentru stabilirea cu exactitate a zonelor de măsurare dar și pentru generarea scheletului uman și calculul parametrilor de animație la nivel de suprafață.

Apoi, un modul de extragere de măsurători corporale 13, preia informația segmentată a unui model 3D și pe baza unor zone predefinite conform zonelor corporale calculează o serie de măsurători specifice utilizate în industria textilă. Măsurătorile sunt atât de tip lungime (la suprafața modelului) cât și circumferințe așa cum se pot identifica și în Fig 7. Rezultatele de măsurare stau la baza estimării dimensiunilor și modelelor de haine necesare pentru un utilizator.



În continuare, un modul de scheletizare și calcul parametri de animație 14 este responsabil cu determinarea unui schelet al modelului 3D așa cum se poate vedea în Fig 6.c dar și segmentarea modelului 3D în zone distincte ce pot fi afectate de o serie de oase. Calcularea gradului de influență al fiecărui os asupra punctelor individuale de la suprafața modelului reprezintă procesul de calcul de parametri și este necesar pentru a putea determina modul în care suprafața 3D este modificată în momentul aplicării animațiilor.

Informația este apoi procesată într-un modul de generare/simulare elemente de îmbrăcăminte 15 pentru generarea de elemente de îmbrăcăminte specifice fiecărui model scanat. Astfel, articolele de îmbrăcăminte pot fi modificate pe loc în cadrul unei aplicații vizuale și plasate pe suprafața modelului prin rularea unui algoritm de simulare de fizică ce se asigură că modul în care articolele vestimentare se mulează/așează pe corp este realist. Modulul permite salvarea și încărcarea de tipare diferite de îmbrăcăminte pentru a putea fi reutilizate în cadrul oricărui model 3D scanat.

În fine, un modul client de autentificare/vizualizare 16 este reprezentat de o aplicație mobilă client ce permite utilizatorilor să se autentifice în cadrul scannerului prin intermediul scanării unui cod QR. De asemenea, aplicația permite vizualizarea informațiilor de scanare, a măsurătorilor corporale extrase, precum și un istoric complet al acestora.

Comunicarea este exclusivă doar cu serverul cloud întrucât toate datele din urma scanărilor generate de modulele de calcul și procesare sunt încărcate pe server și stocate pentru fiecare utilizator în parte.

Metoda de generare automată a unor elemente de îmbrăcăminte pe baza extragerii și procesării măsurătorilor corporale, conform invenției, presupune într-o primă etapă derularea procesului de scanare și reconstrucție. Procesul de scanare și reconstrucție prezentat în Fig. 2 presupune derularea următorilor pași:

- Captarea de cadre 360 de grade în jurul corpului uman cu ajutorul platformei rotative/suport rotativ pe care sunt montate o serie de camere de adancime;
- Preprocesarea imaginilor de adancime pentru eliminarea erorilor mici prin aplicarea unor filtre spațiale
- Calculul normalelor suprafeței la nivel de imagine 2D
- Optimizarea iterativă a poziției centrului de rotație pe segmente verticale pentru aflarea centrului de reconstrucție, pas executat pentru fiecare interval vertical valid pentru fiecare camera din ansamblu
- Fuziunea informației 3D într-un model final alcătuit din puncte

-Filtrarea informației 3D prin eliminarea elementelor statice (suport brate, platforma, etc) și optimizarea rezultatului prin procedee statistice de analiza a erorilor, respectiv reesantionarea modelului pe baza normalelor la suprafață

-Calculul modelului 3D, netezirea suprafeței finale și decimarea modelului pentru reducerea spațiului de stocare necesar

-Detectia zonelor corporale și extragerea măsurătorilor și parametrilor corporali

-Calculul marimilor standard pentru industria textilă  
Preprocesarea imaginilor se în general la nivel de pixel. Fiecărui cadru îi este aplicat un filtru de netezire al informației pentru a reduce erorile cauzate de imperfecțiunea semnalului de la nivel hardware. Se pot utiliza o serie largă de filtre de netezire ce țin cont atât de aspecte geometrice (apropierea dintre pixeli) cât și de aspecte spațiale (distanța reală reprezentată de fiecare pixel). În același timp pentru fiecare cadru imagine se calculează și informația de normala la suprafața la nivel de pixel. Aceste calcule se realizează pe o unitate grafică și sunt utilizate în continuare în procesul de reconstrucție.

În același pas se identifică rotația modelului scanat prin identificarea cadrelor imagine corespunzătoare cu elementele statice cunoscute (cu ar fi manerele de susținere). Informația despre elementele statice este salvată iar ulterior utilizată pentru a identifica elementele statice reconstruite ce trebuie să fie extrase.

Optimizare iterativă a centrului de rotație are la bază faptul că înregistrarea obținută în primul pas reprezintă o rotație de 360 completă în jurul subiectului scanat. Fiecare cadru preluat prezintă suprafața scanată văzută din perspectiva camerei dintr-un unghi precis. Având în vedere că rotația formează un cerc perfect, s-a dezvoltat un algoritm ce permite optimizarea iterativă a poziției centrului de rotație prin proiecția informației de adâncime pe secțiuni verticale pe suprafața unei texturi 2D pe GPU. Parametrii cunoscuți inițial sunt poziționarea camerelor în spațiu absolut de reconstrucție (înălțime) și rotația locală a acestora (față de modul de utilizare normal pe orizontală). Acești parametri se pot calcula manual sau obține prin diverse metode de calibrare ce permit identificarea transformărilor necesare pentru obținerea amplasamentului final cu privire la spațiu de reconstrucție. Rotația inițială (în cadrul 0) a camerelor cu privire la centrul de scanare este 0 întrucât aceasta este o informație obținută în urma parcurgerii cercului de 360 grade. Întrucât camerele sunt amplasate pe cadre suport diferite, unul este considerat fix iar pentru celelalte camere se notează valoarea delta ce trebuie aplicată pentru a obține o reconstrucție corectă. Modelul de optimizare presupune următorii parametri:

- Intervalul vertical de optimizarea a centrului cercului (în milimetri)

- Numărul de proiecții optimizate în același timp prin amplasarea acestora pe o textura 2D împărțită în N linii și M coloane
- Dimensiunea unui punct de adancime proiectat pe suprafața de textura 2D

Având parametrii setați, se stabilește numărul de intervale de optimizare necesare pentru fiecare camera în parte. Algoritmii ales, realizează o optimizare locală pe fiecare secvență verticală stabilită. Astfel nu se obține un centru de rotație unic ci un optim local pentru fiecare interval. Optimizarea se realizează până se atinge un minim local al ariei suprafeței de contur proiectată (calculată pe suprafața de textura prin însumarea pixelilor diferiți de 0). Procedura este unul iterativ întrucât se variază poziția centrului de rotație la fiecare nouă iterație, până la un nivel

submilimetric pentru a se putea garanta un rezultat cât mai optim al reconstrucției finale, așa cum se prezintă în Fig 4.

Pentru procesul de filtrare și reconstrucție se proiectează fiecare imagine de adancime în spațiul 3D de optimizare iar rezultatul este proiectat top-down pe o textura 2D de rezoluție mare (1px = 1mm)

După ce toate cadrele au fost proiectate în acest mod, pe textura se pot identifica contururile celor N x M secțiuni proiectate. Întrucât secțiunile sunt consecutive din punct de vedere spațial, se aplică un algoritm de filtrare și netezire pentru a elimina zgomotul informației de la nivelul de senzorului sau a punctelor din spațiu ce nu corespund corespunzător unui model continuu pe verticală. Astfel sunt eliminate și punctele unice în spațiu fără vecini.

Pentru reconstrucția finală se repetă procedura finală a proiecției de optimizare dar utilizând parametrii de optimizare calculați precedent. Informația de pe fiecare textura 2D este translatată în spațiul de reconstrucție unde este fuzionată în cadrul unui nor de puncte 3D unic pentru fiecare camera.

Fiecare punct 3D conține informația de poziție și normală la suprafață dar există suport pentru a adăuga și alte date precum este informația de culoare.

Folosind informația de amplasament relativ al camerelor se face o fuziune într-un singur model volumetric ce poate conține până la 8 milioane de puncte.

Pasul de filtrare și post procesare presupune implementarea următoarelor acțiuni:

- Modelul volumetric rezultat este filtrat prin eliminarea elementelor statice ce nu fac parte din modelul scanat cum ar fi brațele de susținere ale mainilor și platforma centrală de scanare.
- Modelul este re-orientat pentru a elimina informația redundantă și pentru a putea fi procesat mai ușor

- Un al-2-lea pas mai avansat de re-eșantionare pe baza analizei normalelor de suprafață elimină punctele considerate de interior și generează o suprafață continuă cu 1 singur strat
- Se filtrează încă o dată rezultatul după numărul de vecini
- Se calculează modelul 3D inițial ca suprafață geometrică

Procesarea modelului uman scanat presupune derularea următoarelor acțiuni:

- Se ajustează suprafața de contact a picioarelor pentru a se asigura că reconstrucția porneste de la nivelul platformei de scanare
- Se aplică un algoritm de netezire a suprafeței pentru a elimina posibilele erori de tip zgomotul introduse de algoritmul de reconstrucție a suprafeței
- Se reduce modelul la un număr minim de poligoane astfel păstrând însă calitatea foarte apropiată de cea a reconstrucției inițiale, prin combinarea poligoanelor ce reprezintă o suprafață comună
- Se exportă rezultatul într-un fișier standard pentru modele 3D

Ultimul pas al acestei etape constă în extragerea măsurătorilor corporale, ceea ce presupune ca modelul rezultat este proiectat pe 2 texturi. Cele 2 imagini ce reprezintă fața/spatele sunt încărcate într-un model antrenat de inteligență artificială (AI) de detecție al zonelor corporale (**Fig 6**). În urma rulării algoritmului de detecție se segmentează imaginile în zone corporale generale necesare pentru obținerea măsurătorilor de interes.

Informația din imaginile segmentate se translatează asupra modelului 3D, iar apoi se aplică o serie de filtre pentru eliminarea zgomotului și netezirea zonelor detectate întrucât segmentarea inițială este realizată la nivel de pixel iar proiecția inversă nu acoperă întreaga suprafață 3D.

Folosind informația semantică a modelului 3D se extrag principalele măsurători importante pentru industria textilă prin secționarea modelului la diverse poziții și măsurarea pe suprafața 3D a acestuia. Măsurătorile rezultate sunt atât circumferințe ale diverselor zone ale corpului cât și lungimi specifice utilizate în domeniu (**Fig 7**). Pe baza măsurătorilor obținute se determină valorile ISO corespunzătoare marimilor utilizate la scară largă în industria textilă.

Etapa finală a metodei este cea de animație și simulare a hainelor prezentată în Fig. 3, care presupune parcurgerea următorilor pași:

- -Segmentarea modelului 3D;
- -Determinarea scheletului + calculul parametrilor de animație;

- -Calculul plasamentului elementelor de coliziune;
- -Definirea/incărcarea tiparelor de elemente de îmbrăcăminte;
- -Configurarea texturii materialului și a culorii;
- -Plasarea tiparelor în jurul modelului scanat;
- -Simularea elementelor de îmbrăcăminte și aplicarea efectelor de vizualizare.

Pentru segmentarea modelului 3D, folosind același procedeu ca și la pasul de "extragerea măsurătorilor corporale" se calculează zonele corporale ale modelului astfel cum sunt ele prezentate în Fig 6. Pentru determinarea scheletului și parametrilor de animație se are în vedere că modelul creat în pasul de scanare reprezintă o persoană în starea standard la scanare, statura dreaptă, picioarele puțin despărțite la nivelul solului și mâinile parțial întinse sprijinite pe brațele de susținere ajutătoare. Pentru a putea simula modele complexe de îmbrăcăminte această postură nu este ideală întrucât nu permite aranjarea simplă a unor elemente textile și îngreunează simularea fizică a acestora.

Plecând de la extragerea zonelor corporale pe baza de AI, se generează un schelet uman generic reprezentativ pentru fiecare model. Astfel se stabilește un set simplu de oase similar cu cel utilizat în industria de animație pe calculator, extragând un set de aproximativ 24 de oase pentru a reprezenta principalele zone ce urmează a fi animate, cum se prezintă în Fig 6.

Având structura de schelet se stabilește gradul de influență a fiecărui os asupra celor mai apropiate puncte din cadrul modelului 3D. Fiecare punct poate fi influențat de până la 4 oase iar suma totală a factorilor de influență este 1. Distribuția factorului de influență se face în funcție de reguli de anatomie umană și de apropierea punctelor de către anumite oase din structura scheletală. După acest procedeu modelul poate fi animat folosind un set de animații predefinite.

Pentru coliziunea cu modelul 3D scanat a elementelor de îmbrăcăminte se utilizează o serie de sfere de respingere amplasate pe întreaga suprafață a modelului 3D sau în interiorul volumului. Modelul sferei permite simularea simplă a coliziunilor prin respingerea suprafețelor de material la suprafața sferei dar și a forțelor de frecare prin restricționarea deplasării punctelor de simulare pe suprafața sferei cu un factor de frecare. Generarea și simularea elementelor de îmbrăcăminte pleacă de la premisa că un element de îmbrăcăminte este creat prin coaserea mai multor petice de material. Un petic de material poate fi definit printr-o serie de puncte 2D ce formează un poligon 2D (Fig 8). Un element de îmbrăcăminte este construit prin coaserea mai multor petice pe lungimea laturilor acestora.

Utilizând un model fizic de simulare pentru fiecare petic de material este generată o structură 2D matricială

cu o rezoluție suficient de mică pentru a permite simularea corespunzătoare a materialelor pe suprafața 3D a modelului. În practică se utilizează o rezoluție de 1 cm întrucât oferă o calitate vizuală foarte bună, dar valoarea poate fi configurată.

Proprietățile de material sunt simulate prin rezolvarea iterativă a constrângerilor la nivelul punctelor de suprafață ale materialului, constrângeri structurale, de rezistență la rupere și de rezistență la îndoituri.

Cusăturile sunt simulate dintre bucățile de material sunt simulate prin același procedeu.

Procesul de simulare se execută iterativ de mai multe ori pe cadrul de vizualizare până în momentul în care materialul simulat este considerat a se afla într-o stare suficient de stabilă. În practică se utilizează un număr minim de 10 iterații de aplicarea a constrângerilor de simulare.

Întrucât fiecare model este diferit, elementele de îmbrăcăminte nu pot fi generate automat pe suprafața dorită și este necesară plasarea petecilor predefinite încărcate sau generate manual într-o poziție inițială aproximativă deasupra suprafeței avatarului.

În momentul simulării, cusăturile stabilite se vor aplica iar modelul de haină se va muta automat pe suprafața modelului 3D, respectând de asemenea și influențele fizice precum gravitația și constrângerile de material sau de interacțiune cu mediul (forța de frecare)

Pentru vizualizarea finală, se utilizează un model de iluminare cât mai realist. Piese de material pot fi redat independent cu diverse texturi pentru a putea explora diverse modele de texturi și culori.

După simularea inițială a materialului, (stabilizarea simulării), se pot aplica o serie de animații pentru a vedea comportamentul pieselor de îmbrăcăminte în diverse situații.

## Revendicari

1. Sistem de generare automata a unor elemente de imbracaminte pe baza extragerii si procesarii masuratorilor corporale, preluate de la un sistem de scanare format din sistemul central de procesare, comanda și înregistrare 1 care comunica cu serverul în clud 2 , motorul rotativ 3 si platforma mobila 4 , ecranul de vizualizare 5 si optional cantarul electronic 7, caracterizat prin aceea ca informatiile obtinute in procesul de scanare sunt preluate de 2 pana la 4 camere de captura in functie de inaltimea persoanei testate, sunt procesate in modulul de captura de date 9, care apoi prin intermediul modulului de transmisie 10 ajung la modulul de reconstructie 11 responsabil cu prelucrarea informației de scanare și generarea unui model 3D de timp suprafata si care comunica în permanentă cu serverul de stocare 2 pentru a determina momentul în care un nou scan a fost generat, modulul de segmentare a corpului 12 destinat identificarii principalelor zone corporale ale unui model 3D, modulul de extragere de măsurători corporale 13 care preia informația segmentata a unui model 3D si pe baza unor zone predefinite conform zonelor corporale calculeaza măsurători specifice utilizate în industria textila, modulul de scheletizare și calcul parametri de animație 15 responsabil cu determinarea unui schelet al modelului 3D și cu segmentarea modelului 3D în zone distincte ce pot fi afectate de de o serie de oase, iar generarea si simularea finala de elemente de îmbrăcăminte se realizeaza in modulul 15, modulul client de autentificare/vizualizare 16 permitand utilizatorilor sa se autentifice în cadrul scannerului prin intermediul scanării unui cod QR.

2. Metoda de generare automata a unor elemente de imbracaminte pe baza extragerii si procesarii masuratorilor corporale implementata pe sistemul conform revendicarii 1, caracterizata prin aceea ca presupune implementarea urmatoarelor etape:

- scanarea subiectului uman cu ajutorul unei platforme rotative pe care sunt montate 2..4 camere de adancime si captarea de cadre 360 de grade in jurul subiectului;
- reconstructia modelului 3 D al corpului analizat, bazată pe optimizarea iterativa a centrului de reconstructie a secțiuni verticale ;
- simularea de elemente de îmbrăcăminte pe modelul 3D scanat al subiectului uman ;
- autentificarea subiectilor, vizualizarea informațiilor de scanare, a masuratorilor corporale extrase, precum și un istoric complet al acestora.

3. Metoda de generare automata a unor elemente de imbracaminte conform revendicarii 2 caracterizata prin aceea ca etapa de reconstructie a modelului 3D al corpului scanat, bazată pe optimizarea iterativa a centrului de reconstructie a secțiuni verticale presupune parcurgerea următorilor pași:

- Optimizarea calculului centrului de reconstructie pentru generarea volumului 3D optim al obiectului scanat;
- Postprocesarea volumului 3D prin înlăturarea elementelor statice și filtrarea informațiilor de zgomot sau a erorilor statistice;
- Postprocesarea prin re-esantionarea modelului 3D nor de puncte, și filtrarea de netezire;
- Postprocesarea modelului 3D obținut din reconstrucția 3D a norului de puncte;
- Detecția zonelor corporale importante prin utilizarea unui sistem de inteligență artificială;
- Calculul măsurătorilor corporale importante pentru industria textilă;
- Calculul marimilor standard de îmbrăcăminte utilizate în industrie.

4. Metoda de generare automată a unor elemente de îmbrăcăminte conform revendicării 2 caracterizată prin aceea că etapa de simulare de elemente de îmbrăcăminte pe un model 3D scanat al unui subiect uman presupune parcurgerea următorilor pași:

- Detecția părților corporale folosind un sistem antrenat de inteligență artificială
- Calcularea unui schelet de bază prin utilizarea zonelor corporale și stabilirea valorilor de influență a oaselor asupra fiecărui punct din modelul 3D
- Amplasarea automată de sfere de coliziune necesare pentru simularea fizică a hainelor pe întreaga suprafață a modelului sau în interiorul volumului
- Definirea de elemente de îmbrăcăminte prin tipare 2D și stabilirea de cusături, putându-se încărca tipare predefinite;
- Amplasarea tiparelor 2D în jurul modelului 3D corespunzător pentru a stabili punctul inițial de simulare;
- Redarea simulării și a elementelor vizuale aferente, putându-se modifica proprietățile de iluminare și poziția, utilizându-se de diverse animații și aplicând efecte vizuale și elemente de postprocesare video.

5. Produs program memorat pe un mediu citibil de către calculator, cuprinzând mijloace de cod adaptate să realizeze etapele și pașii specifici ai metodei conform revendicării 2, atunci când programul rulează pe un calculator.



BY

16

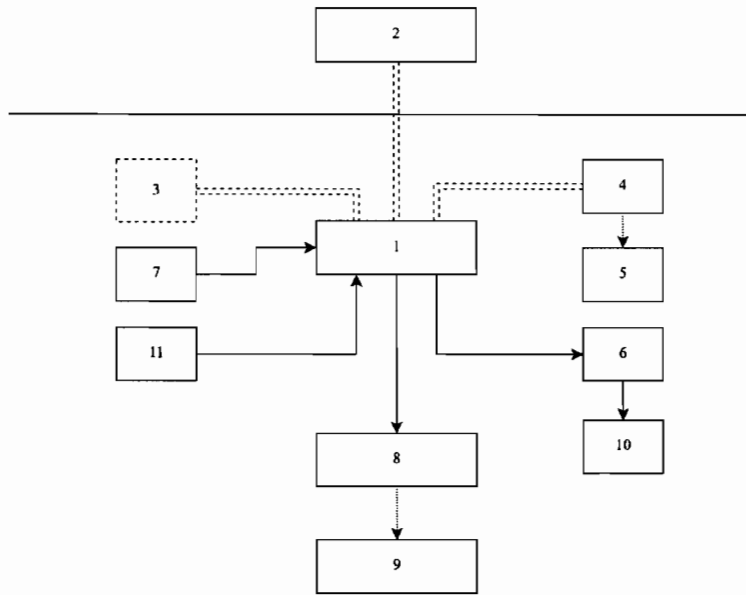


Fig.1

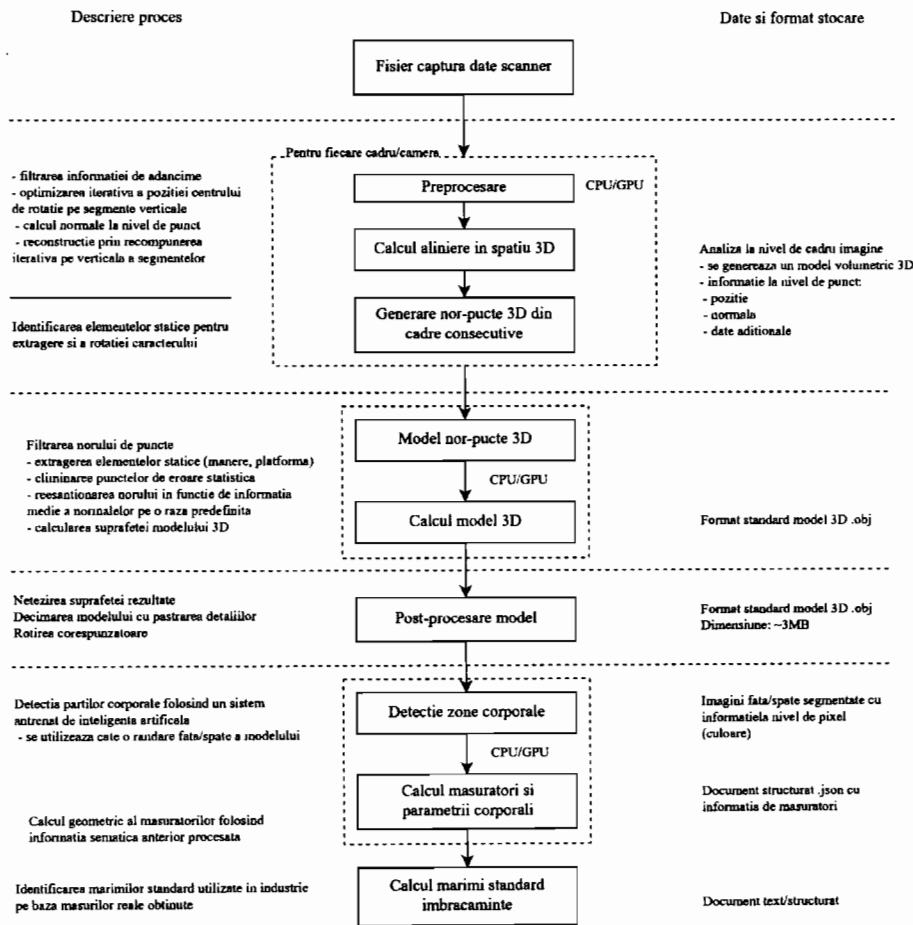


Fig.2

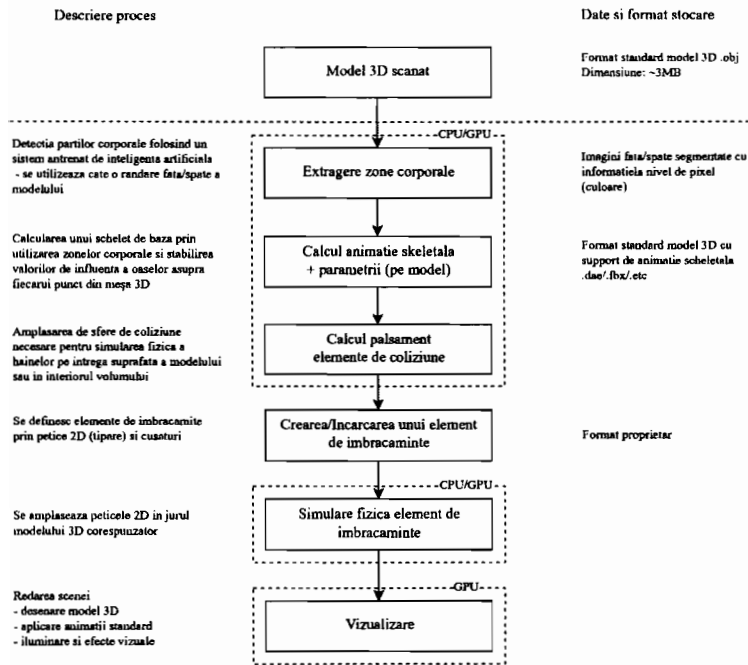


Fig.3

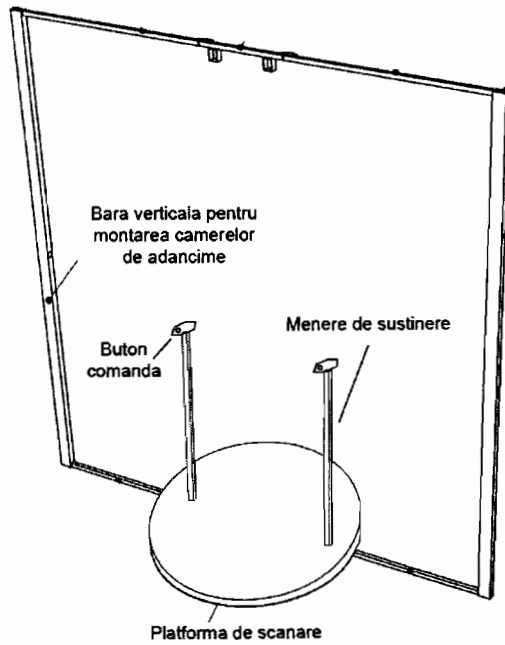


Fig.4

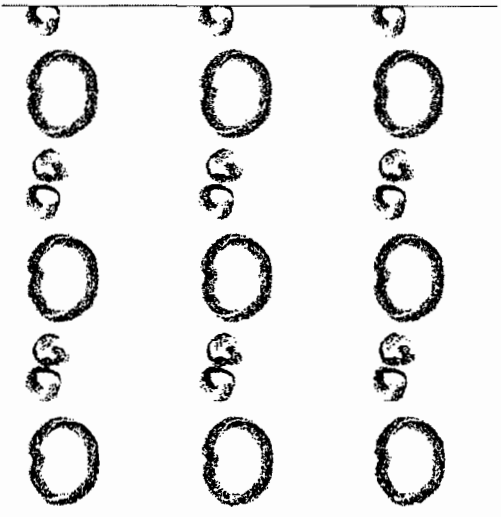


Fig 5a

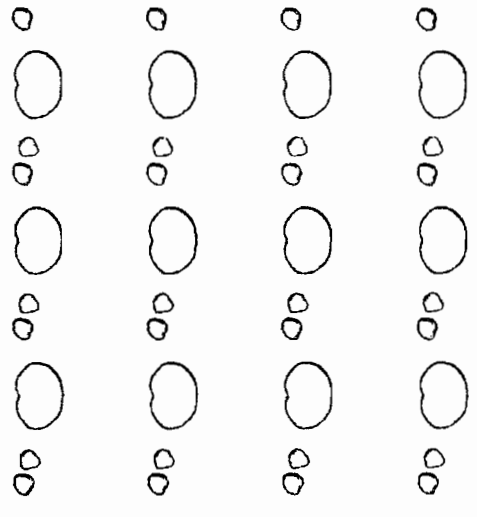


Fig. 5b

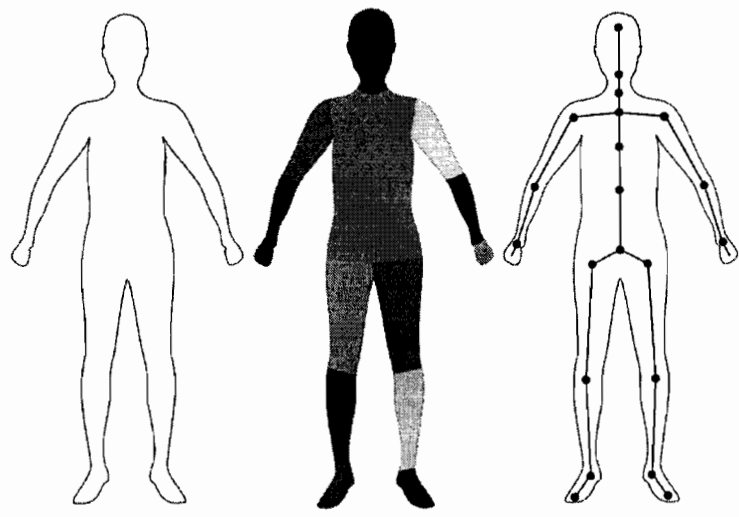


Fig. 6

11

19

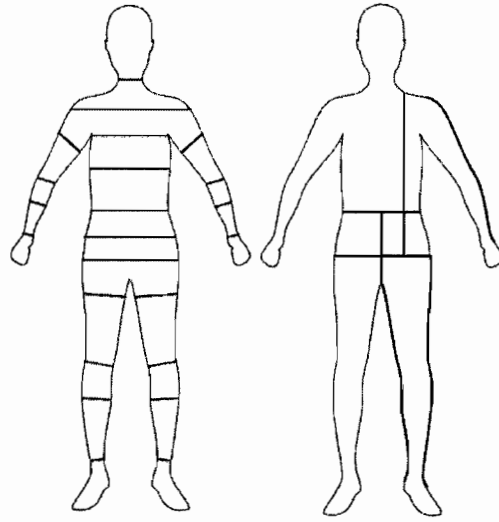


Fig. 7

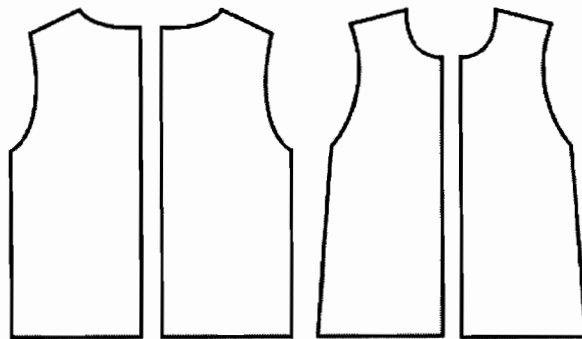


Fig. 8