

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Inga DĀBOLIŅA

**ANTROPOMETRISKIE MĒRĪJUMI
APĢĒRBU TRĪSDIMENSIJU PROJEKTĒŠANAI**

Promocijas darba kopsavilkums

Rīga 2010

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte
Tekstilmateriālu tehnoloģiju un dizaina institūts

Inga DĀBOLIŅA

Doktora studiju programmas „Tekstila un apģērbu tehnoloģija” doktorante

**ANTROPOMETRISKIE MĒRĪJUMI
APĢĒRBU TRĪSDIMENSIJU PROJEKTĒŠANAI**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs
Dr.sc.ing., profesore
Ausma VIĻUMSONE

Rīga 2010

UDK 687.1.021+004.92](043.2)
Dā 042 a

DĀBOLIŅA Inga Antropometriskie mērījumi
apgērbu trīsdimensiju projektēšanai. Promocijas
darba kopsavilkums.-R.:RTU, 2010.-32 lpp.

Iespiests saskaņā ar TTD institūta 2010.gada
29.marta lēmumu, protokols Nr.1

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda
atbalstu Nacionālās programmas „Atbalsts
doktorantūras programmu īstenošanai un
pēcdoktorantūras pētījumiem” projekta
„Atbalsts RTU doktorantūras attīstībai” ietvaros.

© Rīgas Tehniskā universitāte 2010

© Inga Dāboliņa 2010

ISBN

**PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI
RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2010.gada 30.jūnijā plkst.10⁰⁰ zinātņu nozares Materiālzinātne apakšnozares Tekstila un apģērbu tehnoloģijas promocijas padomes RTU P-11 atklātajā sēdē RTU, Rīgā, Kaļķu ielā 1, 119.auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Dr.habil.sc.ing. Guntis Strazds
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

As.profesore, Dr.sc.ing Mariana Ursache
“Gheorghe Asachi” Jasi Tehniskā universitāte, Rumānija

3D skenēšanas sistēmu un servisu pētnieks, Dr.sc.ing. Nicola D'Apuzzo
R&D Center "Hometrica Consulting", Šveice

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Inga Dāboliņa _____

Datums: 01.apr.2010

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 5 nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, 6 pielikumus, 48 zīmējumus un ilustrācijas, 9 tabulas, kopā pamattekstā 132 lappuses. Literatūras sarakstā ir 110 nosaukumi.

SATURS

IEVADS.....	6
1. APĢĒRBU DATORIZĒTA PROJEKTĒŠANA	12
2. ANTROPOMETRISKO DATU IEGŪŠANAS IESPĒJAS.....	14
3. CILVĒKA ĶERMEŅA 3D SKENĒŠANAS IESPĒJU IEROBEŽOJUMI	16
4. ĶERMEŅA VIRSMAS IZKLĀŠANAS IESPĒJAS	18
5. MANEKENA IZSTRĀDE UN SĀKUMDATU DEFINĒŠANA 3D APĢĒRBU PROJEKTĒŠANAI ..	20
SECINĀJUMI UN REZULTĀTI	23
LITERATŪRAS SARAKSTS	25

IEVADS

Jauno informācijas tehnoloģiju un datorizētas programmatūras pielietošana dod iespēju risināt problēmas, kas ir saistītas ar uzņēmuma efektivitātes pieaugumu. Pirmā informācija par datora izmantošanu šūšanas rūpniecībā un konkrēti apģērbu konstrukciju izstrādē parādījās XX gadsimta septiņdesmito gadu sākumā, bet pirmās publikācijas par datorizētām projektēšanas programmatūrām tikai XX gadsimta deviņdesmitajos gados. Pašlaik uzņēmumu vairākums savā darbībā izmanto datorizētas programmatūras.

Mūsdienīgas datorizētas projektēšanas programmatūras dod iespēju izvairīties no mazām operācijām un manuāla darba, tās ļauj paaugstināt precizitāti, produktivitāti un organizēt informācijas plūsmu. Apģērbu projektēšanas sistēmu lietošana izslēdz laikietilpīgo manuālu lekālu sagatavošanu, izvietojumu veidošanu un rakstītās informācijas pārvietošanu. Datorsistēmas paredzētas katra viena procesa datorizētai veikšanai un visu procesu integrēšanai kopīgā plūsmā, loģistikas organizēšanai un darba uzdevumu mobilitātei.

Dažādu procesu datorizēšana apģērbu rūpniecībā nepieciešama produkta izmaksu samazināšanai un konkurētspējas palielināšanai (Kang, u.c., 2000.).

Datorsistēmas ļauj veidot gan divdimensiju, gan trīsdimensiju izstrādājumu ilustrācijas un vizualizācijas. Ir iespējams veidot gan apģērbu konstrukcijas, gan gradāciju datorizēti, izveidot virtuālu modeļu pirmo paraugu – šādas datorizētas darbības ievērojami samazina produkta izstrādes laiku un līdz ar to izmaksas. Paša izstrādājuma izmaksas var tikt aprēķinātas datorizēti ar produkta vadības sistēmu palīdzību vadoties pēc izstrādes parametriem, lekālu izvietojuma, tekstilmateriālu izlietojuma, modeļa sarežģītības un specifiskācijas, kā arī uzņēmuma līdzšinējās pieredzes, kas tiek uzkrāta datu bāzē.

Lai arī datorsistēmas ievērojami atvieglo produkta izstrādi, tomēr joprojām ir ļoti svarīgas to lietotāju zināšanas un prasmes. Viens no vissvarīgākajiem apģērba izveides posmiem ir konstruēšana.

Konstruēšana ir telpiska modeļa (apģērba) plakniska atveidošana (konstrukcija); šai transformācijai ir jābūt atgriezeniskai, kad savienojot konstrukcijas daļas, tiek iegūts apģērbs. Konstrukcijas rasējuma veidošana ir vissarežģītākais un atbildīgākais apģērba projektēšanas posms, jo tiek veidots (rasēts) nepastāvoša sarežģītas telpiskas formas izstrādājuma virsmas izklājums (Viļumsone, 1993). Viena no aktuālākajām problēmām apģērbu projektēšanā vienmēr ir bijusi apģērbu konstruēšanas metožu meklēšana, kas būtu zinātniski pamatotas, precīzas un pēc iespējas mazāk laika un darbietilpīgas. No apģērbu virsmas izklājuma izstrādes precizitātes ir atkarīgs materiāla patēriņš, izstrādājuma pieguluma kvalitāte, darbietilpības pakāpe, estētiskās un higiēniskās gatavā apģērba īpašības.

Tradicionālā plašražošana arvien samazina sēriju apjomus, ražošana kļūst elastīgāka un modeļu klāsts plašāks; apģērbu valkmūžs īsāks. Līdztekus sēriju ražošanai arvien populārāka kļūst individualizēta ražošana. Šī brīža ekonomiskā situācija nosaka, ka darba spēka nodrošinājuma meklējumi atvirzās arvien tālāk uz Austrumiem, tomēr veidojot individuāli orientētu izstrādājums, būtu iespēja saglabāt darba vietas, kā arī izstrādnes Eiropā. Cilvēks par tādu apģērbu būs ar mieru maksāt vairāk, un varēs to saņemt iespējami īsā termiņā. Tādejādi individualizētās ražošanas veicināšanu ietekmē gan sociālie, gan ekonomiskie aspekti.

Ar bezkontakta antropometrisko datu iegūšanas metožu palīdzību šobrīd tiek risināta individualizētai ražošanai nepieciešamo klienta mēru iegūšana, tomēr joprojām

individualizētās ražošanas izplatību ierobežo sortimenta vienveidība, konstruēšanas darbietilpība, konstrukcijas rezultāta nenoteiktība un konstruktordarbu sarežģītība veidojot katram klientam individuālu izstrādājumu.

Promocijas darba pamatojums:

Promocijas darba tēma atbilst aktualitātēm apģērbu projektēšanas jomā, līdz šim veiktie pētījumi nespēj nodrošināt kompleksu visu parametru ietekmes – cilvēku individuālo figūru daudzveidīgo virsmu aprakstu, telpisko virslaižu definēšanu.

Promocijas darba tēmas aktualitāte:

Izstrādājuma kvalitāte tiek noteikta jau projektēšanas procesā, tādēļ apģērbu projektēšanas jaunu, mūsdienīgu metožu un sistēmu izveide, kas bāzētas skaitļošanas tehnikas un programmproduktu izstrādē, ir aktuāls uzdevums.

Šobrīd pasaulē tiek meklētas principiāli jaunas apģērbu projektēšanas metodes, kuras, izmantojot skaitļojamo tehniku, spētu nodrošināt katram patērētājam vispiemērotākā apģērba izveidošanu. Līdz šim apģērbu konstruēšanas praksē tiek izmantotas tuvinātas virsmu izklāšanas metodes, ko mēs pazīstam kā piegrieztņu sistēmas. Progresīvākās no tām balstās uz zināšanām par cilvēka ķermeni un tekstilmateriālu īpašībām. Tomēr, tā kā tiek veidots nepastāvoša telpiska modeļa (apģērba) izklājums plaknē (konstrukcija), atgriezeniskā transformācija (gatavs apģērba modelis) nedod gaidīto rezultātu bez papildus koriģējošām darbībām (laikošana un piegrieztņu labošana).

Rūpnieciskajās datorsistēmās tiek realizēta apģērbu projektēšana 2D vidē; pastāvošie 3D risinājumi ir paredzēti tikai plaknē veidoto piegrieztņu kontrolei uz virtuāla manekena.

Promocijas darba mērķis:

Pilnveidot apģērbu 3D datorsistēmu antropometrisko datu nodrošinājumu.

Promocijas darba uzdevumi:

1. Apzināt un analizēt lietošanai pieejamās apģērbu datorizētās projektēšanas sistēmas un metodes, veikt to salīdzinošu analīzi.
2. Apzināt un analizēt antropometrisko datu iegūšanas iespējas, sistēmas un metodes, veikt to salīdzinošu analīzi.
3. Apzināt, identificēt un sistematizēt cilvēka ķermeņa 3D skenēšanas iespēju ierobežojumus.
4. Apzināt, analizēt un salīdzināt 3D virsmas izklāšanas iespējas, salīdzināt metodes.
5. Veikt 3D antropometrisko datu eksperimentālu manekena izstrādi, dot ieteikumus antropometrisko datu lietojumam 3D apģērbu projektēšanā.

Promocijas darba praktiskā nozīme:

Darba rezultāti praktiski izmantoti Rīgas Tehniskās universitātes Tekstilmateriālu tehnoloģiju un dizaina institūtā kā metodiskais materiāls studentu apmācībā.

Darbā dotas rekomendācijas un izveidoti universāli kritēriji datorizētās projektēšanas sistēmu izvēlei ar mērķi veikt konkrētus uzdevumus, kas ir kompakts informācijas avots uzņēmējiem ieviešot projektēšanas datorsistēmas ražošanā.

Izstrādāto ieteikumu cilvēka skenēšanas procedūras izpildei ieviešana palielinās 3D manekena izveidošanai nepieciešamo antropometrisko datu iegūšanas precizitāti.

Dotie ieteikumi parametrisko manekenu transversālo plakņu konfigurāciju individualizēšanai ļaus panākt virtuālā manekena formas pilnīgāku atbilstību cilvēka figūrai.

Promocijas darba pētījuma metodes:

Trigonometrijas, analītiskās ģeometrijas un planimetrijas pamatnostādnes, lietišķā matemātika, algoritimizācijas un programmēšanas teorija, virsmu izklāšanas teorijas, sarežģītu

objektu struktūras sistēmiskā analīze, pētnieciskās salīdzināšanas metodes, praktisko sasniegumu analīze datorizēto apģērbu projektēšanas sistēmu veidošanā, starojuma fizikas likumības, sarežģītas virtuālas formas virsmas aprakstīšanas un aproksimācijas metodes, instrumentāla izmeklēšanas metode, fotomērījumu metodes, datorgrafikas un datormodelēšanas metodes.

Eksperimentālie dati iegūti un apstrādāti Vitus Pro cilvēka ķermeņa lāzerskenerī, Qualisys sistēmā gaitas pētījumiem (kameru parametri: ProReflex MCU 240 Motion Capture), mērījumu standā, kas ļauj noteikt atstarotā lāzerstara intensitātes leņķisko sadalījumu un tā izmaiņas atkarībā no lāzerstara krišanas leņķa. Izstrādātais manekena matemātiskais modelis realizēts izmantojot Delphi programmēšanas valodu.

Promocijas darba zinātniskais jauninājums:

Izstrādāta ražošanas procesa struktūrshēma identificējot tipālās ražošanas procesus ar mērķi noteikt ražošanas sagatavošanas procesu savstarpējo saistību un informatīvā un programmnodrošinājuma struktūru.

Formulēti universāli salīdzināšanas kritēriji, kvalitatīvās un kvantitatīvās informatīvās pazīmes; veikts datorizētās apģērbu projektēšanas sistēmu funkcionālo raksturojumu salīdzinājums.

Ieteikta parametriskā virtuālā manekena individualizācijas metodika ar transversālo plakņu konfigurāciju.

Identificēti ierobežojumi skenēšanas procesa rezultātu ticamības nodrošināšanai. Veikta cilvēka miera stājas svārstību analīze, konstatēts to biežums. Noteikts, ka dažādiem tekstilmateriāliem, atkarībā no rotājuma, atstarošanās variē no difūzas līdz spoguļatstarošanai.

Noteiktas sakarības starp telpisko virslaižu un aprēķingrafiskajās metodēs lietoto tradicionālo virslaižu vērtībām. Parādīta iespēja dinamisko pozu antropometriski svarīgo punktu koordinātu mērījumu izmantošanai telpisko virslaižu noteikšanā.

Izstrādāts virtuālā telpiskā cilvēka ķermeņa manekena matemātiskais modelis, noteikta sākotnējā informācijas struktūra tā īstenošanai.

Promocijas darba aprobācija:

Par promocijas darba galvenajiem rezultātiem ziņots 16 starptautiskās zinātniskās konferencēs:

1. The 4th International Conference on the Management of Technological Changes, Crete, Greece, 2005
2. 46. RTU zinātniskā konference, 2005 Rīga, Latvija
3. The 4th International Seminar on Quality Management in Higher Education, RUMĀNIJA, Sinaija
4. „3rd International Textile Clothing & Design Conference” 2006, 8-11 October, Dubrovnik, Croatia
5. The 5th International Conference Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes IMCEP 2007, Slovēnijā 2007. gada oktobrī.
6. 47. RTU zinātniskā konference, 2006 Rīga, Latvija
7. XIth International Izmir Textile and Apparel Symposium, XIth International Izmir Textile and Apparel Symposium, TURCIJA, Izmirā, 26.-29. oktobris, 2007.
8. CORTEP 2007, The XIIIth Romanian Textile and Leather conference, Romania, Iasi 2007
9. 48. RTU zinātniskā konference, 2007 Rīga, Latvija
10. Autex 2008, ITĀLIJA, Biella, 24.-26.. jūnijs, 2008

11. Magic World of Textiles, 4th International Textile, Clothing & Design Conference - Magic World of Textiles, Horvātija, Dubrovnik, 5.-8.. oktobris, 2008.
12. 49. RTU starptautiskā zinātniskā konference, 2008 Rīga, Latvija
13. VIIIth Conference on Optical 3D Measurement Techniques, ETH Zurich, Switzerland, 9-12 July, 2007,
14. „Gudro Audumu Izaicinājums” Kāds ir tekstila industrijas, dizaina un moderno tehnoloģiju mijiedarbības potenciāls? Seminārs RTU, Latvija 15.02.2008.
15. International Scientific Conference UNITECH'09, Bulgārija, Gabrova 20 - 21.novembris, 2009
16. 50. RTU zinātniskā konference, 2009 Rīga, Latvija
17. Konference “Inovācija tekstila nozarē Latvijā un pasaulē” 2010.g.09.aprīlis, Rīga Latvija - moderatore

Darba aprobācija notikusi izmantojot **studentu apmācībai** promocijas darba ietvaros aplūkoto tēmu izklāstu un darba rezultātus šādos mācībuursos:

1. MŠM378 Tekstiltehnoloģijas datorsistēmas 2.0 KP
2. MŠM533 Apģērbu automatizētā projektēšana 4.0 KP
3. MVR213 Konstruēšanas datorsistēma GRAFIS 4.0 KP
4. MVR214 Automatizētā projektēšanas sistēma LECTRA 4.0 KP
5. MŠM171 Rūpniecisko kolekciju izstrāde (studiju projekts) 2.0
6. MŠM159 Fotomērījumu metode apģērbu projektēšana 2.0

Promocijas darba autore ir darbojusies kā izpildītāja vai vadītāja 8 zinātniski pētnieciskos **projektos**:

Starptautiskie projekti:

1. “Projektorientētas apmācības un mācīšanas pieredze Vācijā” 2009. gada 1.februāris – 31.marts; Vācija, Latvija
2. „Innovation Transfer in Textiles” Leonardo da Vinci „Lifelong Learning Programme / Education and Culture DG” 2008.g.oktobris -2010.g.septembris izpildītāja, UK, Grieķija, Rumānija, Portugāle, Slovēnija, Latvija
3. Nordplus Neighbour projekts “Nordic Centre for Inovative Studies and Advanced Training in Textiles” 2004. – 2007.g. Lietuva, Somija, Zviedrija, Latvija

Citi zinātniski pētnieciskie projekti:

4. “Jaunsardzes uniformu specifikācija” LR AM JC – RTU L7319 2008.g. 11.februāris – 2008.gada 1.jūnijs; vadītāja
5. „Apģērba konstrukcijas iegūšana ar bezkontakta 3D antropometriskās modelēšanas metodi”, IZM – RTU R7348 01.03.2008 – 31.12.2008; atbildīgā izpildītāja
6. „Bezkontakta 3D pozicionēšanas metodes izmantošana antropometriskajā modelēšanā”, IZM – RTU R7231 01.03.2007 – 31.12.2007; atbildīgā izpildītāja
7. Karavīru taktiskās modulārās uzkabes specifikācijas. LR NBS Nodrošinājuma pavēlniecības pasūtīts pētījums. 2006.g. izpildītāja
8. LR NBS uniformu kvalitātes uzlabošana. LR AM pasūtīts pētījums 6842. 2004.g. izpildītāja

Promocijas darba autore ir 18 zinātniski pētniecisko publikāciju autore (un līdzautore), no kurām 17 ir publicētas un 1 ir pieņemta publicēšanai. Promocijas darba ietvaros veikto pētījumu rezultāti ir atspoguļoti starptautiskos un citos Latvijas Zinātnes padomes atzītos zinātniskos izdevumos.

Publikāciju saraksts:

1. A.Vilumsone, I.Vilumsone, **I.Dabolina** Importance of a CAD course in the educating of new specialists. The 4th International Conference on the Management of Technological Changes, Crete, Greece, 2005, 243-248.lpp.
2. **I.Dāboliņa**, A.Viļumsone, S.Deksne. NBS ikdienas un svētku uniformu modeļu pilnveidošana. RTU 46. starptautiskās zinātniskā konferences rakstu krājumā, 2006. 67-73.lpp
3. A.Viļumsone, S.Deksne, **I.Dāboliņa**. NBS ikdienas un svētku uniformu konstruēšanas procesa automatizācija RTU 46. starpt. zinātniskā konferences rakstu krājumā, 2006.74-81. Lpp
4. Viļumsone A., Viļumsone I., **Dāboliņa I.**, Deksnē S. THE IMPORTANCE OF CLOTHING FASHION SHOW IN THE STUDY PROCESS // The 4th International Seminar Quality Management in Higher Education QM 2006, The 4th International Seminar on Quality Management in Higher Education, RUMĀNIJA, Sinaija, 6.-10. jūnijs, 2006. - 56-62. lpp
5. Ausma Viļumsone, Ineta Viļumsone, **Inga Dāboliņa** & Skaidra Deksnē. Design Improvement of Military Uniforms. „3rd International Textile Clothing & Design Conference” 2006, 8-11 October, Dubrovnik, Croatia, 931-935.lpp.
6. Razdomahins N., Viļumsone A., **Dāboliņa I.**, Datorprojektēšana apģērbu ražošanā, RTU Zinātniskie raksti. 9.sērija Materiālzinātne. Tekstila un apģērbu tehnoloģija. 2. sējums, RTU, 2007., 111.-116.lpp
7. **Dāboliņa I.**, Viļumsone A. Trīsdimensiju antropometriskā modelēšana // RTU zinātniskie raksti. 9. sēr., Materiālzinātne. - 2. sēj. (2007), 103.-110. lpp.
8. Viļumsone A., **Dāboliņa I.** THE POSSIBILITIES OF GARMENT 3D DESIGNING // Proceedings of XIth International Izmir Textile and Apparel Symposium, XIth International Izmir Textile and Apparel Symposium, TURCIJA, Izmirā, 26.-29. oktobris, 2007. - 161-171. lpp
9. **Dāboliņa I.**, Viļumsone A. Anthropometrical modelling for garment manufacturing, CORTEP 2007, The XIIIth Romanian Textile and Leather conference, Romania, Iasi 2007, 635-641 pp.
10. **Dāboliņa I.**, Blūms J., Viļumsone A. Lāzera stara plūsmas atstarošanas izpēte veļas materiālos // RTU zinātniskie raksti. 9. sēr., Materiālzinātne. - 3. sēj. (2008), 62.-70. lpp.
11. **Dāboliņa I.**, Viļumsone A. Application of non-contact anthropometrical measurements for garment construction // elektronisks avots, Autex 2008, ITĀLIJA, Biella, 24.-26. jūnijs, 2008. - 1-7. Lpp
12. Viļumsone A., **Dāboliņa I.** The Estimation and Approbation of 3D Garment Designing and Photo Measurement Method // Book of proceedings of the 4rd International Textile, Clothing & Design Conference – Magic World of Textiles, 4th International Textile, Clothing & Design Conference - Magic World of Textiles, Horvātija, Dubrovnik, 5.-8. oktobris, 2008. - 676-681. Lpp
13. **I.Dabolina**, A. Vilumsone; Automatically gained anthropometrical data for garment CAD. International Scientific Conference UNITECH'09, Bulgārija, Gabrova 20 - 21.novembris, 2009. Volume II 327-333 pp.
14. **I.Dabolina**, A.Vilumsone, The Limitations of Automatically Gained Anthropometrical Data; Proceedings of the Annual Symposium of Knitting and Clothing Specialists

- „Textiles of the Future”, CD, 9 lpp., Technical University from Iasi, Faculty of Textile - Leather and Industrial Management, 4-5 December 2009, Iasi, Romania
15. **I.Dāboliņa**, A. Viļumsone, A.Fjodorovs; Bezkontakta 3D pozicionēšanas metodes izmantošana antropometriskajā modelēšanā; Application of non-contact 3D positioning for anthropometrical modelling 8 lpp. 49. RTU zinātniskā konference, Rīga, Latvija
 16. **I.Dāboliņa**, I.Šahta, G.Terļecka; Elektroniskās mērlentes lietošana apģērbu ražošanā. The usage of digital measuring-tape in garment production. 7 lpp. 49. RTU zinātniskā konference, Rīga, Latvija
 17. **I.Dabolina**, A.Vilumsone, The Application Possibilities of 3D Systems for Garment Development 41th International Symposium on Novelties in Textiles, 27–29 May 2010 in Ljubljana, Slovenia.

Pieņemts publicēšanai:

18. **I.Dabolina**, A.Vilumsone, J.Blums; Investigation of Textile Materials for Laser Light Beam Scanning 9th International Conference on Global Research and Education Inter-Academia 2010 August 9 - 12, 2010, in Riga, Latvia.

Promocijas darba galvenie pētniecības virzieni: apkopot un analizēt apģērbu projektēšanas un antropometrisku datu iegūšanas metodes, sistēmas un paņēmienus; izmantojot modernās tehnoloģijas, pilnveidot apģērbu 3D datorsistēmu antropometrisku datu nodrošinājumu.

Promocijas darbs sastāv no piecām pamatnodaļām, ievada, rezultātiem un secinājumiem, tajā iekļauta skaidrojumu un saīsinājumu vārdnīca, kā arī attēlu un tabulu saraksts.

Ievadā dots ieskats darba problemātikā, pamatota veikto pētījumu aktualitāte, formulēts darba mērķis un uzdevumi, raksturota darba aprobācija.

Darba pirmajā nodaļā ir apskatītas, analizētas un sistematizētas, kā arī salīdzinātas apģērbu datorizētās projektēšanas metodes un sistēmas, aprakstīta apģērbu projektēšanas pamatprocesu un sistēmu komponentu mijiedarbība, raksturojums un problemātika.

Otrajā daļā apkopotas, sistematizētas un analizētas antropometrisku datu iegūšanas metodes, sistēmas un iespējas. Aplūkotas un analizētas dažādu metožu kombinēšanas iespējas, dots metožu salīdzinājums. Analizētas dažādas datu iegūšanas ierīces, to piemērotība cilvēka ķermeņa virsmas apraksta un mēru iegūšanai.

Trešajā promocijas darba nodaļā apzināti un analizēti cilvēka ķermeņa 3D skenēšanas iespēju ierobežojumi, dots to analītiskais apskats, identificētas risinājumu iespējas.

Ceturtajā daļā apkopotas un analizētas ķermeņa virsmas izklāšanas metodes ar mērķi identificēt trīsdimensiju vidē definētas apģērba virsmas izklāšanas iespējas.

Piektajā nodaļā aprakstīta eksperimentāla 3D manekena realizācijas iespējas, dots īstenošanas apraksts, izklāstīta pieeja tālākai apģērbu 3D projektēšanas īstenošanai, balstoties uz individualizētu virtuālo manekenu.

Promocijas darba rezultāti un secinājumi ir apkopoti darba noslēguma nodaļā.

1. APĢĒRBU DATORIZĒTA PROJEKTĒŠANA

Datorizētas projektēšanas programmatūras dod iespēju ne tikai paātrināt jauno modeļu ielaidi ražošanā un uzlabot izstrādājuma kvalitāti, bet arī samazināt materiālās izmaksas un darbietilpību, nodrošinot produkcijas sortimenta elastīgu maiņu. Vairums sistēmu ir veidotas pēc moduļu principa, kuros tiek īstenoti atsevišķi apģērbu projektēšanas etapi. Sistēmas tiek nepārtraukti attīstītas atbilstoši ražošanas apstākļu pilnveidei, jauno tehnoloģiju īstenošanai, kā arī projektēšanas darbu procesa optimizācijas rezultātā.

Apskatot dažādas datorizētas apģērbu projektēšanas sistēmas (DAPS) darbā veikts funkciju salīdzinājums, kas kalpo kā universāli salīdzināšanas kritēriji, informatīvās pazīmes: tehniskās dokumentācijas izstrāde, modeļa mākslinieciskā noformēšana, konstruēšana un modelēšana, lekālu izvietojuma veidošana, individuālo mēru tabulu integrēšana, integrētas konstrukcijas, aprēķingrafiskā konstruēšana, lekālu automatizēta noformēšana, 2D projektēšana, 3D projektēšana, 3D imitācija. Šādi kritēriji un pazīmes ļauj veikt datorizētās apģērbu projektēšanas sistēmu funkcionālo raksturojumu salīdzinājumu. Salīdzinātas un analizētas divdesmit divas sistēmas.

Ieviešot CAD/CAM sistēmas, jāņem vērā šādi galvenie aspekti: programmatūras, iekārtu, aprīkojuma un apmācības izmaksas, piemērotība konkrētiem ražošanas apstākļiem un ekspluatācijas drošums un pilnveides iespējas. Lai arī sistēmu ieviešana ir dārgs process, tomēr lielās priekšrocības atsvēr izmaksas un ieviešanas rezultātā radušās grūtības.

Mūsdienīgas apģērbu datorizētās projektēšanas sistēmas ļauj veikt dažādus projektēšanas etapus, kuros var ietilpt gan tradicionālā 2D projektēšana, gan arī apģērbu izskata 3D imitācija, 3D virtuālā laikošana.

Mūsdienīgās 2D CAD/CAM sistēmas konstruēšanu īsteno trīs veidos:

- 1.veids** Izstrādājuma konstrukciju izstrādā manuāli, bet ražošanas sagatavošanu veic ar datortehnoloģiju palīdzību (manuāli sagatavotos lekālus ar ciparotāja (digitaizera) palīdzību ievada sistēmā).
- 2.veids** Manuālais darbs pilnībā tiek izslēgts. Viss projektēšanas un sagatavošanas process notiek datorizēti.
- 3.veids** Daļa no projektēšanas etapiem notiek automātiski, bez cilvēka palīdzības, bet pārējā daļa notiek interaktīvi.

Jebkādas datorizācijas lietojumam ir nenoliedzamas priekšrocības: uzlabota produkcijas kvalitāte, augstāka produktivitāte, darba apstākļu humanizācija, elastīgāka ražošana, procesu kontrole, iespēja saistīt ražošanu ar pasūtītāja vēlmēm (ātra reakcija). Tomēr ikviena no sistēmām ir pilnveidojama. Apģērbu 3D imitācijai parametriskā manekena pielāgošanai individuāla ķermeņa mēriem ir jāņem vērā papildus projekcijas ķermeņa mēri (šobrīd integrēti ir tikai augstumi, tomēr nepieciešami arī platumi, kas raksturo transversālo plakņu konfigurāciju).

Jaunākās tendences DAPS attīstībā ir 3D projektēšanas izveide. Trīsdimensiju projektēšanas ieviešanai ir vairāki iemesli:

- plāniskas apģērbu projektēšanas metodes nenodrošina pilnīgu apģērba atbilstību iecerētajam;

- apģērbu konstruēšana pretstatā projektējamam objektam (apģērbs) ir plaknisks process – tas nenodrošina iepriekšēju produkta vizualizāciju. Savukārt paraugu izgatavošana ir dārgs un laikietilpīgs process;
- projektējamā apģērba 2D vizualizācijas nenodrošina tekstilmateriālu īpašību novērtējumu.

Lai arī šobrīd jau pastāv 3D projektēšana, kurā iespējams veidot plaknes detaļu izklājumu pēc 3D formas rasējuma, tomēr šāda tipa sistēmām ir vairāki trūkumi: ierobežots sortiments un apģērba forma, segmentācija.

Atkarībā no veicamā uzdevuma, 3D sistēmas var iedalīt:

- 1.veids** Apģērba izskata imitācija – sistēmā ir iespējams pārveidot 3D skici vai fotogrāfiju, lai novērtētu apģērba modeļa izskatu ar vizuāli atšķirīgu tekstilmateriālu pielietojumu;
- 2.veids** Apģērba imitācija – sistēmā ir iespējams veikt virtuālo pielaiķošanu, novērtēt apģērba ārējo izskatu, formu, piegulumu, proporcijas (apģērbs 3D tiek veidots savienojot plakniski konstruētus lekālus, veidojot apģērba imitāciju ar nolūku pārliecināties par tā ārējā izskata atbilstību iecerētajam);
- 3.veids** Apģērba projektēšana – sistēmā ir iespējams veidot apģērba formu, identificēt (definēt) daļējuma līnijas, iegūt lekālus 3D vidē ar secīgu to izklāšanu plaknē.

Kā viens no šobrīd lietotajiem apģērbu projektēšanas programmproduktiem uzskatāma Krievijā izveidotā sistēma STAPRIM, kur 3D vidē var veidot apģērbu konkrētam klientam un iegūt detaļu konstrukcijas. Šāda sistēma varētu būt ļoti piemērota dažāda veida uniformu izgatavošanai, jo ļauj iegūt laba piegulumu konstrukcijas individuālām figūrām, tomēr sistēmas rezultāts ir bāzes konstrukcija, kurā modeļa īpatnību pilnīga konstruēšana nav paredzēta. Importējot šo konstrukciju jebkurā citā sistēmā modeļa konstruēšanas un lekālu projektēšanas process katram klientam ir jāsāk no jauna. Tādēļ vēlams izstrādāt algoritmu, kas nodrošinātu ar indivīda figūru saistīto detaļu izmēru un formas izmaiņu pārmantojamību līdz pat gatavu lekālu līmenim (kā tas ir, piemēram, programmā GRAFIS).

Pastāv arī vairākas citas 3D projektēšanas iestrādes un jau gatavas izstrādes, kuru lietojums ierobežots ar dažādiem faktoriem – sortiments, izstrādājuma segmentācija, 3D projektēšanas neīstums – visas izmaiņas notiek 2D vidē.

Darbā, analizējot apģērba imitācijas sistēmu darbību, ieteikta parametriskā virtuālā manekena individualizācijas metodika. Tā kā virtuālo manekenu pielāgošana individuālam klientam notiek pārsvarā ar antropometrisko perimetru un garumu palīdzību, tad rezultātā iegūtais individuālais manekens ne katreiz ir atbilstošs dabiskajai cilvēka figūrai. Šīs problēmas risināšanai būtu nepieciešams ieviest iespēju novērtēt cilvēka „šķērsriezumu”, it īpaši transversālo plakņu konfigurēšanas iespējas, mainot eliptisko formu diametrus tā, lai sistēma automātiski saglabātu elipses perimetru.

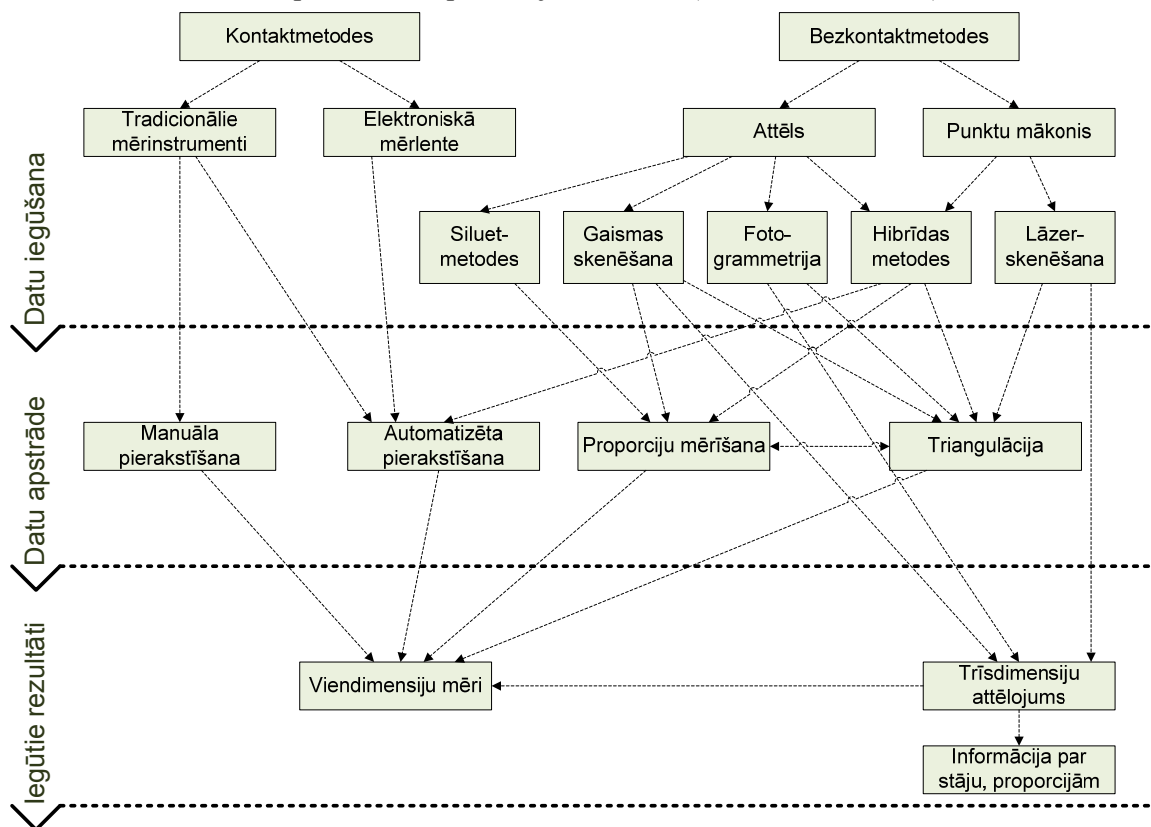
Izstrādāta ražošanas procesa struktūrshēma identificējot tipālās ražošanas procesus ar mērķi noteikt ražošanas sagatavošanas procesu savstarpējo saistību un informatīvā un programmnodrošinājuma struktūru; secināts, ka – lai arī kāda veida un līmeņa DAPS tiek izmantotas, to lietojums veicina ātrāku produkta izstrādi un saīsina darbu procesu. Pilnīga 3D projektēšana izslēgtu dažādus ar konstruēšanu un konstruktīvo modelēšanu, 3D imitāciju un virtuālā prototipa radīšanu saistītus darba etapus.

2. ANTROPOMETRISKO DATU IEGŪŠANAS IESPĒJAS

Var izšķirt divu veidu cilvēka ķermeņa mēru iegūšanas metodes:

1.veids manuālās antropometrijas metodes (kontaktmetodes);

2.veids optiskās antropometrijas metodes (bezkontaktmetodes).



1.att. Antropometrisko datu iegūšanas veidi

Antropometriskie dati var tikt iegūti ar dažādiem instrumentiem. Tradicionālajās metodēs izmanto dažādus manuālus instrumentus (mērlente, antropometrs u.c.), attīstoties tehnoloģijām, tiek veidoti arvien jauni instrumenti un/vai pilnveidoti esošie. Par tradicionālās mērlentes pilnveidojumu uzskatāma elektroniskā mērlente, tomēr tās pielietojums antropometrijā ir apšaubāms. Eksperimentāli tika pierādīts, ka lietojot elektronisko mērlenti cilvēka ķermeņa mērījumos, kļūda ir vairāk kā pusē no mērījumiem.

Fotomērījumu metodes ir ātras un efektīvas, tomēr iegūto datu apstrāde laikietilpīga un darbietilpīga. Relatīvi jauns (aptuveni kopš 1980.gada (Fan J., 2004.)) instruments antropometrijā ir 3D skeneris.

Ņemot vērā 3D skenēšanas priekšrocības, skenēšanas tehnoloģijas tiek attīstītas un pilnveidotas. Vairums skeneru spēj iegūt ne tikai cilvēka ķermeņa 3D attēlu, bet arī nolasīt x, y un z koordinātas, tādējādi iegūstot precīzu informāciju par cilvēka ķermeni un tā apjomiem. (Hwang, 2001)

No šo koordinātu apraksta tiek izveidots cilvēka ķermeņa virsmas atveida punktu mākonis, kas var tikt izmantots kā virtuālais manekens vai var tikt lietotas tikai koordinātas. Cilvēka ķermeņa virtuālo atveidu var izmantot apģērba ražošanā, automobiļu ražošanā, inženierijā un medicīnā.

Jebkura skenēšanas iekārta ir aprīkota ar optiskām (gaismas) ierīcēm bezkontakta mērījumu nodrošināšanai. Šādas optiskās mēru iegūšanas ierīces var iedalīt kategorijās: fotogrammetrija, silueta metodes, lāzerskenēšana, gaismas projekcijas, elektromagnētisko viļņu un hibrīdas metodes.

Katrai metodei ir savas priekšrocības un trūkumi. Neskatoties uz to, ka lāzerskenēšana atzīta par visprecīzāko un arī iegūtie rezultāti ir visplašākie (tiek nodrošināti cilvēka ķermeņa mēru dati, 3D virtuālais manekens, reālas tekstūras atspoguļojums, virsmas reljefa mērījumi u.tml.), tomēr gaismas projekcijas metode apģērba izgatavošanas industrijā tiek lietota biežāk, jo šīs metodes aprīkojums ir daudz lētāks nekā lāzerskenēšanas nodrošinājums.

Salīdzinot dažādas antropometrisko datu iegūšanas metodes darbā formulēti universāli salīdzināšanas kritēriji, kvalitatīvās un kvantitatīvās informatīvās pazīmes: visa ķermeņa vienlaicīgi mērījumi, apģērba izmēra izvēle, 3D virtuālā manekena izveide, brīva (publiska) pieejamība, nav pozu, izmēra u.tml. ierobežojumu, datu iegūšanas precizitāte, datu iegūšanas laiks, datu apstrādes laiks, datu iegūšanas datorizācija, nav speciāls aprīkojums, viegli transportēt, viegli uzstādīt, nelielas aprīkojuma izmaksas. Šādi kritēriji un pazīmes ļauj veikt dažādu antropometrisko datu iegūšanas metožu funkcionālo raksturojumu salīdzinājumu. Salīdzinātas un analizētas šādas metodes: manuālie mērījumi, mērījumi ar e-mērļenti, fotogrammetrija, silueta metodes, lāzerskenēšana, gaismas projekcija, elektromagnētisko viļņu metode, hibrīdas sistēmas.

Virtuālā manekena izmantošanai apģērba 3D projektēšanai vēl nav pietiekoši daudz pētījumu un to rezultātu, lielākoties no 3D skenējuma tiek ģenerēti drēbniecībā lietojami mēri, ko izmanto tradicionālajās vai datorizētajās konstruēšanas metodēs.

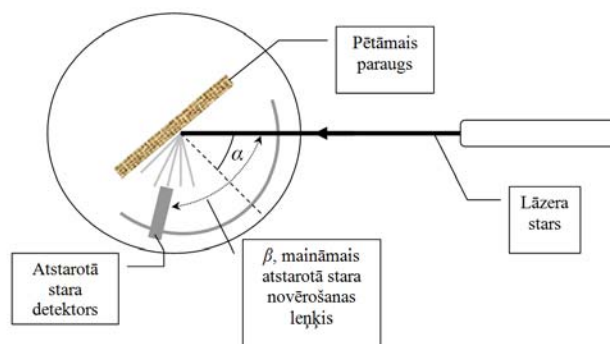
3. CILVĒKA ĶERMEŅA 3D SKENĒŠANAS IESPĒJU IEROBEŽOJUMI

Cilvēka ķermeņa 3D skenēšana ir veiksmīgi lietojama apģērbu datorizētās projektēšanas un individualizētās ražošanas īstenošanā. Tomēr skeneru darbība vēl ir nopietni jāuzlabo – nepieciešams samazināt datu iegūšanas laiku, uzlabot skenēto datu atspoguļošanu, pilnveidot ar 3D skeneriem saistīto programmatūru u.tml.

Skenēšanas tehnoloģijas tiek arvien pilnveidotas, to cena ir ievērojami kritusies salīdzinot ar sākotnējām izstrādājumiem, tomēr ikvienā sistēmā ir sastopami atsevišķi trūkumi.

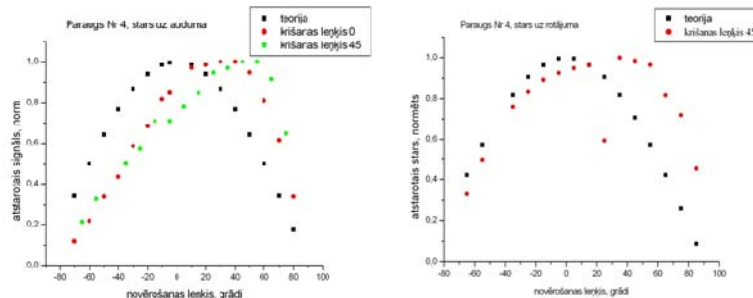
Lai arī katrai sistēmai ir iespējams uzskaitīt trūkumus, tomēr to datu precizitāte ir pietiekoša, lai uzskatītu 3D skenerus par atbilstošiem apģērbu projektēšanai nepieciešamo antropometrisko datu iegūšanai.

Aprakstīti divi ar 3D skenēšanas ierobežojumiem saistīti pētījumi.



2.att. Atstarošanās izpētes eksperimenta shēma

Ķermeņa mēru iegūšanai izmantojamās skenēšanas sistēmās tiek lietoti dažādi datu iegūšanas veidi: gaismēnas, lāzestari u.c. Pētījumā noteikta dažādu tekstilmateriālu lāzestara atstarošanas spēja un atstarošanu raksturojošā līkne salīdzināta ar Lamberta likumam atbilstošās difūzās atstarošanas līkni.

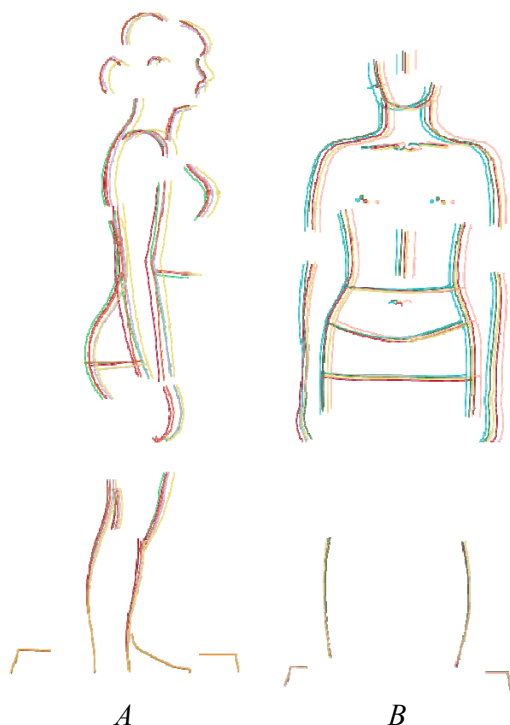


3.att. Atstarošanās izpētes eksperimenta rezultāta piemērs: Staram krītot uz rotājuma, ir novērojamas novirzes no difūzā sadalījuma, kas var būt saistītas ar auduma spožumu. Šajā gadījumā ir būtiskas sadalījuma izmaiņas un bija arī novērota signāla samazināšanās praktiski līdz nullei (leņķis 40 grādi).

Apskatot gaismas atstarošanu no dažādām drānām, tika pamanītas būtiskas novirzes no Lamberta likuma. Šādas novirzes saistāmas ar drānas virsmas ģeometriju (reljefu, faktūru, rotājumu). Nelielas novirzes no standartsadalījuma līknes vērojamas ļoti gludu (spožu) virsmu un nelīdzenu (reljefu) virsmu gadījumos. Rotājumi – izšuvumi, aplikācijas, var radīt pārāk spodu vai nelīdzenu virsmu, kas izraisa novirzes no normālsadalījuma šajos apgabalos. Ja

veļa rotāta ar kristāliņiem vai citiem ļoti spožiem materiāliem, atstarojumu atspoguļojošā līkne ir nelīdzena ar vairākiem ekstrēmuma punktiem. Dažādiem tekstilmateriāliem, atkarībā no rotājuma, atstarošanās variē no difūzas līdz spoguļatstarošanai.

Pētījuma rezultātā var secināt, ka skenēšanai jāizvēlas gluda, bet ne spoža veļa, bez jebkādiem rotājumiem. Nekādā gadījumā nedrīkst izvēlēties veļu ar rotājumiem, kas tieši atstaro un lauž gaismas staru – kristāliņi, stikliņi, pērlītes.



4.att. Stājas izmaiņas (piecu secīgu stāvokļu analīze): a) sānskats, b) priekšskats

nevis uz sāniem. Analīzes rezultātā redzams, ka cilvēka ķermeņa svārstību apjoms palielinās attālinoties no grīdas. Tāpat ir novērojamas ne tikai svārstības, bet arī nelielas ķermeņa stāvokļa un stājas izmaiņas.

Otrajā fotoanalīzes ciklā tika novērtētas stājas izmaiņas secīgi nokāpjot no platformas un katru reizi mainot pēdu stāvokli un līdz ar to arī cilvēka ķermeņa pozīciju ik pa 90°, kas atbilst skenēšanas iekārtām ar pozu maiņu. Priekšskata un mugurskata izmaiņu amplitūda ir no 10 līdz 40 milimetriem, savukārt sānskata izmaiņu amplitūda ir no 11 līdz 51 milimetram tai pat laikā pēdām un potītēm paliekot fiksētā stāvoklī. Šādas svārstības raksturo ne tikai pozas izmaiņas, bet arī stājas un korpusa novietojuma izmaiņas. Izmaiņas var ietekmēt skenēšanas procesu, radot datu neprecizitātes.

3D skenēšanai ir vairākas priekšrocības salīdzinājumā ar manuālajiem mērījumiem – tā ir ātra, secīga un ar lielāku precizitāti. Lietojot 3D skenēšanu, nav nepieciešamas profesionālas zināšanas mēru iegūšanai – lielākā daļa sistēmu automātiski ģenerē cilvēka ķermeņa mērījumus. 3D skenēšana ir pievilcīga ar to, ka tā ir bezkontakta metode, tomēr tai raksturīgi arī trūkumi – vairums sistēmu nespēj noteikt slēptos apgabalus (paduses, pazode, u.c.), kā arī izplūdušas skenējuma kontūras. Pēdējo apstākli visvairāk ietekmē cilvēka ķermeņa svārstības laikā. Tādēļ skenēšanas laiks būtu jāpadara maksimāli īss.

Veikta cilvēka miera stājas svārstību analīze un pēta šo svārstību nozīmību 3D antropometriskajos mērījumos.

Ekspperiments tika veikts trīs dažādām cilvēka pozīcijām: mugurskats, sānskats un priekšskats, tā kā mugurskata un priekšskata analīze neuzrādīja nekādas atšķirības, tad analīzes rezultāts parādīts tikai sānskatam un priekšskatam. Fotografēšana veikta divos ciklos.

Pirmajā ciklā novērtētas stājas izmaiņas fotografējot cilvēku vienā un tajā pašā pozā ik pēc trīs sekundēm katrai pozai, pēc tam tika analizētas stājas izmaiņas. Priekšskata un mugurskata attēlu analīze uzrāda nelielas stājas izmaiņas. Cilvēks miera stāvoklī var „šūpoties” 3 līdz 12 milimetru amplitūdā.

Sānskata svārstības ir lielākas – tās statistiskam cilvēka ķermenim vērojamas 9 līdz 21 milimetru amplitūdā. Šāda atšķirība skaidrojama ar to, ka cilvēka potīšu kustības ir raksturīgākas amplitūdā uz priekšu atpakaļ,

4. ĶERMEŅA VIRSMAS IZKLĀŠANAS IESPĒJAS

Cilvēka ķermeņa virsma ir neizklājams objekts, tā virsmas nenoteiktības un dažādo variāciju dēļ. Cilvēka ķermenis sastāv no ļoti daudzām ģeometriskām figūrām, tā kopumā ir sarežģīta forma, kuras izklāšana ir sarežģīts process.

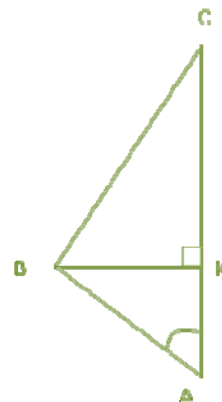
Nodaļā aprakstītas manekena vai cilvēka ķermeņa virsmas izklāšanas iespējas, sadalot to ģeometriskās figūrās, kuras iespējams attēlot plaknē.

Attīstoties 3D virsmas iegūšanas un izklāšanas metodēm, visvairāk tiek izmantota tieši trijstūru metode. Tā ir plāna balstpunktu tīkla veidošanas metode, kur balstpunktus izvieto tā, lai tie izveidotu savstarpēji saistītu trijstūru sistēmu.

Uz neregulārās cilvēka ķermeņa virsmas tiek atlikti balstpunkti, un tad virsmas izklāšanai plaknē ar triangulācijas metodi tiek meklēti trijstūra plaknes punkti. Šādā veidā ir iespējams izklāt telpisku virsmu plaknē.

Lai izveidotu izklājumu, pēc kārtas tiek ņemti trīsstūri.

Katram trīsstūrim tiek aprēķināti visi nepieciešami dati (malu garumi, leņķi). Katrai trīsstūra virsotnei ir zināmas koordinātas x , y un z . Līdz ar to ir iespēja veikt aprēķinus (trijstūra paraugu skat. 5.att.).



5.att. Trijstūra piemērs

$$AB = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2} \quad (1)$$

kur

$$\Delta x = x_A - x_B \quad (2)$$

Līdzīgi iespējams aprēķināt visu malu garumus (AB, BC, AC); Zinot AB, BC un AC ir iespējams izrēķināt trijstūra $\cos \alpha$ – 5.attēlā norādītajam leņķim:

$$\cos \alpha = \frac{AB^2 + AC^2 - BC^2}{2 \cdot AB \cdot AC} \quad (3)$$

Zinot $\cos \alpha$, izsaka trijstūra augstumu KB.

Veicot triangulāciju virsmas izklāšanai, ir ļoti svarīgs trijstūru novietošanas princips. Visbiežāk tiek pielietots ekstrēmu princips, kur trijstūru virsotnes veido visaugstākie un zemākie punkti tuvākajā apgabalā, iepriekš definējot maksimāli pieļaujamo attālumu starp punktiem. Jo tuvinātāku izklājumu vēlas iegūt un jo sfēriskāka izklājamā virsma, jo mazākiem būtu jābūt trijstūru malu garumiem.

Cilvēka ķermeņa virsmas izklāšanai lieto arī ģeodēzisko metodi, kur ar ģeodēziskajām līnijām norobežotajai virsmas daļai veido izklājumu. Ir svarīgi izvēlēties atbilstošus virzienus līnijām, attālumu starp tām, kā arī virsmas centrā ievērot perpendikularitāti. Matemātiski ar ģeodēziskām līnijām saprot taisnu līniju ģenerēšanu uz liektas virsmas. Šādas līnijas tiek zīmētas ar nojausmu, ka tās ir taisnas – respektīvi divdimensiju, tās var aprakstīt ar plaknes koordinātu palīdzību. Uz sfēriskas virsmas uzzīmēta taisna līnija, atkarībā no sfēriskuma pakāpes, veido kādu no liektu līniju funkcijām (splains, hiperbola utt.).

Plakņu šķelšanas metode izmanto ģeometrisku plakņu izklāšanas iespējas. Katru uz figūras izdalīto virsmas detaļu pielīdzina ģeometriskai virsmai, kuru pēc tam izklāj plaknē. Process sastāv no trīs etapiem: izklājamās virsmas izpēte, nosakot šķelšanas vietas, šķelējplakņu noteikšana un mērīšana, izklājuma zīmēšana.

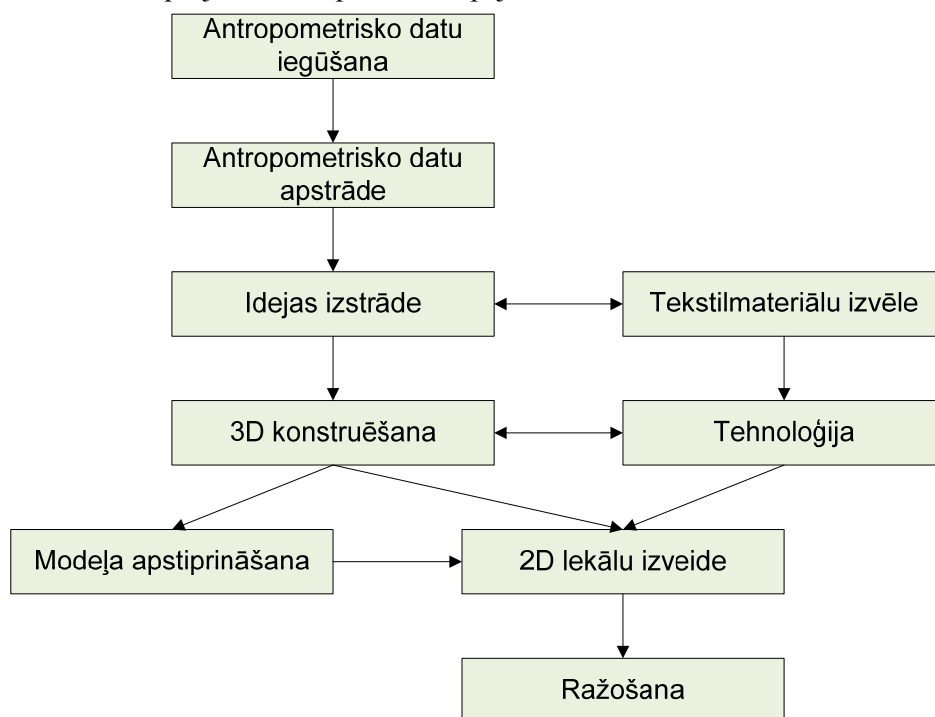
Šķelējplakņu metodē nav noteikta sašķelto figūru forma, kas ļauj brīvi improvizēt atkarībā no izklājamās virsmas vienmērības vai pretēji kontrastainuma. Līdz ar to šajā metodē tiek it kā apvienota triangulācija un ģeodēzisko līniju metode.

Salīdzinot metožu lietojuma rezultātus un darba gaitu, var secināt, ka neviena no manuāli izpildītajām metodēm nedod pilnīgi precīzu rezultātu, šķelējplakņu un ģeodēzisko līniju metodes nedod informāciju par racionālu iešuvju novietojumu un lielumu, savukārt triangulācija jāveido ar maziem trijstūrīšiem, lai to lietojums un rezultāts būtu atbilstošs. Bez tam šķelējplakņu un ģeodēzisko līniju metožu rezultātā tiek iegūtas virsmu raksturojošās plaknes daļas ar liektām malām, kas neļauj tās precīzi savietot. Tomēr, ņemot vērā datorizācijas iespējas, tiek uzskatīts, ka trijstūru metode visatbilstošāk raksturo izklājamo virsmu. Turklāt trijstūris ir vienīgā plaknes figūra, kura ir viennozīmīga (caur trīs punktiem ir iespējams novilkt tikai vienu plakni, to nesaliecot vai nesalaužot), tad par precīzāko inženiermetodi virsmu attēlošanai plaknē var tikt uzskatīta triangulācija.

5. MANEKENA IZSTRĀDE UN SĀKUMDATU DEFINĒŠANA 3D APĢĒRBU PROJEKTĒŠANAI

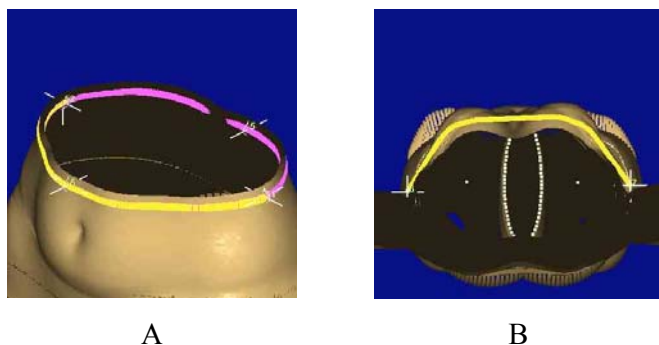
Apģērbu projektēšana ietver sevī virkni procesu, viens no darba un zināšanu ietilpīgākajiem ir konstruēšana. Konstruēšana attēlo iegūstamā nosacītā ķermeņa (apģērba) virsmas izklājumu. Šobrīd pastāvošie apģērbu konstruēšanas veidi nenodrošina apģērba izgatavošanu bez laikošanas, turklāt plakniskais telpiska objekta projektēšanas process prasa no konstruktora augsta līmeņa prasmes, iztēli un radošumu. Tāpat tradicionālās cilvēka ķermeņa mēru iegūšanas metodes nenodrošina korektu ievaddatu iegūšanu. Līdz ar to ir nepieciešama 3D projektēšana, kurai būtu:

- 3D virtuālā manekena izmantošana projektēšanā – optiskās cilvēka ķermeņa mēru iegūšanas metodes paver iespēju radīt 3D virtuālo manekenu automātiski (Siegmund, u.c., 2007). Tas izslēgs nepieciešamību pēc manuāli iegūtiem mēriem.
 - 3D telpisko virslaižu projektēšana, kas vienlaikus ļauj nodrošināt gan izstrādājuma ērtumu, gan vizuālā noformējuma pārskatāmību, gan izslēgs laikošanu, kas ir ļoti darbietilpīgs process ar iteratīviem atkārtojumiem.
 - Vizuāli uzskatāms projektēšanas process – iespēja novērtēt apģērba ārējo izskatu, šāda sistēma izslēgtu dārgo paraugu gatavošanas procesu.
 - Iespēja apģērba detaļas projektēt 3D vidē ar secīgu izklājumu plaknē.
- Šādas projektēšanas procesu iespējams definēt kā dažādu darbību shēmu:



6.att. Apģērbu projektēšanas 3D process

Lai realizētu tehnoloģiju, kas dod iespēju apgērbus projektēt 3D vidē, ir nepieciešams lietot efektīvu cilvēka ķermeņa mēru iegūšanas metodi, kas būtu piemērota cilvēka ķermeņa ciparu modeļa izveidošanai datora atmiņā.



7.att. Antropometrisko mēru iegūšana: a) vidukļa apkārtmērs, b) krūšu platums

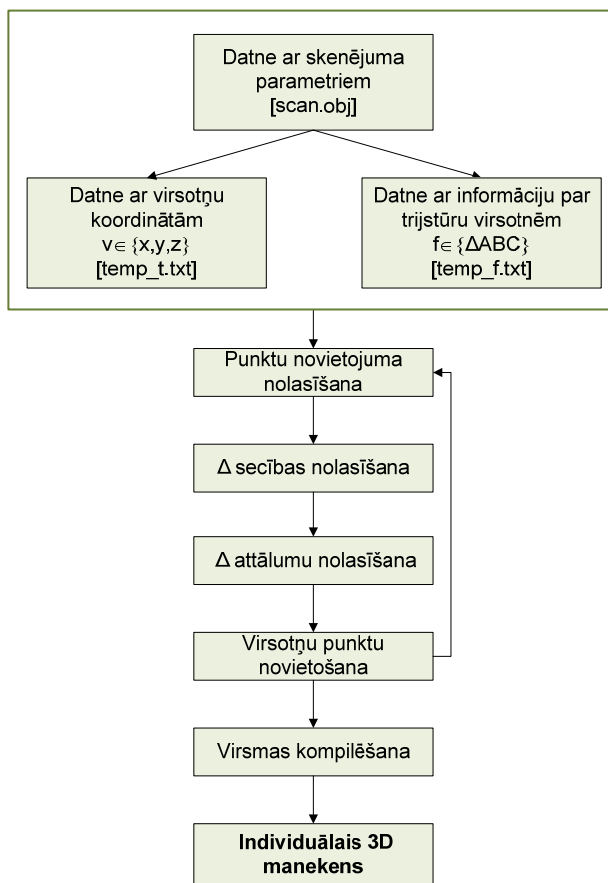
Ar skenera palīdzību tiek iegūti gan 3D parametri, gan informācija par stāju un proporcijām, kā arī drēbniecībā lietotie mēri.¹ Antropometriskie mēri tiek iegūti ar virtuālā manekena šķēlumu perimetru palīdzību, starpantropometrisko punktu taisņu un pieskaru mērījumiem, kā arī šo variantu kombināciju un aproksimāciju rezultātā (krūšu apkārtmēra u.tml. mērījumu gadījumā)

(Human Solutions)(7.att.).

Apstrādājot skenētos datus, tiek iegūti 3D parametri trīs izšķirtspējas līmeņos – zemākā izšķirtspēja (~26 000 punktu), augstākā izšķirtspēja (~70 000 punktu) un 3D manekens ar tekstūru. Katrā datnē tiek iegūti divu veidu parametri:

- 3D koordinātu x , y un z vērtības (apzīmēts ar burtu v),
- Trijstūru virsotņu savienošanas secība (apzīmēts ar burtu f).

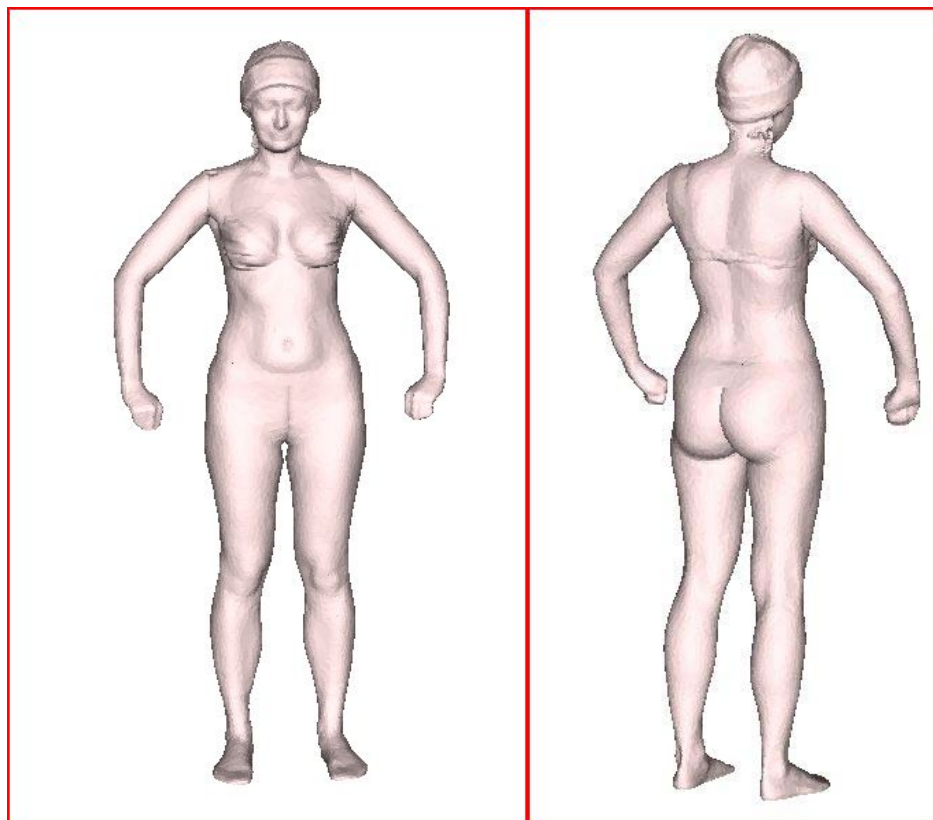
3D manekena izstrādei lieto skenēšanas ceļā iegūtās ķermeņa virsmas punktu koordinātas. Datni ar koordinātu parametriem saglabā un izdala apakšdatnes punktu koordinātu un trijstūru novietojuma atpazīšanai, pēc šī procesa sistēma cikliski nolasa punktu atrašanās vietas, trijstūru secību un attālumus, pēc kā veic punktu novietošanu. No



8.att. 3D manekena izveides process

¹ 3D datu iegūšanai veikts eksperiments izmantojot cilvēka ķermeņa lāzerskeneri VitusPro. Pētījums veikts sadarbībā ar Šveices universitātes zinātniski pētniecisko laboratoriju MiraLab. Šveice, Ženēva. 18.05. - 21.05.2008.

novietotajiem punktiem tiek kompilēta manekena virsma un izveidots individuālais 3D manekens.



9.att. Izveidotais 3D manekens

Apģērbu virsmas izveidošanai nepieciešams noteikt telpisko virslaižu vērtības, kas tiek definētas kā attālums starp apģērbu un cilvēka ķermeņa virsmu. To aprēķināšanai var tikt izmantotas tradicionāli lietotās virslaižu, vai daļēji arī konkrētu antropometrisko punktu mērījumi dinamikā. Darbā ir noteiktas sakarības starp telpisko virslaižu un tradicionāli lietoto aprēķingrafisko virslaižu vērtībām. Parādīta iespēja dinamisko pozu antropometriski svarīgo punktu koordinātu mērījumu izmantošanai telpisko virslaižu noteikšanā.

3D manekena izveides sistēma aprobēta izveidojot individuāla ķermeņa manekenu pēc skenētajiem datiem. Izstrādāts virtuālā manekena ģeometriskās formas veidošanas apraksts. Telpiskais manekens atbilst reālajam ķermenim, iegūtajiem mērījumiem nav būtisku noviržu no reālajiem. Iegūtais 3D manekens turpmākajos pētījumos ļauj veidot 3D projektēšanas sistēmu.

SECINĀJUMI UN REZULTĀTI

Darbā, balstoties uz literatūras pētījumu un sarežģītu objektu struktūras sistēmisko analīzi, pamatota nepieciešamība apģērbu projektēt 3D datorsistēmās, un doti ieteikumi antropometrisko datu lietojumam 3D apģērbu projektēšanā, identificēti 2D un 3D projektēšanas veidi.

Balstoties uz algoritimizācijas teoriju, izstrādāta pastāvošās ražošanas struktūrshēma ar divdimensiju projektēšanas darbu nodrošinājumu un ražošanas struktūrshēma, ja tiek nodrošināta trīsdimensiju projektēšana, dota salīdzinošā analīze.

Veikta 3D apģērbu projektēšanas procesa sistematizācija. Dota procesa ieteicamā secība. Veiksmīgi attīstot pētījumus, paredzēta iespēja apiet veselu virkni darbalaika ietilpīgu procesu: ģērba bāzes konstrukcijas projektēšana un tās sekojošā pielāgošana. Šādas sistēmas tālāka attīstība dotu vairākas priekšrocības: projektējamās formas un piegulumā prognozējamība, tādejādi izskaužot konstruktora rutīnas darbu un dodot iespēju uzreiz strādāt radoši ar īstenu ķermeņa antropometrisko datu tīklu.

Pastāvošā apģērbu projektēšanas procesa, tā metožu un metodiku analīzes rezultātā ir secināts, ka 3D apģērbu projektēšanas sistēmai jābūt apgādātai ar 3D manekenu, telpisko virslaižu sistēmu un apģērba virsmas definēšanas līdzekļiem.

Sistematizēti 3D projektēšanas sākumdati: telpisks virtuālais manekens, telpiskās virslaižu (ērtuma un modernās), apģērba koordinātas; un izveidotas to noteikšanas procedūras. Doti piemēri tradicionāli lietoto virslaižu pārrēķinam.

Darbā apzinātas un analizētas lietošanai pieejamās apģērbu datorizētās projektēšanas un antropometrisko datu iegūšanas iespējas, sistēmas un metodes, veikta to salīdzinošā analīze.

Apzinātas, identificētas un sistematizētas cilvēka ķermeņa 3D skenēšanas iespējas, doti to raksturojumi un kombinēšanas iespēju analīze. Apzinātas, analizētas un salīdzinātas 3D virsmas izklāšanas metodes.

Darbā ir izpētītas dažādu ķermeņu virsmu izklāšanas iespējas, kā arī pārbaudītas praksē manekena virsmas izklāšanas inženiermetodes. Ķermeņa virsmas izklājums nepieciešams objekta (darba aspektā – apģērba) parametru noskaidrošanai. Tā kā nav iespējams konkrēti definēt atsevišķus ģeometriskus ķermeņus, no kuriem sastāv cilvēka ķermeņa virsma un līdz ar to apģērba virsma, tad secināts, ka par precīzāko inženiermetodi virsmu attēlošanai plaknē var tikt uzskatīta triangulācija.

Sistematizēta informācija par cilvēka ķermeņa 3D datu iegūšanas iespējām, analizēti datu iegūšanas metožu ierobežojumi, secināts, ka atsevišķas metodes (piemēram, fotomērījumu) cilvēkam nav ērtas ētisku apsvērumu dēļ – tiek iegūtas fotogrāfijas, kuru tālākā apstrāde nav diskrēta. Noteikts, ka skenējuma precizitāti ietekmē skenēšanas procesa ilgums un skenēšanai noteikto cilvēka pozu skaits. Lāzerskenēšanā ieteikts skenējamajam cilvēkam

ģērbt gludu, nespožu veļu, lai izvairītos no nenolasītu vai kļūdaini nolasītu virsmas apgabalu rašanās ar veļu segtajās zonās.

Ir izstrādāts algoritms virtuālā manekena ģeometriskās formas veidošanai. Telpiskais manekens atbilst reālajam ķermenim, iegūtajiem mērījumiem nav būtisku noviržu no reālajiem. Iegūtais 3D manekens turpmākajos pētījumos ļauj veidot apģērbu 3D projektēšanas sistēmu.

Lietojot ģeometrijas, planimetrijas un trigonometrijas metodes:

- aprakstītas skenēšanas parametru iegūšanas kļūdas, ja notiek cilvēka ķermeņa svārstības skenēšanas laikā, dots divu iegūto elipšu perimetra aprēķins;
- aprakstīti pastāvošās parametrisko manekenu individualizācijas iespēju trūkumi, doti ieteikumi šo trūkumu novēršanai;
- aprakstīta telpisko virslaižu iegūšanas metodika;
- aprakstīta trīsdimensiju dinamisko antropometrisko pētījumu metodika;
- aprakstīts virtuālā manekena izveides process.

Izveidota jauna sistēma 3D manekena izveidei no skenētajiem datiem, kas satur divu veidu parametrus – koordinātu aprakstu ordinātu x , y un z asīs un trijstūru virsotņu novietošanas secību.

Grafiskais redaktors veidots, izmantojot Delphi programmēšanas valodu, tas ir autonomi lietojams, vai ekspluatējams lāzerskenera sastāvā. Sistēma ir ar pieeju grafiskajai valodai un sistēmnodrošinājuma izvēlņu kartēm, kas saprotamas projektētājam bez priekšzināšanām programmēšanā.

Darba rezultāti tiks praktiski izmantoti Rīgas Tehniskās universitātes Tekstilmateriālu tehnoloģiju un dizaina institūtā kā metodiskais materiāls studentu apmācībā un turpmākajos pētījumos apģērbu projektēšanas procesa pilnveidošanas virzienā.

LITERATŪRAS SARAKSTS

3D Ouest Ltd. [Tiešsaiste]. - Korux human body laser scanning technology. - www.3douest.com. - France.

3D-Shape GmbH [Tiešsaiste]. - Body and Face Scan Stripes projection technology. - www.3d-shape.com. - Vācija.

4D Culture Inc. [Tiešsaiste]. - 4D Culture 3D human body laser scanning system. - www.4Dculture.com. - South Korea.

AceApparel CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - company was established since 2001 by Mo Deok Won. - www.pattern-cad.com.

Assol CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Center of Applied Computer Technologies ASSOL; Moscow Institute of Physics and Technology, Dr. Gennadij Andreev. - www.assol.mipt.ru.

Assyst CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Assyst-bullmer. - www.assyst-intl.com.

Audaces CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - fashion technology. - www.audaces.com.

Auzukalns J. [u.c.] Tehniskā grafika [Grāmata]. - Rīga : Zvaigzne, 1994. - lpp. 191.

Beazley Alison un Bond Terry Computer-aided pattern design & product development [Grāmata]. - UK : Blackwell Publishing, 2003. - lpp. 220. - ISBN 1-4051-0283-7.

Bernina [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - OptiTex/Siemens#3: FIT Technology Bernina MyLabel. - www.berninamylabel.com.

Bodymetrics Ltd. [Tiešsaiste]. - 3D body data analysis software. - www.bodymetrics.com. - UK.

Buxton Bernard Dekker Laura, Douros Ioannis, Vassilev Tsvetomir Reconstruction and Interpretation of 3D Whole Body Surface Images [Atskaite]. - Gower Street London : Department of Computer Science University College London, 2006. - WC1E 6BT United Kingdom.

CAD Modelling Ergonomics S.r.l. [Tiešsaiste]. - Anthropometrics dummies by silhouette extracting technology. - www.cadmodelling.it.

Comtense CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - © Комтенс. - www.comtense.ru.

Cyberware Inc. [Tiešsaiste]. - Cyberware whole body 3D laser scanner technology. - www.cyberware.com. - USA.

D'Apuzzo Nicola Feasibility study: Full Body Scanning, Virtual-Try-On, Face Scanning, Virtual-Make-Over with application in apparel. [Atskaite]. - Zürich, Switzerland : Hometrica Consulting, 2008.

D'Apuzzo Nicola Recent Advances in 3D Full Body Scanning With Applications to Fashion and Apparel [Raksts] // Optical 3-D Measurement Techniques IX. - Vienna, Austria : [bez nos.], 2009. gada. - lpp. 10.

D'Apuzzo Nicola Surface Measurement and Tracking of Human Body Parts from Multi Station Video Sequences [Atskaite] : Doktora disertācija. - Zurich : Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2003. - lpp. 148. - ISSN 0252-9335; ISBN 3-906467-44-9.

Dāboliņa I., Blūms J. un Viļumsone A. LĀZERA STARA PLŪSMAS ATSTAROŠANAS IZPĒTE VEĻAS MATERIĀLOS [Žurnāls] // RTU zinātniskie raksti. - Rīga : Rīgas Tehniskā universitāte, 2008. gada. - 9. sēr. : Sēj. Materiālzinātne 3.. - lpp. 62.-70. . - ISSN 1691-3132-2008-3132.

Dāboliņa Inga un Viļumsone Ausma Trīsdimensiju antropometriskā modelēšana [Raksts] // RTU zinātniskie raksti. - 2007. gada. - 9. sēr.. - Materiālzinātne : Sēj. 2.. - lpp. 103.-110.. - ISSN 1691-3132-2007-2.

Dāboliņa Inga, Šahta Ingrīda un Terļecka Gaļina Elektroniskās mērlentes lietošana apģērbu ražošanā/The usage of digital measuring-tape in garment production [Žurnāls] // RTU zinātniskie raksti. - Rīga : Rīgas Tehniskā universitāte, 2009. gada. - 9. sēr., Materiālzinātne : Sēj. 4. - lpp. 146. - 152.

Dekker L. [u.c.] Building Symbolic Information for 3D Human Body Modeling from Range Data [Raksts] // Proceedings of the Second International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling. - Ottawa, Canada : [bez nos.], 1999. gada October . - IEEE Computer Society. - lpp. 388.-397..

Devroye L., Mucke E. P. un Binhai Zhu A Note on Point Location in Delaunay Triangulations of Random Points [Žurnāls] // Algorithmica (22) . - [bez viet.] : Springer-Verlag New York Inc, 1998. gada. - lpp. 477-482.

Digimask Ltd [Tiešsaiste]. - Face modeler software hybrid technology from images. - www.digimask.com.

DOI Generating unified model for dressed virtual humans [Atskaite]. - [bez viet.] : Visual Comput, 2005. - lpp. 522-531. - DOI 10.1007/s00371-005-0339-6.

E Measurement Solutions Ltd Elektroniskā mērlente [Tiešsaiste]. - E Tape. - www.e-tape.co.uk.. - Anglija.

Fan J. Yu W., Hunter L. Clothing appearance and fit: Science and technology [Grāmata]. - Cambridge, England : Woodhead Publishing Limited, 2004.. - lpp. 240. - ISBN 0-8493-2594-3.

FashionCad CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Cad Cam Solutions Australia Pty. Ltd. - www.fashioncad.net.

FitMe.Com Inc. [Tiešsaiste]. - Size Genie 3D software. - www.fitme.com. - USA.

Gemini CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Contact person for distributors: Mr. Traian LUCA. - www.geminiCAD.com.

Gerber CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - founder, Joseph Gerber. - www.gerberetechnology.com.

GFai Gesellschaft zur Forderung angewandter Informatik e.V. [Tiešsaiste]. - Full body scanner hybrid technology stripes projection and silhouettes extraction. - www.gfai.de.

Gomes Abel J.P. [u.c.] Implicit Curves and Surfaces: Mathematics, Data Structures and Algorithms [Grāmata]. - [bez viet.] : Springer-Verlag London Limited, 2009. - lpp. 351. - ISBN 978-1-84882-405-8; DOI 10.1007/978-1-84882-406-5.

Grafis CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Partner authorised to represent: Dr. Kerstin Friedrich, Responsible for the content of this site: Volker Friedrich. - 2009. gada jūnijs. - www.grafis.de.

Grazia CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Руководитель разработчиков: кандидат физико-математических наук Виталий Ещенко. - www.saprgrazia.com.

Hamamatsu Photonics K.K. [Tiešsaiste]. - Hamamatsu bodyline full body laser scanning. - <http://www.hamamatsu.com>.

Hamano Engineering Co. Ltd. [Tiešsaiste]. - Hamano laser scanning technology. - www.voxelan.co.jp.

Hannelore Eberle, Hermann Hermeling un Hornberger Marianne, et.al. Clothing Technology [Grāmata] / red. Roland Kilgus. - Wuppertal, Germany : Verlag Europa-Lehrmittel, 1999. - 2nd English Edition : lpp. 256. - ISBN 3-8085-6222-6.

Hoechstmass Balzer GmbH Elektroniskā mērlente [Tiešsaiste]. - www.hoechstmass.com. - Vācija.

Hsueh Wen-Jean un Antonsson Erik K. Automatic high-resolution optoelectronic photogrammetric 3D surface geometry acquisition system [Raksts] // Machine Vision and Applications. - [bez viet.] : Springer Verlag Group, 1997. gada. - 10:98–113. - lpp. 98.- 113..

Human Solutions GmbH [Tiešsaiste]. - 3D human body measurement software. - www.human-solutions.com. - Vācija.

Hwang Su-Jeong Three dimensional body scanning systems with potential for use in the apparel industry [Raksts]. - Raleigh : [bez nos.], 2001. gada. - 63.

InSpeck Inc. [Tiešsaiste]. - 3D Capturing human body stripes projection scanning. - www.inspeck.com. - Kanāda.

Intellifit Corporation [Tiešsaiste]. - Cilvēka ķermeņa skenēšana ar elektromagnētisko viļņu metodi.. - www.corp.intellifit.com.

InvenTex CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - developed & manufactured by SEMACO company. - 2009. gada. - www.inventex.eu.

ISPRS International Society for Photogrammetry and Remote Sensing [Tiešsaiste]. - 2009. gada. - 2010. gada 23. janvāris. - www.isprs.org.

Istook Cynthia L. Hwang Su-Jeong 3D body scanning systems with application to the apparel industry [Raksts] // Journal of Fashion Marketing and Management. - [bez viet.] : Henry Stewart Publications 1361-2026, 2001. gada. - 5. - Sēj. II. - lpp. 120.-132..

Jindex CAD [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Hong kong Jindex Stock Co., Limited. - www.jindex.net.

Kaļinka Māris Arhitektūras telpiskās dokumentēšanas tehnoloģija [Atskaite]: doktora disertācija / Ģeomātikas katedra; RTU BF Transportbūvju institūts. - Rīga: Rīgas Tehniskā universitāte, 2008. - lpp. 127. - RTU ZB 992693.

Kang Tae Jin un Kim Sung Min Optimized garment pattern generation based on three-dimensional anthropometric measurement [Žurnāls] // International Journal of Clothing Science and Technology. - 0955-6222: MCB University Press Ltd, 2000.. gada. - 4. : Sēj. 12.. - lpp. 240.-254.. - ISSN: 0955-6222.

Krieviņš Ivars Tērpzinību antropoloģiskie pamati/Apģērbu antropometriskie parametri [Grāmata]. - Rīga: RTU Apģērbu un tekstila tehnoloģiju katedra, 2003. - Sēj. Lekciju konspekti/ Norādījumi lab.darbu un patstāvīgo d.izpildei: lpp. 62. - RTU ZB 0705011636[7].

Lectra CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Publishing Director: Daniel HARARI. - 2009.. gada. - www.lectra.com.

Lectra Ltd. Kaledo Style or Kaledo Collection? [Atskaite]. - France: Lectra Ltd., June 2009. - lpp. 7. - MS PowerPoint presentation.

Leko CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Vilar Soft. - www.latelye.ru.

Letonika [Tiešsaiste]. - © Latvijas Zinātņu akadēmijas Terminoloģijas komisijas Informācijas tehnoloģijas un telekomunikācijas terminoloģijas apakškomisija; © Tilde, 2009 © EuroTermBank Consortium. - 2009.. gada. - http://www.letonika.lv.

Luhmann T, Robson S un S. Kyle, I., Harley Close Range Photogrammetry. Principles, Methods and Applications. [Grāmata]. - Scotland, UK: Whittles Publishing, 2006. - lpp. 510. - ISBN 1-870325-50-8.

LVS EN ISO 15536-1 Latvijas Standarts Ergonomika. Datormanekeni un ķermeņa maketi. 1.daļa: Vispārīgās prasības./Ergonomics-Computer manikins and body templates - Part 1: General requirements. [Atskaite]. - Brisele: CEN - European Committee for Standardization, 2005. - ISO 15536-1:2005.

LVS EN ISO 15536-2 Latvijas Standarts Ergonomika. Datormanekeni un ķermeņa maketi. 2.daļa: Kompjūtermanekenu sistēmu funkciju verifikācija un izmēru validācija./Ergonomics-Computer manikins and body templates - Part2: Verification of functions and validation of dimensions for comp.manik.syst. [Atskaite]. - Brisele: CEN - European Committee for Standardization, 2007. - ISO 15536-2:2007.

LVS EN ISO 20685 Latvijas Standarts 3D skenēšanas metodoloģijas starptautiski saderīgām antropometrisko datu bāzēm/ 3D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases [Atskaite]. - Brisele: CEN - European Committee for Standardization, 2005. - ISO 20685:2005.

LVS EN ISO 7250 Latvijas Standarts Cilvēka ķermeņa pamatzmēri tehniskiem projektiem/Basic human body measurements for technological design [Atskaite]. - Brisele: CEN - European Committee for Standardization, 1997.

Magenat-Thalmann Nadia Where Research Means Creativity [Tiešsaiste] // MIRALab. - University of Geneva, 2007. gada oktobris. - www.miralab.unige.ch.

NovoCut CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Authorized representative: Mrs Annette Krumpa. - www.novocadcam.de.

OptiTex CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana, imitācija. - President and CEO - Ran Machtinger. - www.optitex.com.

PadSystem CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana, imitācija. - PAD System International Limited. - www.padsystem.com.

PNNL [Tiešsaiste]. - Department of Energy's Pacific Northwest National Laboratory. - <http://www.pnl.gov/>.

Protopsaltou Dimitris [u.c.] A body and garment creation method for an Internet based virtual fitting room [Atskaite]. - Geneva : MIRALab CUI, University of Geneva, 2007. - CH-1211, Switzerland 17pp.

Razdomahins Nikolajs, Viļumsone Ausma un Dāboliņa Inga CAD OF THE CLOTHING INDUSTRY [Raksts] // RTU zinātnisko rakstu krājums. - Rīga : [bez nos.], 2007. gada. - Tekstila un apģērbu tehnoloģija. - 9.sērija: Materiālzinātne : Sēj. 2.. - lpp. 111. - 116. .

RichPeace CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Richpeace Group Co., Limited. - www.richpeace.com.

Rupp Martin un Kirchdörfer Elfriede Possibilities and capabilities of 3D-body-scanning systems for the purpose of risk assessment [Atskaite]. - Germany : Bekleidungsphysiologisches Institut Hohenstein, Department of Clothing Technology, 2005. - lpp. 23. - HETRA RfP C1.6 Human Health Projects - Consumer Exposure.

Sanyo Electric Co. Ltd [Tiešsaiste]. - hibrīdsistēma 3D skenēšanai izmantojot silueta nolasišanu un kodētas gaismas projekciju. - www.sanyo.co.jp; www.pierimo.net.

Sayem Abu Sadat Muhammad 3D Design of Garments [Atskaite]. - UK : University of Manchester, Department of Textiles, 2009. - Submitted to IMB Innovation Award 2009.

Scharrenbroich Christine Mehr Brust, Mehr Taille, Mehr Hüfte [Raksts] // FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG. - 2009. gada. - 9 : Sēj. 93.

Siegmund Jana [u.c.] Development of parametric virtual dummies; 3D patterning of corsetry [Žurnāls] // Textile Network. - Dresden : apparel, 2007. gada 7-8. - TU Dresden.

Simmons Karla, Istook Cynthia L. un Devarajan Priya Female Figure Identification Technique (FFIT) for Apparel Part1: Describing Female Shapes [Raksts] // Journal of Textile and Apparel Technology and Management. - 2004. gada. - 4. - Sēj. I. - lpp. 16pp.

Singular Inversions FaceGen [Tiešsaiste]. - Face modeler software hybrid image technology. - www.facegen.com.

Staprim CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - founder&developer Раздомахин H.H. - www.staprim.com.

Sungmin Kim un Chang Kyu Park Basic garment pattern generation using geometric modeling method [Žurnāls]. - South Korea : Emerald Group Publishing Limited, 2007. gada. - Sēj. 19. No.1. - lpp. 7.-17.. - DOI 10.1108/09556220710717017.

Sýkora Stanislav Approximations of Ellipse Perimeters and of the Complete Elliptic Integral $E(x)$. Review of known formulae [Atskaite]. - Castano Primo, Italy : Stan's Library, 2005. - DOI: 10.3247/SL1Math05.004 .

Szabó Orsolya Nagy un Tamás Péter SYLVIE® 3D SYSTEM USING FOR SKIRT AND TROUSERS CONSTRUCTIONS [Atskaite]. - Biela, Italy : Autex 2008, 2008. - lpp. 7.

TanyaGeo CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - Tanya Geometrik Pvt. Ltd. - www.tanyageo.com.

Telmat Industries [Tiešsaiste]. - Symcad full body scanner stripes projection technology. - www.telmat.com, www.symcad.com. - Francija.

Vanags Valdis Fotogrammetrija [Grāmata]. - [bez viet.] : LR Valsts zemes dienests, 2003. - lpp. 275. - ISBN10: 9984950891; ISBN13: 9789984950891 .

Viļumsone Ausma Adaptējamas automatizētas apģērbu konstruēšanas sistēmas struktūras un algoritmu izstrāde [Atskaite] : Doktora disertācija / Inženierzinātnes, Tekstiltehnoloģija un mašīnas. - Rīga : RTU, 1993. - lpp. 129. - Monogr.ier.Nr.000198748.

Viļumsone Ausma un Dāboliņa Inga The Estimation and Approbation of 3D Garment Designing and Photo Measurement Method [Raksts] // 4th INTERNATIONAL TEXTILE, CLOTHING & DESIGN CONFERENCE - Magic World of Textiles. - [bez viet.] : Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia, 2008. gada oktobris. - Book of proceedings of the 4rd INTERNATIONAL TEXTILE, CLOTHING & DESIGN CONFERENCE – Magic World of Textiles. - lpp. 676. - 681. .

Viļumsone Ausma un Dāboliņa Inga The Possibilities of Garment 3D Designing [Konference] // XI th International Izmir Textile and Apparel Symposium. - Izmir : Ege University Textile Engineering Department, Year 2007. - lpp. 161.-170.. - Proceedings.

VisImage Systems Inc. [Tiešsaiste]. - Human body measurement silhouette extraction technology. - www.vis.ca.

Vitronic Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH [Tiešsaiste] // Vitus laser scanning technology. - <http://www.vitronic.de/>. - Vācija.

Wen Z. [u.c.] Delaunay triangulation with partial least squares projection to latent structures: a model for G-protein coupled receptors classification and fast structure recognition [Žurnāls] // Amino Acids (2007) 32. - 2007. gada. - DOI 10.1007/s00726-.

Wicks and Wilson Limited [Tiešsaiste]. - Wicks and Wilson human body scanning stripes projection technology. - www.wwl.co.uk. - Anglija.

WildGinger CAD/CAM [Tiešsaiste] // Apģērbu projektēšana. - President - Dr. Lisa Shanley. - www.wildginger.com.

Winsborough Stuart An Insight into the Design, Manufacture and Practical Use of a 3D Body Scanning System [Atskaite]. - England : Wicks and Wilson Limited, 2006. - 11 lpp..

Winsborough Stuart Towards Photo-realistic 3D Image Capture [Atskaite]. - England : Wicks and Wilson Limited, 2001. - Scanning 2001 – TriForm, 18 lpp..

Xu B. [u.c.] Three-dimensional body scanning system for apparel mass-customization [Žurnāls]. - [bez viet.] : The University of Texas at Austin Department of Human Ecology Optic Engineering, 2002. gada. - 41(7). - lpp. 1475-1479.

XX Production online GmbH [Tiešsaiste]. - Hardware and software solutions for body scanning hybrid technology laser spot and 5 manyal measurements. - www.xxpo.de; www.bodyscanningcrm.com.

Yan He un Fiorito Susan S. CAD/CAM diffusion and infusion in the US apparel industry [Žurnāls] // Journal of Fashion Marketing and Management. - USA : Emerald Group Publishing Limited 1361-2026, 2007. gada. - 2 : Sēj. 11. - lpp. 238.-245.. - DOI 10.1108/13612020710751400.

Youngsook Cho [u.c.] An interactive body model for individual pattern making [Raksts] // Emerald International Journal of Clothing Science and Technology. - 2005. gada. - II : Sēj. 17. - lpp. 91.-99..

Бескоровайная Г.П. Конструирование одежды для индивидуального потребителя [Grāmata]. - Москва : ACADEMIA, 2004 . - 2. : lpp. 120. - ISBN 5-7695-1873-1.

Гуревич М. М. un un Сапожников Р. А Введение в фотометрию 1968. un Теоретическая фотометрия 1967 [Grāmatas nodaļa] // Большая Советская Энциклопедия. - 1978.

Дунаевская Т.Н. [u.c.] Основы прикладной антропологии и биомеханики [Grāmata] / red. Коблякова Е.В. - Москва : Информационно-издательский центр МГУДТ, 2005. - lpp. 280. - ISBN 5-87055-069-6 УДК[572:687](01) ББК19.8-30.3.

Куршакова Ю.С. [u.c.] Размерная типология населения стран-членов СЭВ [Grāmata]. - Москва : издательство "Легкая индустрия", 1974. - lpp. 440.

Коблякова Е.Б., Ивлева Г.С. un Романов В.Е. и др. Конструирование одежды с элементами САПР [Grāmata] = Учеб.для вузов. - Москва : „Легкая промышленность и бытовое обслуживание”, 1988.г. - 4.изд. : lpp. 464. - ISBN 5-7088-0239-1.

ОСТ-17-325-86 Изделия швейные, трикотажные, меховые. Типовые фигуры мужчин. [Atskaite]. - Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1986. - lpp. 74 .

ОСТ-17-326-81 Изделия швейные, трикотажные, меховые. Типовые фигуры женщин. [Atskaite]. - Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1981. - lpp. 109 .

Павловская Виолетта Перспективное проектирование одежды с использованием САПР «COMTENSE» [Žurnāls] // Курьер . - Москва : "Легкая промышленность", 2009. gada marts. - 4.. - lpp. 9.-10..

Раздомахин Н.Н. [u.c.] Особенности трехмерного проектирования женской одежды в системе СТАПРИМ для серийного и индивидуального производства” [Atskaite]. - Санкт-Петербург : 133 стр., 2003.

Раздомахин Н.Н. Система трехмерного автоматизированного проектирования в индустрии моды [Grāmata]. - Санкт-Петербург : СТАПРИМ, 2006. - lpp. 134.

Стебельский М.В. Макетно-модельный метод проектирования одежды [Grāmata]. - Москва : ЛЕГКАЯ ИНДУСТРИЯ, 1979. - lpp. 160. - ББК 37.24; С 79; УДК 687.01:572.7:528.7:7.01/02.

Сухарев М.И. и Бойцова А.М. Принципы инженерного проектирования одежды [Grāmata]. - Москва : издательство „Легкая и пищевая промышленность”, 1981. - lpp. 272. - ББК 37.24; С 91; УДК 687.1.016.

ЦНИИШП Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. [Atskaite]. - Москва : ОАО Центральный научно - исследовательский институт швейной промышленности, 2003.

ЦОТШЛ Единый метод конструирования женской одежды, изготавливаемой по индивидуальным заказам населения на фигуры различных типов телосложения. [Grāmata]. - Москва : ЦБНТИ, 1989.. - Sēj. Ч.1..