



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA TANSZÉK

ÍRTA:

DR. TAMÁS PÉTER
OKLEVELES GÉPÉSZMÉRNÖK

TÉRBELI RUHATERVEZÉS

CÍMŰ TÉMAKÖRBŐL,
AMELLEL A PhD FOKOZAT ELNYERÉSÉRE PÁLYÁZIK

2008

A doktori disszertáció bírálata és a védésről készült jegyzőkönyv a
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépészmérnöki Karának Dékáni Hivatalában megtekinthetőek

1. A kutatások előzménye

A számítógépes ruhaipari gyártáselőkészítő rendszerek az 1980-as években jelentek meg, céljuk elsősorban a tömeges széria elkészítése volt. Ezekben a rendszerekben a ruhadarabok 2D-s geometriájának modelljét a tervező által elkészített középmeretű alampinta alkatrészeinek digitalizálásával rögzítették. A geometria jellegzetes pontjait a testméretektől függő elmozdulási szabályok szerint elmozgatva szabták ki a ruhadarabokat különböző méretekből.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen ruhaipari és informatikai szakemberekből álló csoport tagjaként 1985-től foglalkozom ruhaipari számítógépes rendszerekkel [Halász M. és társai, 1988]. A fejlesztések eredményeként elsősorban oktatási célból készült el a *Cat for Windows* rendszer [Halász M., 1994], [Halász M.; Kiss Z.; Tamás P.; Tóth B., 1995], amely ma is folyamatosan fejlődő kereskedelmi termék.

Természetes kutatási cél a testreszabott ruházati cikkek tervezése is. A *Cat for Windows* fejlesztőivel közösen már az 1990-es évek elején kísérleti rendszert alakítottunk ki testreszabott férfiingek gyártására. Ennek keretében kidolgoztam a ruhadarabok digitalizálásának automatizált, fényképek feldolgozására alapozott módszerét és a szabásminta különböző pontjainak (*pt.azon*) több testmérettől (*testmeret_i*, *alapmeret_i*) függő elmozdítási szabályait a testparaméterek lineáris függvényeként (*ax_i*, *ay_i* együtthatókkal) közelítettem (1).

$$[x, y]^T = \sum_{i \in \text{testméretek}} [ax_i(\text{pt.azon.}), ay_i(\text{pt.azon.})]^T * (\text{testméret}_i - \text{alapteret}_i) \quad (1)$$

A testreszabott férfiingek készítésére szolgáló rendszer mintegy 10 évig a piacon is bizonyított. [Halász M.; Tamás P.; Kiss Z.; Tóth B., 1998].

A számítógépek teljesítményének rohamos növekedése az ezredforduló körül megteremtette a térbeli ruhatervezés lehetőségét. A fejlesztések minden esetben egy valamilyen formában tárolt embermodellből indulnak ki. A modellek adatainak meghatározása eleinte – amikor még a számítógépes játékok céljai domináltak – fényképek alapján történt. A 3D-s szkennerek terjedésével egyre inkább a letapogató berendezések által szolgáltatott pontfelhő adatait használják.

A térbeli ruhatervezés módszereivel kapcsolatosan két alapvető kutatási irány fedezhető fel. Az egyik irány követői a hagyományos, 2D-s elveken nyugvó szabályok alkalmazásával kialakított ruhaalkatrészeket mechanikai szimulációval próbálják a virtuális manökenre. A másik irány követői a letapogató pontfelhő adataiból, konstrukciós szabályok, illetve öltöztetési bőségi függvények alapján alakítanak ki ruhafelületeket, amelyeket aztán

speciális módszerekkel kiterítene. Az első irányzatot a térbeli ruhatervezés helyett inkább a virtuális ruhapróba címmel illethetjük. Ennek eredményei ma már a kereskedelmi forgalomban is kapható ruhaipari CAD rendszerekben is megtalálhatók [Schofield N.A.; LaBat K.L., 2005], [*Pattern_maker*, 2006], [*TC²*, 2006], [*Tukatech*, 2006], [*Browzwear*, 2006]. A második irányzat – a valódi térbeli ruhatervezés – módszereinek tökéletesítésén napjainkban is világszerte dolgoznak. A fejlesztések három kutatóhely köré csoportosulnak.

A Miralab által alkalmazott, a számítógépes játékok és az egyéb ipari alkalmazások céljaira kialakított H-Anim modell [*H-Anim*, 2006] bármely példánya kiválóan használható adott geometriájú, alkatrészekből összeállított ruhadarabok – akár mozgás közben történő – virtuális próbájához. Az egyedi testalkatokra történő ruhatervezéshez azonban elengedhetetlen a testméretek és a testfelület közötti funkcionális kapcsolat megfogalmazása, a geometria alaksajátosság alapú megadása [Magenat-Thalman N.; Seo H.; Cordier F., 2003], [Magenat-Thalman N.; Cordier F.; Seo H.; Papagiannakis G., 2004]. Az e-Taylor projekt tevékenységei, a bevetett matematikai és informatikai nehézfegyverek (méretkutatások, a testalak és a különböző számú paraméterek közti összefüggések feltárására alkalmazott mesterséges intelligencia módszerek és végül a 3D-s letapogatók) alkalmazása [*e-Taylor Project*, 1999-2002] valamint a LeapFrog [*LeapFrog Project*, 2002-2006] kitűzött céljai egyaránt a ruhaipari igények és a H-Anim modell közti – nem leküzdhetetlen – ellentmondásról árulkodnak. A ruha síkban tervezett, megfelelően összevarrt alkatrészek halmaza, melyet csak felpróbál a virtuális modell. Ugyanakkor a test méreteinek, a test valódi 3D-s modelljének és a síkbeli alkatrészek geometriájának összefüggéseit nagy erővel kutatják. A látszólagos logikai hiba háttérében vélhetően a projektekben résztvevő, nagy, európai ruhaipari szoftvergyártók érdekei állnak.

Az amerikai (*TC*)² [*TC²*, 2006] puritán szabásminta-tervező módszerének – „letapogatóval mérd meg, szeletenként terítsd ki, rajzold körbe és kész a szabásminta” – háttérében álló tudományos jellegű megfontolásokról, a szoftver kereskedelmi termékként való forgalmazása miatt nincsenek információk. Ugyanakkor a kiinduló adatokhoz szükséges, drága letapogató berendezés egyértelműen azt mutatja, hogy a feltételezett vásárló nem a kis és középvállalatok köréből kerül ki.

Az ideálisnak tekinthető, térbeli tervezéshez legközelebb a *Hong Kong University Science and Technology* által választott irányvonal áll. Előnyük kutatásaik során, hogy fejlesztéseiket az Európában és Amerikában publikált eredményekre alapozhatták. A HKUST kutatói szerint az automatikus testszabás kulcseleme az alaksajátosság-alapú ruhadarab-minták tárolása

[Wang C.C.L.; Wang Y.; Yuen M.M.F, 2003]. Alaksajátosság alapú ruhadarabmintáik geometriája közvetlen módon a paraméteres testmodell vertexeitől, felületi görbéitől függenek és a testmodell felületfoltjaiból öltöztetési bőség függvényekkel leírt módon származnak [Wang C. C. L., 2005]. Ruhadarabmintáik pontjaihoz a báziselemet interaktívan lehet megválasztani, az elmozdulás az elemhez rögzített lokális koordináta-rendszerben a testmodellre merőlegesen tárolható [Wang C. C. L.; Wang Y.; Yuen M. M. F., 2005]. A felvázolt tervezési módszer egyértelműen a jövő útjának tűnik.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen is több, a térbeli ruhatervezést célzó kutatási projekt indult [MKM FKFP, 2000], [OM ALK, 2002], [GVOP-3.1.1, 2004] amelyekben magam is részt vettem.

2. Célkitűzések

Alapvető cél a 3D-s ruhatervezési módszer kialakítása volt. Ennek magja az emberi test testadatoktól függő modelljének kidolgozása volt, amely a ruhaipar igényeinek megfelelő pontossággal írja le az emberi test felületét, és alkalmas számítógépes megjelenítésre.

A célok között szerepelt a ruhatervezéshez szükséges testmodell egyéni alkatnak – fényképekkel meghatározott, vagy térbeli letapogató berendezéssel mért adatainak – megfelelő kialakítása úgy, hogy az alkalmas legyen mind testreszabott ruhadarabok tervezésére, mind a virtuális ruhapróba lebonyolítására.

A testalkatok csoportosítása, az adatok közötti ismeretlen összefüggések feltárása a méretkutatások alapvető célja. A kidolgozott testmodell adatai és a mérések eredményei közti összefüggések feltárásával a méretkutatások alternatívájaként hasznosítható módszer kidolgozása is megfogalmazható volt a célok között.

A végcél új – a test alakja és a ruhadarab geometriája közti összefüggésekre alapozott – ruhatervezési elvek és módszerek kidolgozása és közvetlenül alkalmazható számítógépes megvalósítása volt.

A fejlesztések aktualitását az adja, hogy magyar (az európai) ruhaipar válságban van, alulmaradt az olcsó keleti munkaerő által létrehozott silány minőség diktálta versenyben. Az anyagban és modellben egyaránt minőségi ruházat területe az, ahol megmaradt az esély a versenyben maradásra. A számítógép ruhaiparba való betörése az elmúlt két-három évtizedben lezajlott. Abban az esetben, ha csak megvásároljuk a nyugati termékeket, és csak ruha-összeszerelő üzemeket működtetünk, újra ugyanarra a reménytelen versenyre kényszerülünk a kelettel, és ezt a versenyt is el fogjuk veszíteni. A fejlesztés és az egyedi gyártás olyan terület, ahol egyaránt esélyesek vagyunk a keleti és a nyugati ellenfelekkel szemben.

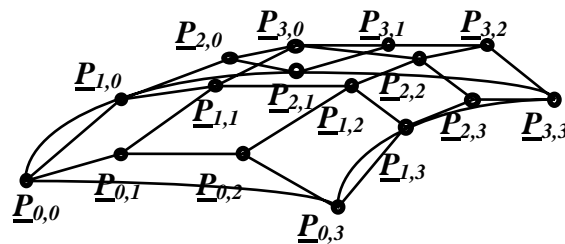
A 3D-s ruhaipari rendszerek módszereinek kidolgozása, fejlesztése a nemzetközi kutatás élvonalába tartozó témakör. A testreszabott ruhák számítógépes tervezése olyan ismereteket és tudást feltételez, melyek akár a gépészeti tudományok más területén is alkalmazhatók.

3. Új tudományos eredmények

1. Tézis

Bebizonyítottam, hogy az emberi testet közelítő, objektum-orientált szemlélettel kialakított, a testrészeket cső- és hossz tengelyük mentén kettévágott félcsőszerű, a Catmull-Romm spline kétparaméteres általánosításával megvalósított, egymáshoz differenciálható módon csatlakozó, Bezier foltokból kialakított, paraméteres alakcsajátosságokból felépített modell a ruhaipar igényeinek megfelelő pontossággal írja le az emberi test felületét, és kiválóan alkalmas számítógépes megjelenítésre (2. ábra).

- A Bezier felületfolt alakját 16 tartópont határozza (1. ábra) meg ($P_{i,j}$, ahol $i=0\dots3$ és $j=0\dots3$), míg a felület pontjai az u és v paraméterek függvényében (2) szerint számíthatók.



1. ábra. A Bezier-folt tartópontjai

$$\underline{P}(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 \binom{3}{i} * u^i * (1-u)^{3-i} * \binom{3}{j} * v^j * (1-v)^{3-j} * \underline{P}_{i,j} \quad (2)$$

ahol $u, v \in [0, 1]$

A tartópontok közül a négy sarokpont ($i=0$ vagy $i=3$ és egyúttal $j=0$ vagy $j=3$) a felületen fekszik. Ha a nem sarkon lévő belső pontok a (3) képletben a $\underline{P}_{0,l}$ pontnak megfelelő módon definiáltak (a *bal* felsőindex a folthoz csatlakozó bal oldali szomszédot jelenti),

$$\underline{P}_{0,1} = \underline{P}_{0,0} + (\underline{P}_{0,3} - \underline{P}_{0,0}^{bal}) / 6 \quad (3)$$

és a belső pontok (4) a szélső pontokból származnak,

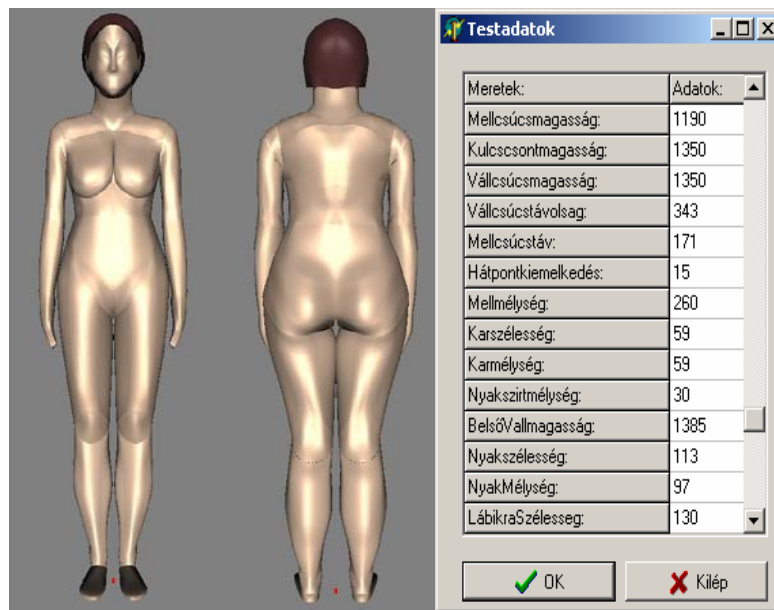
$$\underline{P}_{1,1} = \underline{P}_{0,0} + (\underline{P}_{1,0} - \underline{P}_{0,0}) + (\underline{P}_{0,1} - \underline{P}_{0,0}) \quad (4)$$

valamint a felületek szélein az élre merőleges (kifutó) érintőt (5) szintén a foltok tartópontjai határozzák meg,

$$\underline{P}_{1,0} = \underline{P}_{0,0} + (\underline{P}_{3,0} - \underline{P}_{0,0}) / 3 \quad (5)$$

akkor a Catmull-Romm spline testrészeket modellező általánosítást kapjuk.

- Az alkalmazott 66 testparaméter a tartópont-koordinátáinak a mérés helyétől függő, súlyozott lineáris kombinációja, így a felületfoltok sarokpontjai a mért paraméterek függvényei.

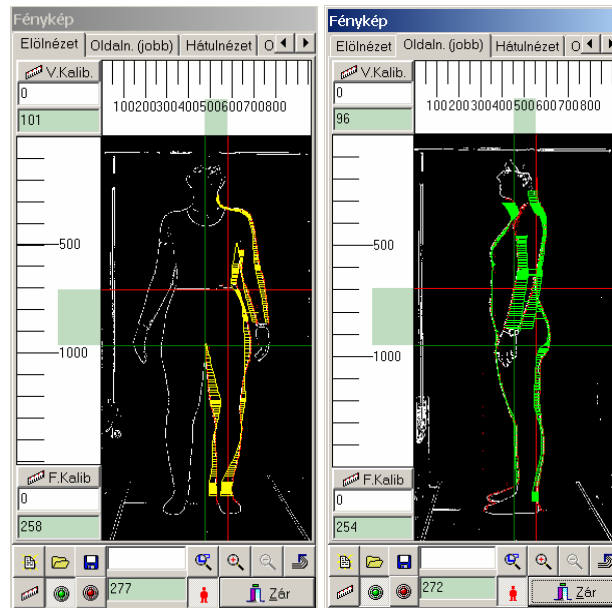


2. ábra. Testalkatok különböző paraméterekkel

A tézishez kapcsolódó publikációk [1], [2].

2. Tézis

Az elvégzett mérésekkel és kísérletekkel igazoltam, hogy a modell kontúrjait meghatározó görbék nézeti síkvetületei és az elől-, illetve oldalnézeti fényképeken meghatározott kontúrok között felírható eltérés a testparaméterek függvénye, melynek minimuma által meghatározott virtuális manöken a ruhaipari igényeknek megfelelően közelíti a test alakját, azaz kiinduló geometriaként egyaránt alkalmas mind testreszabott ruhadarabok tervezésére, mind a virtuális ruhapróba lebonyolítására (3. ábra).



3. ábra. A profilgörbék eltérése

A tézishoz kapcsolódó publikációk [3], [4].

3. Tézis

Kísérleti méréseim és feldolgozási eredményeim alapján kimutattam, hogy automatikusan kalibrált, 3D-s letapogató berendezés által előállított, az emberi testet közelítő pontfelhő pontjai térbeli zajszűrés után statisztikai módszerekkel testrészenként csoportosíthatók, és a testrészek felületi sík-görbéit trigonometrikus regresszióval Fourier-sorok szeleteivel közelítve mérési alaksajátosságok készíthetők, melyek segítségével a ruhaipari modellezési alaksajátosságok tartópontjai meghatározhatók (4. ábra).

- A letapogató berendezés vonalsugárzókkal megvilágítja a felületet, és a síkgörbék képeit eltérő képsíkú kameráival rögzíti. A berendezés kalibrációjához alkalmazott, ismert méretű tábla sarokpontjainak helyzete minden nézeti képen automatikusan, törtvonalas regresszióval megadható úgy, hogy az x_s sarokpont helyzetét a (6) függvény minimuma adja (x_i és y_i a képpontok, a és b a regressziós együtthatók).

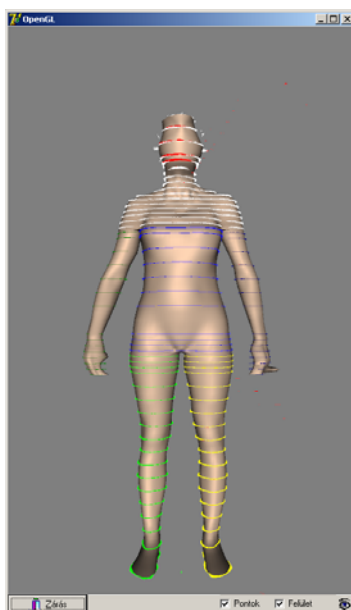
$$H(x_s) = \sum_{x_i < x_s} (y_i - (a_{x < x_s} x_i + b_{x < x_s}))^2 + \sum_{x_i \geq x_s} (y_i - (a_{x > x_s} x_i + b_{x > x_s}))^2 \quad (6)$$

A kalibráció meghatározza a mérés síkja és a fényképek síkjai között azt a kölcsönösen egyértelmű perspektivikus leképezést, amellyel minden képpontra kiszámítható, hogy maga a pont hol helyezkedik el a vonalsugárzó síkjában.

- A mérés eredményeként adódó térbeli gyűrű alakú pontfelhők – a ruhaipari pontossági igényeknek megfelelően – trigonometrikus reg-

resszióval, Fourier-sorok testrészenként rögzített fokszámú szeleteivel közelíthetők, ha a mért, centrális koordináta-rendszerben jellemzett (φ, R) pontokat legjobban közelítő Fourier sorok a_i és b_i együtthatóit a (7) kifejezés minimuma határozza meg.

$$\sum_{k=1}^N \left\{ R_k - \left[\frac{1}{2} a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cos(i\varphi_k) + \sum_{i=1}^n b_i \sin(i\varphi_k) \right] \right\}^2 = \text{minimum} \quad (7)$$



4. ábra. A test közelítése mérési alaksajátosságokkal

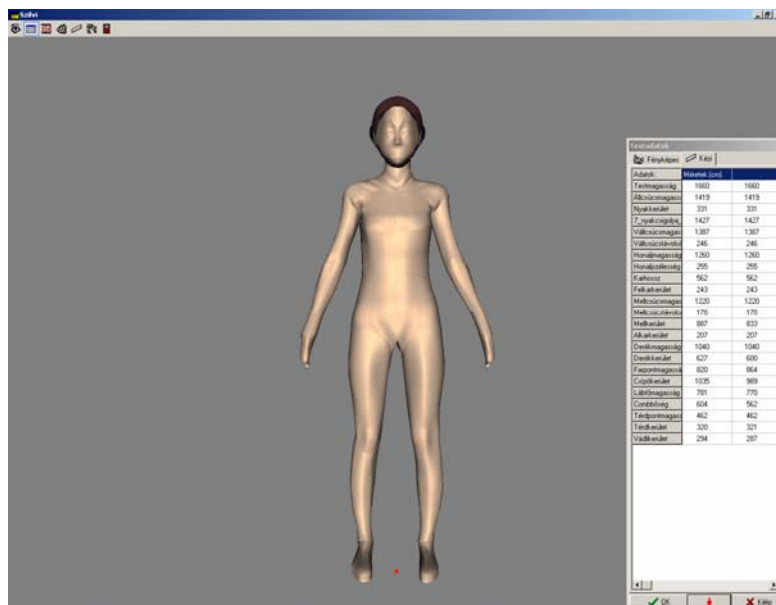
A tézishez kapcsolódó publikációk [5], [6].

4. Tézis

Kimutattam, hogy az alapvető testméretek és a test felületét modellező alaksajátosság-adatok közti összefüggések adatbányászati módszerekre alapozott eljárással felderíthetők (5. ábra).

- A speciális modellpontok távolságadataival és a kerületi ívek hosszának numerikus meghatározásával kialakítható a testparamétereknek egy, szabók vagy varrónők által is használt csökkentett halmaza (alapparaméterek).
- Az alapparaméterek és a testet modellező alaksajátosság-paraméterek közti – a szabászati paraméterekből alkotott vektorok SP halmazát a Cattmull-Romm tartópontok koordinátáiból alkotott vektorok CRP halmazára képző – ϕ leképezés (8), a k -legközelebbi szomszéd adatainak interpolálásával definiálható.

$$\phi: SP \rightarrow CRP; \phi(\underline{sp}) = \underline{crp}; \quad \underline{sp} \in SP \text{ és } \underline{crp} \in CRP \quad (8)$$



5. ábra. Adott szabászati adatokhoz igazodó modell

A tézishez kapcsolódó publikáció [6].

5. Tézis

Új ruhatervezési elvek alapján kidolgozott rendszerem működésével bizonyítottam a következő állítást: A testrészek modelljéből származtatott, azok adatait automatikusan öröklő, testreszabott ruhadarabok geometriája a profilgörbék vázlata alapján 3D-s tervezési módszerekkel tervezhető, a tartópontok lineárisan interpolált, normális irányú elmozdításával módosítható, a szabásminták – az elszenvedett deformációtól is függő – alakja a kiterítés izometrikus leképezésének numerikus közelítésével számítható.

- Az alapvető ruhamodellek kialakítása – ruhadarabfüggő módon – a paramétergörbék ívhossz szerinti egyenletes elosztásával végezhető.
- A formázóvarrások adatai akkor optimálisak, amikor a kiterítés során a ruhafelület a legkevésbé deformálódik, azaz, amikor az E deformáció (9) képletnek megfelelő közelítése (R_i a felületfoltok átlóinak hossza a kiterítés előtt, R_i' az átlók hossza a kiterítés után) minimális.

$$E = \frac{|R_1' - R_1|}{R_1} + \frac{|R_2' - R_2|}{R_2} \quad (9)$$

- A ruhadarabok viselkedés-szimulációjának és az anyag-textúra megjelenítésének integrálása a virtuális ruhapróba lebonyolítására alkalmas rendszert eredményez (6. ábra).

- Ha egy próbadarab különböző anyagparaméterekhez tartozó, szimulációval meghatározott térbeli alakjait összevetjük a próbadarab redőződésének méréssel rekonstruált háromdimenziós modelljével, akkor ezek eltérésének minimuma éppen az aktuális anyagparamétereknél van.



6. ábra. Tölcsérszoknya redőződésének szimulációja
A tézishoz kapcsolódó publikációk [4], [7], [8], [9], [10], [11]

4. Irodalmi hivatkozások listája

- Halász M.; 1994: A számítógéppel segített konfekcióipari szériázás elméleti alapjai
Kandidátusi értekezés Budapest Műszaki Egyetem, 1994
- Halász M.; Kiss Z.; Tamás P.; Tóth B., 1995: CAT for Windows konfekcióipari gyártáselőkészítő rendszer a középiskolák számára
Magyar Textiltechnika, 1995/1 p.36-38
- Halász M. és társai, 1988: Einige Ergebnisse der Entwicklung des rechnergestützten Gradier- und Schnittbildoptimierungssystem an der TU Budapest.,
Bekleidung und Maschenware 1988/3. p. 103-108.
- Halász M.; Tamás P.; Kiss Z.; Tóth B., 1998: Applied Computer Methods in Apparel Industry, Abstract of the „IN-TECH-ED '98” International Conference 1998. Budapest

- Schofield N.A.;
LaBat K.L., 2005: Defining and Testing the Assumptions Used in
Current Apparel Grading Practice
Clothing and Textiles Research Journal, Vol. 23, No.
3, p. 135-150 (2005)
- Pattern_maker*,
2006: Pattern Maker Resource Directory by Apparel Search
http://www.apparelsearch.com/pattern_maker.htm
- TC²*, 2006: Tailored Clothing Technology Corporation
<http://www.tc2.com/>
- Tukatech*, 2006: Tukatech
<http://www.tukatech.com>
- Browzwear*, 2006: Browzwear International Ltd.
<http://www.browzwear.com>
- H-Anim*, 2006: H-Anim
<http://www.h-anim.org>
- Magenat-
Thalmann N.; Seo
H.; Cordier F.,
2003: Automatic Modeling of Virtual Humans and Body
clothing
Proc. 3-D Digital Imaging and Modeling, IEEE
Computer Society Press, p. 2-10. October, 2003.
- Magenat-
Thalmann N.;
Cordier F.; Seo H.;
Papagiannakis G.,
2004: Modeling of Bodies and Clothes for Virtual
Environments
Computer Animation and Virtual Worlds '04, invited
paper. July 2004
- e-Tailor Project*,
1999-2002: e-Tailor Project
www.atc.gr/e-tailor
- Leapfrog*, 2003-
2006: Leapfrog projekt
<http://www.leapfrog-eu.org>
- Wang C.C.L.;
Wang Y.; Yuen
M.M.F., 2003: Feature based 3D garment design through 2D sketches
Computer-Aided Design, vol.35, no.7,
p. 659-672, 2003.

- Wang C. C. L., 2005: Parameterization and parametric design of mannequins
Computer-Aided Design, vol.37, no.1, 2005, p.83-98.
- Wang C. C. L.; Wang Y.; Yuen M. M. F., 2005: Design automation for customized apparel products
Computer-Aided Design, vol.37, no.7, 2005, p.675-691.
- MKM FKFP*, 2000: MKM FKFP 0028/2000
Multimédiás, háromdimenziós ruhaipari tervező rendszer 2000-2002
- OM ALK*, 2002: OM ALK-00257/2002
Háromdimenziós ruhatervezés 2003-2004
- GVOP-3.1.1*, 2004 GVOP-3.1.1 - 2004 - 05 - 0 1 8 2 /3.0
Ruharobot 2005-2007

5. A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [1] Tamás P.; Halász M.; Tóth B.:
Feature based modelling of human body
IN-TECH-ED '02, Innovation-Technics-Education in the Textile and Garment Industry, 2002. Budapest/Hungary, p. 170-174.
- [2] Tamás P.; Halász M.; Tóth B.
3D Body Modelling in Clothing Design
Gépészet 2002 ,Proceedings Conference on Mechanical Engineering,
Technical University of Budapest, 2002. p. 570-573
- [3] Tamás P.; Halász M.:
3-D Feature-based Body Modelling in Clothing Design
4th International Conference Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes – IMCEP 2003, Faculty of Mechanical Engineering, 2003,
Maribor, Slovenia p. 64-68
- [4] P. Tamás.; M. Halász.; J. Gräff:
3D Dress Design
5th World Textile Conference AUTEX 2005. Portoroz Slovenia, p. 436-441

- [5] Tamás P.; Somló J.:
Robotized Planning in Textile Industry
XV. OGÉT Nemzetközi Gépész Találkozó 2007. Kolozsvár p. 374-378.
- [6] P. Tamás; M. Halász; J. Somló:
3D Measuring of the Human Body by Robots
5th International Conference Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes – IMCEP 2007, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, October 10-12, 2007, Moravske Toplice, Slovenia p. 109-115
- [7] O. Nagy Szabó; P. Tamás; M. Halász:
Garment Construction with a 3Dimension Designing System
IN-TECH-ED'05 International Conference 2005. Budapest, p. 348-357
- [8] Nagyné Szabó O.; Koleszár A.; Tamás P.:
Ruhaszerkesztés egyéni méretre 3D-s tervező rendszerben
MicroCAD 2007 International Scientific Conference 2007. Miskolc p. 195-201.
- [9] J. Kuzmina; P. Tamás; M. Halász; G. Gróf:
Image-Based Cloth Capture and Cloth Simulation Used for Estimation Clothes Draping Parameters
5th World Textile Conference AUTEX 2005. Portoroz Slovenia, p. 904-909
- [10] Tamás P.; J. Gersak; Halász M.:
Sylvie 3D Drape Tester New System for Measuring Fabric Drape – Novi mjerni sustav za određivanje drapiranja tekstilnih plosnih proizvoda
Tekstil 10 Zagreb 2006. Vol 55. Casopis za tekstilnu tehnologiju i konfekciju p. 497-509
- [11] M. Halász; L. Szabó; P. Tamás:
Determination of Textile Mechanical Properties Using Image Processing and Simulation
III. International Technical Textiles Congress 1-2 December 2007. Istanbul, p. 464-471