

Development of the image post processing of the Sylvie[®] 3D Body Scanner

The Sylvie[®] 3 Dimensional Dress Design System is developed in the cooperation of the Department of Polymer Engineering and Department of Information Engineering at BUTE. One of the main parts of this system is the Sylvie[®] 3D Body Scanner, a line laser 3D surface reading device. This equipment is capable of investigating the dimensions of the human body. The feed data device of the machine is a CCD camera which sends all data in unpacked (bmp) picture into the computer. The measure process demands that the processing device should be enough fast and exact for apparel purpose. In this paper we show a new method which can reeducates the time of the image post processing without loses in data.

Sylvie[®] 3D Body Scanner képfeldolgozó eljárásának fejlesztése

Szabó Lajos

PhD hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9., tel.: (361)463-3083, e-mail: szabol@pt.bme.hu

Halász Marianna

Docens, PhD, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9., tel.: (361)463-2650, e-mail: halaszm@pt.bme.hu

1. Bevezetés

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudomány Egyetemen a Polimertechnika Tanszék és a Gépészeti Informatika Tanszék munkatársai már több mint 20 éve foglalkoznak ruhaipari tervező rendszerek fejlesztésével, jelenleg a Sylvie[®] Háromdimenziós Ruhatervező Rendszer fejlesztésén dolgoznak. Ennek a struktúrának egyik fontos eleme a 3 dimenziós felület beolvasó berendezés, a Sylvie[®] 3D Body Scanner. Ez az optikai elven működő berendezés elsősorban emberi test adatainak gyors beolvasására alkalmas, de az ugyanezen elv alapján épített kisebb méretű testvére kelmék redőződésének vizsgálatát is el tudja látni. A berendezés adatbeviteli eszköze egy CCD kamera, amely a rögzített adatokat tömörítetlen képek (bmp) formájában továbbítja az adatok feldolgozását végző számítógépnek. A mérési folyamat nagy mennyiségű adat gyors és pontos feldolgozását követeli meg az adatfeldolgozó egységtől.

Cikkünkben bemutatjuk a Sylvie[®] Scanner felépítését és működési elvét, a fényképek feldolgozásával kapcsolatos problémákat és a problémák megoldására kidolgozott eljárást. Arra is kitérünk, hogy hogyan tudjuk az eljárást a feldolgozandó adatok és a tárlóhely csökkentésével optimalizálni anélkül, hogy adatokat veszítsünk.

2. A Sylvie[®] 3D Body Scanner felépítése és mérési elve

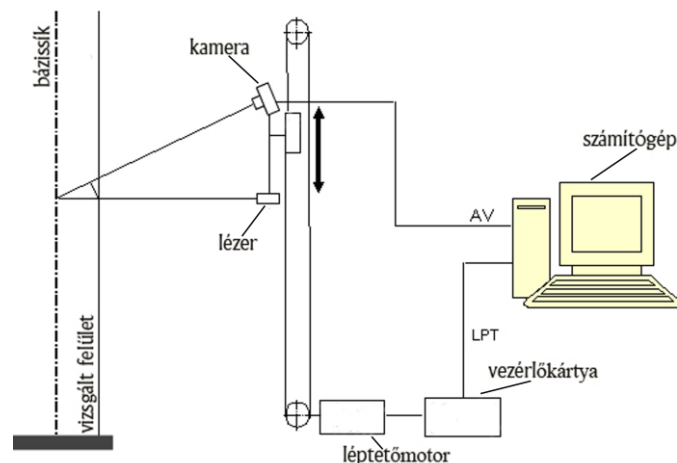
A szkennerek alapvetően három fő egységből épül fel. (1. ábra)

Az első egység a berendezés mechanikai szerkezeteit foglalja magába. Az Alvaria profilú, alumínium keret adja egyrészt a szerkezet megfelelő stabilitását, kis súlyát, szállításkor gyors

szerelhetőségét, másrészt az optikai egység megvezetéséhez szükséges méretpontosságot és jó felületi minőséget. Az elemeket úgynevezett gyorsrögzítő „kalapácsok” könnyen bonthatóan kötik össze. A tartozékok rögzítéséhez szükséges, nem szabványos elemeket a Polimertechnika Tanszék laboratóriumában állítottuk elő. Az optikai egység függőleges mozgását léptetőmotor és fogazott laposszíj-hajtás végzi, amely biztosítja az optikai eszközök megfelelő pontosságú pozicionálását.

A második fő rész az optikai egység, amely magába foglalja a fényvonalat vetítő lézert diódát és a képeket készítő CCD kamerát. Ezek rögzített távolságban és meghatározott szögben állnak egymáshoz képest, és a szkennelés folyamán egy függőleges tengely mentén együttesen mozognak fel és le. Mind a dióda, mind pedig a kamera három szabadságfokban pontosan és reprodukálhatóan beállítható.

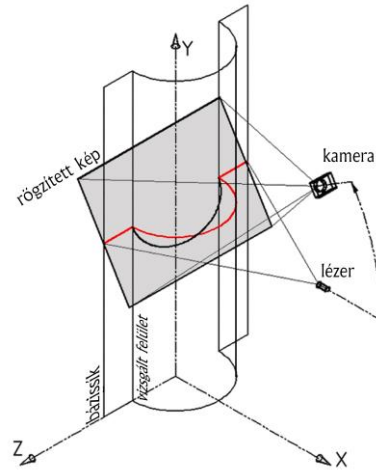
A szkennerek harmadik fő egysége a számítógépes vezérlő-, adatgyűjtő és kiértékelő rendszer. A léptetőmotor-vezérlő a számítógép párhuzamos portjáról kapja a vezérlő jelet, míg a CCD kamera által készített képet periódusonként egy PCTV kártya fogadja és menti le. Habár ez az architektúra még fejlesztés alatt áll, próbamérések már elvégezhetőek rajta. A multitaskos operációs rendszerekből adódó vezérlési problémák, a képfeldolgozás sebességének növelése, pontosságának javítása a lehetséges továbbfejlesztési irányok.



1. ábra A Sylvie® 3D Body Scanner elvi sémája

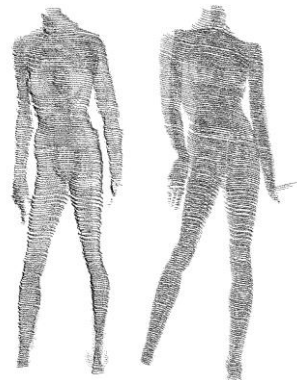
A mérés elve (2. ábra) a Linnik-Schmaltz-féle felületvizsgáló készülék működési elvén alapul [4].

A szkennelési folyamat alatt a lézeres vonalsugárzó vízszintes vörös fényvonalat vetít a függőleges bázissík előtt elhelyezkedő vizsgált felületre, miközben a CCD kamera egy magasabb helyzetből fényképet készít a megvilágított részről. A fényvonal a kamera pozíciójából nézve a felület síkmetszetének a geometriai elrendezéstől függő mértékben torzult képét adja. A bázissík, a kamera, a vonalsugárzó és a vizsgált felület egymáshoz képesti pozícióját ismerve a fénykép alapján meghatározhatók a felület lézervonal által kijelölt síkmetszetének térbeli geometriai adatai. Azáltal, hogy az optikai egység magasságirányban kis lépésközzel végigpásztázza a szkennelendő testet, megtörténik az egész felület 3D-s koordinátáinak beolvasása.



2. ábra A Sylvie® 3D Body Scanner mérési elve

A szükséges további számítások elvégzése után megkapjuk a szkennelt test összes vízszintes keresztmetszetének körvonalát, amiből a test egyfajta virtuális modellje felépíthető és a keresett testméretek meghatározhatók (3. ábra).



3. ábra Beszkennelt próbababa

3. A képfeldolgozó rendszer

3.1. A képfeldolgozás feladata a Sylvie® 3D Body Scanner esetében

A közvetlen mérési adatok szürke árnyalatos, digitális képek formájában kerülnek rögzítésre. A CCD kamera által készített minden egyes kép egy, a szkennelt felületnek megfelelő alakra torzult lézervonal képét tartalmazza (4. ábra). Ezeknek a képeknek a feldolgozásával kapjuk meg a mért személy 3D-s testadatait.

3.1.1. A feldolgozandó adatok mennyisége

A mérési adatok 720*576 pixel felbontású, szürke árnyalatos képek formájában kerülnek a számítógépbe (4. ábra). Egy átlagos méretű felnőtt teljes, ruházati célnak megfelelő pontosságú bedigitalizálásához körülbelül 320 darab kép kerül lementésre, ebből 160 db előlnézetből, 160 db pedig hátulnézetből, mivel a teljes testfelület méréséhez a szkennelést szemből és hátulról egyaránt el kell végezni. A képek mérete darabonként körülbelül 1200 kByte, így a személyenként rögzített adatmennyiség megközelítheti a 400 Mbyte méretet. Ekkora adatmennyiség megfelelő sebességű mozgatása még a mai korszerű számítógépekkel is problémás lehet. Felmerül tehát a kérdés, hogy hogyan lehet csökkenteni a feldolgozásra lementett adatok mennyiségét úgy, hogy a kiértékelésnél pontosságban ne veszítsünk.



4. ábra A mérés során feldolgozásra váró tipikus képek

3.1.2. A feldolgozandó adatok minősége

A digitális fényképek azért használhatók mérésre, mert a képpontok (pixelek) vízszintes, azaz sorirányú (x koordináta) és függőleges, azaz oszlopirányú (y koordináta) méretének kalibrációja után a digitális kép bármely két pontja közötti távolság meghatározható. A szkenneléskor készített képek mérése során a probléma az, hogy a fekete-fehér képeken a vörös lézervonal nem egy közvetlenül mérhető, vékony vonalként, hanem egy szürkeárnyaltos sávként jelenik meg (4. ábra). A képfeldolgozás célja, hogy ebből a sok pixel szélességű sávból meghatározzuk azt a vékony vonalat, amely a szkennelt felület lézervonal által kijelölt keresztmetszetének körvonalát a lehető legpontosabban megadja.

A képeken azonban a lézervonalnak megfelelő sávon kívül is vannak fényes foltok (pl. 5. ábra, $P(i, j)$ pont), amelyek mint zavaró jelek a képfeldolgozást befolyásolják. A zavaró jelek hatását a képfeldolgozás során a lehető legteljesebb mértékben ki kell szűrni.

3.2. A képek feldolgozásának módszerei

A fenti feladat megoldására különböző módszerek alkalmazhatók.

Legegyszerűbben eljárhatnánk úgy, hogy a lézervonal képeként kapott széles sáv alsó vagy felső szélével közelítjük a keresett vékony vonalat. A képeket célszerűen függőlegesen, pixeloszloponként (y koordináta) dolgozzuk fel. A szélek keresésekor pl. azt vizsgáljuk, hogy az egyes pixelekhez tartozó szürkeségi fok mikor lép át egy küszöbértéket. A küszöbérték elérésekor a feladatot megoldottnak tekintjük. A megoldás jósága jelentősen függ a küszöbérték megválasztásától és a sáv szélességétől. Minél több a képen a sávon kívüli fényfolt és minél szélesebb a képen a sáv, annál pontatlanabb az eredmény. Az elérendő mérési pontosság szempontjából ez a módszer gyakorlatilag használhatatlan.

A pontosabb megoldás érdekében először oszloponként minden egyes pixel szürkeségi fokát rendre feljegyezzük és az y koordináta függvényében ábrázoljuk (5. ábra). Megállapítható, hogy ennek a diagramnak a burkológörbéje jó közelítéssel Gauss görbének tekinthető, azaz a szürkeségi foknak elvileg található egy abszolút maximum helye. Kézenfekvő feltételezés, hogy az általunk keresett vékony vonalat ezeknek a pixeloszloponként meghatározott maximumhelyeknek a sorozata adja.

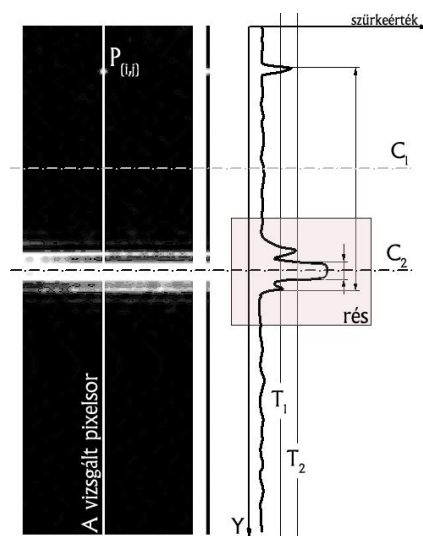
Első közelítésben a vizsgált pixeloszlopból a keresett pixel az, amelyik a legvilágosabb, legfényesebb, azaz amelyikhez a legmagasabb szürkeségi fok tartozik. Látszólag nem kell mást tenni, mint ezt a pixelt kiválasztani. Azonban az erősen fókuszált fény hatására a képek „kiégnek”, azaz egymás után több, teljesen fehér pixelt találunk. Emiatt a Gauss görbe maximumhelyének közvetlen megkeresése nem járható út, közelítő módszert kell keresni.

A közelítő módszer keresésénél feltételezzük, hogy a vizsgált sáv szimmetrikus és így a Gauss görbe maximuma a sáv felezőjére esik. A sáv felezőpontjának meghatározásához pixeloszloponként először a sáv alsó és felső kontúrponjtát határozzuk meg, majd e két pont közötti távolság felezőpontját tekintjük a Gauss görbe maximumhelyének. A sáv alsó és felső kontúrponjtjának meghatározására két módszert dolgoztunk ki.

3.2.1. Kontúrkeresés a pixelek vizsgálatával

A sáv alsó és felső kontúrponyjának meghatározására szolgáló egyik megoldás szerint a kép minden pixeloszlopában alulról is és felülről is megkeressük a kiválasztott küszöbértéknél nagyobb szürkességi fokú első pixelt (5. ábra). A keresett maximumpont közelítőleg a két kiválasztott pixel közötti távolság felénél van.

Mivel a sávon kívül is vannak világos foltok (pl. 4. ábra, $P(i, j)$ pont), megtörténhet, hogy a választott küszöbértékkel (5. ábra, T_1) megtalált kontúrponatok rossz középpontot adnak (5. ábra, C_1). Ennek elkerülésére bevezettünk egy úgynevezett rést, amelynek szélességét a sávot befoglaló, képzeletbeli két vonal távolságának megfelelően választjuk meg. Ha a meghatározott kontúrponatok távolsága nagyobb a rést szélességénél, akkor automatikusan megemelkedik a kontúr meghatározásához használt küszöbszint (5. ábra, T_2), és a kontúrponatok meghatározása előlről kezdődik. Ezzel a módszerrel a hibapontok nagy része kiszűrhető a képekről.



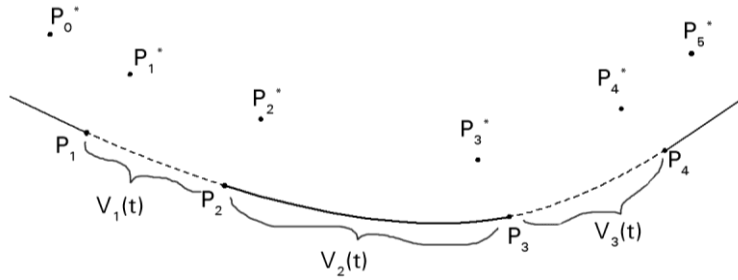
5. ábra A szürkességi fok alakulása egy pixeloszlopon belül
($P_{(i,j)}$ hibafolt, C_1, C_2 vonal középtengelyek, T_1, T_2 küszöbértékek)

Tapasztalataink szerint ez a megoldás ugyan gyors és egyszerű, azonban nem elég pontos. A 7. ábra szemlélteti az ezzel az eljárással meghatározott kontúrponot (P_k) helyét.

3.2.2. Kontúrkeresés interpolációval

Az előző módszernél jóval pontosabb a kontúrkeresés eredménye görbeinterpoláció alkalmazásával. Ebben az esetben is először meghatározzuk a vizsgált pixeloszlop elemeinek szürkességi értékeit, majd alulról ill. felülről indulva megkeressük, hogy sorrendben először melyik két pixelhez tartozó szürkességi érték közé esik a kontúr meghatározásához alkalmazott küszöbszint. Ezután az így megkeresett 2 pixel közé eső szürkességi diagram szakaszt egy görbével közelítjük, végül kiszámítjuk ennek a görbének és a küszöbszintnek a metszéspontját, azaz a kontúrponot pontos helyét [5].

A szürkességi görbe vizsgált felfutó szakaszának leírásához a B-spline interpolációt használjuk [6]. A kiválasztott két pixel közötti görbeszakasz egyenletének felírásához a görbeszakasz két végpontjára (6. ábra, P_2 és P_3 pontok) és a két közvetlen mellettük elhelyezkedő pontra (6. ábra, P_1 és P_4 pontok) van szükség. A négy pontból már felírható a keresett sík görbeszakasz paraméteres (t), harmadfokú vektor-skalár egyenlete (6. ábra, $V_2(t)$ egyenlet).



6. ábra A B-spline interpolációnál alkalmazott jelölések

A keresett görbeszakasz $V_2(t)$ egyenlete a következőképpen írható:

$$V_2(t) = \frac{1}{6} \left[(-t^3 + 3t^2 - 3t + 1)P_1^* + (3t^3 - 6t^2 + 4)P_2^* + (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1)P_3^* + (t^3)P_4^* \right] \quad (1)$$

Az (1) egyenletben található 4 ismeretlen meghatározására az alábbi további feltételi egyenletek írhatók fel:

$$V_1(t) = \frac{1}{6} \left[(-t^3 + 3t^2 - 3t + 1)P_0^* + (3t^3 - 6t^2 + 4)P_1^* + (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1)P_2^* + (t^3)P_3^* \right] \quad (2)$$

$$V_3(t) = \frac{1}{6} \left[(-t^3 + 3t^2 - 3t + 1)P_2^* + (3t^3 - 6t^2 + 4)P_3^* + (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1)P_4^* + (t^3)P_5^* \right] \quad (3)$$

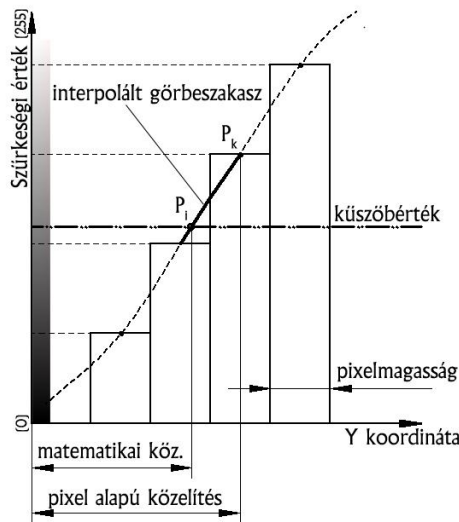
$$V_1(t=0) = \frac{1}{6} [P_0^* + 4P_1^* + P_2^*] = P_1 \quad (4)$$

$$V_2(t=0) = \frac{1}{6} [P_1^* + 4P_2^* + P_3^*] = P_2 \quad (5)$$

$$V_2(t=1) = \frac{1}{6} [P_2^* + 4P_3^* + P_4^*] = P_3 \quad (6)$$

$$V_3(t=1) = \frac{1}{6} [P_3^* + 4P_4^* + P_5^*] = P_4 \quad (7)$$

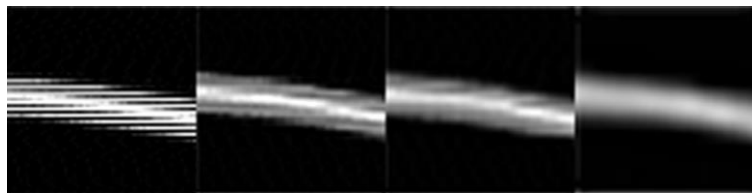
A B-spline interpolációnál felírt lineáris egyenletrendszer általában Gauss-eliminációval megoldható, de mivel jelen esetben csak a kiválasztott két pont közötti görbeszakasz egyenletét kell kiszámítani, az utóbbi négy egyenletből a $P_1^*, P_2^*, P_3^*, P_4^*$ ismeretlenek a P_1, P_2, P_3, P_4 ismert pontok függvényeként kirendezhetők. Visszahelyettesítés és rendezés után a $V_2(t)$ egyenlet a keresett görbeszakaszt a $t \in (0,1)$ intervallumban leírja.



7. ábra A kontúrkeresés módszereinek összehasonlítása

A görbeszakasz egyenletének ismeretében nagy pontossággal ki tudjuk számítani a küszöbérték és a görbe metszéspontját (7. ábra, P_1 pont). Mindezeket el kell végezni a sáv alsó és felső kontúrponjtjának meghatározásakor is, majd a két kontúrponjtot összekötő szakasz felezőponjtja megadja a keresett maximumhelyét.

Ennél a módszernél a számítási feladatok miatt ugyan megnövekedik a képek feldolgozási ideje, viszont – mivel a képek felbontását drasztikusan le lehet csökkenteni, mert pl. 720×576 pixeles felbontású képek helyett 320×240 pixeles felbontás (8. ábra) mellett is megfelelő a pontosság – a kevesebb adat miatt csökken az adatok kezeléséhez szükséges idő. A képek felbontásának ilyen mértékű csökkentése több szinten növeli a feldolgozás sebességét. A kisebb képeket gyorsabban lehet lementeni, kevesebb idő alatt betölteni és gyorsabban feldolgozni, stb. Ennek értelmében összességében nemcsak, hogy nem nő, hanem éppen csökken az adatok feldolgozásának ideje és így sokkal gyorsabb a rendszer.



8. ábra Lézervonal képe a felbontás csökkentésekor

4. Összefoglalás

A Sylvie 3D Body Scanner képfeldolgozás eljárásának feladata, hogy a fényképeken a lézervonal képeként megjelenő szürkeárnyalatos sáv középvonalát meghatározza. Ennek során először a sáv alsó és felső kontúrját kell megkeresni. A kontúrkeresésre két módszert alkalmaztunk és hasonlítottunk össze.

A pixelek vizsgálatával történő kontúrkeresés igen megbízható és egyszerű eljárás. Pontossága a ruhaiipari méretvételezés szempontjából megfelelő, ha a képek felbontása elegendően nagy. A mérőrendszer pontossága csak a kamera felbontásának növelésével javítható, viszont akkor nő a képek mérete, így a feldolgozás időigénye is.

A görbeinterpolációval történő kontúrkeresés az alkalmazott számítási eljárásnak köszönhetően jóval pontosabb az előző módszernél. Hátránya, hogy megnövekedik a képfeldolgozási idő, ami azonban a korszerű számítógépek mellett szinte észrevehetetlen.

Előnye viszont, hogy a ruhaipari alkalmazáshoz megfelelő pontosság megtartása mellett jelentősen csökkenthető a kamera felbontása, így kevesebb adatot kell menteni, tárolni, feldolgozni, amivel a számítás miatt megnövekedett idő behozható.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az FKFP 0028/2000, a TÉT SLO -7/03 és az ALK-00257/2002 már lezárult, valamint az OTKA T 042775 és a GVOP-3.1.1-2004 - 05 - 0182/3.0 futó projektek támogatták ill. támogatják.

Irodalomjegyzék

- [1] M. Halász, Á. Antal: Application of moiré method for anthropometrical analysis, GÉPÉSZET '2002, 3th conference on mechanical engineering, BUTE, Faculty of Mechanical Engineering, May 30-31. 2002. Budapest, ISBN 963 699 1650, P 795-798
- [2] B. Sandag, M. Halász: Optical method for determination of human body measurements in the apparel industry, IN-TECH-ED '02, International Conference, 25-26. April, 2002. Budapest, HUISBN 963 9397 016, P 196-200.
- [3] L. Szabó, M. Halász: Line-laser 3D Surface Scanning Machine Planning for the Apparel Industry, GÉPÉSZET '2004, 4th conference on mechanical engineering, BUTE, Faculty of Mechanical Engineering, May 27-28. 2004. Budapest, ISBN 963 214 748 0, P 490-494
- [4] G. Vöneky, G. Juráwt: Hossz- és szögmérőműszerek a gépiparban, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955
- [5] L. Csirmaz: Nagy pontosságú képfeldolgozás (High Accuracy Image Processing) Available from: <http://www.renyi.hu/~csimarz/alkmat1.pdf>, [22.03.2005].
- [6] G. Renner: Új interpolációs módszerek a számítógéppel segített tervezésben, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1989
- [7] L. Szabó, M. Halász: Automatic determination of body surface data, AUTEX 2005, 5th World Textile Conference, Portorož, Slovenia, 27-29 June 2005, ISBN 86-435-0709-1, P 715-720