

..... Mijović, Grbac, Domljan: 3D geometrijsko modeliranje namještaja

Budimir Mijović¹, Ivica Grbac, Danijela Domljan²

3D geometrijsko modeliranje namještaja

3D geometric modelling of furniture

Prethodno priopćenje • Preliminary report

Prispjelo - received: 7. 3. 2006.

Prihvaćeno - accepted: 14. 7. 2006.

*UDK: 630*836.1; 674.23*

SAŽETAK • U radu je prikazan opis računalne grafike u dizajnu namještaja. Uvođenje računalne grafike u dizajn namještaja mora biti koncipirano na bazi podataka pomoću kojih se mogu proučiti elementi modela ili cijeli model. Za tu je svrhu opisan način 3D geometrijskog modeliranja namještaja. Računalnom vizualizacijom virtualnog 3D postupka u interakciji s digitaliziranim realno izvedenim namještajem i okolinom uvedeno je optimalno i ergonomsko oblikovanje i određivanje dimenzija namještaja. Radi što boljeg uvida u sve komponente i redosljede njihova sklapanja, izveden je rasčlanjeni prikaz stolice te ispitane mogućnosti vizualizacije modela.

Ključne riječi: namještaj, okoliš ljudskog tijela, računalni dizajn, baze podataka

ABSTRACT • This paper gives a brief review of computer visualization applied in furniture design. Introduction of this technique should be based on the data base allowing study of the model elements and of the whole model. Virtual 3D computer visualization in the interaction with digitalized, realistically made furniture and environment can help install the optimal and ergonomic design of furniture and determine its dimensions. Virtual simulation enables designing of optimal constructional solutions which provide active and dynamic sitting. The result is a relaxing bodily posture in sitting and compliance with all ergonomic, anthropometric, functional and technical requirements of furniture users. Purpose of the 3D simulation model is comfortable and safe sitting that incorporates all biomechanical characteristics and interactions between the body and available new materials used to make this furniture. This is also a supplement to design and construction of the sitting furniture which help reduce the occurrence of poor-quality designs and the problems of physical diseases, conditions and pains.

Key words: furniture, human environment, computer-aided design, data bases

1. UVOD

1 INTRODUCTION

Viši standard življenja, novi materijali, tehnologije, svjetski razvoj i konkurencija postavljaju dizajnerima sve veće zahtjeve u procesu konceptualnog kreiranja, projektiranja, oblikovanja i konstruiranja namještaja. Dizajn namještaja osim estetskih, tehničkih, tehnoloških, ekonomskih, ekoloških, medicinskih i ergonomskih, mora zadovoljiti i druge, ponajprije funkcionalne kriterije (Domljan i dr., 2004). Namještaj treba dizajnirati s ciljem ostvarenja tehnološkičnosti, racionalne upotre-

be materijala, trajnosti, čvrstoće, pouzdanosti i sigurnosti u primjeni (Schischka, 1973; Jackson, 2000; Grbac, 2005). Namještaj treba funkcionirati u području za koje je dizajniran, tj. odražavati uvjete života, običaje i ukuse ljudi. Pažljivo oblikovan namještaj prilagođen je potrebama pojedinca i zajednice te zadovoljava korisnikove potrebe za funkcionalnim, spoznajnim ili estetskim vrednotama (Grbac, 2003; Domljan i Grbac, 2004). Različiti standardi različitih regija svijeta i kultura življenja nameću različite preporuke glede kvalitete namještaja (Asensio Cerver, 2000). Estetika namještaja ogleđa se u harmonijskom skladu komponenata proizvoda, pojed-

¹ Autor je profesor na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

² Autori su profesor i asistentica na Drvnotehnološkom odsjeku Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

¹ Author is professor at Faculty of textile technology, Zagreb University.

² Authors are professor and assistant at Wood technology department of Faculty of Forestry, Zagreb University.

nih proizvoda i grupa, te u njihovu odnosu s arhitekturom i projektiranjem interijera (Diffrient i dr., 1978; Burgess, 1986). U dizajnu namještaja dizajner stalno mora imati na umu da namještaj za većinu populacije treba biti udoban. Antropometrija je glavni izvor informacija za utvrđivanje prikladnosti namještaja čovjeku (Dreyfuss, 1993; Linton i dr., 1994). Poželjno je da se u dizajnu okoliša namještaja uklopi prilagodba stola, stolica, polica i ostalih vrsta i dijelova namještaja. Pri analizi dodira ljudskog tijela i namještaja uzimaju se u obzir fizičke i vizualne odrednice. Područje fizičke prirode obuhvaća pitanja prostora i dohvata ruke. Vizualno područje obuhvaća područje vida u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini. Dimenzije tijela u fizičkom smislu samo su jedan od velikog broja ljudskih činitelja koji utječu na dimenzije namještaja i opreme (Berry, 1975; Balzulat, 2000; Beynon i Reilly, 2001). Uz poznavanje antropometrijskih mjera, vidnih polja i zona dosega pri dizajnu namještaja mogu se utvrditi točni položaji ljudskog tijela i namještaja. Optimalnom vezom ljudskog tijela i pojedinih elemenata ili grupa elemenata namještaja utječe se na pravilan položaj ljudskog tijela. Uspješan dizajn namještaja zahtijeva realizaciju nekoliko koraka. Na primjer, proces oblikovanja i konstruiranja proizvoda, u sprezi s osiguranjem kakvoće proizvoda i sagledavanjem krajnjih potreba kupca formuliraju se kao jedan dizajn model. Nadalje, može rezultirati dekompozicijama velikog modela u zadane veličine kojima je moguće lakše upravljati. Dodjelom pojedinih zahtjevnih zadataka aktivnim sudionicima u svakom zadatku postiže se prihvatljivost tih proizvoda.

2. ANTROPOMETRIJSKE ZNAČAJKE LJUDSKOG TIJELA

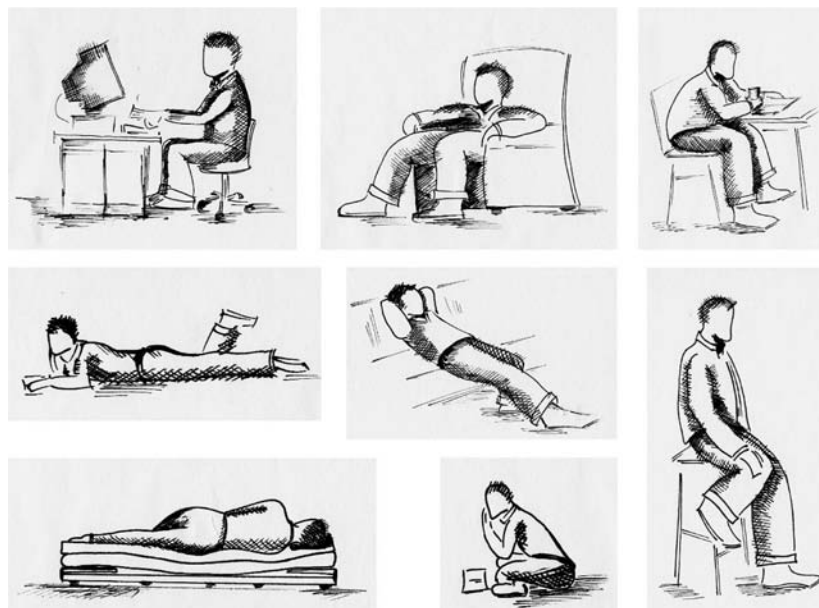
2 ANTHROPOMETRIC DIMENSIONS OF HUMANS

Namještaj kojim se koristi čovjek treba zadovoljiti određene njegove potrebe i treba biti prilagođen nje-

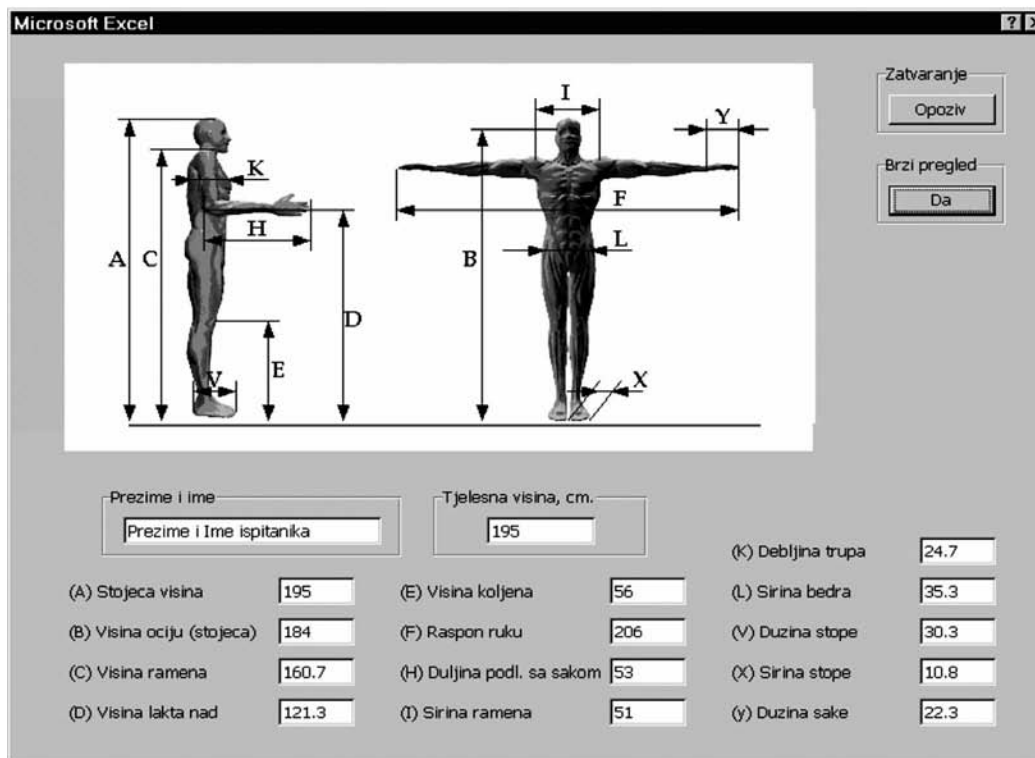
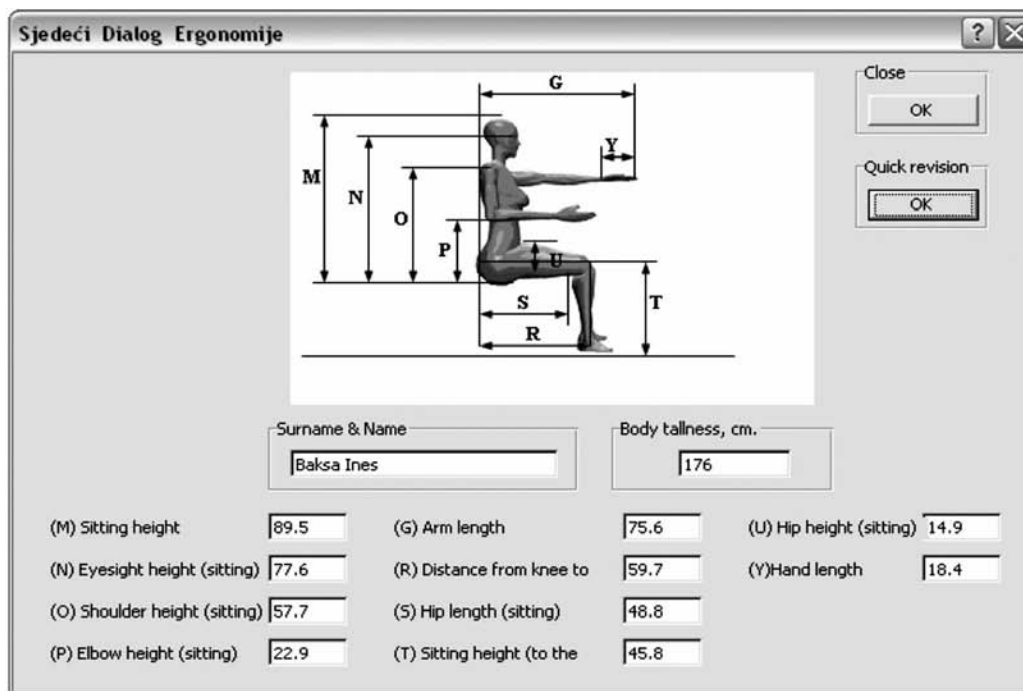
govoj građi. U tom smislu namještaj ima dimenzije prema namjeni, pri čemu npr. stolac ima dimenzije usklađene s dimenzijama određenih dijelova korisnikova tijela. Da bi čovjek određenih antropometrijskih mjera nesmetano mogao rabiti namještaj, pri oblikovanju namještaja potrebno je uskladiti dimenzije tih proizvoda s pokretnim dijelovima ljudskog tijela i mnogobrojnim položajima koje čovjek pri korištenju namještaja može zauzimati (sl. 1).

Dimenzije ljudskog tijela koje utječu na dizajn radnog prostora dijelimo u dva tipa: strukturne i funkcionalne. Strukturne su dimenzije statičke dimenzije glave, trupa i udova u standardnim položajima. Funkcionalne ili dinamičke dimenzije obuhvaćaju mjerenja u radnim položajima, za vrijeme gibanja tijela pri izvršavanju nekoga tjelesnog pokreta. Korištenjem antropometrijskih podataka za uvrđivanje odnosa ljudskog tijela i radnog prostora povećava se kvaliteta, udobnost i sigurnost radnog prostora (Spenkelić, 1998; Mijović i dr., 2004; Vlaović, 2005).

Za dizajniranje virtualnog lika čovjeka primjenom računalnih tehnika potrebno je najprije upoznati antropometrijske karakteristike ljudskog tijela. Izbor antropometrijskih mjera varira ovisno o nizu čimbenika – taj izbor ponajprije ovisi o obliku namještaja i njegovu zadatku (Domljan i dr., 2004). Postoje brojni i različiti izvori antropometrijskih podataka koji se načelno dijele na statičke, kinematičke i dinamičke antropometrije (Panero i Zelnik, 1979; Norris i Wilson, 1995; Mijović i dr., 2001). Velik broj dimenzijskih različitosti pojedinca rezultat su raspodjele prema spolu, i prema rasi, pa stoga nije dovoljno dizajnirati namještaj prema tzv. prosječnoj osobi. Teškoće koje se pojavljuju pri složenom i mukotrpnom konvencionalnom određivanju antropometrijskih veličina ljudskog tijela bile su razlogom zbog kojega je izrađen novi računalni program (Mijović i dr., 2001). Primjenom računalnih programskih paketa mogu se odrediti 22 karakteristične antro-



Slika 1. Prikaz karakterističnih položaja tijela
Figure 1 Characteristic body postures



Slika 2. Računalni prikaz karakterističnih antropometrijskih vrijednosti stvarnog modela:

a) žena visoka 170 u sjedećem položaju, b) muškarac visok 195 cm u stojećem položaju

Figure 2 A computerized image of characteristic anthropometric dimensions of a real model:

a) a male 195 cm tall in the standing position; b) a female 170 cm tall in the sitting position

pometrijske vrijednosti nužne za konvencionalno računalo modeliranje digitalnih virtualnih likova. Ulazni su podaci uzastopne visine muškaraca od 160 do 200 cm i žena od 150 do 190 cm. Program automatski utvrđuje sve njihove karakteristične mjere. Na slici 2. dani su 3D prikazi karakterističnih antropometrijskih mjera za stojeći i sjedeći položaj ispitanika.

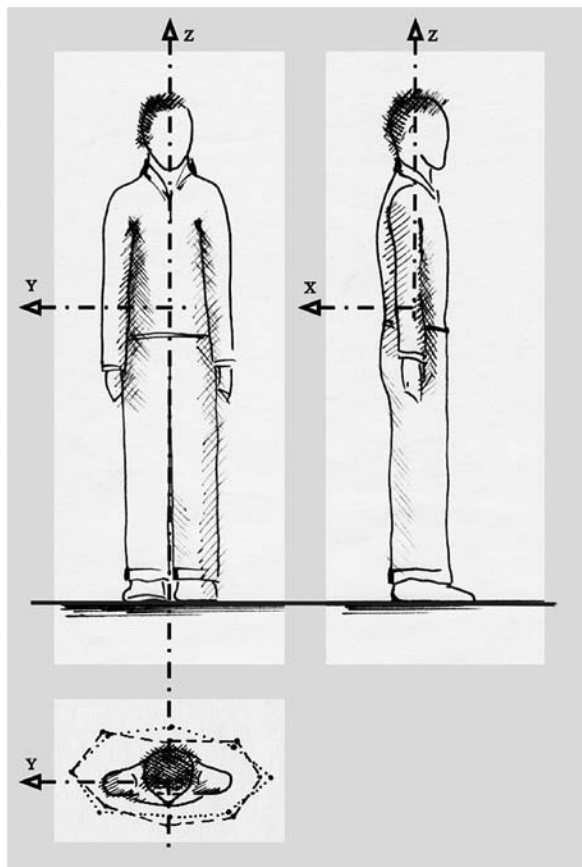
Umjesto konvencionalnih mjerenja mjernom trakom i opremom za određivanje dimenzija i obujma

ljudskog tijela primjenjuje se digitalni skener. Pomoću 3D skenera u roku od petnaestak sekundi može se skenirati tijelo prosječne odrasle osobe u tri dimenzije te zabilježiti više od 200000 mjernih točaka definiranih koordinata (Bubb, 1999; Zhang i dr., 2004; Muftić i Baksa, 2005). Upotrijebljeni sustav mjerenja poboljšava točnost i učinkovitost u usporedbi s konvencionalnim metodama. Za digitalno snimanje manjih predmeta u sklopu programa CAD upotrebljavaju se mali stolni

3D skeneri (Gilad i Nilson, 1985). Manji se modeli skenera upotrebljavaju za snimanje namještaja srednje veličine, pri čemu su mjerna točnost i preciznost važni čimbenici. Ti modeli, dobiveni primjenom 3D skenera, idealni su za dizajnere namještaja kojima je potreban točan i pouzdan trodimenzionalni model.

3. 3D MODELI NAMJEŠTAJA I PROSTORA 3 3-DIMENSIONAL MODELS OF FURNITURE AND SPACE

Fizički dodir namještaja s čovjekom ostavlja na čovjeku različite "tragove". Kvaliteta dodira koji povezuje čovjeka s namještajem često određuje sposobnost i krajnja obilježja sprege čovjek-namještaj. Čovjek dodiruje namještaj pri radu, u hodu, pri sjedenju ili ležanju, čime je njegovo tijelo izloženo djelovanju namještaja, što stvara različite osjećaje. Početak bilo koje veze čovjeka s namještajem jest objektivno poznavanje cijelog opsega veličina ljudskog tijela, kao i geometrije namještaja. Pri dizajniranju namještaja i opreme, uz sve kriterije položaja tijela, potrebno je uzeti u obzir činjenicu da svako tijelo ima unutarnju projekciju prostora koja se nalazi neposredno oko tijela (Panero i Zelnik., 1979; Flor i Turk, 1989; Figgins, 2002). Veličina, oblik i probojnost prostora oko tijela (sl. 3) povezani su s neposrednim događajima među ljudima kao i s čovjekovim psihološkim i kulturološkim razvojem.



Slika 3. Zona osobne udobnosti; oblik i probojnost prostora oko čovjekova tijela

Figure 3 The zone of personal comfort and penetrability of space surrounding human body

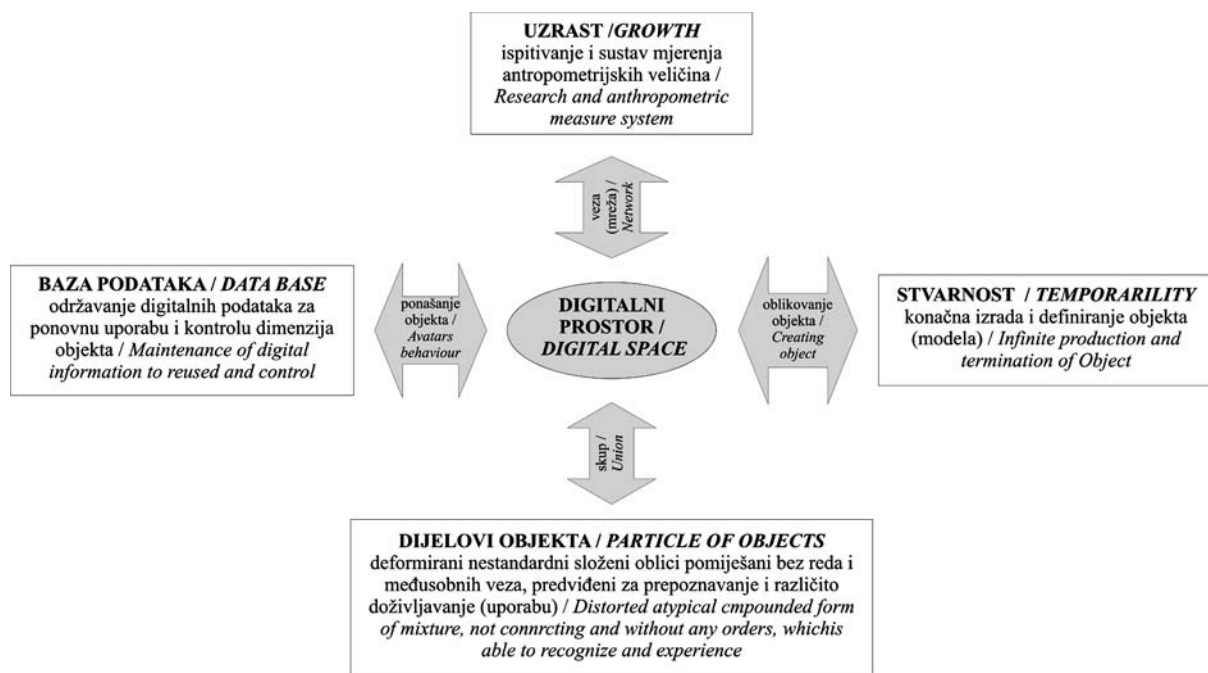
Cilj geometrijskog modeliranja, koje proučava mogućnost razvoja potpunih geometrijskih prikaza realnih tijela (*Solid Modeling*) jest razvoj računalnog modela tijela koji bi bio osnova za daljnje programske aplikacije. Zbog podataka o fizičkim i geometrijskim karakteristikama što ih sadržava, model tijela ima prednost pred ostalim modelima. Model tijela može se oblikovati uz pomoć konstruktivne geometrije tijela (*CSG – Constructive Solid Geometry*) ili uz pomoć rubnih prikaza (*BR – Boundary Representation*). Gledajući neki objekt u 3D prostoru i koristeći se rotacijama tijela, skrivanjem nevidljivih površina i linija, sjenčanjem, radom s kamerom i sl., može se postaviti bolji koncept projektiranja, što dovodi i boljem dizajnu. Glavna komponenta tog procesa jest vizualna sastavnica interaktivnosti (Bedford i dr., 1991). Geometrijsko modeliranje ponajprije ovisi o mogućnosti računala da matematički opiše geometriju objekta. Za funkciju geometrijskog modeliranja potrebno je računalo određenih karakteristika, kao i programer za rad na takvoj vrsti softvera. Pri navedenom modeliranju kreira se prikaz objekta na grafičkom terminalu unošenjem triju tipova naredbi. Prvim tipom naredbi generiraju se osnovni geometrijski oblici kao što su točke, crte i kružnice. Drugi tip naredbi obuhvaća povezivanje osnovnih elemenata radi oblikovanja zadanih objekata. Treći tip naredbi služi za promjenu i transformaciju pojedinih elemenata i ukupnog crteža. Izrada grafičkog modela omogućena je upotrebom osnovnih geometrijskih elemenata i oblika, tzv. primitiva, koji se koriste tijekom izrade crteža. Ti se elementi ugrađuju u model koji u osnovi čini matematički zapis realnog predmeta. Korisnik vrlo jednostavno može izabrati određene geometrijske elemente iz baze podataka te ih na više različitih načina pozicionirati na geometrijskome modelu.

3D digitalni prostor u kojemu se ostvaruje virtualni dizajn namještaja omogućuje izradu elemenata s visokom točnošću i sa svim detaljima. Povezanost baze podataka zadanih objekata, dijelova objekata (odnosno modela), antropometrijskih podataka korisnika i samog oblikovanja, koji se povezuju u 3D digitalnom prostoru, stvaraju temelje za daljnji proces proizvodnje. Dakle, interaktivna grafika, na kojoj su zasnovani ti sustavi, uvelike omogućuje interakciju i povezivanje procesa projektiranja i proizvodnje, čiji je rezultat povećanje efikasnosti u boljoj kontroli i planiranju troškova (sl. 4).

Koncept kreće od ideje koja se prebacuje u virtualno okruženje u računalnom 3D programu i sagledava zajedno sa svim zadanim parametrima. Slika 5. prikazuje primjer koncepta sjedenja, u kojemu se uzimaju u obzir karakteristike čovjeka, parametri sjedenja, obilježja predmeta (stolice), kao i interakcija čovjek – predmet.

Koristeći se 3D sustavima za modeliranje, dizajnira se namještaj koji se konstruira, što ostavlja više mogućnosti za njegovu integraciju u proces konstruiranja s obzirom na 2D geometrijske modele.

Potrebe za preciznim predstavljanjem procesa i sustava sve su veće zahvaljujući razvoju modernih i inteligentnih obradnih sustava (CNC), računalne tehnike i informatičkih tehnologija (CAD, CAPP, CAM). Osim standardnih znanja, sve se više zahtijevaju i druga znanja



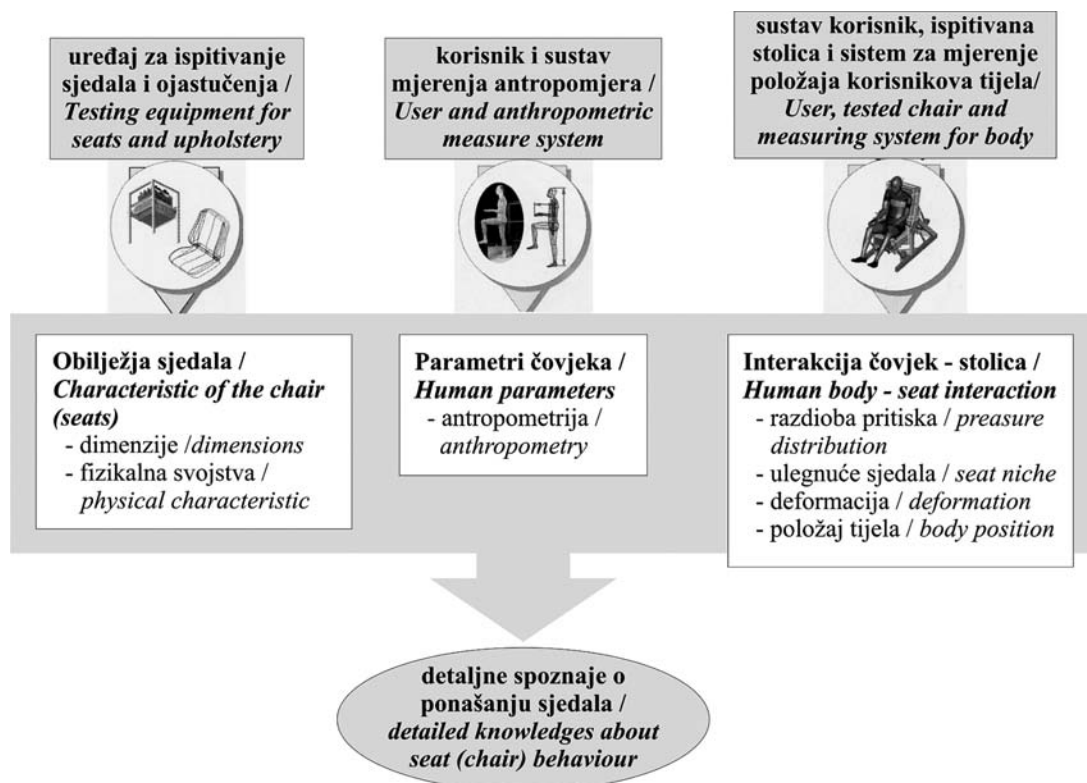
Slika 4. Interakcija parametara u 3D digitalnom prostoru
 Figure 4 Interaction between the parameters in 3D digital space

s područja modeliranja, simulacije, računalne tehnike i drugih bliskih područja, a sve radi povećanja proizvodnosti, ekonomičnosti, ukupne kvalitete proizvoda te smanjenja potrošnje materijala, energije, te vremena i troškova obrade po jedinici proizvoda. Ti uvjeti modernog poslovanja potaknuli su razvoj CAD/CAM i srodnih tehnologija, te dizajniranje i konstruiranje rješenja uz pomoć CAD baze podataka. Slika 6. prikazuje vezu

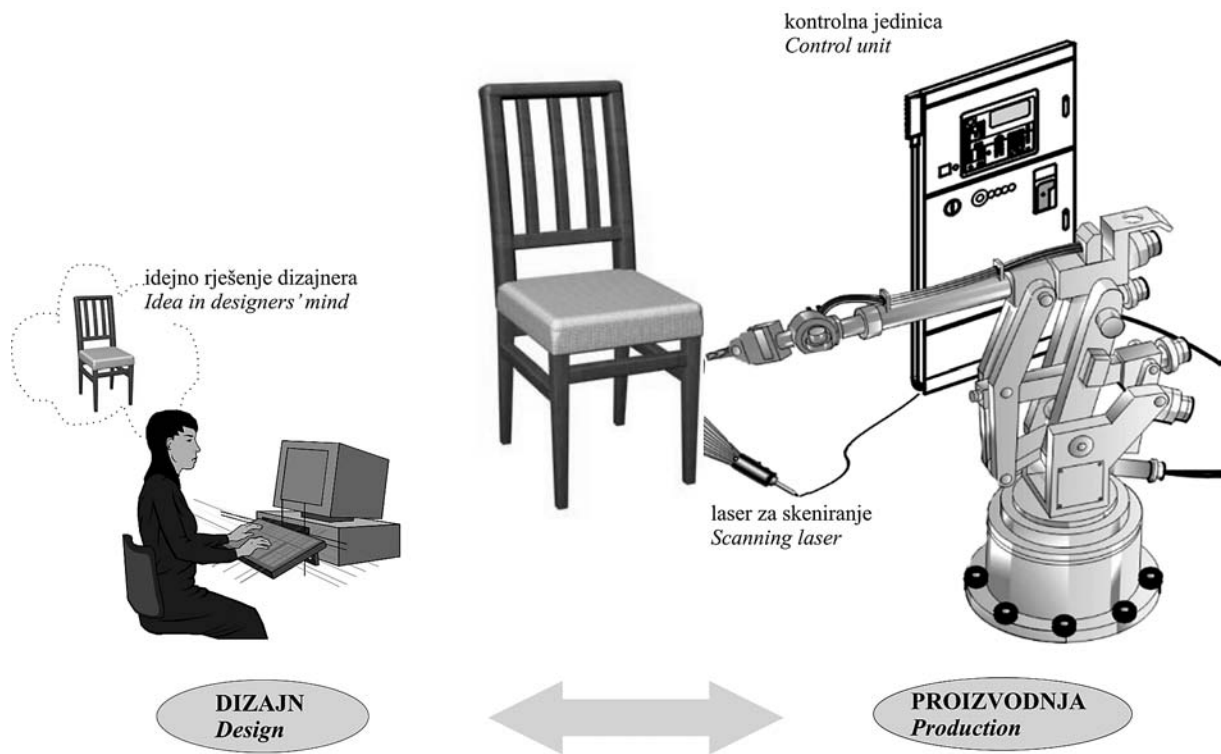
između dizajna i proizvodnje uz pomoć virtualnih okruženja i 3D modeliranja.

4. VIZUALIZACIJA NAMJEŠTAJA 4 FURNITURE VISUALISATION

Radi određivanja načina modeliranja, provedena je analiza sastavnih dijelova namještaja. Ako je riječ o



Slika 5. Zajednički koncept sjedenja postignut stvaranjem virtualnog 3D sustava čovjeka, namještaja i okoliša
 Figure 5 A joint concept of sitting realized by the virtual 3D system of humans, furniture and environment

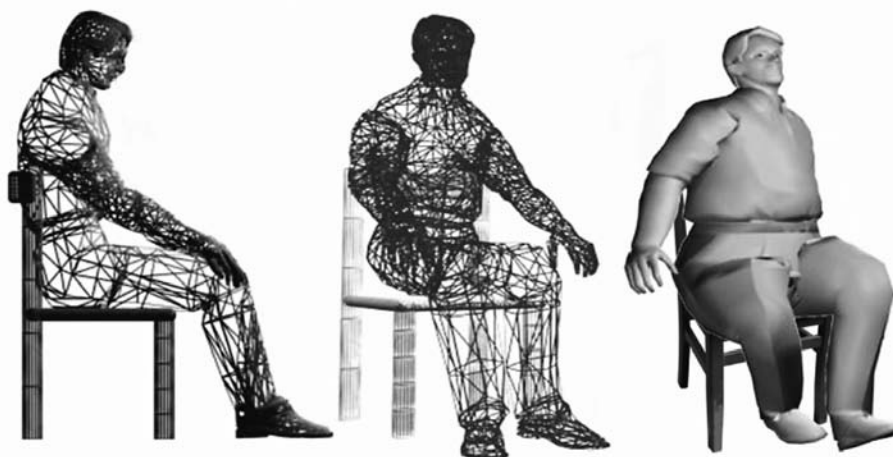


Slika 6. Veza između dizajna i proizvodnje
 Figure 6 The connection between design and production

konstrukcijski oblikovanom namještaju za koji postoji 2D računalni model, može se odmah analizirati geometrija dijelova. Raspoloživi 2D računalni model donekle olakšava zadatak jer služi kao podloga na kojoj će se provesti oblikovanje 3D modela. Žičani modeli namještaja i čovjeka osnova su za oblikovanje površinskog modela namještaja (sl. 7). Dijelovi namještaja također su modelirani kao kombinacija površinskog modela i modela tijela (volumenskog) namještaja (Kelsey, 1999).

Vizualna, tj. grafička komunikacija ima prednost pred ostalim oblicima komunikacije. Vizualizirani crtež daje više informacija o modelu, pa je time i lakše razumljiv. Fotorealističnost slike omogućuje kvalitetnije prenošenje informacija. Potencijalni kupci često se ne snalaze u tehničkim crtežima pa bili oni i trodimenzionalni.

Zato je potrebno voditi brigu o vizualizaciji modela odnosno o slikovnom prikazu podataka radi jasne i brze komunikacije informacijama. Uvođenjem računala i računalnih 3D programskih rješenja dobiva se virtualni okoliš i modeli. U ovom je primjeru zapravo moguće zavarati ljudski osjećaj percepcije i stvoriti dojam o nekom drugom "vanjskom" svijetu u kojemu se čovjek nalazi. Na taj je način objektivnu stvarnost koju doživljavamo moguće zamijeniti virtualnom "stvarnošću". Dizajn namještaja i opreme za objekte treba biti baziran na osnovnim čovjekovim potrebama u prostoru. Dizajner za modeliranje uzima preporučljive standardne dimenzije, ali da bi se odlučio za točne dimenzije i oblik, treba izraditi virtualni model. Računalna 3D animacija virtualnih modela i računalno načinjeno okruženje definiraju se nizovi-



Slika 7. Žičani i puni modeli čovjeka i namještaja.
 Figure 7 Frame and solid models of man and furniture

ma površina omeđenih trodimenzionalnim koordinatnim točkama koje se ostvaruju trodimenzionalnim skenerima (Mijović i dr, 2001). Time se stvaraju karakteristični modeli istovjetni objektu ili subjektu koji odgovaraju specifičnom točkastom području i opisuju samo mjere segmenata stvarnog modela.



Slika 8. Puni 3D model stola i stolica
Figure 8 Solid model of the table and chairs

Osnovna zadaća pri formiranju sklopa svodi se na precizno pozicioniranje dijelova. Taj se postupak može znatno pojednostavniti blokovskim grupiranjem. Blokovi omogućuju višestruko umetanje dijelova u crtež, a da se pritom datoteka neznatno poveća te se ubrza rad (sl. 8). Prednost blokova očituje se u mogućnosti da se izmjenom na izvornom bloku mijenjaju svi umetnuti blokovi. Organizacija cijelog sklopa provedena je i na razini slojeva: svakoj komponenti sklopa pridružen je

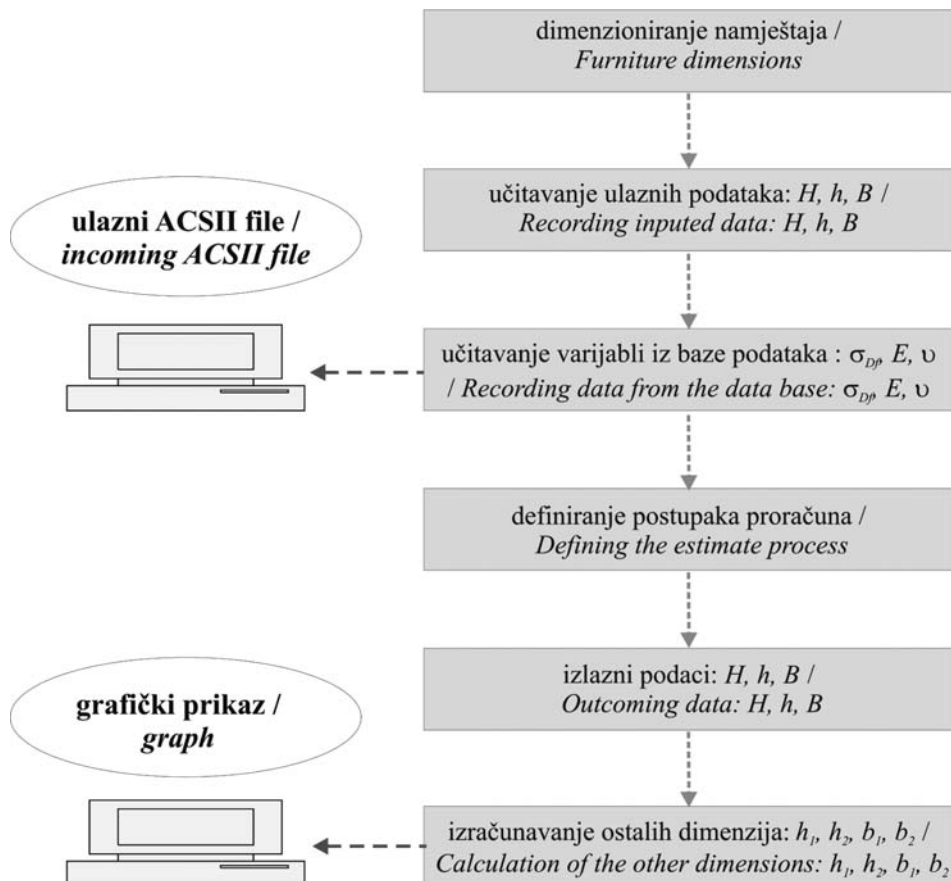
istoimeni sloj. Slojevi se mogu selektivno prikazivati na zaslonu pa je time olakšan pristup svakom dijelu sklopa, kao i razmještaj dijelova.

5. 3D MODELIRANJE I BAZE PODATAKA 5 3-DIMENSIONAL MODELLING AND DATA BASES

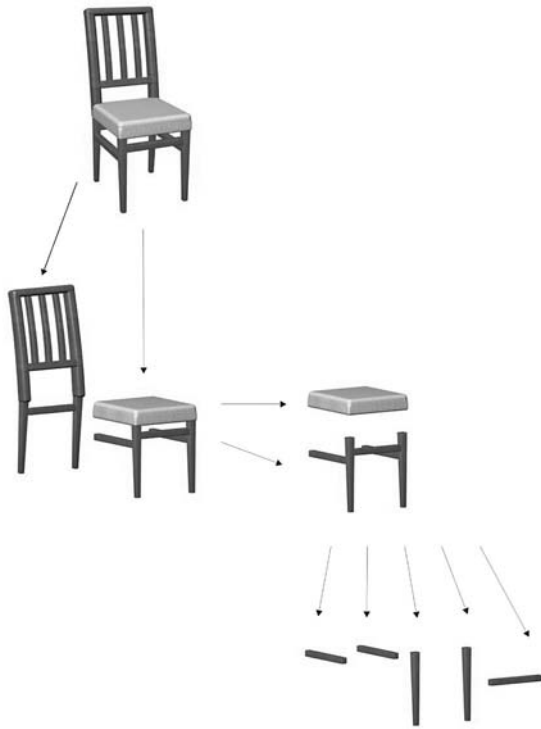
Vizualna baza podataka jest skup zapisa podataka logički organiziranih u obliku stabla ili lanca, mreže ili relacije smještenih na neki od medija s izravnim pristupom, tako da se njima mogu koristiti jedan ili više programa ili jedna ili više aplikacija (Bon-Chun i dr, 2002). Sustav za upravljanje bazom podataka složeni je softverski sustav koji omogućuje:

- spremanje podataka s minimumom višestrukog pamćenja istih podataka
- mogućnost da se korisnici služe zajedničkim podacima
- logičnu i fizičku neovisnost programa o podacima.

Dizajnersko rješenje namještaja dobiva se na temelju CAD baza podataka standardnih drvnih dijelova. Važno je ispitivanje i analiza dobivene konstrukcije, određivanje omjera volumena dijelova, provjera estetske vrijednosti oblikovanog modela te stimulacija obrade danog elementa. Uvođenjem baza podataka u proces proračuna namještaja, a samim time i tehnologije izrade namještaja, smanjuje se vrijeme biranja koeficijentata nužnih za izračunavanje glavnih geometrijskih dimenzija namještaja. Na slici 9. prikazan je algoritam za auto-



Slika 9. Automatsko dimenzioniranje namještaja
Figure 9 Automatic dimensioning of furniture



Slika 10. Odnos sklopa, podsklopa, dijela
Figure 10 Assembly-subset-element relation

matsko izračunavanje elemenata namještaja. U postupku modeliranja rabe se i parametri iz baze podataka. Rezultat modeliranja je datoteka o dimenzijama namještaja u kojemu se dobiva konstrukcijsko rješenje. Cilj tako stvorene baze podataka jest velik broj ulaznih informacija potrebnih za izračunavanje elemenata namještaja.

Ako se pojave neki nedostaci ili budu potrebne korekcije, jednostavnom uporabom već gotovih baza podataka moguće je provesti izmjene. Na taj se način smanjuje vrijeme te ukupni troškovi projektiranja i automatiziranja postupka izrade namještaja. Slika 10. prikazuje raščlanjeni model stolice. Za svaki je dio predviđen pozicijski broj, a prema položaju dijelova određen je redoslijed sklapanja. Sa slike se izostavljaju vezni elementi da se ne naruši preglednost crteža. Za stolicu se oblikuje baza podataka, i to za osnovne tablične veličine koje se koriste u proračunu. Cilj tako stvorene baze podataka sastoji se od velikog broja ulaznih informacija potrebnih za oblikovanje programa za izračun elemenata stolice.

6. ZAKLJUČAK 6 CONCLUSION

Na temelju rezultata istraživanja 3D karaktera i 3D modela namještaja primjenom 3D grafičkih programa može se zaključiti da se antropometrijskom analizom pokreta 3D karaktera dobivaju dimenzije zahvatnog prostora tijela. Primjenom takvih istraživanja cjelovitog oblikovanja mjesta za rad ili odmor može se odrediti sklad dimenzija namještaja i ljudskog tijela te pravilan tjelesni položaj pri uporabi određene vrste namještaja. Koristeći se računalno izvedenim mapama, materijalom na modelima i obradom parametara modela, renderiranjem je moguće dobiti foto-realistične re-

zultate modela čovjeka i virtualnog okoliša. Time se mogu odrediti optimalne dimenzije namještaja i okoliša radi optimalnog iskorištenja.

Virtualno je okruženje učinkovitije, brže, ekonomičnije i znatno skraćuje proces od idejnoga do izvedbenog rješenja i prototipa, pa je zato danas u razvijenim svjetskim tvrtkama koje se bave izradom proizvoda od drva, posebice namještaja, ili opremanjem unutrašnjih prostora (interijera) 3D način oblikovanja i projektiranja proizvoda uobičajeni način razvojnog dijela poslovanja.

Stvorene u virtualnom okruženju, mogućnosti 3D geometrijskog modeliranja namještaja i ostalih proizvoda od drva primjenjuju se u radu razvojnih timova, radi postizanja optimalnog proizvoda dobrog dizajna, konstrukcije, ergonomije, funkcije i tehnologije izrade te ukupne kvalitete.

7. LITERATURA 7 REFERENCES

1. Asensio Cerver, F. 2000: Modernes wohndesign, Köln: Könemann.
2. Balzulat, J. 2000: Ein holistischer Versuchsansatz zum Sitzverhalten. Dissertation an der Technischen Universität München, Utz-Verlag Wissenschaft.
3. Bedford, D.D.; Henderson, P.M.; Wolfe, P.M. 1991: Computer-integrated design and manufacturing, New York: McGraw-Hill.
4. Berry, A.C. 1975: Factor affecting the incidence of non-metrical skeletal variants, J. Anat. 120: 519 – 535.
5. Beynon, C.; Reilly, T. 2001: Spinal Shrinkage during a seated break and standing break during simulated nursing tasks, Appl. Ergonomics, 32(6): 617-622.
6. Bon-Chun, K.; Yong-Seong, K.; Byong-Chan, L. 2002: Digital space design with the applicable database of interactive avatar behavior, Proceedings of International Design Conference – DESIGN 2002, Marjanović, D. (Ed.) Dubrovnik, May 14–17, Zagreb: FMENA, Design society, Glasgow, pp. 509-514.
7. Bubb, H. 1999: Human modeling in the past and future. In: SAE International (Ed.): SAE Conference on Human Modeling in The Hague, May 18–20, SAE International, Warrendale.
8. Burgess, J. H. 1986: Designing for humans: The human factors in engineering, Princeton, New York: Petrocelli Books.
9. Diffrient, N.; Tilley, A.R.; Bardagy, J.C. 1978: Human-scale 1/2/3, Cambridge, Massachusetts: The MIT press.
10. Domljan, D.; Grbac, I.; Bogner, A. 2004: Uloga dizajna u procesu razvoja školskog namještaja. Drvna industrija 55 (2):77-90.
11. Domljan, D.; Grbac, I. 2004: Designing of a living space – trends and directives, International conference *Trends in design, construction and technology of wooden products*, October 15th 2004, Grbac, I. (Ed.), Zagreb, Croatia: University of Zagreb, Faculty of Forestry, UFI-Paris, pp. 23-32.
12. Dreyfuss, H. 1993: The measure of man and women. New York: Whitney Library in Design.
13. Figgins, S. 2002: Biomechanics and the cyberhuman, IEEE Computer Graphics and Applications, November/December: 14-20.
14. Flor, H.; Turk, D.C. 1989: Psychophysiology of chronic pain: Do chronic pain patients exhibit symptom-specific

- psychophysiological responses? Psychological Bulletin, 105: 215-259.
15. Gilad, I.; Nilson, M. 1985: Sagittal evaluation of elementary geometrical dimensions of human vertebrae, J. Anat. 143: 115-120.
 16. Grbac, I., 2003: Zdrav život – zdravo stanovanje, prvi priručnik iz područja namještaja u funkciji zdravlja. Prvo izdanje. Zagreb: Spektar media.
 17. Grbac, I.; Ivelić, Ž., 2005: Ojastučeni namještaj, sveučilišni udžbenik. Prvo izdanje. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
 18. Jackson, A. 2000: The complete manual of wood working. Knopf. Inc., New York.
 19. Kelsey, J. 1999: Fine wood working on chairs and beds. The Taunton Press Inc., Newtown, USA.
 20. Linton, S.J.; Hellsing, A.L.; Halme, T.; Åkerstedt, K. 1994: The effects of ergonomically designed furniture on pupils' attitudes, symptoms and behaviour, Applied Ergonomics 25 (5): 299-304.
 21. Mijović, B.; Ujević, D.; Baksa, S. 2001: Visualization of anthropometric measures of workers in computer 3D modelling of work place, Collegium antropologicum 25 (56): 639-650.
 22. Mijović, B.; Grbac, I.; Domljan, D. 2004: Furniture design by means of digital anthropometry. International conference Trends in design, construction and technology of wooden products, October 15th 2004. Grbac, I. (Ed.): Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Forestry, UFI-Paris, pp. 1-5.
 23. Mučić, O.; Baksa, S. 2005: Virtualna stvarnost i njezina primjena u ergonomiji, Sigurnost 43 (3): 197-204.
 24. Norris, B.; Wilson, J.R. 1995: Childdata, the handbook of child measurements and capabilities – data for design safety, Consumer safety unit, University of Nottingham, DTI, U.K.
 25. Panero, J.; Zelnik, M. 1979: Human dimensions and interior space, a source book of design reference standards. First edition. New York: Watson-Guptill Publications.
 26. Schischka, E. 1973: Das Holz als Bau und Konstruktionsmaterial in der Gegenwart als Gestalter unseres Lebensraumes, Holzforschung und Holzwertung, Berlin 5/6: p. 130.
 27. Spengel, G.P.J. 1998: The office of tomorrow: Design for the future, Tijdschrift voor Ergonomie, NVVE, Eindhoven 23(1): 6-10.
 28. Vlaović, Z. 2005: Istraživanje udobnosti uredskih radnih stolica, magistarski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
 29. Zhang, B.; Molenbroek, J.F.M.; Horvath, I. & Snijders, C. 2004: Automatic Landmarks Prediction Using the Artificial Neural-Network-Based Technique on 3D Anthropometric Data, Proceedings of International Design Conference - DESIGN 2004, Marjanović, D. (Ed.) Dubrovnik, Dubrovnik, Croatia, May 18–21, Zagreb: FMENA, Design society, Glasgow, pp. 817 - 826.

Corresponding address:

Prof. BUDIMIR MIJOVIĆ, PhD

Zagreb University, Faculty of textile technology
Ulica baruna Filipovića 30
10000 Zagreb, Croatia
e-mail: mijovic@hotmail.com