Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti (JOSRA). JOSRA 2 - 2011, roč. 4.

Ergonomické moduly programu CATIA V5 a ich aplikácia

29.07.2011

Ergonomical modules of Catia and their using

Albert Mareš[1], Katarína Senderská[1]

[1]Katedra technológií a materiálov, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Mäsiarska 74, 040 01 Košice, albert.mares@tuke.sk, katarina.senderska@tuke.sk

automobily sedadla ergonomie software

Abstrakt

Súčasný vývoj nových výrobkov a zlepšovanie existujúcich si takmer nie je možné predstaviť bez aplikácie nejakého CAD systému. Keďže výrobky sú určené pre ľudí je potrebné venovať pozornosť najmä ľudskému faktoru, čo sa prejavuje zohľadňovaním ergonómie ako pre účely jednoduchšieho a pohodlnejšieho používania výrobku, tak aj pre účely zdravia nepoškodzujúceho vplyvu pri dlhodobom užívaní výrobku. Toho všetkého sú si vedomí aj tvorcovia CAD systémov a preto integrujú so svojich systémov aj moduly určené pre ergonomické analýzy. Jedným z týchto systémov je aj CATIA, ktorá disponuje rôznymi nástrojmi určenými pre ergonomické analýzy. Ich použitie môže byť veľmi rôznorodé a nájdu svoje uplatnenie pri návrhu takmer akéhokoľvek výrobku, ale dominantné je ich uplatnenie pri výrobkoch ktoré sú intenzívne využívané ľuďmi, čoho príkladom je napr. automobil. Článok popisuje aplikáciu vybraných ergonomických modulov pri návrhu sedadla a overovaní vhodnosti umiestnenia volantu osobného automobilu.

Klíčová slova: ergonómia, CATIA, sedadlo automobilu, dátová rukavica

Abstract

The current development of new products and improving of the existing is almost unimaginable without the application of some CAD system. Since the products are intended for people it is necessary to pay particular attention to human factor, which manifests itself as taking into account the ergonomics for the purpose of easier and more convenient use of the product, as well as for health purposes - injurious impact of long-term use of the product. The producers of CAD systems know it and integrate into their systems modules designed for ergonomic analysis. One of these systems is also CATIA, which has various instruments designed for ergonomic analysis. Their using can be very diverse and can be applied to design of almost any product, but their use is dominant in the products which are intensively used by humans, as is by example: car. The article describes the application of selected modules in ergonomic seat design and

verification of the suitability of the location of the car steering wheel.

Keywords: ergonomics, CATIA, automobile seat, dataglove

Úvod

Ergonómia ako interdisciplinárny vedný odbor má nezastupiteľný význam v procese konštruovania a projektovania všade tam, kde sa v užívaní produktu alebo zariadenia predpokladá priama účasť človeka. Neergonomicky navrhnutý výrobok alebo pracovisko môže mať za následok nielen obyčajné nepohodlie, ale aj zvýšenie času potrebného na realizáciu príslušných činností, zvýšenú únavu pracovníkov až po možnosť poškodenia zdravia. Je výhodné ak sa odporúčania a zákonitosti ergonomického projektovania zakomponujú už do procesu tvorby, čím je možné vyhnúť sa chybám už v počiatočnom štádiu. Tieto skutočnosti sa premietajú aj do 3D CAD systémov, ktoré majú už priamo zakomponované rozličné moduly a nástroje pre podporu ergonomických riešení tak výrobkov ako aj pracovísk a pracovného prostredia. Aplikácia týchto nástrojov, ak sú správne použité umožňuje tak kontrolu ako aj zmeny v návrhu ešte pred jeho realizáciou, takže výsledné riešenie môže byť lepšie a to nielen z hľadiska ergonómie.

CATIA V5

Ako príklad je možné uviesť CAD systém CATIA V5 - programový produkt firmy Dassault Systèmes, ktorý sa na Strojníckej fakulte Technickej Univerzity v Košiciach používa tak v oblasti vedecko-výskumnej ako aj v pedagogickom procese a to hlavne v študijnom programe Automobilová výroba. Catia v tomto smere ponúka celý rad nástrojov, ktorých použitie je v zásade možné:

- v návrhových etapách nových riešení, resp. ich inováciách t.j. riešenie ešte neexistuje v reálnej podobe,
- v prípade, že riešenie (produkt, pracovisko) už existuje a je potrebné dodatočne overiť jeho ergonomické vlastnosti.

Catia V5 [3] poskytuje nasledujúce typy ergonomických analýz:

RULA analýzu - The Rapid Upper Limb Assessment - metóda vyvinutá na Univerzite v Nottinghame v Anglicku [15, 11]. Je to metóda určená pre rýchle a systematické hodnotenie polohy pracovníka. Analýza sa môže opakovať po každej prípadnej zmene a tým rýchlo preveriť či je zmena z hľadiska ergonómie v poriadku. Aplikácia metódy je viazaná na figurínu pracovníka.

Analýzu zdvíhania bremien – ***(Lift Lower Analysis),*** ktorú je možné realizovať buď podľa NIOSH 1981, NIOSH 1991 alebo podľa Snook & Ciriello 1991.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) [10] v roku 1981 publikoval algebraickú rovnicu pre analýzu obojručného symetrického zdvíhania bremien. Rovnica NIOSH 1991 nazývaná aj „revidovaná rovnica zdvíhania“ počíta aj s istou úrovňou asymetrie a adekvátnym prepojením medzi obuvou a podlahou. Snook & Ciriello 1991 je nástroj analýzy vypracovaný autormi S. Snook-om a V. Ciriello-om [14]. Podobne ako v prípade NIOS analýzy je založená na dvoch vstupných polohách. Ide o obojručné symetrické zdvíhanie bremien. Aktivita je determinovaná zmenou polohy záťaže na scéne.

Analýzu tlačenie-ťahanie - (Push-Pull Analysis) - je nástroj založený na štúdii autorov S. Snook a V. Ciriello [14] z Liberty Mutual Insurance Company. Táto analýza umožňuje analyzovať aktuálne údaje aktivity tlačiť- ťahať z hľadiska toho, či je sila potrebná na premiestnenie bremena bezpečná.

Analýzu nesenia – ***(Carry Analysis)*** podľa autorov Snook a Ciriello. Táto analýza umožňuje porovnať aktuálne údaje

s údajmi, ktoré sú považované za maximálnu akceptovateľnú hmotnosť pre danú úlohu.

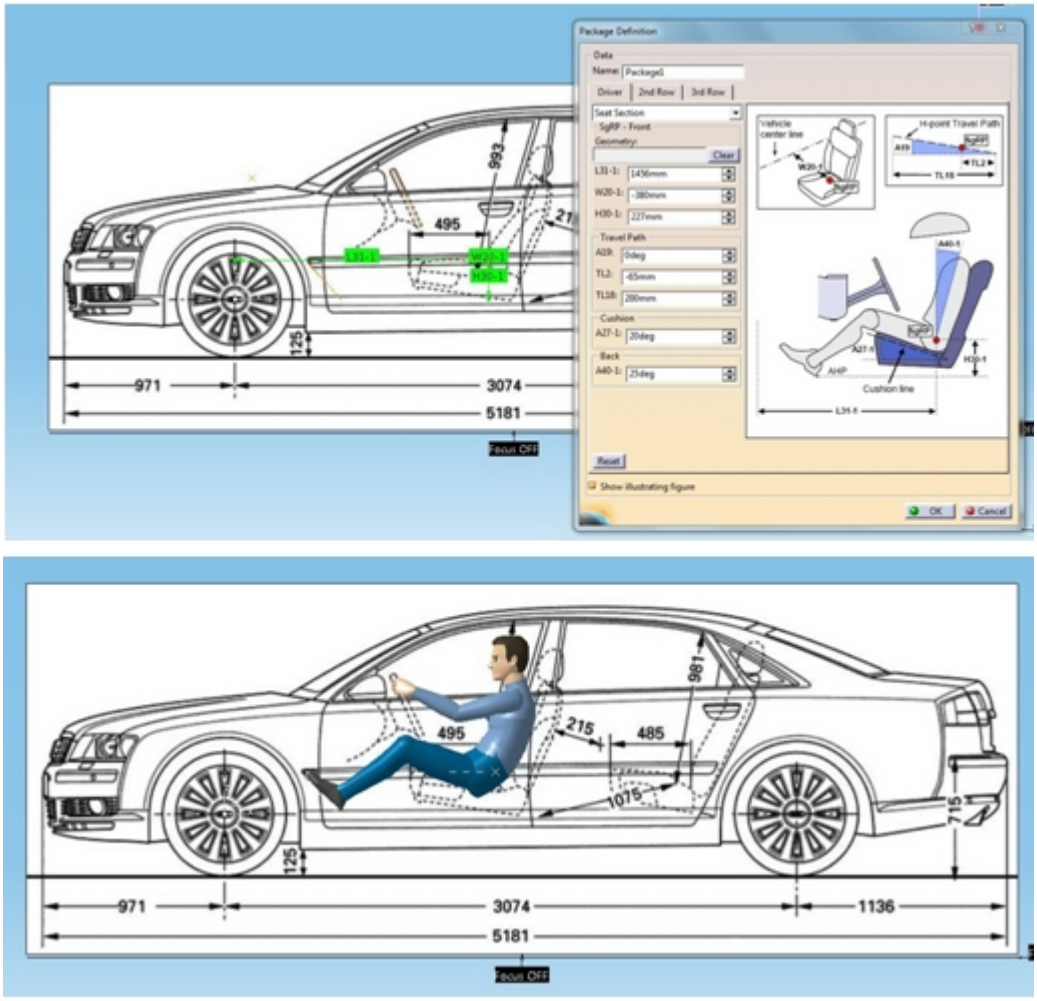
Biomechanickú analýzu jednotlivých aktivít - ***(Biomechanics Single Action analysis***) Tento ergonomický modul [3] stanovuje biomechanické dáta pracovníka v zadanej polohe. Počíta výstupnú informáciu ako napríklad zaťaženie bedrovej chrbtice, sily a momenty v kĺboch figuríny. Všetky výstupy sú vložené do modelu založeného na výsledkoch a algoritmoch publikovaných vo vedeckej komunite.

Uvedené moduly ergonomickej analýzy sa uplatňujú tak pri navrhovaní produktov ako aj pracovísk [13, 2]. V tejto súvislosti sú zohľadňované špecifiká jednotlivých technológií napr. montáže [16]. Okrem priamej aplikácie týchto ergonomických modulov má Catia výhodu, že je možné prepojiť resp. integrovať Catiu s inými doplňujúcimi nástrojmi resp. technickými zariadeniami a tak dostať komplexnejší pohľad.

V rámci výskumno-vývojových prác sú na Strojníckej fakulte realizované viaceré projekty, ktoré sú zamerané na oblasť automobilového priemyslu a v tomto rámci je riešená aj ergonómia. Predstavíme dva projekty orientované práve do oblasti automobilového priemyslu.

Navrhovanie sedadla osobného automobilu

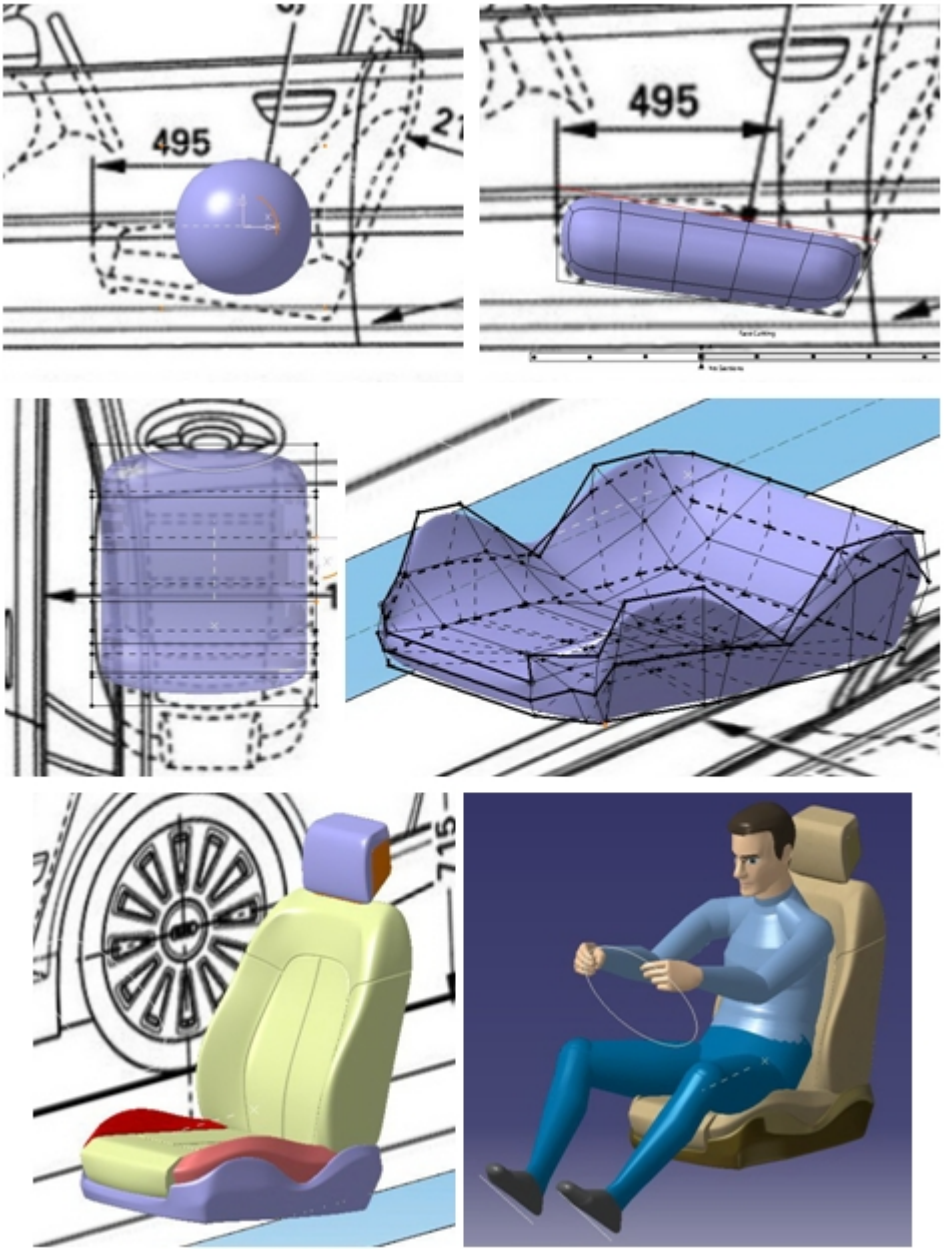
Pri navrhovaní sedadla osobného automobilu boli postupne použité viaceré moduly programu CATIA V5 [4,5]. Prvým krokom bolo importovanie bitmapových pohľadov - predlôh do prostredia CATIA modulom ***Sketch Tracer***. Jednotlivé pohľady poskytované výrobcom majú zakótované základné vonkajšie aj vnútorné rozmery automobilu. Tieto údaje nám ďalej slúžia pre definovanie základných parametrov sedenia v automobile. Funkciou ***Package Definition*** modulu ***Human Builder*** vieme definovať základné rozmery kokpitu, na základe ktorých získame optimálny sklon sedáku a sklon operadla sedadla. Tento modul nám ponúka aj základné antropometrické údaje figuríny t.j. „človeka“ pre ktorého sa návrh sedadla bude realizovať. Uvedené hodnoty napolohujú figurínu do správnej polohy v automobile. Riešenie návrhu sedadiel je demonštrované na základe rozmerov a skíc automobilu AUDI A8 (obr. 1). Po týchto úvodných, ale nevyhnutných krokoch môžeme pristúpiť k modelovaniu sedadla alebo kokpitu automobilu.



Obr. 1: Definovanie ergonómie sedenia na základe skíc automobilu v prostredí Human Builder CATIA V5 [5]

Pre ďalší postup návrhu sedadla bola využitá metóda Reverse Engineering v module ***Imagine & Shape*.** Pre toto riešenie je potrebné mať k dispozícii už spomínané jednotlivé pohľady automobilu ako aj dizajnérsky návrh sedadla resp. fotografie sedadla. Na základe dostupnej dokumentácie bol v module ***Imagine&Shape*** vytvarovaný sedák a operadlo v ergonomickej polohe sedenia pasažiera.

Obr. 2 ilustruje základné postupy modelovania v intuitívnom modelári ***Imagine & Shape***. V podstate ide o tvarovanie elektronickej modelovacej hmoty. Základný tvar hmoty „guľa“ je „uzavretý v klietke“, pričom sa dá manipulovať jednotlivými bodmi klietky, hranami klietky ako aj celými plochami klietky, čím sa tvar „hmoty“ mení. Príklad postupu takého tvarovania je na obr. 2.



Obr. 2: Postup tvarovania sedadla v module Imagine&Shape CATIA V5 [5]

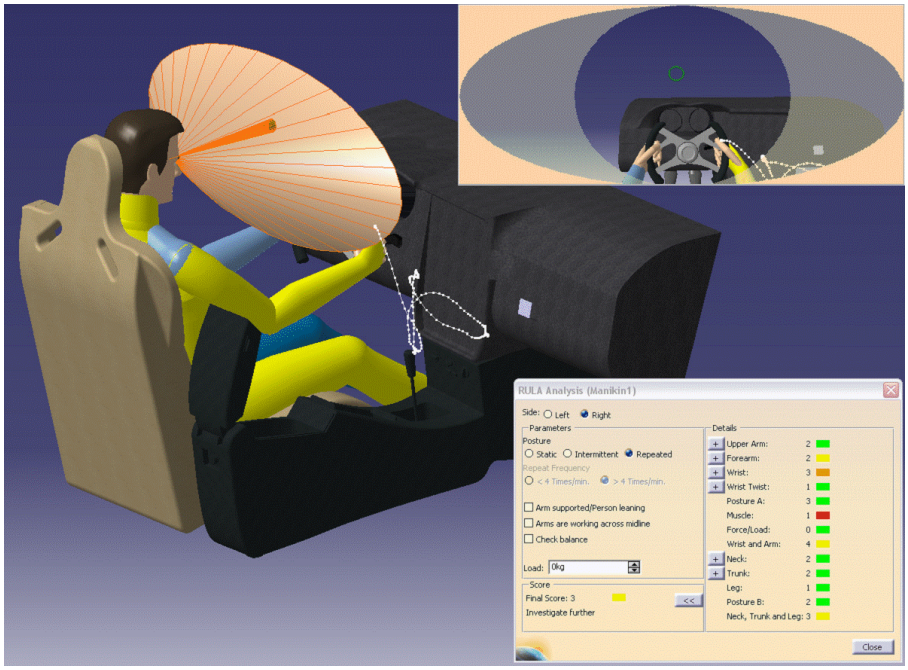
Následne je možné namodelované sedadlo a jeho jednotlivé prvky preveriť napríklad z hľadiska bezpečnosti. Ako príklad môže uviesť zádržné systémy [5]. V danom prípade bola realizovaná simulácia v demo verzii simulačného softvéru Dead or Alive? firmy Fitzpatrick Engineering [7]. Takýmto spôsobom bola ergonomická analýza doplnená simuláciou bariérovej skúšky a samotný navrhovaný produkt by mal byť „lepší“ a „bezpečnejší“. Samozrejme, že komplexné riešenie vyžaduje oveľa viac (napríklad: správnu voľbu materiálov z hľadiska horľavosti, a pod.).

Overovanie ovládania volantu osobného automobilu

Pri tejto analýze, išlo o druhý zo spomínaných prípadov t.j. existoval reálny produkt a bolo potrebné dodatočne overiť ergonomické parametre umiestnenia volantu a jeho ovládania. Táto analýza bola uskutočnená v rámci projektu „študentského automobilu“, ktorý bol realizovaný na Strojníckej fakulte Technickej univerzity v Košiciach. Automobil bol skonštruovaný ako z existujúcich na trhu dostupných komponentov (športový volant, ukazovatele rýchlosti, hydraulické piesty zdvíhania dverí a pod.) tak aj komponentov vyrábaných študentským tímom (prístrojová doska,

karoséria, dvere, atď.). Na uvedenom automobile bola vykonaná analýza ovládania a umiestnenia volantu. Reálny interiér študentského automobilu je na obr. 3. Pre potreby tejto analýzy boli reálne objekty „prenesené“ do CAD sveta. Volant bol na základe odmeraných dát vymodelovaný v CAD prostredí. Najproblematickejším sa v tomto prípade ukázalo samotné meranie skutočných rozmerov, pretože vzhľadom na tvarovú zložitosť súčiastok a volantu bolo meranie štandardnými meracími pomôckami dosť prácne. Pre zjednodušenie tejto operácie by bolo vhodné použiť 3D skener, avšak ten nebol k dispozícii. Samotné modelovanie v prostredí Catie bolo viac menej rutinou záležitosťou. Keďže hlavným cieľom analýzy bolo overiť ergonomickosť ovládania, bolo potrebné zaznamenať polohy a pohyby rúk pri ovládaní volantu. Pre zaznamenanie reálnych pohybov ruky na volante bola použitá dátová rukavica. Keďže k dispozícii bola iba pravá rukavica, boli zaznamenávané pohyby pravej ruky. Zaznamenaná trajektória následne slúžila v počítačovom modeli ako „vodítko“ pre určenie reálnych pohybov figuríny. Vytvorený CAD model volantu s prístrojovou doskou a trajektóriou je na obr. 4. Reálna trajektória pohybu umožňuje polohovať ruku figuríny tak ako je tomu v skutočnosti a umožňuje tým dospieť k hodnoverným výsledkom ergonomických analýz.

Obr. 3: Študentský automobil - snímanie reálnych pohybov pri ovládaní volantu pomocou dátovej rukavice [12]



Obr. 4: CAD model v Catii – ergonomická analýza a analýza na základe údajov z dátovej rukavice [12]

Pri analýzach bola ako figurína vložená postava rozmerovo zodpovedajúca 50 percentile mužskej francúzskej populácie. Uvedená populácia bola zvolená pretože z Catiou štandardne ponúkaných populácií (americká, kanadská, francúzska, japonská a kórejská) je táto najbližšie k európskej populácii. CATIA umožňuje individuálne nastavenie jednotlivých rozmerov figuríny, takže je možné vytvoriť figurínu, ktorá bude rozmerovo zodpovedať akémukoľvek človeku, ale nás zaujímalo zhodnotenie ergonomickosti z hľadiska používania človekom, ktorý predstavuje štatisticky „priemerného užívateľa“. Na základe výsledkov RULA analýz bolo zistené, že umiestnenie volantu nie je ideálne. Napr. pri držaní volantu tak ako je to na obr. 4 vyšlo finálne skóre analýzy číslo 3 (žltá farba) čo v zmysle RULA analýzy znamená, že uvedená pozícia si z hľadiska ergonómie vyžaduje ďalšiu optimalizáciu. Uvedený záver analýzy vedie ku konštatovaniu, že pre túto skupinu užívateľov je potrebné umožniť nastavenie volantu v širšom rozsahu v kombinácii s polohou sedačky tak, aby bolo dosiahnuté finálne skóre 1 resp. 2 (zelená farba). Týmto spôsobom je možné analyzovať a optimalizovať v podstate všetky úkony spojené s ovládaním nielen volantu, ale aj ostatných ovládacích prvkov automobilu, čo v konečnom dôsledku vedie k návrhu takých opatrení, ktoré urobia ovládanie automobilu ergonomicky prijateľnejšie a tým aj bezpečnejšie.

Sumár

Ergonomické nástroje ponúkané v Catii sú dôležitým a zároveň veľmi nápomocným nástrojom podpory riešenia produktov a pracovísk. Z hľadiska náročnosti ich aplikácie je možné konštatovať, že pre znalého užívateľa Catie nie sú náročné a to ani časovo. Napríklad študenti majú obvykle väčší problém so samotným modelovaním ako s aplikáciou ergonomických modulov. Pokiaľ ide o aplikáciu dátovej rukavice a následnú RULA analýzu ide o problematiku, v ktorej je možné identifikovať niekoľko dôležitých aspektov. Samotnú rukavicu je v podstate možné použiť dvomi základnými spôsobmi. Prvým je jej aplikácia v reálnom prostrední a následné získanie trajektórií pohybu ruky v Catii. Tieto trajektórie je možné následne v Catii „priradiť“ ruke vloženej figuríny človeka a pomocou RULA analýzy skontrolovať reálne pohyby tak, že pohyb následne zrealizuje figurína. Pri tomto pohybe sa automaticky generujú výsledky RULA analýzy. Z hľadiska realizácie ide o pomerne náročnú procedúru tak z hľadiska potrebných znalostí ako aj času. Výsledky je možné považovať za relevantné a zodpovedajúce skutočnosti. Iná je situácia v prípade, že sa dátová rukavica použije iba v prostredí Catie t.j. neexistuje reálna situácia ale iba 3D model. Pomocou dátovej rukavice, ktorú má človek reálne nasadenú na ruke vykonáva pohyby v 3D prostredí Catie. Tento pohyb je pomerne obtiažny a môže

byť aj nepresný t.j. nemusí zodpovedať reálnej situácii. Na takého experimenty je potrebné mať dostatok skúseností. Otvorenou zostáva otázka nakoľko výsledok získaný v 3D prostredí zodpovedá realite. Z doterajších skúseností je možné konštatovať, že analýza pozícií z hľadiska ergonómie t.j. RULA analýza presná je. Reálnosť trajektórií získaným v 3D prostredí je predmetom výskumu. Pri aplikácia dátovej rukavice napríklad v montáži je okrem ergonómie potrebné skúmať aj dva ďalšie parametre a to čas a štruktúru vykonaných pohybov. Pre verifikáciu údajov získaných z aplikácie dátovej rukavice v oblasti montáže je možné použiť napríklad video analýzu. Existuje však ešte možnosť aplikovať ergonomické moduly bez akejkoľvek nadväznosti na dátovú rukavicu resp. iný technický prostriedok virtuálnej reality. V tomto prípade narážame na problém, ktorým je pohyb figuríny. Figuríny poskytované systémom Catia majú síce rozsah pohybov v jednotlivých kĺboch obmedzený, tak aby zodpovedal určitému segmentu ľudskej populácie a naviac je ho možné individuálne prispôsobovať, ale pokiaľ chceme simulovať pohyb človeka a jeho končatín, keďže nejde o reálne prostredie, je tvorba pohybov závislá na užívateľovi Catie, ktorý ho definuje. Vyvstávajú tu problémy súvisiace s rýchlosťou pohybu, akceleráciou resp. spomaľovaním pohybu, pohyb po určitej trajektórii a pod. Pokiaľ chceme dostať hodnoverné výsledky analýz zodpovedajúce skutočnosti, je potrebné mať reálne údaje. Volia sa tak, aby zodpovedali pohybu reálneho človeka, ale pokiaľ je navrhovaný produkt komplikovaný, vytvoriť trajektórie pohybu je zložité. V niektorých prípadoch je možné tieto parametre zanedbať a zamerať sa len na krajné pozície, kde je pohyb ukončený a analyzovaná končatina je v pokoji t.j. môžeme použiť analýzu založenú na statickej pozícii človeka (viď náš prípad). Ale existujú aj prípady, kde takéto zjednodušenie nepostačuje a je potrebné podchytiť aj tieto reálne údaje. V tomto prípade sú veľmi užitočnou pomôckou zariadenia, ktoré snímajú reálny pohyb človeka. Môže ísť o rôzne druhy skenerov, resp. dátových oblekov, alebo dátové rukavice ako v prípade analýzy ovládania volantu.

Záver

Výsledky aplikácie ergonomickej analýzy je možné považovať za relevantné a zodpovedajúce realite natoľko ako v Catii implementované nástroje zodpovedajú realite. Konštruktér prípadne projektant využívajúci Catiu obvykle nemá dostatok času a ani informácií na preverovanie správnosti výsledkov realizovaných analýz t.j. nemá možnosť posúdiť samotnú podstatu napríklad RULA analýzy. Optimálne riešenie akéhokoľvek návrhu má celý rad problémových okruhov (bezpečnosť, voľba materiálu, DFM a DFA analýza....) a ergonomická analýza je iba jeden z nich, avšak v prípade návrhu produktov „pre ľudí“ veľmi dôležitá. Z prevedených analýz a skúseností je možné konštatovať, že ide o silné a nápomocné nástroje. Samozrejme existuje niekoľko oblastí o ktorých je možné diskutovať. Napríklad je dôležité vedieť nakoľko je potrebné aby ten kto využíva ergonomické moduly bol detailne oboznámený s ergonómiou a s príslušnými štandardmi. Napríklad analýza zdvíhania bremien sa môže realizovať podľa troch rôznych štandardov. Vzniká otázka, ktorý štandard si pri analýze vybrať a prečo, avšak v každom ohľade je aplikácia týchto modulov prínosom ako pre finálneho užívateľa produktu tak aj pre ľudí, ktorí daný produkt vyrábajú.

Literatúra

[1] Andjelkovič, B.; Milič, D. Methodical design of industry control systems. In *International Conference of Computer Integrated Manufacturing, Zakopane, May 14 - 17. 1996 (Vol. II, s. 15 - 21)*.

[2] Bureš, M.; Görner, T.; Šimon, M.; Sekulová, K. Využití digitálních nástrojů ergonomie v praxi. *Journal of Safety Research and Applications*, 2001, č. 1. ISSN 1803-3687.

[3] Ergonomické analýzy CATIE [online] [cit. 2011-06-03]. Dostupný na WWW: < http://catiadoc.free.fr/online/haaug_C2/haaugbt0100.htm>.

[4] Fabian, M.; Boslai, R. Sedadlá včera, dnes a zajtra. *Ai Magazine : automotive industry magazine*, 2010, roč. 3, č. 3, s. 62-65. ISSN 1337-7612.

[5] Fabian, M.; Boslai, R. CA.. systémy a bezpečné sezení v automobilu. *IT CAD : dvouměsíčník o CAD, počítačové grafice a CA.. technologiích*

, 2011, vol. 21, no. 2, s. 28-32. ISSN 1802-0011.

[6] Fabian, M.; Fedorko, G. Current trends in process of design and production of automobiles. *Transport & Logistics*, 2005, no. 9, p. 142-149. ISSN 1451-107X.

[7] Fitzpatrickengineering. *Dead or Alive? [softvér]*. c1993-2008 [cit. 2011-06-03]. Dostupný na WWW: < http://www.fitzpatrickengineering.org/>.

[8] NIOSH. *Work practices guide for manual lifting*. Cincinnati, Ohio, U.S. : Dept. of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, 1981.

[9] NIOSH. *Applications manual for the revised NIOSH lifting equation*. Cincinnati, Ohio, U.S. : Dept. of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, 1994.

[10] *Workplace Safety & Health Topics* [online]. National Institute for Occupational Safety and Health [cit. 2011-06-03]. Dostupný z WWW: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/ergonomics/>.

[11] *RULA* [online]. Osmond Group Limited, c2011 [cit. 2011-06-03]. Dostupný z WWW: < http://www.ergonomics.co.uk/rula.html>.

[12] Richnavský, O. *Aplikácia prvkov virtuálnej reality pri analýze palubovej dosky automobilu*. Košice : SjF TU v Košiciach, 2010. Diplomová práce.

[13] SENDERSKÁ, K.; MAREŠ, A.; FABIAN, M. Praktická aplikace ergonomických modulů CATIE při analýze ručního montážního pracoviště. *IT CAD*, 2008, roč. 18, č. 2, s. 18-19. ISSN 1802-0011.

[14] Snook, S. H.; Ciriello, V. M. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*, 1991, 34-9. ISSN 0014-0139.

[15] *University of Nottingham* [online] [cit. 2011-06-03]. Dostupný z WWW: <http://www.nottingham.ac.uk/>.

[16] Václav, Š.; Benovič, M. Teória mechanizovanej montáže. In *Strojírenská technologie : sborník příspěvků IV. mezinárodní konference, 25. - 26. 1. 2011, Plzeň, ČR*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2011. S. 36. ISBN 978-80-7043-934-0.

[17] WHITNEY, D. *Mechanical assemblies : their design, manufacture, and role in product development*. New York : Oxford Univerzity Press, 2004. ISBN 0-19-515782-6.

Vzorová citace

MAREŠ, Albert; SENDERSKÁ, Katarína. Ergonomické moduly programu CATIA V5 a ich aplikácia. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2011, roč. 4, č. 2. Dostupný z WWW: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2011/ergonomie-catia.html>. ISSN 1803-3687.

Autor článku:
Ing. Albert Mareš
Ing. Katarína Senderská, Ph.D.