

SIMULATION ASSEMBLY IN TEACHING

Štefan VÁCLAV – Martin BENOVIČ

Abstract: This paper discuss about the simulation, her purpose, meaning, principles and uses in practice and teaching. The paper deals with next topics: general tasks of simulation, investigation of today's theory and practice condition, acquaint oneself with simulation's progressing, reasons for simulation's using, simulation employ to design, development, mounting and manufacturing systems for operating and uses of virtual reality in simulation. This contribution contains a focus of current simulation software used in assembly and manufacturing systems. In this focus are characterized main figures, areas of use, interface and description of general functions.

Key words: simulation, assembly, simulation software, teaching.

SIMULÁCIA MONTÁŽE VOVÝUČBE

Resumé: Tento príspevok pojednáva o simulácii, jej zmysle, význame, princípoch, využití v praxi a výučbe. V príspevku sú prebrané nasledovné témy: hlavné úlohy simulácie, prieskum súčasného stavu teórie a praxe simulácie, oboznámenie sa s rozvojom simulácie, dôvody pre používanie simulácie, využitie simulácie pri návrhu, vývoji, prevádzke montážnych i výrobných systémov a využití virtuálnej reality v simulácii.

V práci je uvedený prehľad simulačného software používaného v súčasnej dobe v montážnych a výrobných systémoch. V uvedenom prehľade sú charakterizované hlavné znaky, oblasti využitia, rozhrania a popis základných funkcií.

Kľúčová slova: simulácia, montáž, simulačný softvér, výučba.

1

Úvod

Súčasný trh núti podniky znižovať náklady a zrýchľovať nábeh výrobkov do výroby. Riešením je iba riadená paralelná spolupráca vývoja a technickej podpory výroby. Takú spoluprácu zabezpečujú systémy PLM (product lifecycle management), ktoré umožnia paralelné zdieľanie informácií, simuláciu a optimalizáciu výrobných zariadení a procesov pred ich fyzickým prevedením. Úspech podniku závisí na rade faktorov. V prvom rade je to efektívnosť výroby, tzn. ako podnik dokáže s nízkymi nákladmi vyrábať. Už dávno bolo odzvonené starým metódam vývoja, kedy sa tajomní páni v bielych plášťoch zaoberali roky vývojom niečoho, často nezávisle na trhu, vlastnej technológii a výrobe tzv. "strategy of hope". Dnes je úspešné zavedenie nového výrobku doslova životným záujmom celého podniku. Z pohľadu realizácie je to multidisciplinárna záležitosť, zovretá tvrdými kritériami trhu, peňazí a času. To znamená, že nový výrobok je treba zaviesť rýchle a s minimálnymi nákladmi, respektíve s nákladmi, ktoré sa v predpokladanej dobe vrátia. Toho sa dá dosiahnuť iba paralelným vývojom a simuláciou výroby výrobku vo virtuálnom prostredí ešte pred

výrobou fyzických prototypov a fyzickou prípravou výrobku. Ušetrí sa tým mnoho zmien, materiálu a času a ľudskej energie. Simulácia našla využitie aj v oblastiach, ako sú napríklad kozmické lety, vojenské a vojnové operácie, urbanistické systémy, počítačové systémy, logistické a výrobné systémy, podnikateľské hry, finančné modely, ekonometrické modely, ekológia a ochrana životného prostredia, vývoj spoločnosti, biovedy a pod.

Z úvodu je zrejmé potreba reagovať na dané potreby výučbou uvedených systémov.

Zvládnutie výučby je podmienkou budúcich absolventov na úspešné zaradenie sa do praxe [8]. Problémami výučby montáže na vysokej škole technického zamerania sa zaoberajú autori prác [5,6,7].

2 Význam a zmysel simulácie

Simulácia je experimentálna metóda v ktorej nahradíme reálny systém počítačovým modelom. Na takomto modeli je možné vykonať množstvo experimentov, vyhodnotiť ich popr. optimalizovať a výsledky aplikovať na reálny systém. Neexistuje iná "metóda" alebo "teória", ktorá by umožňovala experimentovať so zložitým

systémom ešte predtým ako bol uvedený do prevádzky. Neexistuje iný algoritmus, ktorý by umožňoval za niekoľko minút "prehrať" na počítači zložité procesy, ktoré reálne trvajú rádovo týždne alebo mesiace. Je to ideálny nástroj pre podporu rozhodovania na rozličných úrovniach v podniku.

Dôvodom pre používanie simulácie je, že analytické metódy (teória hromadnej obsluhy, obslužné siete, lineárne programovanie a i.) majú obmedzené použitie pri riešení praktických problémov.

Vznikajú nové požiadavky na pružnosť v celej podnikovej organizačnej štruktúre, nové decentralizované, modulárne organizačné jednotky a nové organizácie práce (tímová práca, simultánne inžinierstvo).

Jedným z ďalších dôvodov nasadenia simulácie je aj humanizácia pracovísk. Najmä vo veľkých výrobných a montážnych podnikoch sa často zabúda na tých ľudí ktorí sa na výrobe a montáži produktu priamo podieľajú, a ktorí môžu v najväčšej miere ovplyvniť kvalitu produktu a tým nepriamo aj jeho úspech na trhu. Často je prostredie na výrobných a montážnych pracoviskách nevyhovujúce mnohokrát za hranicou tolerancie zákona (práca nad hlavou, v stiesnených podmienkach, obrovskom časovom strese, v neprimeranom hluku a pri vysokých teplotách).

Simulácia v súčasnosti patrí medzi kľúčové techniky priemyslového inžinierstva.

Z rozvoja simulácie profitujú nielen veľké automobilky a iné priemyslové koncerny, ale aj ich subdodávatelia, ktorí sú stále viac zapojení do dodávateľských reťazcov a tokov výmeny informácií, ktoré sa týkajú i vývoja nových produktov. Využitie zdieľaných simulačných modelov u automobilov napríklad umožňuje dodávateľovi virtuálne zabudovať nový diel do vozu a simulovať jeho činnosť priamo v modeli automobilu. To napomáha včasnému odhaleniu závad, a tiež to skracuje dobu potrebnú na vývoj nových typov vozidiel. Vyspelé firmy dnes zavádzajú a používajú tento prístup, pretože je rýchlejší a lacnejší a stal sa významným konkurenčným faktorom. Napríklad v automobilovom priemysle je známy silný konkurenčný boj medzi výrobcami z Japonska, USA a Európy. Čas prípravy nového typu bol skrátený z 36 mesiacov na 24 a niektoré projekty bežia už v cykle 18 mesiacov.

Jeden z najviac sa rozvíjajúcich oborov modernej automatizácie je spracovanie obrazu. Naplno sa to prejavilo v automobilovom

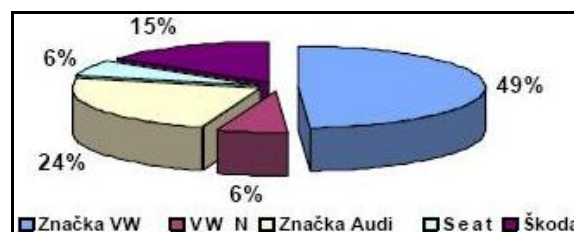
priemysle. Teraz je na rade obalový priemysel, logistika, ale tiež montáž a kontrola povrchov vyrobených dielov.

Jednou zo špičkových aplikácií automatizácie v strojárnej výrobe je výroba dielcov v automobilke BMW v Dingolfinu. Je tu uplatnené centrálné riadenie a vizualizácia v kombinácii s inteligentnými decentralizovaným i modulmi snímačov a akčných členov. Svoje miesto tu pritom vedľa digitálnych zberníc a riadiacich modulov našli i tradičné programovateľné automaty [1].

Mimoriadne pružné riešenie pre montážne práce predviedla firma MA z Freiburgu [2]. Jeho hybridná základná štruktúra sa skladá z modulov – manuálnych pracovísk, transportných liniek a automatických staníc. Moduly môžu byť jednoducho zostavené do akejkoľvek zákaznicky špecifickej montážnej linky. Podmienkou sú jasne a štandardne definované rozhrania medzi modulmi. Montáž a uvedenie do prevádzky sú potom veľmi jednoduché a rýchle.

Pružnosť automatizačných štruktúr je v prvej fáze riešenia často spojená s vysokými nákladmi. Opakované zmeny výrobného sortimentu a skracujúce sa inovačné cykly však spôsobujú to, že iná než pružná automatizácia nie je mysliteľná.

Na základe informácií o realizovaných projektoch a štúdiách na báze simulácie a virtuálnej reality v koncerne Volkswagen je možné badať rastúci počet aplikácií VR v rôznych oblastiach. Podľa [3] bolo v roku 2004 realizovaných 33 štúdií na báze VR, ktorých rozdelenie podľa jednotlivých značiek koncernu je na obr. 4.



Obr 1: Stav VR v koncerne Volkswagen

3 Simulácia v praxi

V tejto kapitole sú prehľadne uvedené simulačné projekty, ktoré boli riešené v priemysle doma i v zahraničí, riešené úlohy a dosiahnuté úspory. Vo svete:

GEILINGER: 1. Inštalácia dopravníkového systému. Efekt: Bol analyzovaný projektovaný systém v hodnote 2.6 milióna USD. Vybudoval sa systém v hodnote 1.8 USD, ktorého návratnosť

bola 6 rokov 2. Optimalizácia distribučného centra v celkovej hodnote > 60 mil.USD. Efekt: Niekoľko stotisíc USD, vyššia spoľahlivosť, zlepšená komunikácia, objektívne rozhodnutia.

LINDE: Projekt montáže s vozíkmi. Výsledok: 54 vozíkov namiesto plánovaných 80. Náklady: 20 tis. USD, Prínos: 100 tis. USD.

IBM: Optimalizácia kapacity výrobnéj linky, dopravného systému (AGV), zásob a rozpracovanej výroby Výsledok: 3 vozíky (využitie 97%) namiesto 4 vozíkov (využitie 73 %). Úspora 40 tis. USD. Prínosy: 310 tis. USD úspory na zásobách.

IPA: 1. Systém riadenia kvality – optimalizácia rozvrhovania. Náklady: 35 tis. USD. Úspory: 350 tis. USD 2. Nové riadiace stratégie pre indukčne vedené vozíky (AGVs). Optimalizácia: 23 namiesto 26 vozíkov. Náklady: 35 tis. USD, Úspory: 260 tis. USD.

Mercedes Benz: 1. Optimalizácia dopravy (AGV): 2 usporené vozíky. Náklady: 30 tis. USD, Prínosy: 300 tis. USD. 2. Montáž automobilov: Úspora 1 sekvenčný zásobník. Náklady: 50 tis. USD, Prínosy: 1.000 tis. USD.

Peguform: Just-in-time montáž nárazníkov. Úspory vozíkov a zásobníkov. Náklady: 60 tis. USD, Úspory: > 1.000 tis. USD.

Projekty simulácie realizované v praxi (Slovensko):

Frič Žilina: Výroba kancelárskych stoličiek – redukcia plôch o 322 m², redukcia dopravných vzdialeností z 83 na 59 m, redukcia zásob, zvýšenie výkonu bez dodatočných investícií.

SEZ Dolný Kubín: Výroba elektrických zásuviek – zníženie dopravnej intenzity z 506480 na 66060 (m x paleta / 3 mesiace), redukcia plôch z 267 m na 84 m. Zníženie počtu paliet vo výrobe zo 400 na 24, zníženie počtu montážnych pracovníkov z 50 na 24.

AVC Čadca: Výroba prevodoviek Peugeot, Citroën.

Prínosy vyplývajúce z použitia simulácii [9]:

VDI 3633 – nemecká norma pre simuláciu: 2-4 % - úspory z investovanej sumy. 0.5-1 % - náklady na simuláciu.

Fraunhoferov inštitút SRN: Pomer prínosy /náklady > 6:1–informácie od aktívnych používateľov simulácie.

Mercedes Benz: Úspory 30 miliónov dolárov a náklady 4 milióny dolárov v troch rokoch.

Prof. Dr. Ing. Feldmann: 15-20 % rast produktivity existujúcich systémov. 20 % redukcia investícií do nových systémov. 20-60 % redukcia priebežných časov a zásob.

4 Simulačný software

V súčasnosti existuje na trhu pomerne široká škála simulačných prostriedkov.

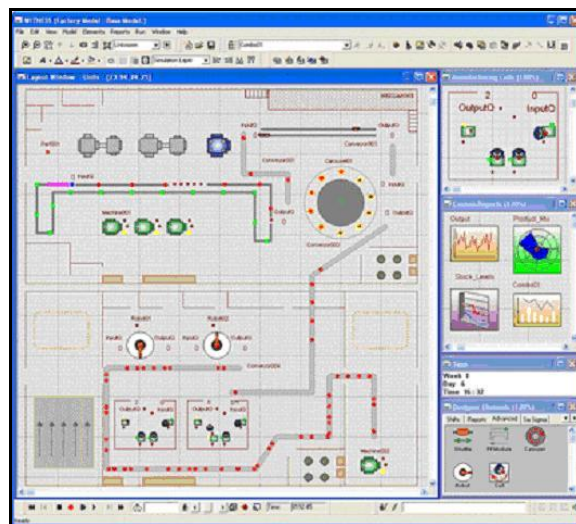
Ceny takýchto systémov sa pohybujú, v závislosti od počítačovej platformy, výkonnosti a rozsahu použitia, od 2000 do 200000 \$.

Ročné náklady na simuláciu s využitím systému výkonnejšej kategórie, odhaduje firma AESOP GmbH Stuttgart v podmienkach SRN na 200 tisíc DM, pričom cca 80% z tejto čiastky tvoria mzdové náklady.

I pri týchto vysokých čiastkach treba poznamenať, že v prevažnej väčšine simulačných projektov boli náklady na simuláciu vysoko prevyšované prínosmi.

Najrozšírenejšími aplikáciami na súčasnom trhu so simulačným software sú :

- WITNESS figure. 2 od firmy Lanner,
- EM - Plant od firmy Tecnomatix GmbH,
- Quest.



Obr 2: Pohľad na užívateľské rozhranie programu WITNESS

WITNESS je jednoducho ovládateľný a ľahko osvojiteľný simulačný program. WITNESS je špecializovaný na vyobrazenie diskrétného výrobného procesu, ponúka však tiež prvky k modelovaniu plynulých priebehov. K dispozícii má veľké množstvo prvkov na modelovanie.

WITNESS, je celosvetovo vedúci simulačný systém umožňujúci realite podobné vyobrazenie pracovného prostredia. Cez simulačný model sa dajú dobre pochopiť aj veľmi zložité procesy. Početné ďalekosiahle dôsledky strategických rozhodnutí a s tým spojené finančné riziká sú redukované na minimum. To znamená, že existuje istota najlepšieho riešenia pri každom rozhodnutí skôr, ako vzniknú finančné záväzky.

Software eM-Plant, obr. 3 je štandardný software pre objektovo orientované, grafické a integrované modelovanie, simuláciu a animáciu systémov a procesov.



Obr 3: Pohľad na užívateľské rozhranie programu eM – Plant (riešenie pre automobilku Audi)

EM - Plant ponúka pre parametre modelov rôzne štatistiky: intervalovú štatistiku, celkovú štatistiku a momentálnu štatistiku.

Software QUEST (Queueing Event Simulation Tool) obr. 4 je systém ktorý dokáže simulovať náhodným javom ovplyvnený tok materiálu. So systémom QUEST V3 sa dajú optimalizovať výrobné a montážne postupy.

Dostupné základné stavebné bloky ako zásobníky, pracovné bunky s viacerými procesmi, zdroje, závesné dráhy, dopravné systémy, umožňujú rýchle modelovanie výrobného procesu. Extenzívna knižnica obsahuje veľký počet modelov a prevádzkových prostriedkov, takže modelovanie 3D – členov zaberá podľa možnosti iba minimum času.



Obr 4: Pohľad na užívateľské rozhranie programu Quest

Kinematické pohyby robia simuláciu realistickou a obraznou a pre koncového užívateľa zrozumiteľnou. Výsledky môžu byť počas simulácie znázorňované graficky. Simulácia je v ktoromkoľvek okamihu interaktívne meniteľná.

5 Závěr

Nové zariadenia môžu byť za pomoci simulácie preverené z hľadiska priepustnosti, operačných časov, výkonových hraníc, poruchových vplyvov, požiadaviek na personál a iných plánovaných parametrov. K tomu môžu byť vyhodnocované rôzne alternatívy a tieto potom navzájom porovnávané. V prípade, že by sa tento výskum robil priamo na hotovom zariadení zabralo by to veľa času a zapríčinilo zvýšené náklady. Takto môžu byť vďaka simulačnému modelu zmeny ľahko prevedené ešte vo fáze plánovania zariadenia.

Simulačný model slúži programátorom riadiacich automatov ako predloha na návrh a vývoj riadiaceho automatu, a má za následok rýchlejšie a bezchybné uvedenie do prevádzky. Prepojenie centrálného riadiaceho počítača so simulačným modelom umožní jeho uvedenie do prevádzky ešte pred nasadením zariadenia.

Správanie sa počas nábehu môže byť prehrávané podľa rôznych scenárov. To je dôležité práve vtedy, keď je uvádzanie do prevádzky prevádzané počas bežiackej prevádzky a je požadovaný bezproblémový prechod na nové zariadenie.

Obslužný personál môže byť s pomocou modelu na nový systém zaškolený a cielene na konkrétne stavy zariadenia pripravený.

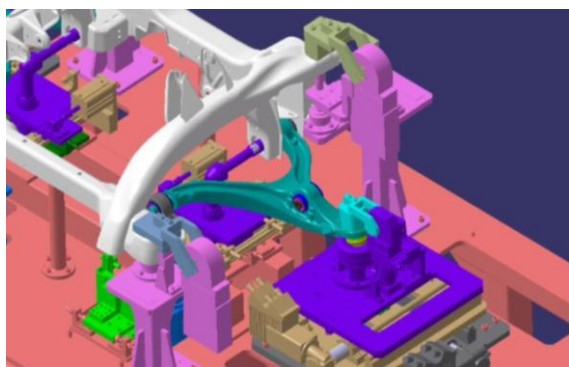
Predbežný test denného plánu nasadenia zariadenia upozorní na potreby pripravenosti personálu a prevádzkových prostriedkov, vzhľadom na vyťaženie zariadenia. Následne môže byť denný plán v prípade potreby ešte včas upravený a opätovne preskúšaný.

Po preskúšaní modelu sa vykonávajú experimenty, v ktorých sa hľadajú rôzne možnosti vylepšenia systému a overuje sa ich vplyv na modelovaný systém. Ako vidieť, simulácia nie je nástroj, ktorý umožní získať priamo optimálne riešenie. Je to skôr podporný nástroj, ktorý pomáha projektantovi testovať efekty svojich rozhodnutí na simulačnom modeli.

Pri výrobe karosérií Audi sa stáva „Virtuálna továreň“ teraz realitou: V mestách Ingolstadt a Neckarsulm je v automobilke Audi nasadený software od firmy Siemens a Technomatix.

Spomínaná zmena sa priamo týka strategických oddelení odboru činnosti výroby karosérií [4].

Jedným z príkladov využitia simulácie v praxi vo firme Siemens je uvedenie zariadenia na prednastavenie prednej nápravy vozidla JEEP Grand Cherokee, pre automobilku Magna Steyr v Grazi v Rakúsku do prevádzky. Ide o zariadenie, ktoré je zaradené do existujúcej montážnej linky a jeho úlohou je presné nastavenie závesného bodu zvislého čapu na priečnom ramene prednej nápravy (obr. 5), čo v konečnom dôsledku zabezpečuje správny záklon a odklon kola na hotovom vozidle. Toto nastavenie sa deje pomocou dvoch pohonov umiestnených voči sebe v osiach otočených o 90 stupňov, čím sa zabezpečí možnosť nastavenia bodu v rovine v určitom rozsahu.



Obr 5: Príklad využitia simulácie

Z uvedených príkladov jednoznačne vyplýva potreba aplikovať simuláciu výrobného procesu do výučby. V súčasnosti je na vysokých školách venovaný priestor na získanie znalostí z uvedených oblastí, avšak autori zdôrazňujú potrebu zväčšovania priestoru na prácu s jednotlivými softvérmi na získanie praktických znalostí, tvorivosti a samostatnosti študentov pri výučbe technických predmetov na vysokých a stredných školách technického zamerania.

Tento článok vznikol v rámci riešenia projektu: VEGA č. 1/0250/11.

6 Literatura

[1] Václav, Š. Valentovič, E.: OMA- Objective Method For Assembly. In: *RaDMI 2006 : Proceedings on CD-ROM / nadát. International Conference. Budva, Montenegro, 13-17. Sept. 2006.* - Trstenik : High Technical Mechanical

School of Trstenik, 2006. - ISBN 86-83803-21-X. - S. 1-6

[2] Dringend gefordert – Intelligente und angepasste Automatisierung. MAV, 2002, č. 4, s. 44-45.

[3] Reiber, T., Jäkel, M.: *Neue Konzepte für die Produktentwicklung.* In: CAD-CAM REPORT, Nr. 7, 2004. str. 34 – 39

[4] Schreiber, W.: *Virtuelle Technik im Automobilbau. Transfer von Hochtechnologie.* Volkswagen AG Konzernforschung – Werkstofftechnik und Verfahren, 2004.

[5] Mareš, A., K. Senderská (2005). Modernization of manual assembly workstation. In: *5th. International conference – Research and development in mechanical industry RADMI 2005.* Vrnjačka Banja (Serbia and Montenegro) - High Technical Mechanical School of Trstenik., str. 188 - 191. ISBN 86-83803-20-1

[6] Senderská, Katarína - Mareš, Albert - FABIAN, Michal: Praktická aplikace ergonomických modulů CATIE při analýze ručního montážního pracoviště. In: IT CAD : Dvuměsíčník o CAD, počítačové grafice a CA.. technologiích. vol. 18, no. 2 (2008), p. 18-19. ISSN 1802-0011.

[7] Mareš, Albert et al. : Analýza pohybu rukou při ruční montáži pomocí datové rukavice. In: IT CAD: Dvuměsíčník o CAD, počítačové grafice a CA.. technologiích. vol. 18, no. 3 (2008), p. 29-31. ISSN 1802-0011.

[8] Mareš, Albert - Senderská, Katarína: Capturing video of assembly operations for analysis purpose. In: *RaDMI 2006 : 6th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry" : Proceedings on CD-ROM : 13 - 17. September 2006, Budva, Montenegro.* Trstenik : High Technical Mechanical School of Trstenik, 2006. 4 p. ISBN 86-83803-21-X.

Ing. Štefan Václav, PhD.,

Ing. Martin Benovič,

Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Materiálovo technologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav výrobných technológií,

Katedra obrábania a montáže.

Paulínska 16, Trnava 917 24,

stefan.vaclav@stuba.sk,

martin.benovic@stuba.sk,

<http://www.mtf.stuba.sk/>