

## Simulácia, nástroj podpory plánovania a riadenia výroby

Liptáková Andrea · Informačné technológie, Strojárstvo

07.09.2012



Neistota na trhu predstavuje prekážku riadiacich pracovníkov ako sa s touto problematikou vyrovnáť. Nie je spôsobená len neschopnosťou nábehu a prispôbeniu sa požiadavkám trhu ale aj samotnými riadiacimi pracovníkmi a to nekvalitou prípravy pre riešenie bežne vznikajúcich udalostí na trhu. Reakcie na tieto zmeny vychádzajú z oneskorených odoziev trhu, v čom spočíva podstata problému a to potreba anticipovať udalosti.

Prognózovanie takýchto udalostí je možné dosiahnuť využitím softvérovej podpory a to simulačnými programami, ktoré umožňujú predpoklad procesu výroby v krátkom čase. Využitie tohto nástroja umožňuje vykonanie experimentov bez priameho zásahu do výroby a overenie správnosti technologických návrhov pred samotnou výrobou.

### 1. Atribúty simulácie

Simulácia je podľa Dahlova definovaná ako výskumná metóda, ktorej podstata spočíva v skúmaní dynamického systému, ktorý je nahradený simulátorom, s ktorým vykonávame pokusy s cieľom získať informáciu o pôvodnom skúmanom systéme. [6] Iná definícia simulácie: “numerická metóda zložitých pravdepodobnostných dynamických systémov pomocou experimentovania s počítačovým modelom.”[2]

Simulácia nie je nástroj pre získanie optimálneho riešenia, ale predstavuje podporný nástroj, ktorý umožňuje testovať efekty rôznych rozhodnutí na simulačnom modeli. Tento model umožňuje vykonať množstvo experimentov, analyzovať ich, vyhodnotiť, optimalizovať a výsledky je možné aplikovať na reálny systém. Zníženie rizík je možné overiť v predstihu a to “prehraním” správania sa systému po realizácii požadovaných zmien, overiť si budúce správanie sa systému, ktoré je v predstihu možné odstrániť, vyhnúť sa mu ako aj riešiť prípadné problémy. Animácia priebehu výroby umožňuje lepšie objasnenie a pochopenie procesov výroby, než by toto rozhodnutie malo byť overené a realizované priamo v praxi.

Záujem o simulačné nástroje majú hlavne podniky s výraznou účasťou zahraničného kapitálu a to hlavne pri novootváraní podnikania a v počiatkovej fáze spustenia novej výroby. Význam simulácie spočíva v:

- Reorganizácii firmy za účelom dosiahnutia efektívnejšej organizačnej štruktúry.
- Reinžiniering technologických a všetkých podnikateľských procesov.
- Reštrukturalizácia výrobného programu.

- Potreba výrazne zlepšiť výrobu a podnikateľské procesy. [16]

Aj keď investície vynaložené do simulačného programu predstavujú značne vyššie počiatkové náklady, tie sa odzrkadlia v správnosti eliminácie možných porúch a chýb výrobkov, v overení správnosti strategického riadenia a úspor pre výrobu. Počítačová simulácia umožňuje vypracovať dôsledky interakcií počtu premenných. V simulácii sa stretávame s pojmami ako:

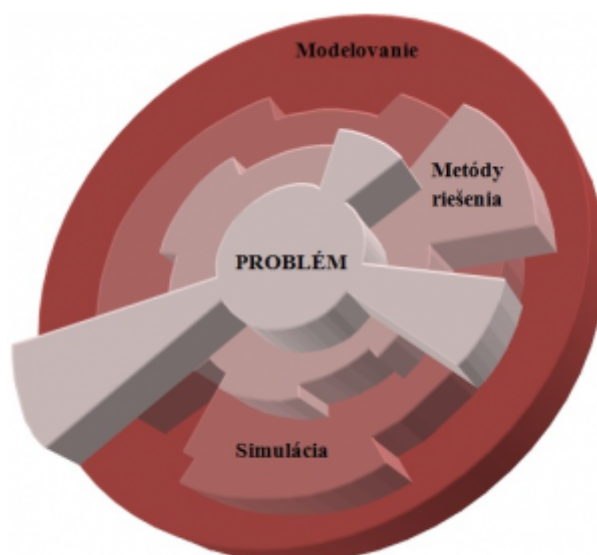
- Systém je súbor projektov, medzi ktorými existujú určité vzťahy a ktorý je určitým spôsobom organizovaný. Túto skupinu prvkov nazývame pole systému a údaje, ktoré popisujú jeho organizáciu nazývame charakteristika systému. [7] Systémom rozumieme aj časť reálneho systému, ktorý je predmetom nášho skúmania.
- Prvok systému je časť systému, ktorá na danej rozlišovacej úrovni tvorí nedeliteľný celok. Ide o dynamický objekt, ktorý sa pohybuje v priebehu času systémom.
- Okolie systému je súbor prvkov, ktoré do systému nepatria, ale na systém pôsobia. Správanie sa systému je určené vzťahom medzi vstupmi a výstupmi systému. Vstupy predstavujú pôsobenie okolia na systém a výstupy pôsobenie systému na okolie.
- Simulačný model je virtuálna podoba skutočného alebo budúceho výrobného systému. Systém napodobňuje aktuálnu predstavu o simulácii systému a jeho pohybe a je obmedzený na umelom objekte, ktorý je vytvorený alebo prispôbený k tomuto účelu. [7] Ide o zjednodušené zobrazenie študovaného systému pomocou verbálnych pravidiel, matematických rovníc, obrázkov či grafov.
- Modelovanie je účelné zobrazenie predmetu modelovania pomocou iného objektu, ktorý mu je podobný v chovaní a zložitosti. [10]
- Stavová premenná popisuje stav systému.
- Stav systému je vyjadrený množinou veličín, ktorá udáva minimálne množstvo informácií o minulosti systému.
- Udalosť je chápaná ako zmena stavu systému.
- Atribúty sú vlastnosti, ktoré môžu byť priradené entitám.
- Aktivita je ohraničený časový stav entity medzi dvoma pre entitu dôležitými udalosťami.[2]

Predpokladom realizácie simulácie je vytvorenie modelu v simulačnom programe. Existuje rad programov ako je napríklad Cosirob, WITNESS, Arena, INTALA, Delmia, Cosimir, Factor AIM a mnoho iných. Realizácia simulácie predstavuje potom experiment s modelom. Simulácia umožňuje modelovať špecifické typy modelov s náhodne premennými, ktorých výsledok realizácie je špecifický typ pravdepodobnostného rozdelenia. Simulácia deterministických modelov sa realizuje individuálne pri zistení, že výsledok experimentu daného modelu je príliš zložitý. [13]

*Tab. 1 Vlastnosti simulácie [ 11, obsah vložil, upravil, doplnil, spracoval autor]*

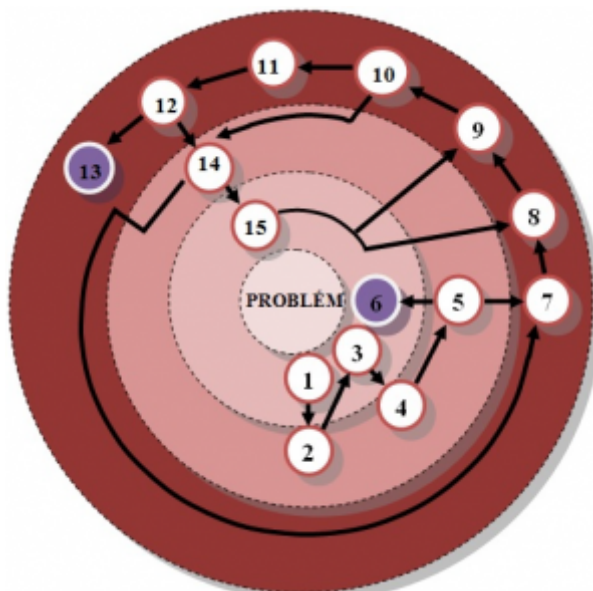
<b>Silné stránky:</b>	<b>Slabé stránky:</b>
-----------------------	-----------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rýchle overenie simulácie bez potreby reálneho času.</li> <li>• Zistenie obmedzení.</li> <li>• Dostatok reportov pre overenie cieľa simulácie.</li> <li>• Jednoduchosť simulovania, bez potreby programovania.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potreba poznať skúmaný objekt a vzťahy medzi entitami.</li> <li>• Zjednodušenosť modelu.</li> <li>• Nepredvídanie chovania sa pracovníka.</li> <li>• Vychádza z historických údajov, extrémne šoky?</li> <li>• Vyššie počiatkové náklady.</li> <li>• Metodologická náročnosť.</li> </ul>
<b>Simulácia umožňuje:</b>	<b>Simulácia neumožňuje:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riešenie analyticky neriešiteľných úloh.</li> <li>• Skúmať dynamiku systému.</li> <li>• Časové a priestorové porovnanie</li> <li>• Odhalenie nových skutočností</li> <li>• Podporu rozhodovania na rôznych stupňoch rozhodovania</li> <li>• Vylepšenie systému</li> <li>• Úsporu nákladov v rôznych oblastiach podniku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahradenie človeka v rozhodovacom procese</li> <li>• Kompletné riadenie výroby</li> <li>• Správnosť údajov pri nesprávnych parametroch</li> <li>• Automatickú optimalizáciu systému</li> <li>• Výsledok pri nezadeinovaní cieľa</li> </ul>



Obr. 1 Roviny simulácie [4, vložil, upravil, spracoval autor]

Simulovanie projektu je rozčlenené do štyroch rovín simulácie. Prvá najzákladnejšia predstavuje rovinu Problému. Rovina je jadrom pre riešenie simulácie a to stanovenie problému. Riešenie problému je ovplyvňované správnosťou metódy riešenia, výberu metód a postupov. Rovina Simulácia rieši problém na základe experimentovania s modelom. Posledná rovina Modelovanie sa podieľa na riešení problému simuláciou definovaním projektu, zadania, experimentom, voľbou iného modelu alebo voľbou inej metódy. Všetky roviny sa vzájomne ovplyvňujú. K týmto rovinám je po úvahe možné pridať aj iné roviny v úvahe pripadá rovina rozhodovanie, ktorá sa podieľa na ovplyvňovaní rovín.



Obr. 2 Etapy simulačného projektu: [4, vložil, upravil, spracoval autor]

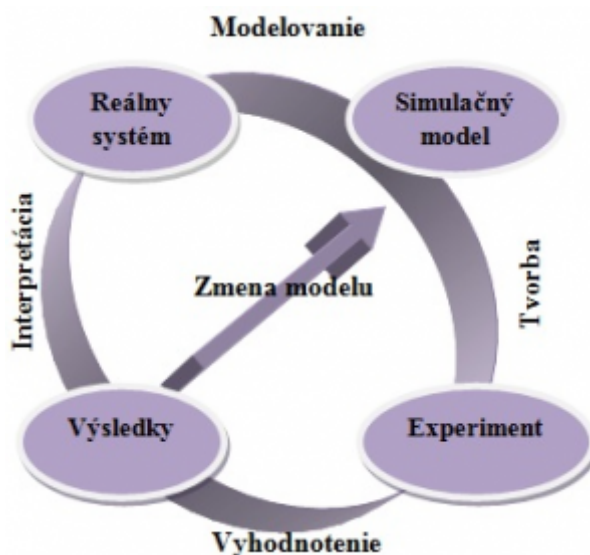
1-volba metódy riešenia, 2-vhodné riešiť simuláciou, 3-iné metódy, 4-výsledky riešení, 5-preverenie výsledkov simulácií, 6-ukončenie projektu, 7-definovanie projektu, 8-tvorba modelu, 9-experimentovanie, 10-postačujúce výsledky, 11-dokončenie projektu, 12-schválený projekt, 13-implementácia, 14-zmeniť zadanie, 15-zmeniť model

Obr.2 zobrazuje Etapy simulačného projektu. Výberom simulačného programu v počítačovej fáze nastáva nadefinovanie simulačného projektu a to stanovenie cieľov, rozsahu projektu, pracovníkov, stratégie atď. Stratégia je neoddeliteľnou súčasťou projektu, ktorou je možné docieľiť skrátenie etáp tvorby modelu, dobu projektu. Nasleduje etapa získavania vstupných údajov a vlastnej tvorby modelu. Po zadeinovaní potrebných dát a ich verifikácii do modelu, môžeme prejsť k experimentovaniu, ktoré na základe zmeny hodnôt modelu sa docieľi požadovaný cieľ projektu. Výstupom simulačného projektu je dokumentácia výsledkov a aplikovanie optimálnych variant riešení. [12]

## 2. Model a modelovanie výroby

Prvá etapa pre modelovanie výroby si vyžaduje dostatočné oboznámenie sa s výrobou a jej prvkami a radom vzťahov. Je potrebné stanoviť cieľ, ku ktorým má simulácia dospieť. Ten dosiahneme položením si správnych otázok a to. Čo sa stane keď....? Kde sú úzke miesta? Prečo sú vyššie náklady? Splním zákazku v termíne? Prečo sú dlhé priebežné časy a čo je ich príčinou?

V druhej etape vytvoríme simulačný model a na tomto modeli vykonáme rad experimentov, na základe ktorých sa dosiahnu výsledky, ktoré sa použijú pre zlepšenie reálneho alebo budúceho systému. Poznanie skúmaného systému, predovšetkým vzťahov medzi entitami a systémami je základom pre korektné realizovanú simuláciu. [13] Simulácia nikdy neprináša hneď konečné optimálne riešenie problému, nakoľko ide o metódu, pri ktorej sa experimentuje s modelom výrobného systému a na základe rôznych experimentov vytvárania modelu dospejeme k lepšiemu riešeniu. Ďalšie etapy predstavujú nastavenie dynamiky modelovaného systému pomocou využitia matematicko – štatistického aparátu, ktorý je hlavným činiteľom pre chod modelu.



Obr. 3 Cyklický priebeh tvorby simulačného modelu [3, upravitel autor]

### 3. Simulácia v plánovaní a riadení výroby

Využitie simulácie je možné uplatniť pri rôznych overeniach a analýzach existujúcich systémov, vyťaženiach strojov a zariadení, dispozície personálu, kapacitných požiadavkách pri odhaľovaní úzkych miest, projektovaní výrobných systémov, analýzach existujúcich systémov ako aj overení konceptov riadenia výroby (KAIZEN, KANBAN, Teória úzkych miest, JIT, Systém ťahu a tlaku vo výrobe)

Plánovanie a riadenie výroby pri realizácii objednávky a materiálového toku poskytuje rad zmien, ktoré majú vplyv na konkurencieschopnosť, zníženie nákladov a zvýšenie ziskovosti. Projektovanie výrobných systémov ovplyvňuje rad problémov a rizík ovplyvňujúcich výber optimálneho riešenia. Optimalizácia systému vyžaduje konštantné atribúty požiadaviek na výrobu, ktoré v dobe neurčitosti budúcich požiadaviek na výrobu, časovom tlaku a nedostatku finančného kapitálu pre projekčné nástroje nevedú k celkovej optimalizácii systému. Problémy vznikajúce v priebehu prevádzky je potrebné vyriešiť dodatočnými úpravami systému, ktoré majú za následok nárast nákladov. Predísť týmto problémom je možné využitím simulácie, ktorá umožní hlbšie preskúmanie požadovaného projektu a výraznému zníženiu tohto rizika. [9]

### 4. Atribúty simulačných programov

#### 4.1 Typológia simulačných programov

Rôznorodosť simulačných programov je segmentovaná podľa ich určenia. Simulačné programy pre robotizované pracoviská sú Cosirob, Cosimir Industrial, Cosimir Professional, Cosimir Robotics, Delmia V5 Robotics, Easy Rob, eM-Workplace, Fanuc SimPRO, Kuka Sim, Robot Studio, Robsim, Workspace. V prípade simulácie materiálových tokov sú to programy Arena, Cosimir Factory, Cosimir Professional, Delmia Quest, eM-Plant, Factor AIM, SiMPLE ++, Tecnomatix, WITNESS a mnoho ďalších. Programovanie PLC programov Cosimir PLC, virtuálna realita Cosimir VR. Správny výber simulačného programu predkladá efektívnosť simulácie. Nesprávna voľba simulačného programu ovplyvňuje celý rad simulačného projektu. [12]

Iné druhy programov pre projektovanie výrobných systémov: Archibus/FM, AUTO FM,

AutoMod, CRIMFLO, Factory Modeler, GPSS/H, INTALA, LayOPT, MAST/SPAR, MicroSaint, MOSYS, MPX, PLATO-SIM, ProModel, PROVISA, SIMAN V/CINEMA V, SPIRAL, STELLA II, Taylor II, atď.

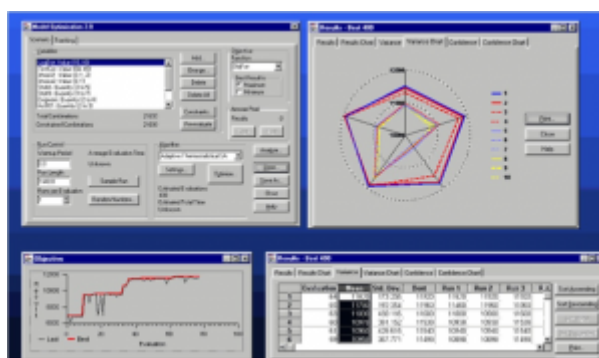
## 4.2 Charakteristika vybraných simulačných nástrojov

### 4.2.1 Simulačný program WITNESS

Witness je najúspešnejším simulačným programom pre simuláciu výrobných, obslužných a logistických procesov ponúkaný britskou firmou Lanner Group Ltd. Program je vhodný pre simulovanie diskretných systémov. Program umožňuje nielen modelovanie procesov a systémov má schopnosť ich optimalizovať, 3D vizualizovať v reálnej virtualite, spracovať vstupné informácie atď. [18]

Iné spôsoby využitia programu Witness sú: optimálne rozmiestnenie výrobných a logistických celkov, analýza materiálového toku, kontrola metód riadenia výroby, analýza kritických miest, predpoklad dôsledkov operatívnych zásahov. [1] Nástroje programu Witness pre projektové riadenie:

- Witness - základný program pre interaktívnu simuláciu systémov, prostredia pre vytváranie modelov a experimentovanie s nimi. Umožňuje rýchle a efektívne modelovanie zložitých systémov v reálnom čase.
- Optimizer - modul na báze heuristických algoritmov umožňujúci spracovanie a porovnanie simulovaných systémov. Práca je uskutočňovaná profilovaním rizík metódou Monte Carlo a to nastavením parametrov systému s uvažovaním variability vychádzajúcej zo stochastickej povahy plánovaných činností, alebo definovaním optimalizácie. Ukážka prostredia Witness Optimizer je zobrazená na Obr. 4.
- Miner - program, aplikácia ktorá dovoľuje získanie údajov z rozsiahlych súborov (Data Mining). Umožňuje sledovanie neznámych väzieb medzi prvkami k nájdeniu logických pravidiel vo veľkom objeme dát. Informácie z použitých metód (Monte Carlo, ) sú analyzované pre efektívnejšie pochopenie procesov v rámci projektu. [14]



Obr. 4 Prostredie Witness Optimizer [8]

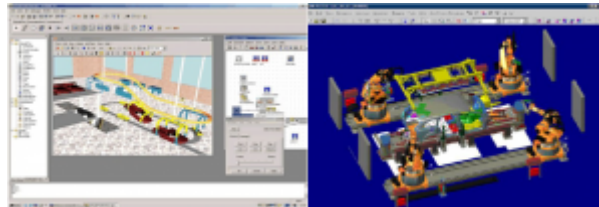
Witness je možné použiť k analýze rôznych procesov, kde je potreba merať dopad navrhovaných zmien a kvantifikovať alternatívy riešenia. Na Obr.5 je ilustrácia pracovnej plochy programu Witness znázorňujúca stav súčiastok v strojoch.



Obr. 5 Pracovná plocha programu WITNESS

#### 4.2.2 Simulačný program eM-Plan

Je štandardný software pre objektovo orientovanú diskretnú počítačovú simuláciu výrobných, logistických a obslužných procesov. EM - Plant ponúka pre parametre modelov rôzne štatistiky: intervalovú štatistiku, celkovú štatistiku a momentálnu štatistiku. [15]



Obr. 6 eM-PLANT z ľava pracovná plocha programu eM-Plant, užívateľské rozhranie programu (riešenie pre automobilku Audi)[12]

Výhoda eM-Plantu spočíva v rýchlej stavbe modelu, "on-line" zmenách, prístupe na Internet, prístupe k balíčku Microsoft Office a iným produktom. [5]

#### 4.2.3 Simulačný program ARENA

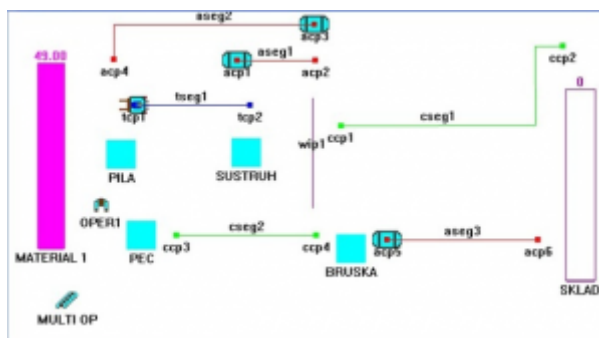
ARENA je najpoužívanejší integrovaný grafický nástroj pre simuláciu diskretných systémov, ktorý modeluje, navrhuje, vizualizuje a vykonáva štatistické analýzy. Simulačný program Arena Simulation umožňuje:

- riadiť výrobu ( hodnotiť priebeh výroby, plánovať kapacity, prevádzať JIT, ERP, Six Sigma, optimalizovať zásoby, ....)
- balenie ( usporiadanie dopravníkov, efektívnosť baliacich zariadení, strojov, paletizačných zariadení, ...)
- riadiť logistický reťazec - analýza variantov dopravy, expedícia, kontrola zásob [17]

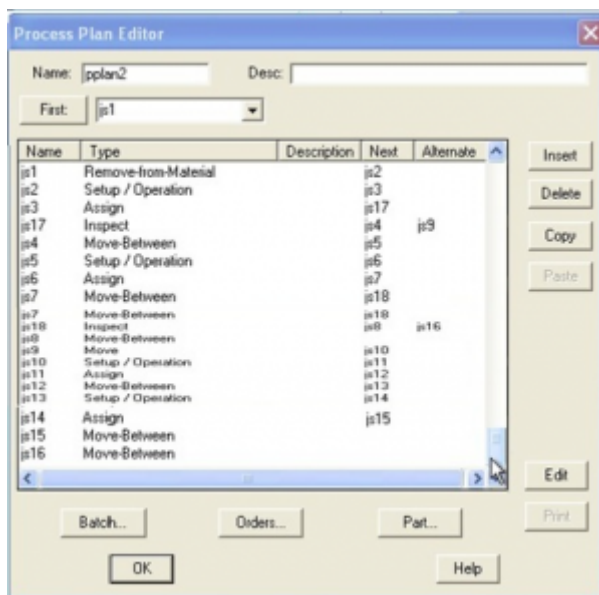


Obr. 7 Užívateľské rozhranie programu ARENA [15]

Factor/AIM je produkt pre plánovanie a analýzu výrobných a logistických systémov od spoločnosti Pritsker Corporation, ktorá sídli v Indianapolis, USA. Program umožňuje , plánovanie, analýzu úzkych miest, manipulácie s materiálom, plánovanie kapacít, rôzne štúdie nákladov, priepustnosti, efektívnosti využitia, atď. Príklad simulačného modelu:

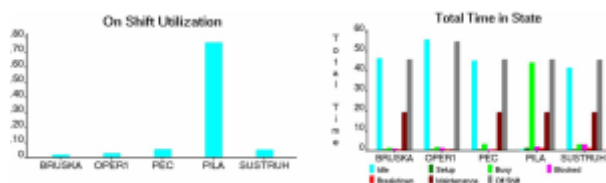


Obr. 8 Dispozičné riešenie pracoviska programom Factor/AIM

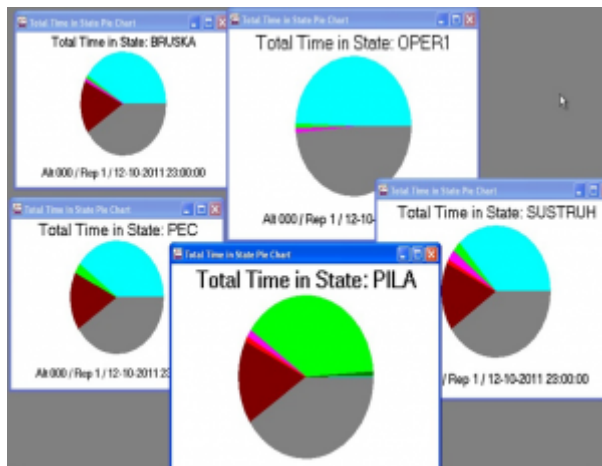


Obr. 9 Procesný plán





Obr. 10 Grafické výstupy programu Factor/AIM, zľava využitie strojov počas zmeny, celkové vyťaženie strojov a pracovníkov po ukončení procesu



Obr. 11 Grafické výstupy programu Factor/AIM pre jednotlivé vyťaženia strojov

Tvorba textových výstupov Obr. 12, možnosti tvorby sú podobné ako pri grafoch. Do textového výstupu je možné zahrnúť aj vstupné údaje, ako napríklad procesný plán.

Obr. 12 Textový report

#### 4.2.5 Simulačný program QUEST

Simulačný program QUEST je kompletný 3D digitálny produkt pre simuláciu, analýzu a rentabilitu procesov. 3D model umožňuje určenie optimálneho rozmiestnenia zariadení, tok existujúcich nákladov, určenie priebežnej doby výroby. QUEST dokáže simulovať náhodným javom ovplyvnený tok materiálu. Základné stavebné bloky ako zásobníky, zdroje, pracovné bunky s viacerými procesmi, dopravné systémy, umožňujú rýchle modelovanie výrobného procesu. [15]



Obr. 13 Užívateľské rozhranie programu QUEST [15]

## 5. Hodnotenie vybraných simulačných nástrojov

Vybrané simulačné programy umožňujú simuláciu logistických procesov, predvýrobnú projekčnú prípravu, manipuláciu, skladovanie, distribúciu, import CAD formátov, programovanie v C++, simuláciu v reálnom čase, odstránenie chýb počas chodu, rôzne štatistické analýzy od grafov, výpočtu časov, tabuliek, nákladov až po prehranie simulácie. Jednotlivé programy sa od seba líšia náročnosťou práce s programom a užívateľským prostredím v 2D a 3D rozhraní. Vyššiu pozornosť je potrebné venovať simulačným programom eM-Plan, ARENA, QUEST, ktorým nebola venovaná dostatočná pozornosť. Rozdiel medzi programami Witness a Factor/AIM spočíva nielen v dostupnej cene produktu, v grafickom rozhraní ale aj jednoduchosti práce s modelom. Factor/AIM umožňuje integrované modelovanie nákladov.

Výhoda tohto programu spočíva v samotnej tvorbe modelu, pri ktorej nás program sprevádza určitými "krokmi" - oknami, ktoré môžu byť niekedy na škodu pre laika, ktorý ich nebude vedieť zavrieť. Rôzne možnosti nastavení modelu v oknách majú lepšiu výhodu ako keby bolo potrebné zadávať príkazové veličiny. Zadávanie premenných v prípade modelu s viacerými súčiastkami s rozdielnymi časmi obrábania vyzerá jednoduchšie v programe AIM, ale proces je sprevádzaný otváraním viacerých okien a to alokačnej tabuľky, okno pre definíciu tabuľky (zadáваме hodnoty), definícia súčiastok, definovanie objednávky (pre každú súčiastku), nakoniec nastavíme parametre simulácie a parametre animácie a animáciu je možné spustiť. Simulácia v programe Witness ponúka efektívnejšie možnosti spracovania, nie len po grafickej stránke ale aj v možnostiach práce s modelom.

## Záver

Efektívne využívanie simulačných programov pre overovanie existujúcich alebo požadovaných zmien vyžaduje programové a počítačové vybavenie, čas a odborníkov, ktorí dokážu správne spracovať nadobudnuté informácie pre tvorbu modelu. Prínosy nadobudnuté využitím simulácie pre riadenie a plánovanie výroby aj keď mnohonásobne presiahnu náklady na projekt, dokážu pozitívne ovplyvniť výstupy výrobného systému. Primárny prínos simulácie spočíva vo flexibilitate. Akúkoľvek zmenu je možné nasimulovať v rôznych typoch podnikových procesov.

## Zoznam použitej literatúry

1. BIGOŠ, P., Implementácia a popis programu Witness pri návrhu, overovaní a montáži vybraného komponentu v automobilovej výrobe, X. Celoštátna konferencia doktorandov strojnícckých fakúlt technických univerzít a vysokých škôl s medzinárodnou účasťou, ÚVZ Herľany, SR, Novus Scientia 2007, ISBN 978-80-80-3-922-5.
2. DLOUHÝ, M., a spol. Simulace pro ekonomy, 2. vyd. Praha: Oeconomica, 2005, str. 10.
3. DORDA, M., Úvod do simulace a modelování. Ostrava: VSB-TU, 2010, cit. 03.09.2012, Dostupné na internete:  
[http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace\\_2.pdf](http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_2.pdf)
4. GREGOR, M., Košturiak, J., Halušková, M., Priemyselné inžinierstvo. 1. vyd. Žilina: BLAHA, 1997.166s. ISBN 80-966996-8-7.
5. HAVRILA, M., Tendencie v rozvoji počítačovej simulácie výrobných systémov, Manufacturing and Industrial Engineering, č.3, ročník VII, 2008, str. 21-23.
6. JERZ, V., Tolnay, M., Simulácia diskretných systémov. Bratislava: Vydavateľstvo STU 2006, s. 162, ISBN 80-227-2384-3.
7. KOČIŠKO, M., Simulácia výrobných systémov, Skriptá TUKE, FVTvPO, ISBN 80-S807-417-8.
8. KRÁLOVÁ, Z., Modelovanie výrobných systémov, 2010, prevzaté: 28.08.2012. Dostupné na internete:  
[www.kasr.elf.stuba.sk/predmety/masp/10%20Simulacia\\_Wit.ppt](http://www.kasr.elf.stuba.sk/predmety/masp/10%20Simulacia_Wit.ppt)
9. KRAUSZOVÁ, A., Význam simulácie pri riadení a optimalizovaní výroby, The 14th International Scientific Conference, Trends and Innovative Approaches in Business Processes 2011.
10. KUNZOVÁ, B., Roháč, J., Volf, L., Využití simulačních metod ve výrobních procesech a systémech, Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v praxi, Sborník z konference konané 29. března 2011, Vydal ČSOP, Praha 2011, 1. vyd., ISBN 978-8-260-0023-5.str. 370.
11. LEŠKOVÁ, A., Nástroje počítačovej podpory projektovania pracovísk na báze AL - stavebnicových prvkov, Transfer inovácií 6/2003,
12. MIHALÍKOVÁ, J., Problém výberu simulačného nástroja pre simulačný projekt, Novus Scientia 2007.
13. PAHOLOK, I., Simulácia ako vedecká metóda, E-Logos, Electronic Journal For Philosophy, 2008, ISSN 1211-0442.
14. RYBANSKÝ, R., Holková, A., Simulácia procesov počas realizácie projektov., 2003, prevzaté 03.09.2012., Dostupné na internete:  
[www.mtf.stuba.sk/docs/internetovy\\_casopis/2003/3/rybansky2.pdf](http://www.mtf.stuba.sk/docs/internetovy_casopis/2003/3/rybansky2.pdf)
15. VÁCLAV, Š., Benovič, M., Simulation assembly in teaching, Journal of Technology and Information Education, 1/2011, vol.3, ISSN 1803-537X.
16. ZGODAVOVÁ, K., Simulačné projektovanie systémov riadenia kvality, 1. vyd. 1998, Q-PROJEKT PLUS, s. r. o., ISBN 80-967144-4-9, s. 2
17. ACTSOLUTIONS, prevzaté 27.08.2012, Dostupné na internete:  
[http://www.actsolutions.eu/Products/Arena\\_Simulation.html](http://www.actsolutions.eu/Products/Arena_Simulation.html)
18. IPASLOVAKIA, prevzaté 27.08.2012., Dostupné:  
[http://www.ipaslovakia.sk/slovník\\_view.aspx?id\\_s=71](http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=71)

