

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta strojního inženýrství
Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Ing. Simeon Simeonov, CSc.

SIMULAČNÍ TECHNOLOGIE
SIMULATION TECHNOLOGY

ZKRÁCENÁ VERZE
HABILITAČNÍ PRÁCE



Brno 2002

KLÍČOVÁ SLOVA

Simulace diskretních systémů, plánování a rozvrhování výroby, optimalizace

KEY WORDS

Simulation of Discrete Systems, Planning and Scheduling, Optimization

MÍSTO ULOŽENÍ PRÁCE

Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně

© Simeon Simeonov, 2002

ISBN 80-214-2132-0

ISSN 1213-418X

OBSAH

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Úvod do problematiky | 6 |
| 2 | Optimalizace výrobních a distribučních systémů za využití simulačních metod..... | 8 |
| 3 | Rozhodovací proces a analýza rizika..... | 10 |
| 4 | Řízení skladových zásob..... | 11 |
| 5 | Logistická systémová analýza | 12 |
| 6 | Spolehlivost, řízení kvality a obnova zařízení..... | 13 |
| | 6.1 Modelování plánu řízení kvality | 13 |
| | 6.2 Stochastická analýza obnovy zařízení..... | 14 |
| 7 | Závěr | 15 |
| | 7.1 Východiska pro další rozvoj vědního oboru | 15 |
| | Literatura..... | 17 |
| | Abstract..... | 20 |

PŘEDSTAVENÍ AUTORA



Ing. Simeon Simeonov, CSc (1952) přednáší a pracuje jako odborný asistent na Ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky, Fakulty strojního inženýrství, Vysokého učení technického v Brně.

Po ukončení studia na VUT-FS v r. 1977 s vyznamenáním, pracoval na Vysokém učení technickém v Brně na Sdruženém vědeckém a výzkumném pracovišti. Byl autorem nebo spoluautorem mnoha výzkumných zpráv v oblasti řízení strojírenské výroby.

V letech 1977 až 1986 vyučoval "Základy technické kybernetiky" na katedře přístrojů a automatizace. Od roku 1986 učil předměty "Projektování výrobních systémů", "Identifikace systémů" a "Diskrétní simulace výrobních systémů" na katedře výrobních strojů a průmyslových robotů strojní fakulty VUT v Brně. Od roku 1986 pracuje jako odborný asistent na ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky na strojní fakultě VUT v Brně.

V letech 1987 až 1990 se podílel na výzkumném programu Comecon Complex Program 2.1 - Komplexní automatizace a robotizace, část III-8-2102 "Simulace a modelování výrobních systémů a robotických technologických komplexů".

V roce 1989 absolvoval přednáškový pobyt na Univerzitě v Havaně (ISP) na téma "Languajes discretos y metodos de simulacion en el diseno de los sistemas robotizados"

Disertační práci s tematikou modelování a simulace pružných výrobních systémů a robotických technologických systémů obhájil v roce 1993 na VUT v Brně.

Od r. 1993 do r.1995 byl koordinátorem TEMPUS projektu JEP 3483 pro Českou republiku. - Projekt přinesl více než 2 miliony korun pro VUT v Brně a řadu výměnných pobytů pedagogických pracovníků VUT v zahraničí. V rámci tohoto projektu byl zřízen Institute for Computer Integrated and Simulation (ICISIM) při VUT - FS. Připravil základní materiál pro nový studijní obor CIM, který zajišťuje ICISIM.

Od r. 1994 do r. 1996 byl odpovědným řešitelem výzkumného projektu (Grantová agentura České republiky - 101/94/0547) "Simulační systém pro plánování a řízení v malém a středně velkém podniku na bázi simulačního modelu". Projekt byl úspěšně dokončen v prosinci 1996.

Od r. 1995 byl koordinátorem projektu TEMPUS II pro VUT-FS. Projekt byl zaměřen na výměnu studentů a doktorandů. Připravil učební osnovy pro belgické studenty, pro něž zajišťoval předměty CAD a Simulace systémů v angličtině.

V roce 1995 absolvoval kurs "Simulace diskrétních systémů" v USA (Purdue University, West Lafeyete, IN).

Od r. 1996 do současnosti vyučuje následující předměty:

- Pro Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky VUT FSI: CAD, Simulace výrobních systémů,

- Pro Ústav konstrování: Projektování CIM
- Pro ČVUT: Simulace výrobních systémů
- Pro ICV (Institut certifikovaného vzdělávání): certifikovaný kurs „Výrobní logistika“

V roce 1997 a 1998 se účastnil řešení zahraničního pedagogického grantu TEMPUS M_JEP - 09210-95 „Creation of network for student mobility in engineering“

Od r. 1998 do 2000 byl odpovědným řešitelem výzkumného projektu GAČR - č.101/98/0129 „SIMPLAN Optimal - Optimalizace výrobních a distribučních systémů za využití simulačních metod“

V r. 1999 se účastnil Phare Project DEMPCAE (Distance Education Modular Programme for Computer Aided Engineering), part Production Simulation, TUTORIAL at (<http://dempcae.fme.vutbr.cz/Productsimulation/>) or 85 pages paper's tutorial.

V r. 2000 absolvoval studijní pobyt na Politecnico di Torino v rámci projektu Phare Project DEMPCAE (Distance Education Modular Programme for Computer Aided Engineering).

V r. 2001 se spolupodílel na řešení projektu Leonardo, ČVUT, Praha, a to přednáškou v angličtině na semináři s mezinárodní účastí „Účinný management ve výrobních a obslužných oblastech malých a středních závodů“

Od r. 2000 doposud se podílí na řešení projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy LN300128 „Automatická manipulace v technologických pracovištích a ve výrobních systémech (robotizace a výrobní logistika“ v rámci Výzkumného centra pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, úkol č.2 „Vývoj SW modulů pro řízení činnosti v modulárním bezobslužném výrobním systému“.

V roce 2001 organizoval a byl odborným garantem semináře SIMPLAN 2001 – Moderní metody plánování, rozvrhování, řízení a optimalizace výroby, Kongresové centrum Brno, 25.9.2001, program odborných konferencí a seminářů k MSV 2001.

Spolupracuje s průmyslovými podniky jako jsou např.: ABB Brno, TOS Kuřim, OKD Ostrava, Nová huť Ostrava, Korado, a.s., Optimit, a.s., FAB, a.s., OEZ, s.r.o., Mora Moravia, Kovoprojekta, a.s., Temex, s.r.o., Amphenol, Sain Gobain Sekurit a další.

Vědecké a odborné zaměření je směřováno do následujících oblastí: simulace, plánování, rozvrhování, optimalizace výroby, logistika.

Publikoval celkem 104 výzkumných zpráv, příspěvků na mezinárodních a národních vědeckých a odborných konferencích, přednášek pro odbornou veřejnost, monografií, skript, apod. Výzkumné a vývojové zprávy průmyslových aplikací nejsou zahrnuty do tohoto výčtu.

Je členem Česká asociace strojních inženýrů, SCS - Mezinárodní společnost pro počítačovou simulaci, EUROSIM - Federace Evropských simulačních společností.

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V nynější situaci rychlého přechodu světové ekonomiky k soutěži v efektivitě jsou evropské výrobní společnosti nuceny podrobit se bolestné transformaci, přičemž dochází k častým, v minulé dekádě nemožným, změnám ekonomických podmínek. Intenzivní globální soutěž nutí průmyslové organizace přejít mnohem více k uvědomělému posilování marketinku a k rychlým reakcím na vzrůstající požadavky a očekávání zákazníků.

Když byla koncipována tato práce, byla brána na zřetel současná světová tendence vytváření **malých, ale velice dynamických** (agilních) podniků, jako základ rozvoje ekonomiky. Tyto malé nebo střední podniky jsou velice pružné a dokáží reagovat okamžitě na požadavky trhu. Zaměstnávají relativně malý počet vysoce kvalifikovaných zaměstnanců a jsou vybaveny velice progresivními technologiemi. Pro takový podnik je celkové řízení jeho kapacit (**Total Capacity Management - TCM**) otázkou jeho konkurenční schopnosti. Jedna ze špičkových technologií, která nesmí chybět takovému podniku, je právě **simulační technologie** a její aplikace pro plánování a řízení výroby.

Reagovat rychle na požadavky zákazníků znamená reagovat pružně. Organizace, které nebudou zvyšovat svou pružnost se stanou obětí tržních sil a zaniknou. Navíc, soutěž stlačuje ceny, zatímco se zlepšují podmínky pro zákazníky zvyšováním kvality a úrovně služeb. Jako obecně přijatelné řešení pro soutěž v těchto podmínkách se nabízí řešení pomocí **CIM**. CIM reprezentuje integrované nasazení informační technologie do výroby k dosažení výrazných ekonomických úspěchů. Dosud byla CIM technologie víceméně "privilegiem" velkých společností, méně se uplatňovala ve středních a malých podnicích. Zřejmým vysvětlením pro to je, že velké podniky, na rozdíl od středních a malých, mohly podporovat velké interní výzkumné a vývojové skupiny, které určily zaměření CIM a následně malé a střední podniky jsou nuceny následovat tento vývoj CIM. Tato situace způsobila znevýhodnění malých a středních podniků při aplikaci CIM technologie, neboť jejich výrobní filosofie, tj. jejich výrobních linek, výrobních dávek, dodacích lhůt apod. je zcela odlišná oproti velkým podnikům.

Tato práce je zaměřená na problematiku překlenutí technologické propasti mezi velkými a malými podniky prostřednictvím simulačních technologií při vytváření simulačních modelů komplexních výrobních systémů tak, aby se malým a středním podnikům umožnilo v mnohem větší míře využít CIM technologií a tudíž zvyšovat konkurenceschopnost.

Při řešení projektu je použita metoda **simulačního modelování** za využití **diskrétní simulace**. Tato metoda slouží k ověřování správnosti navrhovaného řešení. Metoda umožňuje objektivně posoudit dosažené výsledky a porovnat různé alternativy řešení. Podstata metody spočívá v tom, že se zpracuje **model výrobního systému**, který se chová podobně jako reálný systém. Model se staví za využití základních komponentů jako jsou: transportní zařízení, transportéry (nákl. auta, vysokozdvizné vozíky, kontejnery a pod.), operátoři (obsluha strojů a zařízení), stroje, zařízení, sklady a meziklady, entity (palety, obrobky a pod.), pravidla řízení, dopravní cesty a pod. Tok materiálů (entit) je popsán za využití tzv. procesních plánů, které určují, jak budou

entity proudit ve výrobním systému. Dále se pro všechny stroje, zařízení a transportéry zadává jejich poruchovost a délka následujících oprav. Pro operátory se definují pracovní směny a volné dny.

Model je stavěn za využití speciálního interaktivního grafického editoru. Přimo na obrazovce vzniká funkční obraz reálného systému. Po odstartování simulačního běhu lze díky dokonalé **animaci** pozorovat, co se v systému odehrává.

Simulační model má ohromné **predikční možnosti**. Na počítači si namodelujeme náš systém dříve, než investujeme vysoké částky k jeho realizaci. Tento model je živý a jeho dynamické chování je stejné jako u reálného systému. Můžeme rozpracovat a porovnávat mnoho alternativ projektu a využít grafických, textových a animačních výstupů, abychom je porovnali.

Pokud je distribuční nebo výrobní systém již realitou, pak lze plánovat jeho činnost za využití simulačního modelu. Na simulačním modelu si ověříme, že plán distribuce (výroby) pokryje objednávky zákazníků (např. na příští týden, měsíc, rok) v termínu. Pak lze vygenerovat přesný časový rozvrh činnosti, které se musí vykonat, aby se plán splnil. Celou dobu také dostáváme přesné informace o nákladech.

Efektivní plánování výroby je oblast, na kterou se léta soustřeďuje pozornost odborníků. Programové produkty typu MRP II poskytují určitou představu o tom, do jaké míry je plánování úspěšné z hlediska dlouhodobého plánování. To, co ovšem chybí, je **efektivní krátkodobé plánování** reagující na denní změny ve výrobě. Simulační plánovací systém umožňuje řídicím pracovníkům na všech úrovních efektivně plánovat a predikovat stav výroby. Tento systém poskytuje nástroj pro hodnocení různých alternativ, reagujících na změny ve výrobním plánu a odrážejících poruchy strojů, zpoždění v dodávkách materiálu, nové objednávky a pod.

Dalším cílem této práce je rozpracovat **teoretické základy pro analýzu výrobních systémů** tak, aby se na nich daly aplikovat **principy diskrétní simulace**. Výrobní systém je podroben analýze za využití metodiky (přístupů), známé ze simulačních jazyků. Výsledkem je nový pohled na výrobní systém jako objekt modelování.

Dalším cílem sledováním v této práci je rozpracování metodiky využití simulačních technologií do takové oblasti jako například **plánování projektu, spolehlivost, řízení kvality a obnova zařízení, obslužné (servisní) systémy, řízení skladových zásob, logistická systémová analýza**. V těchto oblastech buď chybí nebo je nedostatek kvalitních nástrojů pro objektivní řešení vznikajících problémů. Proto jsou rozpracované základní modely a simulační přístupy pro popis a analýzy těchto systémů.

Simulační technologie se stávají účinným nástrojem pokud jsou dobře pochopeny a aplikovány. Proto se autor této práce snaží zavádět výuku simulačních systémů na VUT FS a do průmyslu. Výsledkem

je výuka několika předmětů pojednávajících o simulační problematice na různých ústavech fakulty. Ukázka učebních osnov a práce studentů jsou uvedené v příloze.

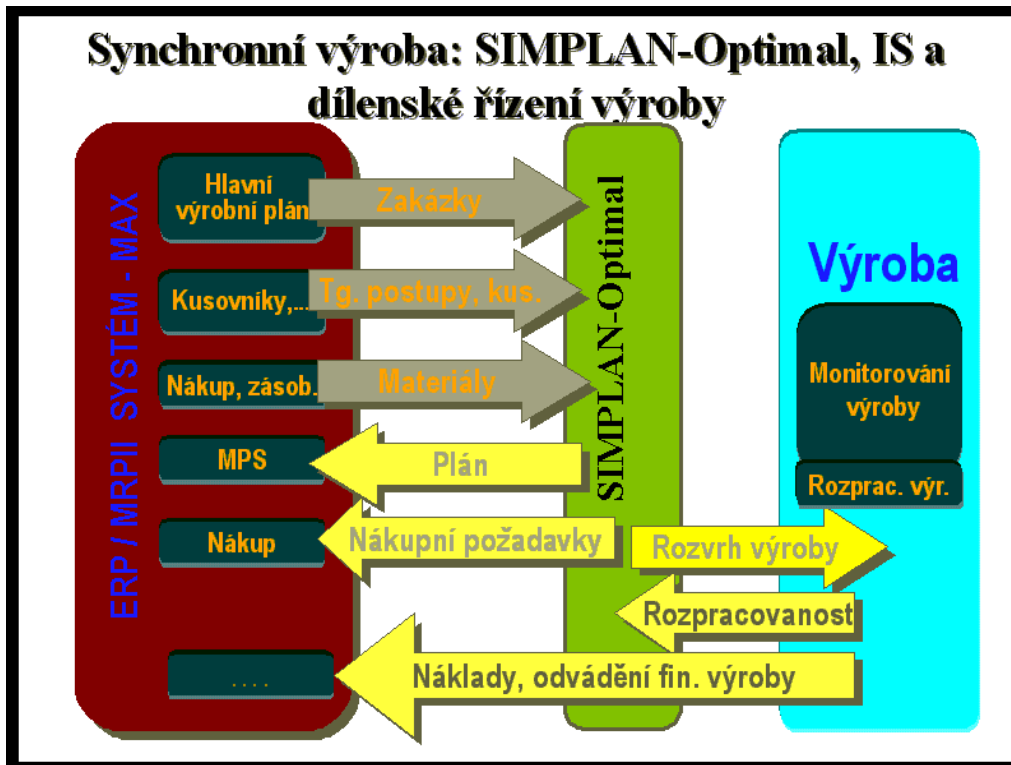
2 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH A DISTRIBUČNÍCH SYSTÉMŮ ZA VYUŽITÍ SIMULAČNÍCH METOD

Simulační plánovací systémy umožňují řídicím pracovníkům na všech úrovních efektivně plánovat a predikovat stav výroby. Tyto systémy poskytují nástroje pro hodnocení různých alternativ, reagujících na změny ve výrobních plánech a odrážejících poruchy strojů, zpoždění v dodávkách materiálu, nové objednávky a pod. Do kategorie simulačních plánovacích systémů patří i systém SIMPLAN - Optimal, který byl vyvinut i za použití podpory dvou grantových úkolů: GAČR 101/98/0129 a GAČR 101/94/0547.

Obecné řešení při optimalizaci diskrétních systémů spočívá v tom, že se zadají omezující podmínky a nechá se proběhnout simulace všech možností. Na základě výsledků každého simulačního běhu se zjistí, za jakých podmínek je určitý parametr nejvýhodnější - zjištěním minima, či maxima. Tento přístup je univerzální a je jistota, že optimum (pokud existuje) bude nalezeno. Nevýhodou této metody je její velká časová náročnost. Přesto se ukázalo, že v praxi se tato metoda nejvíce používá za předpokladu, že se vhodně zvolí množina vstupních parametrů a jejich krokování.

Jako velice výhodné se jeví využití metod **heuristických**. Vzhledem k relativně složitým exaktním metodám jsou cenné svou jednoduchostí a jejich užitím do jisté míry odpadají potíže při řešení úloh komplikovaných svým rozměrem nebo strukturou. Obecně však nalezení globálního optima u heuristických metod není zaručeno a obvykle to do jisté míry závisí na nastavení parametrů metody. Na základě výše uvedených úvah byly v SIMPLAN-Optimalu aplikovány rozmanité optimalizační metody jako: simulace všech možností (všech kombinací zvolených proměnných a jejich hodnot), heuristická metoda VFSR (Very Fast Simulated Reannealing), heuristická metoda simulovaného žhání, heuristická metoda genetického algoritmu, upravená Boxova metoda komplexů, metoda zlatého řezu (pro jednu spojitou proměnnou - rychlost dopravy).

Stávající ERP (Enterprise Requirement Planning) systémy, které se používají v České Republice obsahují modul plánování výroby založený na algoritmech MRP I (Material Requirement Planning) a MRP II (Manufacturing Resources Planning). Toto platí pro informační systémy (IS) jak ve strojírenství, tak i v potravinářských a jiných provozech. Vyvinutý systém **SIMPLAN-Optimal** v širším měřítku představuje **APS systém**. Metodika využití simulačních metod, reprezentovaná jako „SIMPLAN-Optimal“, pak spočívá v integraci SIMPLAN-Optimal do stávajícího IS podniku a v nahrazení modulu pro plánování a rozvrhování výroby systémem SIMPLAN-Optimal tak, jak je uvedeno na následující obrázku (viz též publikace):



Na bázi simulačního modelu diskrétního systému se provádí optimalizace tím, že jsou generovány změny vstupních parametrů a hodnotí se výsledná kritériální funkce složená ze zvolených výstupních parametrů (multikritériální analýza). Jako vstupní parametr lze definovat jakýkoliv parametr diskrétního systému, včetně změny pravidel pro řízení front a zakázek, jako jsou pravidla pro řazení výrobních dávek do front, pravidla pro výběrová pravidla z front, pravidla pro uvolňování zakázek.

SIMPLAN-Optimal slouží pro řešení třídy úloh typu kapacitní návrh, kontinuální zlepšování kapacity, kapacitní plánování, logistické plánování, přizpůsobování (úpravy) plánu, rozvrhování výroby. Velice efektivním se jeví využití SIMPLAN-Optimalu pro plánování a rozvrhování výroby při výrobě domácích spotřebičů, při výrobě zabezpečovací techniky, při výrobě jističů, při výrobě převodovek apod., jak ukazují dosavadní zkušenosti z ověřování v průmyslu.

3 ROZHODOVACÍ PROCES A ANALÝZA RIZIKA

Rozhodovací proces je výběr z množiny alternativ A_i s ohledem na pravděpodobné budoucí stavy systému. Pokud manažer udělá rozhodnutí A_i tak, aby se dosáhl stav S_j , pak může očekávat výsledky O_{ij} . Při rozhodování manažer explicitně nebo implicitně přiděluje hodnoty možných výsledků určité alternativy ($V(O_{ij})$). Manažer dělá úsudek ohledně možnosti vzniku budoucího stavu S_j , přičemž P_j je pravděpodobnost vzniku. Hodnota výsledku může být deterministická nebo pravděpodobnostní a může se týkat zisku (profilu), ceny, pravděpodobnosti bankrotu, spolehlivosti a pravděpodobnosti úspěchu. Manažer potřebuje vhodný algoritmus, aby vybral alternativu, neboli provedl rozhodnutí. Síť vytvářené v SLAM II (Simulation Language for Alternative Modeling) hrají významnou roli při popisu a analýze rozhodovacího procesu. Rozhodovací proces obsahuje přímo ceny a profit, které jsou funkcí délky aktivit a nahrazují (v některých případech) časy v síti. Při vytváření rozhodovací sítě v jazyku SLAM je vhodné místo obvyklých časových údajů uvádět ceny.

Rozhodovací graf (strom) vytvářený v SLAM II je speciální síť, kde každý uzel představuje rozhodovací bod, ve kterém se vybere jedna z činností, začínající v tomto uzlu. Volba může být podmíněná nebo pravděpodobnostní. Rozhodovací strom v SLAM II má následující vlastnosti: každý uzel vlastní jednu rozhodovací větev, entita může opustit jenom jednou uzlu a vyžaduje jeden výstup z uzlu, nejsou omezení na dobu trvání aktivity.

Rozhodovací síť v SLAM II byly použity na zpracování univerzálních modelů pro analýzu uvedení nového výrobku (produktu) na trh, kde rozhodovací graf (strom) využívá kritérium největší očekávané hodnoty. Jako další je rozpracován algoritmus a model pro hodnocení (analýzu) rizika.

4 ŘÍZENÍ SKLADOVÝCH ZÁSOB

Zlepšení rozhodovacího procesu při řízení zásob vede s malými náklady k velkým úsporám. Počet modelů odhalujících rezervy v této oblasti se zvyšuje a peníze vložené do simulace této problematiky se mnohonásobně vracejí. Společnost (firma, s.r.o. apod.) musí mít svou strategii řízení zásob, která by měla určovat, kdy by měla být vystavena objednávka na zboží pro doplnění skladu, jaké zboží a v jakém množství by se mělo objednat. Teorie řízení skladových zásob se zabývá určením nejlepší strategie řízení tak, aby skladovací náklady byly nejmenší a výkonnostní charakteristiky skladového hospodářství největší. V habilitační práci je odvozen vzorec pro určování zisku (profitu) skladu za čas T , který bere na zřetel úroveň zásob ve skladě, bezpečnostní hladinu, počet "zpětných" objednávek, počet prodejů, počet objednávek, počet revizí a počet neuskutečněných prodejů. V každém případě je nutné rozeznat charakteristiky skladového hospodářství, aby se mohla vyvinout správná strategie řízení a k tomu slouží modely v SLAM II. Existuje optimální stav mezi velikostí objednávek a jejich frekvencí, který je určován strategií řízení skladu a který určuje, jak často objednávat a kolik.

Rozpracované simulační modely modelují dynamické chování skladu, zahrnují strategii řízení skladu jako součást síťového modelu a dovolují vyvíjet rozmanité strategie. Jsou navrženy modely pro hodnocení strategie kontinuální revize pro skladovací systém se "zpětnými" objednávkami a jsou hodnoceny výkonnostní charakteristiky nákladů a zisků za použití SLAM II modelu. Dále jsou modelovány periodické revize, strategie objednávání podle úrovně zboží ve skladu, neuskutečněné prodeje a "zpětné" objednávky.

Na bázi simulačního modelu jsou hodnoceny vlivy působící na charakteristiky skladovacího systému, vznikající při změně v komponentech modelu (sítě). Lze hodnotit jak změny ve strategii řízení zásob, tak i změny v tržním prostředí. Poslední jmenované změny lze zobecnit jako změny v zakázce na zboží, změny v ceně operace, změny v čase vynaloženém na vyřízení objednávky na doplnění skladu.

5 LOGISTICKÁ SYSTÉMOVÁ ANALÝZA

Logistický systém sestává z obsluhy (personálu) a strojů organizovaných takovým způsobem, aby opatřili, skladovali a transportovali materiál (případně osoby). Logistický systém má podobné charakteristiky jako výrobní systém, kde výrobní operace jsou nahrazeny transportem zboží z jednoho do dalšího místa. Přesto je během modelování logistických procesů pozornost věnována vlivům spolehlivosti, údržby, plánování údržby, podpory a testování zařízení, jako přídavek k normálním elementům podpory a dopravy. Integrovaná logistická podpora (ILP) neobsahuje jenom výše uvedené elementy, ale také definuje obsluhu, termíny obsluhy, technická data, prostředky na fondy (podpory), manažerské informace jako část logistického systému. Logistická analýza pak obsahuje modelování všech elementů ILP. V habilitační práci je rozpracován pilotní model údržby letového parku, který je aplikován pro modelování údržby transportních zařízení podniku.

6 SPOLEHLIVOST, ŘÍZENÍ KVALITY A OBNOVA ZAŘÍZENÍ

Spolehlivost a kvalita systému se staly extrémně důležitými faktory v tržním hospodářství. Dobrým příkladem je automobilový průmysl, kde procentuální zvýšení trhu přímo souvisí se zlepšením spolehlivosti a kvality produktů. V této kapitole jsou simulační modely užity pro hodnocení plánu na zvýšení spolehlivosti a řízení kvality. Do této problematiky je zahrnuta i obnova zařízení, jako procedura modernizace provozu, která má vliv na zlepšení spolehlivosti a kvality.

Na spolehlivost má vliv především struktura systému. Hodnocení spolehlivosti si vyžaduje analýzy sériových, paralelních a kombinovaných elementů systémů. Pro tyto struktury je rozpracována metodologie pro vytváření jejích simulačních modelů a hodnocení dynamické nebo statické spolehlivosti. Spolehlivost systému závisí jak na distribuci poruch komponentů, tak i na distribuci oprav vadných komponentů. Při hodnocení spolehlivosti je systém dekomponován (rozložen) na části. Analýza je provedena pro každou část systému tak, aby se určila jeho spolehlivost. Spolehlivosti jednotlivých částí jsou kombinované způsobem matematicko-logickým, aby se obdržela spolehlivost systému. Model ve SLAM II také používá podobný systémový přístup tím, že poskytuje komponenty popisující systémy (uzle a větve), o kterých zpracovává příslušné statistiky.

Model ve SLAM II je rozpracován pro hodnocení spolehlivosti elektrárny se 3 generátory. Využití simulačního přístupu však může být použito pro hodnocení spolehlivosti složitějších systémů. Modely dovolují obdržet rozmanité statistické výstupy, jako časy mezi poruchami generátorů, čas poruchy celé elektrárny, procentuální využití generátorů, čas mezi přerušení (vypnutí) náhradního generátoru, apod.

6.1 MODELOVÁNÍ PLÁNU ŘÍZENÍ KVALITY

Plány řízení kvality poskytují procedury pro hodnocení kvality výroby. Plán má za následek navržení a aplikaci činností a metod, které mohou redukovat špatné hospodářské výsledky vznikající vyřazováním a opravováním špatných výrobků. Investice v podobě času a nákladů na inspekci obvykle mají velkou návratnost tím, že se vylučují ztráty a že zákazník dostává kvalitnější produkt.

Tyto plány jsou integrální částí řízení kvality. Plán předepisuje, že vzorek o velikosti "n" bude odebrán z partie zboží. Jestliže se v tomto vzorku vyskytne méně než "c" defektů, pak je partie akceptována. Při modelování této problematiky v SLAM II se využívají pravděpodobnostní větvení v modelu, aby se specifikovalo, jestli je položka vadná nebo ne. Výpočet určuje také to, jestli počet zjištěných defektů dosáhne akceptovatelného množství. Je vypočítáváno i množství

kontrolovaných položek. Jestliže množství defektních položek bude větší než akceptovatelné množství (dříve než počet vzorků dosáhne celkového množství položek ve vzorku), pak je vzorek vyřazen. V opačném případě je vzorek akceptován. Vyřazení a akceptování vzorku je v modelu vyjádřeno pomocí samostatných uzlů. Hodnocení pravděpodobnosti vyřazení nebo přijetí vzorku se provádí během mnohonásobných simulačních běhů.

6.2 STOCHASTICKÁ ANALÝZA OBNOVY ZAŘÍZENÍ

Jak zařízení stárne, náklady na údržbu a provoz se zvyšují. Rozhodování o tom, jak často obnovovat drahé zařízení, patří k nejdůležitějším rozhodnutím managementu. Náklady na údržbu se mohou snížit tím, že se častěji obnovuje existující zařízení, ale každá obnova zvyšuje kapitálové investice. Strategie obnovy zařízení je modelována jako síť ve SLAM II, ve které každý blok prezentuje náklady na údržbu, náklady na provoz, investiční výdaje. Nalezení nejkratší cesty v síti souvisí s výběrem strategie minimalizující náklady. Cílem řešení této stochastické verze problému obnovy zařízení je vybrat takovou strategii obnovy, která s největší pravděpodobností zajistí nejmenší náklady.

7 ZÁVĚR

Simulační modelování je výkonný nástroj umožňující řešení široké škály problémů v oblasti kapacitního plánování, dispečerského řízení procesů (výroby), plánování, projektování nové výroby, změny stávající výroby a pod. Ohromné predikční vlastnosti simulačních modelů poskytují neocenitelné informace o budoucím chování modelovaného systému.

Předkládaná habilitační práce ukazuje na možnosti simulačních technologií při řešení různorodých, především manažerských problémů. Hlavní vědecký přínos této práce je spatřován v aplikaci simulačního modelování jako metody pro řešení různých problémů. Jsou rozpracovány simulační technologie pro oblasti rozhodování, analýzy rizik, plánování projektů, řízení skladových zásob, logistické analýzy, spolehlivosti a řízení kvality. Speciální pozornost je věnována aplikaci simulačních technologií ve strojírenství, kde je vyvinut systém pro plánování výroby, pracující v reálném čase. Vědecká hodnota předkládané práce je posílena tím, že jsou rozpracovány teoretické základy simulačních modelů s ohledem na jejich použití pro simulaci strojírenských systémů. Práce obsahuje velké množství rozpracovaných simulačních modelů, které ukazují, jak řešit určité problémy. Tyto modely jsou v některých rysech unikátní a mohou být použity pro vytváření odpovídajících programových systémů.

Velký zájem průmyslových podniků jako ABB Brno, TOS Kuřim, OKD Ostrava, Nová huť Ostrava, Korado, a.s., Optimit, a.s., FAB, a.s., OEZ, s.r.o., Mora Moravia, Kovoprojekta, a.s., Temex, s.r.o., Amphenol, Sain Gobain Sekurit a dalších o využití simulačních technologií popsanych v této práci ukazují na to, že problematika je správně vybraná a velmi aktuální.

Z výše uvedeného plyne i prvořadý úkol: zavádět a zdokonalovat výuku simulačních technologií. Autor se angažuje od samého počátku svého působení na fakultě strojní v této problematice. Zpracoval osnovy speciálních předmětů týkajících se simulační problematiky a prosadil je do oborů ústavu. Výuka těchto předmětů je pro studenty přitažlivá a atraktivní. Důkazem toho jsou učební plány a práce studentů uvedené v příloze. Simulační problematika je autorem přednášena i belgickým studentům na VUT v Brně a v Belgii.

7.1 VÝCHODISKA PRO DALŠÍ ROZVOJ VĚDNÍHO OBORU

Perspektivy dalšího rozvoje vědního oboru jsou definovány do následujících směrů:

- integrace simulačních modelů do CIM struktury podniků
- CAD interfaces pro simulační technologie

- pokračování v teoretických analýzách simulačních modelů pro strojírenské podniky
- Real Time Scheduling a simulace
- inteligentní výrobní systémy na bázi simulačních technologií
- databázové interfaces simulačních modelů
- rozšíření výuky simulačních technologií
- Optimalizační algoritmy pro rozvrhování výroby
- Distribuovaná simulace za použití WEB
- Vývoj inteligentního systému operativního řízení výroby aplikovatelný s přiměřenými náklady pro malé a středně velké výrobní podniky, a to jak ve strojírenství, tak i v potravinářství
- Aplikace APS systémů v průmyslu

Literatura

(Výběr z publikací Ing. S. Simeonova, CSc. souvisejících s danou problematikou. Plný literární přehled je uveden v habilitační práci z roku 1998 a 2002)

Simeonov S., Simeonovová J.

"Total Capacity Management and Simulation of Production Systems",
Proceedings of the European Simulation Symposium 1994, Istanbul,
October 9-12, 1994

Simeonov S.

"Logistics Simulation", Technika a trh (Maschinenmarkt),
November, 1994, p.42-47, (CZ)

Simeonov S.

"Simulation of Manufacturing Systems using FACTOR/AIM",
Proceedings of European Simulation Symposium 1995, Erlangen-
Nuremberg, Germany, October 26-28, 1995, p. 652-655 (A)

Simeonov S., Simeonovová J.

"Simulační technologie", Technika a trh (Maschinenmarkt),
Listopad, 1995, p.34-37, (CZ)

Simeonov, S., Simeonovová, J.

"Simulation Tools for Production Planning and Scheduling", Proceedings
of International Conference on CIM 96. Zakopane, May 14-17, 1996

Simeonovová, J., Simeonov, S., Ingr, I.

"Logistics in Food Industry", Maso, 5/1996, p. 12-13

Simeonov S., Simeonovová J.

"Scheduling System Using a Simulation Model", Proceedings of the 18 th
International Conference on Information Technology Interfaces (ITI '96)
Pula, Croatia, June 18-21, 1996, p. 445 - 452, (A)

Simeonov S., Simeonovová J.

"Simulation Scheduling in Manufacturing", Proceedings of 7th
International DAAAM Symposium, Vienna, Austria, 17-19th October,
1996, p. 405-406, (A)

Simeonov S.

"Software system for planing and scheduling of production systems using the simulation model", Final Report of grant N:101/94/0547

(Czech Grant Agence) December, 1996

Simeonov, S.

„Simulation Tool for Real Time Scheduling in Manufacturing“
Proceedings of the Thirty - Second International MATADOR Conference held in Manchester, 10th - 11th July, 1997, Macmillan Press LTD., p. 181 - 185

Simeonov, S., Šedivý P.

„Simulation Model of Steel Production in NH, a.s.“
Proceedings of the XIXth International Workshop „Advanced Simulation Systems – ASIS 1997“, Krnov, September 16 – 18, 1997, p. 297 – 300

Simeonov, S.

„Simulation of Steel Production Using FACTOR/AIM“
Proceedings of 9th European Simulation Symposium and Exhibition Simulation in Industry – ESS '97, Passau, Germany, Oct. 19 – 23, 1997

Simeonov, S. - Simeonovová, J.

"APS and MRP Approaches for Planning and Scheduling"
Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Production Engineering CIM '99, Opatia, Croatia, June 17-18, 1999

Simeonov, S.

"Advanced Methods for Production Planning and Scheduling - APS"
Technical Weekly, Number 31, August, 1999, pp. 8-9

Simeonov, S. Simeonovová, J.

"Application of Simulation Method in Logistics", Proceedings of the International Conference HMS '99, Genova, Italy, September 16-18, 1999, ISBN 1-56555-175-3

Simeonov, S. Simeonovová, J.

"FACTOR/AIM Optimization System", Proceedings of the International Advanced Simulation Technologies Conference ASTC 2000, ISBN: 1- 56555-199-0, Washington, D.C., USA, April 16-20, 2000

Simeonov, S. Simeonovová, J.

"Simulation Scheduling in Food Industry Application"
Proceedings of the International Conference FOODSIM'2000, ISBN 1-56555-205-9, Enitiaa, Nantes, France, June 26-27, 2000

Simeonov, S.

Závěrečná zpráva o řešení grantového projektu GA ČR č.101/98/0129
„SIMPLAN Optimal - Optimalizace výrobních a distribučních systémů za využití simulačních metod“, leden, 2001

Simeonov, S. Simeonovová, J.

“Production Optimization using FACTOR/AIM Optimization Module”,

Proceedings of the 15th EUROPEAN SIMULATION
MULTICONFERENCE, ISBN 1-56555-225-3, PRAGUE , JUNE 6-9,
2001, pp.97-101

Jože Balič, S. Simeonov at al.

“Manufacturing Systems for the Third Millennium” – scientific
monograph, Maribor, Slovenia, 2001, ISBN 86-435-0402-5,
COBISS-ID 46083073 (S.Simeonov pp. 63-80)

Simeonov, S.,

Seminář SIMPLAN 2001 – Moderní metody plánování, rozvrhování,
řízení a optimalizace výroby, odborný garant, Kongresové centrum Brno,
25.9.2001, program odborných konferencí a seminářů k MSV 2001

Simeonov, S.,

“APS pokročilé systémy pro plánování, rozvrhování a optimalizaci
výroby”, přednáška, seminář SIMPLAN 2001 – Moderní metody
plánování, rozvrhování, řízení a optimalizace výroby, Kongresové
centrum Brno, 25.9.2001, program odborných konferencí a seminářů
k MSV 2001

Simeonov, S.,

„Rozvrhování – základ moderního řízení výroby“, Computer Design
3/2001, ISSN 1212-4389, pp. 60-62

Simeonov, S.,

„Jak přežijí výrobci – moderní plánování, rozvrhování, řízení a
optimalizace“, Technický týdeník č. 46, ročník IL, 2001, pp. 5-6

Simeonov, S., Simeonovová, J.

"Simulation Scheduling in Food Industry Application", Czech Journal of
Food Sciences, 2002, Vol. 20, No.1, pp.31-37

Abstract

Simulation Technology

Key words:

discrete simulation, theoretic analysis of production systems, real-time scheduling, finite capacity scheduling, SIMPLAN, decision and risk analysis, project planning, inventory control, reliability, quality control, and equipment replacement, logistics systems analysis

Actual problems related to applications of modern simulation technologies in manufacturing and management and student education in this field are discussed.

Modern simulation products for software support of simulation technologies are analyzed and used.

Theoretical bases of production systems are developed using principles of discrete simulation. These ones are used for identification and analysis of manufacturing (and non-manufacturing) systems by creating of their simulation models and interfaces, and their integration to CIM structure of enterprises.

Simulation system for production planning and scheduling which allows just-in-time and interactive making of schedules taking in mind finite capacity of resources is developed.

Basis model for decision making in the fields of risk analysis, project planning, inventory control, reliability, quality control, equipment replacement, logistics systems analysis are developed.

Curricula of the subjects for simulation and modeling using by author during the education of students are submitted.