

Oponentní posudek

Disertační práce Ing. Františka Koblasý na téma

Uplatnění heuristických optimalizačních metod v oblasti strojírenské výroby středních a malých podniků

Předložená disertační práce o celkovém rozsahu 165 stran textu, 71 tabulek, 47 obrázků a 17 grafů je zaměřena na problematiku plánování a rozvrhování zakázkové výroby v středních a malých podnicích strojírenského charakteru. Téma disertační práce je značně aktuální a v podstatě je vyvolána současným zvyšováním požadavků na kvalitu a efektivnost výrobních procesů, především na maximální využití výrobních zdrojů, minimalizaci průběžných dob výroby, minimalizaci zásob, ale také dodržení smluvních termínů pro zakázkovou výrobu. V současné době se v podstatě pro řešení těchto úloh nejčastěji využívá ručního rozvrhování, plánovací tabule, tabulkové kalkulátory nebo systémů pro celopodnikové plánování a rozvrhování výroby (ERP, MRP, MRP II, APS) až po využití dostupných simulačních programů. Jejich uplatnění v oblasti plánování a rozvrhování výroby (výhody a nevýhody) jsou ve stručnosti uvedeny na str. 25 a 26 a to především z hlediska jejich možného zjednodušení nebo naopak pro jejich značnou složitost, časovou náročnost apod.

Disertační práce je rozdělena do 8 kapitol, které na sebe logicky navazují a postupně umožňují seznámit se s problematikou dané úlohy, s dostupnými metodami a algoritmy pro řešení a jejich kritické zhodnocení na jehož základě disertant navrhnul metodiku, která využívá heuristických algoritmů pro rozvrhování zakázkové výroby (v rámci dílenského, operativního rozvrhování), které ověřil ve dvou vybraných podnicích a to TOS Varnsdorf a.s. a MZ Liberec a.s.

Cíl disertační práce byl v podstatě definován na str.27 a to následovně:

- 1) Analyzovat dostupné teoretické modely pro rozvrhování výroby z hlediska jejich vhodného uplatnění v oblasti dílenského a operativního plánování
- 2) Nalezení metod, které bude možné využít pro návrh softwarové aplikace s ohledem na časovou náročnost optimalizace a kvalitu získaných výstupů pro řešené úlohy
- 3) Navrhnout vhodnou metodiku s využitím optimalizačních metod pro rozvrhování výrobních zakázek
- 4) Ověřit návrh metodiky a optimalizačních algoritmů v reálných podmínkách strojírenské výroby pomocí softwarového nástroje

Po podrobném prostudování předložené disertační práce lze konstatovat, že předem stanovené cíle byly v podstatě splněny.

Zhodnocení významu pro obor

Přínosem disertační práce je podrobná studie teoretických a aplikačních možností, která vychází nejen z rozsáhlé rešerše dostupných literárních pramenů - 171 titulů z tuzemských i zahraničních zdrojů (monografie, odborné články, technické zprávy, Webové stránky apod.) a z podrobného rozboru technickoorganizačních podmínek „rozvrhovacích modelů“ z hlediska jejich možného uplatnění ve strojírenské výrobě malých a středních podniků, ale také z výběru metod pro tvorbu a optimalizaci dílenských rozvrhů. Takto podrobně provedená analýza poskytuje ucelený pohled na současný stav úrovně řešené problematiky v oblasti rozvrhování zakázkových výrob a umožnila získat informace pro zkvalitnění práce v této oblasti, ale také specifikovat požadavky i kritická místa pro návrh metodiky, která by měla umožnit na základě jejího podrobnějšího seznámení a přípravou datové základny začlenění do podnikových informačních systémů.

Postup řešení a použité metody pro splnění stanovených cílů

Z obsahu kapitol 1 až 5 je zřejmé, že navržená metodika pro rozvrhování a optimalizaci výroby byla koncipována na základě výsledků podrobné analýzy a to zejména:

- **Odborné literatury** – celkem bylo kriticky posouzeno 171 pramenů
- **Stávajících způsobů používaných pro rozvrhování výroby** – kde byla analýza zaměřena v podstatě na 6 metodických postupů využívaných u malých a středních podniků v oblasti plánování a rozvrhování na úrovni dílenského řízení (např. manuální rozvrhování), tak na úrovni celopodnikového plánování (např. ERP, MRP, MRP II, APS apod.) a v poslední době využívání pro tyto účely počítačové simulace. Jejich výhody i nevýhody autor DP stručně zhodnotil na str. 25 a 26.
- **Základních optimalizačních algoritmů** – kde jsou analyzovány kromě časové náročnosti řešené úlohy, třídy optimalizačních algoritmů také podmínky a požadavky dané především technickoorganizačním uspořádáním a „postupem zpracování jednotlivých zakázek“ v reálném výrobním systému. Analýze je podrobeno celkem 8 modelů od obecného otevřeného problému (OSSP), flexibilního otevřeného rozvrhovacího problému (FO2), proudového problému (FSPP) až po model více komponentního rozvrhovacího modelu (MCSSP), které byly posouzeny z hlediska složitosti optimalizačních problémů, jejich možného využití vzhledem posloupnosti výroby (návnaznosti operací) a aplikací jednotlivých modelů v praxi. Z výsledků analýzy současného stavu byl vybrán model sekvenčního rozvrhovacího problému a jeho flexibilní modifikace, který je považován za nejobecnější model využitelný ve strojírenské výrobě.

- **Výběru metod pro tvorbu a optimalizaci dílenských rozvrhů** – na základě provedené analýzy doporučuje autor následující algoritmy pro řešení daného tématu DP - využít zejména **Konstruktivní algoritmus** pro zpracování rozvrhů pomocí prioritních pravidel, **Metodu lokálního prohledávání**, která optimalizuje řešení konstruktivního algoritmu a **Evoluční algoritmus** pro zpracování reálných plánů v přijatelném čase. Kritéria pro účelovou funkci jsou především zaměřena na požadavky „zakázek“ např. C_{max} , $\sum C_i$, L_i a pod. Vnitřní kritéria, která zohledňují především podnikové požadavky jsou definována obecně bez funkčních vztahů. Zajímavé řešení by umožnil **Vkládací algoritmus** – protože předpokládá, že již existuje částečný rozvrh a je možné vložit nově požadované změny ve výrobě ? Určitá možnost změny řešení konstantních výrobních postupů ! Tabulky 4-8 až 4-11 na str.70 až 71 umožňují orientaci pro volbu konkrétních algoritmů vhodných pro rozvrhování určitých případů zakázkové výroby.
- **Využití heuristických algoritmů pro rozvrhování výroby** - u malých a středních podniků. Postup pro výběr předpokládá: definování požadavků na plán rozvrhu, stanovení měřitelných ukazatelů, analýzu současného stavu a testování modelu pomocí navržených rozhodovacích metod včetně rozhodnutí o vhodnosti implementace. Na str. 76 hrubé vývojové schéma předpokládá 7 základních „kroků“ pro definování požadavků pro plán. Viz vývojové diagramy na str. 76,78,81 a 83 – Obr. 5-1, 5-2, 5-3 a 5-4. Nebudou problémy s určením vstupních dat ? Což potvrzuje autor např. na str. 79 v odstavci 6. Schéma na str. 81 předpokládá např. využití informací z existujících výrobních postupů, ale jak bude posuzována jejich úroveň dat. Např. časové normy, technologie, výběr představitelů. Jednotlivé etapy pro uplatnění rozvrhovacích metod jsou uvedeny na Obr. 5-6 str. 84. Nedílnou součástí pro řešení daných úloh, jak uvádí autor je i návrh variant řešení a v případě, že navržené varianty nejsou přijatelné je nutné změnit přístup k řešení nebo přizpůsobit cíle – jak ?
- **Návrh metodiky pro tvorbu a optimalizaci dílenských rozvrhů** - je velice podrobně popsán v Kap. 6 na str. 86 až 135. Posouzení jsou postupně podrobeny 4 modely (algoritmy). Řeší se např. vliv technologického uspořádání pro výběr stroje, změna prioritních pravidel při značných odchylkách od optima, časové nároky pro výpočet, kritéria pro výběr prezentace, porovnání časové náročnosti optimalizace pomocí EA oproti CA a LS, časové úspory optimalizace s potřebným časem pro výpočet a tam, kde dochází k rozdílným hodnotám je možné využít výpočet s předstihem ? a pod. Z výsledků podrobné analýzy je zřejmé, že bude vhodné pro úlohy dílenského řízení výroby použít principů **automatické optimalizace**. Její přínos spočívá v možných aplikacích v nevýrobním plánovacím období.
- **Ověření testovaných algoritmů a jejich přínosů na modelech reálné výroby** - ověření bylo realizováno v TOS Varnsdorf a.s. a ,které má zkušenosti se systémy APS a MZ Liberec a.s., které o zavedení těchto systému teprve uvažuje. Testování prokázalo, že použitím navržených optimalizačních vykazuje úspory v případě TOS Varnsdorf cca 14 % při snížení potřebného času na odvedení všech zakázek (makespan) a MZ Liberec je úspora cca 13 % redukce zpoždění všech zakázek.

Takto komplexně a systematicky provedená analýza umožnila disertantovi specifikovat hlavní přístupy a požadavky výběru metod (algoritmů) včetně stanovení vhodných kritérií pro optimalizaci dílenských rozvrhů zakázkové výroby. Syntéza těchto přístupů, dostupných metod a SW nástrojů je předpokladem pro zpracování návrhu metodiky, která po podrobnějším ověření v reálných podmínkách strojírenských závodů umožní začlenění do podnikových informačních systémů. Navrhovaná metodika by měla nejen zkvalitnit rozvrhovací modely optimalizačních problémů, ale také seznámit management s řadou nových informací. (viz závěry str. 164,165)

Poznámka k prostudované odborné literatuře a publikační činnosti disertanta

Počet a téma prostudované odborné literatury – celkem 171 titulů včetně internetových zdrojů vypovídá o širokém odborném přehledu disertanta v oblasti řízení zakázkové výroby ve strojírenství. Rozsáhlá je také jeho publikační činnost. Z přehledu je uvedeno 10 článků v recenzovaných časopisech, 11 příspěvků na mezinárodních konferencích, 8 příspěvků na celostátních konferencích, kde je uváděn jako spoluautor nebo autor. Počátek jeho publikační je v roce 2006 a každým rokem přispívá článkem nebo příspěvkem v rámci konference (1 až 2 příspěvky) což svědčí o jeho odborném zapojení v daném oboru.

Pro obhajobu disertační práce předkládám k diskusi následující otázky :

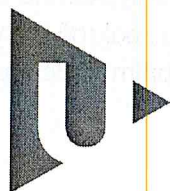
- Jaký vliv bude mít „technologická struktura“ výrobního systému na výběr konkrétního stroje pro realizaci operace ? (složitost algoritmu, časová náročnost na výpočet apod.)
- Jaké nároky budou mít heuristické algoritmy na strukturu a rozsah vstupních dat. Jsou současné podnikové informační systémy na tyto požadavky připraveny ?
- Jakým způsobem je možné reagovat na značné odchylky od optima. Pouze změnou priorit ?
- Jsou značné rozdíly v hodnotě účelové funkce reálné ? Viz str. 155 a 156 např. rozdíl až cca 10 000 min tj. 7 pracovních dní, podle FIFO až 31 dní ?
- Jaký vliv na výpočet budou mít poruchy nebo údržba strojů ? Za jakých podmínek je možné tyto požadavky zahrnout do výpočtů ?
- Jak jsou stanoveny ve výrobních postupech časy t_{Bc} nebo t_{Ac} ? např. na str.140 jsou uváděny $t_{Bc} = 700$ min a $t_{Ac} = 1900$ min ? Nepřesné normy času ovlivní přesnost výsledného řešení !

Závěr

Disertant prokázal výborné znalosti v daném oboru, které jsou dokládány poměrně rozsáhlou publikační činností, při zpracování DP prokázal, že ovládá vědecké metody práce, které vhodně doplňuje zkušenostmi z praxe. Předložená disertační práce splňuje podmínky stanovené zákonem č. 111/1998 Sb. § 47 a proto ji **doporučuji k obhajobě** a po úspěšné obhajobě **doporučuji udělit** Ing. Františku Koblasovi vědeckopedagogický titul Ph.D

V Praze 1.10.2013

prof. Ing. Antonín Zelenka, CSc.



**ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI**

Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

Západočeská univerzita v Plzni

Jméno: Ing. František KOBLASA

Název: Uplatnění heuristických optimalizačních metod v oblasti rozvrhování strojírenské výroby středních a malých podniků

Fakulta: Fakulta strojní

Studijní program: Strojní inženýrství

Studijní obor: Výrobní systémy a procesy

Školitel: doc. Dr. Ing. František MANLIG

Oponent: doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Fakulta strojní
Západočeská univerzita v Plzni

Práce se skládá ze 185 stránek a 8 kapitol.

Aktuálnost tématu

Téma zabývající se uplatněním heuristických optimalizačních metod v oblasti rozvrhování strojírenské výroby zejména s důrazem na malé a střední podniku je bezesporu tématem aktuálním. Na tuto problematiku je nutné se dívat ze dvou pohledů. Za prvé z pohledu rozvoje vědního oboru, ale také z pohledu dopadu pro efektivní využití v průmyslové praxi, potažmo pro dopad na úrovni národního hospodářství. Zejména aplikovatelnost v praxi považuji za známku

aktuálnosti tématu vybraného pro řešení disertační práci.

Aktuálnost také dokládá další směřování Strategické výzkumné agendy Evropské unie v oblasti strojírenství, kde mimo jiné hlavními prioritami jsou: pokročilé výrobní systémy, implementace informačních a komunikačních technologií ve výrobním procesu, znalostní pracovníci, malé a střední podniky, apod.

Postup řešení problému

Disertant velmi dobře prokázal na této disertaci svou erudici v systematické vědeckou-výzkumné práci. Tato disertace má jasnou a logickou strukturu. Zde je nutné hlavně vyzdvihnout metodickou stránku řešení disertační práce. Disertant zde zpřesňuje a zdůvodňuje své kroky. Právě logickou posloupnost zpracování práce dělá velký přínos nejen pro čtenáře - to jest postupné vymezování a zpřesňování problému, jeho řešení a hlavně jeho důkladný, leč nekomplikovaný popis. V tom vidět také velmi dobrá pedagogická schopnost vysvětlovat věci správným způsobem.

Význam rozvoj vědního oboru a pro praxi

Pro popis rozvoje vědního oboru a pro rozvoj praxe je věnována celá kapitola. Disertant zde popisuje jednotlivé přínosy, se kterými oponent zcela souhlasí. Z hlediska přínosů vidí oponent i způsob zpracování práce, která by mohla sloužit i jiným studentům doktorského studia pobočného zaměření. Je zde vidět i přínos vzdělávací nebo pedagogický, kde lze z této disertační práce vytvořit studijní materiály pro studenty Technické univerzity v Liberci, ale také nejen pro ně.

Formální úroveň

Formální úroveň je bezproblémová a ukazuje na velmi dobrou vyjadřovací a prezentační úroveň disertanta v oblasti prezentace výsledků prováděného výzkumu.

Nejen po formální stránce, ale také po metodické je třeba pochválit prezentaci metodiky pomocí vývojových diagramů, kde je vývojový diagram citlivě rozdělen na dílčích podiagramů a to velmi usnadnilo práci při čtení práce.

Jako formální nedostatek jsou opačně vložené stránky od čísla 174, kde bezpochyby "řádil" knihvazačský šotek. Tento nedostatek nesnižuje kvalitu velmi pěkné práce.

Publikační činnost

Prezentovanou publikační činnost považuji za dostačující. Disertant má záznamy i na mnoha konferencích a časopisech mezinárodního významu. To je velmi důležité nejen pro práci disertanta, ale hlavně pro rozvoj oboru Výrobní systémy a procesy na Fakultě strojní Technické univerzity v Liberci.

Poznámky, připomínky

Předloženou práci vnímám jak velmi dobře zpracovanou jak z pohledu metodického, tak z pohledu odborného. Oponent doufá, že z předložené práce bude v krátkém časovém horizontu vytvořena odborná monografie a/nebo vysokoškolská učebnice pro studenty technických oborů.

Po zodpovězení položených otázek a na základě předložené disertační práce ji **doporučuji** k obhajobě.

Doplňující otázka:

Vysvětlíte za jakých pomínek je Vámi prezentované řešení lepší než již publikované algoritmy řešení?

V Plzni, 31. 8. 2013



Milan EDL

Prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Technická 2896/2

616 69 Brno



Kontaktní adresa:

Gabriely Preissové 2523/2

616 00 Brno

<http://www.kolibal.cz>

OPONENTNÍ POSUDEK

doktorské disertační práce na téma:

**Uplatnění heuristických optimalizačních metod v oblasti
rozvrhování strojírenské výroby středních a malých podniků**

Autor: Ing. František Koblasa

Školitel: doc. Ing. Dr. František Manlig

Školící pracoviště: Katedra výrobních systémů
Strojní fakulta TU Liberec

Studijní obor: 2301VO31: Výrobní systémy a procesy

Na základě jmenování oponentem děkanem FS TU Liberec ze dne 1.8.2013 jsem prostudoval doktorskou disertační práci pana ing. Františka Koblasy: „Uplatnění heuristických optimalizačních metod v oblasti rozvrhování strojírenské výroby středních a malých podniků“ a konstatuji:

Posuzovaná doktorská disertační práce se zabývá aktuálním tématem, tj. uplatněním optimalizačních metod při rozvrhování strojírenské výroby malých a středních podniků a to na základě rozvíjení metodiky využití pokročilých heuristických, tedy metodicky výzkumných metod v praxi tím, že zohledňuje cíle strojírenského podniku a schopnost tyto cíle kvantifikovat.

Práce je rozdělena do následujících kapitol:

1. Úvod .
2. Cíle a struktura disertační práce
3. Optimalizační problémy a jejich složitost
4. Metody pro tvorbu a optimalizaci dílenských rozvrhů
5. Metodika využívání heuristických algoritmů v rozvrhování výroby v SME
6. Návrh metod pro tvorbu a optimalizaci dílenských rozvrhů
7. Ověření metodiky využití rozvrhovacích metod na modelech reálné výroby
8. Závěrečné shrnutí disertační

Autor si především stanovil jako cíl práce navrhnout metodiku využívání heuristických algoritmů v rozvrhování výroby v SME společně s optimalizačním nástrojem rozvrhování výrobních operací pro potřeby dílenského resp. operativního rozvrhování.

Zanalyzoval optimalizační rozvrhovací modely podle časových složitostí a tříd s přihlédnutím k nutné analýze současného stavu, která bývá časově nejnáročnějším krokem (i s ohledem na časté vracení se do předchozích částí v případech, kdy se díky analýze zjistí, že měřitelné ukazatele a ve výjimečných případech i definování požadavků bylo nevhodně zvoleno) do:

- Otevřeného problému (Open Shop Scheduling Problem);
- Proudový problému (Flow Shop Scheduling Problem);
- Sekvenčního problému (Job Shop Scheduling Problem);
- Smíšeného problému (Mixed Shop Scheduling Problem či Group Shop Scheduling Problem);
- Více komponentního rozvrhovacího problému (Multi-component Scheduling Problem)

a pro další výzkum v rámci této disertační práce, vzhledem k provedené analýze současného stavu, vybral model a metodiku sekvenčního rozvrhovacího problému a jeho flexibilní modifikace v krocích:

1. Výběr modelu pro co nejširší uplatnění ve strojírenské výrobě;
2. Výběr metod pro tvorbu a optimalizaci dílenských rozvrhů;
3. Shrnutí metodického postupu;
4. Zhodnocení výsledků heuristických algoritmů aplikovaných na etalonových modelech,

vše za podpory metodiky využití pokročilých heuristických algoritmů v rozvrhování výroby v malých a středních podnicích (SME - Small and Medium Enterprises). Navržená metodika využití rozvrhovacích metod byla ověřena na modelech reálné výroby ve dvou výrobních systémech -společnosti TOS VARNSDORF a.s. a MZ Liberec a.s. Každý z těchto modelů popisuje typickou strojírenskou výrobu s prvky zakázkové výroby. Oba modely, jak TOS VARNSDORF a.s. respektive jeho popisovaná část - lehká kovovýroba, tak MZ Liberec a.s., splňují parametry (počet zaměstnanců a obrát) malého až středního podniku.

K jednotlivým požadovaným hodnoceným aspektům disertační práce uvádím:

a. Dosažení v disertaci stanoveného cíle

Hlavní motivací této disertační práce je zlepšit stav v oblasti plánování a rozvrhování výroby v SME, kdy na jedné straně se stále využívají principy ručního rozvrhování, které jsou přímo závislé na zkušenosti dílenského plánovače a často neposkytují kvalitní rozvrhy, a na straně druhé existují pokročilé heuristické algoritmy, které se přes jejich schopnost nalézat velmi kvalitní rozvrhy neimplementují vzhledem k jejich relativní složitosti. Stanovené cíle disertační práce byly v plné míře splněny

b. Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky

Disertant provedl důkladný rozbor řešení problematiky, která se v současné době právě v malých a středních podnicích stává velmi aktuální. Zaměřil se jednak na analýzu současného manuálního přístupu k řešení problematiky, tak na vysoce teoretickou bázi moderních pokročilých heuristických modelů.

c. Teoretický přínos disertační práce

Teoretickou bázi heuristických modelů plánování a rozvrhování výroby v malých a středních výrobních podnicích disertant jednak podrobně analysoval a jednak ji podrobně shrnul do aplikovatelného systému.

d. Praktický přínos disertační práce

Řešená metodika využití rozvrhovacích metod byla ověřena na modelech reálné výroby ve výrobních podnicích TOS Varnsdorf a.s. a MZ Liberec. Disertant konstatoval, že v obou případech lze zavést zmiňované metody za určitých omezujících podmínek. Jedná se zejména o revize technologických postupů, termínů náběhu a odvedení hotové výroby. V případě MZ Liberec a.s. se navíc doporučuje standardizace dodavatelských vztahů (zejména dodacích lhůt) a pozvolné zavedení systému obsahující plánování výrobních strojů před zavedením samotných rozvrhovacích metod.

g. Zda doktorand prokázal odpovídající znalosti v daném oboru

Rozsah, způsob a náplň disertační práce svědčí o bohatých a odpovídajících znalostech disertanta v daném oboru.

h. Formální úroveň práce

Předložená doktorská disertační práce je na velmi vysoké formální úrovni. Je značně rozsáhlá, má 184 stran a 7 příloh. Orientaci v práci usnadňuje podrobný seznam použitých zkratk symbolů, seznam obrázků a tabulek. Je logicky i stylisticky věcně uspořádaná s dobrou jazykovou úrovní.

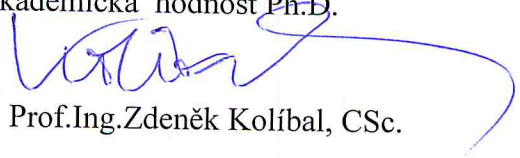
Celkové hodnocení

Téma disertační práce je velmi aktuální a teoretické řešení a praktické aplikace přispívají k rozvoji daného vědního oboru. Disertace splnila všechny cíle, vytčené v jejím úvodu. Přístup doktoranda byl velice důkladný a pečlivý. Způsob vyjadřování je srozumitelný, formální úprava disertační práce je dobrá.

Celkově doktorand prokázal, že je schopen řešit velice náročnou problematiku a získávat nové poznatky a kriticky je hodnotit. Práce potvrzuje jeho vědeckou způsobilost a splňuje podmínky stanovené pro doktorskou disertační práci. Seznam autorovy relevantní literatury na str.182-184 obsahuje celkem 10 článků v recenzovaných časopisech, 11 příspěvků na mezinárodních konferencích, 1 kapitolu v knize a 1 publikovaný software a 8 ostatních publikací, vše se vztahujících k disertační práci. Proto lze konstatovat, že disertant splnil dle § 47 odst. 4 zákona 111/98 Sb. o vysokých školách i nutnou podmínku publikovat výsledky své práce.

Doporučuji proto, aby byl autor disertační práce Ing. František Koblasa připuštěn k její obhajobě a aby mu v případě úspěšné obhajoby byla udělena akademická hodnost Ph.D.

V Brně, dne 13.9.2013


Prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.