

**Metody řízení, simulace a racionalizace procesů
zakázkové výroby**

Konference Studentské tvůrčí činnosti STČ 2008

Ing. Luděk Volf

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Školitel: prof. Ing. Antonín Zelenka, CSc.

Datum: 22. 4. 2008

1. Úvod

Kvůli zásadnímu nárůstu globalizace tržní ekonomiky v posledních letech a jejímu předpokládanému zintenzivňování i do budoucna, nabývá na významu zakázkový typ výroby ve všech průmyslových oblastech, včetně strojírenství. Vzhledem k vysoké konkurenci, jsou výrobci nuceni na zakázkové výroby ze sériových přecházet anebo se na ni přímo specializovat¹.

Zakázková výroba vyžaduje specifický přístup k systému plánování a řízení výroby a do centra pozornosti se dostávají zásadní faktory ovlivňující celý výrobní proces – **co, z čeho, kdy, kde, v jakém množství, na jakém stroji, pomocí koho, s jakými náklady a ziskem vyrobit**. Situace se stává mnohem složitější při nutné realizaci více souběžných zakázek a jejich řízení.

Stav výpočetní techniky dnes již umožňuje vytvoření virtuálních modelů zakázkových výrob, jejichž studiem bude možné identifikovat hlavní faktory ovlivňující proces výroby a následně vytvořit metodiku pro jejich optimalizaci. Bez odhalení těchto faktorů a jejich vlivů nefunguje princip štíhlé výroby (**lean production**), není možné v zakázkové výrobě přistoupit k její racionalizaci a rozšíření produkce bez vynaložení zbytečných vícenákladů, které konkurenceschopnost firem výrazně snižují. Aby bylo možné zodpovědně a věrohodně v libovolném okamžiku sledovat a predikovat chování všech činitelů, které proces zakázkové výroby ovlivňují, je nutné systémy virtuálních a simulačních modelů plně integrovat do informačního systému podniku. To si malé a střední průmyslové podniky velmi dobře uvědomují a analýza, modelování a simulace efektivního řízení zakázkové výroby se stává středem jejich zájmu.

V současné době na trhu rychlým tempem roste poptávka po simulačních softwarech, odpovídajícím způsobem roste i nabídka takových produktů². Přes tento na první pohled správný trend však výrobci softwaru obvykle nejsou schopni prokázat reálné hmatatelné výhody svých programů a ani uživatelé nemají k dispozici metodiku vhodnou pro porozumění a následné využití modelů svých výrob, neví které podmínky sledovat a jak interpretovat jejich chování a vlivy. Následná racionalizace výrobního procesu je proto velmi složitá a pozitivní efekt se dostaví pouze v omezeném rozsahu, často náhodně.

¹ [4] KAVAN, M.: *Výrobní a provozní management*. Grada Publishing, Praha, 2002. s. 117-158. ISBN 80-247-0199-5

² [9] KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETKA, B., MATUSZEK, J.: *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilinská univerzita v Žiline, 2000. 397 s. ISBN 80-7100-553-3

2. Popis problematiky

Zakázková výroba ve strojírenství v posledních letech získává na důležitosti, především kvůli enormní konkurenci v téměř již každém sektoru trhu. Hlavním specifikem zakázkové výroby je **vysoká kustomizace**, spolu s nízkým počtem jí odpovídajících výrobků. Aby byla výrobní firma konkurenceschopná a neživořila na okraji trhu, kvalitní marketing musí následovat kvalitní systém plánování a řízení výroby. V dnešní době je kladen důraz na štihlou a agilní firmu, nízké náklady, pružnost výroby a především rychlé reakce na změnu přání zákazníků a plnění dodavatelů a to vše nejlépe bez prodlev, v reálném čase. Tyto komplexní požadavky je možné zastřešit pouze počítačovými systémy, které jsou schopny plánování a řízení výroby on-line zabezpečit a především poskytnout predikci sledovaných parametrů výroby na základě provedených změn.

Ocitáme se v oblasti tzv. Computer Integrated Manufacturing (**CIM**), počítači podporované (integrované) výroby. CIM je filosofií celého systému řízení výrobního podniku, nasazením informačních technologií do všech činností výrobní a inženýrské praxe od návrhu a tvorby výrobku až po jeho expedici s cílem snížení materiálové a energetické náročnosti, snížení zásob, zvýšení produktivity práce, zkrácení průběžné doby vývoje a výroby, zvýšení časového a výkonového využití výrobních zařízení a zvýšení kvality výrobků a výroby³.

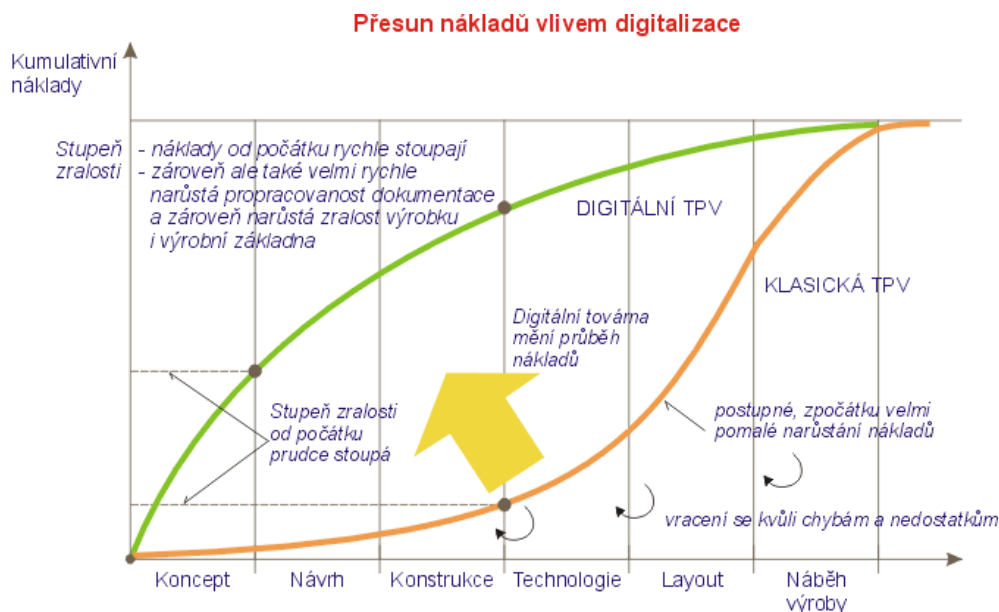
Pomocí digitalizované formy informačních toků můžeme vytvořit mechanismus rozhodovacích, sledovacích a vyhodnocovacích funkcí, které umožní optimalizovat výrobní proces včetně finálních výrobků. CIM chápeme jako systém umožňující vyjádření, specifikaci a vizualizaci všech rozhodovacích a procesních činností výrobního procesu prostřednictvím dat a jejich vzájemné propojení a využití datových souborů u jednotlivých uživatelů systému⁴.

V rámci výrobního systému se musí skloubit velmi mnoho různorodých informací, znalostí, metod, prací, zařízení a logistických konceptů, jako jsou informace o výrobku, výrobní plány, montážní postupy, simulace procesů⁵ a průběhů, náklady, projektové řízení, dokumentace, logistika a především je nutné dělat maximum procesů paralelně. Zde se dostáváme k pojmům Product Data Management (**PDM**) a Product Lifecycle Management (**PLM**), které jsou hlavní součástí CIM a zastřešují části digitální fabriky - digitální design (**CAD/CAM/CAE**), digitální plánování (**ERP**), digitální výrobu (**MPM**).

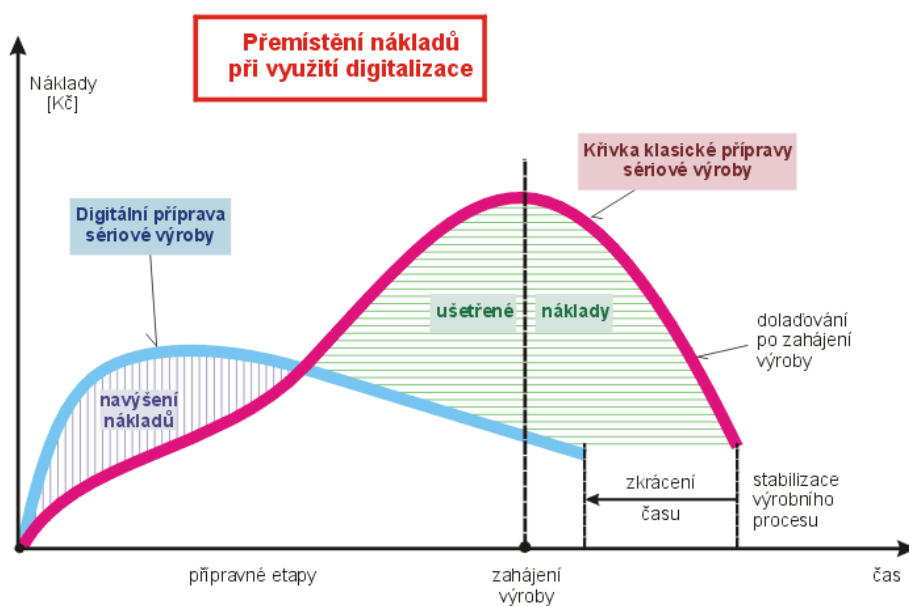
³ [7] MOLNÁR, Z.: *Počítačem integrovaná výroba – CIM*. Vydavatelství ČVUT v Praze, 1995. str. 9.

⁴ [3] ZELENKA, A.: *Projektování výrobních procesů a systémů*. ČVUT v Praze, 2007. str. 18.

⁵ [10] Cameron, I.T., Ingram, G.D.: *A survey of industrial process modelling across the product and process lifecycle*. Computers and Chemical Engineering, Volume 32, 2008. p. 420-438



Obr. 2.1 – Vliv zavedení CIM na stupeň zralosti výrobku a náklady⁶



Obr. 2.2 – Počáteční zvýšené náklady na zavedení CIM jsou kompenzovány již během přípravy výroby, kterou navíc zásadním způsobem zkracují⁶

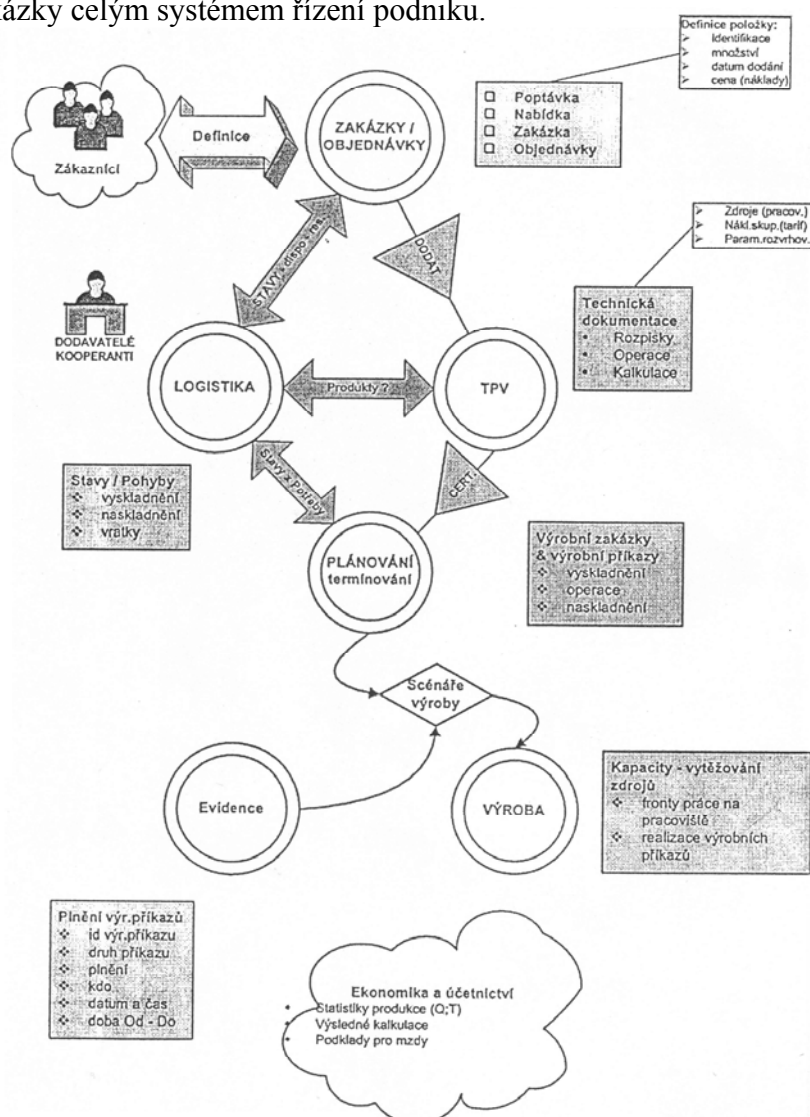
Publikované účinky digitální fabriky v oblasti automobilového a leteckého průmyslu⁶:

- rychlejší náběh výroby až o 15%
- celková vyšší produktivita až o 10%
- zvýšení produktivity stávajících výrobních zařízení až o 20%
- snížení počtu výrobních zařízení, nástrojů a periférií až o 40%
- snížení investičních nákladů na nová výrobní zařízení až o 20%
- zkrácení projektových časů až o 20%

Jak je patrné z uvedených údajů, dopady zavedení CIM jsou zásadní jak v oblasti snížení celkových nákladů jak na vývoj, tak i výrobu produktu, stejně tak i na zkrácení času uvedení produktu na trh⁶. Zde bych upozornil na fakt, že z dostupných zdrojů zatím není prokazatelný podobný efekt v případě zakázkové výroby, kde bude především zavedení CIM podle mého názoru obtížnější vzhledem k finanční náročnosti pořízení potřebných programů, tak k nutnosti jejich obsluhy kvalifikovanou obsluhou.

Návrh integrovaného systému technické přípravy výroby, Obr. 2.3, zpracovala skupina ASEPO SW, která je součástí společnosti CPE Group, <http://www.cpe.cz>. V otázkách modelování výrobních procesů s firmou ASEPO SW na Ústavu technologie obrábění, projektování a metrologie, Fakulty strojní ČVUT v Praze, spolupracujeme.

Schéma ukazuje jedno z prvních komplexních řešení problematiky řízení zakázkové výroby, provázanost jednotlivých útvarů vychází z jejich reálné struktury při průchodu zakázky celým systémem řízení podniku.

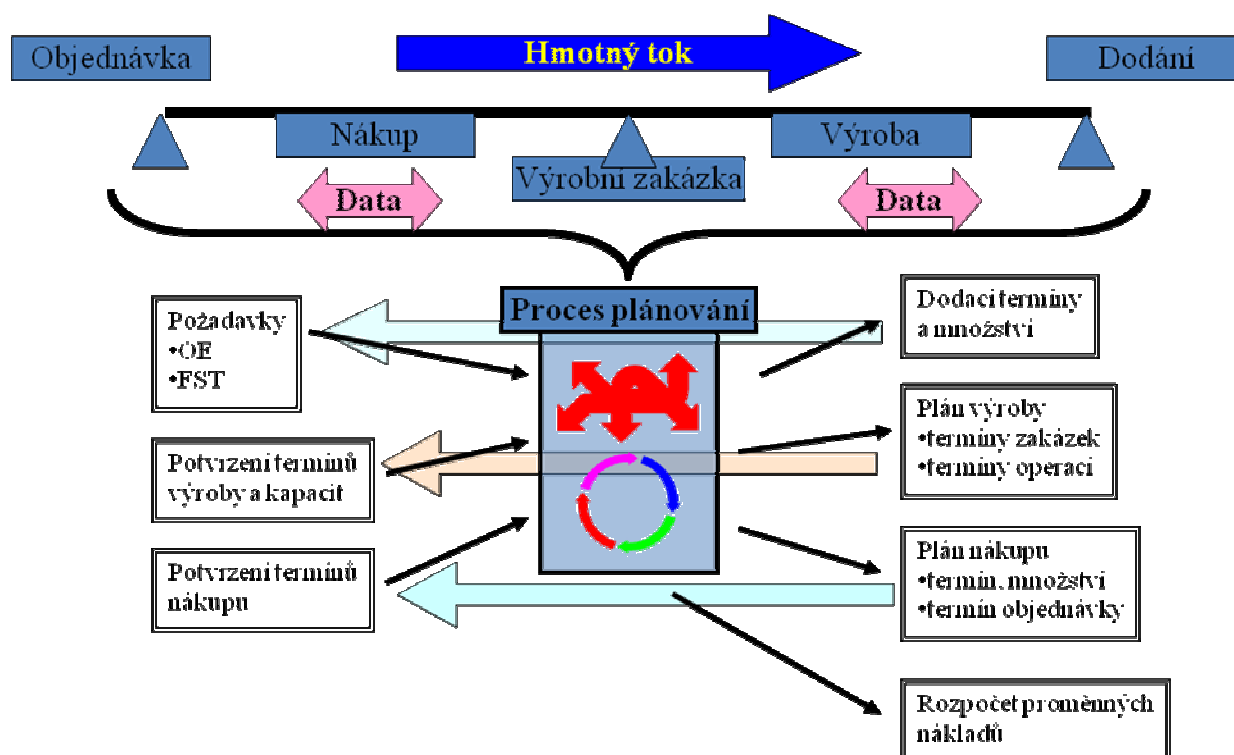


Obr. 2.3 – Základní schéma vazeb útvarů TPV a posloupnost zpracování datových souborů⁷

⁶ [11] PARK, B.J., CHOI, H.R.: *A Genetic Algorithm for Integration of Process Planning and Scheduling in a Job Shop*. Lecture Notes in Computer Science, 2006. p. 647-657. ISSN 1611-3349

⁷ [3] ZELENKA, A.: *Projektování výrobních procesů a systémů*. ČVUT v Praze, 2007. str. 19.

Další řešení reálně fungujícího modelu CIM představila firma Walter Engines, zabývající se výrobou leteckých motorů a jejich příslušenství, na 11. ročníku mezinárodního semináře Modelování a optimalizace podnikových procesů 2008.



Obr. 2.4 – Schéma zpracování zakázky ve firmě Walter Engines⁸

Strojírenské firmy jsou nuceny neustále hledat optimální řešení pro řízení výrobních procesů kvůli minimalizaci rizika chybných rozhodnutí. Jedním z nástrojů, které toto umožňují, jsou metody simulace. Simulační model výrobních procesů a systémů je součástí systému Advanced Planning and Scheduling (APS), systému pokročilého plánování a rozvrhování. Po zavedení APS může dojít k těmto zlepšením⁹:

- snížení zásob materiálu a rozpracované výroby
- zvýšení využití strojního vybavení
- zkrácení dodací lhůty zákazníkům
- možnost simulace a modelování "what, if..."
- možnost plánování s omezenými kapacitami a skutečnou dostupností materiálu
- plánování na alternativní zdroje (pracoviště)
- plánování alternativních materiálů
- reálně splnitelná fronta práce na (téměř) všech pracovištích
- interaktivní ovládání a hloubková analýza dat
- zvýšení rychlosti plánování a výpočtů
- zvýšení průtočnosti (tržeb), příchod nových zákazníků

⁸ [5] KOCIÁN, P.: *Prezentace Walter Engines*. WALTER ENGINES a.s. Seminář Modelování a optimalizace podnikových procesů 2008, ZČU Plzeň, 7.2.2008

Z dosavadního přehledu je patrné, že problematika počítači podporovaných výroby je více než aktuální a z některých informací již lze dojít ke kvantifikovatelným důsledkům jejího nasazení. Zatím však existuje mnoho bílých míst, která v CIM a potažmo ERP nejsou zmapována, především v oblasti zakázkové výroby.

Z výrobního sektoru firem je jasná poptávka po zavádění CIM, současně ale chybí jasná prokazatelnost jejich výhod v zakázkovém typu výroby⁹.

3. Závěr

Ve výrobních strojírenských podnicích je jednoznačná poptávka po sofistikovaném řešení, zabývajícím se řízením, simulacemi a následnou optimalizací procesů v oblasti zakázkové výroby. Z dosavadních zkušeností vyplývá, že jednotlivé firmy se touto problematikou pokoušejí zabývat sice dlouhodobě avšak nekonceptně, mnohdy metodami typu pokus-omyl a bez jakékoliv návaznosti na systémy svých dodavatelů či zákazníků.

V tuzemské i zahraniční literatuře byla tato problematika v mnoha případech alespoň z části řešena, ale vždy izolovaně buďto z pohledu čistě ekonomického, jako malá podkapitola strojírenské výroby jako celku nebo z pohledu matematické teorie simulací, ve kterých je opět otázka zakázkové výroby řešena okrajově, jako malá část výrobního procesu zaměřeného spíše na plynulou, sériovou výrobu.

Tematika zakázkové výroby je obecně podceňována, přestože trend rozvoje výrobních firem je v posledních letech jednoznačný – globální konkurence nabývá na zásadní důležitosti, výrobky již nelze produkovat v unifikovaných deseti- a statisícových sériích pro anonymní velké skupiny zákazníky. Výrobci jsou nuceni na zakázkové výroby ze sériových přecházet anebo se na ni přímo specializovat a svůj výrobní program maximálně kastomizovat, dodávat tedy menší série výrobků více různým zákazníkům se specifickými požadavky. Situace se stává mnohem složitější při nutné realizaci více souběžných zakázek a jejich řízení. K tomu od počátku osmdesátých let minulého století vznikaly různé počítačové podpůrné systémy, jejichž užitnost byla velmi omezena, obvykle na statické evidenci množství materiálu.

Od počátku dvacátého prvního století je již výpočetní technika s potřebným výkonem běžně dostupná a umožňuje vytváření dynamických virtuálních modelů zakázkových výroby, jejichž studiem bude možné identifikovat hlavní faktory ovlivňující proces výroby a následně vytvořit metodiku pro jejich optimalizaci. Bez odhalení těchto faktorů a jejich vlivů nefunguje princip štíhlé výroby (lean production), není možné v zakázkové výrobě přistoupit k její racionalizaci a rozšíření produkce bez vynaložení zbytečných vícenákladů, které konkurenceschopnost firem výrazně snižují. Aby bylo možné zodpovědně a věrohodně v libovolném okamžiku sledovat a predikovat chování všech činitelů, které proces zakázkové výroby ovlivňují, je nutné systémy virtuálních a simulačních modelů plně integrovat do informačního systému podniku.

⁹ [12] HARRISON, D.K., PETTY, D.J.: *Systems for Planning & Control in Manufacturing*. MPG Books Ltd., Bodmin, Cornwall, 2002. p. 165-172. ISBN 0-7506-49771

4. Seznam použité literatury

- [1] KATUŠČÁK, D., MEŠKO, D., FINDRA, J.: *Akademická příručka*, Osveta, Martin, SR, 2005, 496 s., ISBN 80-8063-200-6
- [2] ČSN ISO 690-2: *Bibliografické citace – část 2: Elektronické dokumenty a jejich části*, Český normalizační institut, Praha, 1996
- [3] ZELENKA, A.: *Projektování výrobních procesů a systémů*. ČVUT v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0
- [4] KAVAN, M.: *Výrobní a provozní management*. Grada Publishing, Praha, 2002. s. 117-158. ISBN 80-247-0199-5
- [5] KOCIÁN, P.: *Prezentace Walter Engines*. WALTER ENGINES a.s. Seminář Modelování a optimalizace podnikových procesů 2008, ZČU Plzeň, 7.2.2008
- [6] LEEDER, ŠIMON, ČERNÝ, BUREŠ, DIENSTBIER, BEHÚN, GÄRNER: *Digitální fabrika*. KPV, ZČU Plzeň. Seminář Modelování a optimalizace podnikových procesů 2008, ZČU Plzeň
- [7] MOLNÁR, Z.: *Počítačem integrovaná výroba – CIM*. Vydavatelství ČVUT v Praze, 1995. 180 s. ISBN 80-01-01281-6
- [8] VOLF, L.: *Analýza vlivů rozhodujících podmínek pro zakázkovou výrobu*. Souhrnná kritická rešerše, FS ČVUT, Praha 2008. 45s.
- [9] KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETKA, B., MATUSZEK, J.: *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilinská univerzita v Žiline, 2000. 397 s. ISBN 80-7100-553-3
- [10] CAMERON, I.T., INGRAM, G.D.: *A survey of industrial process modelling across the product and process lifecycle*. Computers and Chemical Engineering, Volume 32, 2008. p. 420-438
- [11] PARK, B.J., CHOI, H.R.: *A Genetic Algorithm for Integration of Process Planning and Scheduling in a Job Shop*. Lecture Notes in Computer Science, 2006. p. 647-657. ISSN 1611-3349
- [12] HARRISON, D.K., PETTY, D.J.: *Systems for Planning & Control in Manufacturing*. MPG Books Ltd., Bodmin, Cornwall, 2002. p. 165-172. ISBN 0-7506-49771