

Tvorba experimentů a scénářů kvality dodržování lhůt materiálových toků ve výrobě

Ing. George Cristian Gruia

Vedoucí práce: Doc. Ing. Michal Kavan, CSc.

Abstrakt

Príspevek se zaměřuje na zvýšení produktivity podniku, z pohledu řízení kvality, časové struktury výrobního procesu, jedné i více pracovních operací, na souběžně řazených strojích. Úkolem bylo rozšířit řízení kvality i do oblastí zatím málo probádaných, fungujících v režimu JiT. Eliminaci časových odchylek od smluvního času dodání. Mimo jiné byl vytvořen nový manažerský nástroj, schopný postihnout požadovanou míru časových odchylek i náklady s tím spojené. Metodologie implementace nového manažerského nástroje (Indexu S) směřuje do podnikové praxe, eliminuje rizika výpadku podniku z dodavatelsko-odběratelského řetězce. Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č.SGS13/191/OHK2/3T/12 "Optimalizační algoritmy rozvrhování strojírenské výroby" a grantem Grantové Agentury ČR, č.P403/12/1950 "Navrhování experimentů v oblasti vývoje produktu a více-faktorová optimalizace produkce".

Klíčová slova

Kvalita, smluvní čas dodání, výrobní proces, pracovní operace, odchylky.

1. Úvod

Příspěvek seznamuje s hlavními závěry a přínosy disertační práce napsaná v angličtině, s názvem "Design of Experiments in scheduling scenarios for workload distribution and qualitative usage of time".

1.1 Cíle disertační práce

Disertace se zaměřuje na zvýšení produktivity podnikového hospodaření z pohledu řízení kvality časové struktury výrobního procesu jedné a více pracovních operací, na souběžně řazených strojích. Hlavním úkolem bylo rozšířit řízení kvality i do oblastí zatím neprobádaných, fungujících v režimu Just-In-Time (JiT). Zjednodušeně řečeno, jde o eliminaci (kvalitu) časových odchylek od smluvního času dodání. Tomu odpovídají dílčí cíle (úlohy):

- A. Vytvoření nového manažerského nástroje, který je schopen obsáhnout určitou míru časových odchylek od normy (kvalitu) výrobního procesu s náklady dodání dříve, nebo později
- B. Stanovení odpovídající metodologie implementace nového manažerského nástroje (Indexu S) do podnikové praxe.
- C. Konstrukce unikátní hodnotící stupnice pro posouzení míry dosažené kvality, prostřednictvím Indexu S, v malých a středně velkých strojírenských podnicích.

1.2 Zaměření výzkumu

Pro dosažení tohoto unikátního cíle se ukázalo v průběhu práce nezbytné matematicky formulovat vstupní i výstupní proměnné. Na základě požadavků optimalizace vzniklého

modelu se zrodil nový a unikátní **Index kvality S jako míra eliminace odchylek lhůtových výrobních plánů:**

$$S = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^f (e w_{ki} E_{ki} y_{ik} + t w_{ki} T_{ki} z_{ik} + w_{ki} C_i)}{\sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^f \frac{q_i}{t_{c_i} * (E_{ki} + T_{ki} + C_i)}} = \min \quad (1)$$

Výše uvedený matematický vztah odpovídá zadaným cílům a úlohám disertační práce. Spolu s dalšími optimalizačními algoritmy tvoří vědecký základ práce. Na základě řešení, obsažených v disertační práci je možné konstatovat, že předchozí dílčí cíl A byl splněn při použití metody Návrhů Experimentů (Design of Experiments), ve kterém se testoval model a níže uvedené hypotézy, které byly potvrzeny.

Následně s pomocí Greedy algoritmu, přizpůsobeném účelům disertační práce, byl optimalizován chod výrobních linek **malých a středně velkých strojírenských podniků, fungujících v režimu synchronizované sériové výroby.**

Pojmem "optimalizace" rozumím:

- **Uspořádání pracovišť prostřednictvím zátěže typu „Greedy“** (neomezený, nenasytný);
- **Maximalizaci využití zdrojů času v mezioperační logistice** s pomocí optimalizačního postupu „Včelího algoritmu“ (Bee algorithm);
- **Eliminace časových odchylek (od ideálního času dodání - kvality)**, chápané jako funkce celkových vstupních nákladů časových odchylek (kladných i záporných - předstihů, zpoždění);

1.3 Účel a hypotézy disertační práce

„Tvorba experimentů a scénářů kvality dodržování lhůt materiálových toků ve výrobě“ představuje nový způsob, jak řešit problém lhůtového plánování, kde *„komplexní kvalita dodávek“* hraje strategickou roli.

Disertační práce má teoreticko-metodologický charakter, vyznačujícím interdisciplinárními prvky, s pomocí kterých řeší novou problematikou rozvoje kvality, kterou promítá do oblastí přesnějšího dodržování smluvních termínů (striktně vyžadovaných montážemi finalistů). Jedná se o rozšíření pojmu kvality na oblasti jakosti dodavatelsko-odběratelských vztahů, čím dál striktněji požadovaných prohlubující se filozofií výroby Just-In-Time.

H1: Implementací navrženého Indexu kvality lhůtových plánů (S), lze dosáhnout zkrácení průběžné doby výroby až do výše 10%, oproti spotřebě času řízeného klasickým technologickým projektem výroby.

H2: Rozvrhování (n) prací do skupiny (m) paralelně uspořádaných strojů, zvyšuje podnikovou produktivitu (míru efektivnosti využívání všech podnikových zdrojů).

H3: Odchytky celkové průběžné doby výroby dílů podléhají normálnímu rozdělení četnosti. Za kvalitu celkové spotřeby času výrobního procesu lze tedy považovat dodržení navrženého standardu.

2. Navrhování experimentů distribuce pracovního zatížení a kvalitního využití času

Hlavním nástrojem řešení jsou deterministické metody (Greedy algoritmus, Včelí algoritmus a Metoda duálního balení do košů) i další specifické výzkumné metody (Navrhování experimentů DOE, statistická regrese a korelační analýza a další statistické přístupy).

Přínosy modelu Indexu S jsou následující:

- Uvažuje výrobní proces z hlediska lepší využitelnosti času, zejména se zaměřuje na procesy se zpožděním/předstihem, oproti plánovanému harmonogramu. Ty, které je třeba zvažovat z finančního úhlu pohledu.
- Uvažuje kvalitu nejen dle stávajících norem ISO, ale také z pohledu rostoucích potřeb zákazníků. Ty čím dál víc zajímá spolehlivost návazných procesů výrobních linek,

mající vliv na časovou spolehlivost dodávek. Tato spolehlivost vytváří novou užitnou hodnotu, novou kvalitu.

- Vyhodnocuje spotřebu času s ohledem na výrobní náklady a posunuje úroveň kvality na další ekonomickou úroveň. Pomáhá racionalizovat výrobní procesy a tím zvyšuje produktivitu.
- Podporuje dlouhodobé plánování formou scénářů.
- Může být použit jako motivační nástroj zdokonalování managementu procesů, s cílem posílení principů coachingu.
- Snižuje riziko výpadku podniku z odběratelsko-dodavatelského řetězce, z titulu nízké kvality v dodržování domluvených dodavatelských termínů.

2.1 Metodologie implementace Indexu kvality lhůtových plánů (S)

Při testech mnou navrhovaného „Indexu kvality lhůtových plánů (S)“ jej bylo třeba odladit experimentálně a následně jeho funkčnost vyzkoušet v podnikové praxi. Tak vznikla a byla otestována implementační metodologie Indexu (S) a tím také byl splněn dílčí cíl B.

První část metodologie tvoří shromažďování a třídění nezbytných informací – toho co je uvedeno ve vzorci pro výpočet Indexu kvality lhůtových výrobních plánů (S):

1. Tvorba scénářů řízení: - pesimistický,
 - pravděpodobný,
 - optimistický.
2. Rozdělení procesů výroby v závislosti na obchodním modelu /práce s jednou operací a s více než jednou operací.
3. Uspořádání pracovních míst / procesů paralelně:
 - 3.1. Přednost práci dle vlastního prioritního pravidla FFBR (pracovní místa s jednou operací), nebo
 - 3.2. Dle dalších nově vytvořených prioritních pravidel NoBtl a MaxQminT, s částečným použitím pravidla SPT (pro více než jednu operaci) a
 - 3.3. Dle Greedy algoritmu tak, aby každý proces přidal maximální užitnou hodnotu ještě před předáním na další pracovní místo.
4. Stanovení optimistického, pravděpodobného a pesimistického postupu výrobního procesu, stanovení výrobní dávky k odeslání.
5. Podle CRM / CI nalezení užitných hodnot výrobků.
6. Identifikace hlavních i vedlejších procesů, které ovlivňují užitnou hodnotu přímo, nebo nepřímo.
7. Identifikace procesů, které by měly být provedeny v přesně daném časovém intervalu, nebo těch, co se mohou zpozdit, nebo těch, které lze realizovat s předstihem (dle optimistických a pesimistických scénářů plánování prací výrobní linky).
8. Stanovení priorit procesům, nejdůležitější proces s hodnotou 1 a nejméně důležitý získá hodnotu danou celkovým počtem operací výrobního procesu.
9. Utřídění procesů do 3 skupin (dle předchozího bodu 8) s odpovídající prioritou.
10. Výpočet celkových nákladů výrobku nebo šarže výrobků (dle dostupnosti dat).
11. Kalkulace celkových nákladů na jeden výrobek (šarži výrobků), v návaznosti na procesy a jejich časovou náročnost.
12. Výpočet funkce jakosti typu $q_i = x_i^2 + x_i + 1$ kde x_i je užitná hodnota produktů, počet pracovníků $i \in \{1, 2, \dots, h\}$, s přímým vlivem na spokojenost zákazníka.

Druhá část metodologie je věnována samotnému výpočtu Indexu S - odpovídajícímu maximální úrovni jakosti a minimální hodnotě ztrát času a nákladů.

13. Spustíte doplňkový IT program, nejméně na 10 tis. cyklů opakování, s dříve získanými, relevantními vstupy.
14. Opakujte předchozí bod nejméně pět krát za sebou, za účelem snížení pravděpodobnosti výskytu chyb.
15. Porovnejte vypočtené hodnoty s těmi v hodnotící stupnici a vyberte podstatné hodnoty z definovaného intervalu hodnotící stupnice.

Třetí část metodologie se týká eliminace cyklických chyb (jež se mohou vyskytnout) a určení konečných opatření pro zlepšení kvality procesů na základě Indexu (S).

16. Ve stejném grafu vypočtených hodnot Indexu (S) - eliminujte hodnoty, které jsou mimo limity specifikace – projevuje se tu přání zákazníka.
17. Upravte konečné hodnoty kvality (čas dokončení, celkové náklad) dle svého obchodního modelu (povšimněte si, že doba výroby, vypočtená programem je v minutách, program je nastaven na pracovní dobu 12 hodin na směnu (z důvodů praktické aplikace provedené v konkrétním podniku a konkrétních podmínkách), takže pokud máte 8 hodinovou směnu, stačí vynásobit hodnotu času poměrem 8/12.
18. Vraťte se k rovnici kvality a najděte koeficientu x_i odpovídající hodnoty a dle něho nastavte pracoviště přidávající užitnou hodnotu.
19. Udělejte totéž i pro celkové náklady i čas dokončení práce, při započtení nejpravděpodobnějšího scénáře a implementujte opatření plynoucí z vypočtených hodnot.
20. Pokud jsou vypočtené hodnoty Indexu (S) nevycházejí "dobře" v hodnotící stupnici – přijměte opatření ke snížení nákladů a zlepšení využívání času a znovu proveďte výpočet Indexu kvality lhůtových plánů (S).

Takto byl naplněn i dílčí cíl B.

2.2 Hodnotící stupnice Indexu kvality lhůtových plánů

Aby se dalo přesně zjistit, v jakém stavu se nacházejí podnikové výrobní procesy před (nebo po) implementaci indexu S v podniku – bylo nezbytné vytvořit hodnotící stupnici pro posuzování dle Indexu kvality lhůtových plánů (S). Ta je uvedena v následující tabulce, čímž byl splněn dílčí cíl C.

Tabulka 1.: Hodnotící stupnice Indexu kvality lhůtových plánů (S)

Hodnoty indexu (S) pro souběžné uspořádání stejných strojů		Hodnoty indexu (S) pro souběžné uniformní stroje		Hodnoty indexu (S) pro souběžné nezávislé stroje		
-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S \in [1 \cdot 10^8; 5 \cdot 10^8]$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S \in [16 \cdot 10^9; 51 \cdot 10^9]$	-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S \in [145; 215]$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S \in [405; 422]$	-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S \in [60; 168]$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S \in [277; 842,6]$	Spolehlivý
-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S \in [108 \cdot 10^8; 13 \cdot 10^9]$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S \in [34 \cdot 10^8; 134 \cdot 10^8]$	-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S \in [278; 353]$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S \in [423; 455]$	-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S \in [220; 355]$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S \in [217; 505]$	

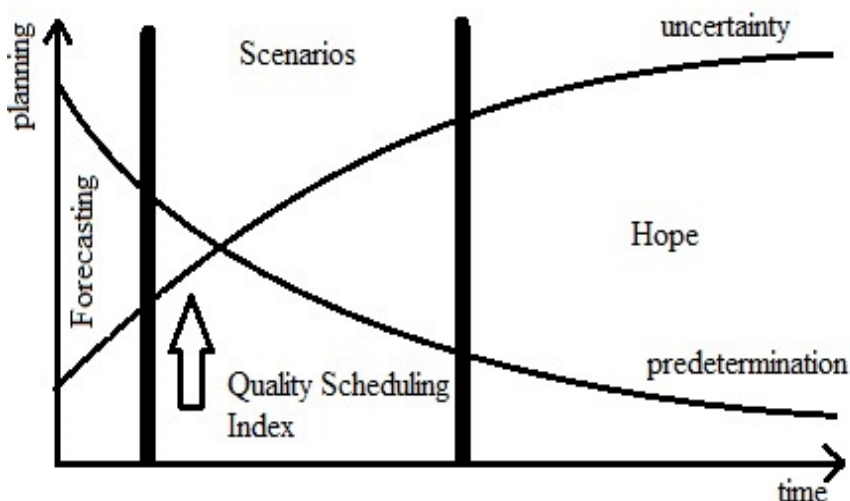
-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S \in [5,1 \cdot 10^8; 9 \cdot 10^8]$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S \in [51,1 \cdot 10^9; 9 \cdot 10^{10}]$	-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S \in [215,1; 273]$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S \in [422,1; 520]$	-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S \in [168,1; 343]$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S \in [843; 1680]$	Průměrný
-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S \in [131 \cdot 10^8; 22 \cdot 10^9]$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S \in [134,1 \cdot 10^8; 154 \cdot 10^8]$	-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S \in [353,1; 394]$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S \in [455,1; 502]$	-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S \in [356; 453]$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S \in [506; 634]$	
-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S > 10^9$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S > 10^{11}$	-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S > 273,5$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S > 520$	-pracovníky 1-100 -práce 1-100 $S > 344$	-pracovníky 101-250 -práce 101-250 $S > 1680$	Špatný
-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S > 221 \cdot 10^8$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S > 154 \cdot 10^8$	-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S > 394$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S > 502$	-pracovníky 1-100 -práce 101-250 $S > 454$	-pracovníky 101-250 -práce 1-100 $S > 635$	

Konstatuji, že i poslední dílčí cíl C byl naplněn.

2.3 Scénáře pomoci indexu S

Nově vzniklý manažerský nástroj (S) zvýší podnikovou produktivitu.

Index (S) je využitelný i při diverzifikaci podniku na trhy BRICS (jsou Exportní strategií ČR). Jeho aplikace v podnikové praxi je poměrně široká. S pomocí využití Indexu (S) lze plánovat na delší časový horizont, jak uvozuje můj následující graf (má filozofie jeho nasazení).

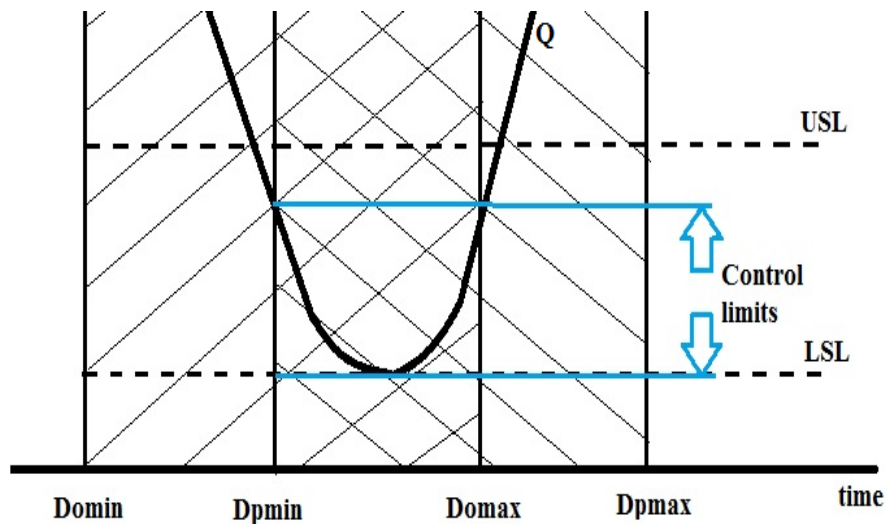


Obr. 1. Role Indexu kvality lhůtového plánu při plánování

Mám na mysli, že malý / středně velký strojírenský podnik, při implementaci Indexu kvality lhůtového plánování (S), zvýší kvalitu dodržení smluvních termínů v dodavatelsko-odběratelských řetězcích a tak uvolní peněžní prostředky, vázané ve zbytečných konsignačních skladech, nebo dalších finančních

prostředků, které by musely být vynaloženy podnikem k uhrazení penále z prodlení, nebo dokonce jako pokuta z titulu zastavení montážního pásu některého z finalistů. To prakticky znamená, že uvolněné finanční prostředky lze využít produktivněji. Jde je vložit do inovace produktů, různých marketingových kampaní, nebo do vybudování oddělení vědy a výzkumu. S pomocí Indexu (S) lze vhodně upravit strategii výroby i prodeje a vytvořit lepší scénáře, založené na prognózování poptávky pro delší časový horizont než předtím.

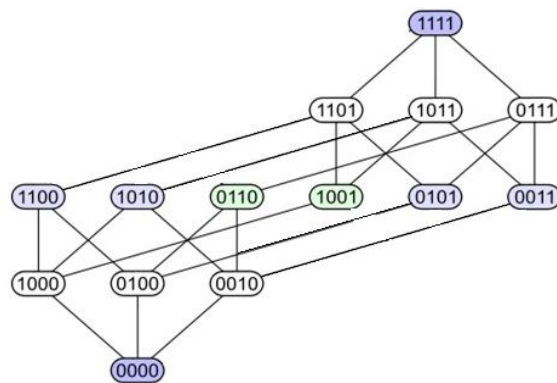
Pomocí samého indexu S, podniky si mohou samy spočítat funkci kvality, jak je uvažovaná zákaznického segmentu, a řídit svoje výrobní procesy tak, aby měli limity specifikace produktů vyšší než kontrolní limity výroby, aby mohli prodávat všechno, co vyrábí v duchu Just-In-Time. Grafické uvažování této myšlenky můžeme vědět z obrázku č.2.



Obr. 2. Kontrolní limity v souvislosti se specifikačními limity zákaznického segmentu

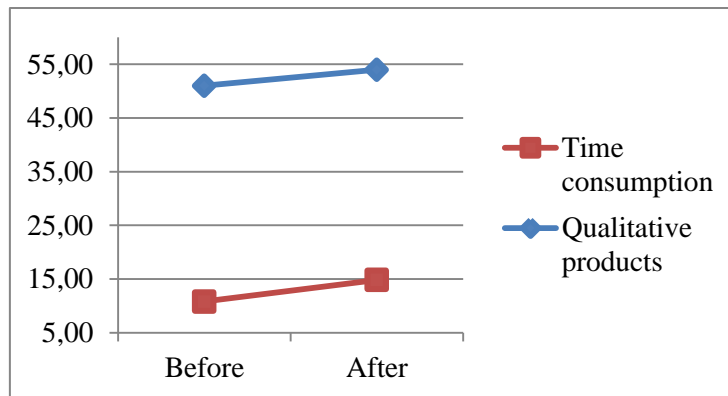
2.4 Greedy algoritmus

Autor uspořádal pracovní místa ve výrobní hale podle obrázku č. 3 s cílem snížit fixní vstupní náklady a k tomu používal upravený Greedy algoritmus pro oblasti operačního a výrobního úseku v malých a středně velkých strojírenských podnicích.



Obr. 3. Uspořádání pracovních míst pomocí Greedyho přístupu

Autor ověřil, že s vysokou pravděpodobností pomocí vlastních prioritních pravidel NoBtI a MaxQminT i při částečném využití pravidla SPT lze dosáhnout 27%-ní zlepšení časového využití výrobních linek a 6%-ní navýšení kvality dodávek (aplikováno ve středně velkém rumunském strojírenském podniku v srpnu 2013).



Obr. 4. Dosažené výsledky po implementaci vlastních prioritních pravidel NoBtl a MaxQminT a částečném využití pravidla SPT

2.5 Metoda duálního balení do košů

V disertační práci používám upravenou deterministickou metodu s názvem Duálního balení do Košů. V takto řešeném problému se jedná o maximalizaci počtu položek, které mohou být zpracovány, s využitím zásobníků. Jedná se o maximalizaci využití zdrojů výrobních činností.

V disertační práci jsou použita nově vzniklá pravidla:

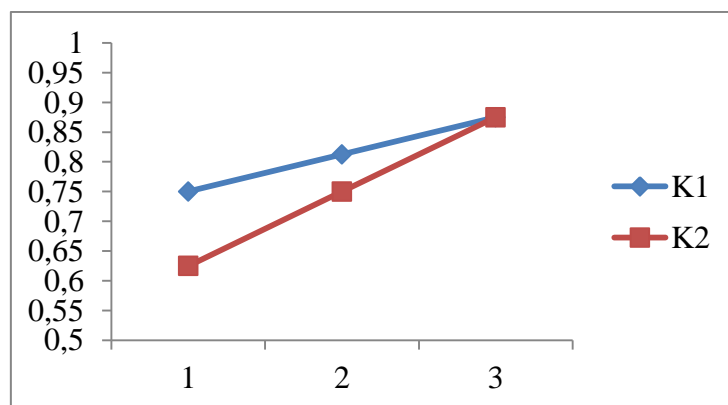
- První Vhodné-Zvyšující (FFI) označeno s “1“ v obrázku č. 5.
- První Vhodné-Klesající (FFD) označeno s “2“ v obrázku č. 5.
- První Vhodné-Nejlepší-Randomizované (FFBR) označeno s “3“ v obrázku č. 5.

K tomu účelu byly vyvinuty následující ukazatele:

$$k_1 = \frac{\text{celkový čas kdy pracovní plocha je obsazena}}{\text{celkový dostupný čas pracovních ploch}}$$

$$k_2 = \frac{\text{lhůtově plánované motory}}{\text{celkový počet lhůtově plánovaných motorů}}$$

To vedlo k cca 25%-nímu navýšení dodávek v režimu Just in Time. Zkvalitnila se logistika přeprav leteckých motorů, snížila se hladina nedodržených lhůt dodávek. Rovněž vede k cca 12,5%-nímu zlepšení ve využívání pracovních ploch, které přispívá lepšímu využití klimatizovaných výrobních zdrojů a minimalizuje angažovanost fixních nákladů.



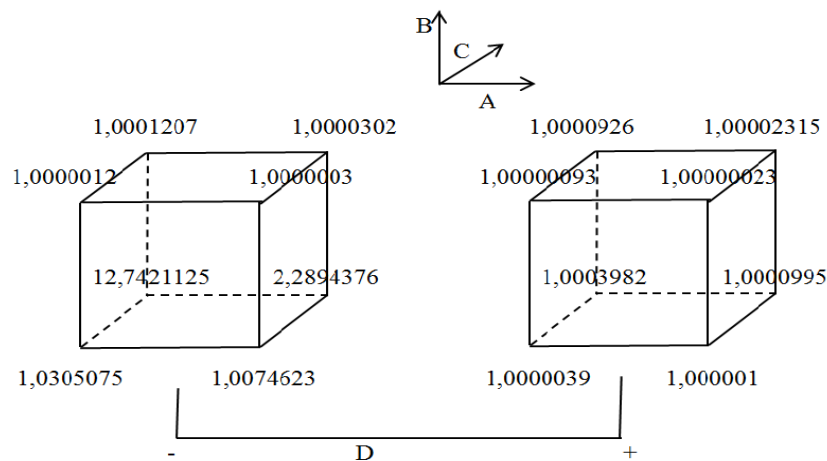
Obr. 5. Výsledky aplikaci metody duálního balení do košů v rumunském podniku

2.6 Algoritmus včelí

K optimalizaci stochastického modelu výrobního procesu používám „včelí algoritmus“: (květiny=práce & včely=pracovníci), heuristický přístup k řešení, inspirovaný životem včel (známý jako Bee Algorithm). Na tomto základě byl v disertační práci vytvořen přizpůsobený matematický model, který byl otestován pomocí metodou Design of Experiments, jak je vidět z obrázku č. 6 a z tabulky č. 2.

Tabulka 2. – Používané činitele pro můj 2^4 faktoriální návrh experimentu

Činitele	Nízký (-)	Vysoký (+)
A=priorita	4	1
B=kapacita	1%	100%
C=čas letu	1	30139,5
D=čas přípravy	0,25	10046,5



Obr. 6. Návrh 2^4 faktoriálního experimentu

V praktické podnikové aplikaci byla naměřená data statisticky zpracována a následně bylo zjištěno, že specifikace zákazníka přesahuje kontrolní limity. Bylo prokázáno, že procesy jsou říditelné, lze tedy tvrdit, že Index kvality lhůtových plánů (S) splňuje požadavky, dané na řízení procesů v čase.

$$CL = \bar{\bar{q}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{q}_i = 1,213460$$

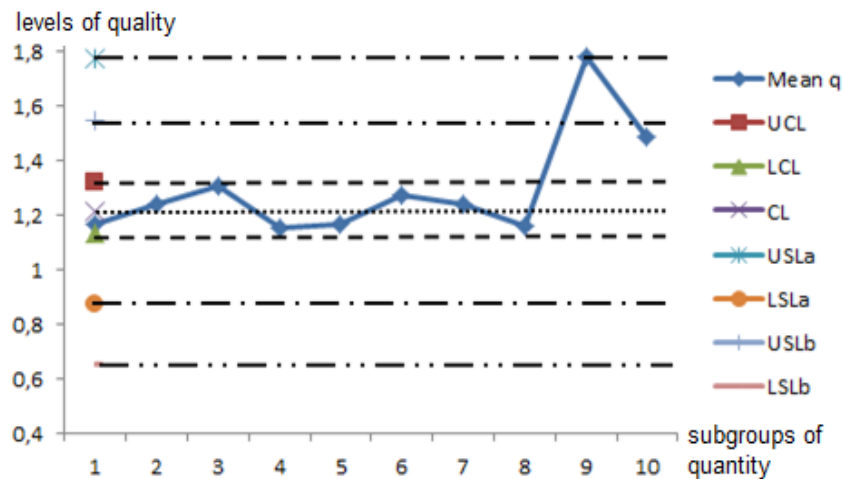
$$\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i^2} = \sqrt{\frac{1}{k(n-1)} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (q_{ij} - \bar{q}_i)^2} = 0,1123016$$

$$UCL_{\bar{q}} = \bar{\bar{q}} + A_3 \bar{s} = 1,322954 \sim 1,323$$

$$LCL_{\bar{q}} = \bar{\bar{q}} - A_3 \bar{s} = 1,114834 \sim 1,115$$

$$UCL_S = B_4 \bar{s} = 1,716 * 0,1123016 = 0,1927$$

$$LCL_S = B_3 \bar{s} = 0,284 * 0,1123016 = 0,0319$$



Obr. 7. Úroveň kvality dodržení smluvních termínů v dodavatelsko-odběratelském řetězci s horním a dolním kontrolním specifikačním limitem

3. Závěr

V mé disertační práci s názvem *“Tvorba experimentů a scénářů kvality dodržování lhůt materiálových toků ve výrobě”* byly vytyčené cíle naplněny a vědecké hypotézy potvrzeny.

Za hlavní přínosy disertační práce lze považovat:

- Originální a ucelený pohled na kvalitu lhůtového rozvrhování výrobního procesu a na problematiku eliminace časových odchylek od výrobního plánu, pomocí aplikace pokrokových optimalizačních postupů;
- Přínos disertační práce je umocněn řadou prestižních publikací, ve kterých byly výsledky výzkumu veřejně prezentovány a následně v diskusích obhájeny. Publikace jsou ve vědeckých databázích jako EBSCO-CEEAS, DOAJ, CEEOL, RePEc, Index Copernicus, PROQUEST, ULRICH, DRJI, Google Scholar, MENDELEY.
- Potvrzení funkčnosti navrženého indexu (S) v praxi strojírenského podniku (ověřena hypotéza H3).

Možnost praktické aplikace indexu S:

- Počítačový program, počítající Index kvality lhůtového plánování (S) může být využit v praxi malých a/nebo středních podnicích pro zvýšení podnikové produktivity.

Nové informace pro obohacení oboru Řízení a Ekonomiky Podniku:

- Disertační práce má značný význam v rozvoji aplikovaného Operačního Výzkumu i Výrobního a provozního managementu. Zdokonaluje chápání kvality lhůtového plánování paralelně uspořádaných strojů. Kombinuje distribuci workflow s maximalizací využívání výrobních zdrojů.
- Výzkum obsažený v disertační práci neobsahuje jen Index (S), ale řešení celé řady souvisejících optimalizačních problémů, včetně ověření hypotéz jejich platnosti. Disertace přispívá tomu, aby řízení podniku bylo preciznější a přitom rychlejší. Samotný Index kvality lhůtového plánování (S) vznikl na zakázku filosofie Just-In-Time a může sehrát strategickou roli v podniku 21. století.

Seznam symbolů

S	index kvality lhůtového plánu	(-)
x_i	užitná hodnota produktu z pohledu dodržení časových termínů	(-)

s	směrodatná odchylka	(-)
tc_i	celkové náklady	(Kč)
C_i	čas dokončení práci	(s)
ew_{ki}	prioritu pro práci v předstihu	(-)
tw_{ki}	prioritu pro zpožděnou práci	(-)
w_{ki}	prioritu pro práci dokončená mezi optimistickým a pesimistickým intervalu času	(-)
E_{ki}	předstih práci	(s)
T_{ki}	zpoždění práci	(s)
q_i	kvalita dodržení smluvního času	(s ⁻²)

Seznam použité literatury

[1] GRUIA, G.C.: Experiments for identical parallel machine scheduling with bee algorithm, In *Conference STČ 2013*, Prague: CTU, Faculty of Mechanical Engineering, 2013, vol. 1, ISBN 978-80-01-04796-5.

[2] GRUIA, G.C., KAVAN, M.: An off-line Dual Maximum Resource Bin Packing Model for solving the maintenance problem in the aviation industry, *Journal of Global Economic Observer*, no.1, vol.1/2013, [online], pp.89-97, “Nicolae Titulescu” University Publishing House, ISSN 2343 – 9742.

[3] GRUIA, G.C., KAVAN, M.: A Greedy Czech Manufacturing Case, In *ICMSEM 2013: International Conference on Manufacturing Systems Engineering and Management*, Toronto, 20.-21 June 2013, Canada, [online], World Academy of Science Engineering and Technology, vol.78:2000-2007, e-ISSN 2010-3778.

[4] GRUIA, G.C.: Designing an algorithm in scheduling of manufacturing processes on parallel uniform machines, In *Sborník ze 14. Konference při příležitosti 55. Mezinárodního strojírenského veletrhu v Brně*, [online], Říjen 2013, CVUT v Praze, Fakulta Strojní, str. 17-26, ISBN 978-80-01-05353-9.

[5] GRUIA, G.C.: Methodology development for implementation of quality management system within SME from the products' lifecycle point of view. *Manager Journal*. [online]. 2012, vol. 15, p. 92-104. ISSN 1453-0503.

[6] GRUIA, G.C.: Šetření systému řízení jakosti českých strojírenských podniků v každé etapě životního cyklu výrobků: původní výsledky. In *QUAERE 2012*. [CD-ROM]. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 2012, díl 1, s. 44-53. ISBN 978-80-905243-0-9.