

A vertical dotted line runs down the left side of the page, starting from the 'AIE' logo and extending past the main title.

POKROKOVÉ PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO

Monografia z vedeckých seminárov AIE
realizovaných na Katedre priemyselného inžinierstva v roku 2011

POKROKOVÉ PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO



POKROKOVÉ PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO



Monografia z vedeckých seminárov Katedry priemyselného inžinierstva realizovaných v roku 2011

Editor: doc. Ing. Ľuboslav Dulina, PhD.

Editori edície: prof. Ing. Milan Gregor, PhD.
prof. Ing. Branislav Mičieta, PhD.

Zalomenie textov: Ing. Vladimíra Biňasová

Vydavateľ: CEIT, a. s. Univerzitná 6, 010 08 Žilina
pre Žilinskú univerzitu v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina

Rok vydania: 2012

Vydanie: prvé

ISBN 978-80-970440-4-6



OBSAH

ÚVOD

Ing. Jana Strápková

SYSTÉMY RIADENIA VÝROBY (MES) 5

Ing. Zuzana Špániová

ERP SYSTÉMY – SITUÁCIA NA SLOVENSKU A VO SVETE 15

Ing. Richard Tencer

PRIEMYSELNÉ ROBOTY 25

Ing. Ján Ďurica

PRIEMYSELNÉ KAMEROVÉ SYSTÉMY..... 35

Ing. Peter Macek

AKČNÉ ČLENY V PRIEMYSELNEJ AUTOMATIZÁCI 47

Ing. Vladimír Novák

**PROJEKTOVANIE SKLADOVÉHO HOSPODÁRSTVA V KONCEPTE
DIGITÁLNEHO PODNIKU..... 58**

Ing. Lenka Flanderová

**ÚDRŽBA VO VÝROBNOM SYSTÉME – JEJ PODSTATA A NOVÉ
SMEROVANIE..... 68**

Ing. Štefan Figa

**ROZVRHOVANIE ZÁKAZKOVEJ
VÝROBY S PODPOROU SIMULÁCIE A EVOLUČNÝCH METÓD..... 84**

Ing. Silvia Palajová

**SIMULÁCIA A SIMULAČNÉ METAMODELOVANIE
VÝROBNÝCH SYSTÉMOV..... 96**

Ing. Vladimíra Biňasová

**RIADENIE VÝROBNÝCH ORGANIZÁCIÍ VPODMIENKACH
HOSPODÁRSKEJ KRÍZY..... 105**



ÚVOD

Asi každý vie odpovedať na otázku kam sa dostaneme bez inovácií v našej práci. Snaha byť špičkovým pracoviskom v priemyselnom inžinierstve nielen na Slovensku, vedie cez rozvoj perspektívnych smerov. To všetko musí cieľavedome ovplyvniť štruktúru a obsah pedagogického procesu. To je možné dosiahnuť aj prostredníctvom zapájania študentov do výskumných aktivít.

Nositeľmi rozvojových smerov AIE na musia byť mladí vedeckí pracovníci, postdoktorandi a doktorandi, ktorý takto ďalej rozvíjajú vedecké oblasti, ktoré boli a sú ich predmetom riešenia doktorandských dizertačných prác. Za podpory školiteľov ako garantov pedagogického procesu sa takto zabezpečí prepojenosť pedagogiky, výskumu a aplikácie najnovších poznatkov v oblasti AIE.

Hlavné smery AIE na KPI rešpektujú prognózy ďalšieho technologického vývoja, stratégie rozvoja slovenskej spoločnosti a výskumu. Stavajú pri tom na základných prvkoch klasického priemyselného inžinierstva, bez ktorých by nadstavba nemal význam.

AIE vyplýva z potrieb novej štruktúry a postavenia priemyslu v globálnej a znalostnej spoločnosti. Riešenia pre priemysel si vyžadujú nový pohľad. Nemôžeme čakať, že nové riešenia prídu k nám. Silné vedecké tímy musia byť inkubátorom riešení, ktoré sa budú ponúkať. Nejde len o rozvoj niekoľkých separátnych smerov v rámci priemyselného inžinierstva, ale o jednotnú líniu budovania AIE z pohľadu vedeckého, odborného, výskumného pedagogického spojené s rozvojom ľudských zdrojov.

V rámci tejto stratégie sa v roku 2011 konali na Katedre priemyselného inžinierstva vedecké semináre, kde hlavne mladí vedeckí pracovníci a doktorandi pripravili vedecké prednášky na témy, v ktorých realizujú svoj výskum. Cieľom bolo priblížiť riešenú problematiku so zameraním na aktuálny stav riešenia a poznania u nás a vo svete, stanoviť strategické smerovanie a ciele a následne možnosti využitia výsledkov v rámci transferu poznatkov do priemyselnej praxe. Jednotlivé témy pokrokového priemyselného inžinierstva prezentované na vedeckých seminároch prináša čitateľom táto monografia.

Editor

SYSTÉMY RIADENIA VÝROBY (MES)



Ing. Jana Strápková

Neustále meniace sa požiadavky zákazníkov na skracovanie dodacích lehôt, zvyšovanie kvality výrobkov a ďalších podstatných aspektov pre výrobu mali za následok vznik zložitejšieho toku informácií. Nastala potreba moderných informačných systémov, ktoré by dokázali pružne reagovať na vznikajúce zmeny v rámci spoločnosti. Postupným vývojom informačných systémov sa dostala do popredia požiadavka, aby boli zabezpečené údaje na správnom mieste, v správnom čase, v požadovanej kvalite a boli dostupné príslušným pracovníkom. V dôsledku toho dôležité miesto v rámci spoločnosti v súčasnej dobe majú systémy pre riadenie výroby.

1. Vývoj informačných systémov podniku

Informačné systémy v rámci podniku prešli významnými vývojovými etapami. Jednotlivé vývojové etapy a začiatok samotného vývoja sa v rozličných odborných zdrojoch odlišujú. Medzi významný medzník patrí vznik systémov riadenia zásob so signálnou hladinou (ROP). Tieto systémy využívali k predpovedaniu dopytu zásob údaje z minulosti. Porovnávali dostupné zásoby so stanovenou signálnou hladinou. Ak zásoby klesli pod túto úroveň bol daný okamžite podnet na objednávku. V koncu 60-tych a začiatkom 70-tych rokoch sa začali vyvíjať systémy pre plánovanie materiálových požiadaviek (MRP). Technika plánovania MRP brala do úvahy skutočné potreby určitého výrobku, ktoré boli stanovené požiadavkami zákazníkov, alebo predpovedaním budúceho dopytu. Jej súčasťou bolo tiež porovnanie požiadaviek na materiál určitého výrobku so stavom skladových zásob, nedokončenej výroby a výrobných zákaziek.

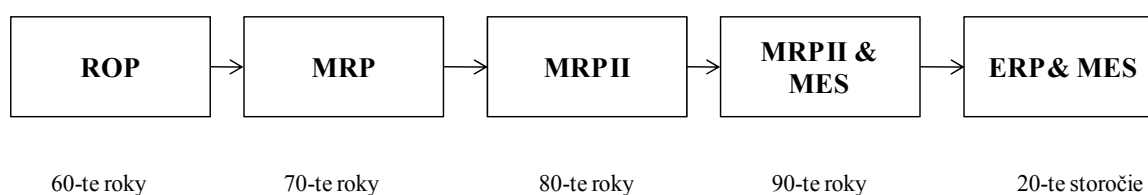
Hlavnou nevýhodou týchto systémov bolo to, že nebrali do úvahy kapacitné obmedzenia výrobných zdrojov. Tento nedostatok bol odstránený v systémoch pre plánovanie výrobných zdrojov (MRP II). Metóda plánovania MRP II vznikala postupne. Tieto systémy umožňovali integrovanie materiálových, kapacitných požiadaviek a jednotlivé obmedzenia pri výpočte celkových výrobných kapacít. (Rondeau, 2001, s. 2) Aj keď dielenské riadenie MRP II spolu s kapacitným plánovaním požiadaviek vytvárali určitú formu spätnej väzby na činnosti nachádzajúce sa na úrovni dielne, poskytovali málo informácií pre ich efektívne riadenie. V dôsledku toho začali vznikať systémy pre riadenie výroby MES. Vznik týchto systémov

vyriešil otázku spolupráce medzi používanými MRP II systémami a jednotlivými zariadeniami nachádzajúcimi sa na úrovni dielne. Prvá zmienka o týchto systémoch pochádza z 90-tych rokov.

MES systémy rozšírili možnosť systémov pre plánovanie a riadenie výroby (PPS) a stali sa podporou zabezpečenia plynulého toku informácií medzi jednotlivými úrovňami podniku. Samostatné MRP II systémy boli opisované ako systémy uzavretého cyklu, MRP II spolu s MES môžeme charakterizovať ako nekonečnú slučku systému PPS. (Rondeau, 2001, s. 3) Aj keď systémy MES predstavovali dôležitú časť vývoja informačných systémov ku koncu 90-tych rokov došlo opäť k vývoju. Nedostatky zistené v systémoch MRP II boli odstránené v systémoch pre plánovanie podnikových zdrojov (ERP). Hlavnou úlohou ERP systémov je zabezpečenie jednoty čiastkových činností v rámci celého podniku. Existujú viaceré roviny chápania týchto systémov, buď ako klasické ERP systémy obsahujúce základné moduly (výroba, logistika, financie a ľudské zdroje), alebo rozšírené ERP tzv. ERP II systémy. Väčšina systémov ERP vychádza z metódy MRP II okrem tejto metódy sa však používajú aj ďalšie moderné metódy riadenia.

Okrem systémov nachádzajúcich sa na strednej a najvyššej úrovni podniku sa začali rozvíjať aj informačné riešenia najnižšej úrovne. Ručné ovládanie bolo postupne nahradzované počítačmi. Stroje sa stali sofistikovanejšie. Kontrolným technológiám bola pridaná požiadavka na výkon v aktuálnom čase. Dostupnejšími sa stávajú systémy pre zber údajov (SCADA). Koncom 90-tych rokov sa hranice medzi tradičnými systémami začínajú minimalizovať.

Jednotlivé funkcie systémov sa začínajú pridávať do viacerých riešení. SCADA systémy začínajú mať vlastnosti MES systémov. Výrobcovia MES pridávajú funkcie, ktoré boli predtým súčasťou MRP II systémov. ERP systémy v rámci snahy pokrývať čo najväčšiu funkčnosť začal pridávať niektoré funkcie MES. (Strápková, 2011, s. 9.) Jeden z možných pohľadov na vývoj systémov pre plánovanie a riadenie výroby je naznačený na obr. 1.



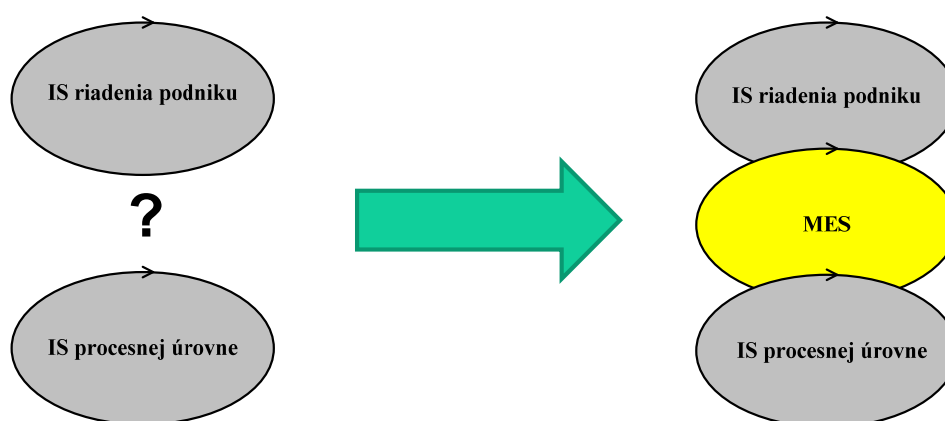
Obr. 1: *Vývojové etapy PPS systémov (Rondeau, 2001, s. 2)*

Vývoj informačných systémov bude v dôsledku turbulentného prostredia pokračovať. Predpokladá sa vznik nových sofistikovanejších informačných riešení a je len na rozhodnutí podniku a jeho zvolenej koncepcii, ktorý sa rozhodne používať tak, aby ho využil pre svoju konkurenčnú výhodu.

2. Systémová podpora riadenia informácií v podniku

Informačné systémy používané na jednotlivých úrovniach podniku prešli značným vývojom, ktorý neustále ide do popredia. V minulosti sa pristupovalo k dvojvrstvovému modelu, ktorý pozostáva zo systémov nachádzajúcich sa na úrovni procesu (samotnej výroby) a systémov, ktoré sú na úrovni riadenia podniku. Vo väčšine prípadoch IS na procesnej úrovni boli reprezentované systémami pre riadenie samotných zariadení nachádzajúcich sa vo výrobe a úroveň riadenia samotného podniku bola reprezentovaná systémami pre riadenie podnikových zdrojov (ERP). (obr. 2)

Prenos údajov a ich zber bol vykonávaný ručne, alebo kombinovaným spôsobom. Spojenie medzi vrstvami bolo nepriame a jednotlivé komunikačné cykly vznikali v výraznými odchýlkami. Takýto model IS a prenosu informácii je považovaný za minulosť a súčasné trendy hovoria o trojvrstvovom modeli IS. Vo viacerých podnikoch však stále existuje dvojvrstvový model. Trojvrstvový model IS pozostáva z dvoch vyššie spomínaných úrovni procesnej a úrovne riadenia podniku medzi, ktorými sa začala objavovať vrstva systémov riadenia výroby tzv. MES.



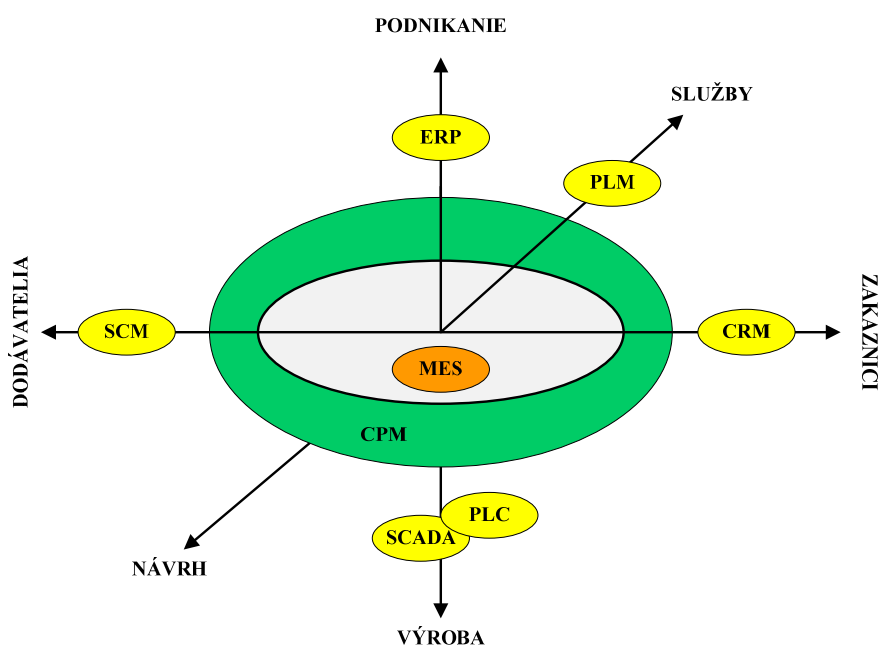
Obr. 2: Úrovne informačných systémov v podniku

Neustálym rozvojom IS vznikla snaha integrovať čo najväčší počet riešení. Vytvorenie informačnej spolupráce je zložitý proces vzhľadom k veľkému počtu integračných rozhraní. Pre zabezpečenie správneho fungovania systému je potrebné, aby boli požadované informácie poskytované v správnom rozsahu, kvalite, čase a na správnom mieste. V snahe o odstránenie veľkých rozdielov medzi IS sa pristúpilo k ich štandardizovanému vytváraniu.

V integrácii IS môžeme uvažovať o vertikálnej a horizontálnej spolupráci. Vertikálna integrácia IS umožňuje efektívny prenos medzi odlišnými úrovňami systémov a je dôležitá pre fungovanie spoločnosti. Pod horizontálnou integráciou rozumieme efektívnu spoluprácu jednotlivých funkčných skupín IS a taktiež z pohľadu spoločnosti spoluprácu spoločností s podobným zameraním.

2.1 Spoločné riadenie výroby

V rámci IS spoločnosti je tiež dôležité spomenúť víziu spoločného riadenia výroby. Táto stratégia prináša väčšiu viditeľnosť, súdržnosť a efektívnosť v rámci podniku. Podniky si začali uvedomovať dôležitosť vzťahov medzi všetkými subjektmi či už vonkajšími, alebo vnútornými. Na základe všetkých podnetov začala postupne vznikať vízia spoločného riadenia výroby (Collaborative Manufacturing). Organizácia MESA International definovala tento prístup ako (MESA International, 2003, s. 2): „Stratégiu pomocou ktorej všetci vhodný jednotlivci a organizácie - externé i interné v rámci podniku pracujú spoločne.“ Výrobcovia sa snažia vytvárať podnikové procesy, ktoré sú založené na zdieľaní informácií. Štruktúra aplikácii spoločného riadenia výroby obsahuje informácie reálne v čase s dodávateľským reťazcom, podnikovým plánovaním, riadením životného cyklu a vzťahov zo zákazníkmi. (obr. 3)



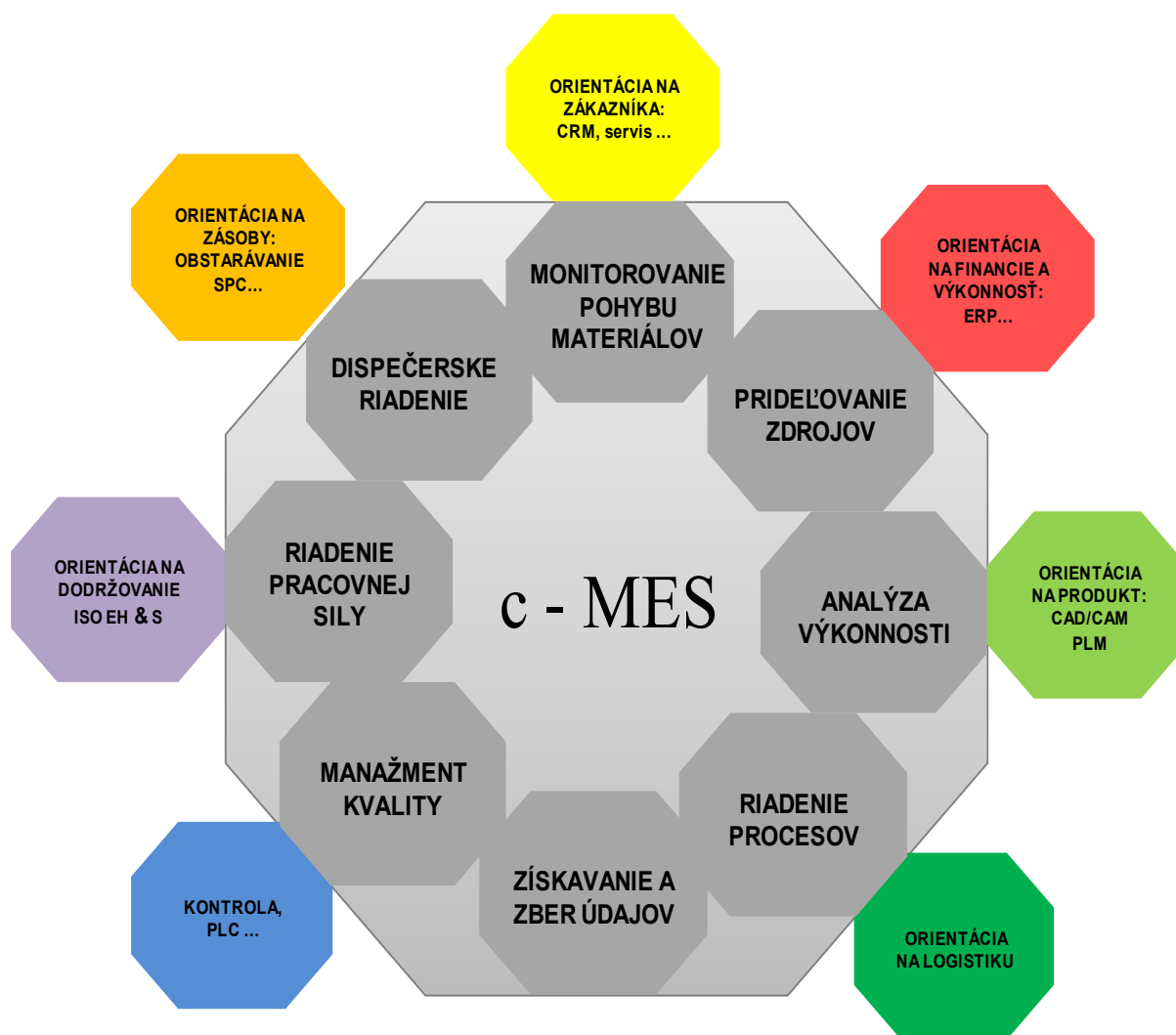
Obr. 3: Aplikácie spoločného riadenia výroby (Meyer H. a i., 2009, s. 19)

Táto stratégia pre veľa podnikov neznamená len identifikáciu kritických procesov, ale aj identifikáciu osôb a informačných systémov, ktoré ju podporujú. IS by mali byť nastavené tak, aby mohli vzájomne spolupracovať a mohli byť synchronizované. Tok informácií medzi systémami a ľuďmi by mal byť zdieľaný v reálnom čase. Spolupráca medzi všetkými zložkami, ktoré sú súčasťou podniku akýmkoľvek spôsobom bude riadiť výrobu v 21. storočí.

3. Systémy riadenia výroby

Snaha zabezpečiť komunikáciu v reálnom čase medzi všetkými úrovňami podniku mala za následok vznik MES (Manufacturing Execution System). Doplnením základných funkcií, ktoré sú ponúkané systémami SCADA o funkcie, ktoré slúžia na bilancovanie zozbieraných

údajov. Aj keď prvá mienka o tomto druhu systémov pochádza z 90-tych rokov podniky stále nevyužívajú naplno potenciál, ktorý ponúkajú. Existuje viacero pohľadov a chápaní pojmu MES. V dôsledku týchto rozdielov vznikla organizácia MESA International, ktorej snahou je odstránenie zjednodušovania pojmu a celej problematiky MES. Organizácia MESA tieto systémy ako (MESA International, 2004, s. 7): Systém, ktorý poskytuje informácie umožňujúce realizovať optimalizáciu výrobných aktivít. Nezávislá organizácia MESA tieto systémy začala postupne štandardizovať a spolu so týmito systémami definovala aj tri aplikačné vrstvy v rámci podniku. V roku 1997 vznikol prvý model MES, ktorý obsahoval 11 základných funkcií. V súčasnej dobe sa na základe stratégie spoločného riadenia výroby MESA v roku 2004 vytvorila kolaboratívny model MES (obr.4).



Obr. 4: Kolaboratívny MES model (MESA model, 2011)

3.1 Základné funkcie MES

Pôvodný model uvažoval s 11timi funkciami. Najnovším model (obr. 4) uvažuje s 8 základných funkciách MES. Tieto funkcie boli upravené a doplnené o ďalšie možnosti. (MESA International, 2004, s. 12)

1. Pridelovanie zdrojov:

- zabezpečenie zdrojov v požadovanom čase, mieste, kvalite,
- monitorovanie výrobných zdrojov,
- sledovanie plnenia plánov a rozvrhov,
- história pridelovaných zdrojov a pod.

2. Získavanie a zber údajov:

- nepretržité získavanie aktuálnych údajov pre rôzne oblasti využitia (napr. štatistické riadenie procesov, kalkulácie nákladov, % podiel využitia a pod.),
- zber údajov v požadovanej forme,
- možnosť výberu formy zberu údajov a pod.

3. Dispečerské riadenie:

- pridelovanie výrobných jednotiek,
- zabezpečenie potrebných surovín a energií,
- sledovanie aktuálneho stavu technológie,
- minimalizácia odchýlok výrobného plánu.

4. Riadenie pracovnej sily

- aktuálny prehľad pracovníkov,
- informácie o kvalifikácii pracovníkov,
- pridelovanie a sledovanie činností pracovníkov a pod.

5. Riadenie kvality

- analýza aktuálnych údajov za účelom dosiahnutia požadovanej kvality,
- okamžitá identifikácia nezhôd vo výrobe,
- analýza vzniknutých nezhôd,
- štatistické riadenie procesu a kvality a pod.

6. Sledovanie pohybu produktu

- sledovanie každého produktu počas celého procesu výroby,
- archivácia všetkých údajov ovplyvňujúcich kvalitu výrobku,
- história záznamov jednotlivých krokov,
- podpora systému riadenia kvality podľa ISO a pod.

7. Riadenie procesu

- monitorovanie výroby,
- možnosť korigovania procesov (on-line, alebo pracovníkmi),
- systém riadenia alarmov,
- história zozbieraných údajov a pod.

8. Analýza výkonnosti

- porovnanie aktuálnych výsledkov s históriou,
- skúmanie vybraných parametrov,
- porovnávanie výrobných parametrov,
- zobrazenie analýz na príslušnej úrovni riadenia a pod.

3.2 Výhody zo zavedenia MES

Zavedenie akéhokoľvek informačného systému v rámci spoločnosti prináša so sebou množstvo výhod, ale na druhej strane treba uvažovať aj s nevýhodami. Jedným z možných problémov pri zavedení je to ak nemá podnik dobre nastavené samotné procesy, ktoré sa v ňom nachádzajú. To môže spôsobiť, že systém nebude zobrazovať stav, ktorý zodpovedá realite. Taktiež so zavedením IS musia byť stotožnený aj všetci zamestnanci spoločnosti spolu s jeho vedením. Prečo by sa teda mali zaoberať podniky zavádzaním MES? Odpoveďou na túto otázku je množstvo výhod a zjednodušení, ktoré samotné systémy ponúkajú. Niektoré výhody zo zavedenia MES sú nasledovné:

- používanie aktuálnych a správnych údajov,
- poskytovanie informácií o vykonávaných činnostiach,
- efektívne riadenie výroby a súvisiacich procesov,
- rýchlejšia reakcia na vzniknuté nezhody,
- znižovanie činností nepridávajúcich hodnotu,
- odstránenie off-line získavania a prenosu informácií medzi jednotlivými úrovňami a iné.

Normy a smernice v oblasti MES

Problematikou systémov riadenia výroby sa okrem organizácie MESA International zaoberajú aj ďalšie významné organizácie, ktoré súhlasia s dôležitosťou a výhodami, ktoré poskytujú tieto systémy. Na základe poznatkov vytvorili viacero noriem a smerníc (obr. 5)

ISA	IEC	VDI	NAMUR
<ul style="list-style-type: none"> • ISA 88 • ISA 95 	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 61512 • IEC 62264 	<ul style="list-style-type: none"> • VDI 5600 	<ul style="list-style-type: none"> • NE 33 • NA 94

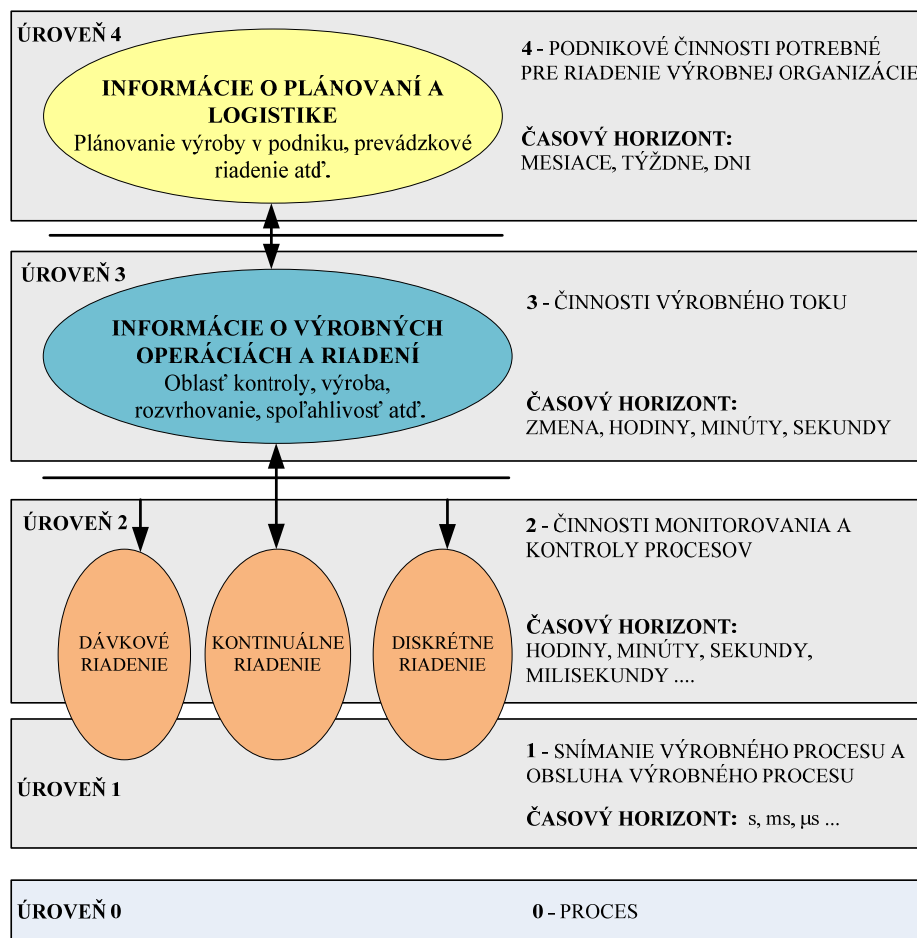
Obr. 5: Normy a smernice v oblasti MES

Druhú najvýznamnejšiu organizáciu v tejto oblasti predstavuje ISA (Instrumentation, Systems and Automation Society). Odporúčaniami a štandardami, ktoré vyvinula ISA sa riadi mnoho spoločností pri vytváraní nových informačných riešení. Medzi najdôležitejšie patrí ISA95, ktorá má v nasledujúce časti (Technology ISA-95, 2010):

- ISA: 95.00.1. – Terminológia a modely objektov.
- ISA: 95.00.2. – Modely objektov a ich vlastnosti (ISA: 95.00.1.).
- ISA: 95.00.3. – Činnosti modelov riadenia výrobných operácií (úroveň 3 -MES).
- ISA: 95.00.4. – Modely objektov a ich vlastnosti (ISA: 95.00.3.).
- ISA: 95.00.5. – Prehľad činností medzi úrovňou 4 (ERP) a 3 (MES).

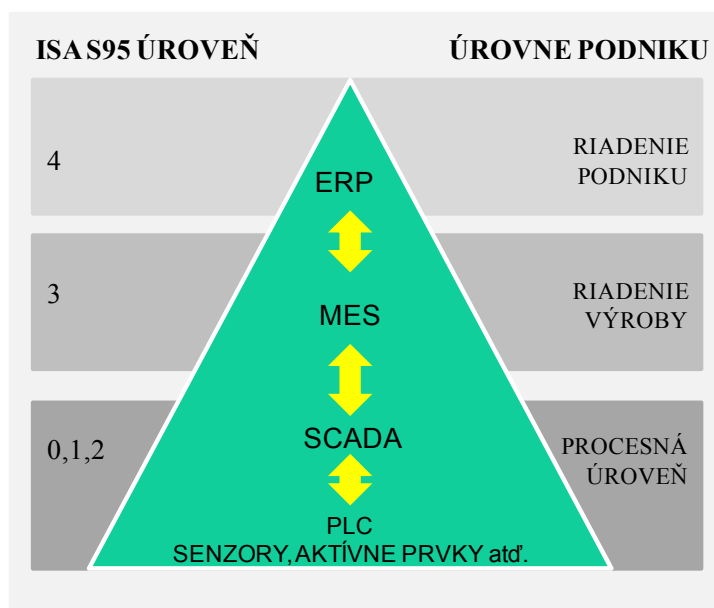
POKROKOVÉ PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO

V rámci štandardu ISA bolo definovaných 5 základných úrovní nachádzajúcich sa v podniku. (obr. 6).



Obr. 6: Úrovne podľa ISA 95 (ANSI/ISA 95, 2000)

ISA 95 opisuje vo všeobecnosti jednotlivé funkcie, kategorizáciu informácií a informačné toky ku ktorým dochádza medzi úrovňou 4 a úrovňou 3. Na úrovni 4 sa nachádzajú systémy pre plánovanie podnikových zdrojov (ERP) a na úrovni 3 sa nachádzajú systémy pre riadenie výroby (MES). Úrovne definované v štandarde môžeme zovšeobecniť s úrovňami podniku. (obr. 7).



Obr. 7: Všeobecný model úrovni ISA 95 (Meyer H. a i., 2009, s. 34)

Priradenie softvérových riešení a zariadení na jednotlivé úrovne môže byť však rôzne vzhľadom k tomu, že existuje viacero pohľadov a chápaní na úrovne nachádzajúcich sa v podniku i samotné softvérové riešenia. Štandard možno použiť nielen ako návod pre definovanie požiadaviek užívateľov, pre výber vhodného dodávateľa MES, ale taktiež ako základ rozvoja systémov MES a ich databáz. Obsahuje modely v štandardizovanom jazyku, ktoré môžu tvoriť základ pri vytváraní rozhrania medzi ERP systémami a MES. Typické prostredie MES pomáha výrobcům odpovedať na kritické otázky v rámci výroby. Tieto otázky majú priamy dopad pri vytváraní jednotlivých častí ISA-95. Štandard definuje kritické moduly potrebné pre rozvoj účinného systému MES, jeho softvérových funkcií, jednotlivých modelov výrobných kapacít a zodpovedajúcich podnikových a výrobných procesov.

3.3 Trendy a smerovanie v oblasti MES

Existuje viacero smerovaní a trendov v danej problematike. Podľa Faunhofer Institute for Information and Data Processing možno definovať šesť základných trendov, ktorými sa budú MES systémy uberať (Huang, G. O. a i., 2010, s. 685):

1. Integrácia MES v rámci digitálneho podniku.
2. Podpora MES súbežnými simulátormi.
3. Vertikálna integrácia MES s úrovňou dielne pomocou štandardných mechanizmov (plug and work).
4. Horizontálna integrácia jednotlivých komponentov MES prostredníctvom ontológie, servisne orientovanej architektúry (SOA) a spoločným riadením údajov.
5. Možnosť prispôsobenia MES riešení a podpora decentralizácie vlastnej organizácie výroby.
6. MES budú poskytovať informácie potrebné pre splnenie presných úloh. Väčšia orientácia na ľudí.

Niektoré softvérové riešenia vyhovujú týmto trendom už dnes, avšak veľa z nich sa na ne iba pripravuje. Neustále meniace sa podmienky prinútili podniky pružne reagovať na tieto zmeny. Tak ako sa vyvíjali informačné systémy nachádzajúce sa na jednotlivých úrovniach podniku dochádzalo k zmene tradičnej výroby k inteligentným výrobným systémom. V oblasti výskumu a vývoja sa rozprúdili mnohé projekty, ktorých snahou je vytvoriť nové informačné technológie a inteligentné zariadenia. Na základe toho, že MES systémy vychádzajú z myšlienky riadenia výroby začalo sa skúmať ich pôsobenie a celkové postavenie v inteligentných výrobných systémoch (IMS). Skúmanie MES a IMS predstavuje jeden z mnohých smerov, ktorým sa bude táto oblasť uberať. (Strápková, J., 2011, s. 63)

4. ZÁVER

MES systémy významne podporujú zníženie nezhôd v rámci výroby v dôsledku toho, že poskytujú lepšiu previazanosť informačného a výrobného toku. Aj keď sú tieto informačné systémy už v dnešnej dobe pomerne známe podniky stále nevyužívajú celkový potenciál, ktorý ponúkajú. Predpokladá sa neustály trend a zavádzanie týchto systémov v spoločnostiach, ktoré majú záujem optimalizovať činnosti súvisiace s výrobou.

ERP SYSTÉMY – SITUÁCIA NA SLOVENSKU A VO SVETE



Ing. Zuzana Špániová

V dnešnej modernej dobe sa už nestretáme s otázkou či informačný systém áno alebo nie. Informačné systémy sa stali nenahraditeľnými v spoločnostiach každého zamerania. Je nepredstaviteľné, aby spoločnosti získavali, spracovávali, uchovávali, transformovali a využívali také veľké množstvo informácií bez pomoci informačných technológií a systémov. Na druhej strane je však dôležité povedať, že informačný systém nie je všeliek. Nepomôže nám odstrániť všetky problémy v spoločnosti. Ak podnik má vo svojich procesoch plytvanie a straty, informačný systém nám ich pomôže urýchliť. Preto základom každej implementácie informačného systému je zjednodušenie, optimalizácia a štandardizácia podnikových procesov.

1. ERP systémy

Podnikové systémy prešli rozsiahlym vývojom. Na obrázku 1 sú znázornené hlavné míľniky v ich vývoji.

Celý ich historický vývoj siaha do sedemdesiatych rokov, kedy sa začali v podnikoch vo svete využívať Účtovné informačné systémy – Accounting Information Systems. Systémy poskytovali integráciu medzi jednotlivými funkciami výroby, predaja, nákupom a účtovníctvom. Hlavným problémom týchto systémov bola chýbajúca jednotná databáza.

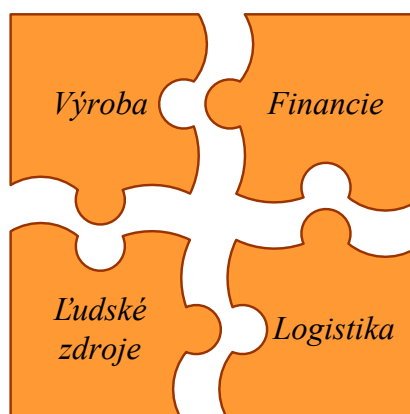


Obr. 1: Vývoj ERP systémov

Po systémoch AIS prišli MRP – systémy pre plánovanie materiálových požiadaviek (Material Requirements Planning) a MRPII – systémy pre plánovanie výrobných zdrojov (Manufacturing Resource Planning). Zo všetkých týchto systémov boli následne vytvorené ERP systémy, systémy pre podnikové plánovanie zdrojov (Enterprise Resource Planning). ERP systémy si v sebe nesú logiku všetkých svojich predchodcov.

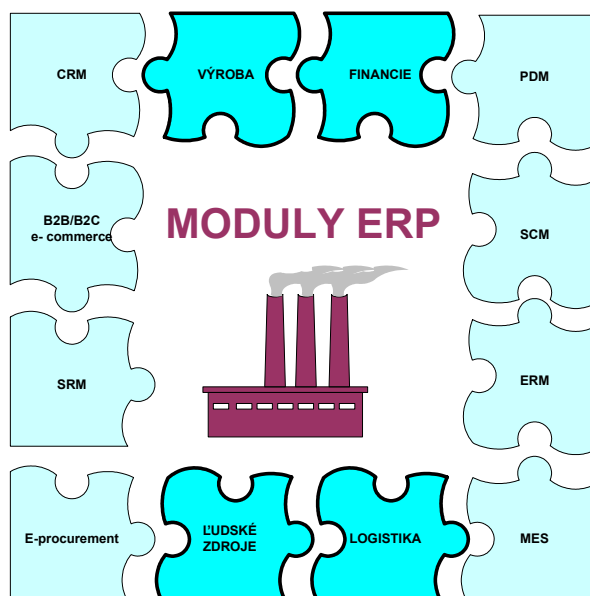
Do dnešného dňa nebola zjednotená terminológia v oblasti ERP systémov. Doma aj vo svete existuje niekoľko pohľadov a definícií pojmu ERP. Vo všeobecnosti môžeme definovať ERP systémy v dvoch základných rovinách:

1. V užšom ponímaní môžeme ERP systémy definovať ako systémy, ktoré v podniku integrujú štyri základné oblasti: výroba, logistika, financie a ľudské zdroje. Toto základné, a dnes už veľmi nepreferované, ponímanie ERP systémov je znázornené na nasledujúcom obrázku.



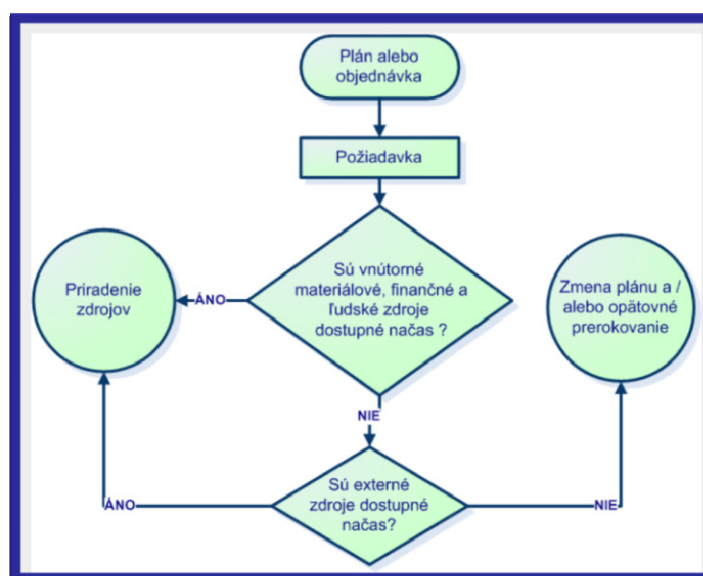
Obr. 2: Základné moduly ERP systémov

2. V širšom ponímaní ako systémy, ktoré integrujú aj okrem týchto základných štyroch oblastí aj systémy ako napríklad MIS – Manažérske informačné systémy (Management Information System), CRM – Systémy pre riadenie vzťahov so zákazníkmi (Customer Relationship Management), SCM – Systémy pre riadenie dodávateľského reťazca (Supply Chain Management) a pod. Tieto systémy sa v anglickej literatúre nazývajú ako tzv. „bolt-ons“ systémy. Tieto ERP systémy nazývame tzv. „extended“ – rozšírené informačné systémy. Môžu byť rozšírené nielen o tie vyššie spomenuté, ale aj o tie, ktoré sú znázornené na nasledujúcom obrázku.



Obr. 3: Rozšírené ERP systémy

ERP systémy riadia všetky zdroje v organizácii, hmotné aj nehmotné. Systém v danom časovom úseku vyhodnocuje disponibilitu hmotných a nehmotných zdrojov, ktoré sú vyžadované jednotlivými požiadavkami. Ak sú dané zdroje v podniku dostupné, zdroje sa priradia. Ak to nie je možné, tieto zdroje je potrebné zabezpečiť z externého prostredia. Ak nie je možný ani tento druhý variant, musí dôjsť k samotnému preplánovaniu. Tento základný algoritmus je znázornený na nasledujúcom obrázku.

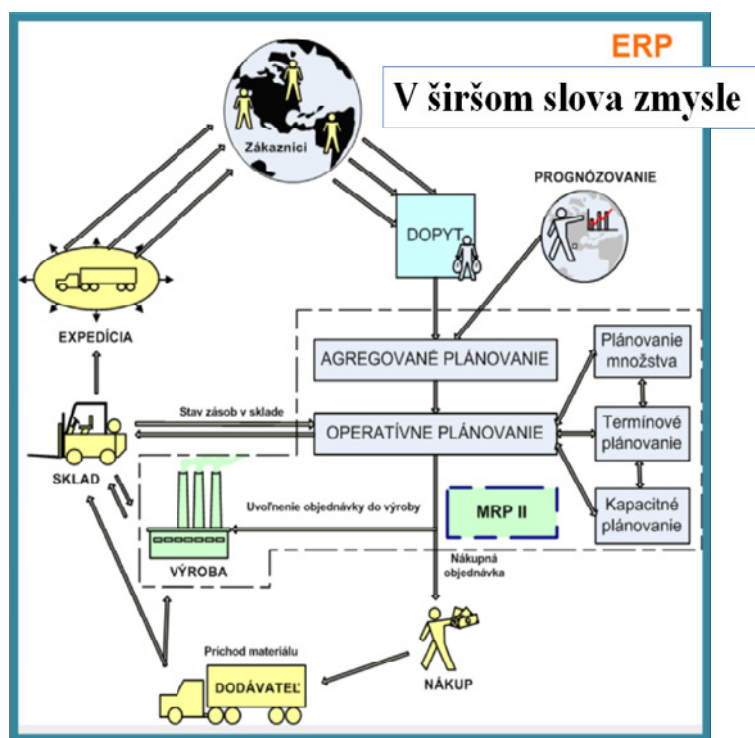


Obr. 4: Základný algoritmus ERP systému

2. ERP systémy prekročili hranice podniku

Podľa uskutočnených prieskumov na Slovensku aj v zahraničí je dnes už nutnosťou, aby ERP systémy neriešili len otázku rezortnú, medzirezortnú, podnikovú, ale aby boli schopné prekročiť aj hranice podniku. Takýto ERP systém je znázornený aj na nasledujúcom obrázku. Na začiatku každého procesu vstupujú do ERP systému objednávky zákazníkov a predpovede dopytu. Z nich sú generované požiadavky.

Podľa Basla až 70% ERP systémov v sebe nesie logiku MRPII, kde sa následne naplánuje množstvo, termíny a kapacity. Samotná postupnosť krokov v tejto časti je know.how každého jedného výrobcu. S ohľadom na stav zásob dôjde k rozhodovaciemu mechanizmu „make or buy,, a na jeho základe je uvoľnená výrobná objednávka do výroby a nákupná objednávka na nákup. Celý tento reťazec MRP II je ukončený riadením výrobnej zákazky a zberom dát pre spätné vyhodnocovanie. Samotný proces nie je ohraničený hranicami podniku, a tak do svojho procesu zahŕňa aj dodávateľov väčšinou vo forme modulu SCM, aj zákazníkov vo forme modulu CRM.



Obr. 5: ERP systémy prekročili hranice podniku

Za základné komponenty ERP systémov považujeme :

1. aplikačné moduly,
2. moduly správ celej aplikácie,
3. systémové moduly.

K rozšíreným komponentom, ktoré majú predovšetkým prevádzkový a podporný charakter patria:

1. moduly pre prispôsobenie softvéru,
2. moduly vlastného vývojového prostredia,
3. integračné moduly,
4. implementačné moduly,
5. technologické moduly a moduly správy,
6. dokumentačné moduly.

3. Výhody a nevýhody ERP systémov

Výhody, ktoré so sebou prináša implementácia ERP systémov boli predmetom výskumu Marberta a Soniho v roku 2000. Prieskum sa uskutočnil vo Švédsku a v USA. Trvanie prieskumu bolo 3 roky. Za najdôležitejšie prínosy z prieskumu vyplynuli nasledovné (Marbert, A., Jacobs, F.2003) :

1. rýchlejšia doba odozvy,
2. väčšia súčinnosť v rámci celého podniku,
3. zlepšenie riadenia objednávok/cyklov objednávok,
4. lepšia interakcia so zákazníkmi,
5. kratšia doba dodania,
6. lepšia interakcia s dodávateľmi,
7. znížený stav zásob,
8. zlepšenie riadenia peňažných prostriedkov,
9. zníženie priamych prevádzkových nákladov.

ERP systémy však nenaplnili všetky očakávania trhu. Pomohli vytvoriť jednotnú integrovanú databázu, on-line a real time prenos informácií medzi jednotlivými oddeleniami. Avšak tak isto ako zo dňa na deň napreduje vývoj v oblasti technológií, softvérov a hardvérov, tak isto je nutný vývoj ERP systémov. ERP systémy, ktoré boli implementované pred niekoľkými rokmi už nevládu držať krok s podnikom dneška. Okrem tejto problematickej oblasti by sme mohli problémy zhrnúť do nasledujúcej oblasti:

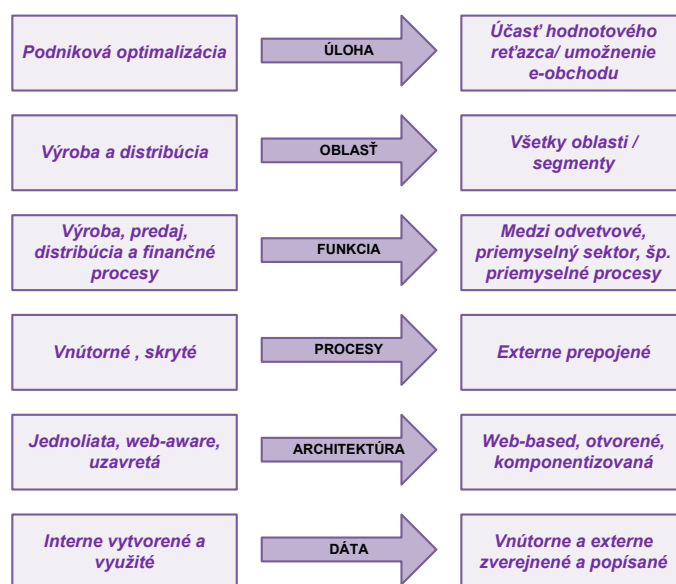
1. ERP systémy kladú príliš veľký dôraz na strnulé plánovanie namiesto dynamického riadenia zdrojov.
2. Pre malé a stredné podniky boli ERP systémy vďaka svojej robustnosti, ktorej odpovedala cena, takmer nedosiahnuteľné.
3. ERP systémy nedokážu spolupracovať s inými systémami. Systémy sú navzájom nekompatibilné, a to vyvoláva problémy.
4. Dodávatelia ERP systémov boli predovšetkým v minulosti veľmi nespoľahliví a častokrát došlo k ich zániku. V minulosti sa objavili aj problémy s nekompatibilitou jednotlivých verzií od toho istého dodávateľa.

Vývoj ERP systémov nebol dodnes ustálený. Tak isto ako dochádza k neustálemu vývoju v podnikoch, tak isto je nutný vývoj ERP systémov. Ak sme v úvode konštatovali, že dodnes nebola prijatá terminológia v oblasti ERP systémov, rovnako tomu je aj pri jeho rozšírení. ERP systémy sa rozšírili o tzv. „bolt-ons“ systémy. Stalo sa tak v dôsledku toho, že podniky nevideli ERP systémy ako konečné riešenia pre ich podniky. Na svoju prevádzku potrebovali aj iné systémy, ktoré vyplnili medzery, ktoré ERP po sebe zanechali. V roku 2005 bol uskutočnený prieskum v sedemnástich spoločnostiach, ktoré implementovali ERP systém do svojho podniku. Medzi tie, ktoré boli najčastejšie implementované, patrili nasledovné:

1. systémy pre riadenie vzťahov so zákazníkmi (CRM),
2. systémy pre riadenie dodávateľského reťazca (SCM),
3. systémy pre riadenie životného cyklu produktov (PLM),
4. systémy pre riadenie vzťahov s dodávateľmi (SRM),
5. systémy pre riadenie výroby (MES),
6. systémy pre riadenie skladu,
7. systémy pre riadenie kvality,
8. systémy pre riadenie projektov a pod.

4. ERP II systémy

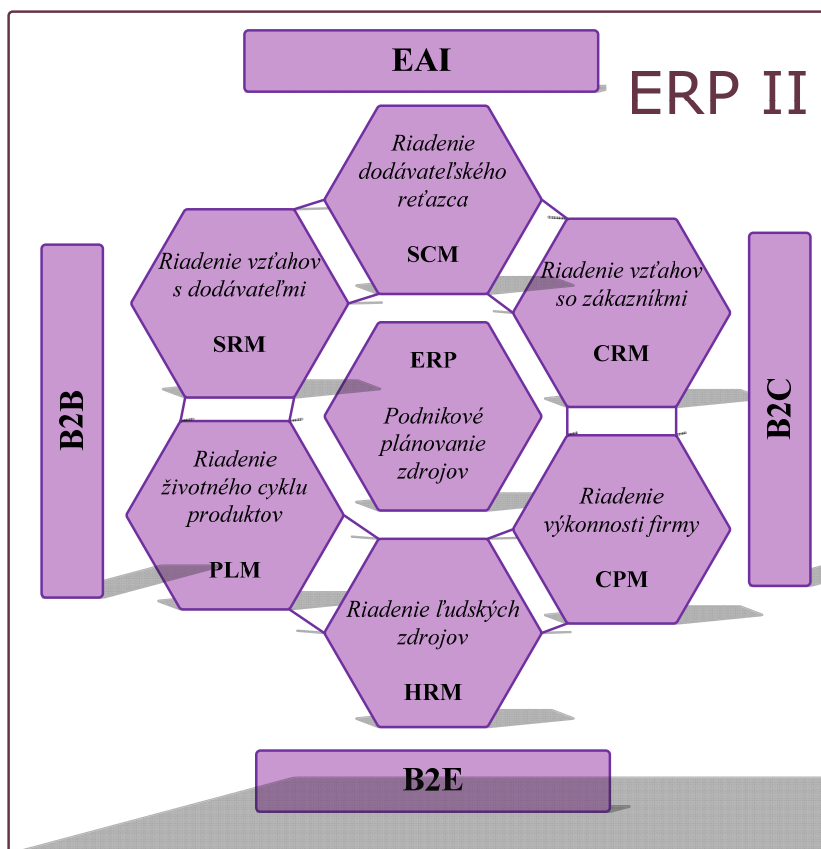
Tieto systémy boli implementované v podnikoch a bola nutná ich spolupráca s ERP systémom. Preto sa vývojári podujali integrovať jednotlivé riešenia do konceptu ERP a nazvali ho ERP II. Spoločnosť GartnerGroup uskutočnila prieskum s názvom „ERP systém je mŕtvy - nech žije ERP II „. Na nasledujúcom obrázku je zobrazené rozšírenie ERP systémov z ich pohľadu.



Obr. 6: Rozšírenie tradičných ERP systémov v 6 oblastiach

http://www.uncg.edu/bae/people/holderness/readings/ERP_is_Dead--Long_Live_ERP_II.pdf

ERP II teoretický model bol vytvorený na základe mnohých pozorovaní, minulých analýz a analýz súčasného stavu v podnikoch. Tento model spĺňa požiadavky firiem, rešpektuje dostupné technológie, ale nezohľadňuje transformácie.



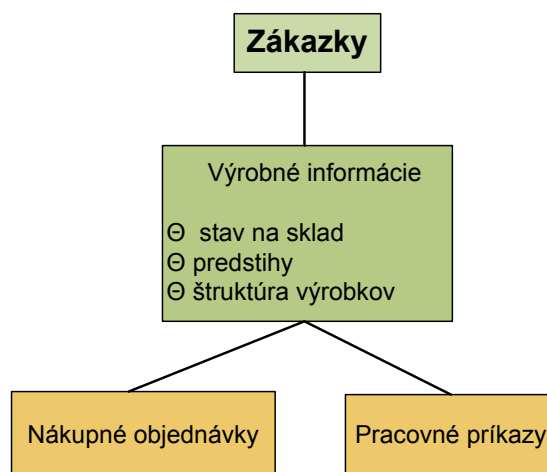
Obr. 7: Architektúra ERP II systémov
<http://amacris.ode.unipi.gr/articles/erp/sub/38.pdf>

Komunikáciu a integráciu medzi systémom ERP a externými subjektmi majú v tomto modeli na starosti prvky spolupráce B2B, B2C, B2E a EAI.

5. ERP systém na Katedre priemyselného inžinierstva

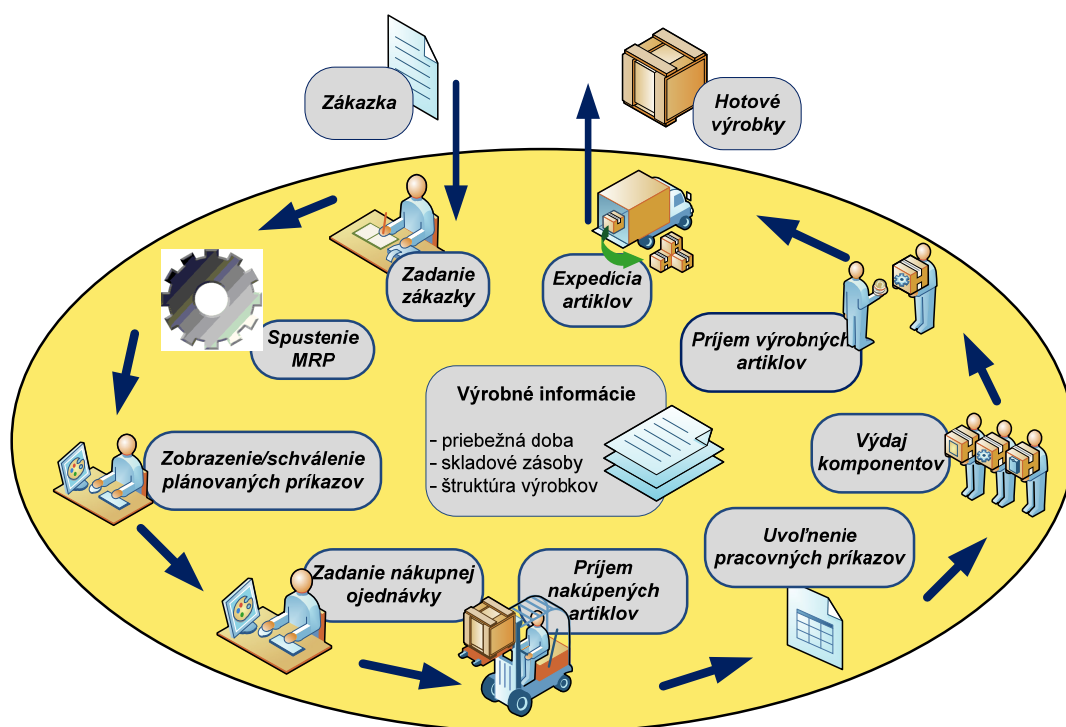
Katedra priemyselného inžinierstva Žilinskej univerzity disponuje vo svojom procese výučby a v procese výskumu riešením MFG/Pro od spoločnosti QAD. Systém je k dispozícii na výučbu predmetov operačný manažment a manažment výroby. Tok informácií v tomto systéme odpovedá klasickému modelu, kde zákazka prichádza z vonkajšieho prostredia od zákazníkov. Následne sa tieto objednávky spracujú na základe kusovníkov, stavu zásob na sklade a časových údajov.

Následne sa spracujú do objednávok, ktoré sú zadané buď na nákup alebo do výroby. Samozrejme, tieto objednávky sú definované aj z hľadiska časového.



Obr. 8 Informačný tok v MRP systéme (učebnica MFG/PRO)

Tento ERP systém využíva MRP logiku. MRP tu rozhoduje o tom, aké komponenty sú potrebné a kedy. Celkový tok dát v rámci tohto ERP systému je možné zobrazit' aj pomocou nasledovného obrázku.



Obr. 9: Tok dát v ERP systéme MFG/PRO (učebnica MFG/PRO)

Čo sa týka integrácie jednotlivých funkcií v rámci rôznych oddelení do jednej aplikácie, v tomto smere boli ERP systémy veľmi úspešné. To prinieslo očakávanie, že systémy budú schopné integrovať aj funkcie mimo podniku. Bohužiaľ, toto očakávanie je ešte stále veľmi ďaleko od jeho naplnenia. ERP systémy dodnes zlyhávajú v procese prenosu informácií medzi ním a inými systémami v podnikoch. Jednotliví výrobcovia sa snažia zdokonaľiť svoje

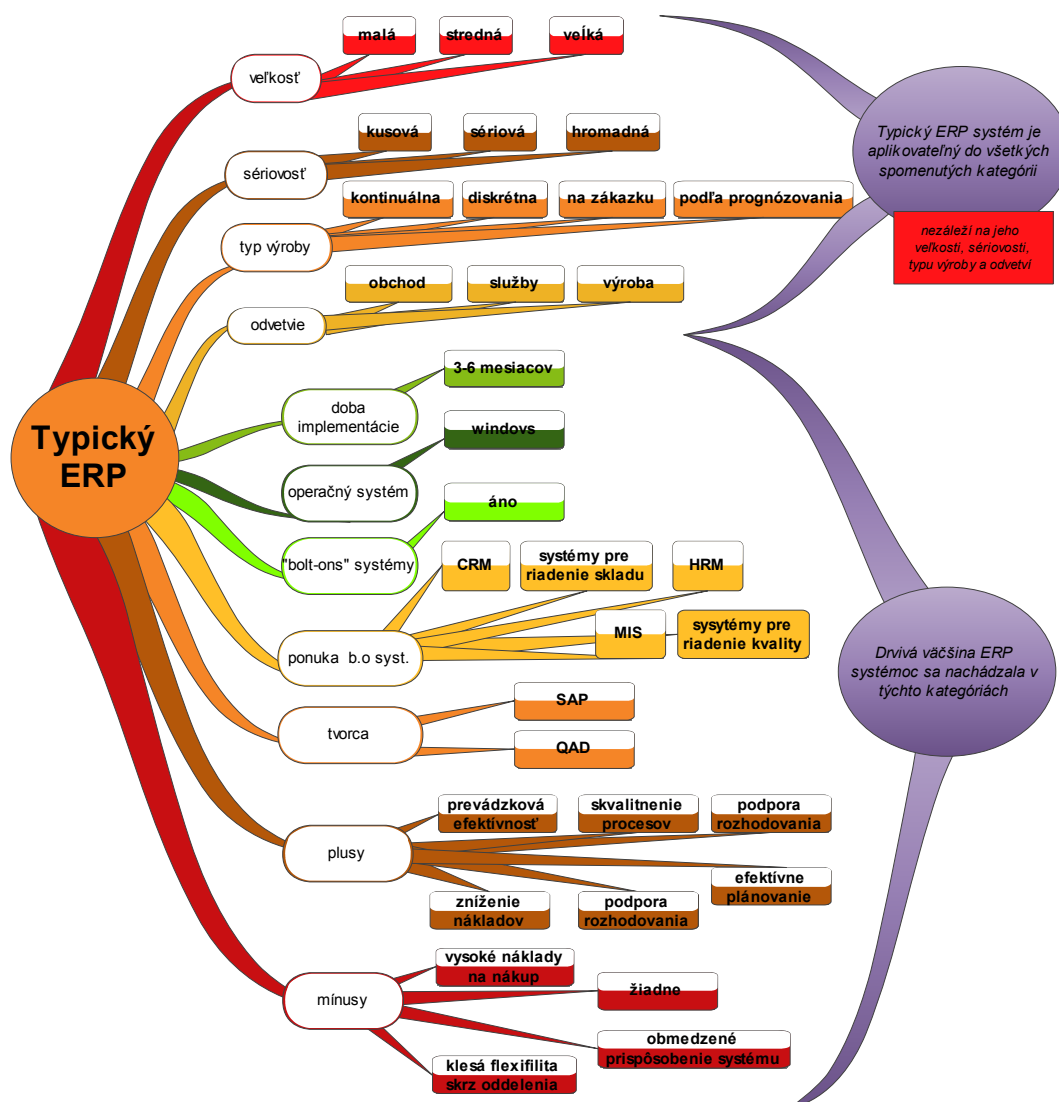
technológie na maximum. Vytvárajú tzv. „ostrovy excelentnosti“ , ktoré sa však zrútiťia pri potrebe komunikácie s ďalšou dokonalou technológiou. Jednotlivé spoločnosti sa snažia o integráciu svojich vlastných riešení. Napr., spoločnosť Siemens je schopná integrovať do určitej miery svoje vlastné riešenia. Avšak len málo podnikov má možnosť začať so svojou prevádzkou na zelenej lúke.

6. Situácia ERP systémov na Slovensku

V rámci výskumu, ktorý bol uskutočnený na prelome rokov 2010 a 2011 bola zmapovaná situáciu ERP systémov na slovenskom trhu. Výsledky prieskumu tvoria základ pre ďalší prieskum v oblasti ERP systémov a ich integrácie v oblasti digitálneho podniku. Na katedre sú k dispozícii tie najmodernejšie technológie v oblasti digitálneho podniku a virtuálnej reality. Jedna z oblastí pre rozvoj digitálneho podniku je aj oblasť spolupráce digitálneho podniku a systému pre riadenie podnikových zdrojov. Digitálny podnik, ktorý je implementovaný v podnikoch, musí spolupracovať so systémami, ktoré sú implementované v podnikoch. Jedná sa predovšetkým o systémy ERP.

S výsledkov prieskumu bol zostavený typický ERP systém. ERP systém bol charakterizovaný v nasledujúcich oblastiach:

1. veľkosť spoločnosti, pre ktoré je ERP systém určený,
2. charakteristika výroby, v ktorej je ERP systém nainštalovaný z pohľadu:
 - sériovosti,
 - typu výroby,
 - odvetvia.
3. doba implementácie,
4. operačný systém,
5. „bolt-ons“ systémy,
6. ponuka „bolt-ons“ systémov,
7. tvorca ERP systémov,
8. plusy a mínusy ERP systémov.



Obr. 10: Typický ERP systém ponúkaný a implementovaný na Slovensku

PRIEMYSELNÉ ROBOTY

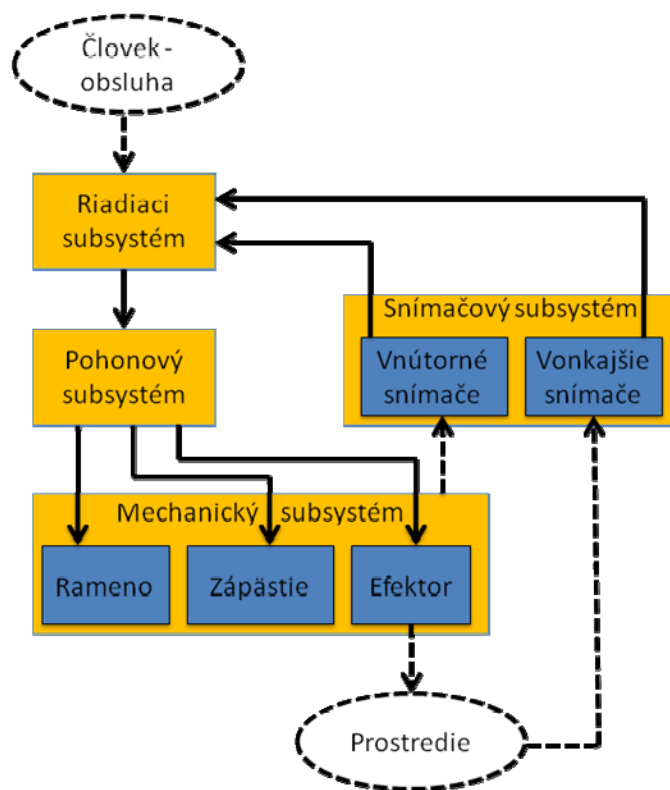


Ing. Richard Tencer

Automatizácia a robotizácia sú v súčasnosti celosvetovým smerom rozvoja priemyslu. Robotizácia sa stala jedným zo strategických smerov rozvoja výrobných procesov. Hlavnými príčinami, ktoré nabádajú k rozvoju robotizácie, sú predovšetkým kvalita výrobkov, tvorba podmienok rýchlej zmeny výroby, šetrenie energiou a surovinami, rast produktivity a humanizácie práce. (Hatala, 2005, s. 1)

1. Robotizácia

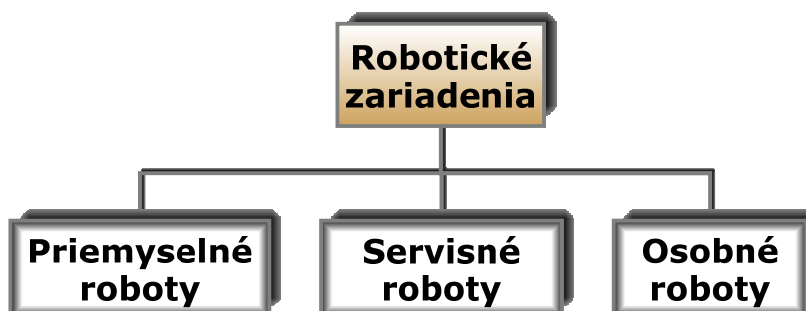
Ako aplikácia robotiky, interdisciplinárneho teoretického smeru vychádzajúceho z poznania mechatroniky, kybernetiky, informatiky a riadenia logistiky a umelej inteligencie. Súčasný vývoj automatizácie výrobných a nevýrobných procesov potvrdzuje, že robotické zariadenia zostávajú aj naďalej základnou súčasťou rozvoja automatizácie týchto procesov. V súčasnosti predstavujú robotické zariadenia plne rozvinuté technické systémy, ktoré sú štandardne nasadzované do výrobných systémov v priemyselných odvetviach, rozširuje sa ich uplatnenie v nevýrobných a nepriemyselných odvetviach a začína ich dynamický prienik do servisných činností. Súčasná produkcia robotických zariadení dosiahla vysokú technickú úroveň, ktorá sa ďalej zvyšuje v rozsahu vplyvu pokračujúceho vývoja ich subsystémov, ale tiež v rozsahu inovácií funkčných princípov mechanizmov a prvkov podieľajúcich sa na architektúre a morfológii týchto zariadení. (Smrček, 2007, s.5)



Obr. 1: *Subsystemy robota (Poppeová, 2002)*

2. Robotické zariadenia

Robotické zariadenia je možné rozdeliť do troch základných skupín (obr. 2).



Obr. 2: *Kategorizácia robotických zariadení (Smrček, 2008, s.24)*

Priemyselný robot (PR), je autonómne fungujúce automatizované programovateľné zariadenie, určené k reprodukcii niektorých pohybových, silových a duševných funkcií človeka pri vykonávaní technologických, manipulačných a pomocných operácií vo výrobnom procese bez bezprostrednej účasti človeka. K tomu účelu je PR vybavený technickými systémami, ktoré sú analogické vybraným pohybovým a výkonovým schopnostiam človeka

(manipulácia, pohyblivosť, výkonnosť, ...), vnemovým schopnostiam človeka (sluch, zrak, hmat, pamäť, ...), schopnostiam učenia sa a adaptácie v zadanom prostredí. Typickými prevádzkovými znakmi PR sú najmä jednoznačnosť pracovnej úlohy, opakovanie pracovnej úlohy, jednoznačnosť štruktúry pracovného prostredia a pracovných podmienok, podstatnou požiadavkou je rýchlosť a presnosť vykonávaných úloh. (Smrček, 2008, s.24)

Servisný robot (SR), je autonómne fungujúce počítačom riadené automatizované voľne programovateľné mobilné zariadenie, ktoré je určené k čiastočne alebo plne automatickému vykonávaniu úloh, ktoré neprispievajú k priemyselnej výrobe tovarov, ale poskytujú služby pre ľudí, pre životné prostredie alebo pre spoľahlivú prevádzku technických systémov a prevádzkových súborov. K tomu účelu je SR technicky vybavený schopnosťami, ktoré mu zaručujú mobilitu v operačnom priestore, akčnú a výkonovú schopnosť, riadenie a plánovanie pohybu a výkonu, vnímanie, modelovanie pohybových a výkonných aktivít v určenom operačnom prostredí. Typickými prevádzkovými znakmi SR sú najmä mobilita, pestrosť pracovných úloh, nejednoznačnosť štruktúry pracovného prostredia a pracovných podmienok, model zberu a spracovania informácií z prostredia, špecifikovanie riadiacich príkazov podľa vyhodnocovania aktuálneho stavu senzorových informácií, implicitné programovanie, automatické plánovanie pohybu. (Smrček, 2008, s.24)

Osobný robot (OR), je autonómne fungujúce počítačom riadené automatizované voľne programovateľné špeciálne zariadenie, ktoré je určené k čiastočne alebo plne automatickému vykonávaniu úloh, ktoré pomáhajú človeku prekonať jeho handicap v jeho osobnom, pracovnom a verejno - spoločenskom živote, resp. vykonávanie úloh, ktoré sú určené pre vykonanie služieb potrebných pre osobný život človeka, ako aj pre vykonávanie služieb človeku spojených s využívaním a prevádzkovaním jeho domácnosti a jeho voľného času. K tomu účelu je OR technicky vybavený schopnosťami, ktoré mu zaručujú mobilitu (môže byť aj statický), akčnú a výkonovú schopnosť, riadenie a generovanie plánovania pohybu a pracovného výkonu, vnímanie, komunikáciu s prostredím pomocou modelov, modelovanie pohybových a výkonných aktivít v určenom operačnom a pracovnom prostredí. Typickými prevádzkovými znakmi OR sú najmä komunikácia s človekom a okolím, pochopenie okolia na základe použitého modelu, vlastné generovanie programu pri plánovaní činnosti, samostatná kontrola činností. (Smrček, 2008, s.25)

3. Priemyselné roboty

Pojmom priemyselný robot označujeme komplexný technický systém, skladajúci sa z viacerých funkčných subsystémov, ktoré sa nachádzajú vo vzájomnej interakcii a charakterizujú celý systém z hľadiska pružnosti a možnosti nasadenia. Tieto subsystémy vykonávajú čiastkové operácie procesu manipulácie a zároveň ich synchronizujú s operáciami ostatných subsystémov priemyselného robota, výsledkom čoho je celková operácia. (Hatala, 2005, s. 1, 2)

Rozdeliť priemyselné roboty možno podľa viacerých kritérií. Jedným z nich môžu byť ich schopnosti (t.j. napríklad druh riadiaceho systému, nosnosť, dosah, presnosť, druh použitej kinematiky...). Jedným zo základných, a často aj najpoužívanejších rozdelení je na základe

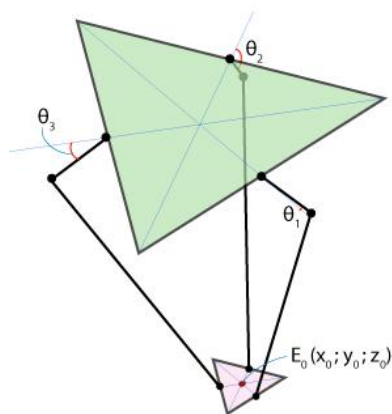
konštrukčného riešenia mechanického systému podľa zvolenej kinematiky, t.j. súradnicového systému, v ktorom robot pracuje.

Poznáme nasledovné typy robotov: (Poppeová, 2002, s.196)

1. Kartézske
2. Cylindrické
3. Sféricke
4. Antropomorfné

V súčasnosti sa najviac používajú antropomorfné a sféricke roboty využívajúce sériovú kinematickú štruktúru. Tieto roboty sa vyznačujú vyššou manipulačnou schopnosťou. Tieto roboty sú vďaka svojej kinematickej stavbe vhodné pre vykonávanie rozmanitých činností, ako sú zvaracie a montážne činnosti.

Čoraz častejšie sa stretávame s robotmi s paralelnou kinematickou štruktúrou, v ktorých je koncový člen spojený s nepohyblivou základovou plošinou niekoľkými nezávislými paralelnými reťazcami. Príkladom použitia takejto štruktúry je pri delta robotoch. Väčšina delta robotov pracuje v typickom cylindrickom pracovnom priestore. Takýto mechanizmus je riešený rotáciou ľubovoľného počtu ramien, na ktorých koncoch z guľovými alebo kardanovými čapmi sú upnuté systémy paralelogramu a tie sú následne na opačnej strane rovnako prepojené s plošinou, tiež z guľovými či už kardanovými čapmi alebo systémom, ktorý nám dáva rovnaké kinematické vlastnosti. Výhody delta robotov je možné využiť pri manipulačných operáciách. (Trossen Robotics, 2009)



Obr. 3: Štruktúra delta robota
(Trossen Robotics, 2009)



Obr. 4: Delta robot
(Trossen Robotics, 2009)

4. Aplikácie priemyselných robotov

Priemyselné roboty sa uplatňujú vo všetkých základných technológiách vo výrobných, ale aj v nevýrobných odvetviach. Ich základným poslaním je vytvoriť podmienky pre nahradenie ľudskej pracovnej sily najmä v zdravie škodlivom prostredí pri monotónnej a namáhavej práci. Z celosvetových prehľadov vyplýva, že priemyselné roboty sa najčastejšie používajú v strojárskych a elektrotechnických výrobných technológiách. Podľa IFR počet aplikovaných

priemyselných robotov sa odhaduje na viac ako 1 milión kusov. S priemyselnými robotmi sa môžeme stretnúť predovšetkým v týchto oblastiach:

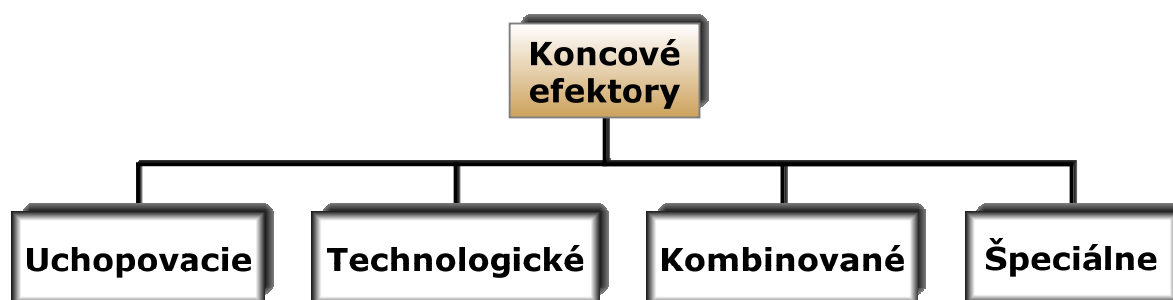
1. Manipulácia
2. Zváranie / Spájkovanie
3. Nanášanie ochranných vrstiev
4. Dokončovacie činnosti
5. Montáž

Predovšetkým prvé tri spomenuté oblasti tvoria jadro aplikácii s priemyselnými robotmi. Pri týchto aplikáciách sa využíva vysoká manipulačná schopnosť robotov, ako aj schopnosť presného polohovania a súvislé dráhové riadenie až 6 pohybových osí pri požiadavke vysokej presnosti vedenia. Veľmi významnou a súčasne jednou z najnáročnejších oblastí využívania priemyselných robotov je automatická montáž. Kladie na priemyselné roboty veľmi špecifické požiadavky, a preto sa v širšom priemyselnom meradle začína presadzovať až v posledných rokoch.

Veľkosť pracovného priestoru robota je jeden z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúci ich nasadenie do konkrétnych aplikácií. Na zväčšenie pracovného priestoru robota a tým aj jeho dosiahnuteľnosti je možné použiť ďalšie rozširujúce osi. V tejto oblasti sa stretávame najčastejšie s pojazdami, na ktorých je robot pripevnený. Riadenie pojazdu je vykonávané prostredníctvom riadiacej jednotky robota. S takýmito riešeniami je možné sa stretnúť pri aplikáciách pri ktorých je nutné zabezpečiť rovnomerný pohyb na väčších vzdialenostiach ako napr. pri zváraní dlhých dielov, obrábaní listov vrtuli alebo pri zabezpečovaní vkladania a vyberania súčiastok z obrábacích strojov.

5. Koncové efekторы

Efektor je aplikačne špecializovaná, funkčne samostatná časť subsystemu robota, mechanicky spojená s koncovým členom akčného mechanizmu robota. Je to zariadenie určené pre interakciu robota s predmetom manipulácie, resp. pre realizáciu určenej technológie v zmysle aplikácie robota. Efektor je funkčným subsystemom robota, ktorý podľa charakteru a požiadaviek aplikácie robota spolu určuje využitie akčného mechanizmu robota. (Smrček, 2007, s.7) Vychádzajúc zo širokej aplikácie robotov a rôznorodosti úloh, ktoré tieto zariadenia realizujú vo výrobných (nevýrobných) procesoch možno nadväzne koncové efekторы systémovo klasifikovať, Obr. 10 do kategórií charakterizujúcich ich určenie (hlavnú funkciu).



Obr. 5: Klasifikácia koncových efektorov (Hatala, 2005, s.57)

Uchopovacie efekторы - chápadla, koncové efekторы určené na uchopovanie a držanie, plnia funkciu uchopenia, zovretia predmetu manipulácie a jeho fixáciu po dobu jeho premiestňovania, resp. po dobu aktívnej manipulácie s predmetom, súčasne sa podieľajú spolu s robotom na realizácii polohovania, resp. orientácie (vrátane zmien) predmetu manipulácie v mieste jeho odovzdania. (Hatala, 2005, s.58)

Technologické efekторы - pracovné hlavice, efekторы typu „nástroj“, samostatne efektívne vykonávajú určenú technológiu. Ich poloha, pohyb a orientácia v priestore sa realizuje pomocou súbežného pohybu ramena robota. Plnia funkciu nosiča „technologického nástroja“ pre realizáciu určenej technológie, polohovanie a orientáciu nástroja voči predmetu technologického opracovania, podľa potrieb zadanej technológie realizuje robot. (Hatala, 2005, s.58)

Kombinované efekторы – multifunkčné efekторы vykonávajú kombináciu rôznych manipulačných a technologických operácií. Plnia funkciu kombinácie uchopovacích efektorov pre vybrané uchopovacie funkcie, alebo funkciu kombinácie technologických efektorov pre vybrané technologické funkcie, alebo funkciu kombinácie vybraných uchopovacích a technologických funkcií v zostave jedného efektora. (Hatala, 2005, s.59)

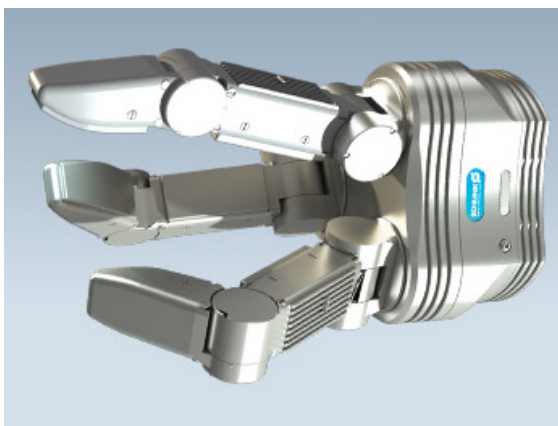
Špeciálne efekторы vykonávajú špeciálne uchopovacie, technologické alebo systémovo iné operácie. Plnia funkcie, ktoré sa z pohľadu systémového prístupu nedajú zaradiť do rozsahu funkcií uvedených pre predchádzajúce kategórie efektorov, sú to najmä efekторы použité pri špeciálnych aplikáciách robotov, resp. použité pri aplikáciách servisných robotov. (Hatala, 2005, s.59)

6. Biometrické chápadlá

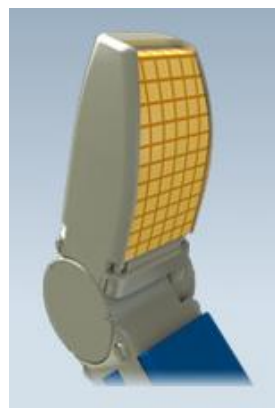
Nové materiály a technológie umožňujú navrhovať nové typy koncových členov, ktoré vychádzajú z princípov stavby biologických organizmov a poznania ich pohybových schopností. Na báze týchto poznatkov bola zostavená systémová štruktúra biomechanického chápadla. Tieto chápadlá svojim tvarom a konštrukciou pripomínajú konštrukciu ruky človeka, s cieľom sa čo najviac priblížiť vlastnostiam a charakteristikám uchopovania prstami

a dlaňou. Na Obr. 11 môžete vidieť príklad takéhoto chápadla. Toto chápadlo označované ako Shadow Hand je považované za najdokonalejšie biomechanické chápadlo na svete. Jeho uchopovacie možnosti ho predurčujú k použitiu v oblasti humanoidných a servisných robotov. (Hatala, 2005)

Pre priemyselné aplikácie sú určené menej komplikované chápadlá, akým je aj chápadlo s označením SDH od spoločnosti Schunk Obr. 12. Chápadlá určené pre priemyselné aplikácie nemusia nutne obsahovať veľký počet uchopovacích zakončení „prstov“. Pre uchopenie súčiastok kvádrového, valcového a guľového profilu sú postačujúce tri uchopovacie zakončenia. Takéto chápadlo je možné využiť pri montážnych aplikáciách, kedy je možné prostredníctvom neho uchopovať viac tvarovo rozdielnych súčiastok. Koncové časti efektoru, ktorými sa vykonáva uchopovanie disponujú dotykovými snímačmi na kontrolu sily uchopenia. Po uchopení objektu riadenie efektoru samo vyhodnocuje, polohu uchopovacích zakončení „prstov“ a silu uchopenia. Efektory takejto stavby predstavujú budúcnosť v priemyselných aplikáciách, avšak predovšetkým v manipulačných a montážnych.



Obr. 6: Efektor Schunk SDH
(Huse, 2009)



Obr. 7: Umiestnenie snímača

7. Senzorické systémy

Snímače sa stali neodlučiteľnou súčasťou všetkých automatických aplikácií. Snímajú stavy a priebehy činností v procesoch a slúžia k riadeniu, regulácii, sledovaniu a zabezpečovaniu činností strojov alebo celých procesov. Snímače predstavujú dôležitú časť vnímacieho subsystému robota. Prostredníctvom nich môžu roboty vykonávať potrebné úlohy lepšie a efektívnejšie. Nové snímače sú oproti predchádzajúcim generáciám výkonnejšie a cenovo dostupnejšie a výrobcovia robotov sú schopní ich integrovať do samotného robota.

8. 3D kamerové systémy

Kamerové systémy sa pre zvýšenie flexibility a inteligencie robotov používajú čoraz častejšie. Jednou z možností ako zvýšiť flexibilitu je integrácia trojdimezionálneho (3D) kamerového systému do systému priemyselného robota, alebo do pracoviska na ktorom

vykonáva svoju činnosť. Jednotlivé výrobky prechádzajú počas výrobného procesu radou operácií. Podľa charakteru výroby sa často stáva, že výrobky prichádzajú k ďalšej operácii, ktorá môže stáť i na začiatku automatizovaného cyklu i v neusporiadanom, neorientovanom stave. Ich dodatočné orientovanie, či už ručné alebo pomocou vkladných mechanických systémov, je nákladné a u mechanických postupov neflexibilné. Práve v takomto prípade je možné využiť 3D kamerové systémy, pre identifikáciu polohy a natočenia výrobkov. Pokiaľ ide o ploché diely alebo diely, kde pre ďalšiu automatizovanú manipuláciu postačí 2D rozlíšenie, je na trhu už dostatok rozlišovacích vizuálnych systémov. (Šmíd, 2010)



Obr. 8: 3D laserový zobrazovací systém
(Prehn, 2010)



Obr. 9: Montáž tlmičov výfuku
(Prehn, 2010)

9. Simulácia

Keďže robotické zariadenia je možné zaradiť medzi cenovo nákladné zariadenia v ich aplikáciách do procesov sa postupuje veľmi opatrne. Jedným z kľúčových nástrojov, ktoré sa v takýchto prípadoch využíva je simulácia. Mnohé výrobné podniky si rýchlo začali uvedomovať, akú konkurenčnú výhodu získajú, ak budú vopred poznať presné správanie sa nového robotického pracoviska pred tým, než doňho zainvestujú, ako zapadne do celej výrobnéj linky, alebo akým stratám sa vyhnú, ak sa v simulačnom prostredí pripraví a vyladí nový výrobný program, a potom behom niekoľkých málo hodín sa reálne pracovisko podľa toho prenavstavi.

Podniky uprednostňujú prevziať dodávku robota a rýchlo ho zaintegrovať do výroby, pričom kladú dôraz na dopredu pripravený program prostredníctvom off-line programovania.

Aby bolo možné vytvoriť takýto program je potrebné pracovať v simulačnom prostredí. (Gregor, 2006)

Na trhu sa objavuje čoraz väčší počet systémov umožňujúcich návrh robotických aplikácií v tomto prostredí. Táto situácia bola spôsobená nárastom aplikácií priemyselných robotov. Systémy umožňujúce návrh v simulačnom prostredí je možné rozdeliť do dvoch skupín (obr. 10).

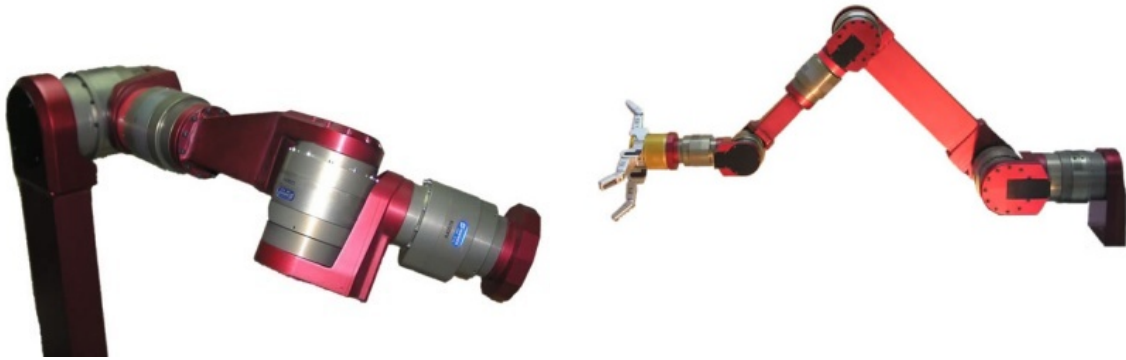
Simulačné programy	Programy výrobcov robotov	RobotStudio pre ABB roboty	Wincaps III pre Denso roboty
		RoboGuide pre Fanuc roboty	DeskTop Programming & Simulation System pre Panasonic roboty
		Melfa Works pre Mitsubishi roboty	3D studio pre Stäubli roboty
		KukaSim pre Kuka roboty	WinC4G pre Comau roboty
		Motosim pre Motoman roboty	Pc – Roset pre Kawasaki roboty
	Univerzálne programy	Robcad súčasťou balíka Tecnomatix	Cosimir / Ciroso od Festo
		Delmia V5 Robotics súčasťou balíka Delmia	Robot Works súčasťou balíka Solid Works
		CimStation Robotics	Easy Rob

Obr. 10: Simulačné programy pre priemyselné roboty

10. Modularita

Inovácia modulárnej architektúry robotov má byť zameraná predovšetkým na to, aby sa báza základných stavebných modulov stala východiskom pre zostavovanie tzv. pružných (flexibilných) konštrukcií. Takéto konštrukcie je možné prispôbovať potrebám zmeny technológií, v ktorých je robot použitý. Tento konštrukčný smer dáva robotom novú dimenziu, ktorá vychádza z možnej rekonfigurovateľnosti jeho kinematickej a funkčnej štruktúry, čím sa pri využití pôvodných modulov robota vytvárajú nové varianty robota s požadovanými novými vlastnosťami a parametrami.

Modulárny robot sa chápe ako zostava autonómnych modulov. Zmenou prepojenia a usporiadania modulov možno na báze pôvodnej zostavy vytvoriť nové funkčné a kinematické konfigurácie modulárneho robota. Spojením jednotlivých modulov možno zostaviť modulárneho robota s požadovanými stupňami voľnosti. (Palko, 2009)



Obr. 11: *Modulárne robotické rameno* (www.robosklep.eu)

PRIEMYSELNÉ KAMEROVÉ SYSTÉMY



Ing. Ján Ďurica

1. Osvetľovacie systémy

Osvetľovacie systémy predstavujú jednu z najdôležitejších častí kamerového systému. Od osvetlenia snímanej scény závisí splnenie danej úlohy kamerovým systémom.



Ring Lights



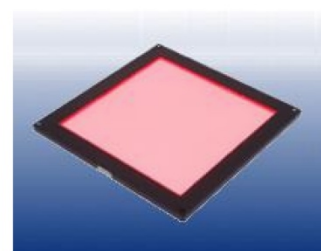
Back Lights



Dome Lights



Special Lights



Coaxial Lights



Line Lights

Obr. 1: Osvetľovacie systémy

Ring lights ponúkajú takmer homogénne osvetlenie objektov v ich pracovnej vzdialenosti. Vzhľadom na takmer paralelné vyrovnanie vyžarovaného svetla do fotoaparátu, tieňe sú obmedzené na minimum. Pomocou voliteľného polarizátor / analyzátor, sú možné významné zlepšenie kontrastu a zníženie reflexie. Ring lights sú k dispozícii v širokej škále veľkostí od 44 mm do 348 mm. Okrem štandardných farieb (červená a biela), sú k dispozícii aj v modrej, zelenej, UV a IR.

Difúzne horné osvetlenie je typicky generované s dome light. **Dome lights** sú najlepšie pre osvetlenie reflexným predmetom a vyhnútiu sa tieňom. Ďalšie možné aplikovanie je osvetlenie priehľadných objektov.

Osvetlenie **Line light** sa zvyčajne používa v kombinácii s fotoaparátmi line scan ako odrážajúci alebo vysielací zdroj svetla. Dôležitým rysom série svetiel je homogénne rozloženie svetla, ktoré môže byť ešte väčšie zvýšením použitia difúzorov **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**

Svietidlá **Coaxial Lights** sa používajú na osvetlenie objektov s vysoko reflexným povrchom. Svetlo je generované difúznym podsvietením a odráža sa 50%-ným priepustným zrkadlom na objekt tak, aby osvetlenie osi presne zodpovedalo optickej osi kamery. To zaručuje obraz bez tieňa a zabraňuje odrazom.

Back Lights sú využívané na kontrolu objektov prechádzajúcim svetlom. Majú extrémne vysoký kontrast (1-bit) a sú ideálne pre stanovenie vonkajších rozmerov a obrysov objektov. K dispozícii sú v 154 štandardných veľkostiach, s rozmermi 51x84 mm až 444x207 mm. Vďaka modulárnej konštrukcii sú ľahko realizovateľné prispôbivé riešenia. Video pomocou prechádzajúceho svetla sa zvyčajne zachytáva s čiernobielymi kamerami. Preto sú tieto zadné svetlá ponúkané v bielej a červenej, hoci aj ostatné farby sú k dispozícii na vyžiadanie. K dispozícii je aj špeciálna jednotka pre NIR osvetlenie. Pomocou kamery NIR môžu byť analyzované a kontrolované rôzne materiály (napr. plasty).

Special lights sú vyrábané priamo pre konkrétnu aplikáciu, prípadne ako univerzálne špeciálne osvetlenie rozdelené na niekoľko zón s možnosťou ich samostatného ovládania v závislosti od aktuálnej potreby.

2. Filtre

Optické filtre je možné v priemyselnom prostredí použiť na odstránenie niektorých častí scény, potlačenie rušivých vplyvov okolia na snímanú scénu, odfiltrovanie odrazov od snímaných objektov, prípadne zníženie šumu samotnej snímky.

Optické filtre môžeme rozdeliť na:

- farebné filtre:
 - červený,
 - zelený,
 - modrý,
- infračervené filtre,
- polarizačné filtre.



Obr. 2: Optické filtre

3. Objektívy

Voľba typu objektívu a jeho zorného poľa patrí k najdôležitejším rozhodnutím pri návrhu systému strojového videnia. Bežné typy objektívov premietajú obraz do plochy a tzv. perspektívnou projekciou. Významné obmedzenie presnosti merania nám môže spôsobiť geometrické skreslenie obrazového poľa objektívu. V tomto prípade predstavuje skreslenie rozdiel medzi teoretickou polohou obrazového bodu, ktorá vyplýva z princípu projekcie a skutočnou polohou bodu zobrazeného reálnym objektívom. V niektorých aplikáciách, keď napr. čítame text, kódy alebo počítame objekty nám skreslenie nemusí vadieť. V aplikáciách, kde požadujeme presné meranie rozmerov, je nutné obrazové pole softvérovým korigovať. V nasledujúcej časti si predstavíme niektoré z objektívov určených pre špeciálne aplikácie.

Kontrola obvodu objektov

S použitím špeciálneho objektívu môžeme získať všetky potrebné informácie nutné ku kontrole, prípadne meraniu v jednom snímku. V tomto prípade je objektív rozdelený na dve oblasti. V strede zorného poľa je oblasť s určitým priemerom (podľa typu objektívu) s minimálnym skreslením a zvyšok zorného poľa slúži na snímanie obvodu valca. Na jednom snímku môžeme takýmto spôsobom zmerať priemer, výšku objektu, rozmiestnenie a prítomnosť detailov. Na nasledujúcom obrázku je vyobrazený použitý objektív, jeho umiestnenie vo vybranej aplikácii a získaný snímok.



Obr. 3: Kontrola obvodu objektov

Kontrola otvorov objektov

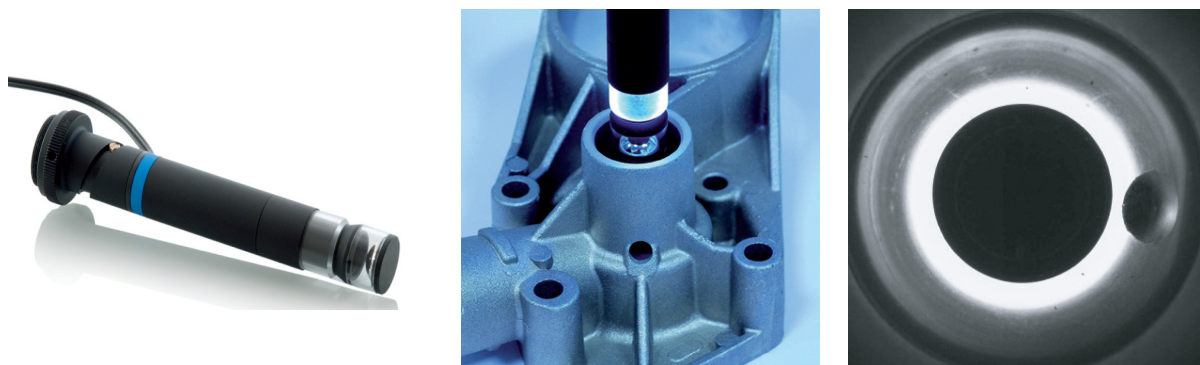
Pri kontrole otvorov môžeme na jednom snímku skontrolovať priemer, výšku, prítomnosť detailov a ich rozmery. Pri týchto objektívoch je však nutné dodržať presnosť polohovanie v určitých toleranciách nakoľko je zorné pole rozdelené do niekoľkých oblastí s úplne odlišnými vlastnosťami.



Obr. 4: Kontrola otvorov objektov

Panoramatická kontrola objektov

V prípade detailného kontrolovania otvorov je možné použiť panoramatický objektív, ktorý umožňuje kontrolovať aj hlboké otvory v určitom rozsahu priemerov. Týmto spôsobom je možné merať, prípadne ja kontrolovať prítomnosť prasklín a iných nedostatkov či defektov.



Obr. 5: Panoramatická kontrola objektov

MultiView kontrola objektov

MultiView objektív nám poskytuje 8 pohľadov pod 45° uhlom, z ktorých môžeme kontrolovať objekt zo strán a z vrchu. Napríklad pri maticiach môžeme na jednom snímku skontrolovať obvod matice, vrch a závit.



Obr. 6: MultiView kontrola objektov

Kontrola objektov pod uhlom

Pri kontrole a meraní objektu pod určitým uhlom môže dochádzať ku skreslenie obrazu (časť obrazu pred a za zaostranou vzdialenosťou).

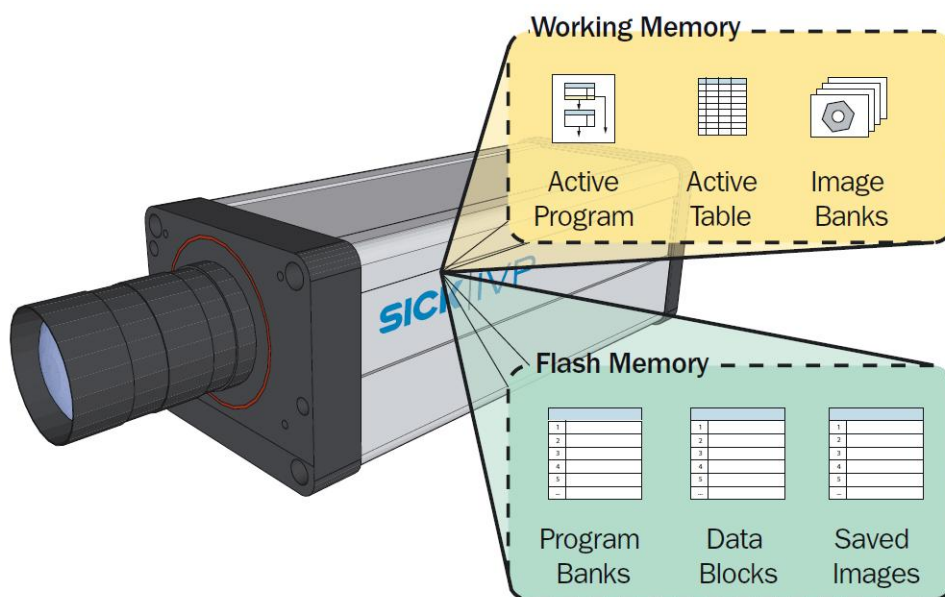


Obr. 7: Kontrola objektov pod uhlom

Nakoľko sú špeciálne objektívy vyrábané len na konkrétnu aplikáciu, je potrebné pri jeho výbere zohľadniť všetky požiadavky kladené na objektív.

4. Inteligentné (smart) kamerové systémy

Inteligentný kamerový systém predstavuje kompaktné zariadenie schopné samostatne spracovávať úlohy strojového videnia s prepojením na nadradený riadiaci systém v danom procese.



Obr. 8: Inteligentný kamerový systém

Smart kamerový systém pozostáva z prvkov snímania a digitalizácie, výpočtovej a pamäťovej časti, vstupov a výstupov a komunikačného rozhrania v priemyselnom prevedení. Smart kamerové systémy je možné programovať na úlohy kontroly, lokalizácie, identifikácie a merania. Vývoj aplikácie je prevádzaný na PC, v niektorých prípadoch priamo na HMI kamerového systému.

V špecifických prípadoch môže smart kamerový systém nahradiť aj samotný riadiaci systém procesu.

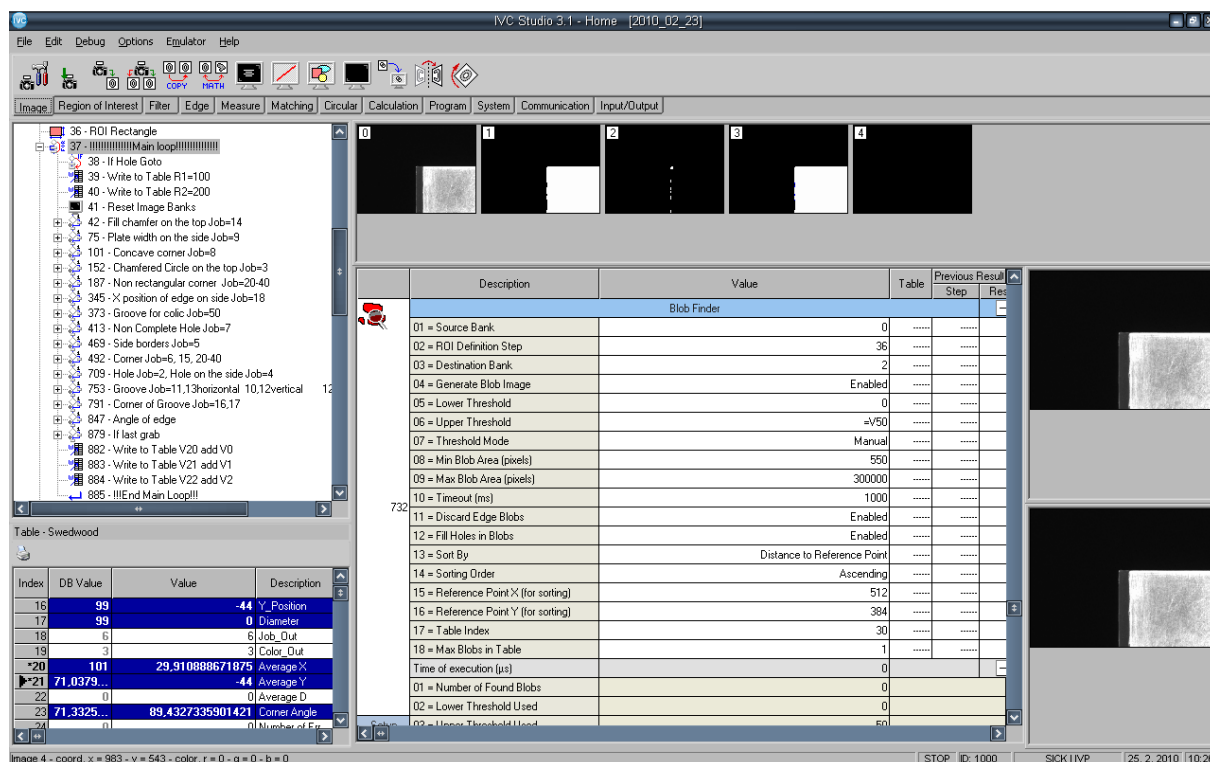
IVC-2D smart kamerový systém:

- rozlíšenie 1024x768
- 800 MHz procesor
- 128 MB RAM
- 16 MB Flash ROM
- Web server
- FTP server
- (čítanie 2D kódov)
- (OCR/OCV)
- rozhranie:
 - RS-485
 - Ethernet
- integrované I/O

Uvedený smart kamerový systém bol použitý pri kontrole a meraní drevených dielcov. Program kamerového systému bol rozdelený na hlavný program a podprogramy. Hlavný program komunikuje s nadradeným riadiacim systémom a podľa potreby aktivuje príslušný

podprogram, ktorého výsledky odovzdá nadradenému systému a vybrané informácie uloží na FTP server. Získané výsledky je možné v prípade potreby overiť prostredníctvom dát uložených na FTP serveri.

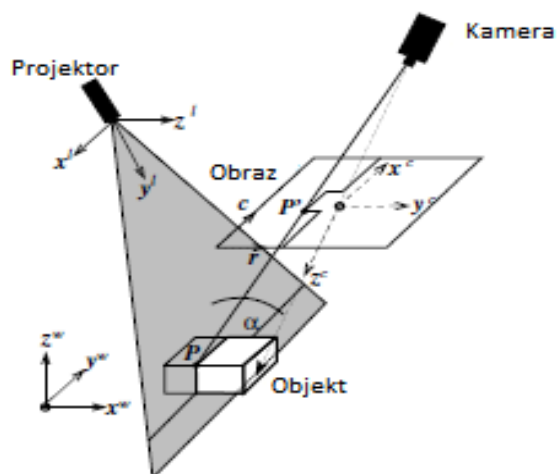
Na nasledujúcom obr. je zobrazené vývojové prostredie použitého kamerového systému s časťou programu.



Obr. 9: Vývojové prostredie inteligentného kamerového systému

5. 3D kamerové systémy

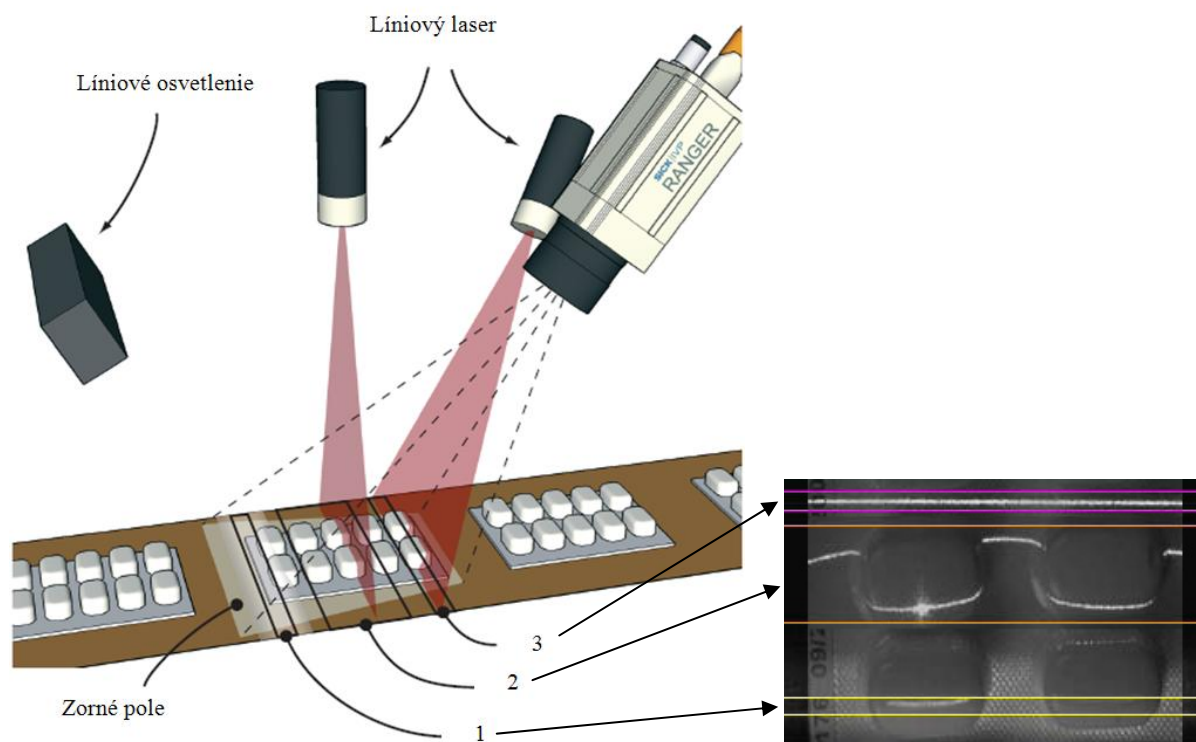
Profilometria je najpresnejšou metódou používanou na získanie 3D informácie o objekte. Základnou myšlienkou tejto techniky je svetelná čiara, ktorá je generovaná projektorom na povrch objektu, ktorý má byť rekonštruovaný. Ako je znázornené na obrázku, projekcia svetelnej čiary vytvára rovinu, ktorá sa nazýva svetelná rovina, alebo tiež Sheet of Light. Optická os kamery a svetelná rovina zvierajú uhol, ktorý sa nazýva vymeriavací uhol. Priesečnice laserovej roviny a kamery závisia na výške objektu. Ak teda objekt, na ktorý sa premieta laserová čiara, nemá rovnakú výšku, vytvára sa tak profil objektu. Spojením týchto profilov môžeme dostať tvar objektu.



Obr. 10: Princíp merania pomocou profilometrie

3D kamerový systém Ranger

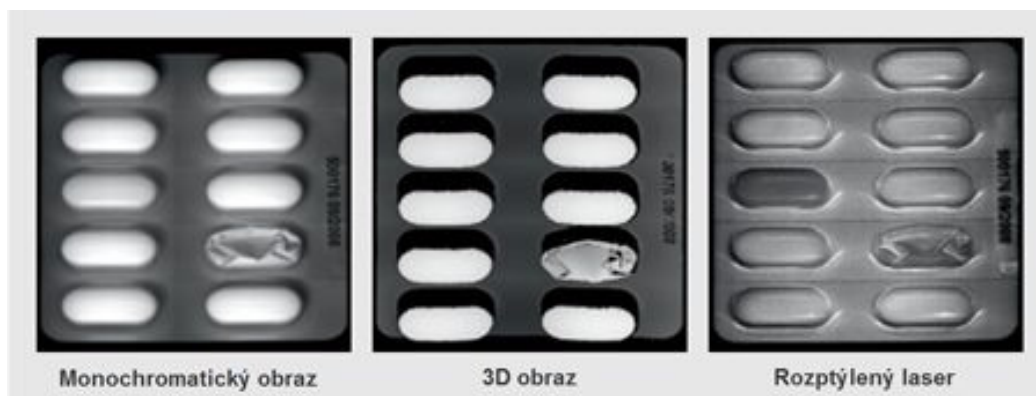
Meraním odchýlky laserovej čiary od referenčnej čiary sa dá vypočítať výška meraného objektu. Pri pohybe objektu cez laserový lúč sa generujú jednotlivé profily objektu. Súbor týchto profilov tvorí kompletný tvar objektu. Unikátna technológia kamier je sama schopná nájsť polohu laserového lúča a zmenšiť celú obrazovú informáciu do kompaktnej „laserovej“ súradnice. Len tieto laserové súradnice sa potom prenášajú do počítača, ktorý s kamerou Ranger vyhotovuje 3D modely veľmi rýchlo a spoľahlivo. Kamera ponúka niekoľko metód na generovanie 3D profilov, ktoré sa líšia rýchlosťou a rozlíšením. Rôzne algoritmy vyhotovujú rôzne modely podľa toho, ktoré sú potrebné pre danú úlohu. Táto pružnosť kamery sa dá využiť na optimalizáciu výsledkov pre konkrétnu úlohu. Rýchlosť získavania profilu je závislá od kombinácii vybraných 3D metód, požadovaného rozlíšenia a požadovanej výšky meraného rozsahu.



Obr. 11: Možnosti využitia režimu MultiScan

Okrem merania 3D súradníc je kamerový systém schopný merať ďalšie vlastnosti objektu a to súčasne. Táto funkcia kamery sa nazýva Multiscan (obr. 11). Pridaním vhodných svetelných zdrojov je možné získavať informácie o objekte, ako napríklad intenzitu odrazeného laserového lúča od povrchu, absorpciu v rôznych vlnových dĺžkach a tiež rozptyl laserového lúča na povrchu objektu. Kombináciou týchto získaných informácií o vlastnostiach objektu môžeme vykonať veľmi dôkladnú analýzu meraného objektu, ktorú môžeme použiť pri riešení rôznych úloh. Keďže na to stačí jedna kamera, je to veľmi výhodné aj z hľadiska nákladov. Všetky rozmery namerané Multiscanom, na rozdiel od 3D dát, boli namerané spôsobom líniového snímania. Na meranie každej vlastnosti objektu sa používa vybraná časť CMOS senzora. Každý parameter je možné nastaviť nezávisle od ostatných. Výsledné dáta sa potom prenášajú jednotlivo do počítača. Unikátny senzor s kombináciou možností pružnej konfigurácie umožňuje merať až desať rôznych vlastností súčasne.

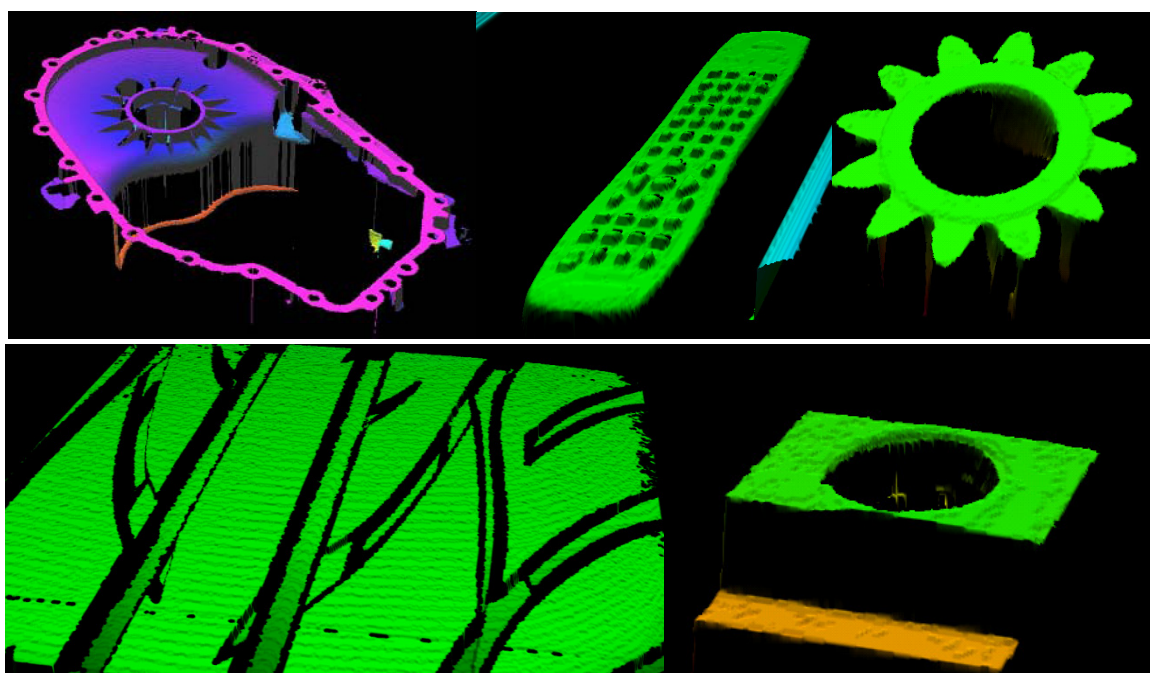
Výsledky získané snímaním s režimom MultiScan môžeme následne previesť na obrazovú informáciu v odtieňoch šedej. Monochromatický obraz je získavaný v oblasti 1 (obr. 11), ktorá je osvetlená líniovým osvetlením. V oblasti 2 (obr. 11) je kamerou snímaný 3D profil objektu s využitím líniového lasera, ktorý zvierá z kamerou uhol rôzny od nuly. Rozptyl laserového lúča na povrchu objektu je snímaný v oblasti 3 (obr. 11).



Obr. 12: Výsledky snímania v režime MultiScan

Parametre kamerového systému Ranger:

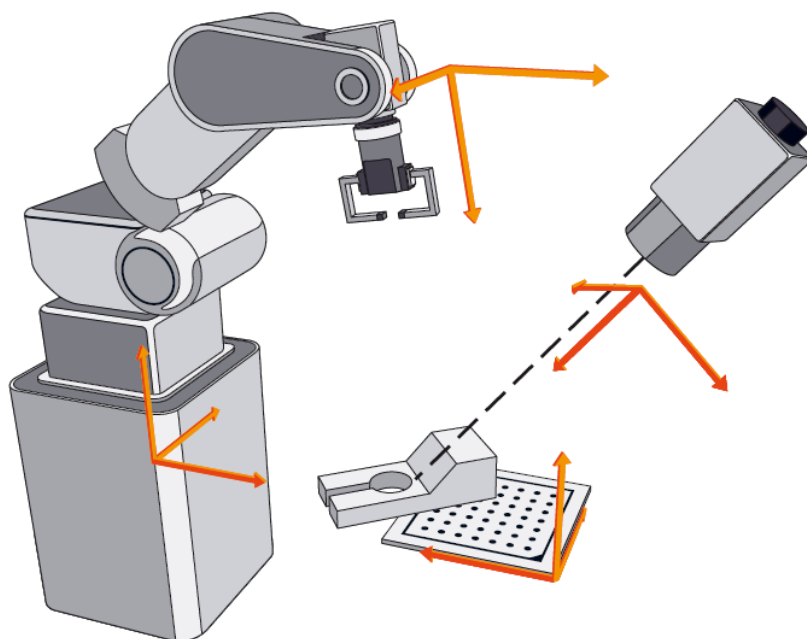
- rozlíšenie:
 - 1536x512
 - 3072x1
- 35000 profilov za sekundu
- 206 MHz procesor
- 16 MB Flash ROM
- rozhranie:
 - CameraLink
 - (Gigabit Ethernet)
- režim snímania:
 - obraz
 - Multiscan



Obr. 13 Príklady snímaných objektov v zobrazení 3D

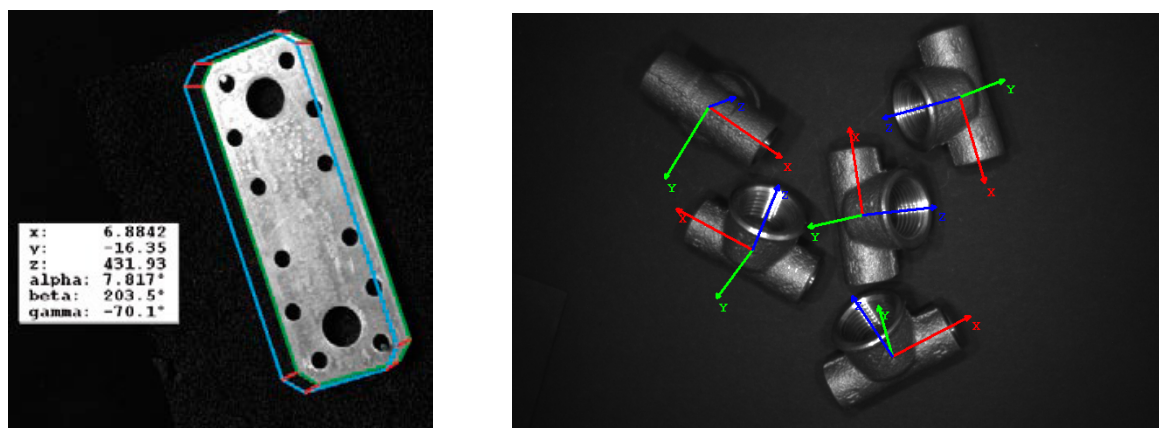
6. Nové trendy v oblasti využitia kamerových systémov v priemysle

Na určenie presnej polohy objektu v priestore je potrebné určiť tri súradnice polohy a tri orientácie. Takéto informácie získané z kamerových systémov môžu byť využité napríklad pri programovaní pohybu priemyselného robota. V súčasnej dobe sa bežne používajú kamerové systémy pri určovaní polohy a orientácie objektov hlavne na dopravníku. V tomto prípade sa jedná o jednoduché určenie polohy nakoľko je nutné určiť iba polohu objektu na známej rovine a jeho orientáciu okolo zvislej osi.



Obr. 14: Vzťah medzi súradnicovými systémami v aplikácii kamerového systému

V praxi sa však čoraz častejšie nasadzujú aj kamerové systémy, ktoré sú schopné vypočítať polohu známeho objektu v priestore z 2D snímku na základe minimálne 3 určených referenčných bodov. Ďalšou možnosťou je použitie metódy odhadu polohy na základe porovnávania tvaru. Pre odhadovanie polohy objektu touto metódou je tvar objektu generovaný z počítačového modelu.

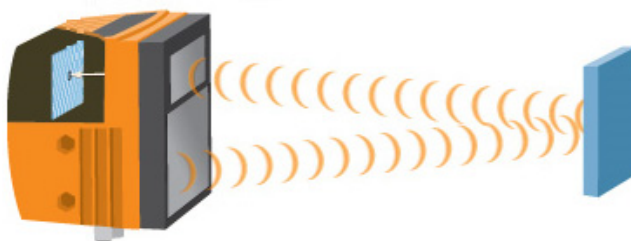


Obr. 15: Výsledky lokalizácie objektov

V prípade potreby je možné použiť aj 3D kamerový systém pre identifikáciu voľne uložených objektov a následne navádzať priemyselného robota napríklad pri depaletizácii.

Time of Flight

Najjednoduchšie verzie kamier, ktoré fungujú na tomto princípe využívajú svetelné impulzy. Osvetlenie sa zapína na veľmi krátku dobu, čiže svetelný impulz osvetlí meraný objekt a následne sa od neho odráža.



Obr. 16: Princíp metódy *Time of Flight*

Objektív kamery sníma odrazené svetlo a zobrazuje ho na rovine snímača. V závislosti od vzdialenosti má svetlo určité oneskorenie. Kamery fungujúce na princípe time of flight sú schopné odmerať vzdialenosť v rámci celej scény len jedným impulzom a vzhľadom k tomu dokážu dosiahnuť až 100 snímok za sekundu

AKČNÉ ČLENY V PRIEMYSELNEJ AUTOMATIZÁCII



Ing. Peter Macek

1. Akčné členy

Regulované systavy riadime akčnými členmi. Obyčajne ide o zariadenia, ktoré menia vstupný elektrický, hydraulický, alebo pneumatický signál na mechanickú prácu. Každý akčný člen mení energetické pomery v regulovanej ústave na základe akčnej veličiny, ktorú vypracoval regulátor.

Akčný člen sa skladá z dvoch častí: **pohonu** = rôzne druhy motorov
 regulačného orgánu

Regulačným orgánom môžu byť:

1. **ventily** – pre plynné a kvapalné látky
2. **klapky** - pre plynné a kvapalné látky
3. **posúvače** – pre sypké a tuhé látky

Ich hlavnou úlohou je meniť prietok látok. U ventilov prietok závisí od otvorenia ventilu. Ventil sa môže otvárať rôzne, závisí to od jeho charakteristiky.

- a) rýchlo otváracia
- b) Lineárna
- c) parabolická
- d) Ekvipercentná

Rozdelenie elektrických pohonov – pohony triedime z rôznych hľadísk:

1. **Podľa druhu pohybu**, ktorým sa prenáša energia na pracovný mechanizmus:

- a) otáčavý
- b) priamočiary
- c) pákový

2. Podľa spojitosti:

- a) spojitý
- b) nespojitý

3. Podľa energie:

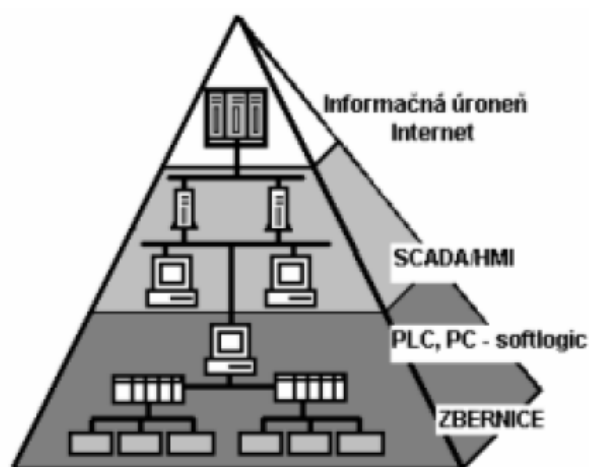
a) **Elektrické** – ľahko dostupná energia, dobrá regulácia a spolupráca s riadiacim počítačom, dobrá samosvornosť = pri výpadku energie pri odpojení od zdroja nemenia svoju nastavenú polohu.

Nevýhodou je nebezpečenstvo skratu a iskrenia, preto nie sú vhodné do výbušných prostredí, ich vyššia hmotnosť.

b) **Pneumatické** – sú vhodné aj do výbušných prostredí, majú malú hmotnosť pri rovnakom výkone ako elektrické, sú konštrukčne jednoduché a lacné. Nevýhodou je, že potrebujú napájanie z kompresora a ich samosvornosť je horšia a pri výpadku napájania potrebujú zabezpečiť samovoľné prestavovanie.

c) **Hydraulické** pohony – majú najväčší výkon, sú napájané stlačeným hydraulickým olejom, sú pomalšie, náročnejšie na údržbu. Používajú sa menej – pre špeciálne účely na zákazku.

2. Trojúrovňový model distribuovaného systému riadenia



Obr. 1: *Trojúrovňový model distribuovaného systému riadenia*

Technologická úroveň riadenia je najnižšou úrovňou riadenia. Je to úroveň riadenia technologických procesov. Zahŕňa stroje a zariadenia, technologické siete a úroveň PLC (*Programmable Logic Controller*) automatov.

Delí sa na dve základné časti:

- **Nultá úroveň strojovej výroby** - tvorí základné rozhranie s výrobou. Zahŕňa výrobné linky, stroje a zariadenia, v ktorých sú integrované snímače a akčné členy.

- **Prvá úroveň riadenia** - zahŕňa riadiace PC a PLC, ktoré sú s nultou úrovňou prepojené. Prepojenie riadiacich zariadení na prvej úrovni riadenia je realizované pomocou štandardných technologických sietí, ako sú napr.: LonWorks, Profibus-FMS, Controlnet, DH+, DH485. Prepojenie s vyššou úrovňou je realizované cez Ethernet.

Úroveň supervízneho riadenia je vyššou úrovňou riadenia, ktorá sa alternatívne nazýva aj *úroveň SCADA*. Prvkami tejto úrovne sú prostriedky SCADA/HMI systémov a procesná databáza. Slúži na prvotný zber a integráciu procesných dát, monitorovanie, vizualizáciu a vyhodnocovanie procesov, umožňuje priame operatívne zasahovanie do procesov. Dáta získane z tejto úrovne môžu byť ďalej použité v informačnej úrovni riadenia.

Informačná úroveň riadenia zastrešuje predchádzajúce vrstvy. Patria tu databázové prostriedky pre vyššie úrovne riadenia, manažérsky informačný systém (MIS) a prostriedky internetovej vizualizácie. Je to úroveň plánovania a manažmentu.

Na tejto úrovni sa archivujú a spracúvajú dáta a prijímajú sa dlhodobé strategické rozhodnutia pre výrobu. Dáta sú už vyselektované a spracované pre určitý špecifický účel. V dátovom serveri sú dostupné všetky potrebné najdôležitejšie údaje.

DSR musí pracovať v reálnom čase, aby sa včas zabezpečil správny výsledok, a aby bolo možné hovoriť o akčnom zásahu. Na technologickej úrovni môže byť reálny čas rádovo ns - ms, na úrovni supervízneho riadenia ms – s, na informačnej úrovni to môžu byť aj hodiny, dni, mesiace a roky, podľa potreby stratégie rozhodnutia.

3. Pneumatické aktuátory

Pneumatika, ako technológia používaná v priemyselnej automatizácii, postupne prechádzala vývojom, počas ktorého sa v nej uplatňovali najnovšie poznatky z viacerých oblastí vedy a techniky

Počas tohto vývoja boli na výrobcov pneumatických prvkov zo strany projektantov, konštruktérov a pracovníkov údržby kladené požiadavky, ktoré boli základným predpokladom na neustále zdokonaľovanie a technologickú vyspelosť. Tieto požiadavky by sme mohli charakterizovať ako konštrukcia, montáž, prevádzka a údržba.

Ako najdôležitejší prvok v pneumatike samozrejme vystupuje pneumatický valec (aktuátor), ktorý je nositeľom premeny energie stlačeného vzduchu na mechanickú prácu. Na riadenie a ovládanie samotného pneumatického valca je potrebný celý rad ďalších pneumatických prvkov (rozdávzač, ventily na riadenie prietoku, magnetické snímače, atď.). Všetky tieto časti tvoria jeden logický pneumatický obvod.

Snahou viacerých výrobcov pneumatických prvkov bolo a stále je, zjednotiť všetky ovládacie a riadiace prvky čo najbližšie k samotnému pneumatickému valcu. Niektorí výrobcovia umiestňujú rozvádzač na teleso valca. Firma IMI NORGREN, ako prvá zakomponovala všetky logické časti na ovládanie a riadenie priamo do pneumatického valca. Tento produkt

nazvala výstižne **SMART**. Voľne by sme to mohli preložiť ako šikovný, inteligentný, kompaktný, integrovaný, komplexný. Všetky tieto atribúty tento pneumatický valec spĺňa. Základ tvorí dvojčinný pneumatický valec.

Veľmi dôležitým faktom je, že SMART valec, aj napriek tomu, že má v sebe zakomponované všetky prvky na jeho ovládanie a riadenie, je vyrobený podľa normy ISO 6431 a VDMA 24562. To znamená, že je rozmerovo zhodný (celková dĺžka valca v upevňovacích bodoch) s bežnými valcami ostatných výrobcov, vyrobenými podľa týchto noriem. V praxi to znamená, že SMART valec je možné nahradzovať na strojných zariadeniach za staršie valce bez nutnosti ďalších úprav potrebných na jeho montáž. Na ovládanie činnosti SMART valca, slúži integrovaný elektromagnetický rozvádzač. Je vyrobený tzv. "lapovanou technológiou" bez dynamických tesniacich O-kružkov. Vo valci sú integrované aj škrtiace ventily na riadenie rýchlosti a nastaviteľné tlmenie v koncových polohách. Štandardnou súčasťou SMART valca sú aj magnetické spínače, ktorých výstup je už integrovaný do spoločného konektora na ovládanie rozvádzača. Na pripojenie stlačeného vzduchu a odvetranie pre valec aj rozvádzač, slúžia len dva otvory. SMART valec je možné v súčasnosti riadiť prostredníctvom dvoch systémov - zbernicový AS -Interface resp. Multipólové pripojenie.

Z uvedeného vyplýva, že SMART valec je skutočne komplexný („All in one“), kompaktný (ISO, VDMA) a inteligentný (LED diódy, AS-Interface) pneumatický prvok. Na začiatku boli spomenuté požiadavky, ktoré sú dôležité z hľadiska posudzovania a hodnotenia technológie ako takej. Na základe týchto požiadaviek sa totiž konštruktér, výrobca stroja, alebo pracovník údržby, rozhoduje, akú technológiu resp. aký konkrétny produkt použiť.



Obr. 2: SMART valec

Konštrukcia - profilová rúra valca je z eloxovaného hliníka, piestna tyč je z ušľachtilej feritickej ocele a tesniace časti z polyuretánu a nitrilkaučuku. Posúvač rozvádzača je vyrobený lapovanou technológiou" (nadifundovaná teflónová vrstva zabezpečuje tesnosť posúvača v puzdre). Magnetické snímače sú chránené v drážke profilu ochrannou odnímateľnou lištou.

Montáž - valec je vyrobený podľa ISO, VDMA noriem, takže je možné k montáži použiť širokú škálu existujúcich a štandardizovaných upevňovacích prvkov. Jeden spoločný prívod, odvetrávací otvor a elektrický vývod značne uľahčujú (zabráni sa nesprávnemu zapojeniu) a urýchľujú montáž.

Všetky jeho časti sú presne nadimenzované na veľkosť valca, to znamená, že valec je možné riadiť a ovládať veľmi presne. Ďalšou dôležitou a nezanedbateľnou výhodou je úspora stlačeného vzduchu.

Prevádzka - to, že súčasťou SMART valca sú všetky potrebné časti na jeho ovládanie a riadenie, znamená bezproblémovú prevádzku.

Údržba – na stlačený vzduch, ktorý ovláda SMART valec, sú kladené štandardné nároky na čistotu vzduchu. To znamená, prefiltrovaný (min.40um), priolejovaný alebo nepriolejovaný vzduch. Pracovná teplota je v rozmedzí 0 až +50 °C, pracovný tlak 2 až 8 bar. Samotný SMART valec je možné repasovať prostredníctvom výmeny sady tesnenia. Rozvádzač je bez tesniacich dynamických O-krúžkov (lapovaný"), čo zaručuje dlhú životnosť.

SMART valec je možné aplikovať podobne ako štandardné valce, takmer vo všetkých odvetviach priemyselnej výroby. V súčasnosti sa najčastejšie používa v automobilovom, papierenskom, sklárskom, drevospracujúcom, potravinárskom, strojárskom a hutníckom priemysle.

4. Inovácie pneumatických systémov

Pneumatické zariadenia sú spolu s elektrickými, elektromechanickými a hydraulickými pohonmi stále jednými z najčastejšie používanými akčnými členmi v priemysle. Je to najmä vďaka ich robustnosti, univerzálnosti a jednoduchosti použitia, pričom sa pokladajú za spôsob, ako dosiahnuť nízkonákladovú automatizáciu. To znamená nízke počiatkové investície, nízke náklady na uvedenie do prevádzky, na prevádzku a ich údržbu.

Elektrické zariadenia zaznamenali v poslednom období výrazné inovácie a zlepšenia z hľadiska zvýšenia výkonu (predovšetkým v oblasti lineárnych motorov) a zníženia ceny, čo znamenalo zvýšenie ich konkurencieschopnosti v porovnaní s ostatnými technológiami. Aby si aj pneumatika udržala konkurencieschopnosť, bolo potrebné postúpiť o krok vpred a pozrieť sa aj po nových oblastiach jej využitia. Takéto aplikácie sa začali objavovať najmä mimo priemyslu, kde by mohli inovatívne pneumatické zariadenia a systémy zohrať významnú úlohu. Vývoj pneumatických zariadení možno charakterizovať ako evolúciu mechatronických systémov, kombinujúcich mechanické a elektrické súčasti s prepojením na jednotky riadenia prostredníctvom elektrických alebo optických zberníc.

Trendy v oblasti rozvoja pneumatiky v súčasnosti možno rozdeliť do niekoľkých kategórií:

- a) optimalizácia výkonu a spoľahlivosti jednotlivých komponentov (s dôrazom predovšetkým na miniaturizáciu ventilov a cylindrov, zníženie trenia, štandardizáciu a nové modely ventilov),
- b) vývoj nových rozhraní medzi širokým spektrom nízkonapäťových elektrických signálov alebo optických signálov a pneumatickými signálmi,
- c) vývoj nových akčných členov (aktuátorov), a to najmä flexibilných jednotiek s minimálnym trením a špeciálnych akčných členov,

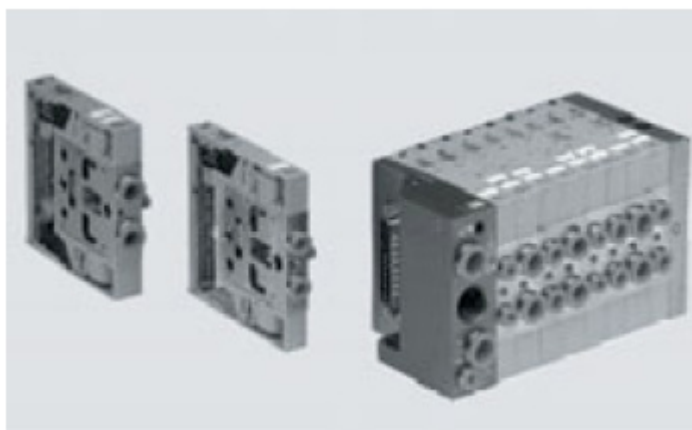
- d) zvýšená pozornosť v oblasti energetických strát,
- e) integrácia so senzormi a riadiacou elektronikou s cieľom vytvoriť inteligentné servosystémy,
- í) vývoj nových aplikácií v oblastiach, kde pneumatika nemala v minulosti veľké uplatnenie (poľnohospodárstvo, vozidlá, lodné pohony, vysokorýchlostné polohovanie bez trenia a pod.).

5. Pneumatické ventily

Medzi najdôležitejšie zlepšenia, ktoré sa v minulosti objavili v pneumatike možno zaradiť:

- miniaturizácia ventilov spolu s optimalizáciou vnútornej konštrukcie,
- zníženie hmotnosti ventilov a energie na ich ovládanie,
- nové technológie montáže, ktoré už nezodpovedali postupom v ISO,
- zvýšenie spoľahlivosti a času bezporuchovosti, neskôr s dosiahnutím niekoľko stoviek miliónov cyklov vďaka precíznej voľbe materiálov a vývoju účinného tesnenia.

Na Obr. 3 je zobrazená skupina pneumatických ventilov, kde do jednej skupiny môžu byť inštalované ventily s rôznou veľkosťou.



Obr. 3: Modulárne pneumatické ventily

Ďalším významným zlepšením bol vývoj zložených (viacnásobných) digitálnych tanierových ventilov. S týmto typom ventilov možno aplikovať niekoľko spôsobov regulačných techník, napr. číslicovo-impulzná modulácia (pulse number modulation - PNM), kódovo-impulzná modulácia (pulse code modulation - PCM) a šírková-impulzná modulácia (pulse width modulation - PWM). V tomto prípade môže byť prietok riadený zmenou prierezu. Pri prvej technike riadenia (PNM) majú ventily rovnaký priestorový prierez (definovaný v súlade s ISO 6358) a počet získaných úrovní sa rovná $n + 1$, kde n je počet použitých ventilov.

Pri druhej technike (PNM) je prierez každého ventilu dvojnásobný ako pri predchádzajúcom ventile a počet kombinácií je $2n$. Pri tretej technike (PWM) sa vo všeobecnosti používa modulácia pracovného cyklu ventilu. Na **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** je skupina takýchto ventilov s rozdielnym počtom portov na pripojenie. Tie môžu byť riadené rýchlejšími algoritmi s časom reakcie 1 ms. Na

Obr. 5 sú komerčne dostupné pneumatické proporcionálne ventily používajúce dva solenoidy s PWM.



Obr. 4: Zložené digitálne tanierové ventily



Obr. 5: Pneumatické proporcionálne elektroventily s PWM

Možno očakávať, že zariadenia tohto typu sa budú v blízkom období čoraz častejšie používať spolu s proporcionálnymi ventilmi so solenoidom ako súčasť riadených servosystémov.

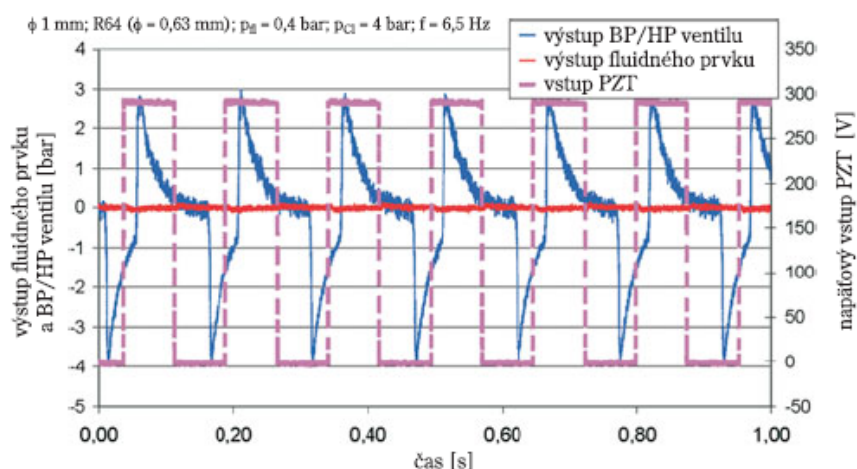
6. Elektropneumatické, piezofluidné a optopneumatické rozhrania

Rastúci trend používania snímačov a riadiacich systémov je dôvodom na hľadanie vysoko účinných rozhraní medzi pneumatickými signálmi a optickými signálmi alebo nízkonapäťovými elektrickými signálmi zo zberníc a liniek 4-20 mA. Takéto rozhrania možno zrealizovať vďaka dostupnosti a možnostiam nových materiálov a využitím fenoménu fluidnej dynamiky týkajúceho sa prúdenia vzduchu. Pri elektropneumatickom rozhraní možno použiť nasledujúce princípy:

- piezoelektrické ovládanie,
- laminárno-turbulentná zmena prúdenia,

- ovládanie pomocou bimetalových lamín (plátkov),
- materiály s tvarovou pamäťou,
- elektrostatické ovládanie,
- ovládanie teplom,
- elektrolyza.

Na Obr. 6 sú zobrazené priebehy vstupného napät'ového signálu PZT, výstupného signálu fluidného prvku a výstupný signál nízko-/vysokotlakového rozhrania. Výsledky sú získané pre fluidné riadiace dýzy s priemerom $\langle t \rangle$ 1 mm, fixným odporom $\langle t \rangle$ 0,65 mm, napájacím tlakom pre fluidný prvok 0,4 baru, napájacím tlakom pre rozhranie nízko/vysokotlakového rozhrania 4 bary a pracovnou frekvenciou 6,5 Hz. Záznam bol vykonaný použitím osciloskopu v modalite striedavého napätia na elimináciu ofsetu vysielacza tlaku.



Obr. 6: Priebeh vstupného a výstupného signálu v skúšanom piezofluidnom rozhraní

7. Elektrické pohony

Elektrický pohon označuje súbor všetkých technických prostriedkov zaisťujúcich pohon nejakého strojného mechanizmu za pomoci elektrickej energie, spravidla za pomoci elektromotora, ktorý tvorí základný člen elektrického pohonu.

Prvky elektropohonu

Prvky elektrického pohonu môžu byť napr. napájacie, ovládacie, riadiace, signalizačné zariadenia a ďalšie prvky, ktoré prakticky zabezpečujú požadované premeny elektrickej energie dodávanej z vonkajšieho prostredia.

Rozdelenie elektropohonov

- 1.) Podľa pohybu
 - a. Točivé
 - b. Priamočiare
- 2.) Podľa riadenia otáčok

- a. Jednorýchlostné motory
- b. Viacrýchlostné motory
- c. S plynule nastaviteľnou rýchlosťou

Aplikácie

S bežnými elektrickými pohonmi sa veľmi často stretávame napr. u koľajových železničných vozidiel, električiek, trolejbusov, pri prevádzke lanoviek, výťahov, pásových dopravníkov, zariadení a mnoho ďalších mechanizmov.

Výhody

- Elektrický pohon sa dá previesť pre akýkoľvek výkon
- Široký rozsah momentov
- Rozsah otáčok
- Dokáže sa prispôbiť podmienkam, v ktorých pracuje
- Nie je zdrojom splodín pri svojej práci
- Nízka úroveň hluku
- Okamžitá prevádzkyschopnosť
- Jednoduchá obsluha a údržba
- Jednoduché riadenie a ovládateľnosť
- Nízke straty naprázdno, vysoká účinnosť, vysoká krátkodobá preťažiteľnosť
- Nevytvára vibrácie ani pulzačné momenty
- Dlhá životnosť
- Jednoduché konštrukčné prispôbenie záťaže
- Lacné uloženie, napojenie

Nevýhody

- Elektrický pohon je závislý na okamžitej dodávke elektrickej energie
- Nemá dobrý pomer medzi hmotnosťou a výkonom

Krokové motory

Krokové motory sú mnohopólové a mnohofázové synchronne motory prispôbené prevádzke v krokovom režime. Najčastejšie sú používané ako otvorené polohové číslicové servopohony, bez priameho snímania polohy rotora motora.



Obr. 7: Krokový motor

Krokové motory majú nasledovné vlastnosti:

- Sú bezkefové – nedochádza k vzniku iskier, čo môže byť nežiaduce v určitých oblastiach nasadenia – sú teda bezpečnejšie a možnosť ich nasadenia je možné uplatniť aj v rizikovejších prostrediach.
- Udržujú krútiaci moment – krokové motory majú dobrú schopnosť udržať si krútiaci moment. Sú využívané práve kvôli tejto schopnosti a to aj pri nulových otáčkach, keď motor stojí.
- Otvorený systém – pravdepodobne najcennejšou a najzaujímavejšou vlastnosťou krokových motorov je, že ich je možné použiť v otvorených systémoch bez spätnej väzby. Toto však platí pri dostatočnom nadimenzovaní motora (záťažný moment).
- Nezávislosť od záťaže – rotačná rýchlosť KM nezávisí od záťaže. Platí to za predpokladu dostatočného momentu motora tak, aby sa predišlo strate kroku (preklznutiu). Toto sa stáva najmä pri vysokých rýchlostiach. Vtedy nevieme presne určiť pozíciu. Kvôli tomu sa rýchlosť udržiava v rámci predpísaného intervalu.

Základný princíp krokového motora je pomerne jednoduchý. Prúd prechádzajúci cievkou statora vytvorí magnetické pole, ktoré pritiahne opačný pól magnetu rotora. Vhodným zapojením cievok dosiahneme vytvorenie rotujúceho magnetického poľa, ktoré otáča rotorom.

Kvôli prechodovým magnetickým javom je obmedzená rýchlosť otáčania motora. Po prekročení tejto maximálnej rýchlosti motor začína strácať krok. V prípade, kde by mohol nastať takýto stav, je potrebné v prípade otvoreného systému uvažovať o motore s vyššími parametrami alebo uvažovať o uzavretom systéme so spätnou väzbou (napr. IRC snímač polohy).

Lineárne motory

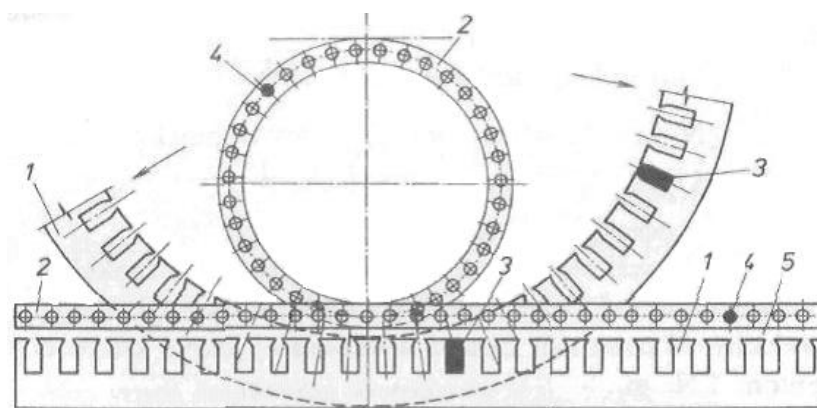
Väčšina elektrických motorov sa navrhuje tak, aby vykonávali plynulý točivý pohyb a mohli tak poháňať rôzne priemyselné zariadenia, ktoré vyžadujú pri svojej prevádzke tento druh pohonu.

V priemysle však dosť často nastávajú situácie, kedy treba nahradiť točivý pohyb úspornejším priamočiarym pohybom. Na tieto účely boli navrhnuté **lineárne motory**.

Lineárne motory sú osobitným druhom indukčných motorov najčastejšie s kotvou nakrátko, ktorých trojfázové satorové vinutie je rozložené do roviny a uložené v drážkovanom statore.

Týmto usporiadaním vzniká namiesto otáčavého magnetického poľa *postupné pole*, ktoré svojim silovým pôsobením na vhodne upravený motor vyvoláva posuvný pohyb. Lineárnym pohonom sa rozumie sústava zložená z lineárneho elektromotora a z výkonovej a riadiacej elektroniky. Lineárny elektromotor je v podstate elektromagnetický menič energie, pracujúci na princípoch indukčných, synchronných, jednosmerných strojov.

Lineárne krokové motory možno používať pri presných polohovacích mechanizmoch napr. pri číslicovo riadených strojoch.



Obr. 8: 1 - *stator (primárna časť)*, 2 - *rotor (sekundárna časť)*, 3 - *statorové vinutie*, 4 - *rotorové vinutie*, 5 - *vzduchová medzera*

PROJEKTOVANIE SKLADOVÉHO HOSPODÁRSTVA V KONCEPTE DIGITÁLNEHO PODNIKU



Ing. Vladimír Novák

Táto problematika je vysoko aktuálna, pričom v súčasnom období zažíva značný rozmach a uplatnenie v praxi. V súčasnej dobe moderných technológií aj klasické disciplíny priemyselného inžinierstva, medzi ktoré môžeme zaradiť aj projektovanie skladového hospodárstva, nadobúdajú nový rozmer. Technológie a koncepty ako digitálny podnik, reverzné inžinierstvo, 3D modelovanie a simulácia logistických systémov, prenášajú riešenie problémov projektovania skladových systémov do virtuálneho prostredia. Digitalizácia vstupných údajov v úvodnej fáze projektovania uľahčuje a urýchľuje následné procesy analýz vstupných údajov, optimalizácie návrhu a grafickej prezentácie projektovaného skladového systému. Výpočtová technika doplnená o vhodné softvérové aplikácie umožňuje zároveň prechod od štandardných výstupov projektovania skladov – výkresov dispozičného riešenia skladu v 2D zobrazení, k úplnému 3D zobrazeniu modelu skladového systému prepojeného na výrobný systém, ktorý môže byť následne využitý pri simulácii a animácii jeho činnosti. Pretože projektovanie skladového hospodárstva s využitím progresívnych nástrojov a technológií na báze konceptu digitálneho podniku má veľký potenciál uplatnenia najmä v oblasti podnikovej logistiky je veľmi dôležité, aby sa tejto problematike venovala väčšia pozornosť.

1. Projektovanie skladov

Projektovanie skladu vyžaduje realizáciu niekoľkých základných krokov, ktoré sú dôležité pre návrh správne fungujúceho skladu. Začína sa od určenia programu skladovania, voľby skladovacej sústavy, určenia veľkosti skladov počtu pracovníkov, rozmiestnenia sústav až po ekonomické vyhodnotenie.

1.1 Určenie programu skladovania

Prvý krok je zhromaždenie, spracovanie a analýza vstupných údajov. Medzi základné údaje je možné zaradiť kapacitu skladových zariadení, skladovú zásobu materiálu, obrat materiálu, ročný príjem a výdaj materiálu, zmiennosť skladu, priemernú dobu skladovania a podobne. Na základe ročného množstva je určený skladový normatív každého druhu materiálu. Vychádza sa z údajov výrobného plánu (ročné množstvo výroby) a noriem spotreby materiálu na jeden výrobok. Z týchto podkladov sa určí ročná potreba jednotlivých druhov materiálov. Na základe ročného množstva je určený skladový normatív každého druhu materiálu.

Súčasťou tohto kroku je i analýza získaných údajov a triedenie položiek podľa spoločných znakov do podskupín. Ako základné nástroje pre rozbor skladového programu sa využívajú: ABC analýza, XYZ analýza, analýza obrátkovosti zásob, analýza a triedenie položiek na základe podobnosti fyzikálnych znakov (tvar, rozmery, hmotnosť), atď.

1.2 Určenie spôsobu manipulácie a skladovania

Pre výber skladových sústav je rozhodujúca klasifikácia skladovaného materiálu (tab.1), t.j. jeho fyzikálne vlastnosti (tvar, rozmery, hmotnosť, skupenstvo, stav). Skladovú sústavu definujeme ako spôsob skladovania, ktorý je určený výberom typu manipulačných jednotiek, druhov skladovacích zariadení a druhov obslužných manipulačných prostriedkov. Pre skladovanie rôznych druhov materiálov môžu byť uplatnené rôzne spôsoby skladovania:

Skladovanie voľné na zemi : typickým príkladom je skladovanie materiálov sypkých hromadných substrátov (piesok, štrk, uhlie) a materiály, ktorým nehrozí ich poškodenie

Skladovanie voľné v zariadení : týka sa skladovania kusových materiálov v regáloch, na policiach alebo drobného (sypkého) materiálu v zásobníkoch

Skladovanie v manipulačných jednotkách na zemi: stohové radové a blokové skladovanie paliet

Skladovanie v manipulačných jednotkách v zariadení: skladovanie paliet, debien v regáloch;

Skladovú sústavu definujeme ako spôsob skladovania, ktorý je určený výberom typu manipulačných jednotiek, druhov skladovacích zariadení a druhov obslužných manipulačných prostriedkov. (KRAJČOVIČ, 2010)

Tabuľka 1 *Skladová sústava*

Skladová sústava		
Označenie	Skladovacie zariadenie	Obsluha skladovacieho zariadenia
S1	Skladovanie na zemi	Vysokozdvížný vozík Ručná manipulácia
S2	Paletové regálové sklady	Vysokozdvížný vozík Ručná manipulácia
S3	Sklady s paletovými vjazdými regálmi	Vysokozdvížný vozík
S4	Priebežné regály	Regálový zakladač Vysokozdvížný vozík
S5	Sklady s obežnými regálmi (páteroster)	Ručná manipulácia
S6	Sklady s presuvnými regálmi	Vysokozdvížný vozík
S7	Policový regál	Ručná manipulácia
S8	Zvláštne typy regálov	Ručná manipulácia Vysokozdvížný vozík

Na to aby sme mohli plnohodnotne obslúžiť všetky skladovacie zariadenia používame tieto obslužné prostriedky:

Dopravné vozíky

Patria medzi najpoužívanejšie obslužné prostriedky v skladovom hospodárstve už len preto, lebo majú širokú škálu využitia. Dajú sa využiť na obsluhu regálov, ale aj na operácie príjmu tovaru po prípade sa dajú využiť pri konečnej expedícii. U nás najmä v paletizovaných skladoch našli využitie predovšetkým vysokozdvížné vozíky s dosahom do výšky až 15 metrov. Keďže skladové haly sú uzavreté priestory tak najvhodnejšie sú akumulátorové vozíky. V zahraničí sa ako obslužné prostriedky využívajú indukčné vozíky, ktoré fungujú ako zakladače. (KRAJČOVÍČ, 2004)

Stohovacie žeriavy

Sú to špeciálne obslužné zariadenia využívané iba v skladovom hospodárstve. Nosnosť týchto obslužných zariadení je od 1 až do 5 ton a viac. Preto sú konštruované zväčša v povestnom prevedení. Dajú sa ovládať žeriavnikom zo zeme diaľkovým ovládaním alebo z kabíny žeriavov.

Regálové zakladače

Podobne ako stohovacie žeriavy aj regálové zakladače sú využívané iba v skladovom hospodárstve. Je to zariadenie ktoré obsluhuje z regálových uličiek regálové bunky. Zakladač sa pohybuje pomocou podvozku, ktorý jazdí po koľajniciach a stabilitu zabezpečuje zhora vedenie. Súčasťou každého obslužného systému s regálovým zakladačom je aj guľčkový alebo valčekový odkladací stôl, ktorý musí byť umiestnený pred regálovým radom vo výške

približne 650 mm. V zadnej časti regálovej zóny je potrebné uvažovať s výbehom zakladača z uličky z dôvodu údržby a opráv. Využitie nájde tento regálový zakladač najmä v skladoch s vysokým obratom materiálu.

1.3 Výber zariadení a určenie potrebného množstva

Ďalším krokom je výber konkrétnych technických prostriedkov skladovania a kapacitné dimenzovanie skladu. Cieľom tohto kroku je určiť typy, parametre a počet manipulačných jednotiek, skladovacích zariadení a manipulačných prostriedkov pre skladovanie jednotlivých materiálových skupín. Zariadenia na skladovanie a ich obsluhu volíme podľa skladovacieho programu, druhu skladu a spôsobu skladovania. V rámci tohto bodu sa volia konkrétne typy manipulačných jednotiek (ak sa jedná o skladovanie v manipulačných jednotkách), skladovacích zariadení (ak sa jedná o skladovanie v zariadení) a obslužných prostriedkov na základe ponuky výrobcov týchto zariadení a určuje sa ich potrebný počet pre uskladnenie množstva materiálu špecifikovaného v programe skladovania. Projektovaná kapacita skladových zariadení závisí okrem sortimentu a výšky zásob aj od organizácie ukladania materiálu v sklade.

Kapacitný prepočet počtu dopravných prostriedkov (dopravných vozíkov):

Podľa času trvania jednotlivých dopravných operácií:

$$n = \sum t_{di} / 60 * E_{fv} * k_v$$

t_{di} - čas trvania i-tej dopravnej operácie

k_v - počet dopravných operácií za smenu

E_{fv} - efektívny časový fond vozíka za smenu

alebo podľa prepravovaného objemu:

$$n = Q_r / c_s * N_j * k_n * k_v$$

Q_r - množstvo materiálu, ktoré je potrebné za rok prepraviť

c_s - počet cyklov dopravného vozíka za rok

N_j - nosnosť vozíka

k_n - koeficient využitia nosnosti vozíka

Kapacitný prepočet počtu manipulačných jednotiek (paliét)

Počet kusov na paletu:

- objemové hľadisko:

$$N_{pv} = V_p * k_p / V_d$$

kde:

V_d - objem jedného dielca

V_p - ložný (vnútorný) objem palety

k_p - koeficient využitia objemu palety

- hmotnostné hľadisko:

$$N_{pv} = N_p / G_d$$

kde:

N_p - nosnosť palety

G_d - hmotnosť jedného dielca

- výsledný počet kusov na paletu:

$$n_p = \min(n_{pv}, n_{pm})$$

1.4 Určenie veľkosti skladov

Potrebná veľkosť skladu je daná súčtom jednotlivých druhov plôch, ktoré sa v sklade môžu vyskytovať (obr.1):

Prevádzková plocha

Plocha potrebná pre zabezpečenie prevádzky skladu je tvorená čistou skladovacou plochou (plocha, ktorú zaberajú skladovacie zariadenia a manipulačné jednotky resp. voľne položený materiál), na ktorej musíme prirátat' plochu pre dopravné uličky ďalej plochu príjmu (plocha vykládky a preberania materiálu včítane reklamačnej plochy) a nesmieme zabudnúť na expedičnú plochu (plocha kontroly a balenia výrobkov, kompletizácie objednávok a plocha nakládky).

Pomocné plochy

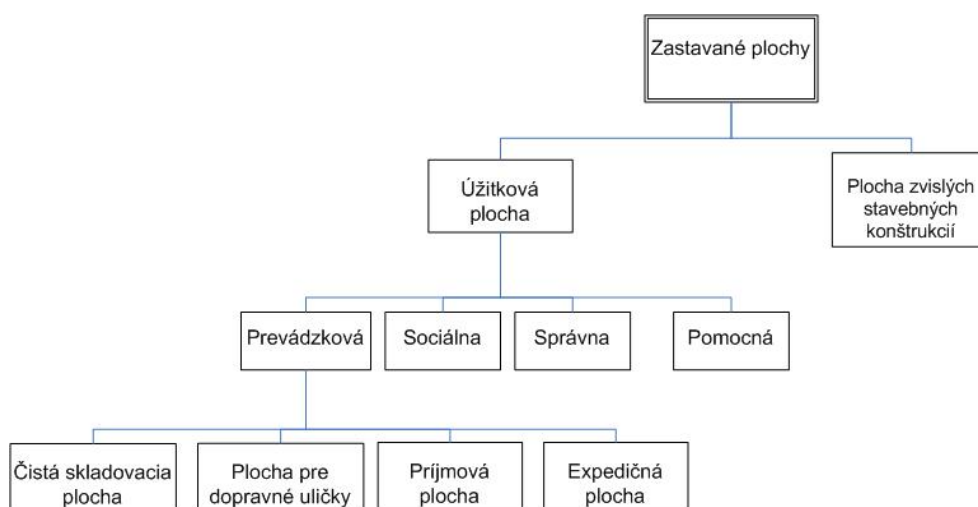
Jedná sa o plochy pomocných prevádzok, ktoré môžu byť súčasťou skladu; napríklad dielňa pre nabíjanie akumulátorov, dielňa pre výrobu a opravy obalov, alebo prípravná materiál, výdajne, laboratória, skúšobne atď.

Správne a sociálne plochy: Sú to plochy, ktoré nám v sklade zaberajú kancelárie, prístupové chodby, jedálne, bufety, kuchyne, toalety a umývárne a šatne pre pracovníkov.

Celková podlahová plocha:

$$S_c = S_v + S_p + S_{spr} + S_{soc}$$

S_v - výrobná plocha, S_p - pomocná plocha, S_{spr} - správna plocha, S_{soc} - sociálna plocha



Obr. 1: Zastavané plochy v sklade

1.5 Stavebné riešenie skladu a rozmiestnenie zariadení

Zo skladovacích plôch a zariadení použitých v sklade sa určí stavebné riešenie skladu, t.j. konkrétny tvar a rozmery skladu. Pri rozmiestňovaní skladových zariadení treba brať do úvahy požiadavku čo najjednoduchšieho materiálového toku v sklade, pričom sa vychádza z dvoch základných spôsobov organizácie materiálových tokov v sklade:

1. *Priebežný materiálový tok (priebežný sklad):*

Charakteristika: Príjem materiálu je na opačnej strane skladu ako výdaj, čím sa dosiahne úplné priestorové oddelenie vstupného a výstupného mieste.

Výhody:

- nerušený a nezávislý chod príjmu a expedície
- ľahká organizácia práce
- vyššia intenzita materiálového toku

2. *Nepriebežný materiálový tok v tvare písmena U (hlavový sklad):*

Charakteristika: Príjem aj výdaj materiálu sú umiestnené na jednej strane skladového objektu.

Výhody:

- jednostranné usporiadanie príjmu a expedície umožňuje často minimalizovať manipulačné operácie
- využitie ABC analýzy materiálov v sklade: najmenej obratové položky sú umiestnené najďalej od vstupu a výstupu, položky s najväčším obratom sú umiestnené najbližšie k vstupu a výstupu
- rampy môžu byť kratšie ako pri priebežnom sklade
- jednoduchšie napojenie na železničnú vlečku a cestnú sieť

1.6 Návrh organizácie a riadenia skladu

V tejto etape projektovania sú realizované nasledovné návrhy:

- návrh organizačnej štruktúry skladu a jej začlenenie do celopodnikovej štruktúry
- návrh princípu organizačného riadenia (centralizované, decentralizované, zmiešané)
- návrh informačného zabezpečenia a evidencie skladových zásob
- organizácia ukladania materiálov položiek v sklade
- systém adresovania skladových pozícií
- systém evidencie zásob, pohybov (WMS), automatická identifikácia
- organizácia skladovacích procesov (príjem, skladovanie, vychystávanie a expedícia)
- organizácia inventúr
- dodržiavanie BOZP v skladoch
- riadenie pracovníkov

1.7 Ekonomické zhodnotenie

Pre ekonomické zhodnotenie potrebujeme informácie čo sa týka investícií na kúpu skladovacích zariadení a manipulačných jednotiek. Ďalej náklady na údržbu a opravy, investičné výdavky na zriadenie skladu, náklady na prevádzku skladu a výkony skladu, ktoré príslušné riešenie poskytuje.

Vyhodnocovanie investícií sa dá zjednodušiť na použitie jednoduchých investičných kritérií. Na posúdenie najlepšej varianty použijem tri hodnotiace kritériá (tab.2)

1. Čistej súčasnej hodnoty – 1.KRITÉRIUM
2. Indexu rentability – 2.KRITÉRIUM
3. Doby návratnosti investície – 3. KRITÉRIUM

Čistá súčasná hodnota

Čistá súčasná hodnota (ang. Net Present Value – **NPV**) je hodnotou všetkých súčasných peňažných tokov (spravidla výdajov) a všetkých budúcich peňažných tokov (spravidla príjmov) s tým, že každý budúci peňažný tok je prepočítaný na jeho súčasnú hodnotu pomocou špecifickej tzv. diskontnej úrokovej sadzby (minimálna požadovaná miera výnosnosti).

Index rentability

Index rentability (ang. Profitability Index – **PI**) – dáva do pomeru čistú súčasnú hodnotu investície ku počiatočným výdajom investície. Ak má projekt kladný index rentability, musí mať takisto kladnú NPV. Index rentability sa využíva k výberu projektu, v prípade, ak kapitál nie je obmedzený. Avšak index rentability môže byť zavádzajúci v prípade (podobne ako IRR), ak sa použije k výberu pri vzájomne sa vylučujúcich projektoch.

Doba návratnosti

Doba návratnosti (ang. Payback period - **PBP**) vyjadruje dobu - v mesiacoch alebo v rokoch - keď sú prvotné investičné výdaje plne pokryté príjmami z investície.

Tabuľka 2 Výhody a nevýhody zvolených investičných kritérií

<i>INVESTIČNÉ KRITÉRIUM</i>	<i>VÝHODY A NEVÝHODY</i>
NPV	-hodnotu projektu možno stanoviť presnejšie, pretože každé cash-flow sa dá diskontovať pomocou samostatnej úrokovej sadzby, ktorá tak môže odrážať špecifické riziká s ním spojené. -na základe NPV sa dá urobiť predstava o celom balíku projektov - súčasná hodnota projektov sa dá jednoducho sčítať. -ak existuje rozpočtové obmedzenie, je lepšie pracovať napríklad s indexom ziskovosti, tj. podielom príjmov a výdajov.
PI (index rentability)	-ľahká použiteľnosť aj výpočet -jednoduchá zrozumiteľnosť a interpretácia -môže byť zavádzajúci pri posudzovaní vzájomne sa vylučujúcich projektoch
Doba návratnosti	-jednoduché, zrozumiteľné a hojne využívané kritérium -ignoruje peňažné toky (spravidla príjmy), ktoré nasledujú po uplynutí doby návratnosti. -v najjednoduchšej podobe neberie do úvahy časovú hodnotu peňazí, budúce príjmy nie sú prepočítavané na ich súčasnú hodnotu, pre výpočet doby návratnosti sa používa iba ich nominálna hodnota.

2. Smer vývoja skladových systémov

Behom rokov bolo koncipovaných mnoho rôznych skladových systémov; bez niektorých si dnes nevieme trh predstaviť, iné sa neuchytili a postupne zanikli. Všeobecne môžeme vo vývoji skladových systémov identifikovať nasledujúce prvky:

- využívanie výšky, pretože prírastok nákladov na každé ďalšie podlažie je obvykle menší ako náklady na zväčšovanie pôdorysnej plochy, najmä v priemyslových parkoch a aglomeráciách.
- konštrukcia regálov a regálových zakladačov sa podriaďuje tomuto požiadavku, pričom regály nesúce plášť budovy (sklad v podobe sila) zachytávajú taktiež silu vetra, vody a snehu. Pri zoštíhľovaní konštrukcie regálov viedla cesta od profilov valcovaných za tepla k profilom valcovaním za studena, v určitých prípadoch sa experimentuje s požívaním materiálov nekovového charakteru ako sú drevo, plasty atď.
- cieľ optimálne využívať nielen výšku, ale aj priestor skladu sledujú kompaktné sklady v podobe skladových kanálov, sklady s posuvnými regálmi a sklady s vjazdovými regálmi. Od tejto doby súťažia rôzne prevedenia skladov s využitím priestoru, v stupni priamej prístupnosti k jednotlivým skladovým jednotkám a v manipulačnom výkone.
- sklad nemá iba fyzickú rovinu (konštrukcie, zariadenia, „železo“). Výkonný skladový nástroj vzniká len v spojení s ovládaním a nadradenou organizáciou. S podporou informačných technológií a riadenia (regulácia jazdných kriviek, evidencia ukladačích miest, disponibilita systému) sa v posledných rokoch docielilo značného pokroku. Aktuálnou sa stáva predovšetkým otázka optimálneho riadenia zásob. Ak sa všetkými prostriedkami informačnej techniky a prognózovania zásob nezasiahne do riadenia

skladového systému, zásoby porastú bez hraníc kvôli stále sa rozširujúcemu sortimentu produktov a kvôli v dnešnej dobe takmer nevypočítateľnému kolísaniu trhu orientovaného na zákazníka a jeho požiadavky.

- efektívna prevádzka skladu je podmienená nasadením vhodného informačného systému pre riadenie skladovej prevádzky (Warehouse Management System, WMS), v kombinácii s ostatnými logistickými technológiami (sledovanie, manipulácia, identifikácia) vybranými s ohľadom na typ materiálových tokov a s nimi súvisiacich obchodných procesov.

3. Automatizované výškové sklady

Do popredia idú automatizované výškové regálové sklady modulárnej konštrukcie. Jedná sa o samostatné uzatvorené skladovacie zariadenie na princípe výtahu, ktoré na základe požiadavky prináša tovar do výdajového otvoru. Systém pracuje tak, že tovar zväží, premeria a na základe výpočtu vyberie ideálne miesto pre uskladnenie. Vďaka veľmi malému rastru, je možné dosiahnuť komprimované skladovanie tovaru najrôznejších výšok s minimálnymi rozstupmi. Tento princíp ostro kontrastuje s princípom skladovania v regáloch, policiach a zásuvkových skriniach, ktoré umožňujú iba skladovanie s fixnou výškou skladovacích miest. Systém zároveň eliminuje nebezpečenstvo preťaženia police a vďaka ocelevej konštrukcii a oplášťovaniu celého zariadenia je skladovanie bezpečné pre obsluhu a skladovaný materiál, ktorý je chránený proti nepovolenému prístupu a poveternostným vplyvom. S pomocou modulárneho výtahového systému je tak možné dosiahnuť úsporu až 80% skladových priestorov a systém môže dokonca prechádzať až niekoľkými poschodiami.



Obr. 2: Shuttle XPmultiple

Zdroj - <http://www.kardex.sk/sk/produkty-servis/skladovacia-technika/vytahove-systemy/shuttle-xpmultiple.html>

Automatizovaný sklad pracuje na princípe tovar k obsluhu. To znamená, že extraktor privezie zvolenú policu obsahujúcu požadovaný tovar jednoducho na stisnutie tlačidla do pracovnej pozície, kde takmer bezhlučne zastaví. To umožňuje rýchly, cielený a bezpečný prístup. Odpadá neproduktívne hľadanie tovaru alebo dlhé pochôdzky obsluhy. Podstatne sa tak skracujú prístupové časy a zvyšuje sa komisný výkon. Zaskladňovanie a vyskladňovanie sa deje z jedného prístupového miesta, ktoré je optimálne situované. Jediná osoba môže obsluhovať aj niekoľko takýchto systémov, čím sa zníži čakacia doba na minimum. Vo výdajovom otvorení je možné polohovať viac políc, pracovník tak môže vychystávať, zatiaľ čo extraktor pripravuje ďalšiu policu na neskoršiu manipuláciu.

Inovatívny variant tohto systému (obr. 2) predstavuje dva nezávislé výškové regály usporiadané za sebou do tandemu. Tieto dve zariadenia sú prepojené transferovou jednotkou, ktorá umožňuje výmenu políc z predného stroja za police zo zadného stroja a naopak. Od jedného výdajového otvoru je možné si vyžiadať tovar z oboch prepojených systémov a vychystávanie je realizované v minimálnom časovom intervale. Toto zariadenie je ideálnym riešením všade tam, kde nie je z priestorových dôvodov možné inštalovať dva jednotlivé systémy. Optimálne je tak možné využiť hlboké a úzke priestory.

4. Záver

Budúcnosť, v skladovaní sa zdá byť pokračovaním z minulosti. V skutočnosti je tento trend smerom k väčšej centralizácii distribučných skladov časť distribúcie bude odstránená, a ťah tovaru pre zákazníka bude priamo z centrálného skladu hotových výrobkov. Tento trend bude vyžadovať aby centrálny sklady vykonávali aj malé výbery, pre každú jednu zákazku. V skutočnosti, druhá najväčšia oblasť rastu v skladoch automatizácie v nasledujúcich desiatich rokoch je vychystávanie. Systémy pre automatické objednávky v budúcnosti nebudú náročné na pracovnú silu, ale budú mať väčšiu citlivosť, budú pružnejšie a systém bude viac modulárny ako dnes.

ÚDRŽBA VO VÝROBNOM SYSTÉME – JEJ PODSTATA A NOVÉ SMEROVANIE



Ing. Lenka Flanderová

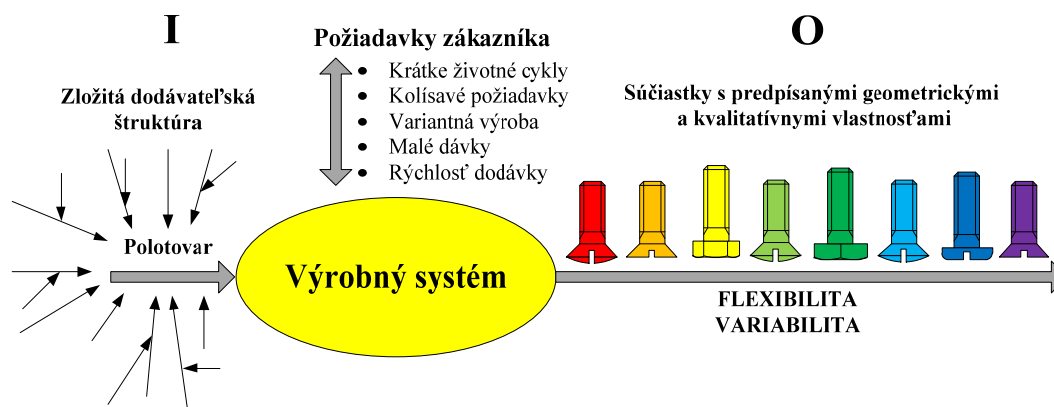
Príspevok prináša komplexný prehľad teoretických východísk a charakteristiky údržby ako dôležitého podporného nástroja výrobného systému. Popisuje systém údržby, od požiadaviek výrobného systému na údržbu, vplyvu spoľahlivosti technických systémov na výrobný systém až po nové smerovania v stratégii a riadení údržby. V závere sa venuje novému technologickému trendu v oblasti Digitálneho podniku a jeho možnosti virtuálne definovať, plánovať, vytvárať, monitorovať a riadiť výrobné a údržbárske procesy.

Údržba strojov a zariadení je jeden z najdôležitejších aspektov dobre fungujúcej výroby. Len prevádzkyschopné, disponibilné a funkčné technické systémy nám slúžia a prinášajú úžitkovú hodnotu, akú od nich očakávame. Údržbu je možné zaradiť ku jednej z oblastí s veľkým potenciálom pre zvyšovanie produktivity a spoľahlivosti výrobného systému.

1. Podstata a požiadavky údržby na výrobný systém

Výrobný systém je zoskupenie strojno-technologických zariadení (STZ) za účelom výroby súčiastok a výrobkov. Úlohou výrobného systému je uskutočnenie technologického procesu tak, aby z polotovaru alebo suroviny vznikol výrobok s predpísanými geometrickými a kvalitatívnymi vlastnosťami, ktoré sú vyrobené podľa danej technickej dokumentácie. (Košturiak, 2000)

Aj bez toho, aby sme výrobný systém nazvali „pružný“, je jeho **pružnosť** jednou zo základných požiadaviek. Pružnosť v rámci výrobného systému znamená vyrábať: rôzny sortiment výrobkov pri rôznych výrobných množstvách pri rôznom zadaní výrobných dávky, rýchlosť s akou dokážeme reagovať na požiadavky zákazníka.



Obr. 1: Princíp a úloha výrobného systému (Košturiak, 2000)

Produktivita je v priamom rozpore s pružnosťou. Čím väčšia je **variabilita** vo výrobnom procese, tým väčšie požiadavky sú kladené na pružnosť zariadení (funkcie, nástroje, prípravy, prestavovania strojov), materiálov a komponentov v sklade, ľudí, riadenie a pod.

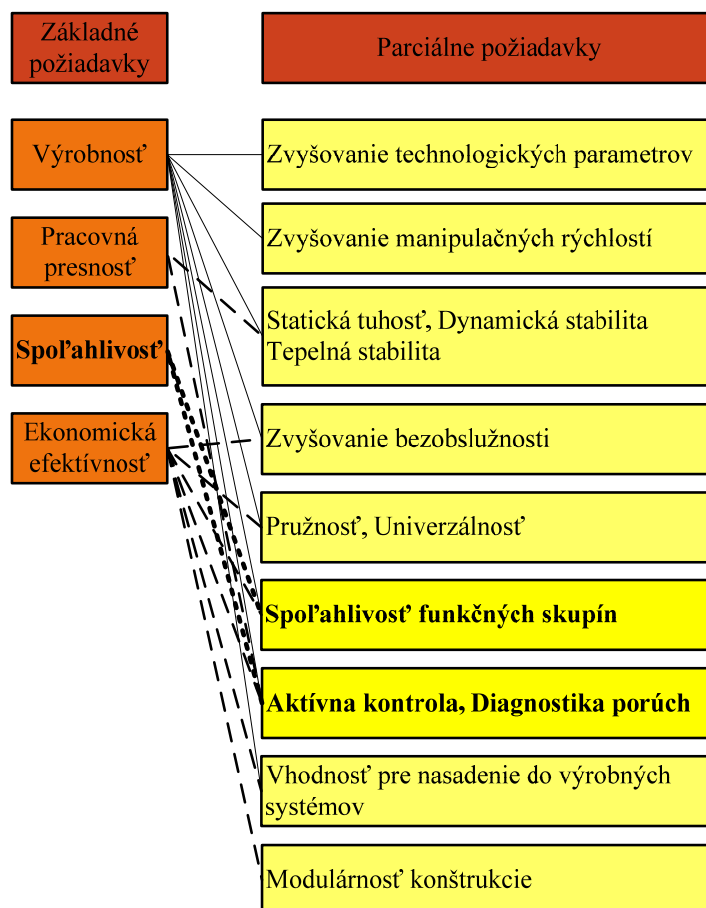
Zvýšenie produktivity súvisí so zlepšením disponibility, pretože v mnohých prípadoch práve vysoké straty disponibilných kapacít sú častou príčinou nízkej produktivity a produkovanej nekvality. Aby výrobné systémy boli čo najviac produktívne musia byť riadené spoľahlivostným spôsobom. Jedným z najdôležitejších aspektov spoľahlivej výroby je údržba strojov a zariadení. **Údržba** je jednou z oblastí s veľkým potencióalom pre zvyšovanie produktivity, spoľahlivosti a efektivity výrobného systému.

1.1 Funkcia údržby strojov a zariadení vo výrobnom systéme

Aktivity a zodpovednosti údržby výrobných strojov a zariadení v podniku smerujú do dvoch oblastí, ktoré definujú funkcie údržby v prevádzke so zreteľom na udržiavanie výrobných strojov a zariadení v správnom chode:

- **Primárna oblasť** - predstavuje údržbu existujúcich strojno-technologických zariadení (STZ), preventívnu, prediktívnu a plánovanú činnosť, inšpekciu a revíziu STZ, mazanie, úpravy STZ a inštalácie nových zariadení;
- **Sekundárna oblasť** - predstavuje opravy zariadení a vedenie technicko – ekonomických záznamov a stave strojov a zariadení. (Mobley, 2008)

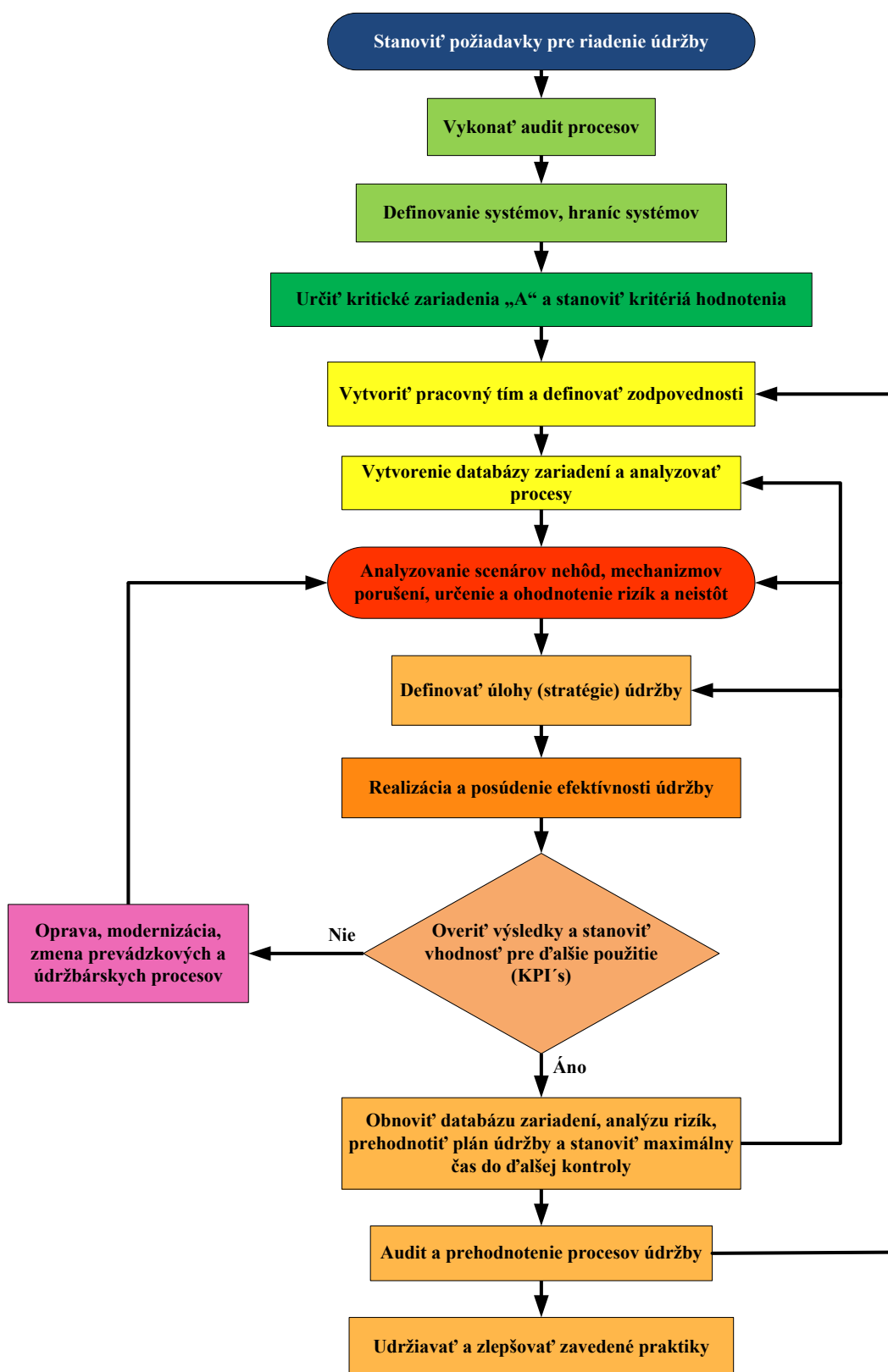
Aby výrobný stroj mohol uspokojovať výrobné požiadavky, musí mať určitú technickú úroveň, pracovať relatívne dlhú dobu bez porúch za optimálne náklady. Základnými požiadavkami, ktoré sú kladené na **výrobné stroje** sú znázornené na Obr. 2. Splnenie základných požiadaviek výrobného systému kladených na údržbu je podmienené splnením ďalších parciálnych požiadaviek, s ktorými sa musia vysporiadať výrobcovia STZ.



Obr. 2: Požiadavky na výrobné stroje (Křížová, 1998)

1.2 Implementácia údržby vo výrobnom systéme

Zaviesť ľubovoľnú stratégiu údržby do podniku si vyžaduje systematické kroky, ktoré sa dajú znázorniť vývojovým diagramom (Obr.3). Aby sme zvolili správnu stratégiu je nevyhnutné vykonať ciele analýzy systému a poukázať na bezpečnostné riziká, dôležitosť v procese, ekonomické a časové dopady.



Obr. 3: Algoritmus implementácie systému údržby do výrobného systému podniku
(Kacvinský, 2010)

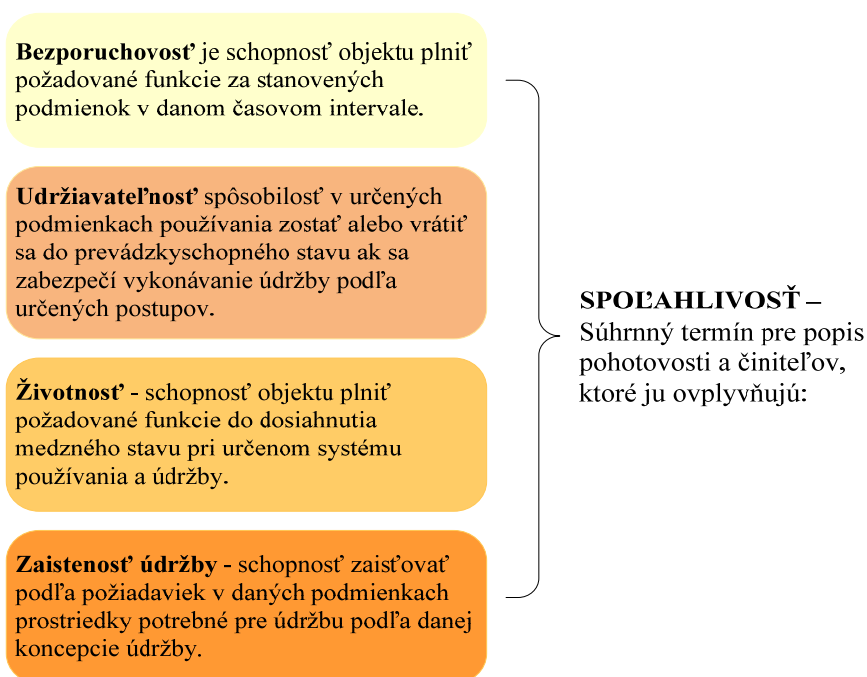
2. Vplyv spoľahlivosti strojov na výrobný systém, kategorizácia objektov

Všeobecne prijímaná formálna definícia spoľahlivosti znie: spoľahlivosť je všeobecná vlastnosť objektu, ktorá spočíva v schopnosti plniť požadované funkcie pri zachovaní hodnôt stanovených prevádzkových ukazovateľov v daných medziach a v čase podľa stanovených technických podmienok. (STN IEC 60050-191, 1993).

Teória spoľahlivosti je samostatná vedná disciplína, ktorá:

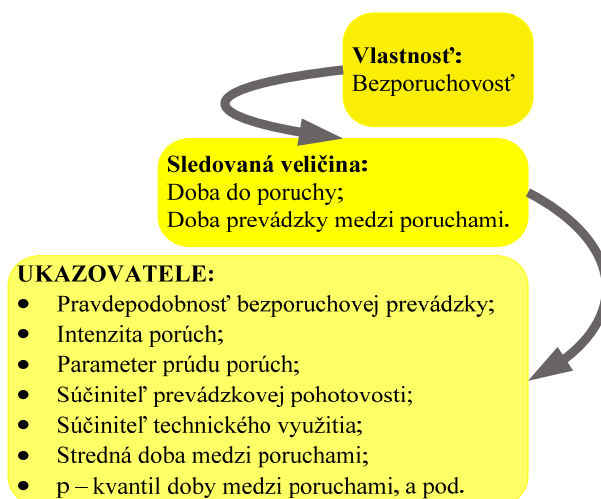
- Skúma zákonitosti výskytu porúch, vplyv rôznych faktorov na príčiny vzniku porúch,
- Hľadá spôsoby zvýšenia spoľahlivosti výrobkov, pri ich konštrukcii, výrobe, a metódy na udržiavanie spoľahlivosti počas používania a skladovania,
- Vytvára metódy previerky spoľahlivosti výrobkov a kontroly spoľahlivosti pri preberaní veľkých množstiev produkcie,
- Zaoberá sa ukazovateľmi spoľahlivosti, ktoré závisia od bezporuchovosti, udržiavateľnosti a zaistenosti údržby STZ a jeho prvkov.

V súčasnosti sa spoľahlivosť definuje ako súhrnný termín používaný pre popis pohotovosti a činiteľov, ktoré ju ovplyvňujú (Obr. 4).



Obr. 4: Popis prvkov spoľahlivosti (Rakyta, 2002)

Spoľahlivosť definovaná ako vlastnosť objektu sa nedá súhrnne kvantifikovať a vyjadriť číselnou charakteristikou. Hodnotenie spoľahlivosti objektu sa dá vyjadriť a kvantifikovať ukazovateľmi sledovaných veličín pohotovosti, spočíva v určení číselných hodnôt ukazovateľov spoľahlivosti a ich porovnaní s hodnotami určenými, alebo hodnotami ukazovateľov porovnateľného objektu. Väzby medzi vlastnosťami, ukazovateľmi a veličinami prvkov majú systémovú previazanosť (Obr. 5).



Obr. 5: pôsob vyjadrenia a kvantifikovania bezporuchovosti (Rakyta, 2002)

2.1 Kategorizácia výrobných strojov a zariadení

Význam kategorizácie výrobných strojov a zariadení spočíva v ich klasifikácii do skupín podľa významu jednotlivých VSZ vzhľadom k celkovým špecifickým stratám. Roztriedenie do skupín pomáha v určení priorit, napr. na ktoré zariadenia sa máme zamerať. V praxi to znamená roztriedenie jednotlivých strojových zariadení do skupín A (AA), B, C, E, (AE). Podľa Roubala (2010) existujú dva prístupy ku klasifikácii strojov:

1. **Tradičný prístup**, ktorý spočíva v prístupe na základe KPI's (Kľúčových ukazovateľov výkonnosti), hodnotení podľa výhod a „Fire-Fighting“ – tzv. hasenia problémov.
2. **WCM (World Class Manufacturing) prístup** – je prístup hodnotenia na základe „straty/náklady“, t.j. kde sú najväčšie straty (identifikácia hlavných strát pomocou ABC klasifikácie a Root causes analysis), sa riešia len vybrané problémy.

Tab. 1 *Kritéria ABC klasifikácie výrobných strojov (Roubal, 2010)*

KRITÉRIA	SKRATKA	POPIS
Doba opravy (Time to Repair)	T	Priemerná dĺžka prestoja z dôvodu opravy (MTTR - Mean Time To Repair)
Stupeň zapojenia (Degree of Influence)	D	Vplyv na ostatné súvisiace stroje, celkovú bezpečnosť, výnosy, zdroje nákladov a zdroje ohrozenia životného prostredia
Pravdepodobnosť poruchy (Probability of Failure)	P	Je založená na histórii porúch - priemerná doba medzi poruchami MTBF (Mean Time Between Failure)
Kritickosť zariadení (Criticality of Equipment)	C	Hodnotí kritickosť zariadení v súvislosti so stupňom jeho zapojenia do línie výroby a s možným ohrozením ostatných strojov v súvislosti s poruchou a nemožnosťou produkcie
BODOVÉ HODNOTENIE PRE KLASIFIKÁCIU STROJOV = T + D + P + C		

Podľa kategorizácie výrobných strojov a zariadení podľa veľkosti rizika sa vo fáze prevádzky výrobného stroja volí stratégia údržby, ktorej predchádza analýza rizík. Podľa výsledkov analýzy sa dá zariadenie zaradiť do rôznych tried kritickosti. Na takúto analýzu je veľmi výhodné použiť nástroje FTA- Fault Tree Analysis a FMEA (FMECA)- Failure Mode and Effect Analysis, kde sa vytypujú poruchy a ich dopady.

Výsledok analýzy kritickosti zariadení udáva tzv. hrubý rámec na kategorizovanie zariadení do tried kritickosti; ide o triedy A, B, C, E, (AE) pričom **skupina A** (C – Critical) je vymedzená pre zariadenia s vysokým vplyvom novej poruchy na pohotovosť, bezpečnosť alebo životné prostredie. Pri poruche týchto zariadení dochádza k čiastočnému, alebo úplnému odstaveniu výroby. Starostlivosť o túto skupinu strojov je založená na **maximálnej spoľahlivosti a bezpečnosti**.

Skupina B (H – High) je vymedzená pre zariadenia, ktoré pri možnom výskyte poruchy výrazne ovplyvnia kvalitu vyrábanej produkcie ale pri poruche neohrozia chod alebo plynulosť výroby.

Porucha zariadenia má priamy vplyv na výrobný proces, môže mať vplyv aj na kvalitu alebo množstvo vyrábanej produkcie. Dopad na bezpečnosť alebo environment nie je závažný. Starostlivosť pri triede B je zameraná na **maximálnu disponibilitu – pohotovosť**.

Triede C (M – Medium) prislúchajú zariadenia so stredným stupňom vplyvu, patria medzi ne rôzne pomocné a obslužné stroje a zariadenia. Porucha zariadenia nemá významný dopad ani na výrobný proces. Prístup starostlivosti je zameraný na **minimálne náklady na údržbu**.

Do **triedy E** (L – Low) sa zvyčajne priradujú zariadenia s nízkym vplyvom na environment, resp. bez závažného dôsledku vzniknutej poruchy na výrobný systém. (Pačaiová, 2009)

3. Systémy údržby (údržba po poruche, preventívna, plánovaná, prediktívna údržba a ich hodnotenie)

Pojem údržba predstavuje spôsob ako **zachovať alebo udržať** požadovaný stav zariadení. Údržbu je možné definovať ako súbor činností zabezpečujúcich technickú spôsobilosť, pohotovosť, bezpečnú a hospodárnu prevádzku základných fondov. (Pačaiová, 2006)

Rozsah činností nie je presne vymedzený, podľa činnosti údržby možno chápať ako:

- **Ošetrovanie** resp. **bežná údržba**, spadá do činnosti obsluhy zariadenia napr. čistenie, mazanie; teda predstavuje činnosti pravidelne alebo opakovanej základnej údržby, ktoré si zvyčajne nevyžadujú špeciálnu kvalifikáciu, autorizáciu alebo nástroje.
- **Inšpekcia** resp. **kontrola**, kontrola zhody meraním, pozorovaním skúšaním alebo kalibrovaním relevantných charakteristík položky.
- **Oprava** súvisí s výskytom poruchy zariadenia; predstavuje fyzickú činnosť vykonávanú na chybnej položke s cieľom obnoviť jej požadovanú funkciu. (Pačaiová, 2006)

Obr. 6 znázorňuje stúpajúcu hierarchiu šiestich základných systémov údržby.



Obr. 6: Základné systémy údržby

Reaktívna údržba (známa tiež ako „nápravná údržba“) zahŕňa všetky neplánované aktivity vykonávané v dôsledku zlyhania systému, ktoré sú sprevádzané prestojom. Základné smerovanie tohto systému spočíva v obnovení systému podľa pôvodných parametrov, ktoré charakterizovali systém pred zlyhaním (poruchou). Tento prístup je predovšetkým reakciou na poruchu na stroji.

Plánovaná údržba využíva vypracovaný plán údržby pre každý výrobný stroj a zariadenie. Systém plánovanej údržby je niečo podobné ako olej do automobilov, ktorý sa mení každé tri mesiace alebo každých tritisíc prejazdených kilometrov. Aj keď sa tento systém praktizuje v mnohých výrobných organizáciách, predsa má niektoré zreteľné nevýhody. Plánovaná údržba môže prebiehať zbytočne skoro, zatiaľ čo stroj stále funguje dobre, alebo príliš neskoro. (Inman, 2009)

Prediktívna údržba je špeciálnym prípadom preventívneho systému riadenia údržby, je zameraná na zisťovanie varovných príznakov poškodenia, ktoré už začalo. Závisí od schopnosti vyhodnotiť v reálnom čase skutočný funkčný stav technického prostriedku.

Z historického pohľadu sa prediktívna údržba zameriava na rotačné stroje, napr. motory, prevodovky, valce a dopravné pásy, pri ktorých sa využívajú metódy prediktívnej údržby, ako je napr. monitorovanie vibrácií a analýza olejov. Prediktívna údržba využíva pre plánovanie činností spojených s údržbou presné diagnostické informácie o stavoch prevádzkových prístrojov, čerpadiel, motorov, ventilátorov atď. Tieto informácie umožňujú prevádzkovému personálu s určitou presnosťou rozhodnúť, či je na zabránenie vzniku hroziacej poruchy potrebný okamžitý zásah alebo či môžu pokračovať v činnosti až do nasledujúceho riadne naplánovaného odstavenia. (Podolsky, 2010)

Preventívna údržba je údržba pred zistenou poruchou a zabraňuje vzniku prestoja. Základom je presunutie údržbárskych kapacít na činnosti, ktoré majú účinným spôsobom zabezpečiť predchádzanie náhlym poruchám. Ide o prehliadky, revízie, kontroly, plánované obnovy a výmeny, diagnostiku a tribotechniku.

Charakteristickými znakmi preventívnej údržby sú: jednotný systém, metodika, plánovanie a tvorba zásobníka práce, denné a týždenné hlásenia a hlavne sledovanie nákladov

na jednotlivé stroje a zariadenia. Vykonáva sa vo vopred stanovených intervaloch alebo v súlade s predpísanými kritériami na zníženie pravdepodobnosti poruchy alebo obmedzenia funkčnosti objektu. Je uskutočňovaná v predom určených intervaloch (v normatívoch doby prevádzky), alebo podľa predpísaných kritérií (normatívov diagnostických parametrov) a je zameraná na zníženie pravdepodobnosti poruchy, alebo degradácie fungovania objektu. (Rakyta, 2002)

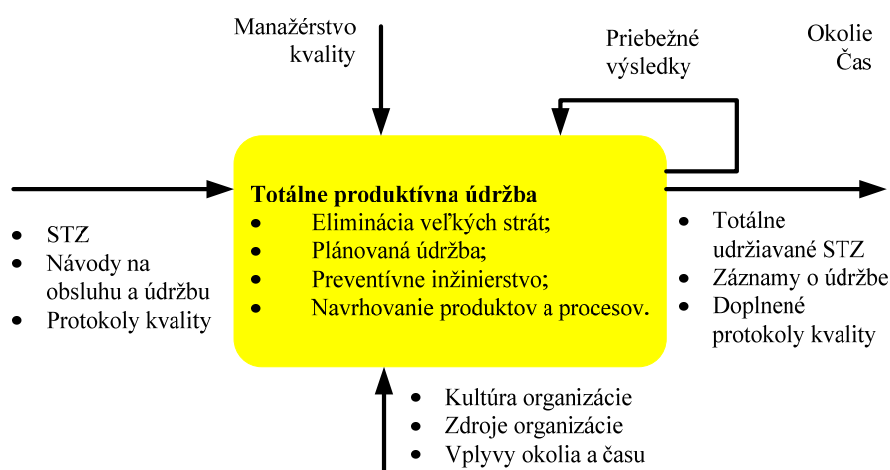
4. Koncepty TPM, RCM, RBM

Celosvetový trend ukazuje, že potrebujeme dokonalejšie výrobné procesy na zachovanie nepretržitého procesu zlepšovania a zabezpečenia konkurencieschopnosti. Prevládajúci názor je, že sa musí poskytnúť základ aj pre uznanie údržby vo vzťahu k výrobným prevádzkam. Medzi možné riešenia tohto problému v súčasnosti zaraďujeme metodiku Totálne produktívnej údržby (TPM), Údržby orientovanej na spoľahlivosť (RCM) a Údržby založenej na hodnotení rizík (RBI).

4.1 Totálne produktívna údržba (TPM – Total productive maintenance)

Základ TPM tvorí prepojenie údržby a výroby s technickým zabezpečením konštrukcie a technológie. TPM sa zameriava na maximalizáciu celkovej efektívnosti STZ, na zlepšovanie presnosti, spoľahlivosti, výkonnosti, účinnosti STZ, a tým znižovania všetkých možných strát. (Rakyta, 2002)

Podľa Davisa (1995) súbor údržbárskych činností TPM vykonávaných počas celého životného cyklu STZ tvorí (Obr. 7):



Obr. 7: Znáznornenie totálne produktívnej údržby STZ (Davis, 1995)

TPM sa zameriava na zapojenie všetkých pracovníkov vo výrobných prevádzkach do aktivít, ktoré smerujú k minimalizácii prestojov, nehôd a nepodarkov. Pri TPM ide o prekonanie delenia ľudí na „pracovníkov, ktorí pracujú na stroji“ a „pracovníkov, ktorí ho opravujú“. Vychádza sa z toho, že práve pracovník, ktorý obsluhuje stroj, môže najskôr

zachytiť abnormality v jeho práci a zdroje budúcich porúch zariadenia. Preto sa maximum diagnostických a údržbárskych činností prenáša z oddelení údržby priamo na výrobných pracovníkov. V praxi je tento systém založený na princípe včasnej detekcie abnormalít vznikajúcich náhodne prevádzkou stroja a ich odbornom odstraňovaní. Implementácia metódy je založená na tímovej práci a zmene myslenia personálu. Posun v myslení musí nastať hlavne v optimalizácii vzťahu “človek – stroj”, kedy operátor vystupuje nielen v úlohe samotnej obsluhy stroja, ale aj v úlohe aktívneho spolupracovníka údržby.

TPM je súbor aktivít zahrňujúcich všetky útvary podniku (t.j. vývoj, konštrukcia, technológia, výroba, logistika, kvalita, skladové hospodárstvo, údržba) s cieľom:

- Dosiahnutia maximálnej celkovej efektivity výrobného systému,
- Vytvorenia optimálnych pracovných podmienok systému človek - stroj,
- Zlepšenie celkovej kvality pracovného prostredia:
- Vytvorenia štruktúry podniku, ktorá zaistí maximálnu efektívnosť VS,
- Eliminácie porúch, chýb a všetkých ďalších strát na STZ (nulové prestoje, nulové nepodarky, nulové straty rýchlosti, nulové nehody a úrazy),
- Postupného zvyšovania efektívnosti STZ,
- Motivácie a zapojenia všetkých pracovníkov a všetkých útvarov (od robotníkov po top manažment) do zlepšovania,
- Dosiahnutie nulových strát prostredníctvom autonómnej tímovej spolupráce. (Rakyta, 2002)

Všetky tieto čiastkové ciele TPM môžeme zhrnúť do jedného hlavného, ktorých je maximalizácia efektívnosti výrobných strojov a zariadení, ktorú dosiahneme elimináciou všetkých plytvaní a strát.

Podľa Rakytu (2002) medzi základné piliere TPM radíme týchto päť prvkov:

1. Aktivity pre zlepšovanie **OEE** (Overall Equipment Effectiveness alebo CEZ – Celková efektívnosť zariadenia).

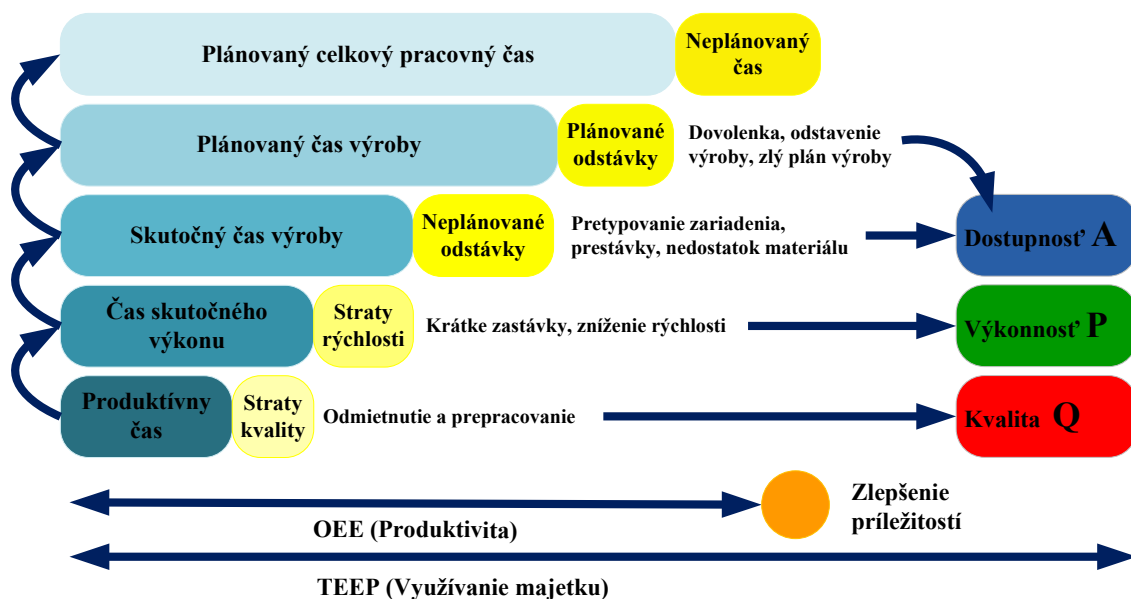
Výpočet hodnoty OEE (Obr. 8) vypočítame použitím nasledujúceho vzťahu:

$$OEE [\%] = Dostupnosť (A) * Výkon (P) * Kvalita (Q) * 100$$

kde: využitie **A** = skutočný / plánovaný čas využitia zariadenia,

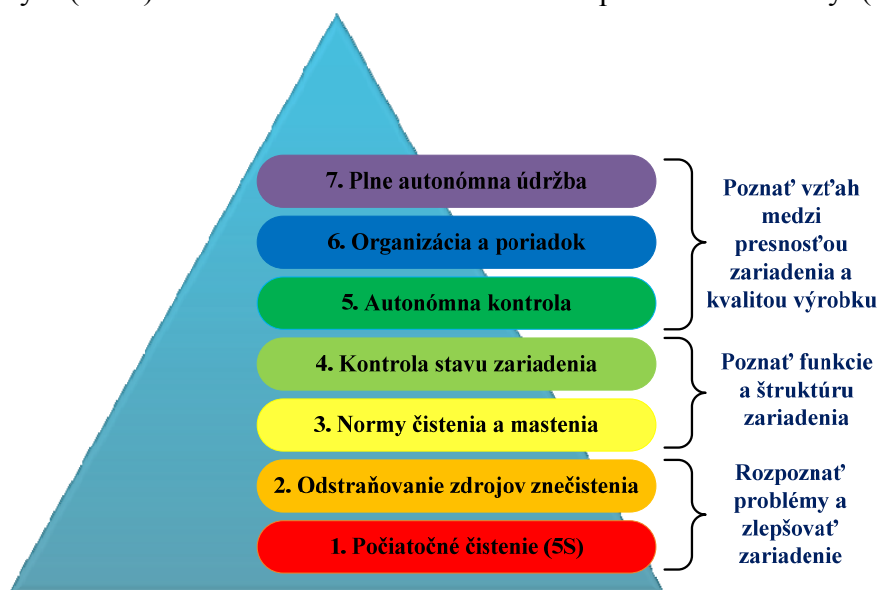
výkon **P** = skutočný / plánovaný počet vyrobených kusov,

kvalita **Q** = počet vyrobených dobrých / plánovaný počet vyrobených kusov.



Obr. 8: Spôsob výpočtu OEE hodnoty (Rakyta, 2002)

2. **Autonómna údržba** vykonávaná operátormi STZ.
Podľa Rakyta (2002) autonómna údržba zahŕňa tieto implementačné kroky: (Obr. 9)



Obr. 9: Sedem krokov autonómnej údržby (Rakyta, 2002)

3. Systém **plánovanej údržby**;
Pri TPM je dané, že plánovaná údržba prevyšuje nad údržbou po poruche.
4. Tréning pre **zlepšenie zručností pracovníkov** vo výrobných operáciách a údržbe.
5. Systém pre **návrh preventívnej údržby** a včasnú kontrolu a opravy.

Údržba orientovaná na spoľahlivosť (RCM – Reliability centered maintenance)

Metóda RCM skúma STZ z hľadiska **spoľahlivosti**, stanovuje stratégiu údržby určujúcu zabezpečenie toho, aby každý fyzický základný prostriedok mohol plniť svoje prevádzkové úlohy. Hodnotí dôležitosť jednotlivých STZ na základe rizík vyplývajúcich z ich prípadného zlyhania. Skúma funkcie každého prvku zariadenia, **definuje dôsledky jeho porúch** a umožní nájsť pre toto zariadenie optimálny plán údržby akceptujúci špecifiká jeho prevádzkovania.

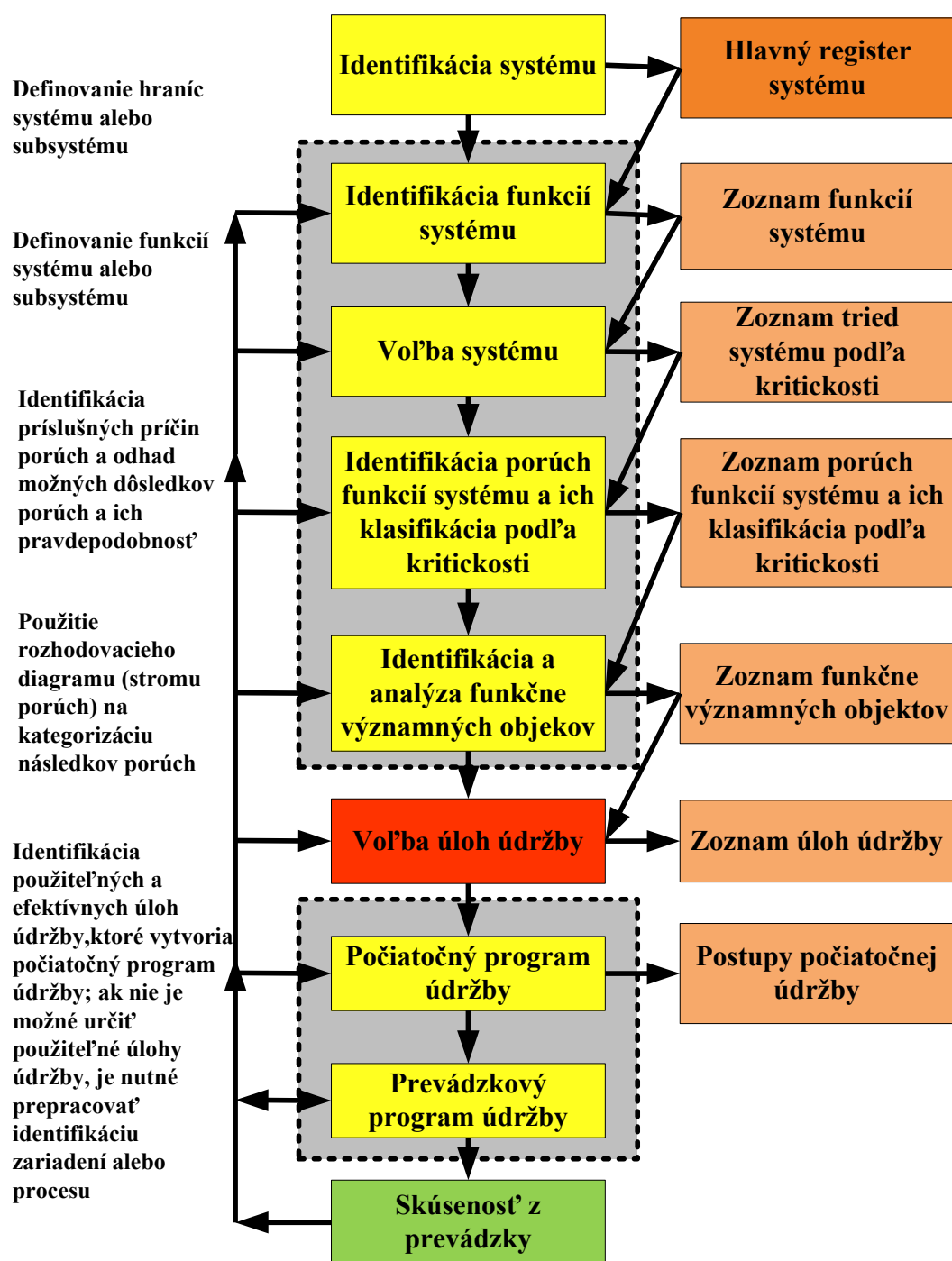
Dôsledky porúch sú klasifikované do štyroch oblastí, a to dôsledky :

1. zapríčinené najmä **skrytými poruchami**, ktoré zvyšujú riziko výskytu následne opakujúcich sa porúch (závislých porúch), sú to poruchy, ktoré za normálnej prevádzky obsluhy nie sú zjavné, ale vystavujú organizáciu nebezpečenstvu vzniku tzv. viacnásobnej poruchy, často s vážnymi dôsledkami;
2. **ovplyvňujúce bezpečnosť a environment**, jedná sa hlavne o poruchy, ktorých následkom môže byť niekto zranený, alebo bude porušená norma;
3. **prevádzkové**, ktoré ovplyvňujú výkonnostné parametre (výstup, kvalita produktu), priame prevádzkové náklady v dôsledku opravy STZ, postihujú výrobu, teda predstavujú straty;
4. **nepriame**, ktoré sa podieľajú len na výške celkových nákladov, sú to zrejmé poruchy, ktoré neovplyvňujú na bezpečnosť, životné prostredie a ani na výrobu. (Moubrey, 1997)

Postup krokov implementácie RCM podľa normy (ČSN IEC 60300-3-11, 2000) je znázornený na Obr.10.

RCM sa zaoberá hodnotením vznikov možných príčin porúch zariadenia (napr. zanedbaná údržba, opotrebenie a pod.) a posúdenie možných opatrení. Medzi základné nástroje, ktoré táto stratégia využíva pri hodnotení rizík a dôsledku poruchy, patria:

- **FMEA** – Failure Mode and Effect Analysis – analýza spôsobov a dôsledkov porúch, výstupom z FMEA analýzy je:
 - vyhodnotenie dôsledkov a postupnosti javov pre každý zistený spôsob poruchy prvku spôsobených akoukoľvek príčinou na rôznych funkčných úrovniach,
 - určenie významnosti alebo kritickosti každého spôsobu poruchy s ohľadom na správne vykonávanie funkcie s uvážením dôsledku pri predom zvolených kritériách,
 - klasifikovanie zistených spôsobov porúch podľa toho, ako ľahko ich je možné zistiť, diagnostikovať, testovať, určiť ukazovatele významnosti a pravdepodobnosti poruchy v prípade, ak sú k dispozícii potrebné informácie.
- analýza spôsobov, dôsledkov a kritickosti porúch (**FMECA**),
- analýza stromu porúch (**FTA**),
- **analýzy spoľahlivosti**, ktoré umožňujú identifikáciu porúch s významnými dôsledkami ovplyvňujúcimi funkciu systému v uvažovanom prevádzkovom kontexte,
- **analýza príčin a následkov**,
- **analýza rizík**. (Moubrey, 1997)



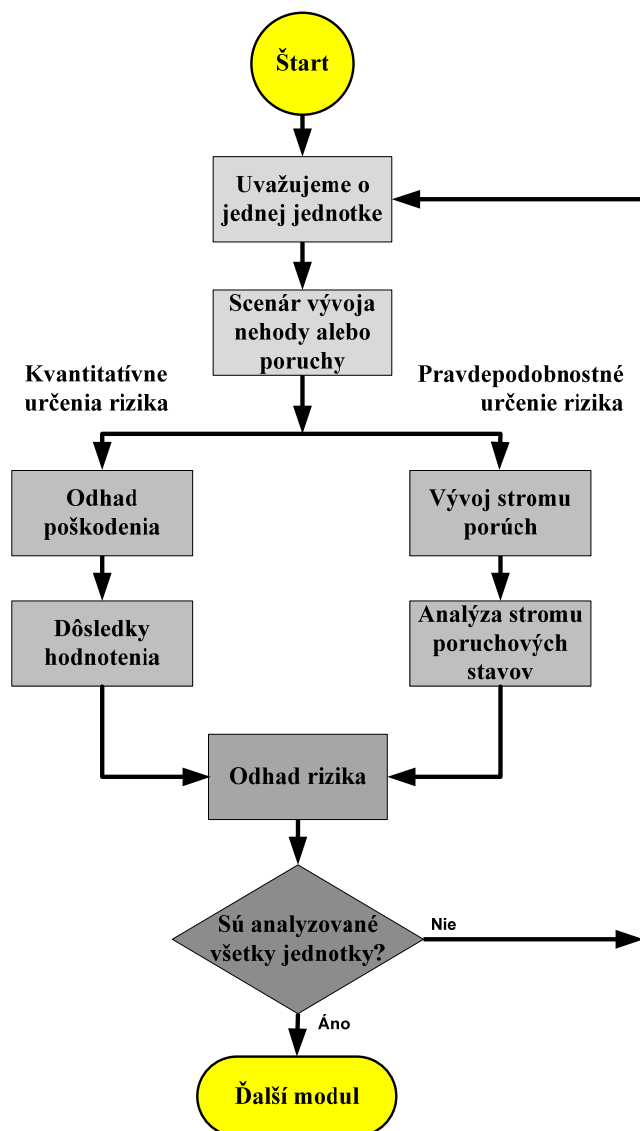
Obr. 10: Program preventívnej údržby RCM podľa ČSN IEC 60300 (2000)

4.3 Údržba založená na hodnotení rizík (RBM – Risk based maintenance)

Táto metodika má za cieľ znížiť celkové riziko a zároveň zvýšiť spoľahlivosť zväčša kľúčových prevádzkových zariadení. RBM slúži na optimalizáciu na základe rizikovosti (resp. riadenie inšpekčných prehliadok na základe rizík, ktoré hodnotí riziko straty vplyvom opotrebenia materiálov) systematickým sledovaním a kontrolou najrizikovejších miest v procese, čím sa zabraňuje neprípustným stavom.

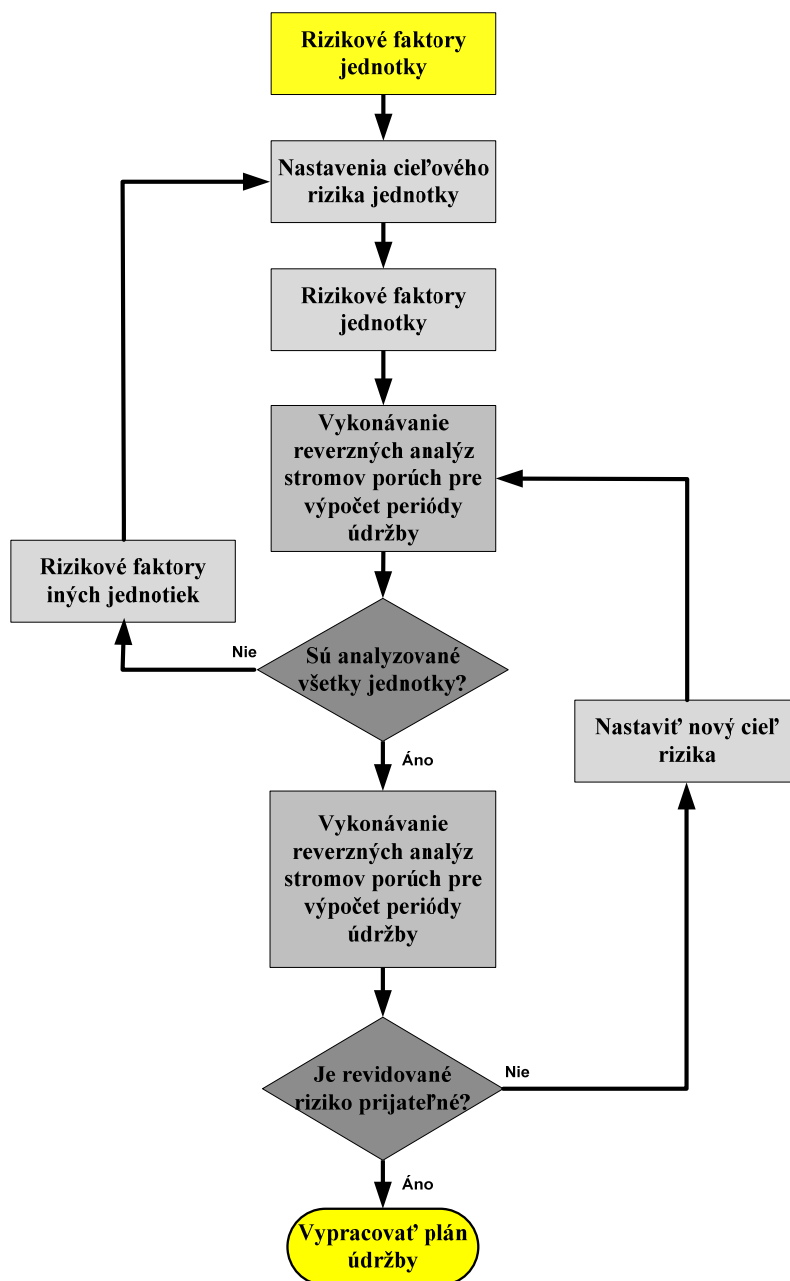
Na základe rizík sa vyberú kritické miesta a zvýšená pozornosť (inšpekcia založená na rizikách) sa venuje sledovaniu práve týmto miestam. Týmto krokom je na základe hodnotenia rizík definovaná priorita aktivít údržby.

Metodiku RBM môžeme znázorniť pomocou troch častí algoritmu (Obr. 11, 12, 13), ktoré sú interaktívne prepojené. (Khan, 2004)



Obr. 11: Postup krokov prvého modulu metodiky RBM (Khan, 2004)

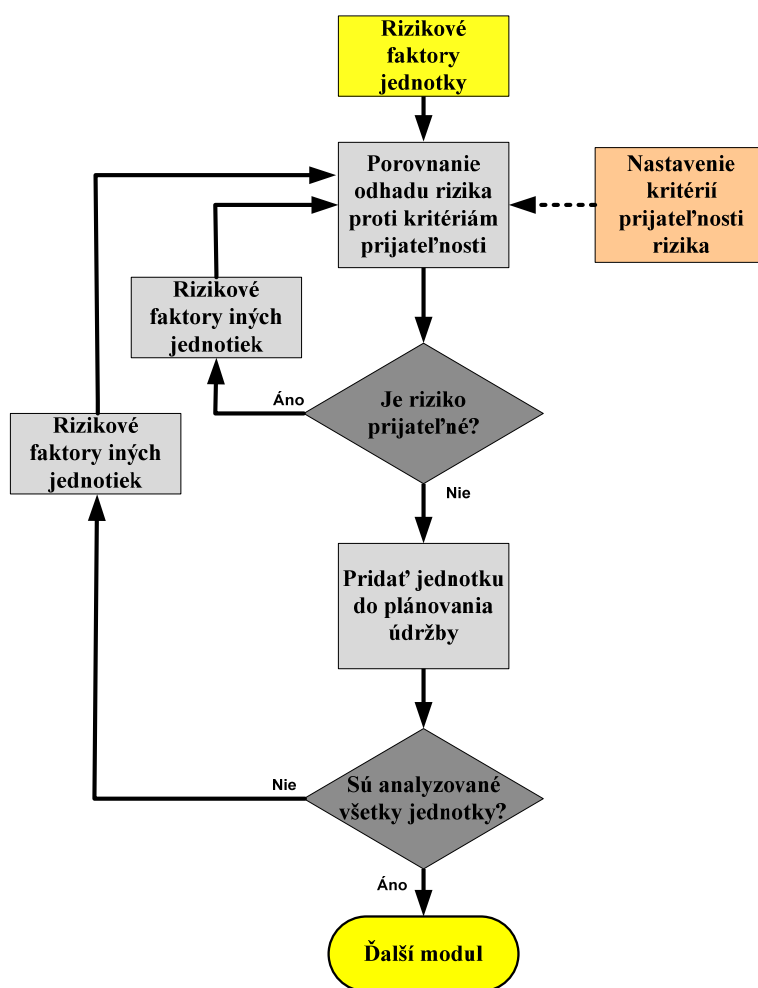
Proces RBM začína tak, že sa celý systém rozdelí do malých ľahšie zvládnuteľných jednotiek. Scenár vývoja poruchy (nehody) je súborom možných udalostí alebo situácií, ktoré vedú k náhodnému javu – zlyhaniu. Vychádza zo štúdie rizika, analýzy následkov a pravdepodobnostných analýz rizík porúch, ktorá hodnotí, čo môže po poruche nastať. Scenár poruchy (zlyhania systému) je vytváraný na základe prevádzkových charakteristík systému.



Obr. 12: Postup krokov druhého modulu metodiky RBM (Khan, 2004)

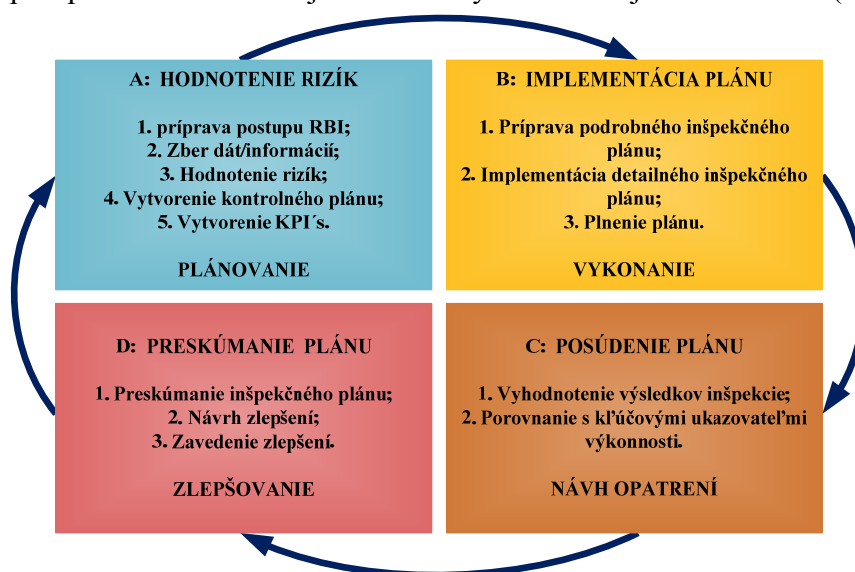
Výsledkom rôznych scenárov je posúdenie dôsledkov poruchy, identifikáciu základných príčin poruchy, možných strát na výkonnosti STZ, ohrozením životného prostredia a lokalizácia miesta so zvýšenou možnou mierou vzniku negatívneho javu.

Riziko, vypočítané pre špecifické scenáre porúch, je porovnávané s akceptačnými kritériami. Ak riziká prekročia kritériá, scenár poruchy sa prehodnotí aby trvanie optimálne údržby/inšpekcie viedlo k zníženiu prekročenia rizika na prijateľnú úroveň. Tento proces je opakovaný pre každú jednotku.



Obr. 13: Postup krokov tretieho modulu metodiky RBM (Khan, 2004)

Výsledky získané zo všetkých jednotiek sú kombinované k vytvoreniu celkového plánu údržby. Postup implementácie RBM je znázornený na nasledujúcom obrázku (Obr. 14).



Obr. 14: Schéma zavedenia RBM (Khan, 2004)

ROZVRHOVANIE ZÁKAZKOVEJ VÝROBY S PODPOROU SIMULÁCIE A EVOLUČNÝCH METÓD



Ing. Štefan Figa

Proces výroby vo výrobných podnikoch bol vždy kľúčovým faktorom pre celkový úspech v podnikaní. S problémami rozvrhovania výroby sa stretávajú tisíce firiem po celom svete, ktoré sa zaoberajú výrobou materiálnych tovarov. Z tohto dôvodu, účinne a efektívne riešenie problémov rozvrhovania výroby prilákala pozornosť mnohých odborníkov a výskumných pracovníkov z oblasti riadenia výroby a kombinatorickej optimalizácie. Tento záujem je ďalej znásobený podobnosťou problémov rozvrhovania výroby s problémami, ktoré vznikajú v iných vedeckých oblastiach (napr. rozvrhovanie pošty v telekomunikačných sieťach, PCB dizajn, smerovanie na dopravných sieťach, atď.), a teda uplatniteľnosť vyvinutých metód v týchto oblastiach. Treba tiež spomenúť, že vzhľadom na komplexnosť problémov rozvrhovania bolo objavených mnoho nových výpočtových metód pre ich riešenie, ktoré môžu byť tiež aplikované na širokú škálu problémov kombinatorickej optimalizácie.

1. Rozvrhovania výroby

Rozvrhovanie výroby je proces, pri ktorom sa určuje poradie úloh a operácií niektorých pracovných miest vo výrobe, s cieľom získať čo najlepšie využitie výrobných zdrojov podľa osobitných kritérií resp. minimalizácii danej kritériálnej funkcie.

Podľa Gregora (2005) je rozvrhovanie výrobných operácií definované ako "problém vyvažovania požiadaviek na výrobu a disponibilných výrobných kapacít". Ďalej poukazujú na skutočnosť, že "udržovanie rovnováhy medzi požiadavkami na výrobu a dostupnými výrobnými kapacitami je každodennou úlohou riadiacich pracovníkov, ktorí rozhodujú o dynamickom pridelovaní výrobných objednávok, efektívnom využití zdrojov a splnení dodacích termínov. Takéto rozhodnutia sú komplikované a ovplyvňujú výslednú efektívnosť podnikania".

Problém rozvrhovania radíme do triedy NP-ťažkých problémov s vysokou výpočtovou náročnosťou, ktorá rastie exponenciálne s nárastom počtu úloh a je spojená s veľkým počtom možných permutácií poradia úloh a operácií (Conway 2003, Cholewa 2000).

Mnohí autori rozdeľujú rozvrhovacie úlohy podľa ich vlastností do rôznych tried, no medzi najčastejšie používané patria Flow shop a Job shop. Aj keď problém rozvrhovacie prúdovej (sériovej) výroby typu Flow shop je len špeciálnym problémom zákazkovej výroby (Job shop), je riešený v niektorých literatúrach (Blazewicz, 2001; Pinedo, 1999) oddelene. Pri rozvrhovaní sériovej výroby (Flow shop scheduling) sú všetky úlohy zložené s určitého počtu operácií vykonávané na strojoch v tom istom poradí. Rozvrhovacia zákazkovej (kusovej) výroby (job shop scheduling) je zložitejšie z toho dôvodu, že poradie strojov môže byť pre každú úlohu iné. Preto je možné navrhnúť jednoduchšiu reprezentáciu dát a metód v prípade rozvrhovacie sériovej výroby, ktoré nájdu riešenie rýchlejšie s porovnaním rozvrhovacie kusovej výroby.

Základné pojmy teórie rozvrhu charakterizujú tri elementy stroj, operácia a úloha.

- Pod pojmom operácia (operation) rozumieme základný technologický úkon, ktorý už ďalej nie je deliteľný na čiastočné technologické úkony.
- Úloha (job) je postupnosť operácií, ktoré je potrebné vykonať v rámci jednej zákazky. V slovenskej a českej literatúre sa tento termín vyskytuje aj pod pojmom práca.
- Stroj (machine) je zariadenie schopné vykonávať jednu alebo viac operácií súčasne. Stroj sa v niektorých prípadoch označuje aj ako procesor.

Je potrebné si uvedomiť rozdiel medzi pojmami poradia spracovania (sequencing) v literatúrach označovaný aj ako zoradovanie (Gregor, 2005) a rozvrh (schedule). Jedno poradie spracovania, ktoré predstavuje usporiadanie operácií na strojoch môže predstavovať nekonečné množstvo rozvrhov. Rozvrh získame určením času začiatku a konca vykonávania všetkých operácií na všetkých strojoch v danom poradí spracovania.

1.1. Rozvrhovacia zákazkovej výroby

Rozvrhovacia zákazkovej výroby - JSS môžeme považovať za problém alokácie operácií s obmedzeným počtom zdrojov, ohraničený obmedzujúcimi podmienkami a so stanoveným optimalizačným kritériom. Úlohou rozvrhovacie je potom stanoviť také poradie spracovania všetkých operácií, ktoré spĺňa obmedzujúce podmienky a zároveň minimalizuje makespan C_{max} . Makespan je celková doba trvania všetkých operácií resp. úloh.

Problém rozvrhovacie kusovej výroby môžeme vyjadriť podľa (Vaessens, 1996) takto: Majme množinu m strojov (machines) a množinu n úloh (jobs). Každá z úloh sa skladá z postupnosti operácií. Pre operácie, úlohy a stroje musia byť splnené určité obmedzenia:

- každej operácii prislúcha jediný stroj, na ktorom sa môže vykonávať,
- medzi operáciami rôznych úloh nie je precedenčné obmedzenie, to znamená, že čas zahájenia operácie v určitej úlohe nezávisí na čase dokončenie operácie inej úlohy,
- na jednom stroji v každom okamžiku môžeme vykonávať najviac jednu operáciu jednej úlohy,
- vykonávanie operácie nie je možné prerušiť,
- v rámci jednej úlohy sú operácie po sebe nasledujúce vykonávané na rôznych strojoch. (V praxi to však nemusí platiť, preto nám toto obmedzenie slúži iba na zjednodušenie

problému, kedy dve po sebe idúce operácie jednej úlohy vykonávané na tom istom stroji môžeme oddeliť fiktívnou operáciou na fiktívnom stroji s nulovým časom vykonávania tejto operácie.).

Obdobne ako pri rozvrhovaní prúdovej výroby, môžeme definovať problém rozvrhovania zákazkovej výroby tromi konečnými množinami:

Množina úloh $J = \{J_1, \dots, J_n\}$

Množina strojov $M = \{M_1, \dots, M_m\}$

Množina operácií $O = \{o_1, \dots, o_m\}$

1.2. Metódy riešenia pre problém rozvrhovania zákazkovej výroby

História problému rozvrhovania zákazkovej výroby, ktorá začala pred viac ako 40 rokmi, je úzko spätá s históriou najznámejšieho testovacieho príkladu, ktorý vytvorili Fisher a Thompson (1963). Tento konkrétny 10-úloh, 10-strojov príklad (tiež známy ako MT10 alebo FT10) je používaný medzi výskumníkmi už viac ako 25 rokov a nepretržite slúži ako východisková inštancia na porovnávanie najsilnejších postupov riešenia. História riešenia JSSP je charakterizovaná rôznymi okruhmi záujmu výskumníkov. Na začiatku výskumníci navrhovali niektorú s exaktných metód, po nej nasledovala éra vývoja heuristických metód, až napokon sa výskumníci opäť zameriavajú na exaktné metódy a komplexnosť JSSP posunuli do novej éry sofistikovaných heuristických a meta-heuristických algoritmov. Prierez používaných metód pre problém rozvrhovania výroby (Xhafa, 2008; Jain, 1999) je graficky znázornený v prílohe 1. Problémy kombinatorickej optimalizácie môžu byť vyriešené alebo optimalizované pomocou troch rôznych prístupov, ktoré sú prezentované v zostávajúcej časti tejto práce.

Samozrejme s kapacitných možnosti jednej osoby nie je možné hlbšie skúmať všetky spomínané metódy a preto sa moja pozornosť upriamila na dve konkrétne metódy. Jednak konštrukčnej metóde, konkrétne prioritným pravidlám a tiež k jednej metóde lokálneho prehľadávania, ktorou sú Genetické algoritmy. Toto rozhodnutie je z jednoduchého dôvodu. Trend v posledných rokoch ustupuje od klasických exaktných metód aj keď tieto metódy zaručujú nájdenie optima, ale ich použitie na riešenie väčších problémov rozvrhovania zákazkovej výroby by bolo časovo a výpočtovo veľmi náročné.

Do popredia sa preto dostávajú heuristické či meta-heuristické metódy, ktoré nezaručujú že výsledok bude optimálny, ale získame ho rýchlo a to že je blízko optima nám postačuje. Druhým dôvodom tejto voľby je jednak fakt využívania prioritných pravidiel na katedre a tiež sa na riešenie problémov operačného výskumu využívajú často genetické algoritmy, preto práve tieto dve metódy, ktoré sú použité v navrhovanej metodike pre rozvrhovanie výroby, ku ktorej sa dostanem už za okamih.

1.3. Simulácia a rozvrhovanie

Simulácia a rozvrhovanie patria medzi dlhodobo efektívne používané techniky pre operácie výskumného a priemyselného inžinierstva. Mnoho prác rieši otázku použitia simulácie alebo rozvrhovania s absenciou ich spolupráce. Avšak oveľa menej literatúry

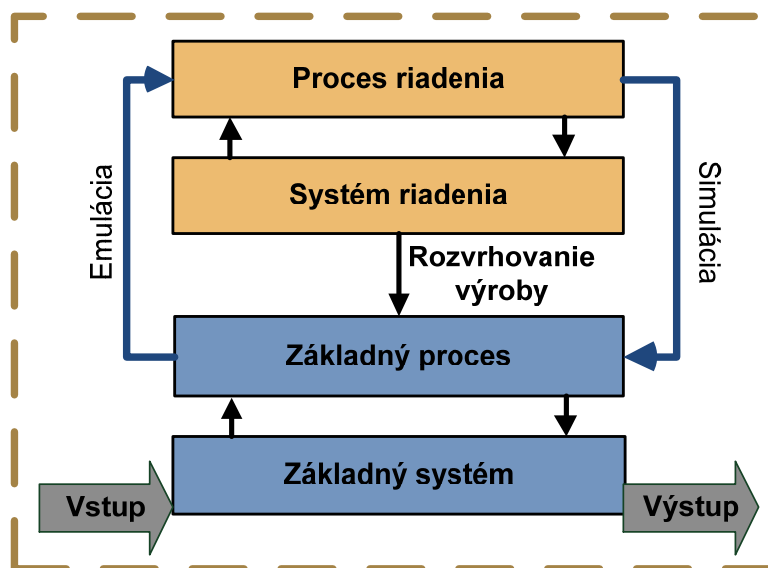
existuje na rozhraní medzi týmito dvoma rôznymi prístupmi, pretože o problematike rozvrhovania a simulácie zvyčajne uvažujú výskumníci z rozdielnych odvetví. Tradičné prístupy pre rozvrhovanie sú matematického charakteru. Simulačné techniky sú používané na riešenie problému, ktorý nemožno vyriešiť prostredníctvom analytických metód, pretože je to buď príliš zložitý, alebo analytický popis sám o sebe je nemožný.

Základné poznatky v danej problematike

Základné poznatky pre simuláciu a rozvrhovanie vo výrobných systémov môžu byť odvodené od všeobecných úvah riadenia výroby. Výrobný systém sa skladá zo základného systému, ktorý obsahuje všetky zdroje, t.j. stroje a operátorov. Zodpovedajúci základný proces je definovaný úlohami, ktoré spotrebúvajú kapacity zdrojov v priebehu ich spracovania.

Postup pridelovania zdrojov k jednotlivým úlohám je ovplyvnený procesom riadenia výroby, ktorý sa vykonáva pomocou systému riadenia výroby (z anglického Production Control System - PCS). PCS sa skladá z dvoch nástrojov (počítač a softvér), ktoré využívajú na tvorbu pokynov pre riadenie výroby m , t.j. softvér s možnosťou rozvrhovania výroby. Proces riadenia výroby určuje, kedy a za akých okolností sú niektoré algoritmy použité k stanoveniu inštrukcií riadenia výroby. Vyššie popísané základné východiská sú znázornené na obrázku 1.

Teraz môžeme použiť obrázok 1, aby sme sa dopracovali k aplikačným oblastiam simulácie a rozvrhovania. Rozvrhovanie kapacít je prevádzané pomocou výrobného systému a procesu riadenia. V tejto fáze môže byť simulácia použitá ako súčasť PCS (simulácia priamo alebo nepriamo odvodí pokyny pre riadenie výroby).



Obr. 1: Základné východiská pre rozvrhovanie a simuláciu v kontexte riadenia výroby

Druhou možnosťou využitia simulácie je vytvorenie emulácie pre základný proces. V tejto situácii prístup rozvrhovania produkuje výrobné inštrukcie, zatiaľ čo simulačný model sa využíva k reprezentovaniu základného systému a základného procesu. Simulácia môže byť využitá na hodnotenie výkonnosti určitého prístupu rozvrhovania výroby.

Simulačné techniky v rozvrhovaní

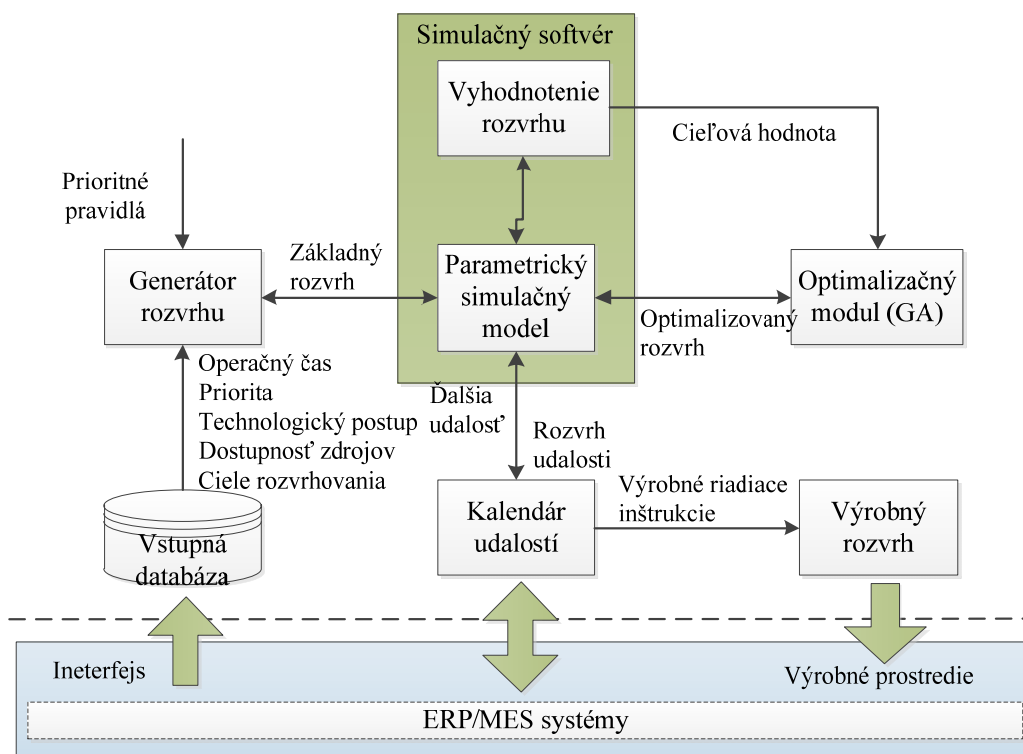
Simuláciu v rámci prístupu riadenia výroby môžeme rozdeliť na tri rôzne použitia. V prvom použití využívame simuláciu na tvorbu počiatočného rozvrhu (generovanie) a na rafináciu existujúcich rozvrhov (vylepšenie) zvyčajne pre krátku časovú periódu. Okrem toho je použitá optimalizácia v simulácii v opakovanom móde využívaná na odhad určitej hodnoty účelovej funkcie a jej zlepšenie. Cieľom ďalšieho použitia simulácie je využitie deterministickej simulácie vyhodnotiť niektoré stratégie nastavenia parametrov pre daný systém riadenia výroby. Tretie použitie simulácie je v emulácii rozvrhovacieho systému a v jeho použití na hodnotenie prístupov deterministického rozvrhovania.

2. Metodika SSEM

Metodika SSEM (z anglického Scheduling using Simulation and Evolutionary Methods) v preklade rozvrhovanie pomocou simulácie a evolučných metód pozostáva s troch modulov, ktoré sú potrebné pre generovanie, hodnotenie a optimalizáciu výrobného rozvrhu. Prvý modul je samotné generovanie rozvrhu respektíve rozvrhovanie s využitím prioritných pravidiel. Druhý modul slúži na hodnotenie výrobného rozvrhu pomocou parametrického simulačného modelu a tretí modul je implementácia evolučnej optimalizačnej metódy pre lepšie riešenia.

2.1. Konceptný návrh architektúry SSEM

Konceptný návrh architektúry SSEM je zobrazený na obrázku 2, kde môžeme vidieť tri hlavné moduly. Informácie medzi modulmi reprezentuje priama šípka. Ako prvý krok pri rozvrhovaní je potrebná aktualizácia databázy s úlohami, aby sme mali k dispozícii vždy aktuálne informácie. V prípade, že podnik využíva ERP (Enterprise Resource Planning) alebo MES (Manufacturing Enterprise Systems) systémy, môžu byť tieto informácie získavané s týchto systémových databáz.



Obr. 2: . Konceptný návrh architektúry SSEM

Druhým krokom je základný rozvrh pomocou prioritných pravidiel. Takto získaný rozvrh výrobných operácií tvorí inicializačné vstupné parametre simulačného modelu, nasleduje spustenie simulačného behu, po ktorom máme k dispozícii ohodnotený rozvrh podľa zvoleného kritéria. K získaniu lepšieho riešenia použijeme optimalizačný algoritmus, kde po samotnej optimalizácii dostaneme lokálne najviac vyhovujúci rozvrh podľa danej zvolenej kritériálnej funkcie.

2.2. Simulačný softvér

Simulačný softvér komunikuje s generátorom rozvrhu, optimalizačným modulom (GA-Genetic Algorithm) a s kalendárom udalostí. Parametrický simulačný model je použitý na hodnotenie základného rozvrhu a tiež pre optimalizáciu. Tento rozvrh tvorí inicializačné faktory simulačného modelu. Prenos faktorov je zabezpečený cez ActiveX interfejs z excelovského súboru. Simulačný model vykonáva a generuje udalosti.

Keď sa simulačný beh skončí, je objektívna funkcia vypočítaná pomocou aktuálnej kombinácii prioritných pravidiel. Nevyhnutnosťou pre simulačný model sú informácie z výrobné oblasti ako je doba spracovania, priority úloh, technologické postupy, dostupnosť zdrojov a čo je cieľom rozvrhu. Dostupnosť zdrojov ukazuje, ktoré zariadenia a operátori sú k dispozícii pre jednotlivé úlohy na základe konkrétnych informácií o pracovnej zmene. Udalosti získané zo simulačného modelu (udalosť) alebo z generátora rozvrhu (udalosť na základe podmienky) sú rozvrhnuté do kalendára udalostí. Ďalšia udalosť vytiahnutá z kalendára udalostí, ktorá sa vyskytne, je následne zrealizovaná v simulačnom modeli alebo poslaná do generátora rozvrhu, ak sa jedná o udalosť na základe podmienky. Udalosť

na základe podmienky môže predstavovať obchodné pravidlá alebo obmedzenie v danej oblasti. Udalosti sú rozvrhnuté do kalendára udalosti ako náhle sú všetky podmienky splnené.

2.3. Optimalizačný modul

Optimalizačný model poskytuje množinu realizovateľných riešení simulačného modelu, pokiaľ tieto realizovateľné riešenia spĺňajú vopred dané výkonnostné kritérium. Typickým príkladom možných riešení je množina prioritných pravidiel, kde je vhodný výber najlepšieho prioritného pravidla je zrejmý. Pri optimalizácii pravidiel alebo stratégií sa predpokladá menšia potreba nákladov ako pri optimalizácii kapacít zdrojov. Samozrejme k dispozícii je obmedzený počet prioritných pravidiel pre zostavenie riešenia. Medzi bežne používané prioritné pravidlá na rozvrhovanie operácií patria (Gregor, 2005, s. 132):

- FIFO (*First Come - First Served*), uprednostnená operácia s najdlhším časom čakania, resp. prvý dnu - prvý von,
- SOT, SPT (*Shortest Operation Time, Shortest Processing Time*), uprednostnená operácia s najkratším operačným časom,
- DD (*Due Date*), uprednostnená plánovaná operácia,
- OPN DD (*Earliest Due Date*), uprednostnená operácia s najbližším termínom dokončenia,
- STR (*Slack Time Remaining*), uprednostnená operácia s minimálnym rozdielom medzi časom zostávajúcim do ukončenia plánovaného času a zostávajúcim operačným časom,
- STR/OP - Slack STR/OP, uprednostnené výrobné objednávky s minimom
- $STR/OP = \frac{\text{čas zostáva/úct pred DD} - \text{zostáva/úct operačný čas}}{\text{počet zostáva/úctich operácií}}$
- CR – (*Critical Ratio*) - rozdiel medzi DD a aktuálnym časom deleným zostávajúcou prácou. Uprednostnený výrobok s minimálnou hodnotou CR,
- QR – (*Queue Ratio*) - slack time (STR) zostávajúci v rozvrhu delený plánovaným časom čakania vo fronte. Uprednostnená operácia s minimálnou hodnotou QR,
- LCFS - (LIFO) - v praxi často robia riadiaci pracovníci rutinne podľa tohto pravidla - "to, čo je navrchu, to sa robí",
- RO – (*Random Order*) - náhodné poradie - riadiaci pracovník vyberá intuitívne výrobnú objednávku, ktorá bude spracovaná.

Optimalizačný modul hľadá najlepšiu kombináciu týchto pravidiel z hľadiska výkonu zvoleného kritéria za pomoci genetického algoritmu (GA). Jedna z mnohých implementácií genetického algoritmu pre problém rozvrhovania zákazkovej výroby je popísaná v článku (Hasan, 2008). Autor vyvinul genetický algoritmus a predstavil niekoľko prioritných pravidiel ako je napr. čiastočná zmena poradia, redukcia medzier a zakázaná výmena k zlepšeniu výkonnosti genetického algoritmu.

2.4. Generátor rozvrhu

Tento modul obsahuje niekoľko prioritných pravidiel pomocou ktorých generuje základný rozvrh. Algoritmus Giffler a Thompson (1960) možno považovať za spoločný základ pre všetky prioritné pravidlá založené na heuristike. Nech $Q(t)$ je množina všetkých nerozvrhnutých operácií v čase t . Hodnoty r_i a c_i označujú najskôr možný začiatok a najskôr možný čas dokončenia respektíve operácie i . Tento algoritmus priradí operácie, ktoré sa môžu začať spracovávať, ku stroju. Konflikty, t.j. operácie súťažiacie o rovnaký stroj, sú riešené náhodne. Stručný prehľad algoritmu je daný nasledovne:

$t := 0; Q(t) := \{1, \dots, n-1\};$

Opakovať

Zo všetkých nerozvrhnutých operácií v $Q(t)$ nech j^* je operácia s najkratším celkovým časom, t. j. $c_{j^*} = \min\{c_j | j \in Q(t)\}$.

Nech m^* je stroj, na ktorom musí byť spracovaná operácia j^* .

Náhodne zvol operáciu i zo súboru konfliktov $\{j \in Q(t) | j \text{ musí byť spracovaná na stroji } m^*, \text{ kde platí } r_i < c_{j^*}\}$.

$Q(t) := Q(t) \setminus \{i\}$; Uprav c_j pre všetky operácie $j \in Q(t)$. Nastav t priradenia ďalšej novej operácie k stroju.

Až kým $Q(t)$ je prázdne.

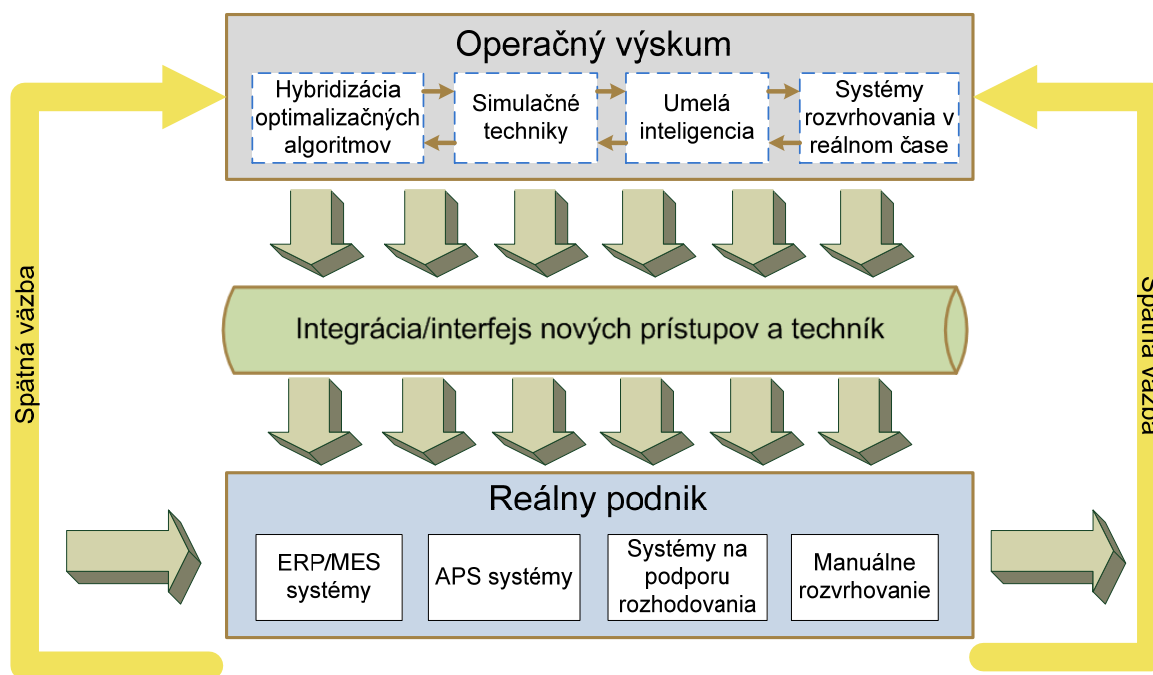
Tento algoritmus môže byť založená na jednej alebo kombinácii techník. „Kvalita“ riešenia je potom založená na cieľových hodnotách a na výkonnostnom kritérii daného ohodnoteného rozvrhu v simulačnom softvéri. Algoritmické prístupy majú vo všeobecnosti svoje nevýhody a výhody. Takýto prístup má výhodu ak sú splnené nasledovné podmienky:

- Problém umožňuje jasné a presné matematické formulácie,
- počet riešiacich úloh je veľký,
- možnosť výskytu náhodnosti v danom prostredí je minimálna,
- je potreba robiť určitú optimalizáciu často a v reálnom čase,
- všeobecné podmienky sú neustále monitorované bez príliš veľa výnimiek.

Nevýhodou algoritmického prístupu spočíva v tom, že ak v prevádzke nastanú zmeny (napr. určité preferencie na priradenie úlohy k stroju), môže byť vynaložené značné úsilie k preprogramovaniu.

3. Smerovanie rozvrhovania výroby vo svete a na Slovensku

Smerovanie rozvrhovania výroby vo svete a na Slovensku môžeme vo všeobecnosti rozdeliť do dvoch hlavných oblastí riešenia problému rozvrhovania zákazkovej výroby (obr.3). Prvá oblasť je operačný výskum, ktorá priťahuje veľkú pozornosť mnohých výskumných a riadiacich pracovníkov. Trend v rámci operačného výskumu smeruje k hybridizácii optimalizačných algoritmov, začínajú sa využívať simulačné techniky a umelá inteligencia a do popredia sa dostávajú systémy rozvrhovania, ktoré pracujú v reálnom čase.



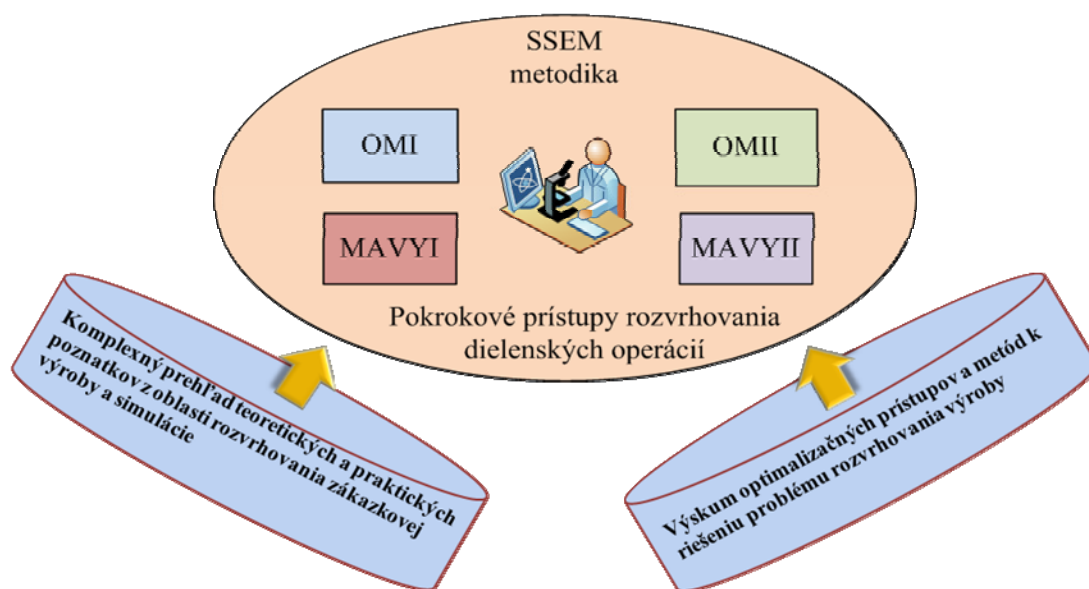
Obr. 3: Smerovanie rozvrhovania vo svete a na Slovensku

Druhou oblasťou je výrobná sféra reálnych podnikov, ktoré sa každodenne stretávajú s problémom rozvrhovania výroby. Tu je trend smerovaný k ERP a MES systémom, ktoré slúžia ako podporný nástroj k rozvrhovaniu výroby. O niečo menej sa stretávame s APS systémami. Ide o softvérové nástroje, ktoré sú prioritne určené na riešenie problému rozvrhovania. Ich hlavnou nevýhodou sú vysoké obstarávacie nároky, a preto sa pre malé a stredné podniky stávajú nedostupnými. Takéto podniky využívajú vlastné zjednodušené systémy na podporu rozhodovania, často krát je sú to získané skúsenosti, ktorými riadiaci pracovníci zostávajú výrobný rozvrh.

Budúci výskum by sa mal s môjho pohľadu zamerať aj na aplikovateľnosť vyvíjaných metód v rámci operačného výskumu do reálnych podnikoch a ich samotné začlenenie do podnikových systémov. Vytvoriť ich prepojenie a následne poskytovať spätnú väzbu pre oblasť operačného výskumu, aby sa vyvíjali efektívne a ľahko implementovateľné prístupy na rozvrhovanie zákazkovej výroby.

3.1. Možnosti aplikácie výsledkov v pedagogickom procese

V rámci článku spomínané prístupy simulácie a rozvrhovanie výroby a samotná metodika SSEM môžu v konečnom dôsledku ovplyvniť pedagogický proces v štyroch predmetoch OMI a OMII, MAVYI a MAVYII (obr. 4). Ako podporný dokument bude k dispozícii výstup z výskumu optimalizačných prístupov a metód k riešeniu problému rozvrhovania výroby a taktiež spracovaný komplexný prehľad teoretických a praktických poznatkov z oblastí rozvrhovania zákazkovej výroby a simulácie. V oboch predmetoch sa môžu získané poznatky prezentovať ako pokrokový prístup rozvrhovania dielenských operácií s využitím simulácie a evolučných metód.



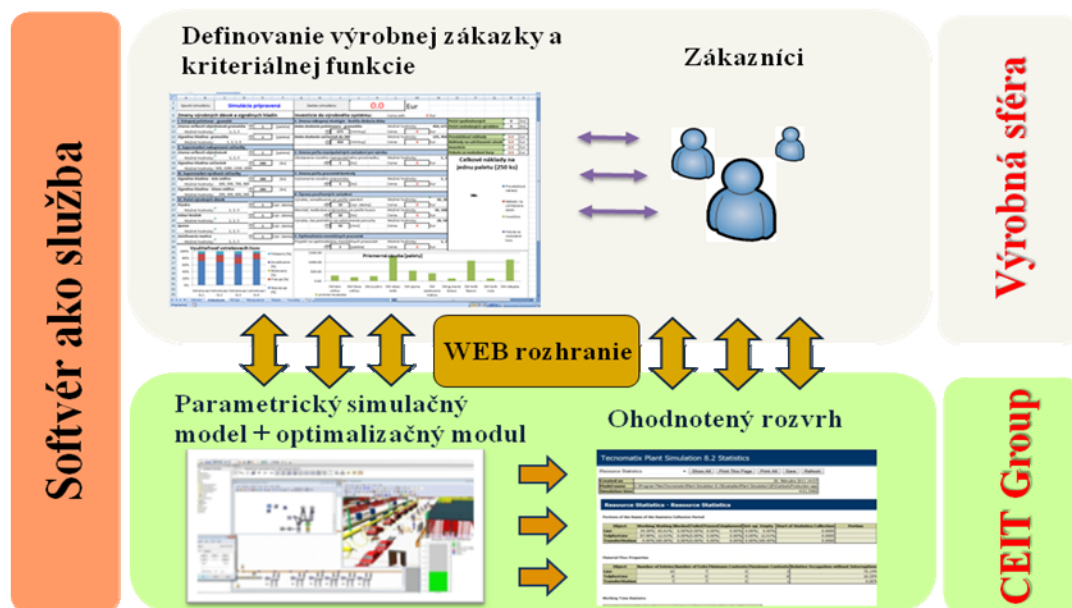
Obr. 4: Možnosť aplikácie výsledkov v pedagogickom procese

3.2. Možnosti aplikácie výsledkov riešenia v CEIT Group

Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole „Smerovanie rozvrhovania výroby vo svete a na Slovensku“, je jeden z problémov aplikovateľnosti systémov do podnikov vysoká obstarávacía cena podporných systémov rozvrhovania. Tu vidím určitý potenciál poskytovať navrhovanú metodiku SSEM, ale aj iné metódy využívajúce špeciálne softvéry, ako službu. V základe ide o princíp, kedy je softvér, v našom prípade simulačný softvér a k nemu prislúchajúce moduly, poskytovaný ako služba. To znamená, že podniku odpadáva potreba vlastniť tieto softvéry.

Zákazníci si jednoducho otvoria excelovské rozhranie, kde si nastavujú požadované parametre (napr. jednotlivé zákazky, k nim prislúchajúce technologické postupy, disponibilitu strojov, pracovníkov a kritériálnu funkciu resp. prioritne pravidla) a pomocou rozhrania cez Web sa načítajú inicializačné vstupné parametre do parametrického simulačného modelu nachádzajúceho sa na serveri v rámci CEIT Group. Na tomto serveri prebehne simulačný beh, po ktorom má zákazník k dispozícii ohodnotený výrobný rozvrh a buď ho prijme, alebo zvoľí

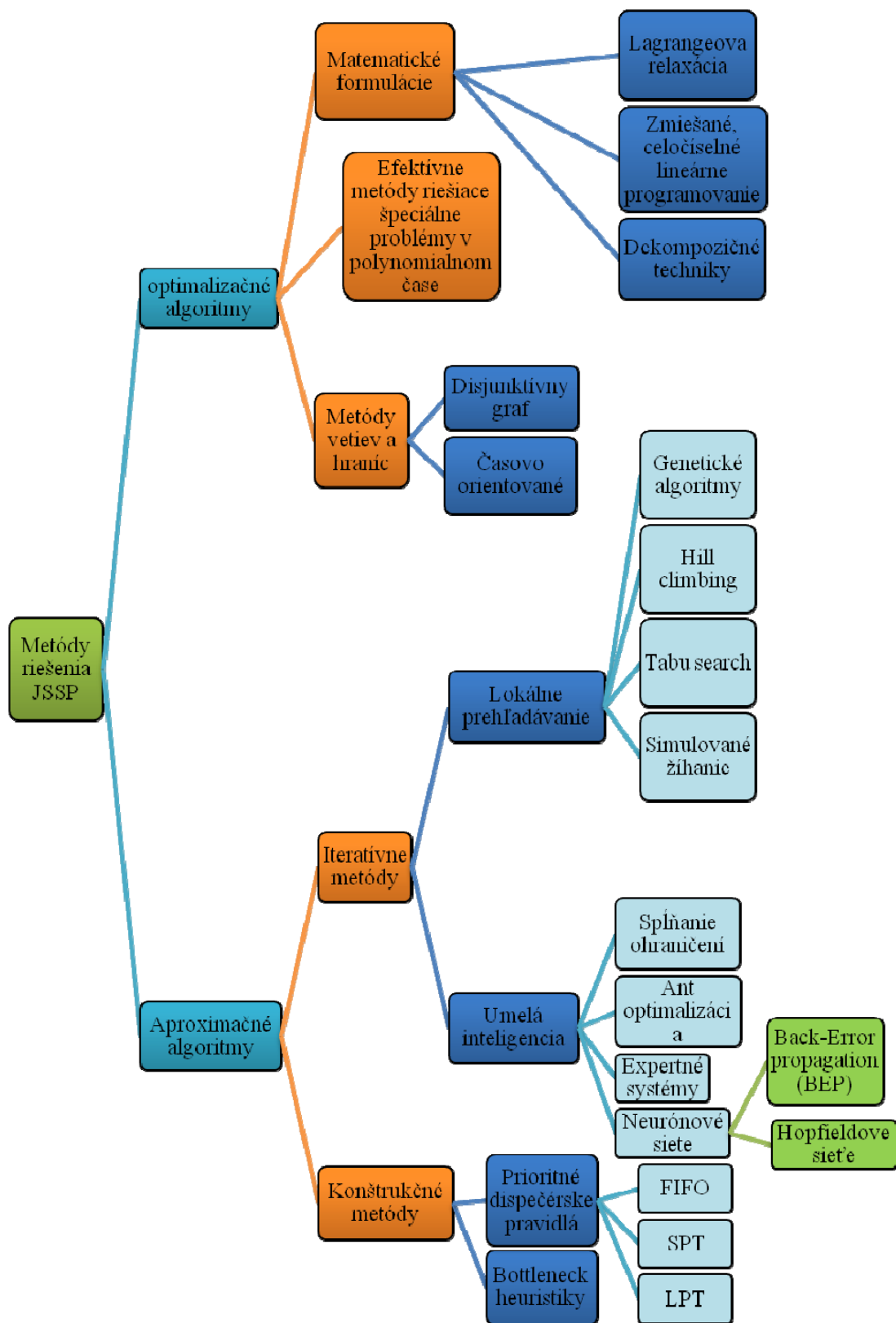
iné hodnotiace kritérium. Zákazník takto môže pružne reagovať na zmeny, ktoré nastávajú vo výrobnom prostredí a rýchlo ich zapracovať do opätovného rozvrhu.



Obr. 5: Možnosť aplikácie výsledkov riešenia v CEIT Group

4. Záver

Súčasný rozvoj naznačuje, že simulácia nie je len nástrojom pre napodobňovanie reálnych systémov pre analýzu, ale zároveň sa stáva populárnou technikou pre rozvoj výrobných rozvrhov a sprievodných listov vo výrobnom prostredí. Tento článok popisuje metodiku SSEM a jej jednotlivé moduly, potrebné na generovanie, ohodnotenie a optimalizovanie výrobného rozvrhu. Navrhovaná metodiky môže byť použitá ako praktický nástroj pre manažéra alebo výrobného majstra v praxi, pre rýchlu identifikáciu potenciálne úzkych miest pri tvorbe rozvrhu, za účelom minimalizácie výrobných nákladov. Ďalším prínosom využitia tejto metodiky je skrátenie procesu rozvrhovania zákazkovej výroby a možnosť ohodnotiť kvalitu získaného rozvrhu na základe sledovaných ukazovateľov, ešte pred zapracovaním do výroby.



Obr. 6: Možnosť aplikácie výsledkov riešenia v CEIT Group

SIMULÁCIA A SIMULAČNÉ METAMODELOVANIE VÝROBNÝCH SYSTÉMOV



Ing. Silvia Palajová

Hlavný tlak, ktorý výrobca musí zvládať zo strany požadovačných odberateľov je tlak na znižovanie nákladov, zvyšovanie výkonnosti a kvality, ktorá je už v dnešnej dobe samozrejmosťou. Bez neustáleho zlepšovania podnikových procesov, implementácie progresívnych prístupov riadenia, technológií, a bez rýchleho rozhodovania riadiacich pracovníkov to nie je možné zvládnuť a zároveň sa aj vyrovnáť konkurencii.

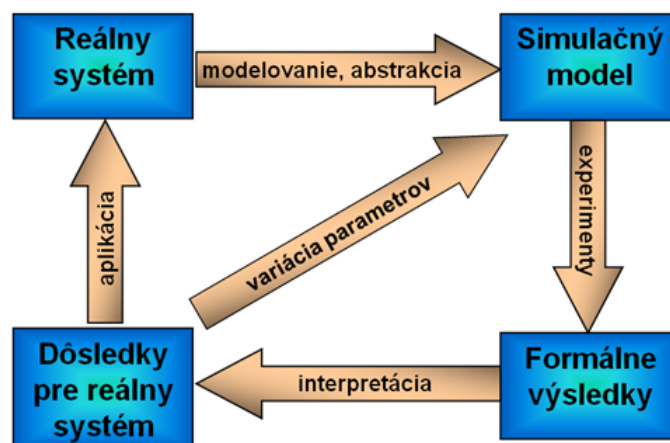
1. Simulácia výrobných systémov

V súčasnosti sa berie za samozrejmosť riešiť zložité problémy pomocou vhodného počítačového modelu, ktorý odráža vlastnosti reálneho systému, prípadne pomáha nájsť riešenie blízke optimálnemu, alebo priamo optimálne, a to pre už existujúce ako aj konceptuálne systémy. Preto počítačová simulácia získava stále väčší význam. Umožňuje rýchlo odskúšať rôzne varianty riešení, je dynamická a je výborným podporným prostriedkom rozhodovania nielen v technických, ale aj spoločenských a prírodných vedách. To sa odrazí v nemalých ekonomických prínosoch. Treba však vedieť, kedy je simuláciu vhodné použiť, aby náklady na realizáciu simulácie a zlepšení v systéme neprevyšovali prínosy.

Simulácia podporuje hľadanie optimálnej kombinácie vstupných parametrov procesu potrebných pre realizáciu požadovaných zmien. Samotnej simulácii predchádza tvorba modelu systému.

Modelovanie výrobného systému spočíva v napodobňovaní chovania sa štruktúr reálnych alebo konceptuálnych systémov. Výsledkom je model (zjednodušený obraz skutočnosti), ktorý zaisť požadované správanie.

Podľa jednej z definícií – známej Dahlovej definície - je *simulácia* výskumná metóda, ktorej podstata (obr. 1) spočíva v tom, že skúmaný dynamický systém nahradíme jeho simulátorom a s ním potom vykonávame pokusy s cieľom získať informáciu o pôvodnom skúmanom systéme.

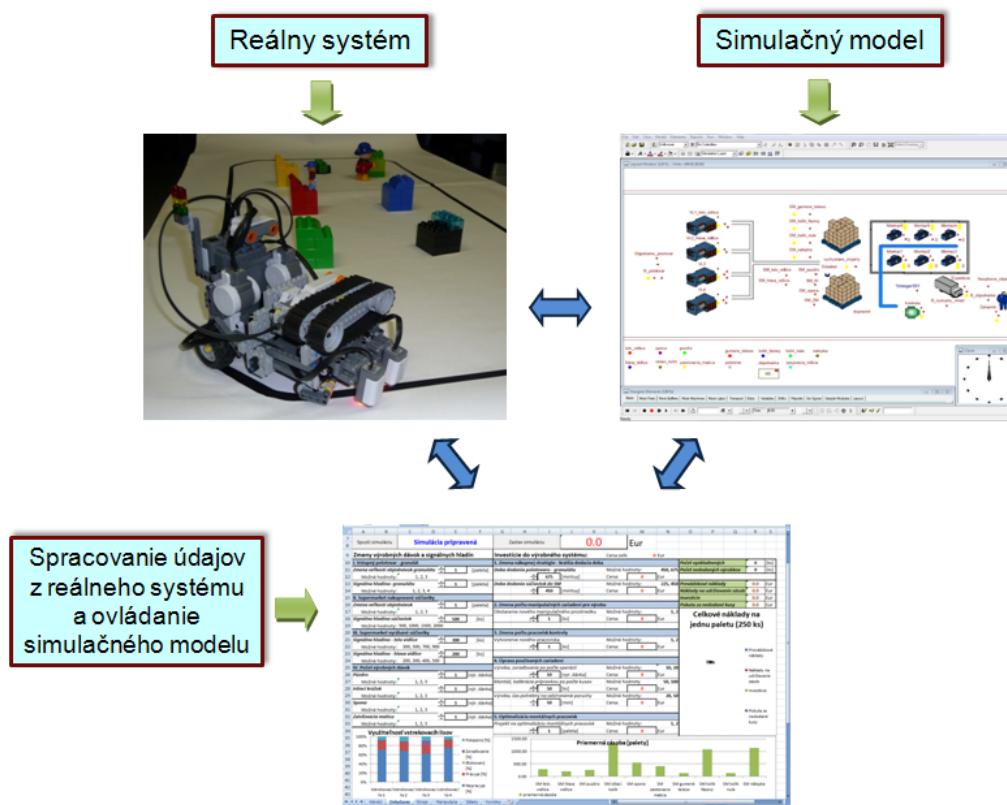


Obr. 1: Podstata simulácie výrobných systémov

Možno ju zaradiť aj medzi štatistické metódy, pretože pracuje na rovnakom teoretickom základe ako metódy matematickej štatistiky. Keď nemôžeme skúmať celý súbor, vyberie sa vzorka (štatistický výber), ktorá reprezentuje charakteristické znaky celého skúmaného súboru. Táto vzorka sa štatisticky analyzuje a výsledok sa potom aplikuje na celý súbor (populáciu). Podobne aj pri simulácii dochádza k nahradeniu reálneho systému jeho simulačným modelom. Tento model obsahuje len tie vlastnosti reálneho systému, ktoré nás zaujímajú z hľadiska našej analýzy. Na základe experimentov s modelom potom robíme závery o celom reálnom systéme.

1.1. Emulácia

Pre simulačný model je často zdrojom dát externý informačný systém. Umožňuje jednoduché spracovanie a transfer dát, a uľahčuje manipuláciu s dátami v databáze príslušného modelu, umožňuje meniť nastavenia (vektor vstupných faktorov) reálneho systému v počítači. Takýmto systémom môže byť napríklad MS Excel. Do databázy môžu byť údaje načítavané priamo z reálneho výrobného systému s využitím senzorov napojených cez riadiacu jednotku na počítač. Po vykonaní simulačných experimentov sú výsledky automaticky transferované do MS Excelu vo forme tabuliek resp. grafov a na ich základe možno vykonať optimalizáciu systému.



Obr. 2: Rozhranie reálny systém – simulačný model – MS Excel

Prepojenie reálneho existujúceho systému s jeho simulačným modelom sa nazýva *emulácia*. U nás je vytvorená aj praktická ukážka takéhoto prístupu. Jedná sa o logistický systém zásobovania montážnych pracovísk AGV vozíkom, ktorý je nahradený LEGO stavebnicovým modelom. AGV vozík je emulovaný simulačným modelom a pohyb tohto vozíka je on-line spojený so simulačným modelom.

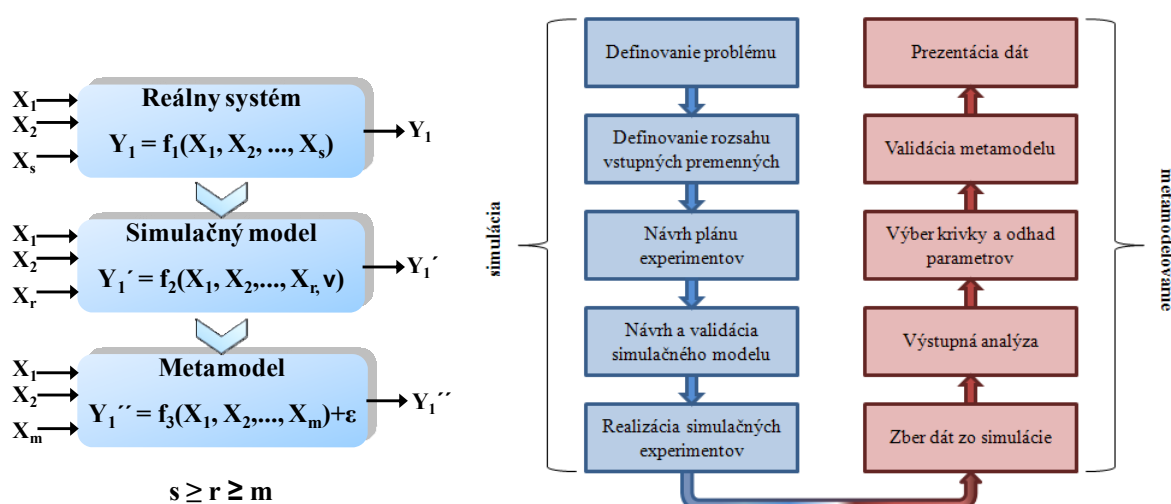
2. Simulačné metamodelovanie

Simulačné behy sú zvyčajne výpočtovo náročné a pre rozsiahle simulačné modely nie je nezvyčajné, že trvajú aj hodiny. Avšak, podpora rozhodovania, prieskumná analýza a rýchle adaptívne výpočty mnohokrát vyžadujú jednoduchosť pre pochopenie a vysvetlenie reprezentácií skutočnosti. Preto sú často zostavované jednoduchšie aproximácie - modely simulačného modelu - alebo *metamodely*, ktoré sa používajú na študovanie správania sa počítačových simulácií.

Podľa Perssona je účelom metamodelov, známych aj ako náhradné alebo aproximatívne modely, aproximovať vzťahy medzi výstupnými a rozhodovacími premennými pomocou výpočtovo efektívnych matematických modelov. Prijatím metamodelov do simulácie sa môže značne znížiť výpočtová záťaž optimalizačného procesu, pretože výpočtové náklady súvisiace s využitím metamodelov sú oveľa nižšie ako pri štandardnom prístupe vyhodnocovania všetkých behov so simulačným modelom.

2.1. Podstata metamodelovania

Tvorba metamodelu začína simulačným modelom, na ktorom sa uskutoční niekoľko simulačných behov pre rôzne hodnoty vstupných parametrov. Pre zjednodušenie sa kombinujú niektoré vstupy alebo sa odstránia tie, ktoré sa ukázali ako zbytočné. V ďalšom kroku sú zozbierané dáta (pomocou odhadov parametrov rozdelenia) nahradené krivkou funkcie, ktorá popisuje metamodel a je spoľahlivou aproximáciou pôvodných výstupných dát (obr. 3).



Obr. 3: Podstata metamodelovania

Metamodelovanie vysvetľuje základné vstupno-výstupné vzťahy systému cez jednoduché matematické funkcie, ktoré umožňujú predpovedať výstup Y pre daný vstup X :

$$Y = \underbrace{f(X, \beta)}_{\eta} + \varepsilon. \quad (1)$$

$Y = f(X, \beta)$ - regresná funkcia,

Y - vysvetľovaná premenná,

X - vektor hodnôt vstupných faktorov,

ε - vektor náhodných čísel.

Napríklad, Y by mohla byť ustálená priemerná čakacia doba v systéme a X stredná doba medzi príchodmi do systému.

Regresný matematický model opisuje stochastickú závislosť. T. z. pre rovnaké kombinácie hodnôt vstupných premenných sa pozorujú hodnoty výstupnej premennej. Táto neistota (variabilita) je reprezentovaná náhodnou zložkou modelu ε .

Y a X sú hodnotové vektory a zvyčajne zahŕňajú náhodné zložky. Vektor X môže pre simuláciu výrobných systémov zahŕňať nasledovné zložky: počet strojov, operačné časy strojov, parametre rozdelenia pravdepodobnosti pre poruchy strojov, a možno všetky pseudonáhodné množstvá používané v simulačnom behu. Vektor Y môže zahŕňať priemernú

rozpracovanosť výroby, priemerný denný výrobný výkon, a priemerné denné prevádzkové náklady.

Metamodelovanie spočíva v určení vektora $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)^T$, čo je súbor koeficientov, od ktorých závisí regresná funkcia. Niektoré, možno všetky, tieto koeficienty budú neznáme a musia byť odhadnuté úpravou regresnej funkcie k zisteným výsledkom simulácie. Najčastejšie používanou metódou odhadu regresných funkcií je *metóda najmenších štvorcov*. Používa sa pri výpočte funkcie za predpokladu, že jej odhad je lineárny v parametroch, alebo to možno dosiahnuť aspoň jednoduchou transformáciou. V skutočnosti nepoznáme typ regresnej funkcie, ani jej parametre β . Preto musíme správne vystihnúť charakter závislosti medzi závisle premennou a nezávislými premennými (teda zvoliť vhodný typ regresnej funkcie), a odhadnúť parametre funkcie, a to na základe empirických údajov. Metóda určuje odhad Y'_j regresnej funkcie η

$$Y'_j = f(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{kj}; b_0, b_1, \dots, b_p) \quad (2)$$

kde koeficienty b_0, b_1, \dots, b_p sú odhadom neznámych parametrov $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$. Rozdiel medzi empirickou Y_j a teoretickou hodnotou Y'_j závislej premennej je náhodná chyba [1]

$$e_j = Y_j - Y'_j. \quad (3)$$

Ak o náhodných chybách platí

$$\begin{aligned} E(e_j) &= 0 \\ D(e_j) &= E(e_j^2) = \sigma^2 \\ E(e_{j_1}, e_{j_2}) &= 0 \quad \text{pre každé } j_1 \neq j_2 \end{aligned} \quad (4)$$

možno koeficienty b_0, b_1, \dots, b_p považovať za najlepšie odhady parametrov $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$. Z (4) vyplýva, že náhodné chyby majú mať normálne rozdelenie s nulovou strednou hodnotou (v prípade dostatočne veľkého štatistického súboru) a konštantným rozptylom (nie je nutná podmienka, rozptyl sa môže meniť aj proporcionálne), nezávislým od X_i , pričom majú byť vzájomne po pároch nezávislé.

Podmienkou metódy najmenších štvorcov je, že súčet štvorcov náhodných chýb (reziduálnych odchýlok) závisle premennej má byť minimálny

$$F(b_0, b_1, \dots, b_p) = \sum_{j=1}^n (Y_j - Y'_j)^2 = \min. \quad (5)$$

Tejto požiadavke musia vyhovovať koeficienty b_0, b_1, \dots, b_p . Ak ďalej poznáme konkrétny typ funkcie (2), môžeme ho dosadiť do vzťahu (5) a hľadať minimum funkcie. Parciálne derivácie funkcie $F(b_0, b_1, \dots, b_p)$ položíme rovné nule

$$\frac{\partial F(b_0, b_1, \dots, b_p)}{\partial b_i} = 0 \quad i = 0, 1, 2, \dots, p \quad (6)$$

a riešením sústavy $(p + 1)$ rovníc o $(p + 1)$ neznámych b_0, b_1, \dots, b_p vypočítame koeficienty b_0, b_1, \dots, b_p . Nevýhodou metódy najmenších štvorcov je citlivosť na extrémne hodnoty. Jediná extrémna hodnota môže zmeniť smer regresnej priamky, preto vždy treba regresnú analýzu začať prezretím X - Y grafu.

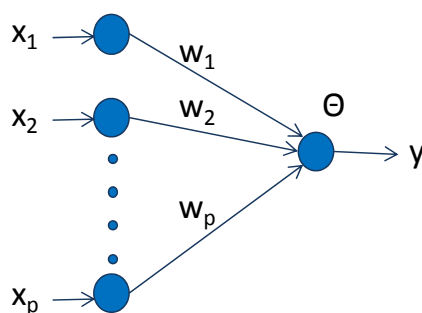
Hodnoty vektora β sú potom použité na vytvorenie funkcií, ktoré popisujú metamodel. Pre kontrolu vhodnosti metamodelu pre zamýšľané účely sa uskutočňuje validácia metamodelu, a to porovnaním metamodelu s výstupnými dátami simulácie pomocou matematickej štatistiky. Na výstupy metamodelu môže byť použité grafické zobrazenie, ktoré poskytuje jednoduchú reprezentáciu očakávaného správania sa systému.

3. Metamodely založené na neurónových sieťach

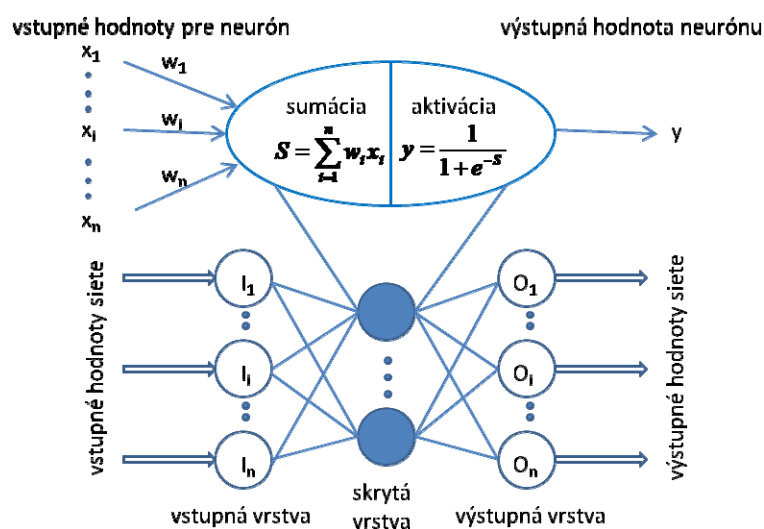
Metamodely môžu byť realizované pomocou štruktúry *neurónových sietí* (Neural Networks NN), pretože sú univerzálnym funkčnými aproximátormi, sú schopné abstrakcie pravidiel medzi vstupnými a výstupnými hodnotami, a následne sú schopné aplikovať získané pravidlá na akékoľvek vstupné hodnoty.

NN sú modelom čiernej skrinky, ktorá dokáže dávať na vstupné signály adekvátne výstupy bez ohľadu na jej vnútornú štruktúru. Sú schopné uchovávať experimentálne znalosti a ďalej ich využívať.

Samotná sieť je zložená z niekoľkých vrstiev neurónov poprepájaných rôznym spôsobom. Základná NN je perceptrón, (obr. 4) skladajúca sa z dvoch vrstiev – vstupnej a výstupnej. Táto vie rozpoznávať a klasifikovať objekty, nie je však výpočtovo univerzálna a nedokáže riešiť všetky triedy problémov. Preto sa na funkčnú aproximáciu pre účely metamodelovania využívajú viacvrstvové siete (obr. 5), ktoré medzi vstupnou a výstupnou vrstvou obsahujú tzv. skrytú vrstvu, ktorá spracúva a šíri signál do výstupnej vrstvy. Väčšina aproximácií využíva dvojvrstvové sieťové štruktúry s jedným výstupným uzlom pre modely s jednorozmernou závislou premennou. Celkový metamodel je potom lineárnou kombináciou lineárnych alebo nelineárnych funkcií vektora X .



Obr. 4: Perceptrón



Obr. 5: Viacvrstvá neuronová sieť

Presnejšie povedané, u neuronových sietí sa predpokladá použitie funkcií, ktoré sú prahovými funkciami. Je vhodné brať do úvahy všeobecnejšie funkcie a uvažovať nad neuronovými sieťami ako nad technikou na výpočet koeficientov metamodelu a predpovedaných hodnôt, skôr ako nad reprezentáciou konkrétnej triedy modelovacích techník. Všetky typy metamodelov (metamodely založené na splývaní, metamodely radiálnych bázových funkcií, priestorové korelačné metamodely) môžu byť realizované pomocou štruktúry neuronových sietí.

Ak existuje systém, ktorého popis je mimoriadne náročný, ale sú k dispozícii vstupné dáta a k nim prislúchajúce výstupy, možno použiť vhodnú NN a naučiť ju správať sa ako sledovaný systém pomocou tréningových údajov (teda vstupov a výstupov). Preto je výhodné brať do úvahy všeobecnejšie funkcie a použiť NN na výpočet koeficientov metamodelu a predpovedaných hodnôt.

3.1. Neuronové siete

Teória neuronových sietí vychádza z neurofyziologicalkých poznatkov. Snaží sa vysvetliť správanie sa na princípe spracovania informácií v nervových bunkách. Niekedy sa umelé neuronové siete označujú aj ako modely mozgu bez mysle, keďže sa snažia pochopiť nervový systém, ale nezaoberajú sa psychikou. V tejto súvislosti vzniká tiež otázka vzťahu neuronových sietí k systémom umelej inteligencie.

Neuronová sieť je masívne paralelný procesor, ktorý má sklon k uchovávaní experimentálnych znalostí a ich ďalšieho využívania. Napodobňuje ľudský mozog v dvoch aspektoch:

- poznatky sú zbierané v NN počas učenia,
- medzineuronové spojenia (synaptické váhy - SV) sú využívané na ukladanie znalostí.

V zásade sa neurónové siete uplatňujú pri troch typoch úloh:

- I) *klasifikačné* alebo *asociačné úlohy s časovým kontextom* – ide, v prípade klasifikácie, o rozhodnutie či práve ukončená postupnosť vstupov patrí, alebo nepatrí do nejakej triedy, prípadne do ktorej z možných tried ju možno zaradiť,
- II) *predikčné úlohy* – ide o hľadanie časovej štruktúry v postupnosti dát, ktorá by umožnila na základe určitého úseku histórie dát v časoch menších ako t predpovedať dáta v čase väčšom ako t . Existujú 4 typy NN pre predikciu časových radov:
 - a) NN s dopredným šírením signálu (Multilayer perceptron) – prvý z hľadiska implementácie, bez zabudovanej pamäti, teda má vlastnosť zabúdať naučené dáta (preto vznikli modely s pamäťou vo forme buniek alebo synaptických spojení),
 - b) Recurrent NN – signál z výstupnej (alebo skrytej) vrstvy je šírený späť na vstup (alebo do skrytej vrstvy), výhoda kvôli zabudovanej „pamäti“ predošlého výstupného signálu – obsahujú prvok Context Unit, t.j. prechodovú pamäť pre uloženie informácie z minulosti,
 - c) Time delay NN (TDNN) – je sieť s dopredným šírením signálu, ale na vstupe je vytvorený zásobník predošlých hodnôt vstupov,
 - d) FIR NN – s dopredným šírením signálu, avšak jednoduché synaptické spojenia sú nahradené FIR filtrom, ktorý predstavuje pamäť pre dané spojenie s n časovými oknami do minulosti. Filter je množina časových oneskorení MA, s ich váhami a_{ijl} a hodnotami $z_i(t-l)$.
- III) *generatívne úlohy* - je komplikovanejšia verzia predikčných úloh. Tentoraz nejde len o predikovanie hodnoty dát v niektorom budúcom čase. Na základe pozorovania určitého úseku vývoja dát je úlohou pokračovať v časovom rade dát zohľadňujúc základnú tendenciu dát skrytú v dostupnom úseku.

V posledných rokoch získali v oblasti metamodelovania väčšiu popularitu umelé neurónové siete (ANN - Artificial Neuron Networks), ktoré v porovnaní s tradičnými technikami vyžadujú menej predpokladov a menej presné informácie o modelovanom systéme. Štúdie priniesli výsledky, ktoré poukázali na potenciál ANN metamodelov pre diskretnú a spojitú simuláciu, čo je obzvlášť dôležité pri úspore výpočtových nákladov.

Väčšina navrhovaných prístupov pre optimalizáciu využívajúcu ANN metamodely a simuláciu sú založené na nejakých variantoch optimalizácie globálneho vyhľadávania. Avšak existujú nejaké pokusy v kombinovaní ANN metamodelov a simulácií s optimalizáciou lokálneho vyhľadávania. Na optimalizáciu výrobných systémov sa používa aj ANN metamodel spolu so stochastickým prístupom lokálneho vyhľadávania založenom na simulovanom žíhaní (SA - Simulated Annealing). Umelá neurónová sieť sa učí so spätným šírením založenom na dátach získaných zo simulačného programu. Navrhovaná metóda je použiteľná na náčrt problému príkladu výrobného systému a ukazuje sa byť efektívna v riešení problémov procesov.

Existuje aj ANN metamodel spolu so simulovaným žíhaním na získanie optimálnej kapacity zásobníka. Dáta používané na učenie ANN sú generované simulačnými náhodnými vzorkami zo súboru možných konfigurácií používajúcich diskretnú simuláciu.

4. Záver

Na Našej katedre bola doposiaľ spracovaná len jedna záverečná práca z oblasti simulačného metamodelovania, a to dizertačná práca Ing. Hromadu pod názvom Simulácia výrobných systémov. Autor v nej rozoberá problematikou návrhu algoritmu pre modelovanie a simuláciu výrobných systémov a analýzu výsledkov simulačných experimentov. Cieľom bolo navrhnúť systém analýzy vplyvu vstupných faktorov na výkonnosť výrobného systému s využitím počítačovej simulácie a princípov metamodelovania. Jednotlivé navrhované postupy boli overené v praktických podmienkach.

Ďalšie publikácie v časopisoch a zborníkoch sa zameriavajú na metamodelovanie ako podporný nástroj v rámci Digitálneho podniku, ako na praktický prístup na štatistickú sumarizáciu simulačných výsledkov, či ako na podporný nástroj pre navrhovanie a testovanie riadiacich princípov vo výrobe.

RIADENIE VÝROBNÝCH ORGANIZÁCIÍ V PODMIENKACH HOSPODÁRSKEJ KRÍZY



Ing. Vladimíra Biňasová

V súčasnom období pre výrobné organizácie nie je dostačujúce robiť veci len efektívnejšie. Musia byť v niečom jedinečné. Výhodu a vyššie šance na úspech dosiahnu, ak budú mať vďaka inováciám podstatnú konkurenčnú výhodu. Pre mnohé podniky môže byť takouto výhodou využitie environmentálne orientovaného podnikania. Organizácie, ktoré podnikajú s „čistými technológiami“, takzvané cleantech organizácie, na rozdiel od zvyšku priemyslu, rástli aj v krízových rokoch. V proti- krízovom pláne je dominujúce to, že je potrebné podporiť inovácie a transfer technológií, najmä pre malé a stredné organizácie, za účelom riešenia energetickej náročnosti, znižovania ekologických dôsledkov a zvyšovania efektívnosti výroby. Daný trend je podporovaný i výskumnými projektmi EU. Výsledný efekt musí byť však dosiahnutý integrovaným prístupom všetkých faktorov, ktoré môžu zvýšiť konkurenčnú schopnosť organizácie.

1. Vplyv krízy na myslenie a správanie sa organizácií

Kríza vyžaduje nové myslenie a správanie sa organizácií a manažérov. Nemožno čakať, kým odíde, je potrebné ju prijať ako neoddeliteľnú súčasť makroekonomickej situácie, v ktorej sa nachádzame a podnikáme. Kríza nás musí naučiť myslieť s oveľa väčším predstihom, hľadať nové spôsoby, ako možno efektívnejšie vyrábať a premýšľať, ako by sa mohli racionalizovať všetky činnosti pri zavádzaní nových produktov a služieb na trh. Kríza často preverí životaschopnosť a líderstvo mnohých manažérov. Aby organizácie zostali konkurencieschopnými, musia pružne reagovať na požiadavky zákazníkov a vo svojej práci využívať tzv. štíhle (lean) myslenie. „Lean“ sa dá najvýstižnejšie preložiť ako „atleticky štíhly a fit“. Vývoj a usmerňovanie štíhlych organizácií sa riadi podľa vzoru prírody. Každý pracovník nosí v sebe tie isté princípy ako telo gény v každej bunke. Na základe týchto princípov je každá organizačná jednotka schopná plniť vlastné úlohy v zmysle celku. Manažéri, ktorí chcú prijať krízu ako motivačný faktor, by mali využívať nasledovné myšlienky štíhleho manažmentu.

Proaktívne myslenie – budúce činy treba predvídať, iniciatívne premyslieť a sformovať. Tento postoj sa v krátkom čase prejaví v pohotovej reakcii na aktuálne úlohy - podľa motta: „Urob to hneď a správne!“

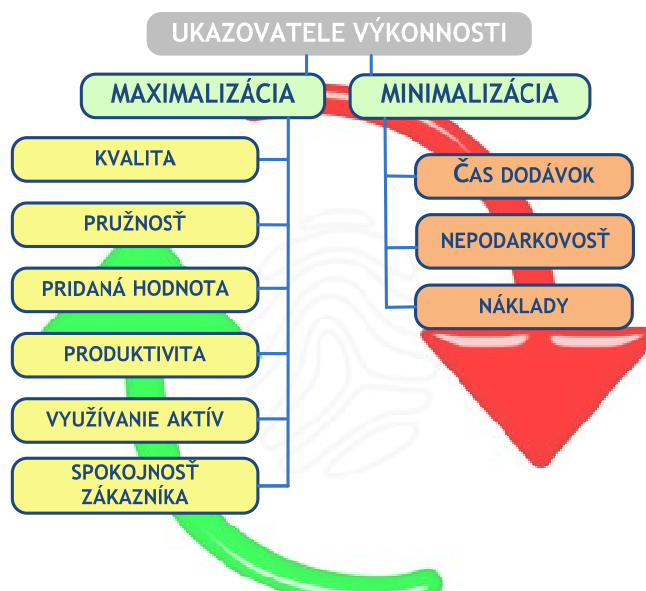
Senzitívne myslenie – spočíva v schopnosti zachytávať a prijímať podnety z okolitého prostredia, vedieť sa im prispôbiť a reagovať na ne.

Celkové myslenie – vedieť sa pozrieť na systém "zhora". Je potrebné zmeniť uhol pohľadu a vidieť všetky súvislosti ich konania. Celkový pohľad rozozná na horizonte viac problémov a hodnotu vlastných rozhodnutí.

Potenciálne myslenie – umožňuje riešiť otázky nevyužitých zdrojov. Umožňuje zefektívniť spoluprácu a vzťahy medzi dodávateľmi, zákazníkmi a konkurentmi. Podporuje zlepšenie komunikácie a zdokonaľuje rozvíjanie kontaktov a spoločných riešení vzniknutých problémov.

Ekonomické myslenie – zameriava sa na elimináciu všetkých druhov plytvaní. Za plytvanie sú považované všetky činnosti, ktoré nevytvárajú hodnotu.

Ani dnešné pozície svetových výrobcov nie sú výsledkom krátkodobého úsilia, ale dlhodobých strategicky správne orientovaných a vnútorne previazaných snáh celého komplexu činností od vývoja, cez výskum, výrobu až po export. Určenie rozhodujúcich faktorov, ktoré ovplyvňujú konkurenčnú schopnosť výrobných podnikov nie je jednoduché. Výkonnosť podniku závisí od správnej voľby a štruktúry faktorov úspešnosti, ktoré bude podnik preferovať na domácom aj medzinárodnom trhu. Ukazovatele výkonnosti, ktoré by mal výrobný podnik akceptovať sú znázornené na nasledujúcom obrázku (obrázok 1).



Obr.1: Ukazovatele výkonnosti podniku

Nevyhnutnosťou sa dnes stáva zmena prístupu k jednotlivým faktorom úspešnosti podniku (obrázok 2) a ich preferencia v systéme riadenia.



Obr. 2: Faktory úspešnosti podniku

Podstatou konkurenčnej výhody je hodnota, ktorú je organizácia schopná vytvoriť pre svojich zákazníkov. Ak chceme analyzovať zdroje konkurenčnej výhody, musíme systematicky skúmať všetky činnosti vykonávané organizáciou a preveriť, ako na seba vzájomne pôsobia.

2. Dôležitosť voľby stratégie pri prekonávaní krízy

Pre stabilizáciu a prekonanie krízy je veľmi dôležité pozitívne myslenie, okamžité reakcie na vonkajšie vplyvy a výber vhodnej stratégie v období, keď každá zmena so sebou prináša riziko. Schopnosť úspešne zvládnuť technické napredovanie spoločnosti a vedieť jeho výsledky prakticky uplatniť skôr ako konkurencia, je východisko, ktoré neustále ovplyvňuje poradie úspešnosti výrobcov. Vývoj na medzinárodných trhoch dokazuje, že len vecné zabezpečenie konkurencieschopnej produkcie a podmienok pre jej úspešnú realizáciu na svetových trhoch nestačí.

Celý tento proces je globálne ovplyvňovaný objektívne pôsobiacimi tendenciami. Postupné vyčerpávanie výhod možno eliminovať novými inováciami, ktoré sa stali jedným z najzávažnejších faktorov konkurenčného boja.

Faktom však je, že pre väčšinu výrobcov sú čoraz ťažšie dostupné. Úspešnosť organizácie, nie iba jej vybraných faktorov výrazne závisí aj od vhodne zvolenej stratégie, ako chce dosiahnuť stanovené ciele.

V súčasnosti je problematické robiť dlhodobé stratégie, je potrebné vytvárať pružné stratégie na kratšie časové úseky a tie častejšie prehodnocovať podľa situácie na trhoch a prispôbovať ich meniacim sa podmienkam dnešnej doby - plnej neustálych zmien. Stratégia opisuje budúcu cestu k riešeniu úloh, ktoré majú význam pre celú organizáciu. Podporné faktory pre strategické riadenie zobrazuje obrázok 3.

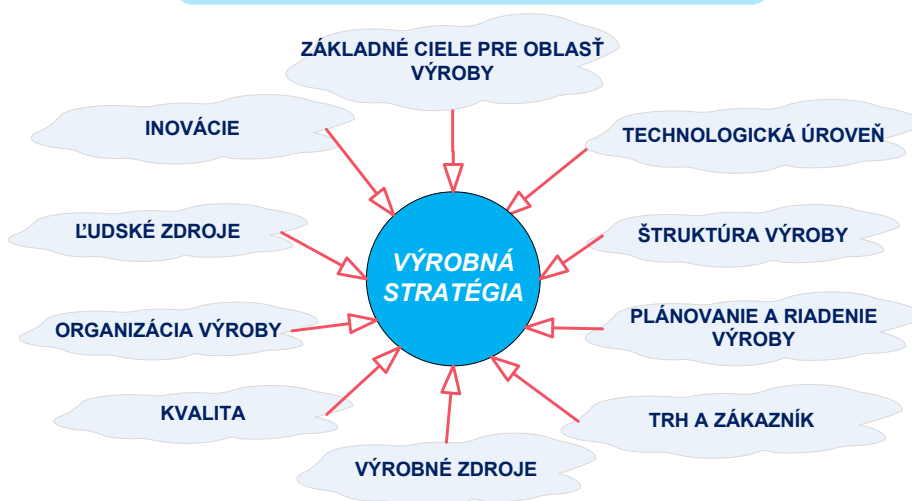


Obr. 3: Podporné faktory pre strategické riadenie

Pri tvorbe stratégie treba v čase krízy klásť zvýšený dôraz (vychádzajúc z inovovaného produktu) na jeho výrobu, kvalitu poskytovaných produktov a služieb a riadenie ľudských zdrojov. Celkovú stratégiu organizácie je potrebné chápať ako proces niekoľkých sekvenčne prepojených plánovacích aktivít, nakoľko sa v rôznej miere prekrývajú a dopĺňajú.

Možné **usporiadanie štruktúry výrobnnej stratégie** (výroba produktu) je zobrazené na obrázku 4. Z názvu stratégie by mohlo vyplývať, že formulácia výrobnnej stratégie sa dotýka iba tých organizácií, v ktorých existuje výroba a výrobné procesy. Tie však existujú v každej oblasti podnikania alebo služieb (napr. aj v bankovníctve, nemocniciach, školách).

OBSAHOVÉ VYMEDZENIE VÝROBNEJ STRATÉGIE



Obr. 4: Výrobná stratégia

Pre oblasť riadenia kvality býva v závislosti na tom aký význam je tejto oblasti prikladaný, formulovaná samostatná stratégia. Možné obsahové vymedzenie **stratégie riadenia kvality** vyjadruje obrázok 5.

OBSAHOVÉ VYMEDZENIE STRATÉGIE KVALITY S VÄZBAMI NA SÚVISIACE STRATÉGIE



Obr. 5: Stratégia kvality

Ak základným kapitálom organizácie sú finančné a iné prostriedky, základným zdrojom ich efektívneho využitia sú ľudia. **Personálna stratégia** (obrázok 6) definuje zámery organizácie vo všetkých zložkách personálnej práce. Je determinovaná celkovou stratégiou

organizácie, teda formulovaním jasných a komplexne chápaných cieľov organizácie – víziou organizácie.



Obr.6: Personálna stratégia

Z pohľadu zamestnávateľov dochádza v mnohých spoločnostiach k stabilizácii aj zo strany zamestnancov, keďže neistota a strach z budúcnosti znižujú fluktuáciu ľudí. Zamestnávatelia sa preto môžu sústrediť na zabezpečenie stabilného chodu organizácií, nastavenie nových príležitostí na trhu. V mnohých organizáciách dochádza k snahe motivovať zamestnancov, najmä v oblasti pozitívneho myslenia a sústredenia sa na minimalizáciu strát pri každodennej činnosti jednotlivca. Zmena v správaní je viditeľná často aj na kumulácii funkcií, nedochádza k prijímaniu nových zamestnancov, ale k spájaniu pozícií a lepšiemu využitiu pracovného času zamestnancov.

Spoločenský tlak v dôsledku krízy si vyžiadal zvýšenú disciplínu, dôkladnejšie poznanie aktuálneho stavu zásob tovaru i zásob vstupných surovín a zavádzanie techník štíhleho manažmentu. Konceptom štíhleho riadenia organizácií sa zaoberá ďalšia časť článku. Základnou myšlienkou je dokonalý proces, plynulý tok a eliminácia všetkých druhov plytvania.

3. Integrácia štíhleho riadenia s ekoinováciami

Hospodárska kríza má viaceré negatívne prejavy na organizácie. Je to hlavne pokles produkcie a služieb, zníženie objemu cudzích zdrojov pri financovaní aktivít organizácií, pokles dlhodobých investícií a často sa vyskytuje aj nezaplatenie dlhov. Praktické skúsenosti svedčia o tom, že s cieľom znížiť náklady často dochádza k požiadavkám na znižovanie cien nakupovaných tovarov a služieb zo strany dodávateľov. To je v mnohých prípadoch likvidačné, najmä pre malé a stredné organizácie. Dochádza k vzniku špirály, keď úsilie o zachovanie jednej organizácie spôsobuje problémy a často aj zánik iných organizácií.

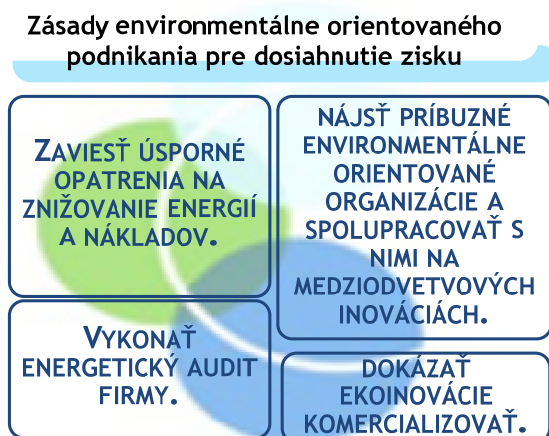
Mnohé organizácie využili krízu na reorganizáciu svojho chodu pomocou štíhleho riadenia, zníženia neproduktívnych nákladov a využitia úsporných a ekologických riešení. Viaceré, hlavne výrobné organizácie, integrovali štíhle riadenie s ekoinováciami. Ukázalo sa, že uvedená integrácia vytvára predpoklady pre trvalo udržateľný rozvoj. Sú znížené dopady na životné prostredie, dosiahne sa účinnejšie využitie prírodných zdrojov a v konečnom dôsledku často i zníženie výrobných nákladov. Výrobné organizácie postavené na uvedenom prístupe sa snažia využívať (ak to umožňujú podmienky výroby) tzv. ťahové systémy riadenia výroby. Filozofiou týchto systémov sa zaoberáme v nasledujúcej časti.

Ekoinováciami proti kríze

V súčasnom období je vhodné využiť plný potenciál ekoinovácií na ochranu životného prostredia, na podporu konkurencieschopnosti, hospodárskeho rastu a vytvárania pracovných miest. Taktiež je potrebné zabezpečiť, aby EU udržiavala trvalú konkurencieschopnosť voči ostatným častiam sveta. Ekoinovácie predstavujú kľúčové technológie (Cleantech) pre životné prostredie.

Cleantech predstavuje úsporné a zároveň ekologické riešenia zvyšujúce produktivitu, efektivitu, šetriace energiu, náklady a tým aj životné prostredie. V súčasnosti sa o cleantechu hovorí ako o samostatnom priemyselnom odvetví. Aj keď veľa týchto organizácií v podstate nevyrábajú, ale pomáhajú zlepšovať podnikateľskú činnosť druhých organizácií. Cleantech nezahŕňa iba podnikanie s obnoviteľnými energiami. Ide aj o čistenie vody, zefektívnenie dopravy, produkciu ekologických výrobkov, zlepšovanie materiálov, ale aj o projektovanie a architektúru. Taktiež je logickou odpoveďou na tendencie ako nedostatok zdrojov, urbanizácia a zmena klímy. Cleantech organizácie rástli aj počas krízy.

Zásady environmentálne orientovaného podnikania pre dosiahnutie zisku zobrazuje obrázok 7.



Obr. 7: Zásady environmentálne orientovaného podnikania

Cleantech riešenia sú vhodné pre všetky odvetvia. Dôležité je, aby túto cestu prijal nielen manažment organizácie, ale aj všetci pracovníci organizácie.

Stratégie štíhleho riadenia organizácií

V rámci štíhleho riadenia organizácií je potrebná aplikácia nasledujúcich štíhlych stratégií (obrázok 8), ktoré predstavujú vzory riešení pre najdôležitejšie úlohy organizácie – výrobu za trhovú náklady, v kvalite, ktorú požaduje zákazník a v konkurenčne výhodnom čase.

Lean manažment: 6 základných stratégií



Obr. 8: *Lean manažment - 6 základných stratégií*

Manažéri organizácií sa musia popri každodenných operatívnych rozhodnutiach venovať aj analýze globálnych rizík. Potrebujú mať informácie o týchto rizikách, ktorým je organizácia vystavená. Z toho dôvodu je vhodné, ak si uvedomujú a vhodne i aplikujú niektoré základné princípy.

Princíp celosvetového systémového prístupu, ktorý vychádza zo skutočnosti, že celý svet je vzájomne úzko prepojený a existujú súvislosti. Úspešnosť organizácie by preto mala vychádzať zo znalostí o celosvetovom politickom, ekonomickom, ekologickom, vedecko-technickom a sociálnom vývoji.

Princíp interdisciplinarity znamená využívanie poznatkov a metód viacerých vedných odborov. Najväčšie efekty sa dosahujú prácou interdisciplinárnych tímov pri riešení problémov alebo aplikácií poznatkov z určitého odboru v odbore celkom inom.

Princíp vedomia práce s rizikom, pričom riziko vychádza z neistoty o rozvoji faktorov ovplyvňujúcich úspešnosť organizácie. Každé rozhodnutie je spojené s rizikom. Riziko sa znižuje vypracovaním viacerých variantov a systematickým štúdiom informácií, pretože poznané riziko už nie je také veľké ako nepoznané.

Princíp vedomia práce s časom vychádza z toho, že v modernej trhovej spoločnosti "čas znamená viac ako peniaze". Radikálne skrátenie doby výskumu, vývoja, výstavby, výroby i obehu je preto samozrejmom súčasťou úspešnej organizácie.

Princíp variantnosti spočíva v tom, že stratégia organizácie musí byť vypracovaná vždy vo viacerých variantoch, ktoré vychádzajú z poznatkov všetkých vývojových tendencií, ktoré s vysokou pravdepodobnosťou môžu nastať.

Princíp permanentnosti znamená, že je potrebné sledovať, či procesy prebiehajúce v organizácii sú uskutočňované podľa harmonogramov a plánov.

Princíp tvorivého prístupu, predpokladá, že v súčasnom svete sa na trhu nepresadí podnik, ktorý neprináša niečo nové.

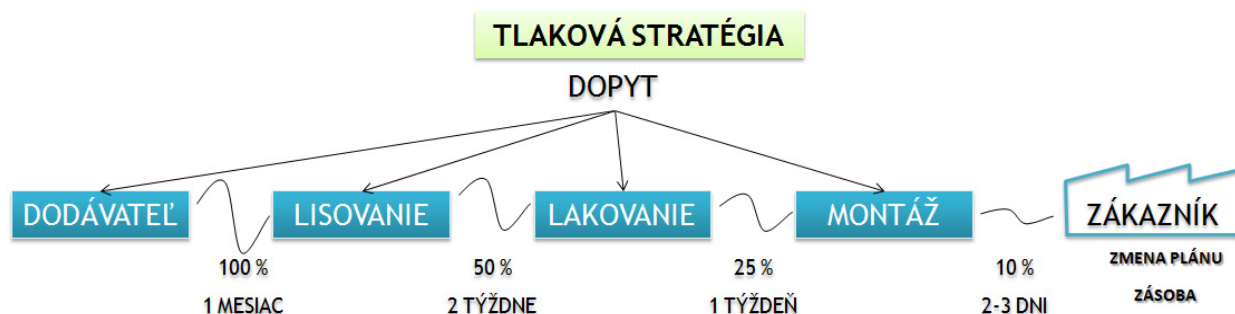
V stratégii štíhleho riadenia nemá miesto rutina, opakovanie starého, napodobňovanie niečoho, čo už používajú iní. Presadia sa len organizácie, ktorí prinášajú nové výrobky, nové technológie, nové spôsoby uspokojovania potrieb trhu, nové cesty znižovania nákladov a pod. Počas krízy je preto potrebné venovať sa viac inováciám, investovať do ľudí a pripraviť sa na príležitosti v budúcnosti. Kríza je príležitosťou pre tých, ktorí majú čo ponúknuť, napr. vedomosti, schopnosti, inovatívne myšlienky a poctivo odvedenú prácu.

Integrácia štíhlej výroby s ekoinováciami, ktorých cieľom je významný a demonštratívny pokrok, vzniká požiadavka na nový spôsob riadenia výroby, ktorý by mal využívať princípy ťahových systémov.

4. Ťahové stratégie v riadení výroby

Skúsenosti z oblasti automobilového a elektrotechnického priemyslu potvrdzujú vysokú aktuálnosť princípov ťahových systémov riadenia výroby v podmienkach sériovej výroby. Na túto problematiku existujú v praxi často rozdielne podmienky a tiež i rôzne výsledky. Ťahové systémy sú najčastejšie prezentované systémom riadenia výroby – Kanban.

V súčasnom období využíva väčšina organizácií tlakové systémy riadenia výroby. Často je ale vhodné systém plánovania výroby pretvoriť z tlakovej stratégie na stratégiu ťahovú. Tlaková stratégia sa vyznačuje tým, že vo výrobe je viacej bodov (strojov resp. technológií) ktoré je nutne centrálné riadiť (obrázok 9).



Obr. 9: Tlaková stratégia

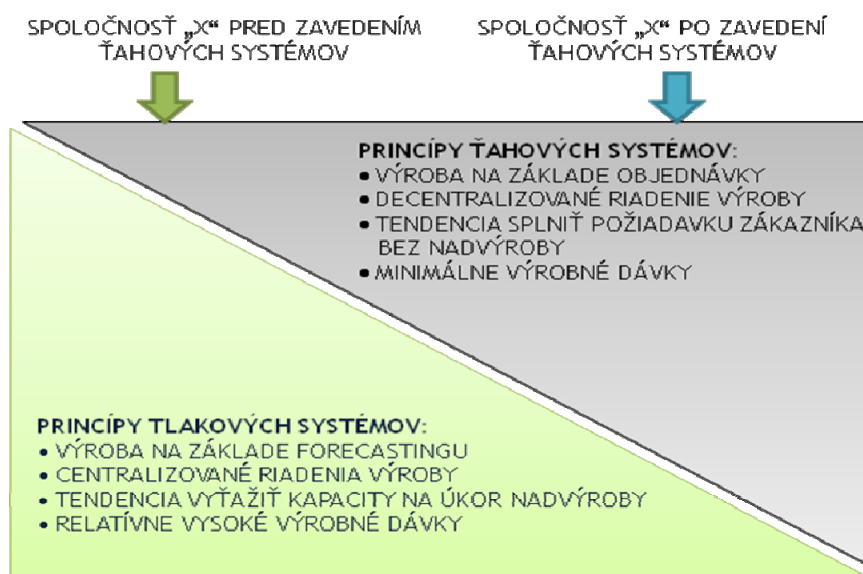
Naproti tomu v ťahových systémoch (obrázok 10) je takýchto bodov minimum (optimálne jeden), pričom ostatné stupne výrobného procesu sú riadené decentralizovane na základe

podnetov z tohto bodu. Znamená to, že výrobné príkazy od oddelenia plánovania dostáva napríklad iba jeden proces a ostatné sa riadia na základe objednávok tohto procesu.



Obr. 10: Ťahová stratégia

V praxi je problematické jednoznačne určiť, či sa jedná o čisto tlakový, alebo ťahový princíp výroby. Pre určenie typu výrobného systému z pohľadu tlaku a ťahu navrhujeme použiť nasledovnú schému (obrázok 11), ktorá pomôže zodpovedať otázku, či má organizácia bližšie ku tlakovému, alebo ku ťahovému systému riadenia výroby.



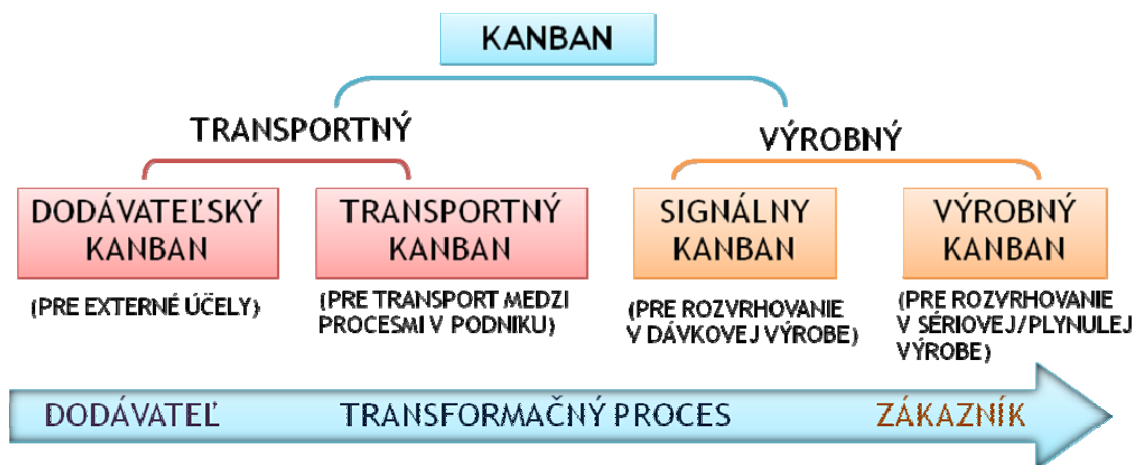
Obr. 11: Popisná schéma tlakových a ťahových systémov a ich vzájomný prienik

Súčasný ťahový systém má pochopiteľne i mnoho nedostatkov. Vybrané nedostatky by sme mohli na základe vlastných skúseností definovať nasledovne:

- nepochopenie základných predpokladov pre implementáciu ťahových systémov z pohľadu implementačného tímu a vrcholového manažmentu,
- nedostatočná identifikácia a riešenie základných predpokladov pre implementáciu ťahových systémov,
- nízka funkčnosť vizuálneho manažmentu,

- absencia zberu výrobných údajov a zložitá evidencia a spracovávanie údajov,
- absencia metodiky hodnotiacej stav ťahového systému.

Predstaviteľom ťahových systémov je systém dielenského riadenia výroby – Kanban (obrázok 12), ktorému je ďalej venovaná zvýšená pozornosť.



Obr. 12: Rozdelenie Kanban systémov podľa spôsobu použitia

Kanban systémy môžeme rozdeliť na:

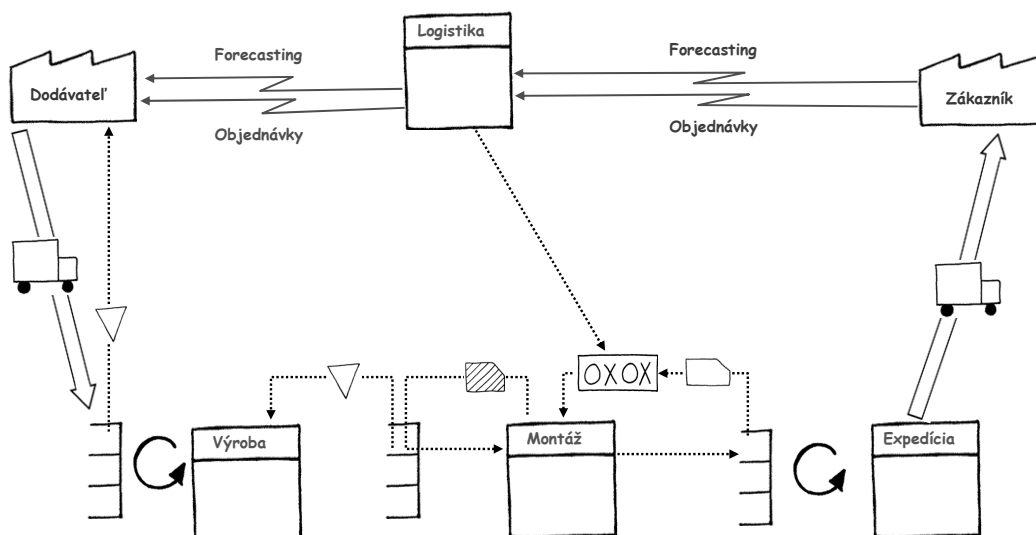
- sekvenčný Kanban systém,
- naplňovací Kanban systém,
- objednávkový Kanban systém.

Sekvenčný Kanban systém je vhodný pre výrobu na základe konkrétnej objednávky. Systém je využiteľný pre typy výrob so širokým sortimentom. Zabezpečuje výrobu dielcov v požadovanom množstve, čase a kvalite. Karta je náhradou výrobnéj objednávky.

Naplňovací Kanban systém - tento typ Kanban systému je vhodné voliť na pracovisku, kde sa vyrábajú viaceré dielce vstupujúce do finálneho výrobku (napr. a, b, c). Ak je zvolený výrobný cyklus 2 dni, potom v 1. a v 2. dni budeme vyrábať tie výrobky, ktoré sa budú v 3. a 4. dni montovať na finálnej montáži.

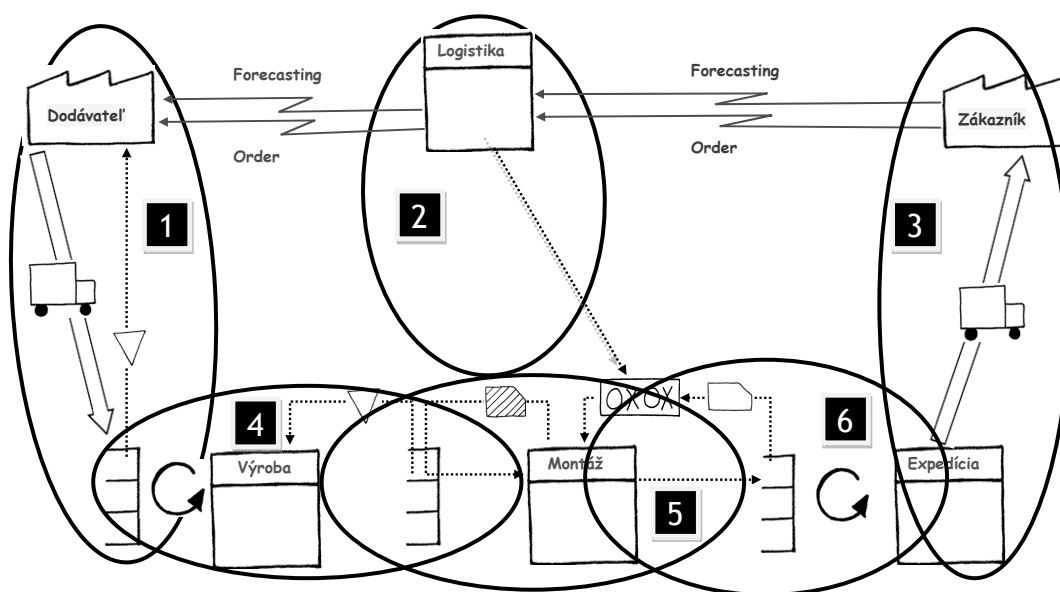
Objednávkový Kanban systém patrí svojim princípom medzi najznámejšie ťahové systémy, ktoré bývajú v literatúre najviac opisované. Princíp jeho činnosti sa najlepšie vysvetľuje na tzv. pilovom diagrame. Bližšie je problematika signálnych hladín opísaná v nasledujúcej časti.

Funkcie uvedených Kanban systémov sa stali základom pre návrh modelu ťahového systému, ktorý má slúžiť pre implementáciu a zlepšovanie ťahových systémov.



Obr. 13: Štandardný model ťahového systému

Komplexný model ťahového systému je možné rozdeliť na viaceré základné časti, ktoré sú uvedené na nasledujúcom obrázku 14.



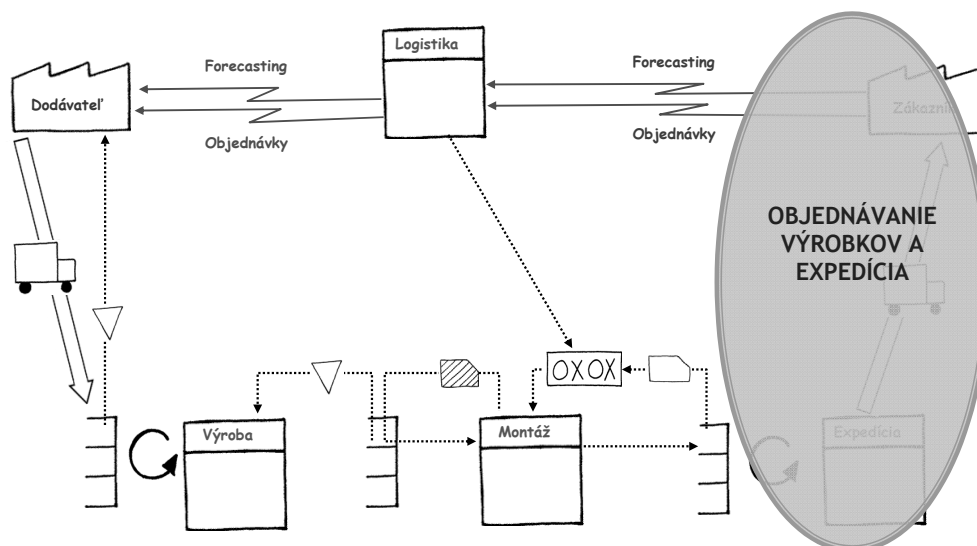
Obr. 14: Rozdelenie komplexného modelu ťahového systému

Legenda k obrázku 14:

- 1 – zásobovanie materiálom
- 2 – plánovanie a rozvrhovanie pre ťahové systémy
- 3 – objednávanie výrobkov a expedícia
- 4 – ťahový systém v predvýrobných procesoch
- 5 – ťahový systém v zásobovaní pracovísk
- 6 – ťahový systém vo výrobných procesoch

Automatizované systémy pre objednávanie výrobkov

Elektronické systémy pre objednávanie výrobkov sú využívané vo všetkých komerčných sférach. Výrazný rast transakcií realizovaných cez elektronické systémy objednávania a úsporu nákladov vykázali nie iba priemyselné podniky, ale aj bankové inštitúcie (platobné karty, Internet banking a pod.) hlavne v poslednom desaťročí.



Obr. 15: Vyčlenenie segmentu elektronického obchodu pre ťahové systémy

Pre komunikáciu medzi zákazníkmi a výrobcou odporúčame využiť nasledovné komunikačné nástroje.

Využitie faxu v ťahových systémoch - za účelom zasielania objednávok sa často využívajú faxové správy.

Využitie e-mailu v ťahových systémoch - e-mail sa v praxi často využíva na zasielanie výhľadov a objednávok.

Využitie EDI v ťahových systémoch - EDI (Electronic Data Interchange) sa často využíva v automobilovom, ale aj elektrotechnickom priemysle.

V dodávateľskom Kanban systéme je dôležitý čas od objednania dielov po ich dodanie.

Spôsob objednávania často odporučí zákazník. Ak si však organizácia predsa môže vybrať, navrhujeme pri výbere prehodnotiť hlavne tieto oblasti:

- počiatočné investície do softwaru, hardwaru a školení,
- prevádzkové náklady vrátane nákladov na opravy a zhodnotenie,
- priebežný čas od objednania po dodanie dielov,
- spoľahlivosť systému.

Plánovanie a rozvrhovanie pre ťahové systémy

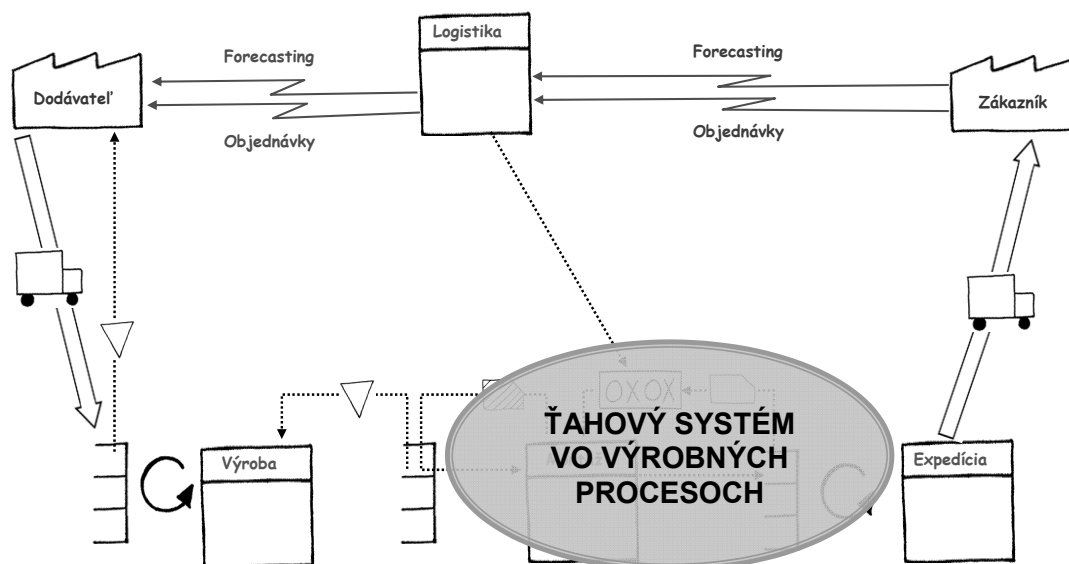
Zákazkové riadenie sa dá zjednodušene popísať ako postupnosť krokov (procesov) medzi prijatím objednávky od zákazníka po prijatie platby za realizovaný produkt. Zákazkové

riadenie je súhrn finančných, informačných a materiálových tokov, pričom vo väčšine prípadov sú zložitejšie a časovo náročnejšie práve finančné a informačné toky. Výroba by mala byť rozvrhnutá v takom poradí, aby splnila požiadavky zákazníka.

Metodika stanovenia optimálnej sekvencie podľa zvolených kritérií - sa zaoberá stanovením rovnomerného rozvrhu s cieľom minimalizácie zásob a priebežných časov výroby, ale priamo nepodporuje cieľ rovnomerného zaťaženia zdrojov (operátorov, zariadení) na linke, rovnomerného zaťaženia logistiky, minimalizácie časov zoraďovania, či stanovenia váhy spomínaných kritérií a určenie mixu podľa všetkých pravidiel spolu.

Výrobný Kanban systém s podporou informačných technológií

Funkcie tradičného výrobného Kanban systému sú do značnej miere obmedzené a preto je vhodný prevažne pre sériovú výrobu (obr. 16).



Obr. 16: Ochraničenie ťahového systému pre koncovú montáž a výrobu

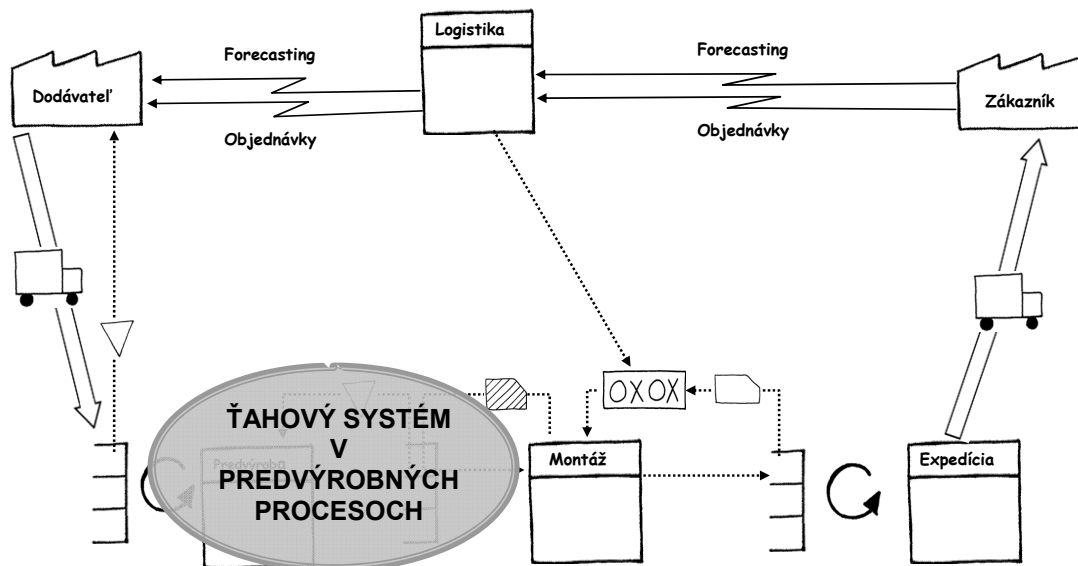
Tradičný výrobný Kanban systém má 3 základné úlohy:

- spustiť výrobu v danom čase (na základe JIT),
- podať informáciu o výrobku (druh, špecifikácia, dávka, množstvo a pod.),
- podať informáciu o mieste výroby a jeho zákazníkovi (väčšinou internom).

Úlohou výrobného Kanban systému s podporou informačných technológií je pridať ku tradičným úlohám ďalšie funkcie nevyhnutné pre efektívne riadenie výroby.

Signálny Kanban systém s podporou informačných technológií

Pri návrhu mechanizmov na riadenie zásob sa môže vychádzať z predpokladu zachovania systému MRP, pričom navrhovaný ťahový systém môže slúžiť ako podporná funkcia, alebo odporúčenie.



Obr. 17: Vymedzenie signálnych ťahových systémov v modeli organizácie

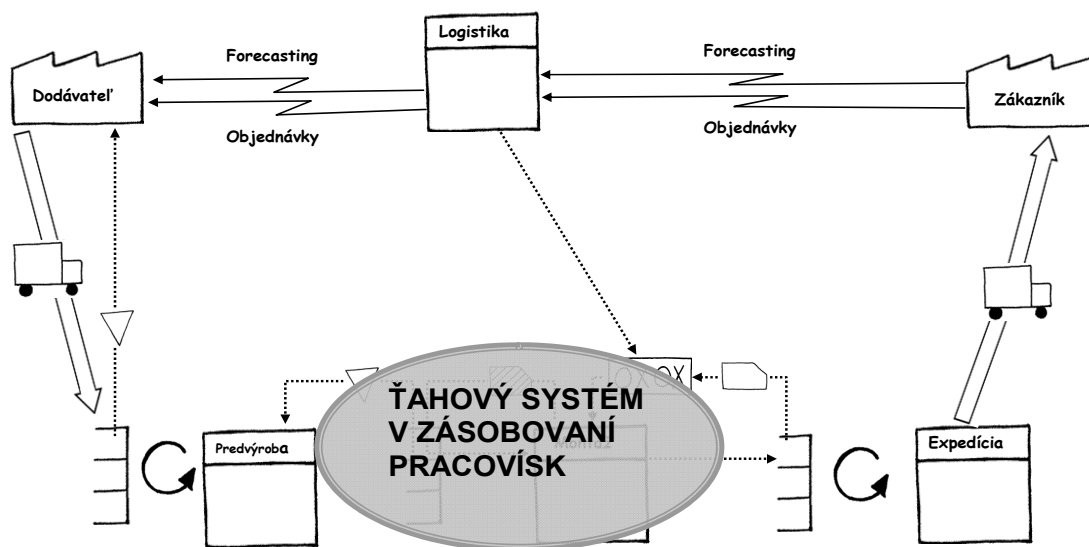
Zavedenie systému predpokladá určenie, sledovanie a aktualizáciu troch riadiacich parametrov:

- poisťná zásoba,
- signálna hladina,
- maximálna hladina.

Pre zavedenie navrhovaného mechanizmu je potrebné sledovať nie skutočnú zásobu na sklade a jej vývoj, ale dispozičnú zásobu ktorá je rovná súčtu disponibilnej zásoby na sklade a zásoby na ceste. Uvedenej požiadavke je potrebné prispôbiť informácie poskytované informačným systémom.

Kanban slúžiaci pre zásobovanie s podporou informačných technológií

Zásobovací Kanban systém sa využíva predovšetkým na zásobovanie výrobných a montážnych pracovísk, alebo na objednávanie dielov medzi dvoma skladmi.

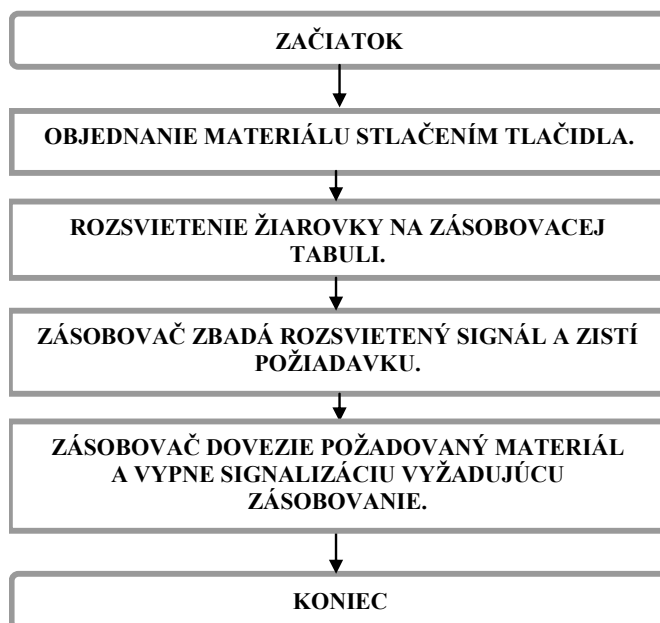


Obr. 18: Vymedzenie Kanban systému pre zásobovanie v modeli ťahového systému

Okruh zásobovacieho Kanban systému tvorí:

- výrobné a montážne pracovisko,
- systém výrobnjej logistiky (manipulácia s dielmi, kartami a práca s informačnými technológiami),
- sklad dielov alebo pracovisko, z ktorého sa zásobuje.

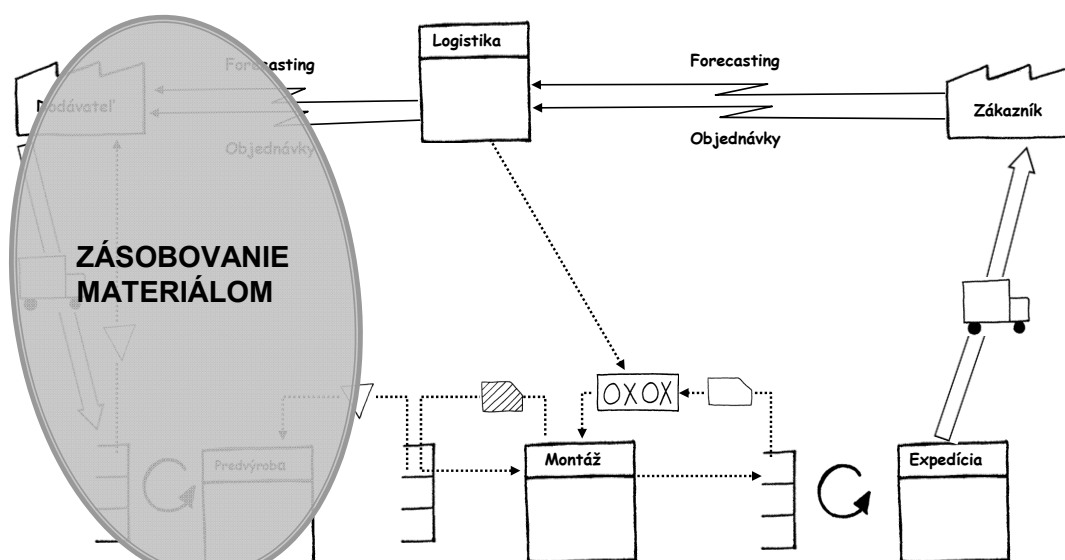
Výhodami takéhoto prepojenia sú reakcie systému v reálnom čase ako aj možnosť rýchlych kapacitných prepočtov, na základe ktorých sú generované výrobné Kanban karty. Postup pri obsluhu transportného Kanban systému je zobrazený vo vývojovom diagrame.



Obr. 19: Vývojový diagram jednoduchého zásobovacieho systému s podporou informačných technológií

Dodávateľský Kanban systém s podporou informačných technológií

Dodávateľské ťahové systémy súvisia so systémami pre objednávanie výrobkov a zásobovacími systémami (obrázok 20). Rozdiel je v tom, že pri externom zásobovacom Kanban systéme musí tovar prejsť viacerými administratívnymi procedúrami. Priebežný čas dodania je omnoho dlhší a variabilnejší, čo je znakom toho, že proces externého zásobovania je náročnejší.



Obr. 20: Vymedzenie ťahového systému pre zásobovanie pomocou mapy toku hodnôt

Pre vytvorenie aplikácie zásobovacieho systému s ťahovými princípmi je postačujúci jazyk PHP. Celá komunikácia medzi zákazníkom a dodávateľom funguje prostredníctvom internetu. Aplikáciu si môže zákazník navrhnuť podľa svojich požiadaviek. Aplikáciu je možné využiť aj pri vnútro podnikovom Kanban systéme.

Celková prácnosť programovania takejto aplikácie sa zhoduje s programovaním webových stránok.

Hodnotenie ťahových systémov

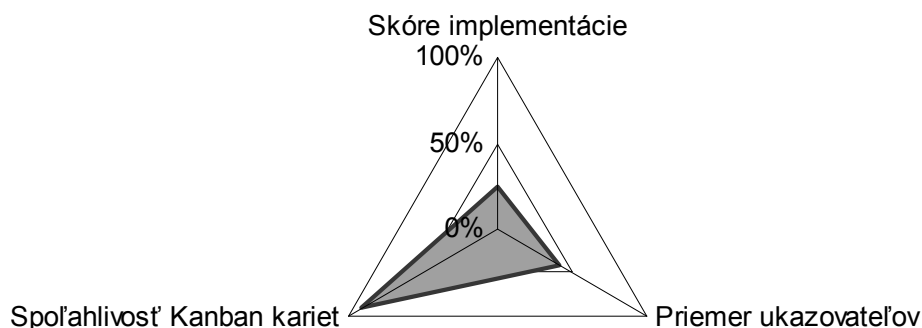
Súhrnné hodnotenie ťahového systému sa skladá obyčajne z 3 zložiek:

- skóre implementácie,
- priemer základných 4 navrhovaných ukazovateľov (výroba podľa rozvrhu, spoľahlivosť dodania, miera pridanej hodnoty a výťažnosť procesov),
- spoľahlivosť Kanban systému na základe auditu Kanban kariet.

Ku každému z ukazovateľov navrhujeme priradiť váhy uvedené v nasledujúcom príklade (tabuľka 1).

Tabuľka 1. Príklad pre spôsob výpočtu súhrnného hodnotenia

Typ hodnotenia	Hodnoty ukazovateľov	Váha hodnotenia	Skóre celkom
Skóre implementácie	25%	50%	12,5%
Priemer ukazovateľov	42%	30%	12,6%
Spoľahlivosť Kanban kariet	91%	20%	18,2%
Stupeň implementácie ťahového systému	x	x	43,3%



Obr. 21: Graf znázorňujúci trojrozmerné ohodnotenie ťahového systému

Predchádzajúce časti predstavili viaceré pohľady na ťahové systémy. V nasledujúcom texte sú stručne sumarizované základné myšlienky súvisiacich s ťahovými systémami.

Uvedené metódy neboli v takomto rozsahu doposiaľ popísané v spojitosti s ťahovými systémami v žiadnej dostupnej literatúre. Týmto sme naznačili tiež trendy vývoja ťahových systémov do budúcnosti.

V rámci modelu ťahového systému je dôležitá použitá metodika rovnomerného rozvrhovania výrobkov pre veľkosériovú výrobu. Je žiaduce si uvedomiť, že pomocou metodiky rozvrhovania je možné vytvoriť rozvrh, ktorého cieľom je maximálny výkon logistiky, či maximálny výkon montážnej linky.

Pomocou súboru ukazovateľov je možné vyhodnotiť funkčnosť a prínosy ťahových systémov.

Výrobné organizácie by mali využívať ťahové systémy riadenia výroby, nakoľko implementáciou komplexného ťahového systému, alebo jeho vybraných častí, sa vo vybraných organizáciách dosiahli nasledovné zlepšenia:

- aplikácia jasných štandardov, zodpovednosti a disciplíny v oblasti riadenia výroby,
- zvýšenie produktivity zásobovania,
- úspora nákladov na zásobovanie,
- úspora finančných prostriedkov za nákup nových obalových jednotiek,
- redukcia prestojov montážnych liniek.

4. Záver

Kríza je forma zlomu, náhle prerušenie súčasného vývoja ekonomiky. Je formou, ktorou sa trh vyrovná s nesprávnymi rozhodnutiami a redukuje chybné investície. Často znamená rozsiahle hospodárske straty, majetkové škody a psychické utrpenie ľudí. Súčasne však odкрýva skryté, resp. v období hospodárskeho rozmachu nedoceňované ekonomické nerovnováhy a riziká. Preto je aj príležitosťou pre „nový začiatok“. Prináša nové výzvy, impulzy, zmeny a potrebu nových riešení a mnohých manažérov naučila väčšej opatrnosti pri realizácii investičných zámerov. Organizácie musia pružne reagovať na požiadavky zákazníkov a bez kvalifikovanej stratégie má organizácia len veľmi malú pravdepodobnosť prekonať krízu. Preto je potrebné hľadať skryté rezervy, viac premýšľať o podnikateľskej stratégii a zaviesť systém strategického riadenia.

V podmienkach hospodárskej krízy je potrebné presadzovať štíhle prístupy riadenia výrobných organizácií a prepojiť s myšlienkou ekoinovácií, ktoré vedú k vyššej efektivitve, zníženiu dopadov na životné prostredie, dosiahnutiu účinnejšieho využitia prírodných zdrojov a výrobných nákladov.

Organizácia musí byť vždy pripravená na budúcnosť, hľadať technologické trendy, ktoré majú perspektívu, zaradiť ich do koncepcií, včas sa pripravovať na vývoj a výrobu tak, aby sa čas príchodu výrobku na trh zminimalizoval a zákazník ho mohol začať používať v správnom čase.



POKROKOVÉ PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO
Monografia z vedeckých seminárov Katedry priemyselného inžinierstva

Editor: doc. Ing. Ľuboslav Dulina, PhD.

Editori edície: prof. Ing. Milan Gregor, PhD., prof. Ing. Branislav Mičieta, PhD.

Zalomenie textov: Ing. Vladimíra Biňasová

Vydavateľ: CEIT, a. s. Univerzitná 6, 010 08 Žilina,
pre Žilinskú univerzitu v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina

© 2012

počet strán: 124, počet obrázkov: 101, počet tabuliek: 4

Typ písma: Times New Roman, vydanie: prvé, náklad: 100 ks

AH 6,02 VH 6,70

ISBN 978-80-970440-4-6



9 788097 044046

ISBN 978-80-970440-4-6



9 788097 044046