Meranie podielu skladovania a manipulačný faktor I (1)

Juraj Kubiš

V príspevku sa sústredíme na meranie na báze tzv. manipulačného faktora [1]. Manipulačný faktor (W) je číslo, ktoré určuje koľkokrát sa manipulačná jednotka premiestňuje v rámci výrobného systému. Premiestňovanie vyžaduje energiu. Meranie zbytočne vynakladanej energie je zmyslom používania manipulačného faktora. Nezaujíma nás tu činnosť dopravy, sledujeme zložitosť toku manipulačnej jednotky (MJ). Dôraz budeme klásť na počet skladovaní v absolútnom i relatívnom vyjadrení. Cieľom je vždy znižovanie objemu skladov, v ktorých ležia peniaze.

Skladovanie, to je prerušenie výrobného procesu. Príčinou skladovania je organizácia práce alebo proces plánovania a riadenia výroby (spôsob odovzdávania dávky z operácie na operáciu, miera asynchrónnosti, výrobné kapacity pracovísk, kapacity materiálových terminálov…). Dôsledkom je akútna (v potrebnom čase) kapacitná nedostatočnosť zdroja (pracoviska, ktoré má vykonať bezprostredne nasledujúcu operáciu).

Tu budeme skúmať počet miest, cez ktoré musí výrobná dávka a každá jej dopravná dávka prejsť, a to použitím nasledovných variantov prechodu výrobným systémom:

- Zásadne priame väzby pracovísk.
- Zásadne nepriame väzby pracovísk.
- Priame väzby pri výstupe z výrobného systému.
- Priame väzby pri postupnom odovzdávaní.
- Priame väzby pri postupnom odovzdávaní s priamym výstupom zo systému.
- Priame väzby pri súbežnom odovzdávaní.

Každá manipulačná jednotka prechádza vždy cez nasledovné miesta:

- vstup do systému (I),
- pracoviská (Pr_i) vykonávajúce jednotlivé operácie, ktorých počet je daný technologickým postupom (q),
- skladové miesta (S), ktorých počet vyplýva práve z organizácie a riadenia hmotného toku v skúmanom systéme,
- výstup zo systému (O).

Pre potreby tejto analýzy definujeme nasledovné premenné a parametre:

- manipulačný faktor, teda počet miest, cez ktoré manipulačná jednotka prechádza (W),
- počet skladovaní (S),
- pomer

$$e = \frac{S}{W}$$

Poznámka
Do hodnoty manipulačného faktora W nezapočítavame pozíciu manipulačnej jednotky (MJ) na vstupe **I** *výrobného systému. Sem sa manipulačná jednotka dostala ako výsledok transportu dopravným prostriedkom okolia. Abstrahujeme tu od premiestňovania MJ v rámci pracoviska.*

Vymedzíme extrémne hodnoty, spôsob výpočtu a uvedieme stupnicu parametrov pre jednotlivé prechody.

1. Vymedzenie extrémov

Extrémne hodnoty platia pre dva základné prechody výrobnej dávky systémom, a to buď bez využívania skladu, alebo s maximálne možnou mierou využívania medzioperačného skladovania.

1.1 Zásadne priame väzby pracovísk

V tejto situácii nepotrebujeme sklad, skladovanie vôbec neexistuje. Je to extrém, ktorý predstavuje ideál.

Počet medzioperačných skladovaní

$S_1 = 0$

Počet miest, cez ktoré prechádza manipulačná jednotka

$W_1 = q + 2$

a výrobná dávka (manipulačný faktor vztiahnutý na manipulačné jednotky výrobnej dávky)

$W_1 = k(q+2) = kq + 2k$

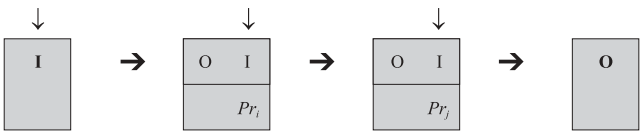
kde q je počet operácií,
k – počet dopravných dávok výrobnej dávky, resp. počet manipulačných jednotiek, ktoré tvoria výrobnú dávku,

pomer $e_1 = 0$

$i, j \in \langle 1, q \rangle$
I – vstup do výrobného systému
O – výstup z výrobného systému
Pr_i – pracovisko vykonávajúce i-tu operáciu
➔ pohyby s paletou (ich optimalizácia patrí do pôsobnosti riadenia medzioperačného skladovania, rozmiestnenia pracovísk atď.)
↓ pohyby bez palety (ich optimalizácia patrí do pôsobnosti riadenia medzioperačnej dopravy)

Obr.1a Existencia len priamych väzieb (priameho prepojenia) pracovísk

Pri podrobnejšom pohľade, keď rozlišujeme jednotlivé manipulačné miesta (MM), je situácia zobrazená na obr. 1b. Toto hľadisko tu nie je nutné používať.



O – výstup dopravného systému
I – vstup dopravného systému

Obr.1b Existencia len priamych väzieb pracovísk, rozlišovacia úroveň MM

1.2 Zásadne nepriame väzby pracovísk

V tejto situácii je vylúčený priamy prechod medzi pracoviskami. Je to extrém, ktorý predstavuje pesimum.

Počet medzioperačných skladovaní:
jednej manipulačnej jednotky

$S_2 = q + 1$

jednej výrobnej dávky

$S_2 = k(q+1)$

Počet miest, cez ktoré prechádza manipulačná jednotka

$W_2 = W_1 + S_2$

$W_2 = 2q + 3$

a výrobná dávka

počet variantov	1	11	55	165	330	462	462	330	165	55	11	1
% výskytov	0,05	0,54	2,69	8,06	16,11	22,56	22,56	16,11	8,06	2,69	0,54	0,5
počet skladovaní		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
f v percentách		9,1	18,2	27,3	36,4	45,5	54,5	63,6	72,7	81,8	90,9	100

Tab.1

$$W_2 = 2k + kq + kq + k = 2kq + 3k = k(2q+3)$$

pomer

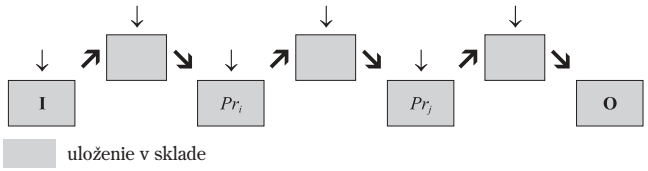
$$e_2 = \frac{q+1}{2q+3}$$

ak $q = 1$

$$e_2 = \frac{2}{5} = 0{,}4$$

ak $q \to \infty$

$$e_2 = 0{,}5$$



Obr.2 Existencia len nepriamych väzieb pracovísk (vždy cez sklad)

Počet skladovaní je ekonomicky zásadne významný faktor – tu dochádza k umŕtvovaniu kapitálu.

Poznámka
Prameň [2, s. 181] analyzoval dva závody organizované podľa týchto extrémnych prípadov a konštatuje, že v závode, kde dominovalo priame prepojenie pracovísk, bol len 1/5 objem zásob.

2. Používanie merania

Ak sa má na pracovnom predmete vykonať v rámci výrobného systému q operácií, tak počet variantov medzioperačného skladovania rastie podľa vzťahu [1]:

$$2^{(q+1)}$$

Na obr. 3 uvádzame príklady.

Poznámka
Konštrukcia maximálnej hodnoty počtu skladovaní: skladovanie pred výkonom každej operácie + skladovanie pred výstupom zo systému.

Uvedené nám umožňuje definovať okrem už uvedeného koeficientu e aj mieru skladovania

$$f = \frac{S}{k(q+1)} = \frac{S}{S_2}$$

kde S – skutočný počet skladovaní manipulačných jednotiek výrobnej dávky,
S_2 – počet skladovaní pri zásadne nepriamych väzbách pracovísk,
q – počet operácií, ktoré sa majú vykonať vo výrobnom systéme na tejto výrobnej dávke,
k – počet dopravných dávok (manipulačných jednotiek) výrobnej dávky.

q	n = q+1															
1	n = 2						1	2	1						$2^2 =$	4
2	n = 3						1	3	3	1					$2^3 =$	8
3	n = 4					1	4	6	4	1					$2^4 =$	16
4	n = 5					1	5	10	10	5	1				$2^5 =$	32
5	n = 6				1	6	15	20	15	6	1				$2^6 =$	64
6	n = 7				1	7	21	35	35	21	7	1			$2^7 =$	128
7	n = 8			1	8	28	56	70	56	28	8	1			$2^8 =$	256
8	n = 9			1	9	36	84	126	126	84	36	9	1		$2^9 =$	512
9	n = 10		1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1		$2^{10} =$	1024
10	n = 11		1	11	55	165	330	462	462	330	165	55	11	1	$2^{11} =$	2048
11	n = 12	1	12	66	220	495	792	924	792	495	220	66	12	1	$2^{12} =$	4096

Obr.3 Pascalov trojuholník a varianty skladovania

Ako napríklad vyzerá štruktúra počtu skladovaní pri $q = 10$ uvádza tab. 1.

Poznámka
Redukovanie objemu zásob na hodnotu 1/5 znamená v prípade priemerného počtu operácií q = 10, medzioperačné skladovanie v rozsahu 2 až 3 krát.

Miera skladovania prakticky závisí od:
- počtu operácií q výrobnej dávky,
- kapacity materiálových terminálov pracovísk (vo vzťahu na parameter k),
- od rozsahu prerušovania sledu výkonu operácií na pracoviskách.

Poznámka
Materiálový terminál (rámcovo vychádzame z definície podľa prameňa [3]) je technické zariadenie (v triviálnom prípade vyhradený priestor pracoviska) určené na integráciu funkcií vstupu, výstupu a operačného skladovania pracovných predmetov v manipulačných jednotkách alebo výrobných pomôcok pre pracoviská. Konštrukcia materiálových terminálov zabezpečuje kompatibilitu s prostriedkami medzioperačnej dopravy a podľa potreby aj s priemyselným robotom pri operačnej manipulácii [4].

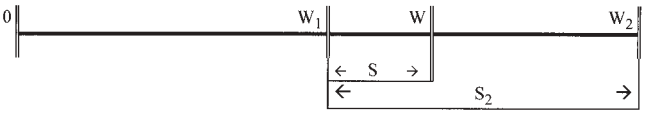
Počet medzioperačných skladovaní manipulačnej jednotky sa pohybuje v intervale

$$S \in \langle 0, S_2 \rangle$$

a manipulačný faktor

$$W \in \langle W_1, W_2 \rangle$$

ak nie je použitá skladová stratégia, ktorá s istou pravdepodobnosťou vyžaduje preskladňovanie materiálu, resp. ak organizácia práce nevyžaduje prepaletovanie materiálu na vstupe alebo výstupe výrobného systému. Grafický záznam situácie je na obr. 4.



Obr.4 Relácia počtu skladovaní a manipulačného faktora

Literatúra

[1] MARKO, J., KUBIŠ, J.: Riadenie výrobných systémov v strojárskom podniku. 1. vyd., Bratislava: ALFA 1988, 304 s.

[2] HAYES, R. H., WHEELWIRGHT, S. C., CLARK, K. B.: Dynamická výroba. Praha: VICTORIA PUBLISHING 1993, 369 s.

[3] KOVÁČ, M. a i: Robotizácia, automatizácia a pružné výrobné systémy. Pyramída, 18, 1988, č. 207.

[4] KUBIŠ, J.: Pojem materiálový terminál. Automatizace, 33, 1990, č. 5, kulér.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Juraj Kubiš, CSc.

Slovakodata, a. s.
Bratislava
e-mail: kubis@slovakodata.sk

33