THE AVERAGE AMOUNT OF STOCK WITHIN DELIVERY CYCLE IN STATIC INVENTORY MODEL

PRIEMERNÝ STAV ZÁSOB POČAS DODACIEHO CYKLU V STATICKOM MODELY ZÁSOB

MALEJČÍKOVÁ Alexandra (SK) - FILO Michal (SK) - MALEJČÍK Albín (SK)
Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT
The aim of this article is to compute the average amount of inventory within one delivery cycle. The studied inventory had stochastic movement and the consummated amount took on only discrete values. That was the reason why it was necessary to tailor the consumption of supplies by a suitably chosen continues function on a certain interval. For this we used classical regression analysis and the average amount of inventory was computed with the help of Riemann integral. The reason of our interest in this issue is the fact that the more accurate the mean value of inventory is computed the more exact it is possible to compute the expected costs of keeping inventories.

KEY WORDS: mean value, inventory, Riemann integral

ABSTRAKT
Cieľom predkladaného článku je nájsť priemerný stav zásob spotrebného materiálu počas jedného dodacieho cyklu. Sledované zásoby mali pravdepodobnostne deterministický pohyb a ich spotreba nadobúdala len diskrétne hodnoty. Z tohto dôvodu bolo nutné aproximovať spotrebu zásob vhodne zvolenou spojitou funkciou na určitom intervale. Na aproximáciu sme použili klasickú regresnú analýzu a priemerný stav zásob sme zisťovali pomocou určitého (Riemannovho) integrálu funkcie. Dôvod nášho záujmu o danú problematiku je fakt, že čím presnejšie je stanovená stredná hodnota zásob, tým exaktnejšie je možné určiť celkové očakávané náklady z vytvárania zásob v podniku.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: stredná hodnota funkcie, zásoby, určitý integrál

ÚVOD

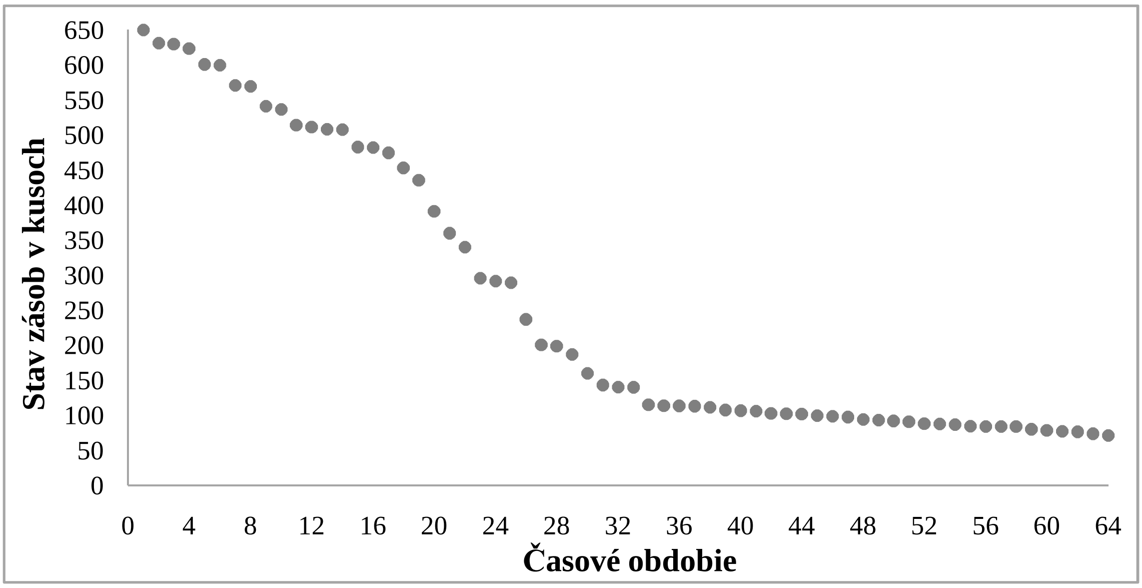
Existujú dva základné prístupy k chápaniu logistiky ako vedného odboru. Prvým z nich je tzv. anglosaský prístup, ktorý chápe logistiku v užšom slova zmysle, pričom do logistických procesov zahŕňa obstarávanie a distribúciu. Druhým prístupom je prístup známy pod pojmom kontinentálny a do logistiky okrem obstarávania a distribúcie zaraďuje aj výrobnú činnosť. Či už sa na logistiku pozeráme z jedného alebo druhého pohľadu, zásobovanie a procesy s tým súvisiace, sú neodmysliteľnou súčasťou tejto vedy a je nemožné ich vyčleniť z pozornosti manažérov zaoberajúcich sa organizovaním, plánovaním, riadením a výkonom tokov v podniku.

Ako už bolo uvedené obstarávacia a zásobovacia logistika je kľúčovou aktivitou logistických procesov. Na ich bezproblémový chod sa v podnikoch vyvíja nemalé úsilie a venuje sa im značná pozornosť. **Palúch a Peško (2006, s. 127)** konštatujú, že„potreba zladenia veľkosti zásob surovín, výrobných zásob a zásob hotových výrobkov s príslušnými informáciami o mieste a čase spotreby patria medzi najstaršie úlohy zásobovacej logistiky.“ **Lambert, Stock a Ellram (2005, s. 112)** sa na zásoby pozerajú zo strany ich vplyvu na návratnosť investícií v podniku, pričom uvádzajú, že „zásoby sú veľkou a nákladnou investíciou.

Kvalitnejším riadením zásob v podniku možno docieliť zlepšenie cash-flow podniku i návratnosti investícií.“ Podobný názor vyslovujú **Donnelly, Gibson a Ivancevich (1997, s. 686).** Uvedení autori tvrdia, že „riadenie zásob v najširšom slova zmysle predstavuje zabezpečovanie a udržiavanie optimálneho množstva a typov fyzických zdrojov, potrebných pri realizácií strategických plánov.“ **Gros (2003, s. 284)** dodáva, že „v reprodukčnom procese sa s rôznych príčin vytvárajú zásoby. Napriek ich často pozitívnym funkciám sú všeobecne zásoby považované za prejav rezerv v riadiacej práci manažérov a hľadajú sa cesty, ako ich úroveň čo najviac znížiť.“ Stav zásob a informácie súvisiace s ich pohybom v určitom sledovanom období sú pomerne ľahko kvantifikovateľné a väčšinou nevzniká v podnikoch problém pri ich meraní a stanovovaní. Pre manažment podniku je však ťažšou otázkou stanovenie optimálnej výšky zásob, ktorá má vplyv na celkové očakávané náklady. **Palúch a Peško (2006, s. 127)** prichádzajú z myšlienkou, ktorá je vyslovená aj v mnohých iných publikáciách, a síce že „ ... efektívne riešenie tu poskytujú klasické optimalizačné a štatistické metódy.“

Predkladaný článok sa venuje nájdeniu najlepšieho spôsobu stanovenia stredného stavu zásob spotrebného materiálu v spoločnosti zaoberajúcej sa službami pre domácnosť[1] (ďalej len spoločnosť). Dôvod záujmu o danú problematiku je fakt, že čím presnejšie je spomínaná hodnota určená, tým exaktnejšie je možné vypočítať optimálnu výšku zásob a teda aj celkové očakávané náklady z vytvárania zásob v podniku. Zásobovací problém, ktorý vznikol uvedenej spoločnosti opisujeme v nasledujúcej časti.

Spoločnosť sa rozhodla nakúpiť v apríli 2011 určité množstvo prípravkov určených na čistenie a údržbu lakovaných drevených podláh (ďalej len prípravok). Dodávateľ poskytujúci spoločnosti uvedený spotrebný materiál poskytol množstevnú zľavu, ak nakúpi viac ako 300 fliaš prípravku, pričom predáva balenia po 50 kusov. Z uvedeného dôvodu sa spoločnosť rozhodla nakúpiť až 650 fliaš za cenu 15,60 Eur na kus, pričom tieto zásoby boli postupne v priebehu času spotrebovávané (viď. obr. 1)[2]



Obr. 1: Spotreba prípravkov určených na čistenie lakovaných podláh v období 64 týždňov

Zdroj: údaje spoločnosti, vlastné spracovanie

[1] Spoločnosť si nepraje, aby bol jej názov v publikácií uvádzaný.

[2] Spoločnosť sledovala stav zásob týždenné od 11. apríla 2011 do 25. júna 2012

V zhruba polovici roku 2012 spoločnosť zistila, že na sklade má ešte 71 fliaš prípravku, ale ich dátum spotreby bol len do konca júna 2012. Spoločnosť tým prišla o viac ako 1100 Eur. To bol dôvod prečo sa manažment spoločnosti rozhodol racionálnejšie riešiť zásoby uvedeného materiálu.

MATERIÁL A METÓDY

Ako je uvedené v predchádzajúcej kapitole, informácie o stave zásob sme mali k dispozícii zo spoločnosti, ktorej záujmom bolo opísaný problém riešiť exaktnejšími metódami ako doposiaľ. Rovnako bol manažment podniku ochotní poskytnúť informácie o vznikajúcich nákladoch, zisku a ďalších údajoch potrebných k určeniu požadovaných informácií a teda k splneniu stanoveného cieľa.

Sixta a Žižka (2009, s. 72)uvádzajú, že „ ... pre statické modely teórie zásob je charakteristické, že obstarávanie potrebnej zásoby sa realizuje jedinou dodávkou bez možnosti opakovaného doplňovania zásoby.“ Ako pri väčšine modelov aj statické modely zásob je možne deliť podľa rôznych kritérií. Po preštudovaní problému a údajov, ktoré nám spoločnosť poskytla sme dospeli k názoru, že ide o statický model s pravdepodobnostne deterministickým pohybom zásob, pri ktorom je možné funkciu očakávaných nákladov pre rozhodnutie obstarať zásobu objemu q^* vyjadriť vzťahom:

$$N_c(q^*) = \sum N_p(q^* - d)p(d) + \sum N_z(d - q^*)\, p(d) \qquad (1)$$

kde:

$N_c(q^*)$	očakávané náklady pri obstaranom množstve q^*
d	spotreba zásob v kusoch
N_p	jednotkové náklady vznikajúce z prebytku zásob na sklade
$p(d)$	pravdepodobnosť spotreby zásob
N_z	jednotkové náklady vznikajúce z nedostatku zásob na sklade

Pre optimálnu veľkosť obstarávaného množstva zásob musia platiť obe strany nasledujúcej nerovnosti:

$$p(d \leq q^* - 1) \leq \frac{N_z}{N_z + N_p} \leq p(d \leq q^*) \qquad (2)$$

kde:

$p(d \leq q) = \sum_{d=0} p(d)$ pravdepodobnosť, že spotreba o veľkosti d bude menšia alebo nanajvýš rovná obstaranému objemu zásob q

Pri ďalších výpočtoch bolo nevyhnutné uskutočniť regresnú analýzu. Nakoľko táto štatistická metóda nebola prioritným zameraním, rozhodli sme sa pre najjednoduchšiu alternatívu a to regresiu prostredníctvom MS Excel, pričom výber najvhodnejšej funkcie sme urobili na základe indexu determinácie. Ako je uvedené v kapitole výsledky a diskusia, najlepšou alternatívou pre aproximáciu bola polynomická funkcia šiesteho stupňa, ktorej strednú hodnotu sme zisťovali prostredníctvom určitého (Riemannovho) integrálu.

Definícia:
Ohraničená funkcia f je na intervale $[a, b]$ riemannovsky integrovateľná, ak:

$$I_d(f, [a, b]) = I_h(f, [a, b]) \qquad (3)$$

kde:

$I_d(f, [a, b])$	dolný integrál funkcie f na intervale $[a, b]$
$I_h(f, [a, b])$	hodný integrál funkcie f na intervale $[a, b]$

Rovnakú hodnotu dolného a horného integrálu nazývame Riemannovým určitým integrálom funkcie f na intervale $[a, b]$ a označujeme ho $\int_a^b f(x)dx$. Na jeho výpočet použijeme, ako ho nazýva vo svojej publikácií **prof. Riečan (2011, s.111)** „ ... geniálny Newtonow-Leibnizov vzorec".

Veta:
Nech f je polynomická funkcia, F taká funkcia, že $F'(x) = f(x)$ pre všetky $x \in \Re$. Potom:

$$\int f(x\,)dx = F(b) - F(a) \qquad (4)$$

Lagrangeova veta o prírastku funkcie:
Ak je funkcia f integrovateľná na intervale $[a, b]$, tak existuje jej stredná hodota μ na tomto intervale a platí:

$$\mu = \frac{1}{b-a}\int f(x)dx \qquad (5)$$

Poznámka:
Ak $f \in \Re(a, b)$ a m (resp. M) je infimum (resp. supremum) funkcie f na intervale $[a, b]$, potom pre jej strednú hodntu μ platí:

$$m \leq \mu \leq M \qquad (6)$$

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Klasické modely zásob, ktoré vychádzajú z podmienok z prevažnej časti vyhovujúcich popísanému problému, predpokladajú, že pohyb zásob je v sledovanom období možné aproximovať lineárnou funkciou. Túto požiadavku sme spočiatku akceptovali a pre daný zásobovací problém sme pomocou vzťahu (2) určili optimálnu veľkosť zásoby čistiacich prostriedkov a pomocou vzťahu (1) celkové očakávané náklady, pričom na základe skúseností z predchádzajúceho obdobia manažér obchodného oddelenia spoločnosti určil rozdelenie pravdepodobnosti spotreby zásob[3] (viď. tab. 1) a zisk získaný z použitia jedného čistiaceho prostriedku, ktorý činil 12 Eur na kus. Ďalej spoločnosť uviedla, že náklady na skladovanie zásob prípravkov netvoria výraznú položku v celkových nákladoch, preto ich nemalo význam zahrnúť do ďalších výpočtov.
Po výpočte optimálnej úrovne obsluhy, ktorá predstavovala hodnotu 0,434783, sme určili optimálnu veľkosť nakupovaného množstva prípravkov na sklad. Spoločnosť by mala

[3] V tab. 1 vidieť, že spotreba zásob prípravkov nadobúda iba diskrétne hodnoty od 350 do 800 kusov. Dôvodom tejto skutočnosti bol fakt, že manažér obchodného oddelenia spoločnosti nepredpokladal, že by spotreba sledovaných zásob mohla byť nižšia ako 350 kusov a naopak vyššia ako 800 kusov.

zabezpečiť**550 kusov**. Pri tomto množstve by očakávané náklady boli optimálne a teda aj minimálne, pričom by činili **982,80 Eur**.[4]

Tab. 1:Možná spotreba zásob v kusoch a hodnoty pravdepodobnosti s akou daná spotreba môže nastať

Spotreba zásob v kusoch	**Pravdepodobnosť spotreby zásob**
350	0,02
400	0,03
450	0,09
500	0,11
550	0,19
600	0,27
650	0,16
700	0,08
750	0,04
800	0,01

Zdroj: údaje spoločnosti, vlastné spracovanie

Počiatočnú akceptáciu aproximovať spotrebu zásob v sledovanom období lineárnou funkciou sme zvážili. Príčiny našich pochybností boli pochopiteľné, neišlo o najlepšiu voľbu. Ak za kritérium voľby najvhodnejšej funkcie zvolíme R^2 ide v podstate o tú najhoršiu možnú alternatívu(viď tab. 2). Naopak najvhodnejšou možnosťou je polynomická funkcia šiestehostupňa, ktorej priebeh je znázornený na obr. 2.

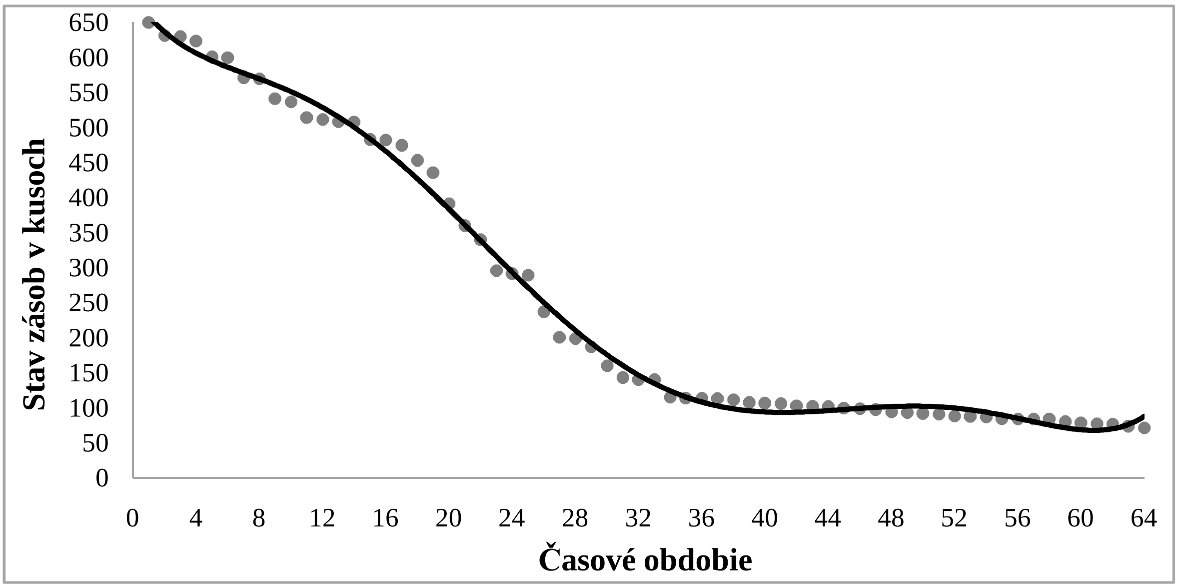
Tab.2:Matematické vyjadrenie funkcií aproximujúcich hodnoty spotreby zásob a príslušný index determinácie

Názov funkcie	**Matematické vyjadrenie funkcie**	$\boldsymbol{R^2}$
Lineárna	$y = -10{,}034x + 585{,}64$	$R^2 = 0{,}86$
Logaritmická	$y = -207{,}7\ln(x) + 925{,}46$	$R^2 = 0{,}87$
Polynomická	$y = 7E - 07x^6 - 0{,}0001x^5 + 0{,}0097x^4 - 0{,}3098x^3 + 4{,}1515x^2 - 32{,}583x + 687{,}42$	$R^2 = 0{,}99$
Mocninová	$y = 2336{,}2x^{-0{,}792}$	$R^2 = 0{,}79$
Exponenciálna	$y = 722{,}56e^{-0{,}041\mathrm{x}}$	$R^2 = 0{,}93$

Zdroj: vlastné výpočty

[4] Tieto očakávané náklady predstavujú hodnotu nákladov, ktoré by spoločnosti vznikli ak by nastala situácia, že: $q^* \neq d$.

Obr. 2: Stav zásob spotrebného materiálu a polynomická funkcia najvhodnejšie aproximujúca dané hodnoty v období 64 týždňov



Zdroj: údaje spoločnosti, vlastné spracovanie

Po rozhodnutí aproximovať spotrebu zásob inou než lineárnou funkciou vznikla otázka: Ako výpočítať strednú hodnotuzvolenej funkcie a ako ju zahrnuť do výpočtu očakávaných nákladov? Už nebolo možné riešiť výpočet uvedený v rovnosti (1). Bola potrebná určitá modifikácia, ktorú sme realizovali prostredníctvom vzťahov (4) a (5). Postup prepočtu bol nasledovný:

Krok 1. Výpočet určitého (Riemannovho) integralu

$$\int_0^{63}(y = 0{,}0000007x^6 - 0{,}0001x^5 + 0{,}0097x^4 - 0{,}3098x^3 + 4{,}1515x^2 - 32{,}583x + 687{,}42)\,dx = \left[\frac{7E{-}07x^7}{7} - \frac{0{,}0001x^6}{6} + \frac{0{,}0097x^5}{5} - \frac{0{,}3098x^4}{4} + \frac{4{,}1515x^3}{3} - \frac{32{,}583x^2}{2} + 687{,}42x\right]_0^{63} = 17020{,}68351 \doteq 17021$$

Krok 2. Výpočet strednej hodnoty polynomickej funkcie

$$\mu \doteq \frac{1}{63-0}17021 = 270{,}1746 \doteq 270$$

ZHRNUTIE

Na záver môžeme konštatovať, že pre spoločnosť je výhodne riešiť rozhodovanie o výške zásob prípravkov určených na čistenie a údržbu lakovaných drevených podláh prostredníctvom vyššie uvedených metód. Náklady, ktoré im vznikli v dôsledku zlých rozhodnutí v roku 2011 predstavovali 1114,29 Eur. Ak by svoje rozhodnutie podložili exaktnými výpočtami, dalo by sa predpokladať, že aj v prípade najhoršiehomožného budúceho stavu by náklady činili nanajvýš 982,80 Eur, čo je približne o 131 Eur menej ako v pôvodnom riešení.

Napriek pozitívnemu vplyvu použitých metód pri riešení zásobovacieho problému sa vynára množstvo otázok, ktorých zodpovedanie je pre nás výzvou a neustále na nich pracujeme.

LITERATÚRA

1. RIEČAN, Baloslav. 2011. *Príbehy o integráloch*. Bratislava : YoungScientist. 111 strán. ISBN 978-80-88792-59-8.
2. VOPĚNKA, Petr. 2010. *Calculus Infinitesimalis, pars prima. Úvod do diferenciálneho počtu reálných funkcí jedné proměnné*. 2. opr. a dopr. vydanie. Kanina : OPS. 154 strán. ISBN 978-80-87269-09-1.
3. SIXTA, Josef – ŽIŽKA, Miroslav. 2009. *Logistika. Metody používané pro řešení logistických projektů*. 1. vydanie. Brno : Computer Press. 238 strán. ISBN: 978-80-251-2563-2.
4. GROS, Ivan. 2003. *Kvantitatívní metody v manažerském rozhodování*. 1. vydanie. Praha : Grada Publishing. 432 strán. ISBN: 80-247-0421-8.
5. PALÚCH, Stanislav – PEŠKO, Štefan. 2006. *Kvantitatívne metódy v logistike*. 1. vydanie. Žilina : Žilinská univerzita. 185 strán. ISBN: 80-807-0636-0.
6. LAMBERT, Douglas – STOCK, James R. – ELLRAM, Lisa. 2005. *Logistika*. 2. vydanie. Brno : CP Books. 589 strán. ISBN: 80-251-0504-0
7. DONNELLY, James H. – GIBSON, James I. – IVANCEVICH, John M. 1997. *Management*. 1. vydanie.Praha : Grada. 824 strán. ISBN 80-7169-422-3.
8. FULIER, Jozef – VRÁBEL, Peter. 2010. *Integrálny počet a diferenciálne rovnice*. Nitra : UKF. 265 strán. ISBN: 978-80-8094-780-4.

KONTAKT

Ing. Alexandra Malejčíková, PhD.
Katedra manažmnetu, Fakulta ekonomika a manažmnetu, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Tr. A. Hlinku 2
alexandra.malejcikova@uniag.sk

Ing. Michal Filo
Katedra manažmnetu, Fakulta ekonomika a manažmnetu, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Tr. A. Hlinku 2
xfilo@is.uniag.sk

doc. Ing. Albín Malejčík, CSc.
Katedra manažmnetu, Fakulta ekonomika a manažmnetu, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Tr. A. Hlinku 2
albin.malejcik@uniag.sk