



MODELÝ PRO ŘÍZENÍ ZÁSOb

MODELS FOR INVENTORY MANAGEMENT

Josef KOŠTÁLEK

Abstract

Models for inventory management is addressed by many economists and mathematicians in that time it was created a lot of patterns and theoretical knowledge. I used in my post some of these findings and I am mentioning the possibility of using Excel to resolve some calculations and create graphs. The result is a simple and effective computational tool.

Key words

Inventory management, optimization of stock levels, minimizing costs associated with supplies, algorithm.

Úvod

Ve svém příspěvku se zabývám jednou z mnoha oblastí logistiky a to problematikou řízení zásob. Jedná se o aktuálně velice diskutovaný problém, kterému vedení podniků přikládá stále vyšší pozornost. Kromě pojednání o tomto tématu a uvedení některých publikovaných poznatků se rovněž pokouším popsat některé své dílčí inovační přístupy v této otázce.

Proč je toto téma dnes tolik důležité? Za zásobu lze považovat jakýkoliv zdroj určený ke krytí budoucí potřeby, jak uvádí např. Kožíšek (2008, s. 115). Důležitým atributem předznamenávající určité rysy této problematiky je fakt, že se jedná o budoucí potřebu. Tzn. že zásoba úzce souvisí se schopností predikce budoucí spotřeby, která je vyvolána budoucí poptávkou. Budoucí poptávka má zpravidla v čase proměnlivý průběh a je kryta produkcí, jež se naopak vyznačuje v čase konstantním průběhem a pokud se mění tak spíše skokově než rovnoměrně. Zásoba v tomto případě hraje velice důležitou transformační roli a vyrovnává rozdíly mezi výrobním potenciálem a objemem poptávky. Samozřejmě existují určitá specifika pro různé druhy provozů i podnikání. Vedle zmíněné užitečnosti i nezbytnosti určité výše zásoby existují také zásadní nevýhody spojené se zásobami.

Pokud pomínu záběr místa implikující potřebu instalace skladovacích prostor, je tu ještě jedna velice podstatná okolnost a to vázání finančních prostředků v zásobách způsobujících snížení mobility volného kapitálu viz obr. 1 představující zjednodušenou podobu účetní rozvahy. Jelikož se zásoby nachází na straně aktiv musí být jejich hodnota vyvážena na straně pasiv z obr. 1 je dobře patrné, že čím bude úroveň zásob vyšší, tím větší objem kapitálu bude vázat a takto blokový kapitál není možno použít efektivnějším způsobem. A právě potřeba vhodného řízení likvidity podniku s pojená s přijatelnou mírou používaných úvěrů činí z problematiky řízení zásob fenomén podstatným způsobem ovlivňující konkurenceschopnost a prosperitu celého podniku, jak uvádí např. Freiberg (2007, s. 31 - 33). Doktor Z. Pelc, gen. ředitel společnosti GZ Digital Media, a. s. která prosperuje a velkou část své produkce desek a CD exportuje do USA, držitel ocenění Manager r. 2000 pro ČR prohlašuje, že „Logistika je někdy složitější než samotná výroba“ i když řízení zásob je pouhou podmnožinou logistiky.



ROZVAHA	
AKTIVA	PASIVA
MAJETEK	CIZÍ KAPITÁL
ZÁSoby	VLASTNÍ KAPITÁL
PENĚŽNÍ PROSTŘEDKY	ZISK

Obr. 1 Vazba zásob na finanční řízení

Z uvedeného vyplývá, že je třeba sofistikovaně nalézt vhodný kompromis mezi zabezpečením potřeb plynulého výrobního toku bez prostojů, ale vyvarovat se neúčelně nadbytečné koncentraci zásob ať už v podobě vstupního materiálu, rozpracované výroby včetně předvýrobních etap, finálních výrobků, ale také obalových materiálů, náhradních dílů k výrobnímu zařízení či pohonných hmot. Na tomto místě uvedu názor již zmiňovaného doktora Pelce: „Zásoby jsou chybou nákupu.“ Samozřejmě, že úroveň zásob je do určité míry předurčena charakterem podnikatelského záměru, Preclík (2006, s. 15) rozlišuje několik oblastí průmyslových oborů podle jejich kapitálové náročnosti, kde se nízkou kapitálovou náročností vyznačuje např. potravinářský nebo textilní průmysl a naopak vysokou automobilový průmysl či výroba obráběcích strojů.

Pokud jsem použil termínu logistika je vhodné ho vymezit, přestože jednotná a jednoznačná definice tohoto termínu neexistuje, často se používá def. dle Evropské logistické asociace „Organizaci, plánování, řízení a výkon toků zboží vývojem a nákupem počínaje, výrobou a distribucí podle objednávky finálního zákazníka konče tak, aby byly splněny všechny požadavky trhu při minimálních nákladech a minimálních kapitálových výdajích” (Gros, 1996, s. 3).

Řízení zásob

V úvodu jsem naznačil složitost a interdisciplinárnost celé problematiky i motivaci a důvody pro její řešení. Existuje řada teoretických východisek, strategií, početních i statistických metod používaných v této oblasti. Za všechny jmenuji např. systém Kanban, strategii Just in Time (JiT), systém MRP atd., jak popisuje např. Kavan (2006, s. 87 – 92).

Ve svém příspěvku zúžím popisovanou problematiku na modely řízení zásob. Modelem obecně je rozumněno určité zjednodušení reálné situace, ovšem při zachování podstatných vlastností, úskalí modelu spočívá buď v jeho přílišné složitosti způsobující problém s řešením nebo naopak pokud model skutečnost příliš zjednoduší, potom jsou dosažené výsledky zavádějící, jak uvádí Zelenka (1995, s. 11). Modely pro řízení zásob slouží k odpovědi na otázky jak často objednávat a jaké množství, tak aby úroveň zásob byla optimální z hlediska minimalizace nákladů spojených se zásobami. Protože se jedná o model nejsou brány v úvahu některé okolnosti – existují různé modely podle toho jakou situaci je třeba řešit, které vlivy uvažovat a které nikoliv.



Základní model pro řízení zásob uvažuje rovnoměrnou rychlost spotřeby, deterministicky určený objem celkové spotřeby za vytyčené časové období, nebere v úvahu množstevní slevy a vychází ze situace, kdy každé nové dodání objednávaného množství probíhá plynule, přesně v okamžiku vyčerpání původní zásoby. Jak uvádí Kožíšek (2008, s. 115-118) v tomto modelu se pracuje s následujícími parametry:

Q [ks] ... celková spotřeba za vytyčené časové období

T [den] ... vytyčené časové období (např. 100 dní, 365 dní) (množ. Q vystačí na dobu T)

q [ks] ... velikost objednávky

t [den] ... délka jednoho objednávacího cyklu (množ. q vystačí na dobu t)

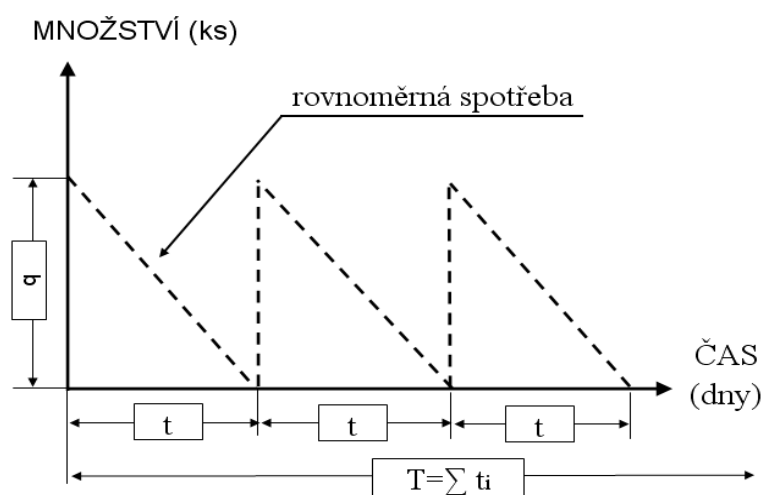
n [-] ... poč. objednávek za vytyčené časové období T (počet cyklů), kde $n = T/t = Q/q$

Pozn.: u množství se nemusí nutně jednat o ks, ale obecně o jednotky množství např. kg, litry, m^3

c_1 [Kč/ks•den] ... náklady spojené se skladováním 1 ks za 1 den v Kč

c_2 [Kč] ... náklady spojené s objednáváním (fixně na 1 objednávku bez ohledu na její velikost)

Modelovou situaci a vzájemné souvislosti ilustruje obr. 2, nejprve dojde k dodání objednávky v množství q , to je následně rovnoměrně spotřebováváno a v okamžiku vyčerpání je dodána objednávka následující.



Obr. 2 Průběh hladiny zásob v čase

Zdroj: Kožíšek (2008, s. 115 - 116)

Kardinální otázkou je jak má být objednávané množství (q) velké. Hovoříme o optimální úrovni zásob z hlediska minimalizace nákladů spojených se zásobami. Náklady spojené se zásobami jsou v tomto zjednodušeném modelu dvojí viz vztah 1 a 2.

Vztah 1: Náklady spojené s držetím zásob – N_1

Zdroj: Kožíšek (2008, s. 115 - 116)

$$N_1 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot c_1 \cdot t \cdot n = \frac{1}{2} \cdot q \cdot c_1 \cdot T$$

Ačkoliv se to na první pohled nemusí zdát zřejmé i samotná existence jakékoliv zásoby generuje náklady vyjádřené koeficientem c_1 , který je výslednicí takových nákladových



položek, jako jsou náklady spojené s instalací skladovací kapacity včetně personálu, náklady spojené s energiemi případně speciálními požadavky na skladování (správná teplota, vlhkost, inertní atmosféra skladovaných komodit) a v neposlední řadě jsou to náklady na kapitál, za který byla tato zásoba pořízena. (Pokud má podnik dostatek prostředků a nemusí používat kapitál cizí hovoříme zde o nákladech ušlé příležitosti, tj. pokud by podnik tyto prostředky nepoužil právě na pořízení zásob a investoval by je jiným způsobem mohl by získat potenciální profit.

Ve vztahu 1 se sazba c_1 , vztažená na 1 ks a 1 den násobí celkovým množstvím zásoby i počtem dní. Problém spočívá v tom, že jak je patrné z obrázku 2 hladina q se neustále a cyklicky mění, jelikož se však mění rovnoměrně lze použít průměrnou hodnotu činící $q/2$. Úroveň osciluje mezi dvěma stavy q (po dodání objednávky – plný stav) a nula (vyčerpání – prázdný stav) $q_{\text{prům.}} = (q + 0) / 2 = \frac{1}{2} \cdot q$. Grafická interpretace této operace by trojúhelníky z obrázku 2 přeměnila na n obdelníků každý o straně $q/2$ a t a jejich obsah by byl roven obsahu původních trojúhelníků.

Vztah 2: Náklady spojené s pořizováním zásob – N_2

Zdroj: Kožíšek (2008, s. 115 - 116)

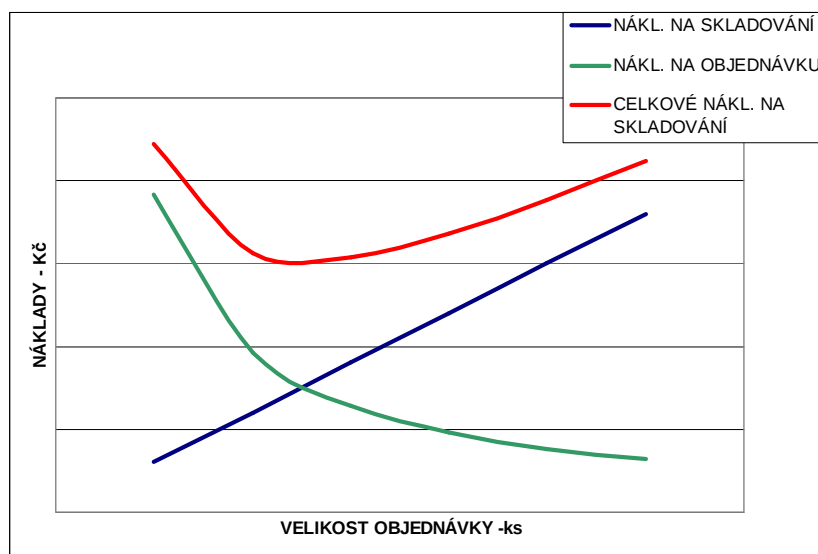
$$N_2 = n \cdot c_2 = \frac{Q}{q} \cdot c_2$$

Vztah 2 násobí sazbu spojenou s jednou objednávkou počtem objednávek.

Vztah 3: Náklady spojené se zásobami – N

$$N = N_1 + N_2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot c_1 \cdot T + \frac{Q}{q} \cdot c_2$$

Vztah 3 vyjadřuje funkci celkových nákladů spojených se zásobami v závislosti na velikosti objednávky q (ostatní parametry jsou konstanty). Grafickou interpretaci vztahů 1 až 3 poskytuje graf 1. Z grafu je dobře patrný důležitý poznatek a sice, že se zvyšující se velikostí objednávky rostou náklady na držení zásob, ale klesají náklady na jejich objednávání (protože dodávek bude méně $n = Q/q$) minimum součtové fce. N vlastně nalézá kompromis mezi těmito protichůdnými požadavky.



Graf 1 Průběh nákl. funkcí v závislosti na velikosti objednávky



Zmíněná optimalizace úrovně q z hlediska minimalizace nákl. N se provede derivací této funkce podle q a ta se položí rovna nule viz vztah 4 (hledání extrému – minima, z grafu 1 je patrné, že extrémem bude min., jelikož fce. N max. nemá).

Vztah 4: Hledání minima fce. N a následná úprava

$$\frac{dN}{dq} = 0$$

$$N = \frac{1}{2} \cdot q \cdot c_1 \cdot T + \frac{Q}{q} \cdot c_2 = 0$$

$$\rightarrow q^2 = \frac{2 \cdot c_2 \cdot Q}{T \cdot c_1}$$

Vztah 5: Vyjádření optimální velikosti objednávky q_o (tj. N min.)

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot c_2 \cdot Q}{T \cdot c_1}}$$

Vztah 5 vyjadřující nejlepší velikost objednávky q_o , při které bude dosaženo minimálních nákladů spojených se zásobami N odvodil jako první F. W. Harris roku 1915, jak uvádí Fábry (2010, s. 79 – 81). Tímto je dána odpověď na otázku jak velké množství objednávat – „Kolik?“. V této etapě je možné snadno určit jak často objednávat tedy „Kdy?“. Jestliže obecně platí $n = Q/q = T/t$, potom:

optimální počet objednávek (za čas T) činí $n_o = Q/q_o$

optimální interval mezi objednávkami bude $t_o = T/n_o$

Navíc po dosazení výrazu vyjadřujícího optimál. objednávané množství (vztah 5) za proměnnou obecné q ve funkci nákladů N (vztah 3) lze úpravami získat vzorec určující minimální hodnotu fce. N tj. nákladů spojených se zásobami viz vztah 6.

Dosazení:

$$N = \frac{1}{2} \cdot q \cdot c_1 \cdot T + \frac{Q}{q} \cdot c_2 = 0$$

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot c_2 \cdot Q}{T \cdot c_1}}$$

Vztah 6: Hodnota minima fce. N nacházející se v bodě q_o

$$N_{\min.} = \sqrt{2 \cdot T \cdot Q \cdot c_1 \cdot c_2}$$



Byť se jedná o model neuvažující některé skutečnosti stává se východiskem a základem, ze kterého lze některými modifikacemi zmíněných vztahů získat model věrně popisující reálnou situaci. Jelikož okolností ovlivňujících způsob řízení zásob je celá škála existuje také řada modifikací tohoto modelu. Např. Kavan (2006, s. 73 - 75) popisuje modely lišící se úrovní pojistné zásoby tj. situace, kdy spotřeba neklesá až na nulovou hodnotu stavu zásob, nýbrž na definovanou mez sloužící jako pojistka v případě nepředvídaného výpadku následující dodávky. Pro stanovení optimální výše pojistné zásoby slouží nejrozličnější přístupy včetně stochastických propočtů a aplikaci statistického výpočtu velikosti optimální zásoby pro určité meze pravděpodobností eventuálního nedostatku zásoby. Jinou modifikaci původního modelu popisuje Kožíšek (2008, s. 123 – 124) a zde se pracuje kromě nákladů na držení zásob a na jejich pořizování navíc s náklady vznikající nedostatkem zásob. Funkce celkových nákladů je zde složitější (je fcí dvou proměnných) a k její minimalizaci je zapotřebí parciálních derivací jednou podle objednávaného množství a jednou podle výše zásoby, kde stav zásoby je rozdíl mezi objednaným množstvím a výší deficitu zásoby minulého objednávacího cyklu.

Algoritmizace výpočtů v prostředí MS Excel

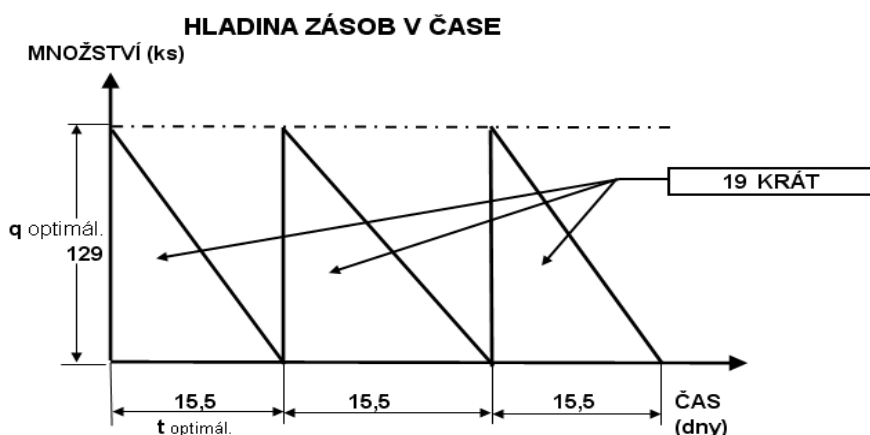
Jelikož konference má název Trendy a inovativní přístupy v podnikových procesech v této části svého příspěvku se pokusím vyjít z výše popsaných desítky let známých teoretických východisek a ukázat svůj nápad možného využití dostupného programu Excel k výpočtům a tvorbě grafů.

Vycházím z výše uvedené modelové situace charakterizované vztahy 1 až 6. Vzorce lze jednoduše naprogramovat do Excelu tak, aby při zadání libovolného vstupního parametru došlo k aktualizaci výpočtených výsledků. Tím je výpočet zobrazen pro jakoukoliv potřebu stanovení optimální výše objednávky a dalších údajů viz obr. 3.

ZADÁNÍ - vstup. parametry			VÝSLEDKY (optimální)		
Časové období	T (dny)	300,0	Optimál. objed.	q (ks)	129,1
Celková spotřeba	Q (ks)	2 500,0	Poč. objednávek	n	19,4
Nákl. držení zás.	c1 (Kč / ks*den)	2,0	Časový interval	t (dny)	15,5
Nákl. pořiz. zás.	c2 (Kč)	2 000,0	Cel. nákl. na zás.	N (Kč)	77 460

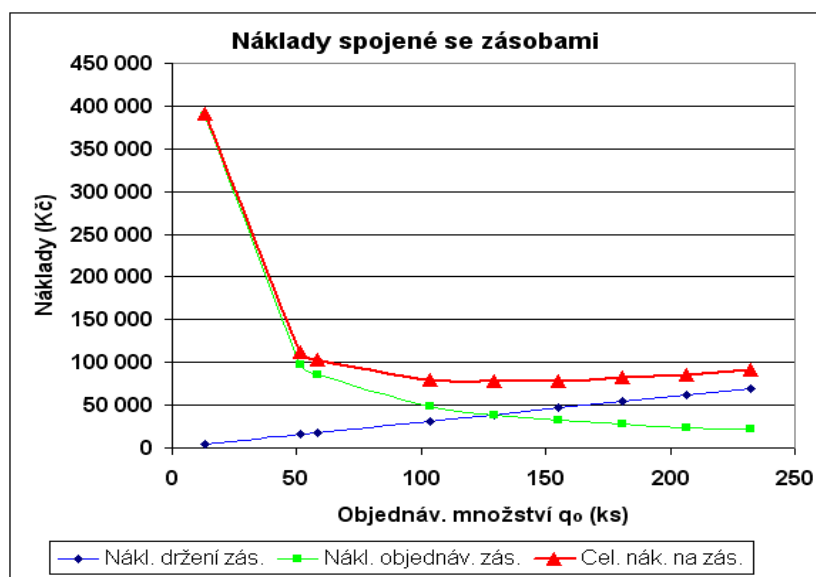
Obr. 3 Vstupní a výstupní hodnoty vzniklého algoritmu

Kromě výpočtů se schématicky zobrazí průběh stavu zásob v závislosti na čase, též nazývána jako pilový diagram viz obr. 4. Způsob je velice jednoduchý avšak účinný. Na místo složitě generování průběhu např. pomocí fcí. „makra“ je s použitím automatických tvarů sestaven charakteristický průběh a vybrané buňky označující některý z číselných údajů jsou naprogramovány tak, aby se do nich přenesla aktuální hodnota vypočteného výsledku z tabulky na obrázku 3.



Obr. 4 Pilový diagram

Dále je jsem našel způsob, jak automaticky nakreslit aktuální průběhy náklad. fcí. obecné situace při zadání libovolných vstupních parametrů. Zde ovšem vzniká problém v získání hodnot tvořících graf 2. První úvahou, kterou jsem provedl bylo použít vypočtenou hodnotu q_0 a jí odpovídající N_{min} . tvořící jednu uspořádanou dvojici hodnot grafu. Problém spočívá v tom, že pokud budou ostatní hodnoty mechanicky nastaveny dopředu nepovede se zobecnit graf, protože nastavené hodnoty mohou být např. v řádu desítek, ale q_0 vyjde v řádu stovek či tisíců a naopak. Je tedy nutné, aby se hodnoty volně proměnné q pohybovaly v podobných relacích jako výsledné q_0 a navíc, aby část hodnot byla nižší (na ose x v levo) a část vyšší. Hodnoty nákladů jsou funkční závislostí hodnot q a jejich naprogramování nebude problém.



Graf 2 Průběhy nákladových funkcí

Řešení jsem našel v tom, že hodnoty množství pro vhodnou tvorbu grafu budou naprogramovány jako součin zjištěného optimálního množství a empiricky mnou zjištěného koeficientu. Potom hodnota q_0 bude uprostřed tab. hodnot pro tvorbu grafu, směrem do levo bude množství nižší než q_0 , čehož se docílí přenásobením koeficientem menším než 1 a naopak větších hodnot v pravo od q_0 vzniknou součinem s koeficientem větším než 1 viz



tab. 1. Tím je bezpečně zajištěn vhodný rozptyl všech hodnot nezávisle proměnných (hodnot osy vodorovné osi grafu) a to velice jednoduchým a vůči všem nežádoucím vlivům resistantním způsobem (fce. „makra“ nemusí správně fungovat při spuštění v jiném typu Excelu).

Tab. 1 Generování hodnot pro grafickou interpretaci

Číslo	8	7	6	5	q ₀	1	2	3	4
Koeficient	0,1	0,4	0,45	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
Množství q (ks)	12,9	51,6	58,1	103,3	129,1	154,9	180,7	206,6	232,4
N1 (Kč)	3 873	15 492	17 428	30 984	38 730	46 476	54 222	61 968	69 714
N2 (Kč)	387 298	96 825	86 066	48 412	38 730	32 275	27 664	24 206	21 517
N=N1+N2 (Kč)	391 171	112 317	103 495	79 396	77 460	78 751	81 886	86 174	91 230

Stanovení koeficientů je určitou analogií situace např. výběru vhodných rozměrů šroubů. Pokud by existovaly šrouby se závity M5, M10, M15 atd. byla by řada pro malé závity příliš hrubá a pro velké příliš jemná. Proto se vybrala vhodná čísla kombinací některých posloupností.

Uvedený postup výpočtů a tvorby grafů je aplikovatelný nejen na ostatní modely sloužící k řízení zásob, ale i v jiných odvětvích rozhodovací analýzy či výpočtů.

Souhrn

Modely pro řízení zásob se zabývala řada ekonomů a matematiků desítky let (např. F. W. Harris začátek 20. st.), za tu dobu vznikla celá řada vzorců a teoretických poznatků. Ve svém příspěvku jsem z některých těchto poznatků vyšel a uvedl jsem postupy vedoucí k aplikaci programu MS Excel při řešení některých početních problémů a to v rovině zobecnění problematiky, pro libovolné hodnoty. Vznikl tak jednoduchý a účinný výpočetní nástroj.

Klíčová slova

Řízení zásob, optimalizace stavů zásob, minimalizace nákladů spojených se zásobami, algoritmus.

Použitá literatura

- [1] FÁBRY, J.: Matematické modelování. VŠE, Praha 2010, ISBN 978-80-245-1266-2,
- [2] FREIBERG, F.: Financování podniku. ČVUT, Praha 2007, ISBN 978-80-01-03636-5,
- [3] GROS, I.: Logistika. VŠCHT, Praha 1996, ISBN 80-7080-262-6,
- [4] KAVAN, M.: Výrobní management. ČVUT, Praha 2006, ISBN 80-01-03445-3,
- [5] KOŽÍŠEK, J. a kol.: Statistická a rozhodovací analýza. ČVUT, Praha 2008, ISBN 978-80-01-04209-0,
- [6] PRECLÍK, V.: Průmyslová logistika. ČVUT, Praha 2006, ISBN 80-01-03449-6,
- [7] ZELENKA, A., KRÁL, M.: Projektování výrobních systémů. ČVUT, Praha 1995, ISBN 80-01-01302-2.

Kontaktní adresa

Ing. Josef KOŠTÁLEK
ČVUT, Strojní fakulta, Ústav řízení a ekonomika podniku
Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2
josef.kostalek@fs.cvut.cz