

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta strojního inženýrství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV MATEMATIKY

INSTITUTE OF MATHEMATICS

NOVÉ PŘÍSTUPY V ÚLOZE KOLPORTÉRA NOVIN

NEW CHALLENGES FOR THE NEWSVENDOR PROBLEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Kučera

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dušan Hrabec, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav matematiky
Student: **Jiří Kučera**
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Matematické inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Dušan Hrabec, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nové přístupy v úloze kolportéra novin

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student se bude zabývat bližší analýzou jedné ze základních úloh stochastického programování, tj. tzv. úlohu kolportéra novin. Student si osvojí základní poznatky z oblasti matematické optimalizace a operačního výzkumu a využije své znalosti z oblasti matematické analýzy a diferenciálního a integrálního počtu. Na základě podrobné analýzy budou vyvozeny závěry z pohledu matematického inženýra, ze kterých nicméně budou vysloveny i praktické náhledy (tj. z manažerského či logistického pohledu).

Cíle bakalářské práce:

1. Student si osvojí znalosti matematické optimalizace.
2. Následně si nastuduje literaturu týkající se úlohy kolportéra novin.
3. Zvolí si konkrétní podobu úlohy, kterou blíže zanalyzuje s použitím znalostí z matematické analýzy, diferenciálního a integrálního počtu a statistiky a pravděpodobnosti.
4. Vyvodí teoretické i praktické závěry.

Seznam doporučené literatury:

HRABEC, D. Mathematical Programs for Dynamic Pricing - Demand Based Management. Dizertační práce, FSI VUT v Brně, 2017.

PLUSKAL, J. Optimalizace technických procesů. Bakalářská práce. FSI VUT v Brně, 2017.

KALL, P. and WALLACE S. W. Stochastic programming, Wiley, 1994.

KLAPKA, J., DVOŘÁK, J. a POPELA, P. Metody operačního výzkumu. Vyd. 2. Brno, VUTUM, 2001.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje úloze kolportéra novin s marketingem. V úvodu práce je uveden základní model úlohy kolportéra novin a jsou diskutovány různé modifikace základní úlohy. V další části je základní model rozšířen přidáním marketingu. V úloze s marketingem je ukázáno nalezení optimálního řešení pro aditivní a multiplikativní podobu poptávky a jsou ukázány výsledky pro jeden vybraný modelový příklad. Reálné aplikace modelu s marketingem jsou poté popsány v závěrečné části celé práce, kde jsou pro některé z aplikací také graficky ukázány efekty marketingu na reálných trzích.

KLÍČOVÁ SLOVA

Úloha kolportéra novin, optimalizace, marketing.

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the newsvendor problem with marketing. The first part deals with basic newsvendor problem and various modifications of the basic problem are discussed. In the following part the basic problem is modified by adding marketing and then the process of finding the optimal solution for an additive and multiplicative form of demand is demonstrated. In this part the result for chosen model of additive case of demand is also presented. Real life applications of the newsvendor problem with marketing are then described at the end of the thesis. For some of these applications the impacts of marketing on real life markets are demonstrated.

KEYWORDS

Newsvendor problem, optimization, marketing.

KUČERA, Jiří. *Nové přístupy v úloze kolportéra novin*. Brno, 2020, 28 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta Strojního inženýrství, Ústav matematiky. Vedoucí práce: Ing. Dušan Hrabec, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Nové přístupy v úloze kolportéra novin“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Dušanu Hrabcovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Obsah

Úvod	2
1 Základní úloha kolportéra novin	3
1.1 Historie	3
1.2 Formulace modelu	4
1.3 Modifikace základní úlohy	6
2 Úloha kolportéra novin s marketingem	7
2.1 Formulace modelu	7
2.1.1 Poptávka	9
2.1.2 Aditivní podoba poptávky	10
2.1.3 Multiplikativní podoba poptávky	12
2.2 Numerické výsledky	14
3 Aplikace	16
Závěr	22
Literatura	23
Přílohy	26

Úvod

Tato práce se zabývá oblastí optimalizace problému jednoho prodejního období (v angličtině *single period inventory problem*). Tento problém je často demonstrován na úloze kolportéra novin, a právě této úloze se věnuje tato práce. Cílem práce je rozbor modifikované úlohy kolportéra novin. Jako modifikace byl zvolen marketing, základní úlohy se tedy rozšíří přidáním marketingu.

První kapitola čtenáře seznamuje se základní úlohou kolportéra novin, na které je postaven zbytek práce. Po rozebrání základního principu úlohy následuje krátký historický exkurz, dále formulace matematického modelu celé úlohy. Další část první kapitoly se poté věnuje některým modifikacím základní úlohy a jejich rozřazení do různých kategorií.

Druhá kapitola se věnuje konkrétnímu rozšíření základní úlohy, a to úloze kolportéra novin s marketingem. Nejprve čtenáře seznamuje se specifiky tohoto rozšíření a poté překládá matematický model. Součástí druhé kapitoly je také seznam relevantních článků formou tabulky, které se buď přímo nebo alespoň okrajově věnují úloze kolportéra novin s marketingem. Druhá část druhé kapitoly se poté věnuje specifickým podobám poptávky, a to aditivní a multiplikativní, jejich rozboru a také uvádí příklady poptávkových funkcí, které se v současné literatuře využívají. Pro vybranou podobu poptávky jsou uvedeny také numerické výsledky.

Třetí kapitola je věnována aplikacím úlohy kolportéra novin s marketingem. Je v ní rozebrán vliv marketingu v obchodu, farmacii a odpadovém hospodářství a problémy s tím spojené.

1 Základní úloha kolportéra novin

Tato kapitola se věnuje základnímu modelu úlohy kolportéra novin. V anglicky psané literatuře se jedná o tzv. Newsvendor problem, případně také Newsboy problem. Tento model se používá zejména v oblastech, ve kterých je třeba regulovat množství nakoupených zásob, protože např. případný přebytek není možné zužítkovat později. Jako příklad může posloužit restaurace, která by na přebytku jídla prodělala, protože potraviny mají omezenou trvanlivost a tím pádem omezenou dobu využitelnosti.

Cílem základní úlohy je tedy určit množství jednoho druhu zboží (v případě kolportéra se jedná o noviny), které se objedná na pevně dané prodejní období (např. jeden den). Existují však i tzv. více produktové (v angličtině multi-product) úlohy. Jako příklad poslouží opět již zmíněné restaurace, kde řeší stejný problém, pouze pro více produktů. V těchto úlohách je tedy cílem zjistit jaké množství konkrétního produktu se má naskladnit, aby u žádného nedošlo k nedostatku nebo přebytku.

U úlohy s kolportérem novin vyvstává problém, že objednané množství nelze během prodejního období nijak měnit, o všem musí být tedy rozhodnuto před zahájením samotného prodeje. Hledá se tedy optimální množství objednaného zboží tak, aby nedošlo k nedostatku, ale ani ne k přebytku na konci prodejního okna. Rozhodování probíhá např. na základě dat z předešlých prodejů.

Problém, kterému tedy prodejce nyní čelí, je následující: Každé ráno se musí rozhodnout kolik novin nakoupí, aby je mohl dále přeprodat. Toto rozhodnutí musí padnout bez znalosti reálné poptávky, která po novinách bude. Úkolem této stochastické úlohy je tedy určit optimální množství novin k objednání pro pevně stanovenou dobu prodeje (v případě kolportéra by to byl jeden den). Optimální množství chce kolportér zajistit za účelem maximalizace svého zisku, jelikož kdyby nakoupil málo novin, tak by neuspokojil celou poptávku a ušel by mu zisk, a kdyby naopak objednal příliš mnoho, tak by mu noviny zbyly a tím pádem by na nich prodělal (Hrabec [9]).

1.1 Historie

Úloha kolportéra novin, má dnes již poměrně dlouhou a bohatou historii. Prvopůčátky této úlohy sahají na konec 19. století do Anglie do roku 1888, kdy se Francis Ysidro Edgeworth v [4] věnoval toku peněz v Anglické národní bance a konkrétně zkoumal množství peněz, které by banka měla mít v rezervě, aby uspokojila poptávku po výběrech od lidí, kteří měli v bance své peníze uloženy. To by šlo samozřejmě zařídit velkým množstvím peněz v rezervě, avšak poté by s nimi banka nemohla dále pracovat, žádoucí tedy bylo najít nějaké optimální množství, které by nebylo zbytečně velké, ale zároveň by uspokojilo poptávku.

Na tyto myšlenky dále navázal Harris v [6], který se věnoval plánování výroby. Jeho cíl byl minimalizace nákladů při optimální produkci. Harrisův model dále rozšířil Wilson v [25] o optimální objednání zásob. Tento model je znám také jako EOQ model (Economic order quantity) nebo také jako Stochastic single period problem.

První použití termínu newsboy (kolportér) v této úloze se datuje do roku 1951 k práci autorům Morse a Kimballa [17], byla to však spíše jen poznámka. Podrobnější rozbor úlohy kolportéra novin provedli ve stejném roce pak Arrow, Harris a Marschak [1]. Poté se tato úloha stala důležitým matematickým modelem pro určení optimálního množství zásob v různých odvětví průmyslu.

1.2 Formulace modelu

V základní úloze kolportéra novin je uvažována následující situace. Kolportér se před začátkem prodeje musí rozhodnout jaké množství x novin nakoupí za cenu c . Poté může nakoupené množství novin prodávat za pevně danou cenu p . V případě, že poptávka po novinách ξ je větší než zakoupené množství novin, x kolportér prodal všechny kusy s výnosem px , kde p je prodejní cena za jeden kus novin. V tomto modelu se také uvažuje takzvaná jednotková „pokuta“ s za nedostatek $\xi - x$ nakoupených novin. V druhém případě, kdy je poptávka ξ menší nebo rovna nakoupenému množství novin x je výnos určen jako $p\xi$ a kusy, které zbyly, tzv. remitenda, $x - \xi$. A tuto remitendu pak následně může kolportér prodat zpět za cenu v . Aby se předešlo triviálnosti úlohy, předpokládá se, že $p > c > v$. Toto se předpokládá, aby nenastala situace, kdy by prodejce prodával noviny za méně než za kolik je sám nakoupil, a tudíž by byl ve ztrátě (Hrabec, [9]).

Účelová funkce bude tedy nabývat podoby:

$$\pi(x, \xi) = \begin{cases} px - cx - s(\xi - x) & x < \xi \\ p\xi - cx + v(x - \xi) & x \geq \xi \end{cases}$$

S definovanou účelovou funkcí se nyní můžeme přesunout k nalezení optimálního řešení. Protože se prodejce snaží vydělat co největšího množství peněz za daných podmínek, tak jeho snahou je dosáhnout co největšího zisku π , který ovlivňuje nakoupeným množstvím novin x . Cílem úlohy je tedy nyní najít optimální množství novin x , které kolportér nakoupí tak, aby jeho celkový zisk byl maximální. Problém, kterému kolportér při rozhodování o nákupu novin čelí je ten, že před začátkem prodeje dopředu neví, jak přesně bude poptávka ξ vypadat. Může však znát rozdělení této poptávky, a tedy distribuční funkci, střední hodnotu, případně rozptyl atd. (Hrabec a kol. [8]).

Optimální množství

Nyní uvažujme obecné rozdělení náhodné proměnné ξ s hustotou rozdělení $f(t)$ a s distribuční funkcí $F(t)$. Pro zpřehlednění výpočtů je střední hodnota zisku $E[\pi(x, t)]$ značena jako $\Pi(x)$, tedy $E[\pi(x, t)] = \Pi(x)$. Střední hodnota zisku $\Pi(x)$, může být vyjádřena jako:

$$\Pi(x) = E[\pi(x, t)] = \int_{x < t} [px - cx - s(t - x)] f(t) dt + \int_{x \geq t} [pt - cx + v(x - t)] f(t) dt$$

Dále uvažujme horní a dolní závorku poptávky ξ , tedy $P(\xi \in [A, B]) = 1$. Střední hodnotu zisku se poté může přepsat jako:

$$\Pi(x) = \int_x^B [px - cx - s(t - x)] f(t) dt + \int_A^x [pt - cx + v(x - t)] f(t) dt \quad (1.1)$$

Po drobných úpravách rovnice (1.1) se dostává následující tvar střední hodnoty (viz příloha A.1.):

$$\Pi(x) = (p - c)x - (p - v) \int_A^x (x - t) f(t) dt - s \int_x^B (t - x) f(t) dt \quad (1.2)$$

Pro zjištění maxima funkce $\Pi(x)$ se nyní musí nalézt extrém této funkce. Pro nalezení extrému je potřeba vyřešit nutnou podmínku prvního řádu $\frac{d\Pi}{dx} = 0$. Vzhledem k tomu, že chce kolportér nalézt globální maximum jeho možného zisku, tak je potřeba zjistit, zda nalezený extrém funkce $\Pi(x)$ je globálním maximem. Musí se tedy zjistit, kdy je druhá derivace $\frac{d^2\Pi}{dx^2}$ menší než nula: $\frac{d^2\Pi}{dx^2} < 0$.

$$\frac{d\Pi}{dx} = p - c + s + F(x)(v - p - s)$$

$$\frac{d^2\Pi}{dx^2} = f(x)(v - p - s)$$

Jelikož $v, p, s \geq 0$ a $p > v$, tak $(v - p - s) < 0$ a $\int_{-\infty}^{\infty} f(t) = 1$ tak díky těmto skutečnostem se dostává, že: $\frac{d^2\Pi}{dx^2} < 0$ a tedy Π je konkávní a lokální maximum je i globálním maximem, které se získá vyřešením $\frac{d\Pi}{dx} = 0$. Optimální množství x^* je tedy určeno jako:

$$F(x^*) = \frac{p + s - c}{p + s - v}.$$

Má-li navíc distribuční funkce k sobě funkci inverzní, dostáváme pro optimální množství x^* výraz:

$$x^* = F^{-1} \left(\frac{p + s - c}{p + s - v} \right).$$

Lze vidět, že optimální množství x^* vychází stejně jako v mnoha jiných případech. Stejný výsledek uvádí např. Khouja [12] nebo Hrabec [9].

1.3 Modifikace základní úlohy

Úloha kolportéra novin, ač by se to nemuselo zdát, tak má širokou škálu aplikací v reálném životě. Jedná se o matematický model využívaný zejména v ekonomii a řízení provozu a obecně ve službách. A vzhledem k faktu, že důležitost služeb neustále roste, tak společně s nimi roste i využitelnost úlohy kolportéra novin. Pro to, aby úloha kolportéra dobře modelovala reálné situace, tak v průběhu let vznikla řada modifikací základní úlohy. Tyto modifikace rozšiřují základní úlohu o různé proměnné či přidávají podmínky, kterými se kolportér řídí. Khouja [12] řadí tyto modifikace do jedenácti následujících kategorií.

1. Různé podoby účelové funkce a pomocných funkcí¹.
2. Stanovování ceny dodavatelem.
3. Stanovování ceny kolportérem.
4. Nejisté zásobování².
5. Různé informace o poptávce.
6. Více produktů s omezeními³.
7. Substituce jednoho produktu jiným⁴.
8. Vícevrstvý dodavatelský řetězec⁵.
9. Prodávání ve více lokalitách.
10. Více času na přípravu k prodeji.
11. Další modifikace.

Jak lze vidět, tak modifikací úlohy kolportéra novin není málo. Mezi další modifikace, které by spadaly do jedenácté kategorie dalších modifikací, uvedu příklad, kde se počítá s produktem, který se prodává přes více prodejních období než jen jedno (např. prodávání časopisů). Případně také existuje obdobná formulace pro prodáváčku květin (v angličtině Flower girl problem), která místo novin prodává květiny. Jako příklad další modifikace uvádím v kapitole 2 rozšíření úlohy o marketing.

¹Místo maximalizace zisku se může maximalizovat pravděpodobnost dosažení stanového cíle (zisku). Mohou se také přidat např. kritéria, kterými se prodejce musí řídit nebo tolerance risku atp.

²Modifikace, ve které není jisté zásobování. K tomuto může docházet např. v zemědělství, které je závislé na úrodě, a ta nemusí být pokaždé stejná

³Omezení v této modifikaci může například znamenat, že má kolportér omezené celkové množství produktů, které může najednou koupit a musí se tedy rozmyslet kolik od jakého druhu chce.

⁴Substitucí je v tomto případě myšleno, že poptávka po jednom produktu, může být uspokojena jiným produktem.

⁵Tato modifikace bere v potaz cestu, kterou se produkt dostane k prodejci. Od výrobce může jít produkt nejdříve například do různých skladišť (centrální, regionální atp.) a teprve z těchto skladišť se produkt dostane k prodejci.

2 Úloha kolportéra novin s marketingem

V této kapitole je rozšířen základní model úlohy kolportéra novin, který je uveden v kapitole 1, o nejistotu, kterou nám dodá marketing produktu (v angličtině marketing effort). Tento marketing popisuje zdroje, které kolportér vynaloží na zviditelnění jeho produktu a tedy zvýšení poptávky. V reálném světě by se mohlo jednat např. o reklamu na sociálních sítích či v televizi nebo doručení zdarma nebo by produkt mohl být součástí nějakého „promo“ balíčku, ale také o obyčejnou letákovou reklamu atd.

Jak už bylo zmíněno v kapitole 1 tak má úloha kolportéra využití i v reálném životě. Její využití najdeme v nejrůznějších oblastech průmyslu od farmacie (Narayana [18]) až po odpadové hospodářství (Šomplák [21]), tyto aplikace jsou blíže popsány v kapitole 3.

V rozšířeních základní úlohy z kapitoly 1 se v dnešní literatuře využívají dvě podoby poptávky, a to aditivní a multiplikativní forma a tohoto rozdělení se tedy drží i tato práce, kde uvedeme příklady aditivní i multiplikativní podoby.

2.1 Formulace modelu

Případ je stejný jako u základního modelu. Kolportér nakoupí na začátku sledovaného časového úseku množství novin x za jednotkovou cenu c . Cena za jednu neprodané noviny je stanovena jako v a jednotková „pokuta“ za nedostatek jako, s . Nově se zde ovšem vyskytuje poptávka po produktu $D(e, \xi)$, která je stochastická a zároveň závislá na tržním úsilím e , vynaloženým kolportérem a také funkce $C(e)$, která popisuje cenu za vynaložené úsilí. Účelová funkce bude mít tedy následující tvar:

$$\pi(e, x, \xi) = \begin{cases} px - cx - s[D(e, \xi) - x] - C(e) & x < D \\ pD(e, \xi) - cx + v[x - D(e, \xi)] - C(e) & x \geq D \end{cases} \quad (2.1)$$

Jestliže nakoupené množství x je menší než poptávka D , tak výnos z prodaných kusů je px a $s[D(e, \xi)]$ značí pokutu za nedostatek. Jestliže však nakoupené množství x je větší než poptávka D , tak výnos z prodaných kusů je $pD(e, \xi)$ a $v[x - D(e, \xi)]$ značí cenu za neprodané množství. Cílem je tedy nyní maximalizovat střední hodnotu účelové funkce $\pi(e, x, \xi)$ a tedy celkový zisk kolportéra.

V následující tabulce 2.1 je uveden seznam některých článků, které se věnují úloze kolportéra novin s marketingem, případně se věnují obecně dodavatelskému řetězci s

marketingem. Rovněž jsou z těchto článků vypsány podoby a vlastnosti funkce ceny za marketing $C(e)$. V různých člancích ovšem dochází k neshodě ve značení této funkce ceny za marketing $C(e)$, kterou např. ve článku [7] značí jako $g(e)$ a podobně tak dochází k neshodě i ve značení samotného marketingu e , kde například Sana [20] značí marketing jako ρ . Za účelem přehlednosti tabulky 2.1 je proto použito jednotné značení, tedy e jako marketing a $C(e)$ jako funkce ceny za marketing.

Tab. 2.1: Přehled relevantních článků

Rok	Autoři	Kolportér	$C(e)$	Parametry	Vlastnosti $C(e)$
1987	Y. Gerchak a M. Parlar [5]	✓	re	$r > 0$	neuvádí
2004	H. Krishnan, R. Kapuscinski a D. A. Butz [13]	✗	$C(e, \xi) = K(e-1)^2 \xi^\alpha$	$K > 0,$ $\alpha \in (-\infty, \infty)$	rostoucí, konvexní a spojitě dife- rencovatelná pro $e \geq 1$
2006	T.A.Taylor [23]	✗	αe^u	$\alpha > 0, u > 1$	$C(0) = 0,$ $C'(e) > 0,$ dvojitě dife- rencovatelná
2008	K. Taaffe, J. Ge- unes a H. E. Ro- meijn [22]	✓	te	$t > 0$	neuvádí
2009	Y. He, X. Zhao, L. Zhao a J. He [7]	✓	$\frac{\mu e^2}{2}$	$\mu > 0$	$C(0) = 0,$ $C'(e) > 0,$ $C''(e) > 0$
2010	S. Liu, K. C. So a F. Zhang [14]	✗	ae^b	$b > 1$	rostoucí, konvexní, $C(0) = 0,$ $C(\infty) = \infty$
2011	X. Xu, X. Cai a Y. Chen [26]	✓	$a + be^k$ $a * \exp(be)$	$k \geq 0$	$C'(e) > 0,$ $C''(e) > 0$
2013	S.S. Sana [20]	✓	ke^m	$k, m > 0$	neuvádí
2015	J. Dai, W. Meng [3]	✓	ke^2	neuvádí	rostoucí, konvexní, $C(0) = 0$

Rok	Autoři	Kolportér	$C(e)$	Parametry	Vlastnosti $C(e)$
2015	S. Yang, Ch. L. Munson, B. Chen a Ch. Shi [27]	✓	$\frac{te^2}{2}$	neuvádí	$C(0) = 0$, rostoucí, konvexní, spojitě dife- rencovatelná pro $e \geq 0$
2017	P. Ma, K. W. Li a Z. Wang [15]	✗	$\frac{\eta e^2}{2}$	$\eta > 0$	neuvádí
2018	Y. Cheng, H. Li a A. Thorsten-son [10]	✓	$\frac{be^2}{2}$	neuvádí	neuvádí

Jak lze vidět z tabulky 2.1, tak většina autorů používá podobný typ funkce $C(e)$. Tuto cenu za marketing vyjadřují často jako funkci kvadratickou ([7],[3],[27],[15],[10]) ae^2 , kde a^6 je kladná konstanta, tedy $a > 0$ (v některých případech autoři neuvádí vlastnosti parametru a , může se však předpokládat, že platí $a > 0$, v opačném případě, kdy by bylo $a < 0$, by totiž nastala situace, že kolportér by neplatil za vynaložený marketing, ale bylo ještě zapláceno jemu).

V některých případech autoři ([23],[14],[26],[20]) používají místo kvadratické funkce, obecnou mocninnou funkci tvaru: ae^u , kde $a, u > 0$. Ve dvou případech ([5],[22]) autoři zvolili obyčejnou lineární funkci ae , kde $a > 0$.

Na vlastnostech funkce $C(e)$, když jsou uvedeny, tak se autoři víceméně shodují. Funkce $C(e)$ má být rostoucí, konvexní a případně spojitě diferencovatelná, dále uvádějí vlastnosti $C(0) = 0$ a $C(\infty) = \infty$, nebo vlastnosti funkce ceny za marketing $C(e)$ vůbec neuvádí.

2.1.1 Poptávka

Stejně jako v klasickém modelu z kapitoly 1 prodejce předem nezná skutečnou poptávku po jeho produktu. Poptávka je tedy určena pomocí funkce, závislé na marketingu e vynaloženém kolportérem a na náhodném prvku, ξ .

Následná podoba poptávkové funkce je založena na podobě poptávkové funkce v mnoha člancích a pracích týkajících se úlohy kolportéra novin se závislostí na ceně (Hrabec [9]), případně také se závislostí na ceně a marketingu.

⁶V různých publikacích autoři tento parametr značí různými písmeny viz tabulka 2.1, ve všech případech má ovšem stejný význam, a to jednotkovou cenu za marketingu.

Nechť je tedy poptávková funkce značena jako $D(e, \xi)$ a určena rovnicí:

$$D(e, \xi) \equiv D(e, \xi_m, \xi_a) = d(e)\xi_m + \xi_a, \quad (2.2)$$

kde ξ je dvourozměrný vektor: $\xi = (\xi_m, \xi_a)$ a ξ_m, ξ_a jsou náhodné proměnné a funkce $d(e)$ popisuje závislost poptávky na marketingu. Předpokládáme tedy, že s čím větší vynaloženou snahou na marketing tím větší bude poptávka, tedy funkce $d(e)$ je rostoucí tedy: $\frac{\partial d(e)}{\partial e} > 0$. Dále budeme předpokládat, že $d(0) = 0$, funkce $d(e)$ je spojitá, dvojité diferencovatelná a konkávní, tedy: $\frac{\partial^2 d(e)}{\partial e^2} \leq 0$ (He [7], Dai [3]).

Jak už bylo zmíněno, tak v této bakalářské práci jsou uvažovány dvě podoby poptávkové funkce (2.2). Aditivní příklad (Mills [16], Dai [3]), kde $\xi_m = 1$ a tedy $D(e, \xi) = d(e) + \xi_a$ a dále multiplikativní případ (Karlin a Carr [11]), kde $\xi_a = 0$ a tedy $D(e, \xi) = d(e)\xi_m$

2.1.2 Aditivní podoba poptávky

V tomto případě u poptávkové funkce (2.2) platí, že $\xi_m = 1$ a $E[\xi_a] = 0$. Poptávková funkce má poté následující podobu:

$$D(e, \xi) \equiv d(e) + \xi_a. \quad (2.3)$$

Účelová funkce (2.1), po dosazení (2.3) a definování tzv. naskladňovacího faktoru z jako:

$$z = x - d(e). \quad (2.4)$$

bude vypadat následovně:

$$\pi(e, z, \xi_a) = \begin{cases} p[z + d(e)] - c[z + d(e)] - s(\xi_a - z) - C(e) & z < \xi_a \\ p(d(e) + \xi_a) - c[z + d(e)] + v[z - \xi_a] - C(e) & z \geq \xi_a \end{cases}. \quad (2.5)$$

Tato transformace proměnné z na x se často využívá v úloze kolportéra novin zejména z důvodu zjednodušení výpočtů (Petrucci a Dada [19]).

Cíl je nyní tedy maximalizovat účelovou funkci, tedy zisk, tím že zvolíme optimální marketing e a optimální naskladňovací faktor z , ze kterého získáme optimální množství novin x , které by měl kolportér objednat při daném optimálním marketingu.

Střední hodnota zisku může být tedy vyjádřena jako (viz příloha A.2):

$$E[\pi(e, z)] = (p - c)(z + d(e)) - s \int_z^B (1 - F(t))dt - (p - v) \int_A^z F(t)dt - C(e). \quad (2.6)$$

První derivace $\Pi(z, e)$ podle z je pak (viz příloha A.3.):

$$\frac{\partial \Pi(z, e)}{\partial z} = p - c + s - sF(z) - pF(z) + vF(z). \quad (2.7)$$

Vyřešením nutné podmínky prvního řádu $\frac{\partial \Pi(e, z)}{\partial z} = 0$ se dostává následující výraz pro optimální z :

$$z^* \equiv z = F^{-1} \left(\frac{p + s - c}{p + s - v} \right). \quad (2.8)$$

Lze se všimnout, že faktor z nezávisí na marketingu, což na rozdíl od případu úlohy kolportéra novin, ve kterém není pevně daná cena p a tedy poptávka je závislá i na této ceně (Hrabec [9]) zlehčuje výpočetní náročnost.

Po dosazení optimálního faktoru z do (2.4) optimální množství novin x^* které by měl kolportér objednat vychází jako:

$$x^* \equiv x = z^* + d(e). \quad (2.9)$$

Jak lze vidět, tak optimální množství novin x^* , které by měl kolportér objednat závisí kromě naskladňovacího faktoru z , také na funkci $d(e)$. Nyní je potřebné zjistit ještě optimální marketing e , který by měl prodejce vynaložit.

Optimální marketing e se získá vypočítáním první derivace $\Pi(z, e)$ podle e a následným vyřešením nutné podmínky prvního řádu pro jednotlivé podoby funkce $d(e)$.

$$\frac{\partial \Pi(z, e)}{\partial e} = (p - c) \frac{\partial d(e)}{\partial e} - \frac{\partial C(e)}{\partial e}. \quad (2.10)$$

V další části práce se pokračuje volbou různých funkcí za $d(e)$ a $C(e)$.

Lineární poptávka

Za lineární podobu poptávku je brán příklad kde, $d(e) = a + \gamma e$ a $C(e) = \frac{\eta e^2}{2}$. Parametr a měří velikost trhu, γ měří dopad vynaloženého marketingu e na poptávku a η je koeficient marketingu (Ma a kol.[15]).

Po dosazení funkcí $d(e)$ a $C(e)$ do (2.10) a po vyřešení nutné podmínky prvního řádu: $\frac{\partial \Pi(e, z^*)}{\partial e} = 0$ se získá optimální marketing e^*

$$e^* \equiv e = \frac{(p - c)\gamma}{\eta}. \quad (2.11)$$

Dosazením (2.11) do (2.9) je získáno optimální množství novin x^* , které by měl kolportér koupit:

$$x^* = z^* + d(e^*). \quad (2.12)$$

Pro lineární funkci $d(e)$, která je v této v této sekci uvažována, optimální x^* vypadá následovně:

$$x^* = z^* + a + \frac{(p-c)\gamma^2}{\eta}.$$

Lineární lomená poptávka

Sana [20] uvádí jako další možnou podobu funkce $d(e)$ ve tvaru lineární lomené funkce: $d(e) = \frac{\tau e}{1+e}$, kde τ je kladná konstanta, která je odhadnuta na základě dřívějších dat. A jako funkci $C(e)$ uvažuje obecnou mocninnou funkci tvaru: ke^m , $k, m > 0$.

Dosazením funkcí $d(e)$ a $C(e)$ do (2.10) a opětovným vyřešením nutné podmínky prvního řádu se dostane optimální marketing e^* pro lineární lomenou poptávku. Obecně bude e^* v tomto případě vycházet jako některý z kořenů polynomu stupně n , $n > m$. Pro ukázkou byla zvolena funkce $C(e)$ ve tvaru $C(e) = ke$. Po dosazení do (2.10) se dostane:

$$\frac{\partial \Pi(z, e)}{\partial e} = (p-c) \frac{\tau}{(1+e)^2} - k.$$

Položením první derivace $\frac{\partial \Pi(z, e)}{\partial e}$ nule, vzniká polynom: $e^2 + 2e + 1 - \frac{(p-c)\tau}{k} = 0$. Kořeny tohoto polynomu vychází jako: $e_{1,2} = \pm \frac{\sqrt{p\tau - c\tau}}{\sqrt{k}} - 1$. Vzhledem k tomu, že marketing e má být kladný, tak jako optimální řešení je brán případ kdy:

$$e^* \equiv e = \frac{\sqrt{p\tau - c\tau}}{\sqrt{k}} - 1. \quad (2.13)$$

Optimální množství novin x^* k objednání, se pak vyjádří následovně:

$$x^* = z^* + \frac{\tau \left(\frac{\sqrt{p\tau - c\tau}}{\sqrt{k}} - 1 \right)}{1 + \left(\frac{\sqrt{p\tau - c\tau}}{\sqrt{k}} - 1 \right)}.$$

2.1.3 Multiplikativní podoba poptávky

Pro multiplikativní případ je uvažováno, že $\xi_a = 0$ a $E[\xi_m] = 1$ a poptávková funkce $D(e, \xi)$ vypadá tedy následovně:

$$D(e, \xi) = d(e)\xi_m. \quad (2.14)$$

Opět je třeba definovat naskladňovací faktor z , tentokrát jako:

$$z = \frac{x}{d(e)}. \quad (2.15)$$

Účelová funkce (2.1) bude poté po dosazení (2.14) a (2.15) ve tvaru:

$$\pi(e, z, \xi_m) = \begin{cases} (p-c)zd(e) - s[d(e)\xi - zd(e)] - C(e) & z < \xi_m \\ pd(e)\xi - czd(e) + v[zd(e) - d(e)\xi] - C(e) & z \geq \xi_m. \end{cases} \quad (2.16)$$

Střední hodnotu zisku $E[\pi(e, z)]$ rovna $\Pi(e, z)$, tedy $E[\pi(e, z)] = \Pi(e, z)$ a následně se vyjádří jako (viz příloha A.4.):

$$\Pi(e, z) = (p - c)zd(e) - (p - v)d(e) \int_A^z F(t)dt - sd(e) \int_z^B [1 - F(t)] dt - C(e). \quad (2.17)$$

První derivace $\Pi(e, z)$ podle z je:

$$\frac{\partial \Pi(e, z)}{\partial z} = (p - c + s)d(e) - sd(e)F(z) - pd(e)F(z) + vd(e)F(z).$$

Vyřešením nutné podmínky prvního řádu $\frac{\partial \Pi(e, z)}{\partial z} = 0$ je opět získán optimální naskladňovací faktor z^* , který vychází identicky jako v případě aditivního případu (2.8)

$$z^* \equiv z = F^{-1} \left(\frac{p + s - c}{p + s - v} \right).$$

Optimální množství novin x k objednání je nyní tedy ve tvaru $x = z^*d(e)$.

Nyní je tedy cíl získat optimální marketing e , ten se získá pomocí zderivování $\Pi(z, e)$ podle e a následným vyřešením nutné podmínky prvního řádu, pro jednotlivé podoby funkce $d(e)$.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi(z, e)}{\partial e} &= (p - c)z \frac{\partial d(e)}{\partial e} - (p - v) \int_A^z F(t)dt \frac{\partial d(e)}{\partial e} - s \int_z^B [1 - F(t)] dt \frac{\partial d(e)}{\partial e} - \\ &\quad - \frac{\partial C(e)}{\partial e} \end{aligned}$$

A druhá derivace $\Pi(z, e)$ podle e je:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Pi(z, e)}{\partial e^2} &= (p - c)z \frac{\partial^2 d(e)}{\partial e^2} - (p - v) \int_A^z F(t)dt \frac{\partial^2 d(e)}{\partial e^2} - s \int_z^B [1 - F(t)] dt \frac{\partial^2 d(e)}{\partial e^2} - \\ &\quad - \frac{\partial^2 C(e)}{\partial e^2} \end{aligned}$$

Lineární poptávka

Jako lineární poptávka je brána funkce ve tvaru: $d(e) = 1 + ae$. Funkce ceny za implementování marketingu vypadá jako: $C(e) = ke^2$, kde $k > 0$ (Dai a Meng [3]). Poptávková funkce $D(e, \xi)$ pro tento případ vychází poté následovně:

$$D(e, \xi) = (1 + ae)\xi_m.$$

Dosazením funkcí $d(e)$ a $C(e)$ do (2.17) a následným vyřešením nutné podmínky prvního řádu $\frac{\partial \Pi(e, z)}{\partial e} = 0$ se dostane následující výraz pro optimální e :

$$e^* \equiv e = \frac{(p - c)za - (p - v)a \int_A^z F(t)dt - sa \int_z^B [1 - F(t)] dt}{2k}.$$

Nyní je možné vyjádřit konečnou podobu optimálního množství novin x^* , které by měl kolportér zakoupit při daném optimálním marketingu e^* jako:

$$x^* = z^*(1 + ae^*).$$

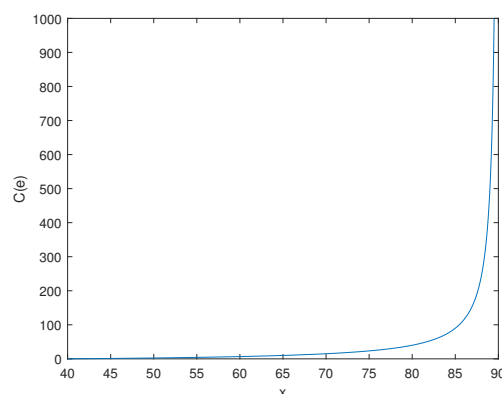
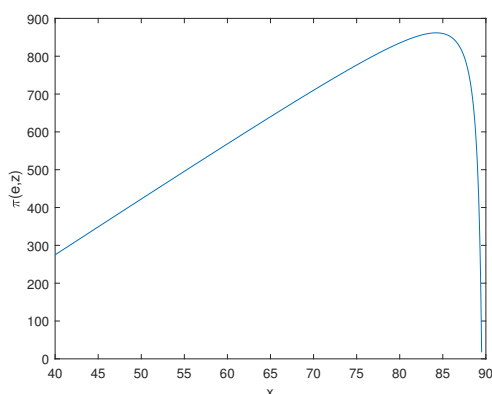
2.2 Numerické výsledky

V této části jsou uvedeny numerické výsledky pro aditivní případ úlohy s lineárně lomenou funkcí a rovnoměrně rozdělenou poptávkou.

Pro aditivní podobu poptávky platí rovnice (2.3). Náhodná proměnná ξ má rovnoměrné rozdělení, tedy $\xi \sim R(A, B)$ a platí pro ní $A = 0$ a $B = 50$. Pro další parametry z (2.5) platí, že $p = 35$, $c = 20$, $v = 15$, $s = 5$. Pro funkci $d(e) = \frac{\tau e}{1+e}$ se uvažuje, že $\tau = 50$ a pro funkci $C(e) = ke$ platí $k = 10$.

Po dosazení parametrů do (2.8) vychází optimální naskladňovací faktor jako $z^* = 40$, optimální marketing vychází z rovnice (2.13) jako $e^* = 7,66$ a optimální množství novin k objednání se dostane po dosazení z^* a e^* do (2.12) a vychází jako $x^* = 84,22 \doteq 84$. Cena za marketing $C(e)$, který by měl kolportér vynaložit vychází v tomto případě jako $C(e) = 76,6$.

Závislost celkového zisku kolportéra na objednaném množství novin x je ukázána na obrázku 2.1 a na obrázku 2.2 je ukázána souvislost funkce ceny za marketing $C(e)$ a objednaného množství novin x .

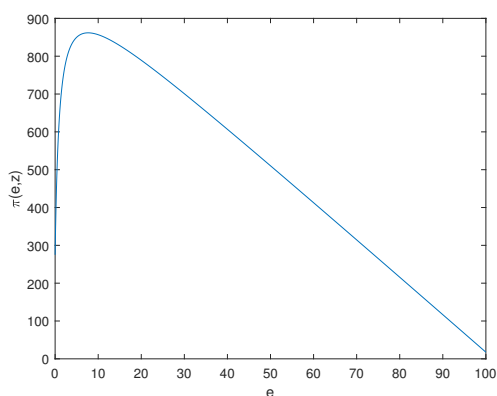


Obr. 2.1: Závislost zisku na marketingu. Obr. 2.2: Závislost ceny mezi cenou za marketing a množstvím objednaných novin.

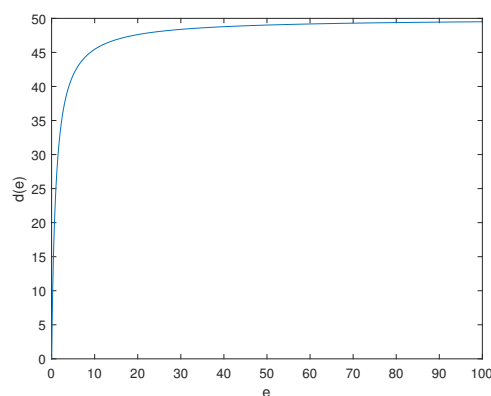
Z obrázku 2.1 je patrné, že prodejci roste zisk až doby, než dosáhne optimálního množství k objednání $x^* \doteq 84$, tím uspokojí poptávku a s každým dalším nakoupeným kusem novin by mu prudce klesal zisk, to je v jisté podobě ukázáno i na obrázku 2.2, který ukazuje, že v případě, kdy by kolportér chtěl objednat více kusů novin než je optimální množství $x^* = 84$ tak by mu prudce stoupaly náklady na marketing (funkce $C(e)$), protože přilákání nových zákazníků se po překročení optimálního marketingu stává těžší a těžší.

Na obrázku 2.3 je znázorněna závislost celkového zisku na vynaloženém marketingu. Graf na obrázku ukazuje, že zisk kolportérovi roste do doby, než marketing dosáhne svého optima $e = 7,66$, poté jeho zisk začíná klesat, protože na přilákání nových zákazníků by musel vynakládat stále větší a větší finanční zdroje.

A na obrázku 2.4 je zobrazena funkce poptávky $d(e)$. Z grafu je patrné, že se jedná o rostoucí konkávní funkci, její vlastnosti tedy splňují požadavky z části (2.1.1). Funkce



Obr. 2.3: Závislost zisku na marketingu.



Obr. 2.4: Funkce $d(e)$.

Dále je z obrázků patrné, že funkce $\pi(e, z)$, kde $z = x - d(e)$, je rostoucí do doby dosáhnutí optimálního množství novin $x^* = 84$ a optimálního marketingu $e^* = 7,66$. Dále je zřejmé, že se jedná o funkci konkávní a tedy v nalezených optimech e^* a x^* se nachází globální extrém (maximum) zisku.

3 Aplikace

Tato kapitola se věnuje aplikacím úlohy kolportéra novin s marketingem na dodavatelský řetězec a aplikacím samotného marketingu. Cachon v [2] uvádí několik možností, jak prodejce může svůj produkt zviditelnit. Jako první uvádí snížení ceny produktu, dále najmutí více prodávačů, koupení reklamy na produkt nebo změnu prodejního místa atd. Možností na zviditelnění produktu je tedy dostatek, problémem však je, že mohou být finančně nákladná. Nastává zde tedy konflikt mezi výrobcem a prodejcem, protože obě strany chtějí prodat co největší množství, ale jen jedna k tomu vynakládá své zdroje. Jako řešení tohoto problému Cachon uvádí sdílení nákladů na marketing mezi výrobcem a prodejcem. K dosažení optimálních prodejů musí tedy dojít k jisté formě spolupráce mezi výrobcem a prodejcem. Tím jaká tato spolupráce může být se právě zabývá tato kapitola.

Poplatek za umístění

Wang a kol. se v [24] zabývají tím jak prodejce může vyžadováním poplatku za umístění (nebo-li takzvaného regálního), a tedy v podstatě vynucením jisté formy spolupráce, ovlivňovat další články dodavatelského řetězce (mezi tyto články počítají samotného prodejce a dále výrobce a jeho zaměstnance a zákazníky). Regálné bývá často kritizováno jako neetické vykořisťování malých výrobců velkými prodejci. Nicméně ačkoliv by se na první pohled mohlo zdát, že větší finanční zátěž výrobce se projeví zvýšením ceny, tak Wang a kol. ukazují, že regálné může nejenom zvýšit zisky prodejci, ale i výrobní objem, což snižuje prodejní cenu. Protože obchody a média, kde se poplatek za umístění běžně vyskytuje, mají společné charakteristiky s úlohou kolportéra novin, tak problém tohoto poplatku zkoumají právě na úloze kolportéra novin. Ve své práci srovnávají případy, kdy je poptávka nezávislá na marketingu a kdy je závislá na vynaloženém marketingu. Zároveň zkoumají různé možnosti nákupu produktu prodejcem, jako např. ponechání pevné prodejní ceny, která závisí na nákupní ceně produktu od výrobce. Jako další možnosti uvádí kombinaci pevné prodejní ceny a implementování poplatku za umístění nebo zpětný výkup neprodaného zboží výrobcem a jako poslední možnost uvádí kombinaci všech tří variant. A na těchto čtyřech případech zkoumají jak se model chová bez využití marketingu a s využitím marketingu.

Z jejich výsledků vychází, že model s poplatkem za umístění a pevnou cenou je pro dodavatelský řetězec lepší, než model, kde je jen pevná prodejní cena. Dále však ukazují, že model, ve kterém jsou zkombinovány všechny tři možnosti, tedy pevná prodejní cena, poplatek za umístění a výkup neprodaného zboží zlepšuje efektivitu dodavatelského řetězce ještě lépe.

Srovnání jednotlivých modelů ukazují pro názornost na numerických výsledcích, z nichž vyplývá, že zatímco případy, kde nejsou zahrnuty všechny tři možnosti, nedokáží ideálně pracovat ani s případem, kdy v modelu kolportéra není zahrnut marketing, tak možnost s pevnou prodejní cenou, poplatkem za umístění a možností zpětného výkupu dokáže velice dobře zapracovat do úlohy kolportéra novin i marketing, a proto se dále soustředí jen na tento případ, pro který ukazují, že má lepší vlastnosti, než většina modelů, které se v literatuře využívají.

Farmaceutický průmysl

Narayana a kol. v [18] zkoumají úlohu marketingu v indickém farmaceutickém průmyslu a přesněji ve zpětné logistice (v angličtině reverse logistics).

Uvádí, že 50-80% indické populace nemá přístup k základním lékům, je proto důležité, aby se léky staly přístupnější pro většinu obyvatel. Běžnými prostředky jak tohoto dosáhnout jsou přísné regulace cen ze strany vlády. Taková opatření ovšem mohou bránit průmyslu, aby byl ziskový. K tomu je navíc Indie brána jako země s levnou pracovní silou, čehož využívají jak domácí tak zahraniční společnosti, a to napomáhá silnému znečišťování. Znečištění napomáhá také neefektivní nakládání s průmyslovým odpadem či chybějící zpětná logistika. A právě absence zpětné logistiky vede např. k nepovoleným skládkám farmaceutického odpadu, které mají další environmentální dopady. Autoři v [18] se proto soustředí na dodavatelský řetězec ve farmacii a na zpětnou logistiku, jelikož efektivní přemístění či bezpečné zlikvidování farmaceutických produktů může pomoci potřebným trhům dosáhnout na léky za stejnou či nižší cenu. Zároveň tato strategie může zmírnit environmentální dopady i ekonomické ztráty.

Problém se kterým se potýkají rozdělují na čtyři části a vypadá následovně:

1. **Atraktivnost trhu:** Neustálý marketing zvyšuje celkové prodeje produktů, což zvyšuje atraktivitu trhu pro další výrobce a tedy se zvýší celkové dodávky léků k prodeji
2. **Cena produktu:** Tím jak je najedou více výrobců, tak se zvýší dodávky na trh a sníží se nedostatek léků. To vede ke snižování ceny, nicméně díky velkému růstu poptávky kvůli neustálému marketingu zůstává rozdíl mezi poptávkou a zásobami což ústí v postupné zvyšování ceny.
3. **Regulace a obchodní dohody:** Malá regulace trhu a opožděné náhrady za staré produkty zpomalují povinné navrácení prošlého zboží. To vede k přehlcení trhu, prošlými léky, zejména ne moc známých výrobců.
4. **Vrácení a přemístění farmaceutických produktů:** Přehlcení trhu může zmírnit efektivní nakládání se zbožím, kterému se blíží datum spotřeby. Pro-

dejci takové zboží mohou přemístit, přeprodat či darovat na trhy, kde jsou léky více potřebné. Toto je ovšem závislé na vnitřní politice a regulacích vlády, což ale v současné Indii chybí.

Jde tedy vidět, že se zvyšováním marketingu se zvyšuje atraktivnost celého trhu, tím dochází k většímu konkurenčnímu boji, kde chce každý zvyšovat své prodeje, to ale nakonec vede k přebytku prošlých léků. Prošlé léky poté prodejci vrací zpět výrobci a dostanou nazpět za ně peníze. Kvůli chybějícím opatřením jsou však výrobci zdráhaví k odběru léků, kterým se blíží datum spotřeby, takové léky by mohli dále přerozdělovat nebo přeprodávat, což by mohlo vést ke redukci odpadu a mohlo by to pomoci potřebnějším vrstvám společnosti.

Na následujících obrázcích Narayana a kol. ukazují některé závislosti, které na trhu fungují. Na obrázku 3.1 je závislost objemu prodeje na marketingu a je patrné, že prodeje rostou společně s marketingem jen do určité doby (na grafu do doby než je marketing roven přibližně jedné), poté prodeje začínají stagnovat i navzdory většímu marketingu. Na obrázku 3.2 je znázorněna souvislost mezi tlakem k navrácení zboží k likvidaci a reálné návratnosti zboží. A na obrázku 3.3 ukazují souvislost potenciálního zisku na atraktivnosti trhu. Pro bližší vysvětlení je čtenářům doporučeno si přečíst článek od Narayana a kol. [18].

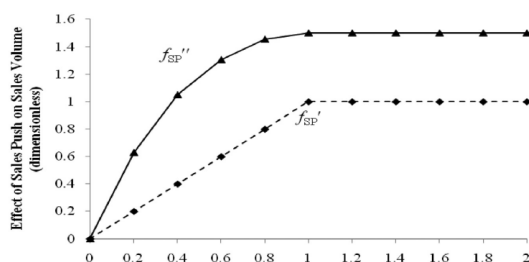
Narayana a kol. navrhuji několik změn, které by měl indický farmaceutický průmysl podstoupit, aby celý systém fungoval lépe. Zmiňují, že sdílení rizik a vylepšení zpětné vazby v distribuční síti mohou rychleji ukázat na nadbytečné zboží a minimalizovat vrácení prošlých produktů. Přemisťováním léků z oblastí, kde je jich nadbytek do míst s nedostatkem, mohou výrobci snížit environmentální dopady a náklady na likvidaci prošlých léků. Model, který navrhuji poskytuje dostatečný rozsah pro zakomponování informací ze zpětné vazby skrze nelineární funkci zobrazující dopad relativního deficitu na ceny.

Aby se situace zlepšila, muselo by docházet k lepší spolupráci mezi výrobcí, prodejci a vládou. Úlohou marketingu nemusí být tedy jen slepé zvyšování zisků, ale může také posloužit k informování veřejnosti, která si na základě těchto informací může zlepšit životní podmínky.

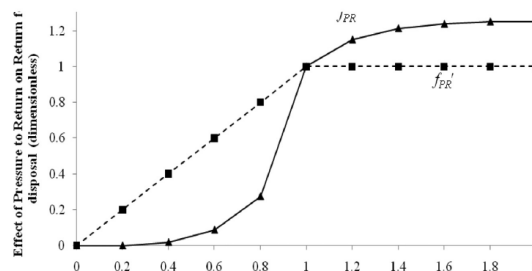
Odpadové hospodářství

O další uplatnění marketingu v běžném životě se zajímají Šomplák a kol. v [21]. Ve své práci se zabývají implementováním strategie oběhového hospodářství⁷ do komu-

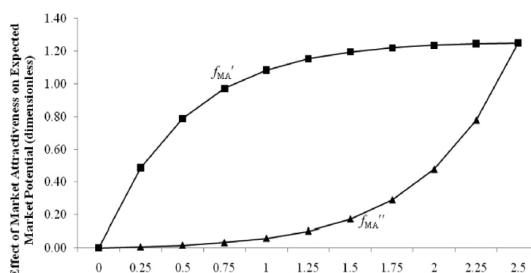
⁷Jedná se o strategii udržitelného rozvoje, která má za cíl zlepšovat kvalitu životního prostředí a lidského života.



Obr. 3.1: Závislost objemu prodeje na marketingu [18].



Obr. 3.2: Závislost tlaku na vracení zboží k likvidaci na reálné návratnosti zboží [18].



Obr. 3.3: Závislost potenciálního zisku na atraktivnosti trhu na marketingu [18].

nálního odpadového hospodářství. Autoři navrhuji postup, jak pomocí marketingu ovlivnit produkci odpadů a investice do recyklování.

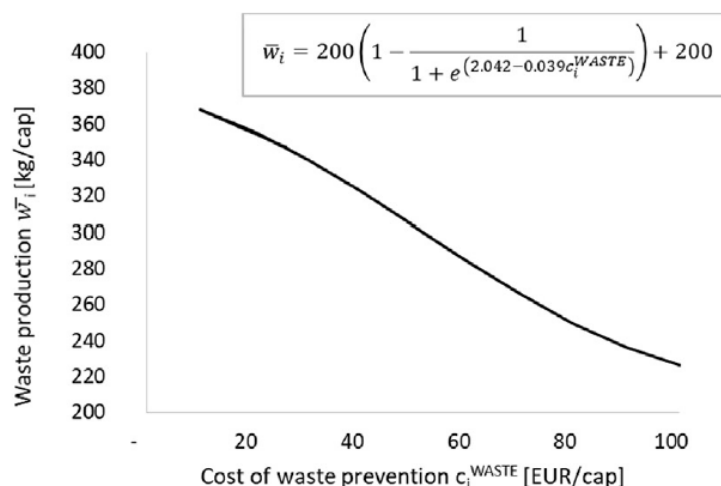
Mezi klíčové faktory ovlivňující produkci odpadů patří vzdělávací a enviromentální programy, jelikož množství odpadů je ovlivněno informovaností a ochotou veřejnosti nebo nedostatkem relevantních informací. Čím větší část populace si bude vědoma problémů s odpadem, tím je větší šance, že se lidé začnou snažit o snížení množství odpadů, které vyprodukují. Je také důležité, aby u vytvořeného odpadu docházelo k recyklaci, jelikož produkci odpadu se nelze zcela vyhnout. Je tedy potřebné, aby si lidé byli vědomi situace a třídili odpad. Závislost efektivity třídění na investicích do recyklování autoři rozdělují do tří fází.

1. Je finančně výhodné recyklovat (mohlo by se jednat např. o zpětné získávání drahých kovů z elektroniky).
2. Je možné zvýšit podíl tříděného odpadu pomocí investic do infrastruktury a zvýšení společenské povědomí o výhodách recyklace pro životní prostředí.
3. Podíl recyklace dospěje k technologickým omezením.

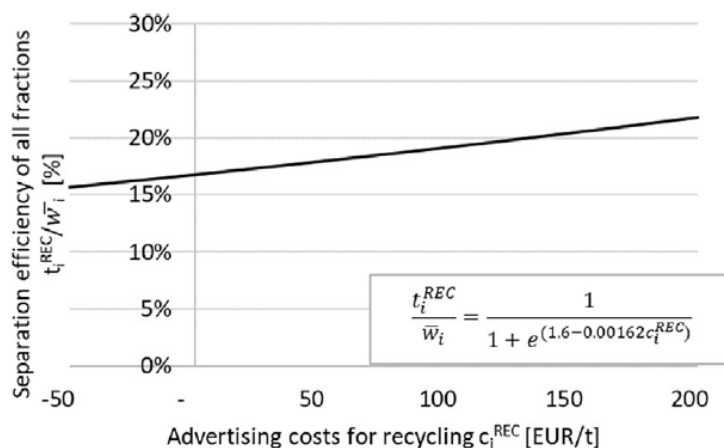
Mezi prevenci vytváření odpadu počítají autoři možnosti investování do marke-

tingu za účelem vytváření dalších sběrných míst⁸, náklady na zálohy na skleněné lahve případně na PET lahve, náklady na vzdělávací programy do škol atd.

Účinnost marketingu na zvyšování recyklace autoři popisují pomocí logistických funkcí a ukazují různé závislosti jako např. na obrázku 3.4 závislost produkce odpadu na nákladech spojených s prevencí vytváření odpadů nebo na obrázku 3.5 závislost efektivity třídění na nákladech pro podporu recyklování.



Obr. 3.4: Závislost množství odpadu na ceně za snahu o snižování množství odpadu [21].



Obr. 3.5: Závislost efektivity třídění na nákladech pro podporu recyklování [21].

⁸Např. větší množství popelnic na tříděný odpad atp.

Z grafů je zřejmé, že se zvyšováním nákladů na prevenci vytváření odpadu klesá celkové množství vyprodukovaného odpadu a také se zvyšuje efektivita třídění. Pro oba grafy jsou využita reálná data. Pro více informací (např. co znamenají jednotlivé parametry logistických funkcí) je čtenáři doporučeno přečtení studie Šompláka a kol. [21].

Stejně jako v případě farmaceutického průmyslu, tak i tady marketing slouží spíše pro informační účely než pro zvyšování zisku jedné strany. Jedná se tedy o mocný nástroj, díky kterému je možné zlepšit životní podmínky všech obyvatel.

Závěr

Tato práce měla za cíl zkoumat modifikovanou úlohu kolportéra novin. Jako modifikace bylo zvoleno rozšíření základní úlohy o marketing.

První kapitola byla věnována popisu základní úlohy a seznámení čtenáře s principem této úlohy. Dále byly zmíněny některé další modifikace, kterými lze úlohu rozšířit.

Druhá kapitola se věnovala hlavní myšlence této práce. Je v ní popsáno rozšíření základní úlohy kolportéra novin o marketing. Je demonstrován způsob nalezení optimálního řešení za účelem maximalizace zisku kolportéra, a to pro dvě podoby poptávky (aditivní a multiplikativní). Dále je v této kapitole uveden příklad s numerickými výsledky pro aditivní podobu poptávky s lineárně lomenou funkcí na tomto případě jsou předvedeny grafické závislosti zisku na celkovém objednaném množství novin a na vynaloženém marketingu. Tyto závislosti byly vytvořeny v prostředí MATLABu.

Třetí kapitola je poté věnována způsobu jakým je marketing implementován v reálném životě. Jsou zmíněny způsoby použití v oblasti obchodu, farmacie a odpadovém hospodářství. Z těchto aplikací lze vidět, že marketing je důležitou součástí v rozhodovacím procesu a je žádoucí pokračovat v dalším výzkumu jeho vlivu na běžný život.

Tato práce vznikla za podpory projektu “Výpočtové simulace pro efektivní nízkoemisní energetiku“ reg. č.: CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_026/0008392 financovaného z OP VVV, Prioritní osy 1: Posilování kapacit pro kvalitní výzkum.

Literatura

- [1] ARROW, Kenneth J., Theodore HARRIS a Jacob MARSCHAK. Optimal Inventory Policy. *Econometrica* [online]. The Econometric Society, 1951, 19(3), 250-272 [cit. 2020-06-02]. DOI: 10.2307/1906813. ISSN 00129682.
- [2] CACHON, G.P. Supply Chain Coordination with Contracts. *Handbooks in Operations Research and Management Science* [online]. 2003, 11(C), 227-339 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1016/S0927-0507(03)11006-7. ISBN 9780444513281. ISSN 09270507.
- [3] DAI, Jiansheng a Weidong MENG. A risk-averse newsvendor model under marketing-dependency and price-dependency. *International Journal of Production Economics*. 2015, 160, 220-229. DOI: 10.1016/j.ijpe.2014.11.006. ISSN 09255273. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527314003569> .
- [4] EDGEWORTH, Francis Ysidro. The mathematical theory of banking. *Journal of Royal Statistical Society* 51, 1888.
- [5] GERCHAK, Yigal a Mahmut PARLAR. A single period inventory problem with partially controllable demand. *Computers & Operations Research* [online]. Elsevier B.V, 1987, 14, 1 [cit. 2020-04-15]. ISSN 0305-0548.
- [6] HARRIS, Ford Whitman. How many parts to make at once. *The Magazine of Management* 10.2, 1913.
- [7] HE, Yong, Xuan ZHAO, Lindu ZHAO a Ju HE. Coordinating a supply chain with effort and price dependent stochastic demand. *Applied Mathematical Modelling* [online]. Elsevier, 2009, 33(6), 2777-2790 [cit. 2020-04-10]. DOI: 10.1016/j.apm.2008.08.016. ISSN 0307-904X.
- [8] HRABEC, Dušan, Pavel POPELA, Jan NOVOTNÝ a Asmund OLISTAD. A note on the newsvendor problem with pricing. In *Proceedings of 18th International Conference on Soft Computing MENDEL*, 2012, 410–415, ISBN 978-80-214-4540-6.
- [9] HRABEC, D. Mathematical Programs for Dynamic Pricing - Demand Based Management. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 119s. Vedoucí disertační práce prof. Kjetil Kare HAUGEN, PhD
- [10] CHENG, Yongsheng, Hongyan LI a Anders THORSTENSON. Advance selling with double marketing efforts in a newsvendor framework. *Computers &*

- Industrial Engineering [online]. Elsevier, 2018, 118, 352-365 [cit. 2020-04-17]. DOI: 10.1016/j.cie.2018.03.006. ISSN 0360-8352.
- [11] KARLIN, S a S.R. Carr. Prices and Optimal Inventory Policy”. In: Studies in Applied Probability and Management Science (1962), pp. 299–336.
 - [12] KHOUJA, Moutaz. The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. Omega [online]. Elsevier, 1999, 27(5), 537-553 [cit. 2020-04-10]. DOI: 10.1016/S0305-0483(99)00017-1. ISSN 0305-0483.
 - [13] KRISHNAN, Harish, Roman KAPUSCINSKI a David A. BUTZ. Coordinating Contracts for Decentralized Supply Chains with Retailer Promotional Effort. Management Science [online]. 2004, 50(1), 48-63 [cit. 2020-04-15]. DOI: 10.1287/mnsc.1030.0154. ISSN 0025-1909.
 - [14] LIU, Shaoxuan, Kut C. SO a Fuqiang ZHANG. Effect of Supply Reliability in a Retail Setting with Joint Marketing and Inventory Decisions. Manufacturing & Service Operations Management [online]. 2010, 12(1), 19-32 [cit. 2020-04-30]. DOI: 10.1287/msom.1080.0247. ISSN 1523-4614.
 - [15] MA, Peng, Kevin W. LI a Zhou-Jing WANG. Pricing decisions in closed-loop supply chains with marketing effort and fairness concerns. International Journal of Production Research. 2017, 55(22), 6710-6731. DOI: 10.1080/00207543.2017.1346324. ISSN 0020-7543. Dostupné také z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2017.1346324>
 - [16] MILLS, Edwin S. Uncertainty and Price Theory. The Quarterly Journal of Economics [online]. Harvard University Press, 1959, 73(1), 116-130 [cit. 2020-03-22]. DOI: 10.2307/1883828. ISSN 00335533.
 - [17] MORSE, Philip M., George E. KIMBALL. Methods of operations research, 1951.
 - [18] NARAYANA, Sushmita A, Rupesh K PATI a Sidhartha S PADHI. Market dynamics and reverse logistics for sustainability in the Indian Pharmaceuticals industry. Journal of Cleaner Production [online]. Elsevier, 2019, 208, 968-987 [cit. 2020-06-12]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.171. ISSN 0959-6526.
 - [19] PETRUZZI, Nicholas C. a Maqbool DADA. Pricing and the Newsvendor Problem: A Review with Extensions. Operations Research [online]. Operations Research Society of America, 1999, 47(2), 183-194 [cit. 2020-04-10]. DOI: 10.1287/opre.47.2.183. ISSN 0030364X.

- [20] SANA, Shib Sankar. Optimal contract strategies for two stage supply chain. *Economic Modelling* [online]. Elsevier B.V, 2013, 30, 253 [cit. 2020-04-17]. ISSN 0264-9993.
- [21] ŠOMPLÁK, Radovan, Jakub KŮDELA, Veronika SMEJKALOVÁ, Vlastimír NEVRILÝ, Martin PAVLAS a Dušan HRABEC. Pricing and advertising strategies in conceptual waste management planning. *Journal of Cleaner Production* [online]. Elsevier, 2019, 239 [cit. 2020-06-17]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118068. ISSN 0959-6526.
- [22] TAAFFE, Kevin, Joseph GEUNES a H. Edwin ROMELIJN. Target market selection and marketing effort under uncertainty: The selective newsvendor. *European Journal of Operational Research* [online]. Elsevier B.V, 2008, 189(3), 987-1003 [cit. 2020-04-15]. DOI: 10.1016/j.ejor.2006.11.049. ISSN 0377-2217.
- [23] TAYLOR, Terry A. Sale Timing in a Supply Chain: When to Sell to the Retailer. *Manufacturing & Service Operations Management* [online]. 2006, 8(1), 23-42 [cit. 2020-04-15]. DOI: 10.1287/msom.1050.0089. ISSN 1523-4614.
- [24] WANG, Y-y, H-s LAU a J-c WANG. Defending and improving the 'slotting fee': how it can benefit all the stakeholders dealing with a newsvendor product with price and effort-dependent demand. *Journal of the Operational Research Society* [online]. Taylor & Francis, 2012, 63(12), 1731-1751 [cit. 2020-06-12]. DOI: 10.1057/jors.2011.111. ISSN 0160-5682. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1057/jors.2011.111>
- [25] WILSON, R. H. A scientific routine for stock control. *Harvard Business Review* 13, 1934.
- [26] XU, Xiaolin, Xiaoqiang CAI a Youhua CHEN. Unimodality of price-setting newsvendor's objective function with multiplicative demand and its applications. *International Journal of Production Economics* [online]. Elsevier B.V, 2011, 133(2), 653-661 [cit. 2020-04-15]. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.05.013. ISSN 0925-5273.
- [27] YANG, Shilei, Charles L MUNSON, Bintong CHEN a Chunming SHI. Coordinating contracts for supply chains that market with mail-in rebates and retailer promotions. *Journal of the Operational Research Society* [online]. Taylor & Francis, 2015, 66(12), 2025-2036 [cit. 2020-04-16]. DOI: 10.1057/jors.2014.127. ISSN 0160-5682. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1057/jors.2014.127>

Příloha A

Pomocné výpočty

A.1. (1.1)→(1.2)

$$\begin{aligned}\Pi(x) &= \int_x^B [px - cx - s(t - x)] f(t) dt + \int_A^x [pt - cx + v(x - t)] f(t) dt \\&= \int_x^B [px - cx - s(t - x)] f(t) dt + \int_A^x [p(t + x - x) - cx + v(x - t)] f(t) dt \\&= (p - c)x \int_x^B f(t) dt - s \int_x^B (t - x) f(t) dt + (p - c)x \int_A^x f(t) dt - p \int_A^x (x - t) f(t) dt + \\&= v \int_A^x (x - t) f(t) dt \\&= (p - c)x[F(B) - F(x)] - s \int_x^B (t - x) f(t) dt + (p - c)x[F(x) - F(A)] - \\&- p \int_A^x (x - t) f(t) dt + v \int_A^x (x - t) f(t) dt \\&= (p - c)x - (p - v) \int_A^x (x - t) f(t) dt - s \int_x^B (t - x) f(t) dt\end{aligned}$$

A.2. (2.5)→(2.6)

$$\begin{aligned}
\Pi(e, z) &= \int_z^B [(p-c)(z+d(e)) - s(t-z) - C(e)] f(t)dt + \\
&\quad + \int_A^z [p(d(e)+t) - c(z+d(e)) + v(z-t) - C(e)] f(t)dt \\
&= \int_z^B [(p-c)(z+d(e)) - s(t-z) - C(e)] f(t)dt + \\
&\quad + \int_A^z [p(d(e)+z-z+t) - c(z+d(e)) + v(z-t) - C(e)] f(t)dt \\
&= (p-c)(z+d(e)) [F(B) - F(z)] - s \int_z^B (t-z)f(t)dt - C(e) [F(B) - F(z)] + \\
&\quad + (p-c)(z+d(e)) [F(z) - F(A)] + p \int_A^z (t-z)f(t)dt + v \int_A^z (z-t)f(t)dt - \\
&\quad - C(e) [F(z) - F(A)] \\
&= (p-c)(z+d(e)) - s \int_z^B (t-z)f(t)dt + p \int_A^z (t-z)f(t)dt + \\
&\quad + v \int_A^z (z-t)f(t)dt - C(e) \\
&= (p-c)(z+d(e)) - s \left[[(t-z) - F(t)]_z^B - \int_z^B F(t)dt \right] + \\
&\quad + p \left[[(t-z) - F(t)]_A^z - \int_A^z F(t)dt \right] + v \left[[(z-t) - F(t)]_A^z - \int_A^z F(t)dt \right] \\
&= (p-c)(z+d(e)) - s \left[B - z - \int_z^B F(t)dt \right] - p \int_A^z F(t)dt + v \int_A^z F(t)dt - C(e) \\
&= (p-c)(z+d(e)) - s \int_z^B (1 - F(t))dt - (p-v) \int_A^z F(t)dt - C(e)
\end{aligned}$$

A.3. (2.6)→(2.7)

Když označíme primitivní funkci k funkci distribuční $F(\cdot)$ jako $M(\cdot)$ a tedy:

$\int F(\cdot) = M(\cdot)$ tak střední hodnotu (2.6) můžeme vyjádřit následujícím tvarem:

$$\Pi(e, z) = (p-c)(z+d(e)) - s [B - z - M(B) + M(z)] - (p-v) [M(z) - M(A)] - C(e)$$

Následnou derivací $\frac{\partial \Pi(e, z)}{\partial z}$ dostáváme rovnici (2.7)

$$\frac{\partial \Pi(e, z)}{\partial z} = p - c + s - sF(z) - pF(z) + vF(z)$$

A.4. (2.16)→(2.17)

$$\begin{aligned}
\Pi(e, z) &= \int_z^B [pzd(e) - czd(e) - sd(e)t + szd(e) - C(e)] f(t)dt + \\
&\quad + \int_A^z [pd(e)t - czd(e) + vzd(e) - vd(e)t - C(e)] f(t)dt \\
&= (p - c + s)zd(e) \int_z^B f(t)dt - sd(e) \int_z^B tf(t)dt - C(e) \int_z^B + \\
&\quad + (v - c)zd(e) \int_A^z f(t)dt + (p - v)d(e) \int_A^z tf(t)dt - C(e) \int_A^z f(t)dt \\
&= (p - c + s)zd(e) [F(B) - F(z)] - sd(e) \left[[tF(t)]_z^B - \int_z^B F(t) \right] - \\
&\quad - C(e)[F(B) - F(z)] + (v - c)zd(e)[F(z) - F(A)] + \\
&\quad + (p - v)d(e) \left[[tF(t)]_A^z - \int_A^z F(t)dt \right] - C(e)[F(z) - F(A)] \\
&= (p - c + s)zd(e) [F(B) - F(z)] - sd(e)(B - zF(z)) + sd(e) \int_z^B F(t)dt + \\
&\quad + (v - c)zd(e) [F(z) - F(A)] + (p - v)zd(e)F(z) - \\
&\quad - (p - v)d(e) \int_A^z F(t)dt - C(e) \\
&= (p - c + s)zd(e) - sd(e)B + sd(e) \int_z^B F(t)dt - (p - v)d(e) \int_A^z F(t)dt - C(e) \\
&= (p - c)zd(e) - sd(e) \int_z^B [1 - F(t)]dt - (p - v) \int_A^z F(t)dt - C(e)
\end{aligned}$$