https://doi.org/10.24132/jbt.2018.8.3.32_38

NAVRHOVÁNÍ DODAVATELSKÝCH SÍTÍ METODOU DE NOVO DESIGN OF SUPPLY NETWORKS BY DE NOVO METHOD

Petr Fiala[1], Renata Majovská[2]

[1] Prof. RNDr. Ing. Petr Fiala, CSc., MBA, University of Economics, Faculty of Informatics and Statistics, pfiala@vse.cz
[2] PaedDr. Renata Majovska, PhD., University of Finance and Administration, Faculty of Economic Studies, renata.majovska@mail.vsfs.cz

Abstract: Multi-objective supply network design problem is formulated and solved by De Novo approach. The suitability of supply chains can be measured by multiple objectives, such as economic, environmental, social, and others. Traditional concepts of optimality focus on valuation of already given systems. Multi-objective linear programming (MOLP) is a model of optimizing a given system by multiple objectives. In MOLP problems it is usually impossible to optimize all objectives together in a given system. As a methodology of optimal system design can be employed De Novo MOLP for reshaping feasible sets in linear systems. Innovations bring improvements to the desired objectives and the better utilization of available resources.

Keywords: supply network, de Novo approach

JEL Classification: C60

ÚVOD

Management dodavatelských sítí vyvolává značný zájem jak manažerů, tak výzkumníků. Management dodavatelských sítí využívá řadu přístupů, které byly vyvinuty v několika oborech, jako je marketing, informační systémy, ekonomika, systémová dynamika, logistika, operační management a operační výzkum. Existuje mnoho konceptů a strategií používaných při navrhování a řízení dodavatelských sítí (viz Simchi-Levi aj., 2008, Ayers, 2006). Rostoucí význam integrace dodavatelských sítí představuje výzvu pro výzkum, aby se soustředila větší pozornost na modelování dodavatelských sítí (viz Tayur aj., 2012). V chování dodavatelských sítí existuje mnoho neefektivností. Sdílení informací v dodavatelských sítích může přispět ke snížení neefektivnosti (viz Fiala, 2005).

Dodavatelské sítě jsou tvořeny vrstvami dodavatelů, výrobců, distributorů, prodejců a zákazníků. Mezi dvěma sousedními vrstvami se uskutečňuje obchodování. Dodavatelská síť se dá modelovat jako úloha matematického programování, kdy se hledá optimální materiálový tok mezi vrstvami potenciálních členů dodavatelské sítě. Spojité proměnné budou vyjadřovat velikosti toků a bivalentní proměnné budou vyjadřovat vybudování částí dodavatelské sítě. Celý model je potom úlohou smíšeného lineárního programování a je možno ji řešit standardními metodami. Úlohu je však možno zavedením pružných omezení přeformulovat na úlohu programování De Novo a uvažovat omezení rozpočtem.

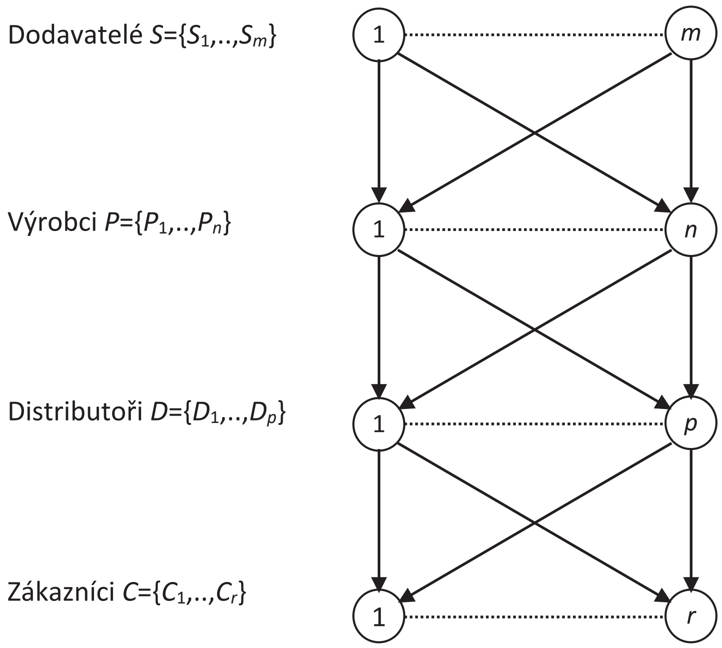
Tradiční pojmy optimality se zaměřují na hodnocení již daných systémů. Vícekriteriální lineární programování (MOLP) je model optimalizace daného systému pomocí více kritérií. U problémů MOLP je obvykle nemožné optimalizovat všechna kritéria současně v daném systému. Kompromis znamená, že nelze dosáhnout vyšší úrovně spokojenosti s hodnotou jednoho kritéria, aniž bychom ji snížili pro jiné kritérium. Kompromisy jsou vlastnostmi nesprávně navrženého systému a mohou být odstraněny navržením lepšího systému. Účelem není měřit a vyhodnocovat kompromisy, ale minimalizovat je nebo dokonce eliminovat. Optimální systém by měl být bez kompromisů. Je použita nová koncepce navrhování optimálních systémů (Zelený, 1990). Jako metodiku optimálního navrhování systému lze použít metodu De Novo pro změnu množin přípustných řešení v lineárních systémech (viz Zelený, 2010). Podstata metody De Novo spočívá v uvolnění pravých stran omezení, kdy jejich hodnoty jsou brány jako proměnné a je hledáno takové řešení, které by dosáhlo požadovaných hodnot kritérií při minimálním nároku na požadovaný rozpočet. Článek představuje přístupy řešení vícekriteriálních problémů lineárního programování De Novo (MODNLP) při návrhu vícekriteriálních dodavatelských sítí. Tento přístup je založen na reformulování problému MOLP danými cenami zdrojů a požadovaným rozpočtem. Hledání lepšího portfolia zdrojů vede k neustálé rekonfiguraci a přeměně hranic systémů. Technologické inovace přinášejí zlepšení požadovaných hodnot kritérií a lepší využití dostupných zdrojů. Tyto změny mohou vést až k řešením bez kompromisů.

1. FORMULACE PROBLÉMU

Formulujme model dodavatelské sítě. Dodavatelská síť obsahuje čtyři vrstvy. Model je tvořen vrstvou m potenciálních dodavatelů $S = \{ S_1, S_2, \dots, S_m)$, vrstvou n potenciálních výrobců $P = \{ P_1, P_2, \dots, P_n\}$, vrstvou p potenciálních distributorů $D = \{ D_1, D_2, \dots, D_p\}$ a vrstvou r potenciálních zákazníků $C = \{ C_1, C_2, \dots, C_r\}$, struktura sítě je znázorněna na Obr. 1. Mezi těmito vrstvami proudí materiálové toky, proměnné $x_{ij}^{S}, x_{jk}^{P}\ x_{kl}^{D}$ znázorňují velikosti toků mezi jednotlivými úrovněmi. Model obsahuje také bivalentní proměnné y_j^P, které vyjadřují umístění výrobce v místě j, $y_j^P = 1$, nebo neumístění výrobce v místě j, $y_j^P = 0$. Analogicky proměnné y_k^D vyjadřují umístění či neumístění distribučního centra v místě k.

Celkové náklady modelu mají fixní a variabilní složku. Fixní náklady zahrnují náklady na umístění výrobců na potenciální místa $P_1, P_2, \dots P_n$ a umístění distributorů na potenciální místa $D_1, D_2, \dots D_p$. Variabilní náklady jsou pak tvořeny náklady na tok od počátečních dodavatelů ke koncovým zákazníkům. Cílem modelu je nalezení optimální dodavatelské sítě při minimálních celkových nákladech.

Obr. 1: Model dodavatelské sítě



Zdroj: Autoři

Matematický model

Zavedeme značení:

a_i = kapacity dodavatele i,

b_j = kapacity výrobce na místě j,

w_k = kapacity distribučního centra zřízeného v místě k,

d_l = velikost poptávky zákazníka l.

https://doi.org/10.24132/jbt.2018.8.3.32_38

f_j^P = fixní náklady zřízení výrobce na místě j,

f_k^D = fixní náklady zřízení distribučního centra na místě k,

c_{ij}^S = jednotkové dopravní náklady od S_i do P_j,

c_{jk}^P = jednotkové dopravní náklady od P_j do D_k,

c_{kl}^D = jednotkové dopravní náklady od D_k do C_l,

e_{ij}^S = jednotkové znečištění od S_i do P_j,

e_{jk}^P = jednotkové znečištění od P_j do D_k,

e_{kl}^D = jednotkové znečištění od D_k do C_l,

x_{ij}^S = počet jednotek produktu dopravovaných od S_i do P_j,

x_{jk}^P = počet jednotek produktu dopravovaných od P_j do D_k,

x_{kl}^D = počet jednotek produktu dopravovaných od D_k do C_l,

y_j^P = binární proměnné vyjadřující zřízení výrobce v místě j,

Model má dvě kritéria. První z nich vyjadřuje minimalizaci celkových nákladů. Druhý z nich vyjadřuje minimalizaci celkového znečištění životního prostředí:

$$\text{Min } z_1 = \sum_{j=1}^{n} f_j^P y_j^P + \sum_{k=1}^{p} f_k^D y_k^D + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}^S x_{ij}^S + \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{p} c_{jk}^P x_{jk}^P + \sum_{k=1}^{p}\sum_{l=1}^{r} c_{kl}^D x_{kl}^D \qquad (1)$$

$$\text{Min } z_2 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} e_{ij}^S x_{ij}^S + \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{p} e_{jk}^P x_{jk}^P + \sum_{k=1}^{p}\sum_{l=1}^{r} e_{kl}^D x_{kl}^D \qquad (2)$$

Za podmínek:

- nepřekročení kapacit dodavatelů

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^S \le a_i, i = 1, 2, \ldots, m, \qquad (3)$$

- nepřekročení kapacit výrobců

$$\sum_{k=1}^{p} x_{jk}^P \le b_j y_j^P, j = 1, 2, \ldots, n, \qquad (4)$$

- nepřekročení kapacit distribučních center

$$\sum_{l=1}^{r} x_{kl}^D \le w_k y_k^D, k = 1, 2, \ldots, p, \qquad (5)$$

- uspokojení poptávky zákazníků

$$\sum_{k=1}^{p} x_{kl}^D \le d_l, l = 1, 2, \ldots, r, \qquad (6)$$

- přípustnosti toků u výrobců

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^S - \sum_{k=1}^{p} x_{jk}^P \ge 0, j = 1, 2, \ldots, n, \qquad (7)$$

- přípustnosti toků v distribučních centrech

$$\sum_{j=1}^{n} x_{jk}^P - \sum_{l=1}^{r} x_{kl}^D \ge 0, k = 1, 2, \ldots, p, \qquad (8)$$

$$y_j^P, y_k^D \in \{0, 1\}, x_{ij}^S,\ x_{jk}^P,\ x_{kl}^D \ge 0, \qquad (9)$$

$$i = 1, 2, \ldots, m, j = 1, 2, \ldots, n, k = 1, 2, \ldots, p, l = 1, 2, \ldots, r.$$

Sumace fixních nákladů kapacit u výrobců a v distribučních centrech je možné udělat přes všechna místa. V případě, že v místě nebude zřízen výrobce (distribuční centrum), binární proměnná y_j^P (y_k^D) nabývá hodnoty 0.

Z modelu je vidět, že počátek tvoří dodavatelé, to jsou uzly výchozí. Naopak konečné uzly tvoří zákazníci. Výrobci a distribuční centra zde tvoří uzly, kterými zboží jen prochází. V případě, že se pak liší celkový objem příchozího zboží do uzlu a celkový odchozí objem z uzlu, vznikají v systému další

náklady. Jedná se např. o skladovací náklady a další ztráty a škody způsobené při výrobě, skladování nebo převozu. Poloha výrobců a distribučních center pak v modelu může být odvozena od polohy dodavatelů a zákazníků a snadnosti přístupu k nim. Tato „snadnost“ je v modelu poměřována výší nákladů spojenou s dopravou mezi články.
Model dodavatelské sítě je úlohou vícekriteriálního lineárního programování (MOLP), kterou je možno řešit řadou metod (Steuer, 1986). Z těchto metod se s úspěchem používají tzv. interaktivní metody, které jsou založeny na dialogu řešitele a rozhodovatele. Jednoduchou a efektivní interaktivní metodou je např. metoda STEM (Fiala, 2008).

2. OPTIMALIZACE DE NOVO

Pro hodnocení vícekriteriálních dodavatelských sítí byly použity dva modely. Vícekriteriální lineární programování (MOLP) je model optimalizace daného systému podle více kritérií. Vícekriteriální lineární programování De Novo (MODNLP) je model navrhování optimálního systému změnou přípustné množiny.

Vícekriteriální lineární programování (MOLP)

Úloha vícekriteriálního lineárního programování (MOLP) může být formulována následovně

$$\mathbf{z} = \mathbf{Cx} \rightarrow \text{"max"} \tag{10}$$

při omezeních

$$\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}$$
$$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$$

kde **C** je *(k, n)*-matice koeficientů kriteriálních funkcí, **A** je *(m, n)*-matice strukturálních koeficientů, **b** je *m*-vektor známých omezení zdrojů, **x** je n-vektor rozhodovacích proměnných. V problémech MOLP je obvykle nemožné optimalizovat všechna kritéria v daném systému.

Vícekriteriální lineární programování De Novo (MODNLP)

MODNLP je problém pro navrhování optimálních systémů pomocí reformulace množiny přípustných řešení. Při zadaných cenách a zadaném rozpočtu je problém MOLP (10) reformulován na problém MODNLP (11)

$$\mathbf{z} = \mathbf{Cx} \rightarrow \text{"max"} \tag{11}$$

při omezeních

$$\mathbf{Ax} - \mathbf{b} \leq \mathbf{0}$$
$$\mathbf{pb} \leq B$$
$$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$$

kde **b** je *m*-vektor neznámých omezení zdrojů, **p** je *m*-vektor cen zdrojů, a *B* je celkový disponibilní rozpočet.
Z modelu (11) plyne

$$\mathbf{pAx} \leq \mathbf{pb} \leq B. \tag{12}$$

Definováním n-vektoru jednotkových nákladů v = pA je možno přepsat problém (11) do tvaru

$$\mathbf{z} = \mathbf{Cx} \rightarrow \text{"max"} \tag{13}$$

při omezeních

$$\mathbf{vx} \leq \mathrm{B}$$
$$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$$

Řešením jednokriteriálních úloh

$$z^i = \mathbf{c}^i \mathbf{x} \rightarrow \max \qquad \text{pro } i = 1,2,\ldots,k \tag{14}$$

při omezeních

$$\mathbf{vx} \leq \mathrm{B}$$
$$\mathbf{x} \geq 0$$

dostáváme $\mathbf{z}^{\mathbf{OK}}$, což je k-vektor kriteriálních hodnot pro ideální systém s ohledem na rozpočet *B*.
Úlohy (14) jsou spojité tzv. problémy batohu, jejichž řešení jsou

$$x_j^i = \begin{cases} 0, j \neq j_i \\ B/v_{j_i}, j = j_i \end{cases} \tag{15}$$

kde $j_i \in \left\{ j \in (1,...,n) \middle| \max_j (c_j^i / v_j) \right\}$

Problém meta-optima je možno formulovat následovně

$$f = \mathbf{vx} \rightarrow \min \tag{16}$$

při omezeních $\mathbf{Cx} \geq \mathbf{z^*}$

$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$

Problém (16) poskytuje řešení:

$$\mathbf{x^*},\ B^* = \mathbf{vx^*},\ \mathbf{b^*} = \mathbf{Ax^*}. \tag{17}$$

Hodnota B* určuje minimální rozpočet pro dosažení ideálních hodnot **z*** pomocí řešení **x*** a **b***.

Poměr optimální cesty

Pro danou úroveň rozpočtu většinou platí $B \leq B^*$. Poměr optimální cesty pro dosažení nejlepších výsledků pro daný rozpočet B je definován následovně

$$r_1 = \frac{B}{B^*}. \tag{18}$$

Poměr optimální cesty poskytuje efektivní a rychlý nástroj pro optimální návrh velkých lineárních systémů. Návrh optimálních systémů pro rozpočet *B* je určen následovně:

$$\mathbf{x} = r_1\mathbf{x}^*, \mathbf{b} = r_1\mathbf{b}^*, z = r_1\mathbf{z}^* \tag{19}$$

3. APLIKACE METODY DE NOVO NA NAVRHOVÁNÍ DODAVATELSKÝCH SÍTÍ

Přístup De Novo může být užitečný při navrhování vícekriteriálních dodavatelských sítí. Aplikací této metody je možno přeformulovat problém dodáním rozpočtového omezení a optimalizovat dodavatelskou síť jako celek. Kriteriální funkce zůstanou ve stejném tvaru. Změny v modelu nastanou v části s omezujícími podmínkami. Je použita pouze částečná relaxace omezení. Kapacity dodavatelů budeme považovat za neměnné, a tedy se stávají omezeními pevnými. Dalšími omezeními jsou splnění požadavků zákazníků, omezení kapacit dodavatelů a tokové podmínky, zajišťující přípustnost toku v dodavatelské síti. Tyto jsou pak také podmínky pevné. Model předpokládá, že existuje více variant pro umístění výrobců a distribučních center. Každá lokalita je spojena s jinými fixními náklady a jinou kapacitou. Kapacity výrobců a distribučních center budeme považovat za flexibilní, tedy za podmínky volné.

Na základě následujících vzorců jsme odhadli jednotkové náklady na zvýšení kapacity. Tento postup je určitým zjednodušením, protože náklady na vybudování kapacit nerostou spojitě a lineárně s kapacitou:

$p_j^P = \dfrac{f_j^P}{b_j}$ = náklady na jednotku kapacity potenciálního výrobce *j*, (20)

$p_k^D = \dfrac{f_k^D}{w_k}$ = náklady na jednotku kapacity potenciálního distributora *k*. (21)

Zavedli jsme proměnné pro vytvořené kapacity:

u_j^P = proměnná pro flexibilní kapacitu výrobce *j*, (22)

u_k^D = proměnná pro flexibilní kapacitu distributora *k*. (23)

Omezení pro nepřekročení pevných kapacit výrobců a distributorů jsou nahrazena omezeními pro flexibilní kapacity a rozpočtovým omezením. Rozpočet bude omezovat fixní náklady, spojené s lokalizací výrobců a distribučních center:

$$\sum_{k=1}^{p} x_{jk} - u_j^P \leq 0,\ \ j = 1,\ 2,\ ...,\ n, \tag{24}$$

$$\sum_{l=1}^{r} x_{kl} - u_k^D \leq 0, \quad k = 1, 2, ..., p, \tag{25}$$

$$\sum_{j=1}^{n} p_j^P u_j^P + \sum_{k=1}^{p} p_k^D u_k^D \leq B. \tag{26}$$

Vícekriteriální optimalizace může být považována za dynamický proces. Technologické inovace přinášejí zlepšení hodnot požadovaných kritérií a lepší využití dostupných zdrojů. Je zavedena technologická inovační matice **T** = (t_{ij}). Hodnoty prvků strukturní matice **A** by měly být snižovány technologickým pokrokem. Problém (11) je přeformulován do inovačního problému MODNLP (27)

$$z = \mathbf{Cx} \rightarrow \text{"max"} \tag{27}$$

při omezeních $\mathbf{TAx} - \mathbf{b} \leq 0$,

$\mathbf{pb} \leq B$, $\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$.

Přístup De Novo byl testován na případové studii. Navrhuje se dodavatelská síť se 3 potenciálními dodavateli, 3 potenciálními výrobci, 3 potenciálními distributory, 3 zákazníky. Síť je hodnocena podle 2 kritérií, první kritérium je zaměřeno na minimalizaci celkových nákladů a druhé na minimalizaci celkového znečištění životního prostředí. Vstupní údaje pro daný model jsou následující:

Kapacity a_i = 100, i = 1, 2, 3; b_j = 100, j = 1, 2, 3; w_k = 100, k = 1, 2, 3; d_l = 50, l = 1, 2, 3.

Fixní náklady f_1^P = 110, f_2^P = 100, f_3^P = 120, f_1^D = 120, f_2^D = 110, f_3^D = 150.

Jednotkové dopravní náklady a jednotková znečištění jsou uvedeny v tabulkách Tab. 1. a Tab. 2.

Tab. 1: Jednotkové dopravní náklady

c_{ij}^S	1	2	3	c_{jk}^P	1	2	3	c_{kl}^D	1	2	3
1	5	10	6	1	7	5	9	1	8	3	10
2	8	9	7	2	6	8	4	2	6	5	4
3	3	6	8	3	5	7	9	3	7	3	5

Zdroj: Autoři

Tab. 2: Jednotková znečištění

e_{ij}^S	1	2	3	e_{jk}^P	1	2	3	e_{kl}^D	1	2	3
1	4	3	8	1	8	7	9	1	8	6	2
2	8	9	2	2	6	8	4	2	8	9	8
3	7	6	8	3	4	7	9	3	5	3	5

Zdroj: Autoři

Tento model byl řešen různými přístupy. První dva přístupy minimalizují jedno kritérium samostatně. Kompromisní řešení je vypočteno interaktivním přístupem STEM pro úlohy vice-kriteriálního programování a byla použita metoda De Novo. Dále jsou uvedeny nenulové hodnoty proměnných, vyjadřujících počet jednotek produktu dopravovaných mezi jednotlivými vrstvami dodavatelské sítě. Tyto hodnoty jsou uvedeny pro jednotlivé přístupy řešení problému.

Min z_1: $x_{13}^S = 50, x_{31}^S = 100, x_{12}^P = 100, x_{31}^P = 50, x_{12}^D = 50, x_{21}^D = 50, x_{23}^D = 50.$

Min z_2: $x_{12}^S = 100, x_{23}^S = 50, x_{23}^P = 100, x_{31}^P = 50, x_{13}^D = 50, x_{31}^D = 50, x_{32}^D = 50.$

STEM: $x_{11}^S = 58.13, x_{23}^S = 91.87, x_{12}^P = 58.13, x_{31}^P = 91.87, x_{12}^D = 46.87, x_{13}^D = 45, x_{21}^D = 50, x_{22}^D = 3.12, x_{23}^D = 50.$

De Novo: $x_{23}^S = 62.86, x_{32}^S = 87.14, x_{21}^P = 10, x_{23}^P = 77.14, x_{31}^P = 62.86, x_{12}^D = 50, x_{13}^D = 22.86, x_{31}^D = 50, x_{33}^D = 27.14.$

Hodnoty kritérií z1a z2 a rozpočtu B jsou porovnávány podle těchto řešení. De Novo řešení je lepší ve všech hodnotách než řešení získané metodou STEM. De Novo přístup poskytuje lepší řešení v obou kritériích a také s nižším rozpočtem vzhledem k flexibilním omezením kapacity. Kapacita členů dodavatelské sítě byla optimalizována s ohledem na toky v dodavatelské síti a na rozpočet. Výsledky srovnání jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: Výsledky srovnání řešení

	Min z_1	Min z_2	STEM	De Novo
z_1	2460	3490	3070	3000
z_2	3100	1800	2030	2000
B	460	490	460	365.71

Zdroj: Autoři

ZÁVĚR

Problém navrhování vícevrstvých dodavatelských sítí byl formulován jako problém vícekriteriálního lineárního programování, kterou je možné řešit odpovídajícími metodami vícekriteriálního lineárního programování, například interaktivní metodou STEM. Aplikace metody De Novo byla použita pro řešení tohoto problému s tím, že se kapacity u výrobců a distributorů braly jako proměnné a hledaly se jejich hodnoty, které dosahují požadovaných hodnot kritérií při minimalizaci rozpočtu na vytvoření takových kapacit. Metoda de Novo poskytuje lepší řešení než tradiční přístupy aplikované na pevné hodnoty kapacit. Tento postup má v praxi velký význam, protože se neomezuje na optimalizaci daného systému, ale navrhuje optimální systém. Postup je možno uplatnit v řadě aplikací a je jej možno modifikovat. V modelu byly použita ekonomická a environmentální kritéria, ale metodu lze obecně použít pro více kritérií. Technologické inovace přinášejí zlepšení požadovaných hodnot kritérií a lepší využití dostupných zdrojů. Tyto změny mohou vést až k řešením bez kompenzací. Metoda De Novo (DN) je otevřená pro další rozšíření jako je fuzzy DN, intervalová DN, komplexní typy kriteriálních funkcí a souvislé inovace. Model by bylo možno také spojit s modely toků na síti a využít aparátu dynamických toků

Poděkování

Výzkumný projekt je podporován grantem č. P402/12/G097 Grantové agentury České republiky a grantem č. IGA F4/57/2017, Fakulty informatiky a statistiky, VŠE, Praha a grantem č. 7429/2018/08 VŠFS, Praha.

LITERATURA

Ayers, J. B. (2006). *Handbook of Supply Chain Management*. New York: Auerbach Publications.

Fiala, P. (2005). Information sharing in supply chains. *Omega.* 33(4), 419 – 423.

Fiala, P. (2008). *Modely a metody rozhodování*. Praha: Oeconomica.

Fiala, P. (2009). *Dynamické dodavatelské sítě.* Praha: Professional Publishing.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. (2008). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case studies.* Boston: Mc Graw-Hill Irwin.

Steuer, R. E. (1986). *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application*. New York: Wiley.

Tayur, S., Magazine, M., Ganeshan, R. (ed.) (2012): *Quantitative Models for Supply Chain Management*. New York: Springer Science & Business Media.

Zeleny, M. (2010). Multiobjective Optimization, Systems Design and De Novo Programming In: Zopounidis, C., Pardalos, P. M. (ed.): *Handbook of Multicriteria Analysis*. Berlin: Springer.

Zeleny, M. (1990). Optimal Given System vs. Designing Optimal System: The De Novo Programming Approach. *International Journal of General System*. 17(2), 295 – 307.

Tesco Stores ČR (2018). *Výroční zpráva za rok končící 29. 2. 2016.* Získané 20. 8. 2018 z: <https://doc.kurzy.cz/static/sbirka-listin/14/83/30/sl45308314_b-1377sl165msph.pdf>.

Tone, K. (2001). A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research. 130(2), 498-509.

Tone, K. (2002). A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research. 143(1), 32-41.