

# Attitudes and criterias of the financial decision-making under uncertainty

## Postoje a kritéria finančního rozhodování za nejistoty

Zdeněk Zmeškal<sup>1</sup>

### Abstract

The paper is devoted to financial decision-making under uncertainty. Categorisation of decision situations and methods is introduced. Furthermore, decision-making process and problems typology is described. The decision criteria for various attitude to uncertainty are formulated. Illustrative example is introduced.

### Klíčová slova

Finanční rozhodování, rozhodovací proces, kritéria rozhodování za nejistoty

**JEL Classification:** G31

## 1. Úvod

Finanční rozhodování je jednou z nejvýznamnějších aktivit při řízení ekonomických a finančních systémů. Správné rozhodování je přitom jedním ze základních předpokladů úspěšného řízení a klíčovou a cílovou aktivitou. Specifikum rozhodování pomocí finančních veličin vyplývá z toho, že finance představují nástroj, pomocí něhož lze efektivně syntetizovat řadu heterogenních ekonomických činností. Tedy měřit a převádět různé aktivity na společný jmenovatel.

V rozhodování s ohledem na druh, podmínky a způsobu vyjádření budoucí neurčitosti rozhodovacího prostředí lze rozlišovat tyto možnosti: (a) *za určitosti* (deterministické modely, budoucí vývoj je znám s jistotou a vyjádřen reálnými čísly); (b) *za rizika* (stochastické modely, budoucí vývoj je vyjádřen pomocí rozdělení pravděpodobnosti); (c) *za nejistoty* (budoucí vývoj je vyjádřen stavy a intervaly, fuzzy množinami); (d) *kombinace určitosti, rizika a nejistoty* (jednotlivé veličiny budoucího vývoje jsou vyjádřeny částečně pomocí reálných čísel, rozdělení pravděpodobnosti a intervalů).

Předmětem příspěvku je problematika rozhodování za nejistoty: Cílem příspěvku je popsat metody finančního rozhodování za nejistoty včetně ilustrativního příkladu.

## 2. Kategorizace metod rozhodování a proces rozhodování

V této části je nejprve provedena kategorizace rozhodování podle řady hledisek. Následně je popsán rozhodovací proces včetně jednotlivých prvků a aspektů.

---

<sup>1</sup> Zdeněk Zmeškal, prof. Dr. Ing., VŠB-TU Ostrava, Ekonomická fakulta, Sokolská 33, Ostrava, [Zdenek.Zmeskal@VSB.CZ](mailto:Zdenek.Zmeskal@VSB.CZ).

## 2.1 Kategorizace podmínek a typů rozhodování

Rozhodování lze členit podle celé řady hledisek, která mohou pomoci kategorizovat typ rozhodovacího procesu.

Podle rozhodovacích podmínek:

- deterministické modely, parametry lze stanovit jednoznačně jako reálná (ostrá) čísla;
- stochastické (za rizika), vstupní data lze stanovit jako rozdělení pravděpodobnosti;
- za nejistoty, vstupní data lze stanovit pouze pomocí mezních hodnot nebo intervalů, jednou z možností jak modelovat nejistotu je využít aparátu fuzzy (mlhavých) množin;
- kombinace předchozích přístupů (fuzzy-stochastické modely).

Podle počtu subjektů rozhodování:

- jeden rozhodovatel (subjekt), individuální rozhodování,
- skupina, menší skupina rozhoduje (group decision-making),
- velká sociální skupina, například volební elektorát (social choice).

Podle účelu (cíle) rozhodování:

- nalezení nejlepší (optimální) varianty,
- uspořádání variant od nejlepší po nejhorší,
- uspořádání variant do hierarchických shluků,
- rozdělení variant na dvě skupiny, na akceptovatelné a neakceptovatelné,
- stanovení množiny efektivních (nedominovaných, paretoevských) variant anebo vyloučení neefektivní varianty (týká se vícekriteriálního rozhodování).

Podle typu informací vyjadřujících preference kritérií nebo variant:

- bez informace o preferencích kritérií a variant,
- informace o aspiračních úrovních (prázích citlivosti, mezních hodnotách) kritérií,
- ordinální (o uspořádání) informace o kritériích a variantách,
- kardinální (kvantitativní) informace o kritériích a variantách (vyžívají se také metody k transformaci ordinálních informací na kardinální).

Podle počtu variant rozhodování:

- konečný počet variant, reálný počet diskrétních variant,
- nekonečný počet, nekonečný počet diskrétních variant nebo spojitý prostor přípustných variant.

Podle počtu kritérií rozhodování:

- jedno-kriteriální,
- více-kriteriální.

Podle typu kritéria rozhodování:

- kvantitativní, peněžní (zisk, cash flow, hodnota, NPV) nebo ekonomická naturální (počet pracovníků, tunokilometry, plocha, člověkoroky),
- kvalitativní (kredibilita, renomé, velikost, vlastnický typ podniku, tradice).

Podle toho, zda je rozhodnutí závislé na rozhodnutí jiného subjektu:

- nekonfliktní, rozhodnutí nezávisí na rozhodnutí jiného subjektu, hra proti přírodě (vícekriteriální rozhodování),
- konfliktní, rozhodnutí závisí na rozhodnutí jiného subjektu, řešeno pomocí teorie her.

Podle období rozhodování:

- statické, rozhodování pouze na jedno období;
- dynamické, rozhodování pro více období.

Podle možností rozhodování v budoucnu:

- pasivní, rozhodování pouze na začátku období;
- aktivní (dynamické), rozhodování v průběhu budoucího období.

## 2.2 Charakteristika rozhodovacího procesu

Je třeba zdůraznit, že rozhodování je účelovým procesem, který závisí na subjektu rozhodování a jeho cílech a postojích. Rozhodování je komplikovanou činností. Přesto lze obecně charakterizovat celý rozhodovací proces, který se skládá z těchto prvků.

Struktura rozhodovacího procesu:

- rozhodovatel (subjekt),
- cíl (účel) rozhodování,
- varianty rozhodování,
- kritéria (podmínky) rozhodování,
- preferenze a postoj k rozhodování,
- souhrnné kritérium (míra) rozhodování a relace uspořádání.

Rozhodovatelem (subjektem) při finančním rozhodování může být například student, rodina s dětmi, důchodce, firma, investiční společnost, správní rada, municipalita.

Cílem rozhodování může být například otevření studentského účtu, pojištění na dožití, financování bydlení, dlouhodobá bezriziková investice, získání úvěru pro zajištění financování; investování do portfolia finančních aktiv.

Variantami rozhodování může být skupina finančních, bankovních, pojistných a investičních produktů (například úvěr, cenný papír, druh pojištění; finanční investice), složení portfolia finančních aktiv, skupina fyzických (reálná) investic.

Kritérii rozhodování mohou být zejména finanční veličiny (například cena, výnos, zisk, cash flow, úrok, poplatky), ale také nefinanční veličiny (renomé instituce, velikost instituce, ručení, rychlost získání).

Preferenze souvisí s postoji k nejistotě a riziku. Dále pak s významem přisuzovaným jednotlivým kritériím.

Zpravidla pro výsledné rozhodování je konstruováno souhrnné (syntetické) kritérium (míra) pomocí něhož dochází ke stanovení nejlepší varianty nebo uspořádání variant.

Pro jedno období a kritérium lze rozhodovací situaci popsat pomocí rozhodovací tabulky, viz tab. 1, a rozhodovací matice. Rozhodovací matice  $A$ , kde  $a_{ij}$  je ohodnocení důsledku rozhodnutí pro  $i$ -tou variantu a  $j$ -tý stav. Ohodnocení představuje zpravidla výplatu nebo užitek výplaty.

Tab. 1 Schéma rozhodovací tabulky

$a_{ij}$	stavy $j$				
varianty $i$	1	2	3	....	$n$
1					
2					
3					
....					
$m$					

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & & a_{1n} \\ & a_{ij} & \\ a_{m1} & & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Obecně lze v případě konečného počtu variant vyjádřit výběr pro žádoucí maximalizaci (zisková kritéria) následovně,

$$i_{opt} = \arg \max_i g(a_{ij}), \quad (2.1)$$

a pro minimalizaci (ztrátová kritéria) takto,

$$i_{opt} = \arg \min_i g(b_{ij}), \quad (2.2)$$

kde  $i_{opt}$  je optimální varianta,  $\arg \max_i ( )$  je argument maxima funkce,  $\arg \min_i ( )$  je argument minima funkce,  $g(a_{ij})$  je typ vyhodnocovací funkce,  $a_{ij}$  je důsledek (výplata) typu zisk pro  $i$ -tou variantu a  $j$ -tý stav,  $g(b_{ij})$  je typ vyhodnocovací funkce,  $b_{ij}$  je důsledek (výplata) typu ztráta pro  $i$ -tou variantu a  $j$ -tý stav,  $j \in S$  znamená stav  $j$  z množiny stavů  $S$ .

Vztah mezi ziskovým a ztrátovým kritériem lze vysvětlit také takto. Pokud vyjádříme ztrátu  $b_{ij}$  pomocí zisku  $a_{ij}$ , pak  $b_{ij} = -a_{ij}$ , a tedy

$$\begin{aligned} i_{opt} &= \arg \max_i g(a_{ij}) = - \arg \max_i g(a_{ij}) = - \arg \max_{j \in S} g(-a_{ij}) = \\ &= - \arg \max_{j \in S} g(b_{ij}) = \arg \min_i g(b_{ij}). \end{aligned} \quad (2.3)$$

### 2.3 Typologie a charakteristika rozhodovacích úloh

V této části jsou uvedeny příklady a kategorizace finančních rozhodovacích úloh dle popisovaných aspektů.

Tab. 2 Příklady kategorizace finančních rozhodovacích úloh

dynamické, statické	jednokriteriální	nekonfliktní	Riziko, jistota	neflexibilita, flexibilita	individuální, skupinové	proměnné kategoriální, spojitě kvantit.	proměnné finanční, nefinanční	Typ úlohy
s	j, v	n	r	n	i	s	f	výběr portfolia
d	j	n	r	n	i	s	f	investiční projekt neflexibilní
d	j	n	r	f	i	s	f	investiční projekt flexibilní
d	j	n	r	f	i	s	f	oceňování finančních derivátů
d	j	n	r	n	i	s	f	oceňování podniku
s	v	n	j	n	i	k,s	f,n	indiv. vícekriteriální výběr finančního produktu

### 3. Metody rozhodování za nejistoty (uncertainty)

Kritéria rozhodování za nejistoty závisí na postojích rozhodovatelů k nejistotě. V zásadě lze rozlišit tyto typy rozhodovatelů: (a) pesimističtí (zamezení nejhorší situace, která může nastat), (b) optimistická (vsázka na nejlepší situaci, ke které může dojít), (c) kompromis optimismu a pesimismu, (d) průměrné, bez informace, nedostatečná evidence (všechny stavy mají stejný význam), (e) minimalizace lítosti (maximální ztráty oproti nejlepší volbě).

#### 3.1 Kritéria rozhodování za nejistoty na bázi zisku

V případě maximalizačních (ziskových) kritérií lze na základě (2.1) formulovat na základě obecného vztahu (2.2) tato kritéria za nejistoty.

pesimistické (Waldovo), z nejhorších variant výběr té nejlepší,

$$i_{opt} = \arg \max_i \min_{j \in S} (a_{ij}), \quad (3.1)$$

optimistické, z nejlepších variant výběr té nejlepší,

$$i_{opt} = \arg \max_i \max_{j \in S} (a_{ij}), \quad (3.2)$$

kombinace optimistického a pesimistického (Hurwiczovo),  $\alpha$  je míra optimismu,

$$i_{opt} = \arg \max_i \left[ \alpha \cdot \max_{j \in S} (a_{ij}) + (1 - \alpha) \cdot \min_{j \in S} (a_{ij}) \right], \quad (3.3)$$

nedostatečné evidence, průměrné (Laplaceovo),

$$i_{opt} = \arg \max_i \sum_{j \in S=1}^n \frac{1}{n} (a_{ij}). \quad (3.4)$$

Minimalizace lítosti (regret), minimalizace maximální ztráty (Savageovo),

$$i_{opt} = \arg \min_i \max_{j \in S} (R_{ij}), \quad (3.5)$$

kde  $R_{ij}$  vyjadřuje největší ztrátu, kterou může rozhodovat utrpět, pokud nastane stav světa  $j$  a byla vybrána  $i$ -tá varianta, jinak řečeno, rozdíl mezi největším dosažitelným ziskem a ziskem pro danou variantu,  $R_{ij} = \max_{j \in S}(a_{ij}) - a_{ij}$ .

### 3.2 Kritéria rozhodování za nejistoty na bázi ztráty

V případě minimalizace (ztrátových) kritérií lze na základě obecného vztahu ziskových a ztrátových kritérií dle (2.1) a (2.2), viz ((2.3), formulovat tato kritéria za nejistoty.

pesimistické (Waldovo), z nejhorsích variant výběr té nejlepší,

$$i_{opt} = \arg \min_i \max_{j \in S}(b_{ij}), \quad (3.6)$$

optimistické, z nejlepších variant výběr té nejlepší,

$$i_{opt} = \arg \min_i \min_{j \in S}(b_{ij}), \quad (3.7)$$

kombinace optimistického a pesimistického (Hurwiczovo),  $\alpha$  je míra optimismu,

$$i_{opt} = \arg \min_i \left[ \alpha \cdot \min_{j \in S}(b_{ij}) + (1 - \alpha) \cdot \max_{j \in S}(b_{ij}) \right], \quad (3.8)$$

nedostatečné evidence, průměrné (Laplaceovo),

$$i_{opt} = \arg \min_i \sum_{j \in S=1}^n \frac{1}{n}(b_{ij}). \quad (3.9)$$

Minimalizace lítosti (regret), minimalizace maximální ztráty (Savageovo),

$$i_{opt} = \arg \min_i \max_{j \in S}(R_{ij}), \quad (3.10)$$

kde  $R_{ij}$  vyjadřuje největší ztrátu, kterou může rozhodovat utrpět, pokud nastane stav světa  $j$  a byla vybrána  $i$ -tá varianta, jinak řečeno, rozdíl mezi ztrátou pro danou variantu a nejmenší dosažitelnou ztrátou,  $R_{ij} = b_{ij} - \min_{j \in S}(b_{ij})$ .

## 4. Příklad možnosti rozhodování investora za nejistoty

Předpokládejme, že je dán odhad NPV tří investičních variant pro čtyři možné vývoje ekonomiky (stavy), viz Tab 3. Pomocné výpočty pro kritérium lítosti (Savageovo) jsou v Tab. 4. Úkolem je určit, jak je výběr investiční varianty závislý na postoji investora k nejistotě. Přitom jsou zvažovány a vyhodnocovány tyto investiční postoje: (a) pesimismus), (b) optimismus, (c) kompromis optimismu a pesimismu, (d) nedostatečná evidence (průměr), (e) minimalizace lítosti. U Hurwiczova kritéria se předpokládá podíl optimismu 60% a pesimismu 40%.

Tab. 3 Vstupní data (NPV) – rozhodovací tabulka

NPV <sub>ij</sub>	Vývoj ekonomiky - stav j			
Inv. varianta i	1	2	3	4
1	3	2	10	4
2	6	9	3	5
3	5	4	8	5

Tab. 4 Vstupní data (NPV) – hodnoty lítosti (regret)

R <sub>ij</sub> Inv. varianta i	Vývoj ekonomiky - stav j				max R <sub>ij</sub>
	1	2	3	4	
1	7	8	0	6	8
2	4	1	7	5	7
3	5	6	2	5	6

Postup výpočtu je zřejmý z Tab. 5 a výběr nejlepších variant dle postojů k nejistotě je v Tab. 6.

Tab. 5 Výsledné hodnoty NPV

Varianta i	a <sub>ij</sub>				R <sub>ij</sub>
	Max	min	průměr	váž. pr.	max
1	10	2	4,75	6,8	8
2	9	3	5,75	6,6	7
3	8	4	5,5	5,8	6

Tab. 6 Výběr projektů dle postojů k nejistotě

Varianta i	Waldovo	Optim	Laplaceovo	Hurwiczovo	Savageovo
	maxmin	maxmax	max průměr	max vážený průměr	min regret
1		OPTIM		OPTIM	
2			OPTIM		
3	OPTIM				OPTIM

Z výsledků je zřejmé, že první varianta je vhodná pro optimistické postoje, nebo s významným podílem optimismu. Druhá varianta v případě žádné preference, pokud mají všechny stavy stejnou možnost. Třetí varianta je vhodná pro pesimistické postoje.

## 5. Závěr

Příspěvek je věnován problematice finančního rozhodování za nejistoty. Nejprve byla popsána kategorizace rozhodovacích situací a možností, rozhodovací proces, včetně typologie úloh. Následně byla formulována kritéria rozhodování za nejistoty. Závěrem je prezentován ilustrativní příklad rozhodování podle různých postojů k nejistotě.

## Literatura

- [1] ČERNÝ M., GLÜCKAUFOVÁ D.: *Vícekritériální vyhodnocování v praxi*, SNTL, Praha, 1982
- [2] ČULÍK, M. Flexibility and project value: Interactions and multiple real options. *3rd Global Conference on Power Control and Optimization, Gold Coast, Australia, 2010*, Volume 1539, pp. 326 – 334, ISSN 0094243-X.
- [3] FIALA, P, JABLONSKÝ, J., MAŇAS, M.: *Vícekritériální rozhodování*. VŠE, Praha, 1997

- [4] GILBOA, I.: *Theory of decision making under uncertainty*. Cambridge university press.2009, 214 s.
- [5] RAMÍK J. *Vícekritériální rozhodování – analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná Slezská univerzita v Opavě, 1999. 211s.
- [6] TRIANTAPHYLLOU, E., SÁNCHEZ, A. A SENSITIVITY ANALYSIS APPROACH FOR SOME DETERMINISTIC MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS *Decision Sciences*, Vol. 28, No. 1, pp. 151-194, Winter 1997.
- [7] ZMEŠKAL, Z. *Finanční modely*. Ekopress Praha, 2004.
- [8] ZMESKAL, Z. Soft Approach to Company Financial Level Multiple Attribute Evaluation. Conference Information: 21st International Conference on Mathematical Methods in Economics, SEP 10-12, 2003 Prague, CZECH REPUBLIC. PROCEEDINGS OF THE 21ST INTERNATIONAL CONFERENCE MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMICS 2003 pp 273-280 Published: 2003
- [9] ZMESKAL, Z., DLUHOSOVA, D. Company financial performance prediction on economic value added measure by simulation methodology. 27th International Conference on Mathematical Methods in Economics 2009, pp 352-358 Published: 2009
- [10] ZMEŠKAL, Z.: Application of the American Real Flexible Switch Options Methodology A Generalized Approach. *Finance a Úvěr - Czech Journal of Economics and Finance* **58** (2008), pp. 261-275.

## Acknowledgement

The paper has been elaborated in the framework of the IT4Innovations Centre of Excellence project, reg. no. CZ.1.05/1.1.00/02.0070 supported by Operational Programme 'Research and Development for Innovations' funded by Structural Funds of the European Union and state budget of the Czech Republic.