



Petr Dostál  
Karel Rais  
Zdeněk Sojka

# Pokročilé metody manažerského rozhodování



- Pro manažery, specialisty, podnikatele a studenty
- Konkrétní příklady využití metod v praxi

## Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

*Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.*





Copyright © Grada Publishing, a.s.

*Nakladatelství děkuje všem,  
kteří přispěli odbornou spoluprací i finančně k vydání knihy,  
zvláště pak autorům a společnosti UNIS.*

**Ing. Petr Dostál, CSc.**  
**prof. Ing. Karel Rais, CSc., MBA**  
**doc. Ing. Zdeněk Sojka, CSc.**

## **Pokročilé metody manažerského rozhodování**

Vydala Grada Publishing, a.s.  
U Průhonu 22, 170 00 Praha 7  
tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400  
[www.grada.cz](http://www.grada.cz)  
jako svou 2342. publikaci

Odborní recenzenti:  
prof. Ing. Jaroslav Balátě, DrSc.  
prof. Ing. Jiří Polách, CSc.

Odpovědný redaktor Mgr. Petr Mušálek  
Sazba Milan Vokál  
Počet stran 168  
První vydání, Praha 2005  
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.  
Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

© Grada Publishing, a.s., 2005  
Cover Photo © profimedia.cz/CORBIS

ISBN 80-247-1338-1 (tištěná verze)  
ISBN 978-80-247-6320-0 (elektronická verze ve formátu PDF)  
© Grada Publishing, a.s. 2011

---

# Obsah

Představení kapitol . . . . .	7
O autorech . . . . .	9
Předmluva . . . . .	11
Úvod do pokročilých metod manažerského rozhodování . . . . .	13

## Část I. Metody a objasnění jejich použití na příkladech

<b>1 Fuzzy logika . . . . .</b>	<b>23</b>
Proces fuzzy zpracování . . . . .	23
Aplikace fuzzy logiky . . . . .	31
Závěr . . . . .	49
<b>2 Umělé neuronové sítě . . . . .</b>	<b>51</b>
Aplikace umělých neuronových sítí . . . . .	58
Závěr . . . . .	71
<b>3 Genetické algoritmy . . . . .</b>	<b>73</b>
Aplikace genetických algoritmů . . . . .	77
Závěr . . . . .	98
<b>4 Teorie chaosu . . . . .</b>	<b>99</b>
Fraktály . . . . .	102
Hurstův exponent . . . . .	103
Lyapunův exponent . . . . .	104
Aplikace teorie chaosu . . . . .	104
Elliottovy vlny . . . . .	106
Závěr . . . . .	110

## Část II. Aplikace pokročilých metod v důležitých oblastech ekonomie

<b>5 Predikce časových řad . . . . .</b>	<b>113</b>
Aplikace predikce . . . . .	114
Fuzzy logika . . . . .	115
Umělé neuronové sítě . . . . .	117
Genetické algoritmy . . . . .	121
Závěr . . . . .	124
<b>6 Kapitálový trh . . . . .</b>	<b>125</b>
Aplikace kapitálového trhu . . . . .	131
Fuzzy logika . . . . .	131
Umělé neuronové sítě . . . . .	132
Genetické algoritmy . . . . .	134
Závěr . . . . .	137

---

<b>7 Data mining</b> . . . . .	139
Aplikace data miningu . . . . .	142
Fuzzy logika . . . . .	142
Umělé neuronové sítě . . . . .	143
Genetické algoritmy . . . . .	146
Závěr . . . . .	148
<b>8 Rozhodování</b> . . . . .	149
Aplikace rozhodování . . . . .	151
Závěr . . . . .	156
<b>Závěr – shrnutí poznatků a budoucnost použití uvedených metod</b> . . . . .	157
<b>Dodatek – softwarové programy</b> . . . . .	159
<b>Literatura</b> . . . . .	161
<b>Rejstřík příkladů</b> . . . . .	165

# Představení kapitol

Úvod do pokročilých metod manažerského rozhodování.

## Část I – Metody a objasnění jejich použití na příkladech

1. **Fuzzy logika:** Seznámení se základními pojmy a pravidly fuzzy logiky, tvorbou modelů. Uvedení příkladů aplikací fuzzy logiky v ekonomice, jako je např. manažerské a investiční rozhodování atd.
2. **Umělé neuronové sítě:** Seznámení se základními pojmy v oblasti umělých neuronových sítí. Aplikace zahrnuje investiční rozhodování, kontrolu finančních výkazů, odhady cen výrobků a množstevní odhady, odhad cen nemovitostí, oceňování bonity klienta za účelem poskytnutí úvěru, hypotéky, půjčky atd.
3. **Genetické algoritmy:** Seznámení se základy genetických algoritmů. Použití v oblasti optimalizace široké palety problémů – optimalizace investiční strategie, řízení výroby, řezné plány, aproximace bodů funkcemi, řešení problému obchodního cestujícího, využití shlukové analýzy apod.
4. **Teorie chaosu:** Seznámení se základy teorie chaosu. Teorie chaosu pojednává o možnosti lepšího popisu ekonomických jevů než je tomu u klasických metod. Je objasněn pojem chaos a řád, fraktál a je představeno využití této teorie k výpočtu Hurstova a Lyapunova exponentu, které určují míru chaosu u měřeného sledovaného ekonomického systému.

## Část II – Aplikace pokročilých metod v důležitých oblastech ekonomie

5. **Predikce časových řad:** Metody predikce časových řad s použitím výše zmíněných teorií. Je uveden způsob výpočtu a jsou prezentovány příklady predikce budoucího vývoje nejrůznějších ekonomických veličin z praxe.
6. **Kapitálový trh:** Využití výše zmíněných teorií při činnosti na kapitálových trzích. Je naznačen možný proces rozhodování v oblasti obchodování s akciemi, indexy, komoditami, kurzy měn s cílem dosažení optima. Jsou rozvedeny příklady optimalizace portfolia a výpočet predikce ve výše uvedených oblastech obchodování.
7. **Data mining:** Využití výše uvedené teorie při činnosti nazývané data mining. Jsou představeny příklady použití data miningu pro volbu strategie udržení a získávání ziskových zákazníků, vyhýbání se rizikovým zákazníkům, přímé zasilatelství (direkt mailing) atd.
8. **Rozhodování:** Aplikování fuzzy logiky, umělých neuronových sítí a genetických algoritmů při procesech rozhodování, kdy cílem je dosažení optima v procesech manažerského a investičního rozhodování atd.

**Závěr:** Shrnutí poznatků a budoucnost použití představených metod.

## O autorech

### **Ing. Petr DOSTÁL, CSc.**

Vystudoval Vysoké učení technické v Brně. V současné době pracuje v Ústavu informatiky Fakulty podnikatelské Vysokého učení technického v Brně. Zaměřuje se na praktické využití fuzzy logiky, umělých neuronových sítí a genetických algoritmů v oblasti manažerského řízení, ekonomie a finančnictví. Působil v několika soukromých firmách i státní sféře. Je členem mezinárodních společností, ekonomickým a organizačním poradcem, přednáší na Vysokém učení technickém v Brně a na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.



### **Prof. Ing. Karel RAIS, CSc., MBA**

Vystudoval Vysoké učení technické v Brně a titul MBA získal na Nottingham Trent University. V současné době působí jako profesor na Vysokém učení technickém v Brně, kde je zároveň prorektorem. Zajímá se o operační analýzu a řízení rizik.



### **Doc. Ing. Zdeněk SOJKA, CSc.**

Vystudoval Vysokou školu ekonomickou v Praze. V současné době působí jako docent v Ústavu ekonomiky na Vysokém učení technickém v Brně. Jeho oblast zájmu jsou kapitálové trhy, cenné papíry a finanční deriváty. Je členem představenstva několika významných akciových společností.





*Na snímku je Petr Dostál, jeden z autorů knihy, s profesorem Lotfi Zadehem (třetí zprava), zakladatelem fuzzy logiky, na konferenci v Zittau v roce 2002.*

*Prof. Lotfi Zadeh se o pracích Petra Dostála vyjadřuje pochvalně a vyzdvihuje jejich vysokou úroveň.*

# Předmluva

Publikace je určena pro manažery, podnikatele, úředníky a specialisty, kteří jsou zodpovědní za rozhodovací procesy v hospodářské politice a správě na všech úrovních, jako jsou ministerstva, orgány veřejné a státní správy, v národním hospodářství a soukromém sektoru, organizacích, podnicích, firmách, společnostech, bankách, nemocnicích atd., zejména v řídicí, ekonomické a finanční oblasti. Dále studentům vysokých škol ekonomického, finančního, podnikatelského a manažerského směru. Publikace se zabývá multikriteriálními a obtížně algoritmovatelnými rozhodovacími procesy. Proto jsou v knize uvedeny pokročilé metody manažerského řízení využívající teorie fuzzy logiky, umělých neuronových sítí a genetických algoritmů.

Kniha je rozdělena na dvě části. V první části knihy jsou uvedeny principy metod. Důraz je kladen na ukázkou jednoduchých příkladů použitelných v nejširším měřítku – od nadnárodních společností po jednotlivce. Druhá část problematiku prohlubuje aplikacemi do některých oblastí manažerského života firmy, jako jsou predikce časových řad, kapitálového trhu, data miningu a rozhodování.

Autoři chtějí poděkovat všem, kteří byli nápomocni konzultacemi, výměnou názorů při objasňování skutečností i souvislostí předmětného tématu, jakož i pomocí při přípravě knihy.

Děkujeme za cenné rady doc. RNDr. Jiřímu Kropáčovi, CSc., z Vysokého učení technického v Brně, za pečlivé přečtení rukopisu a upřesnění některých skutečností.

Poděkování patří za cenné připomínky, které vplynuly z recenzní činnosti prof. Ing. Jaroslava Balátěho, DrSc., z Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, a prof. Ing. Jiřího Polácha, CSc., z Vysoké školy báňské v Ostravě.

# Úvod do pokročilých metod manažerského rozhodování

Cílem knihy „Pokročilé metody manažerského rozhodování“ je vysvětlení nových pokročilých matematických teorií pro podporu rozhodování. Publikace je zaměřena hlavně na oblast aplikační, nikoli teoretickou, která by požadovala hluboké teoretické znalosti z oboru matematiky. Rovněž je třeba říci, že jde o oblast, jež se rychle a dynamicky neustále vyvíjí. V této knize jsou uvedeny principy rozhodování společně s aplikacemi využitelnými v praxi, které mohou zájemcům posloužit k dalšímu hlubšímu studiu v odborné literatuře.

Existují úlohy, které příroda zvládá velmi snadno, zatímco člověkem navržené algoritmy nefungují. Matematici se nechali inspirovat přírodou a vytvořili nové teorie, jako fuzzy logiku, umělé neuronové sítě, genetické algoritmy či chaos. Ve světě dochází k rozvoji těchto teorií nebývalým tempem. Dopad uvedených moderních teorií je patrný ve všech oblastech lidské činnosti, např. v řízení technologických procesů, ekologii, lékařství, chemii, biologii, ale také v ekonomice, finančnictví, a to v nejrůznějších aplikacích od těch nejjednodušších až po ty nejsložitější.

Významnou úlohu hrají při zpracování dat a informací počítače, které zvládnou úlohy, jež by jinak nebylo možné řešit. Tak vznikají nejen nové metody, ale u některých starších metod došlo k jejich znovuoživení a převedení z akademického prostředí do praxe. Úlohy tohoto typu se vyskytují ve složitém a měnícím se prostředí, proto nasazení nových metod v praxi vede k jejich čím dál většímu používání právě v ekonomice a finančnictví.

Použití nových metod je různorodé, jako například rozhodovací procesy s cílem dosažení optima, odhady cen výrobků a objemu výroby, odhad cen nemovitostí, oceňování kvality klienta za účelem poskytnutí úvěru, hodnocení rizika hypoték, predikce budoucího vývoje finančních a ekonomických ukazatelů, optimalizace investičního rozhodování, optimalizace technologického procesu, problém obchodního cestujícího, tvorba a optimalizace portfolia, predikce cen akcií, hodnot indexů, kurzů měn atd. Například vyhodnocením průběhu časové řady za pomoci fuzzy logiky, umělých neuronových sítí, genetických algoritmů a teorií chaosu si lze vytvořit představu o budoucím vývoji časové řady a za pomoci pravidel fuzzy logiky na základě těchto poznatků provést kvalifikovaný rozhodovací proces, a tak provádět správná rozhodnutí.

V první části knihy jsou uvedeny principy teorie fuzzy logiky, umělých neuronových sítí, genetických algoritmů a teorie chaosu vzhledem k použití v ekonomii. Jsou uvedeny nejrůznější oblasti jejich aplikace v ekonomii, jako je např. investiční a manažerské rozhodování, řízení rizika firem, hodnocení bonity klienta bank, optimalizace rozhodování z hlediska ekonomie ke snižování rizik a nákladů, zvyšování zisku a tržeb, predikce v oblasti ekonomie, data mining, makléřská činnost na světových burzách apod. Druhá část knihy se specializuje na využití fuzzy logiky, umělých neuronových sítí a genetických algoritmů v oblasti kapitálových trhů, data miningu a procesu rozhodování.

Na úvod je třeba ujasnit pojem manažerské činnosti a zejména proces rozhodování. Manažerské funkce jsou typické činnosti, které vedoucí pracovník (manažer) vykonává ve své práci. V současné literatuře existují různá pojetí obsahové náplně manažerských funkcí a různá pojetí jejich klasifikace.

Za zakladatele koncepce manažerských funkcí je považován Francouz H. Fayol, jenž definoval pět funkcí, které nazval funkcemi správy. Jsou to:

- plánování (planning) – stanovení budoucích cílů a metod, jak těchto cílů dosáhnout;
- organizování (organizing) – zabezpečení zdrojů (materiálních, finančních, lidských);
- příkazování (directing) – dávání úkolů a příkazů podřízeným pracovníkům;
- koordinace (coordinating) – sladování činností pracovníků;
- kontrola (controlling) – ověřování souladu plánu a skutečnosti i přijatých závěrů.

Z této klasifikace pak vyšla celá řada světových autorů, kteří se věnovali problematice managementu. Velmi často se setkáme s následující klasifikací, uvedenou v literatuře [81]:

- plánování (planning);
- organizování (organizing);
- výběr a rozmístění spolupracovníků (staffing);
- vedení lidí (leading);
- kontrola (controlling).

Uvedené funkce jsou návazné a charakterizují se jako tzv. sekvenční manažerské funkce (sequential functions). Je to proto, že se realizují postupně, což samozřejmě neznamená, že se nemohou např. částečně překrývat nebo postupně zpřesňovat již dříve vykonané funkce atd.

Tyto sekvenční funkce mají společné to, že jimi prostupují tzv. paralelní funkce (též někdy označované jako průběžné manažerské funkce – continuous functions). Jedná se o tyto funkce:

- analyzování řešených problémů (analysis);
- rozhodování (decision making);
- realizace, resp. implementace (implementation, coordination).

V této knize budeme řešit základní problémy z oblasti tvorby, a zejména použití nových nástrojů pro podporu rozhodování, neboť:

- roste složitost řešených manažerských úloh a dochází ke zkracování doby pro nalezení optimálního řešení – vzrůstá význam faktoru času;
- spolu s rostoucími náklady na řešení manažerských úloh rostou rizika přijatých rozhodnutí, vzrůstá ekonomická závažnost přijatých rozhodnutí.

Rozhodování je jednou z paralelních manažerských funkcí, které prostupuje sekvenčními manažerskými funkcemi. Viz tab. 1 v maticovém zobrazení.

Tab. 1 Maticové zobrazení manažerských funkcí

Manažerské funkce	Analýza	Rozhodování	Implementace
Plánování			
Organizování			
Výběr a rozmístění pracovníků			
Vedení pracovníků			
Kontrola			

Rozhodování tedy nelze ztotožňovat s pojmem řízení. Toto pojetí „manažerských funkcí“ bylo kritizováno (zejména z důvodů jeho využitelnosti v denní práci manažerů); mezi nejznámější kritiky patřil Henri Mintzberg, jenž tvrdí, že činnost běžného manažera se dá shrnout do deseti „rolí“. Tyto role klasifikuje do tří skupin, a to na:

1. skupinu interpersonálních rolí (vyplývajících přímo z formální pravomoci a ze zodpovědnosti manažera),
2. skupinu informačních rolí (určenou úlohou manažera v informačních procesech firmy),
3. skupinu rozhodovacích rolí (které jsou hlavním projevem jeho cílevědomé činnosti, vedoucí k dosažení cílů organizace).

Charakter interpersonálních rolí se může měnit podle poslání, které při jejich vykonávání vedoucí pracovník plní. V podstatě manažer může zastávat následující tři dílčí role:

- 1a) figurehead – představitel organizace,
- 1b) leader – vedoucí organizace,
- 1c) liason – spojovací článek.

V oblasti informačních rolí, vztahujících se k aktivní účasti manažera v informačních procesech organizace a zabírajících značnou část jeho pracovního času, může manažer zastávat následující role:

- 2a) monitor – monitorující příjemce informací,
- 2b) disseminator – šířitel informací,
- 2c) spokesperson – mluvčí organizace.

Rozhodovací role spočívají v účelovém výběru jednoho nebo několika přípustných řešení vzniklých rozhodovací situací manažerského jednání, v následném sdělování řešení a v prosazování a kontrole plnění tohoto (resp. těchto) řešení. Rozhodovací role můžeme rozdělit do následujících čtyř dílčích rolí:

- 3a) entrepreneurial – podnikatelská role,
- 3b) disturbance – handler – řešení problémů,
- 3c) resource allocator – alokace zdrojů,
- 3d) negotiator – vyjednávač.

Všech deset dílčích rolí (1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, 3c, 3d) se vzájemně propojuje a navzájem se kvalitativně podmiňuje. Řízení můžeme považovat též za umění sladit tyto role v jeden celek (integrated job). Současné pojetí obou koncepcí manažerských rolí a manažerských funkcí není antagonistické, obě koncepce existují vedle sebe. Tak např. koncepce manažerských rolí se dá vyložit i tradičními manažerskými funkcemi (někteří autoři upozorňují např. na opomíjení úkolů manažerů při stanovení podnikatelské strategie, strukturování organizace apod.). Vzhledem k zaměření knihy se budeme zabývat manažerskými funkcemi se zřetelem zejména na analýzu a rozhodování.

Rozhodování je nedílnou složkou sekvenčních manažerských funkcí. Význam rozhodování se projevuje zejména v tom, že kvalita a výsledky těchto procesů (zejména strategických rozhodovacích procesů) ovlivňují zásadním způsobem efektivnost fungování a budoucí vývoj organizace. Nekvalitní rozhodování může být jednou z podstatných příčin neúspěchu firmy. Je nutné zdůraznit otázku zodpovědnosti za rozhodování. Rozhodovatel může využívat při

svém rozhodování nejrůznější nástroje a pomůcky (programové prostředky, konzultanty atp.), které mu mohou pomoci při vlastním rozhodování. Za rozhodnutí však vždy nese zodpovědnost rozhodovatel (manažer) a nikoli např. tvůrce programového nástroje na podporu rozhodování, konzultant apod.

Existuje celá řada možných způsobů klasifikace rozhodovacích problémů (ovlivňujících mj. postup a nástroje řešení vlastní manažerské funkce rozhodování), např.:

- podle času dělíme na procesy rozhodovací statické a dynamické;
- podle počtu kritérií dělíme rozhodování na jedno- a vícekritériální rozhodování;
- podle řídicí úrovně, na níž probíhají rozhodovací procesy, dělíme rozhodování na strategické, taktické a operativní;
- podle toho, zda důsledky variant závisí nebo nezávisí na strategii, kterou vědomě volí protivník, rozlišujeme rozhodovací procesy na konfliktní a nekonfliktní;
- podle subjektu rozhodování dělíme rozhodování na individuální a skupinové.

Vzhledem k zaměření této knihy probereme detailněji klasifikaci rozhodovacích procesů podle dalších dvou kritérií, a to charakteru struktury rozhodovacího problému a postupu řešení na:

- algoritmitizovatelné a nealgoritmitizovatelné problémy,
- dobře a špatně strukturované problémy.

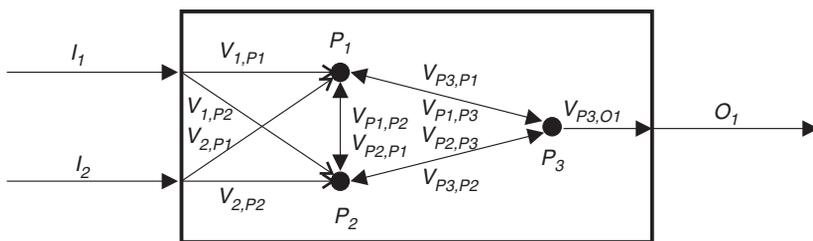
Dobře strukturované problémy jsou obvykle jednoduché, problémy se řeší opakovaně na operativní úrovni, rutinní postupy jsou známé a lze je algoritmitizovat, zatímco špatně strukturované problémy jsou obvykle složité, nové, neopakovatelné, problémy se řeší na vyšších úrovních řízení a jsou jedinečné. Pro špatně strukturované problémy je charakteristické:

- existence většího počtu faktorů ovlivňujících řešení (které nelze většinou číselně vyjádřit); některé z faktorů nejsou vůbec známy, složité vazby mezi faktory;
- náhodnost změn některých prvků okolí firmy, kde probíhá řešení problému (např. změny v technologii, v sociálním okolí);
- existence většího počtu kritérií hodnocení variant řešení, z nichž některá jsou kvalitativní povahy;
- obtížná interpretace informací potřebných pro rozhodnutí a proměnných popisujících okolí;
- člověk je obvykle aktivním prvkem systému (vytváří a přetváří systém svou cílevědomou činností);
- pro řešení problémů je nutno použít intuitivní, heuristické, expertní metody a postupy, zahrnující např. fuzzy logiku, umělé neuronové sítě a genetické algoritmy.

Příklady špatně strukturovaných rozhodovacích problémů jsou: rozhodování o společném podniku, rozhodování o organizační struktuře, rozhodování o rozvojové strategii firmy, ověření bonity klienta atd.

Typy rozhodovacích problémů podle úrovně řízení lze zobrazit na obr. 1.





Obr. 2 Příklad schématu systému S

Prvkem systému rozumíme takovou část systému, jež tvoří na dané rozlišovací úrovni nedělitelný celek, jehož strukturu nechceme nebo nemůžeme rozlišit. Tím, že je systém jediným celkem, může sám mít charakter prvku, ale také může sám být součástí nějakého systému. Pojem systém je z tohoto hlediska relativní; systém, který chápeme jako prvek jiného nadřazeného systému, nazýváme subsystémem (podsystemem). Každý systém můžeme charakterizovat jeho strukturou a chováním. Za strukturu systému budeme považovat množinu prvků a vazeb daného systému. Chováním systému rozumíme způsob jeho reakce na podněty, přičemž chování systému závisí na jeho vlastnostech. Podle jejich vlastností můžeme systémy rozdělit do několika skupin:

- Podle vztahu systému k času dělíme systémy na statické (stav systému se v čase nemění) a dynamické (stav systému se v čase mění).
- Podle vztahu mezi chováním systému (stavy systému) a jeho podněty dělíme systémy na deterministické (chování je jednoznačně určeno podněty systému) a stochastické (systém může mít při stejných podnětech více variant chování – každou s určitou pravděpodobností).
- Podle samotného chování systému rozlišujeme systémy s cílovým chováním, bez cílového chování a adaptivní systémy. Systém s cílovým chováním je systém, jenž usiluje o dosažení žádaného nebo cílového stavu. Systém bez cílového chování má chování, které je určeno pouze vnějšími podněty. Adaptivní systém je systém se schopností korigovat (aktualizovat) se na základě údajů o svém okolí, a na jejich základě upravovat své cílové chování.

Na závěr této úvodní kapitoly je nutné zmínit se o systémové analýze, již můžeme popsat jako:

- a) metodickou disciplínu, jež:
  - směřuje k poznání systému postupnou dekompozicí (rozkladem) systému na podsystémy, a dále až na prvky se známou funkcí a vazebností, které nás zajímají;
  - je zaměřena na zkoumání chování systému, jenž je ovlivněn vnějšími podněty, za předpokladu, že známe jeho strukturu a chování jednotlivých prvků.
- b) disciplínu, jež je zaměřena na analýzu řídicích a informačních systémů s využitím výpočetní techniky.

Systémová analýza se zaměřuje na poznávání objektivní reality; v našem zkoumání budeme brát zřetel zejména na technicko-ekonomické aspekty poznávání.

Při práci se systémem je vhodné uvědomit si pojmy syntéza a analýza. Pojmy analýza a syntéza lze pochopit v jejich protikladu; rozkládá-li se celek na části a zjišťuje se chování

jeho částí, provádí se analýza systému. (Jestliže systém jako celek vykazuje určité chování, pak se toto chování musí dát vysvětlit chováním jeho prvků v dané struktuře.) Sestavuje-li se z částí celek a zjišťujeme chování celku, provádí se syntéza systému. Chováním jednotlivých prvků v dané struktuře se dá vysvětlit chování celku. Syntéza systému zahrnuje dvě fáze: výběr prvků pro systém a volbu struktury, kterou budou prvky svými vazbami vytvářet. Syntézou máme vytvořit systém, jenž jako celek bude splňovat zadanou funkci – jeho chování bude vyhovovat zadaným podmínkám.

V souvislosti s rozhodovacími procesy se hovoří o operační analýze, která při řešení složitých ekonomických, organizačních, technických nebo vojenských problémů používá matematické modelování a využívá řady speciálních matematických metod. Cílem je hledání optimální varianty (optimálních variant) podle ekonomických či jiných kritérií. Jde o řadu matematických metod, jako jsou např. simplexová metoda, Vogelova aproximační metoda, síťové grafy, simulační modely, deterministické modely apod., které mohou usnadnit řídicím pracovníkům rozhodování ve složitých situacích. Operační analýza zavádí pojem účelové funkce, hodnotící zpravidla ekonomii (úspěšnost) systému a zahrnuje metody, vedoucí k nalezení optimálního řešení z množiny všech možných řešení, při němž účelová funkce dosáhne své optimální hodnoty; vyjadřuje-li účelová funkce zisk, pak půjde o její maximalizaci; vyjadřuje-li účelová funkce náklady spojené s vybraným řešením, pak se budeme snažit o nalezení minimální hodnoty účelové funkce.

Pokročilé metody manažerského rozhodování (fuzzy logika, umělé neuronové sítě, genetické algoritmy apod.) umožňují získat kvantitativní podklady jak pro rozhodování výkonných orgánů o operacích, jež mají řídit, tak pro navrhování optimálních systémů. V podstatě jde o stanovení optimálních podmínek průběhu daného procesu v daném systému.

Výsledky pokročilých metod vedou ke kvalitnějšímu rozhodovacímu procesu, zejména u multikriteriálních a obtížně algoritmovaných úloh. Společnost, která chce být progresivní a na trhu úspěšná, musí dávat do výzkumu těchto metod odpovídající prostředky.

---

# ČÁST I

## Metody a objasnění jejich použití na příkladech

# 1 Fuzzy logika

Teorie množin definuje množinu jako soubor prvků určitých vlastností. Prvek potom do množiny patří, nebo ne (0 nebo 1). Jde tedy pouze o dva stavy.

L. Zadeh vytvořil teorie fuzzy množin a fuzzy logiky, kdy se určuje, „jak mnoho“ prvek do množiny patří, nebo ne (proměnná  $x$  a její příslušnost k množině se značí  $\mu(x)$  a je definována v rozmezí 0–1; 0 znamená úplné nečlenství a 1 úplné členství). Užití míry členství odpovídá v řadě situací lépe než užití konvenčních způsobů zařazování členů do množiny podle přítomnosti či nepřítomnosti. Fuzzy logika tedy měří jistotu nebo nejistotu příslušnosti prvku k množině. Obdobně se rozhoduje člověk při činnosti v oblasti duševní a fyzické u ne zcela algoritmizovaných činností. Pomocí fuzzy logiky lze najít řešení pro daný případ z pravidel, která byla definována pro podobné případy. Metoda, užívající neřetelných množin (fuzzy), patří mezi metody, jež se používají v oblasti řízení firem. Kromě aplikací z fuzzy logiky se lze setkat i s kombinovanými systémy, např. s neuronovými sítěmi, tzv. neurofuzzy aplikacemi apod.

## Proces fuzzy zpracování

Tvorba systému s fuzzy logikou obsahuje tři základní kroky: fuzzifikaci, fuzzy inferenci a defuzzifikaci – viz obr. 1.1.



Obr. 1.1 Rozhodování řešené fuzzy zpracováním

První krok znamená převedení reálných proměnných na jazykové proměnné. Definování jazykových proměnných vychází ze základní lingvistické proměnné, např. u proměnné riziko lze zvolit následující atributy: žádné, velmi nízké, nízké, střední, vysoké, velmi vysoké riziko. Obvykle se používá tří až sedmi atributů základní proměnné. Stupeň členství atributů proměnné v množině je vyjadřován matematickou funkcí. Existuje mnoho tvarů těchto členských funkcí. Typy, které našly v praxi největší uplatnění, se nazývají standardními funkcemi členství a patří k nim typy:  $\Lambda$ ,  $\pi$ ,  $Z$  a  $S$  zobrazené na obr. 1.2.

V seznamu standardních funkcí členství existuje i řada jiných typů, např. vyhlazené  $S$  křivky. Stupeň členství v množině se týká jak vstupních, tak výstupních funkcí.

Druhý krok definuje chování systému pomocí pravidel typu <Když>, <Potom> na jazykové úrovni. V těchto algoritmech se objevují podmínkové věty, vyhodnocující stav příslušné proměnné. Tyto podmínkové věty mají známou formu z programovacích jazyků:

<Když>  $Vstup_a$  <A>  $Vstup_b$  ...  $Vstup_x$  <Nebo>  $Vstup_y$  ... <Potom>  $Výstup_1$ ,

tj. když (nastane stav)  $Vstup_a$  a  $Vstup_b$ , ... ,  $Vstup_x$  nebo  $Vstup_y$  ... , potom (je situace)  $Výstup_1$ .

Obr. 1.2 Tvary členských funkcí typu  $\Lambda$ ,  $\pi$ ,  $Z$  a  $S$ 

Pravidla fuzzy logiky představují expertní systém. Každá kombinace atributů proměnných, vstupujících do systému a vyskytujících se v podmínce <Když> <Potom>, představuje jedno pravidlo. Pro každé pravidlo je třeba určit stupeň podpory, tj. váhu pravidla v systému. Výsledek systému s fuzzy logikou závisí do značné míry na správném určení významu definovaných pravidel. Váhu těchto pravidel lze v rámci průběhu optimalizace systému měnit. Podobně jako pro část pravidla umístěného za <Když> je třeba vybrat odpovídající atribut za částí <Potom>. Tato pravidla si tvoří uživatel sám.

Fuzzy logika používá odlišných postupů u čtyř základních operací – sčítání, odčítání, násobení, dělení. Tato pravidla jsou:

$$[a,b] + [d,e] = [a + d, b + e], [a,b] - [d,e] = [a - e, b - d],$$

$$[a,b] \cdot [d,e] = [\min(ad,ae,bd,be), \max(ad,ae,bd,be)],$$

$$[a,b] / [d,e] = [\min(a/d,a/e,b/d,b/e), \max(a/d,a/e,b/d,b/e)].$$

Např.

$$[2,5] + [1,3] = [3,8], [2,5] - [1,3] = [-1,4],$$

$$[3,4] \cdot [2,2] = [6, 8], [4,10] / [1,2] = [2, 10].$$

Stejně tak používá fuzzy logika odlišných postupů při vyhodnocování logických operátorů, <A>, <Nebo> a <Ne>, které se vyskytují v pravidlech vyjadřovaných podmínkovými větami <Když>, <Potom> – viz tab. 1.1.

Tab. 1.1 Logické operace a fuzzy logika

A	$\mu(x \wedge y) = \min(\mu_x, \mu_y)$	Nebo	$\mu(x \vee y) = \max(\mu_x, \mu_y)$	Ne	$\mu(\neg x) = 1 - \mu(x)$
---	--	------	--------------------------------------	----	----------------------------

Výsledkem fuzzy inference je jazyková proměnná. V případě analýzy rizika mohou mít atributy hodnotu např. velmi nízké, nízké, střední, vysoké, velmi vysoké riziko atd., což může vést k výstupům jako investici provést ano, ne.

Třetí krok převádí výsledek předchozí operace fuzzy inference na reálné hodnoty. Reálnou akcí může být stanovení výše rizika. Cílem defuzifikace je převedení fuzzy hodnoty výstupní proměnné tak, aby slovně co nejlépe reprezentovala výsledek fuzzy výpočtu.

Při postupném zadávání dat funguje systém s fuzzy logikou jako automat. Na vstupu může být mnoho proměnných.

## PŘÍKLAD 1.1 Vyhodnocení rizika – Excel

Uvedme jednoduchý příklad, jenž bude na základě dílčích rizik vyhodnocovat celkové riziko a rozhodovat, zda investici realizovat, či nikoli. Budeme uvažovat dílčí rizika politické – Po, ekonomické – Ek, surovinové – Su a prodejní – Pr. Tabulka 1.2 zobrazuje transformační matici  $TM$ , jež definuje číselné jednotlivé míry rizika v závislosti na oblasti a stupni