




Rozhodování II

Ing. Bc. Alena Šafrová Drážilová, Ph.D.



Obsah bloku

- ▶ rychlé opakování
 - ▶ vztah jedince k riziku
 - ▶ rozhodování v podmínkách rizika
 - ▶ rozhodování v podmínkách nejistoty
 - ▶ pravidlo maximin
 - ▶ pravidlo maximax
 - ▶ Hurwitzovo pravidlo
 - ▶ Laplaceovo pravidlo
 - ▶ víceetapové rozhodovací procesy
- 



Rozhodnutí v podmínkách jistoty

- 1) vytvoření výchozí matice
- 2) vypočtení normovaných dílčích užitků
- 3) vypočtení celkového užitku s pomocí vah jednotlivých kritérií
- 4) výběr varianty s nejvyšší hodnotou užitku

Rozhodovací matice

součet vah
kritérií = 1

	K_1	K_2	K_3	...	K_j	...	K_n	celkový užitek
	v_1	v_2	v_3	...	v_j	...	v_n	
V_1	u_{11}	u_{12}	u_{13}	...	u_{1j}	...	u_{1n}	U_1
V_2	u_{21}	u_{22}	u_{23}	...	u_{2j}	...	u_{2n}	U_2
...
V_i	u_{i1}	u_{i2}	u_{i3}	...	u_{ij}	...	u_{in}	U_i
...
V_m	u_{m1}	u_{m2}	u_{m3}	...	u_{mj}	...	u_{mn}	U_m

$$U_i = \sum_{j=1}^n v_j \times u_{ij}$$

$$U_1 = (v_1 \times u_{11}) + (v_2 \times u_{12}) + (...) + (v_j \times u_{1j}) + (...) + (v_n \times u_{1n})$$

Rozhodovací podmínky

- ▶ rozhodování za podmínek jistoty
 - ▶ scénář je pouze jeden a pravděpodobnost jeho výskytu je 100 % ($p=1$)
- ▶ **rozhodování za podmínek rizika**
 - ▶ **scénářů je více, ale pravděpodobnost jejich výskytu je známa, tzn. každému scénáři je přiřazena pravděpodobnost 0–1 a součet těchto pravděpodobností je 1 ($\sum p_k=1$)**
- ▶ rozhodování za podmínek nejistoty
 - ▶ scénářů je více a jejich pravděpodobnost není známa

Vztah jedince k riziku

- ▶ **objektivní pravděpodobnost** – založena na experimentu, matematických pokusech, statistickém pozorování,...
- ▶ **subjektivní pravděpodobnost** – intuitivní, vyjádřena zpravidla verbálně

Vyjádření subjektivní pravděpodobnosti	
verbální	číselné
zcela vyloučeno	0,0
krajně nepravděpodobné	0,1
dost nepravděpodobné	0,2–0,3
spíše nepravděpodobné	0,4
spíše pravděpodobné	0,6
dost pravděpodobné	0,7–0,8
nanejvýš pravděpodobné	0,9
zcela jisté	1,0



Faktory ovlivňující vztah jedince k riziku

- ▶ osobnost a zkušenosti
- ▶ charakter rozhodovací úlohy
- ▶ situace, v níž je rozhodovací problém řešen
 - ▶ vnímání pravděpodobnosti
 - ▶ výše vkladu a dopad případné ztráty
 - ▶ strategie (defenzivní × ofenzivní)
 - ▶ rozdíl mezi hodnotou kritéria a užitkem (agent × principál)
 - ▶ sociální prostředí
 - ▶ osobní užitek/pocit (např. adrenalin)

Přístupy k hodnocení minulosti

► představy o realitě

	optimistická predikce	pesimistická predikce
představa o homogenitě	<i>prodal jsem poprvé, prodám i podruhé</i>	<i>neprodal jsem dnes, neprodám ani zítra</i>
představa o heterogenitě	<i>tentokrát jsem neprodal, ale příště už to určitě vyjde</i>	<i>naštěstí jsem poprvé prodal, podruhé už to nevyjde</i>

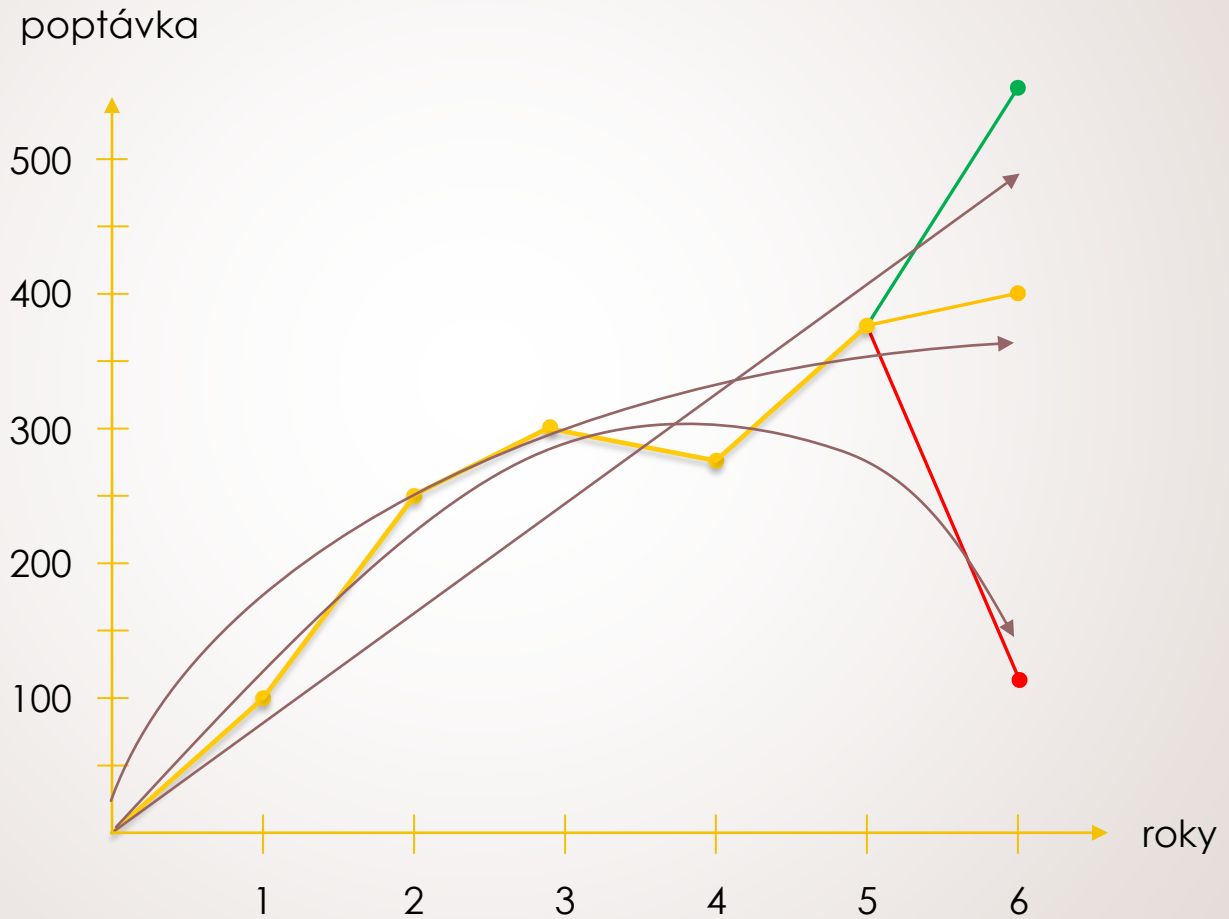
Induktivní analýza

- ▶ sledujeme co nejvíce případů určitého jevu
- ▶ sledujeme a analyzujeme vztahy mezi nimi
- ▶ hledáme zobecnění
- ▶ vytváříme modely
- ▶ tvoříme na jejich základě hypotézy



- ▶ zobecňujeme a hledáme řád
- ▶ vnímáme model, nikoliv realitu
- ▶ předpokládáme, že pravidla platná v minulosti budou platit i v budoucnosti

Extrapolace



černé labutě?

Subjektivní vnímání rizika

- ▶ předpokládejme, že existuje 5 různých variant s různými pravděpodobnostmi úspěchu
 - ▶ úspěchem je zisk 10 peněžních jednotek,
 - ▶ neúspěchem ztráta vkladu

varianta	úspěch		neúspěch		očekávaná hodnota
	pravděpodobnost	hodnota	pravděpodobnost	hodnota	
	p	x	p	x	
V_1	1,0	10	0,0	0	10
V_2	0,75	10	0,25	0	7,5
V_3	0,5	10	0,5	0	5
V_4	0,25	10	0,75	0	2,5
V_5	0,00	10	1,0	0	0

Subjektivní vnímání rizika

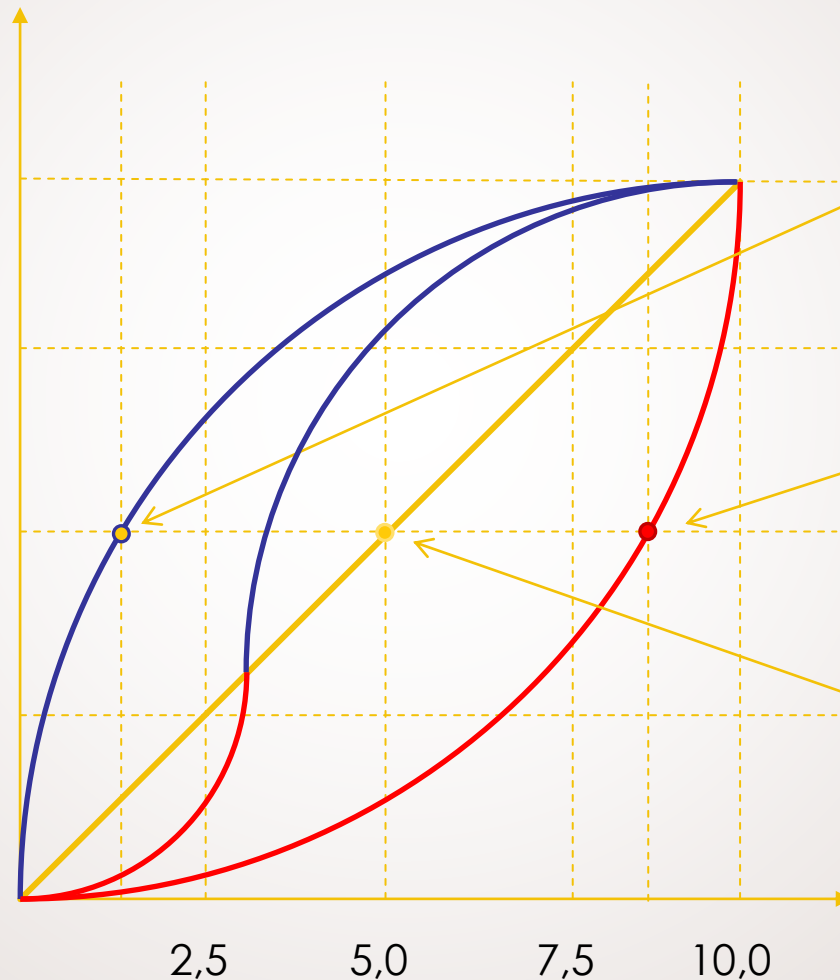
$V_1: x_0 = 10,0$

$V_2: x_0 = 7,5$

$V_3: x_0 = 5,0$

$V_4: x_0 = 2,5$

$V_5: x_0 = 0,0$



negativní vztah k riziku –
subjekt vloží 1,5 jednotek,
i když je očekávaná
hodnota 5

pozitivní vztah k riziku –
subjekt vloží 8,5 jednotek,
i když je očekávaná
hodnota pouze 5

neutrální vztah k riziku –
subjekt vloží 5 jednotek,
je-li očekávaná hodnota 5



Rozhodování v podmínkách rizika

Jednokriteriální rozhodování

- 1) formulace možných scénářů
- 2) stanovení pravděpodobnosti, že scénář nastane
- 3) sestavení matice hodnot kritéria pro všechny scénáře
- 4) výpočet očekávané hodnoty kritéria
- 5) výběr optimální varianty

Rozhodování v podmínkách rizika

pravděpodobnost, že nastane k-tý scénář

	s_1	s_2	s_3	...	s_k	...	s_t	očekávaná hodnota kritéria
$\sum p_k = 1$	p_1	p_2	p_3	...	p_k	...	p_t	
V_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1k}	...	x_{1t}	x_{O1}
V_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	x_{2k}	...	x_{2t}	x_{O2}
...
V_i	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}	...	x_{ik}	...	x_{it}	x_{Oi}
...
V_m	x_{m1}	x_{m2}	x_{m3}	...	x_{mk}	...	x_{mt}	x_{Om}

hodnota kritéria ve 2. variantě, nastane-li 3. scénář

$$x_{Oi} = \sum_{k=1}^t p_k \times x_{ik}$$

$$x_{O1} = (p_1 \times x_{11}) + (p_2 \times x_{12}) + (\dots) + (p_k \times x_{1k}) + (\dots) + (p_t \times x_{1t})$$

Jednokriteriální rozhodování za rizika

- ▶ Pan Novák se rozhodl, že si vytvoří z dostupných informací **jedno kritérium**, kterým budou **náklady na jeden rok provozu vozidla v záruce**.
- ▶ Podle předchozích zkušeností zjistil, že **za rok ujede 12 000 km**.
- ▶ Předpokládá, že po konci záruky vůz prodá a to ve všech třech případech za **100 000,- Kč**.
- ▶ **Rozdíl** mezi pořizovací a prodejní cenou následně **rozpočítá na jednotlivé roky**. Vzorec jeho kritéria tedy bude následující:

$$K = \{(K_1 - 100\,000) / K_3\} + \{(K_2 / 100) * 12\,000 * c\} + K_4$$

Diagrammatic annotations for the formula:

- pořizovací cena (points to K_1)
- počet let záruky (points to K_2)
- spotřeba (points to 12 000)
- cena PHM (points to c)
- povinné ručení (points to K_4)
- K_3 (points to the denominator of the first term)

Jednokriteriální rozhodování za rizika

- ▶ Problém je v tom, že cena pohonných hmot není konstantní.
- ▶ Pan Novák si pečlivě prostudoval vývoj cen a dospěl k názoru, že průměrná cena ve sledovaných letech bude
 - ▶ s pravděpodobností 0,25 (p_1) rovna 27,- Kč/l (S_1),
 - ▶ s pravděpodobností 0,50 (p_2) rovna 30,- Kč/l (S_2),
 - ▶ s pravděpodobností 0,25 (p_3) rovna 33,- Kč/l (S_3).
- ▶ Cena pohonných hmot je pro pana Nováka proměnnou a její konkrétní hodnota představuje tři možné scénáře.

Scénář	S_1	S_2	S_3
Cena	27,- Kč/l	30,- Kč/l	33,- Kč/l
Pravděpodobnost	0,25 (p_1)	0,5 (p_2)	0,25 (p_3)

Jednokriteriální rozhodování za rizika

- ▶ vypočítat hodnotu kritéria každé varianty pro každý scénář
- ▶ Bayesovo pravidlo – vynásobit ji pravděpodobností, že scénář nastane (= očekávaná hodnota kritéria v daném scénáři)
- ▶ sečíst očekávané hodnoty ve všech scénářích pro danou variantu

	S_1 (27,- Kč/l)	S_2 (30 Kč/l)	S_3 (33 Kč/l)	Očekávané náklady
p_i	0,25	0,5	0,25	$\Sigma\{K(S_k, V_j) \cdot p_k\}$
V_1	54 319	56 947	59 575	56 947
V_2	55 048	56 920	58 792	56 920
V_3	56 860	59 200	61 540	59 200



Rozhodování v podmínkách rizika

Vícekriteriální rozhodování

- 1) sestavení vícekriteriální matice zvlášť pro každý scénář (jako při rozhodování za jistoty)
- 2) stanovení celkových užiteků pro všechny varianty v každém scénáři (jako při rozhodování za jistoty)
- 3) sestavení matice celkových užiteků s pravděpodobnostmi (jako při jednokriteriálním rozhodování za rizika)
- 4) stanovení očekávané hodnoty užitku
- 5) výběr optimální varianty

Rozhodování v podmínkách rizika

	s_1	s_2	s_3	...	s_k	...	s_t	očekávaná hodnota kritéria
$\sum p_k = 1$	p_1	p_2	p_3	...	p_k	...	p_t	
v_1	U_{11}	U_{12}	U_{13}	...	U_{1k}	...	U_{1t}	U_{O1}
v_2	U_{21}	U_{22}	U_{23}	...	U_{2k}	...	U_{2t}	U_{O2}
...
v_i	U_{i1}	U_{i2}	U_{i3}	...	U_{ik}	...	U_{it}	U_{oi}
...
v_m	U_{m1}	U_{m2}	U_{m3}	...	U_{mk}	...	U_{mt}	U_{om}

$$U_{oi} = \sum_{k=1}^t p_k \times U_{ik}$$

$$U_{O1} = (p_1 \times U_{11}) + (p_2 \times U_{12}) + (\dots) + (p_k \times U_{1k}) + (\dots) + (p_t \times U_{1t})$$

Jednokriteriální rozhodování za rizika

- ▶ vypočítat hodnotu kritéria každé varianty pro každý scénář
- ▶ Bayesovo pravidlo – vynásobit ji pravděpodobností, že scénář nastane (= očekávaná hodnota kritéria v daném scénáři)
- ▶ sečíst očekávané hodnoty ve všech scénářích pro danou variantu

Analýza citlivosti

- ▶ odpovídá na otázku „jak citlivý je celkový výsledek na změnu jednotlivých faktorů rizika?“
- ▶ **kvantitativní analýza citlivosti** – postupnou změnou jednotlivých faktorů o 10 % (při zachování hodnot všech ostatních kritérií) a dopočítáním celkové hodnoty kritéria zjišťujeme, který faktor má na kritérium největší vliv
- ▶ **analýza citlivosti metodou Monte Carlo** – počítačově simulovaná metoda vhodná pro situace, kdy hodnota kritéria je ovlivňována kombinací působení řady faktorů, které mohou nabývat značného počtu hodnot

Analýza citlivosti

- ▶ Pan Novák si vybral variantu V_2 . Do této chvíle předpokládal, že
 - ▶ pořizovací cena vozidla je neměnná (co když si ale bude chtít do vozu dokoupit klimatizaci?),
 - ▶ cena pohonných hmot nabude jedné z předpokládaných hodnot,
 - ▶ spotřeba uvedená v dokumentaci vozidla bude totožná se skutečnou spotřebou.
- ▶ Je však třeba vzít v úvahu i změnu těchto hodnot a zjistit, jaký bude mít změna vliv na celkové roční náklady.

Analýza citlivosti

V₂	Požizovací cena	Cena PHM	Spotřeba
Původní	268 000,-	30,- Kč	5,2
Růst o 10 %	294 800,-	33,- Kč	5,72
Původní hodnota nákladů	56 920,-	56 920,-	56 920,-
Nová hodnota nákladů	62 280,-	58 792,-	58 792,-
Změna	+ 9,4 %	+ 3,3 %	+ 3,3 %

Vícekriteriální rozhodování za rizika

- ▶ Pan Novák se zmínil manželce, že chce koupit nový automobil a ta přidala k jeho nákladovému kritériu ještě design vozu.
- ▶ Paní Nováková hodnotí design jednotlivých variant na bodové stupnici od 1 do 10, přičemž 10 bodů je nejlepší hodnocení.
- ▶ Manželé Novákovi se dohodli, že váha designu vozu bude 0,3 a váha ročních nákladů 0,7.
- ▶ Nováková hodnotí design následovně:

	Design
V_1	6
V_2	3
V_3	8

S₁ (27 Kč/l)	Náklady		Design		u_i
V _j	0,7		0,3		
V ₁	54 319	1,0	6	0,6	0,880
V ₂	55 048	0,71	3	0	0,497
V ₃	56 860	0,0	8	1	0,300

S₂ (30 Kč/l)	Náklady		Design		u_i
V _j	0,7		0,3		
V ₁	56 947	0,99	6	0,6	0,873
V ₂	56 920	1,0	3	0	0,700
V ₃	59 200	0,0	8	1	0,300

S₃ (33 Kč/l)	Náklady		Design		u_i
V _j	0,7		0,3		
V ₁	59 575	0,72	6	0,6	0,684
V ₂	58 792	1,0	3	0	0,700
V ₃	61 540	0,0	8	1	0,300

Vícekriteriální rozhodování za rizika

	S_1 (27,- Kč/l)	S_2 (30 Kč/l)	S_3 (33 Kč/l)	u_i
p_j	0,25	0,5	0,25	
V_1	0,880	0,873	0,684	0,8275
V_2	0,497	0,700	0,700	0,6492
V_3	0,300	0,300	0,300	0,3000

Rozhodovací podmínky

- ▶ rozhodování za podmínek jistoty
 - ▶ scénář je pouze jeden a pravděpodobnost jeho výskytu je 100 % ($p=1$)
- ▶ rozhodování za podmínek rizika
 - ▶ scénářů je více, ale pravděpodobnost jejich výskytu je známa, tzn. každému scénáři je přiřazena pravděpodobnost 0–1 a součet těchto pravděpodobností je 1 ($\sum p_k=1$)
- ▶ **rozhodování za podmínek nejistoty**
 - ▶ scénářů je více a jejich pravděpodobnost není známa



Rozhodování v podmínkách nejistoty

- ▶ chybí informace o pravděpodobnostech jednotlivých scénářů
- 1) sestavení rozhodovací matice (uvažujme jednokriteriální rozhodování)
- 2) volba pravidla pro výběr optimální varianty
- 3) jeho aplikace

Pravidla pro rozhodování v nejistotě

- ▶ pravidlo maximin
 - ▶ defenzivní – výběr varianty, která při nejhorším možném scénáři přináší nejmenší ztrátu nebo nejlepší možný výsledek
 - ▶ u každé varianty nejprve vybereme minimální hodnotu kritéria (tj. nejhorší scénář)
 - ▶ z těchto minimálních hodnot vybereme tu, která je nejvýhodnější

$$\max_i \left(\min_k x_{ik} \right)$$

Pravidla pro rozhodování v nejistotě

- ▶ pravidlo maximax
 - ▶ ofenzivní – výběr varianty, která při nejlepším možném scénáři přináší nejlepší možný výsledek
 - ▶ u každé varianty nejprve vybereme maximální hodnotu kritéria (tj. nejlepší scénář)
 - ▶ z těchto maximálních hodnot vybereme tu, která je nejpříznivější

$$\max_i \left(\max_k x_{ik} \right)$$

Maximin vs. Maximax

- ▶ U pravidla **maximin** se snaží pan Novák vybrat tu variantu, kde je v případě nejméně příznivého vývoje hodnota kritéria nejlepší.
- ▶ U pravidla **maximax** je naopak pan Novák optimista a vybírá tu variantu, pro niž je v případě nejpriznivějšího vývoje hodnota kritéria nejlepší.

	S₁ (27,- Kč/l)	S₂ (30 Kč/l)	S₃ (33 Kč/l)
V ₁	54 319	56 947	59 575
V ₂	55 048	56 920	58 792
V ₃	56 860	59 200	61 540

Pravidla pro rozhodování v nejistotě

▶ Hurwitzowo pravidlo

- ▶ pracuje s parametrem β , který vyjadřuje optimismus, resp. pesimismus rozhodovatele (0 = extrémně pesimistický, 1 = extrémně optimistický)
- ▶ u každé varianty určíme maximální a minimální hodnotu kritéria
- ▶ vypočteme hodnotu užitku podle vztahu

$$u_i = (\beta \times \max_k x_{ik}) + ((1 - \beta) \times \min_k x_{ik})$$

- ▶ vybereme variantu s nejpříznivější hodnotou užitku

Hurwitzovo pravidlo


- ▶ Předpokládejme, že pan Novák má hodnotu parametru $\beta=0,5$. Pro každou variantu je pak třeba provést následující výpočet:
 - ▶ určení maximální, tj. nejvýhodnější (x_{imax}) a minimální, tj. nejméně výhodné (x_{imin}) hodnoty kritéria v jednotlivých řádcích,
 - ▶ výpočet souhrnné hodnoty kritéria každé varianty dle vztahu
 - ▶ $K = \beta \cdot x_{imax} + (1 - \beta) \cdot x_{imin}$

	S_1 (27,- Kč/l)	S_2 (30 Kč/l)	S_3 (33 Kč/l)	K
V_1	54 319 (x_{1max})	56 947	59 575 (x_{1min})	56 947
V_2	55 048 (x_{2max})	56 920	58 792 (x_{2min})	56 920
V_3	56 860 (x_{3max})	59 200	61 540 (x_{3min})	59 200

Pravidla pro rozhodování v nejistotě

- ▶ Laplaceovo pravidlo
 - ▶ „neznáme-li pravděpodobnost jednotlivých scénářů, jsou všechny stejně pravděpodobné“
 - ▶ sečteme hodnoty kritérií v jednotlivých řádcích
 - ▶ výsledek vydělíme počtem scénářů
 - ▶ vybereme variantu s nejvyšším užitekem

	S_1 (27,- Kč/l)	S_2 (30 Kč/l)	S_3 (33 Kč/l)	u_i
V_1	54 319	56 947	59 575	56 947
V_2	55 048	56 920	58 792	56 920
V_3	56 860	59 200	61 540	59 200



Víceetapové rozhodovací procesy

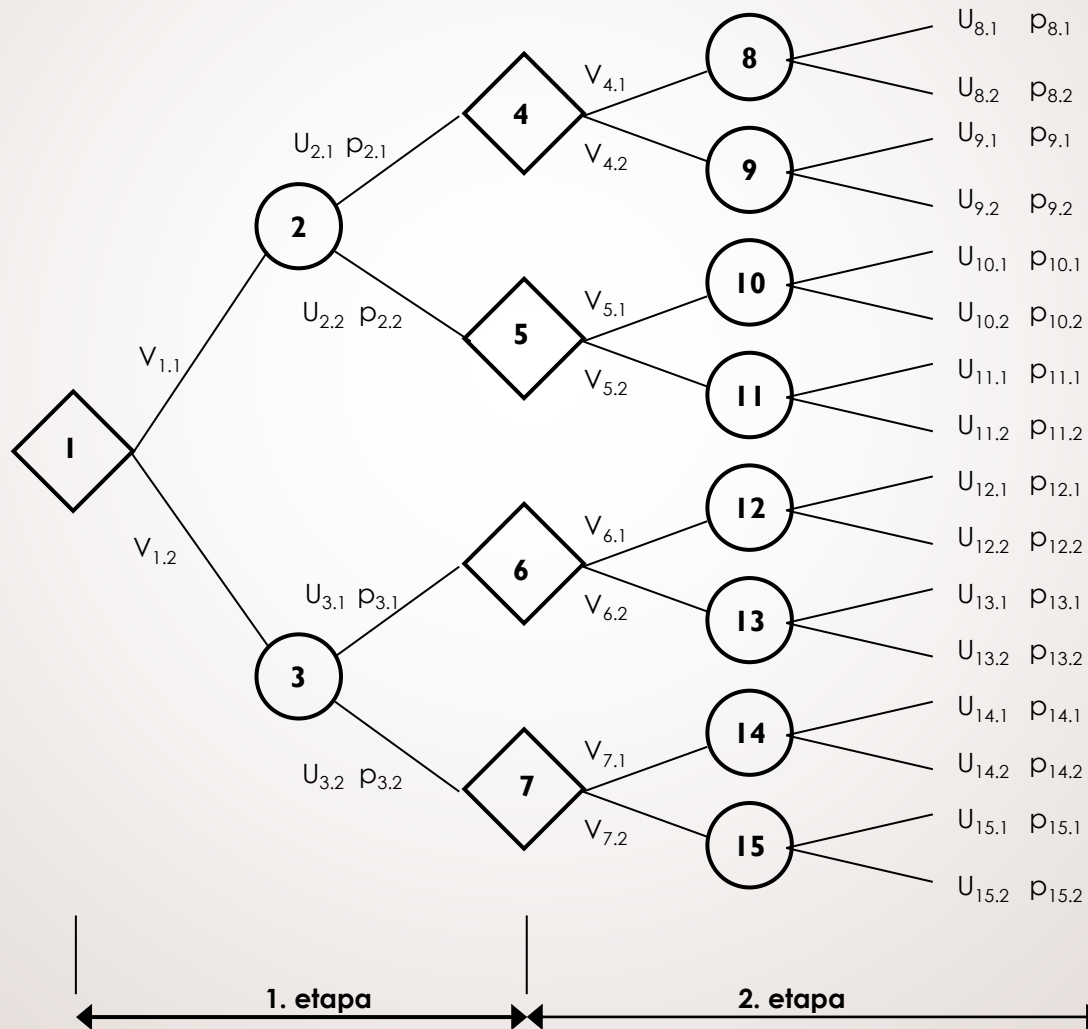
- ▶ rozhodovací proces není jednorázový, ale skládá se z více etap
- ▶ nejde o optimalizaci jednotlivých rozhodnutí, ale celkovou strategii v rámci celého procesu
- ▶ jednokriteriální rozhodování v podmínkách rizika nebo nejistoty



Rozhodovací strom

- ▶ grafický nástroj zobrazující rozhodovací proces
- ▶ skládá se z uzlů a hran
 - ▶ rozhodovací uzly (kosočtverce) – znázorňují volbu určité varianty z daného souboru variant (znázorněné hranami)
 - ▶ situační uzly (kroužky) – realizace určité varianty s možnými výsledky realizace (znázorněné hranami)

Rozhodovací strom





Co je třeba umět ke zkoušce?

- ▶ definovat co je rozhodování a čím je specifické manažerské rozhodování
- ▶ rozumět základním pojmům z oblasti organizační a procesní složky rozhodování
- ▶ vysvětlit rozdíly mezi rozhodovacími podmínkami
- ▶ vysvětlit specifika vztahu jedince k riziku
- ▶ zvládnout výpočty normovaného dílčího užitku a dalších principů rozhodovací analýzy (párové srovnání, expertní hodnocení, Bayesovo pravidlo apod.)
- ▶ zvládnout konstrukci rozhodovacích matic ve všech rozhodovacích podmínkách
- ▶ vysvětlit princip analýzy citlivosti a funkci rozptylu
- ▶ zkonstruovat rozhodovací strom ve víceetapovém rozhodovacím procesu
- ▶ vysvětlit principy pravidel pro rozhodování v nejistotě



2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.

2.



Děkuji za pozornost!