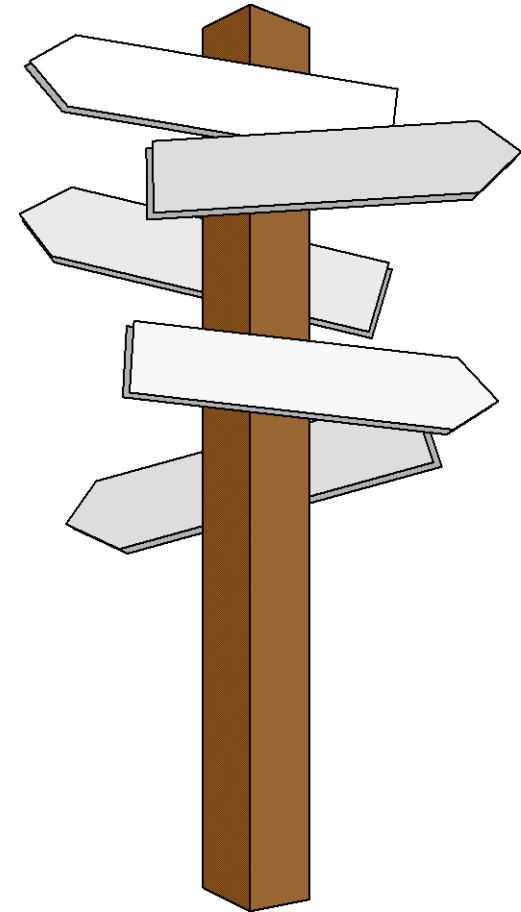


Rozhodovací procesy v ŽP

VÍCEKRITERIÁLNÍ HODNOCENÍ

- ✓ **Variantní řešení**
- ✓ **Metoda funkce užitku**
(vyhodnocení vhodnosti variant)
 - katalog kritérií
 - váha kritérií
 - transformační funkce



Vícekriteriální rozhodování

V praxi je to běžnější varianta než volba jednokriteriální, kdy optimalizujeme jediný parametr... Viz Cv. 1 a 2.

Hledáte tip na vhodnou dovolenou?

Vybíráte partnera/-ku (na ples)?

Kupujete si lyže?

:

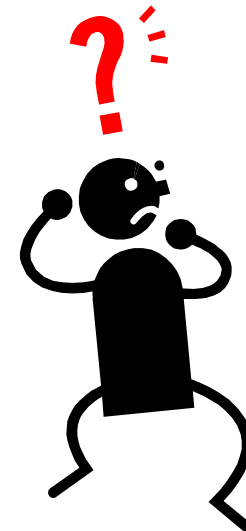
Určitě vás zajímá...

Jak splní vaše očekávání?

Kolik vás to bude stát?

Jaké je riziko selhání?

Na jak dlouho to bude – vyplatí se to?



Vícekriteriální analýza v procesech ŽP (viz dále EIA a SEA)

Otázka hodnocení – obsah teorie rozhodování (předmět RPZ)

Praxe rozhodování řeší dva zásadní problémy:

Problém existence více kritérií (ostatní je vždy zjednodušení!):
Subjekt hodnotí každé z přípustných řešení x ne jedním, nýbrž celkem $p > 1$ kritérii resp. kriteriálními funkcemi f_1, f_2, \dots, f_p .

Dále se předpokládá, že všechny kriteriální funkce chceme současně optimalizovat (maximalizovat nebo minimalizovat)

Protože obvykle bývají hodnocená kritéria často protichůdná, neexistuje tak žádné řešení, které by bylo podle všech kritérií lepší, než ostatní přípustná řešení, pokud přeci jen ANO...?

(jedná se o OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ) – právě jen tehdy! (výjimečné)

Obvykle tak musíme porovnat řešení z různých hledisek a rozhodnout, které z uvedených „variant“ je nejvhodnější – PREFEROVANÉ

V reálných případech rozhodování nastávají situace volby:

NULOVÉ VARIANTY

nebo **VARIANTA ODLOŽENÉHO ŘEŠENÍ**

Při hodnocení můžeme nalézt **DOMINUJÍCÍ VARIANTU**

Nulová varianta představuje zachování stávajícího stavu

Varianta odloženého řešení → později vhodnější podmínky

Varianta A dominuje variantu B tehdy, když pro všechna kritéria rozhodování x_i platí, že $x_{iA} > x_{iB}$

Pokud tak varianta A dominuje všechny ostatní varianty, jedná se o...
variantu **OPTIMÁLNÍ**

Problém nevyjasněné budoucnosti

Problém reálného rozhodování o budoucnosti

Subjekt rozhodování se rozhoduje v daném aktuálním okamžiku - v situaci, kdy mu zpravidla není známo, které z možných okolností v budoucnu ve skutečnosti nastanou a ovlivní tím efektivnost zvoleného rozhodnutí.

- **Nejistota**, kterou lze charakterizovat pravděpodobnostně
- **Neurčitost**, v jejímž případě se má za to, že nejsou k dispozici ani pravděpodobnostní charakteristiky budoucnosti – rozhodování za neurčitosti.

(Viz přednáška – Risk management)

Metoda funkce užitku

- Multikriteriální optimalizace je řešena převedením na monokriteriální, kdy maximalizujeme funkci užitku:

$$\max_{x \in S} U(x) \quad \text{Max součet bodů desetibojaře...}$$

- Metoda funkce užitku vychází z předpokladu, že subjekt rozhodování dokáže přiřadit každé p -tici čísel $f = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x))$, kde x je libovolný prvek množiny přípustných řešení, reálné číslo (body) \approx užitečnost přípustného řešení (varianty) x , tj. číslo $U'(f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)) = U(x)$.
- Funkce U mívá v aplikacích často tvar váhové funkce:
 $U(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + \dots + w_p f_p(x)$, kde w_i jsou nezáporné **váhy** kriteriálních funkcí f_i , pro něž platí $w_1 + w_2 + \dots + w_p = 1$ (*váhy viz dále*)

- O kriteriálních funkcích f_i přitom předpokládáme, že vznikly níže popsaným způsobem normování z původních (nenormovaných) kriteriálních funkcí F_i :

$$f_i(x) = \frac{(F_i(x) - F_{i \min})}{(F_{i \max} - F_{i \min})}$$

kde $F_{i \min}$ resp. $F_{i \max}$ je minimální resp. maximální hodnota i -té kriteriální funkce na množině přípustných řešení S .

- Vzniklé funkce:
 1. jsou bezrozměrné (proto je lze sčítat!)
 2. nabývají hodnoty z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Tento způsob normování je zvláště vhodný pro lineární původní účelové funkce F_i .

Metoda TUKP

- Modifikace metody funkce užitku podle Prof.Říhy
- filosofií metody TUKP je, že jednotlivé vlivy záměru, reprezentované příslušnými ukazateli, lze z hlediska kvality a kvantity posoudit a transformovat na dílčí funkce užitku, které jsou již srovnatelné,
- výsledkem je stanovení celkové funkce užitku U pro každou z variant řešení V_i , preferována je pak varianta s nejvyšší předpokládanou hodnotou celkové funkce užitku.

$$\max_{i \in S} U(i)$$

- Každému užitku \mathbf{U} (V_i – varianty \mathbf{i}) (vícerozměrný vektor) je přiřazeno reálné číslo podle obecného vztahu:

$$\mathbf{U}(V_i) = [U_1(V_i), U_2(V_i), \dots, U_n(V_i)],$$

kde dílčí funkce užitku \mathbf{j} (skalární) $U_j(V_i)$ vyjadřuje stupeň plnění dílčího kritéria P_j pro variantu V_i .

- Celková funkce užitku: $U(V_i) = \sum_{j=1}^n U_j$ kde \mathbf{i} – varianta
 \mathbf{j} – kritérium

- Pro každou jednorozměrnou funkci užitku U_j neboli $U_j(V_i)$ platí vztah $U_j = f_j(P_j)$. Hodnota U_j je v intervalu $\langle 0; 1 \rangle$.

Katalog kritérií

- Skupinu **i** variant budeme hodnotit podle **j** na sobě nezávislých kritérií.
- Kritéria ✓ rostoucí
✓ klesající
- Kritéria ✓ kvantitativní
✓ kvalitativní
- Velmi důležité je již na počátku určit všechna podstatná kritéria, nezapomenout na žádné důležité... viz Cv.

Subjektivní volbu hodně ovlivňují okolnosti rozhodování

Transformační funkce

Dále je zřejmé, že jedním ze stěžejních kroků v celé vícekritériální analýze při aplikaci metody funkce užitku je stanovení transformačních funkcí užitku $U_j = f_j (P_j)$.

Při sestavování transformačních funkcí užitku jsou podstatné následující kroky:

1. určit, v jakých jednotkách bude ukazatel kritéria vyjádřen;
2. určit, zda jde o transf. přímou (s rostoucím parametrem roste i užitek – kritéria popisují pozitivní efekty a výnosy), nebo zda se jedná o transf. nepřímou (s rostoucím parametrem klesá užitek – kritéria popisují nepříznivé efekty a náklady); **příklad?**
3. stanovit, v jakém intervalu $\langle P_{\min}, P_{\max} \rangle$ se transf. uskuteční,
4. definovat, jaký tvar bude mít transformační funkce.

Odvození transformačních funkcí

ŘÍHA (2001) uvádí tři odlišné postupy pro určení vyhodnocovacích (transformačních) funkcí a křivek:

1. Použití reálných transformačních funkcí, které vychází z uplatnění skutečné transformační funkce v souladu s absolutně popsanou užitností (reálné vlastnosti) posuzovaného parametru.
2. Odvození standardních transformačních funkcí, které spočívá v aplikaci monotónní transformační funkce podle zavedené klasifikace a opírá se o poznatky z oblasti rozhodování a teorie her.
3. Odvození komparativní transformační funkce, které se opírá výhradně o zadané vstupní údaje pro celý posuzovaný soubor variant.

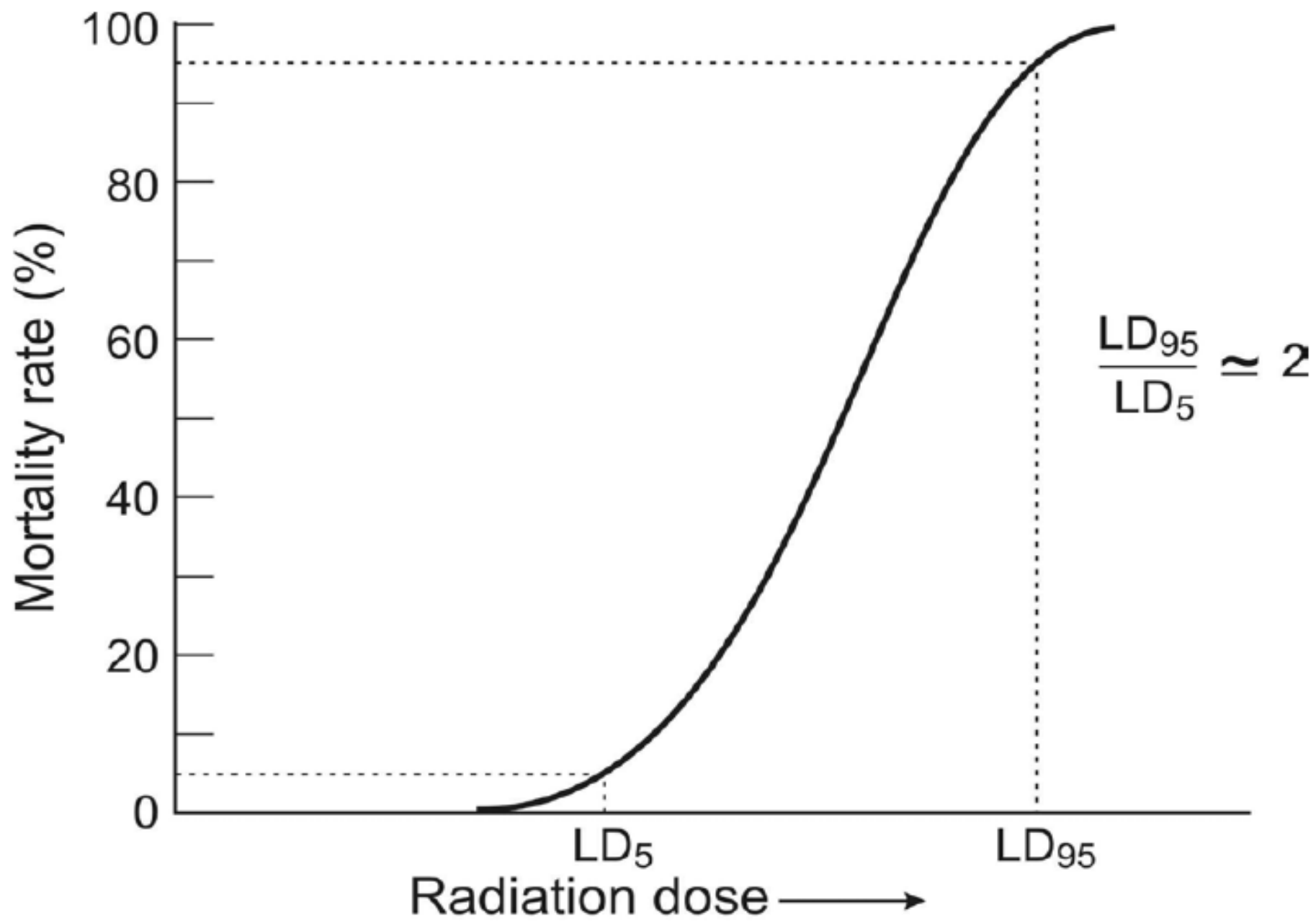
Ad.1 Odvození reálných transformačních funkcí z praxe.

Vychází z uplatnění skutečné transformační funkce v souladu s předpokládanou užitností (absolutně chápanými vlastnostmi) posuzovaného parametru.

Objektivní ukazatel kvality určité vlastnosti vztažené k národním, evropským resp. celosvětovým normám jakosti, Směrnicím EU a přijatým mezinárodními uzancím.

V jistých případech lze přihlédnout k odborné literatuře, předpisům, doporučením, které klasifikují kvalitu či nekvalitu posuzovaného parametru.

Pro řadu vlivů/posuzování jsou stanoveny **katalogy** reálných transformačních funkcí.



Ad.2 Odvození standardních transformačních funkcí,

které spočívá v aplikaci monotónní transformační funkce podle zavedené klasifikace a opírá se o poznatky z oblasti rozhodování a teorie her.

Typ A - Klesající konkávní funkce užitku

Nepřímá závislost U_j na P_j („čím více, tím hůře“)

Pomalý pokles užitečnosti v oblasti nejlepších (maximálních)

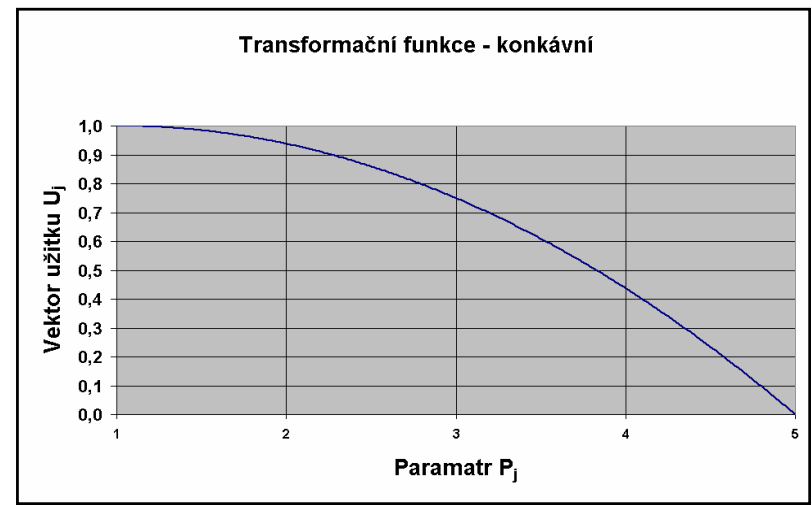
hodnot pro $U_j \rightarrow 1$

Ekologicky optimistické hodnocení

(mírný nárůst P_j , nic moc se neděje s U_j)

$$U_j = 1 - \left(\frac{P_j - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right)^k$$

$$k > 1$$



Typ B - Klesající konvexní funkce užitku

Nepřímá závislost U_j na P_j

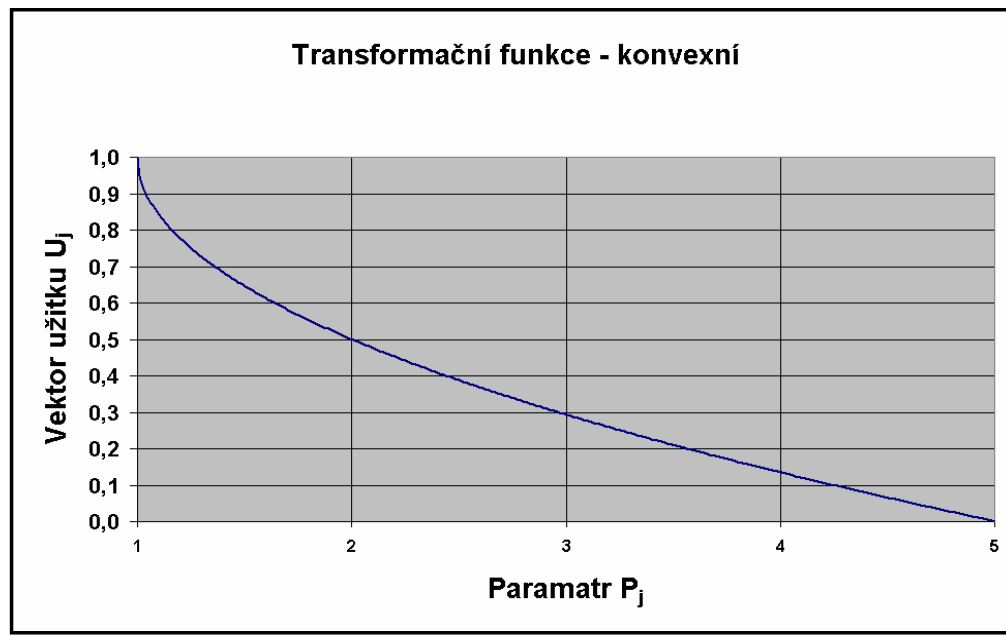
Radikální pokles užitečnosti v oblasti nejlepších (maximálních)

hodnot pro $U_j \rightarrow 1$ Ekologicky pesimistické hodnocení

(již mírný nárůst $P_j =$ velký problém u U_j)

$$U_j = 1 - \left(\frac{P_j - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right)^k$$

$$k < 1$$



Typ C - Rostoucí konkávní funkce užitku

Přímá závislost U_j na P_j („čím více tím lépe“)

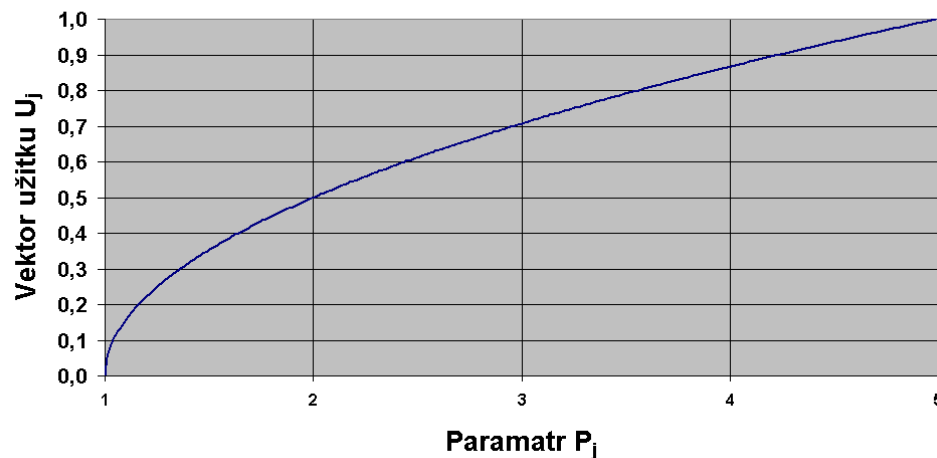
Mírný pokles užitečnosti v oblasti nejlepších (maximálních)

hodnot pro $U_j \rightarrow 1$ Ekologicky optimistické hodnocení

(již mírný nárůst P_j = velké zlepšení U_j)

$$U_j = \left(\frac{P_j - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right)^k \quad k < 1$$

Transformační funkce - konkávní



Typ D - Rostoucí konvexní funkce užitku

Přímá závislost U_j na P_j

Radikální pokles užitečnosti v oblasti nejlepších (maximálních)

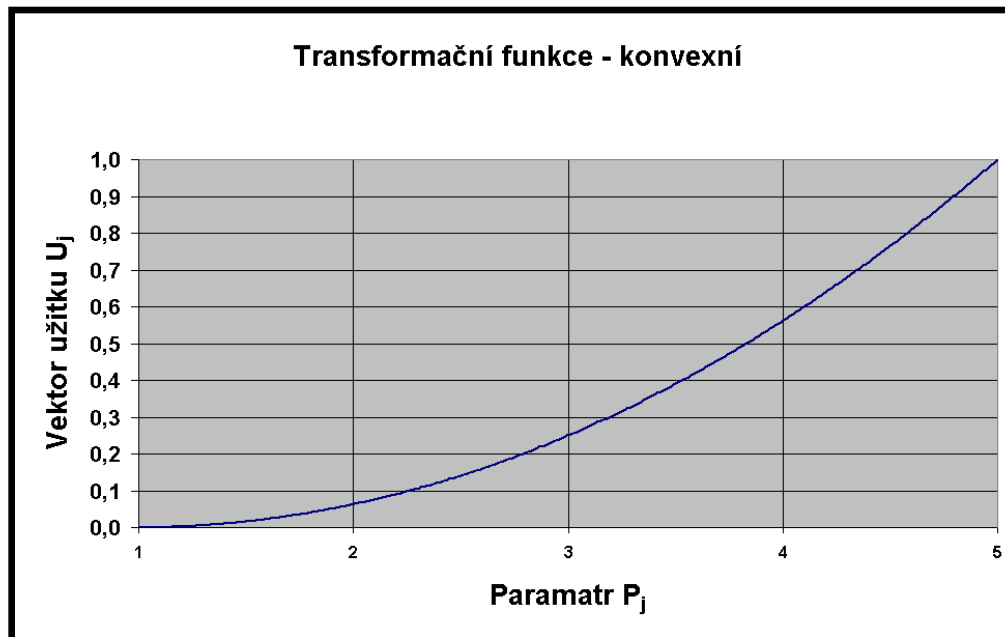
hodnot pro $U_j \rightarrow 1$

Ekologicky pesimistické hodnocení

(mírný nárůst P_j , nic moc k lepšímu s U_j se neděje)

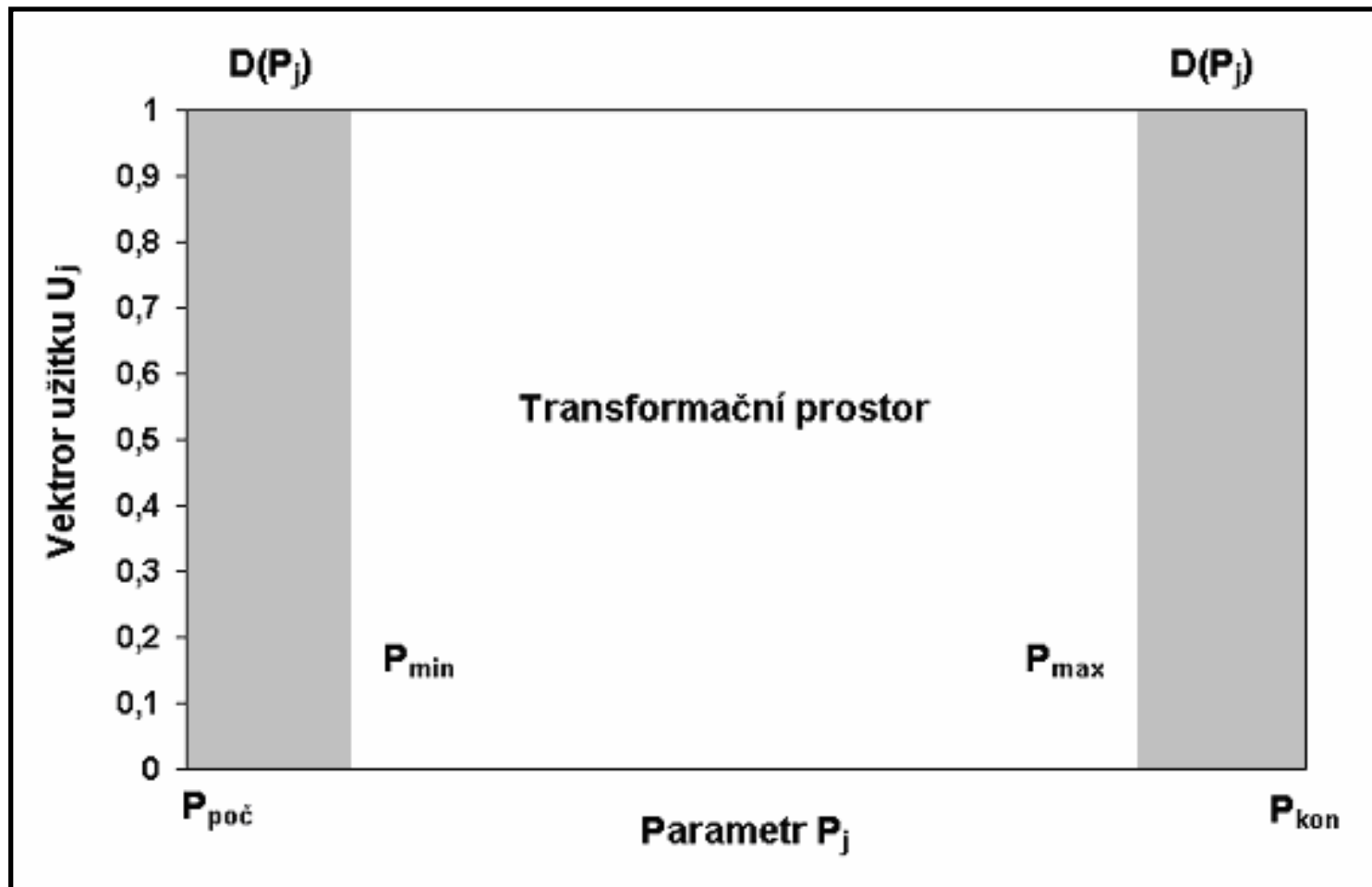
$$U_j = \left(\frac{P_j - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right)^k$$

$$k > 1$$



Ad.3 Odvození komparativní transformační funkce

Opírá se výhradně o zadané vstupní údaje pro celý posuzovaný soubor variant. Pro jinou kombinaci variant a vstupních hodnot se bude transf. funkce lišit!



Váhy kritérií



- Zcela zásadní důležitost má pro hodnocení (jeho výsledky) určení **významnosti** jednotlivých kritérií.
- Pokud je toto provedeno laicky či úmyslně zkresleně!, jsou výsledky posouzení zcela ZNEHODNOCENY!
- Při zavedení různých vah kritérií - obecně $w_j \neq 1$ platí pro výpočet celkové funkce užitku vztah:

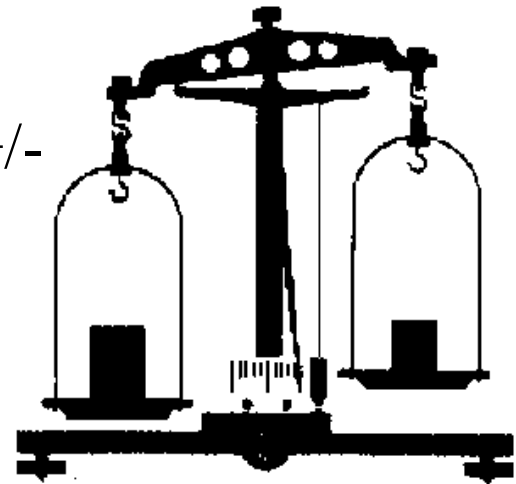
$$U(V_i) = \sum_{j=1}^n U_j w_j^{(N)}$$

Stanovení váhy kritérií

- V souboru ukazatelů kritérií nemají všechny prvky množiny P_j stejný relativní význam ve vztahu ke konkrétnímu posuzovanému záměru.
- Tento relativní, vzájemně poměrný význam (důležitost) se zjednodušeně označuje jako váha kritéria w_j .
- Tato významnost kritéria je subjektivní! (*co je podstatné pro mě nemusí být důležité pro vás*)
- V určitých specifických případech může být použito stejné váhy pro všechna kritéria, většinou je však třeba na základě reálných variant V_i a popisu ukazatelů kritérií jednotlivé váhy stanovit.
→ viz Cv.

- Pro určení vah kritérií existuje řada metod, které lze rozdělit :
 - metody pro **nezávislé stanovení** vah (hodnocení provádí jedinec nebo členové týmu nezávisle na sobě),
 - metody pro **závislé stanovení** vah (členové týmu jsou v kontaktu mezi sebou – brainstorming, týmová dohoda nebo Delfská metoda).
 - metody **jednotlivce**
 - **skupinové** určení vah

Všechny metody stanovení vah mají +/-



Metoda pořadí

Spočívá v prostém seřazení parametrů (hierarchizace).

Nejdůležitějšímu ukazateli (z n-tého počtu všech hodnocených) je přiřazeno 1. místo v pořadí, nejméně důležitému kritériu N-té pořadí, přičemž $N = n$.

Váha kritéria w_j je odvozena z výsledného pořadí, kde 1. místu odpovídá $w_j = n$, poslednímu kritériu v pořadí je přiřazeno číslo 1.

Pro další výpočty je třeba váhy **normovat** podle vztahu:

$$w_j^{(N)} = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad \text{kdy} \quad \sum_{j=1}^n w_j^{(N)} = 1$$

Zpět k příkladu... Kam večer na pivo...

Cena piva x Chut' x Obsluha

Nespokojeni s volbou kritérií či stanovením vah???

subjektivní hodnocení MD →
lepší je skupinové hodnocení!!!

Metoda známkování

Principem je zvolení bodovací (známkovací) stupnice – například 0 až 1, 0 až 10, popř. 0 až 100 bodů.

Známky jsou pak přidělovány podle důležitosti jednotlivých kritérií (ukazatelů).

Nejvyšší hodnoty dosahují nejvýznamnější kritéria, je možné přisoudit stejnou známku více ukazatelům.

Váhy je třeba opět **normovat**, přičemž z_j je známka (počet bodů) přiznaná **j**-tému parametru.

$$w_j^{(N)} = \frac{z_j}{\sum_j z_j}$$

Alokační metoda

Základem je postupné přerozdělení předem stanoveného celkového úhrnu bodů (například $\sum w_j = 100$) na hlavní kategorie, skupiny, až po jednotlivá kritéria.

Např.:	Kritéria technická a provozní	... 20 b.
	Kritéria ekonomická	... 20 b.
	Kritéria ekologická	... 35 b.
	Kritéria sociální	... 25 b.
		$\Sigma = 100$ b.

↙
Kritéria ekonomická

Celkové náklady	... 12 b.
Provozní náklady	... 5 b.
Vyvolané náklady	... 3 b.
	$\Sigma = 20$ b.

Metoda párového hodnocení

Princip metody spočívá ve vzájemném porovnání všech kritérií, tedy vytvoření dvojic jejichž počet je $(n/2)*(n-1)$.

Hodnotitel stanoví v rámci každé dvojice preferované kritérium (snadněji než přímo stanovit pořadí kritérií), je možné uvažovat i shodnou důležitost obou kritérií.

Pro čtyři kritéria (ukazatele) pak vzniká následující schéma – „Fullerův trojúhelník“ (zvýrazněný ukazatel je označen jako preferenční):

	1	1	1
1 Chut' piva	2	3	4
2 Cena		2	2
3 Obsluha		3	4
4 Zahrádka			3
			4

- Zjistí se celkový počet preferencí (předností) pro každé kritérium
- 1 bod za každou preferenci, 0,5b u dvojic bez ozn. preference
 - ✓ výsledkem je váha kritéria w_j , tu je třeba znormovat na $w_j^{(N)}$
 - ✓ Pro kritérium $w_j = 0$ → přiřadit hodnotu $w_j = 1$ a zvýšit w_j také u všech ostatních kritérií....

Duální metoda ALO-FUL

Kombinace metody alokační a metody párového hodnocení (dle Fullera).

Dva nezávislé kroky:

Stanovení normované váhy kategorie $w[KAT]^{(N)}$,

Stanovení dílčí váhy ukazatele kritéria v rámci příslušné kategorie $w[KAT]_j$.

$$w_j^{(N)} = w[KAT]^{(N)} \cdot \frac{w[KAT]_j}{\sum_{j=1}^m w[KAT]_j}$$

Nevýhodou všech metod je subjektivní přístup hodnotitele,
proto se doporučuje stanovit výslednou váhu ukazatelů kritérií
z postoje většího počtu respondentů → EXPERTNÍ ZPŮSOB
(např. anketou)... **SKUPINOVÁ VÁHA** (průměr z hodnot?)

Vyhodnocení variant - Závěr

$U_{U \text{ Švejka}}$...Celková funkce užitku spojená s volbou rest. „U Švejka“

$= [w_{\text{CHUŤ}} \cdot U_{\text{CHUŤ}} \cdot U_{\text{Švejka}}, w_{\text{CENA}} \cdot U_{\text{CENA}} \cdot U_{\text{Švejka}}, \dots, w_n \cdot U_n \cdot U_{\text{Švejka}}]$

$$U_{U \text{ Švejka}} = \sum_{j=1}^n U_j$$

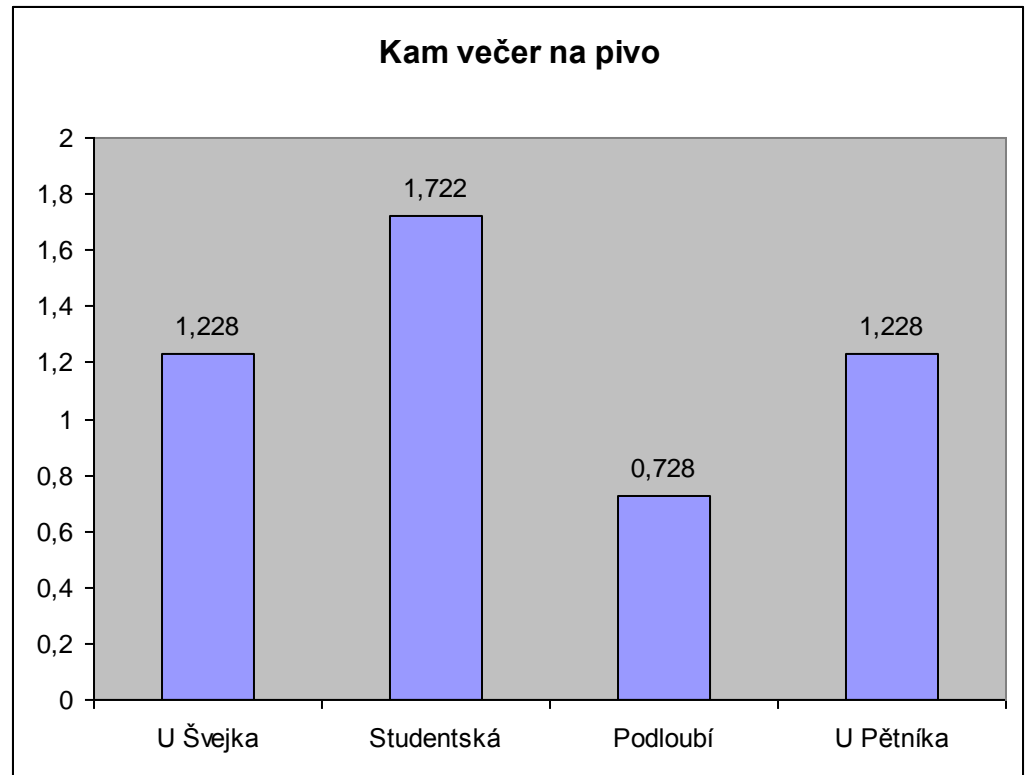
$$U_{U \text{ Švejka}} = 1,228$$

$$U_{\text{Studentská}} = 1,722$$

$$U_{\text{Podloubí}} = 0,728$$

$$U_{U \text{ Pětníka}} = 1,228$$

Vždy je důležité slovní
hodnocení!!!








Závěr

- ✓ Variantní řešení není vyžadováno ze zákona, je však vhodné pro efektivní volbu (zejm. u významného rozhodování)
- ✓ Problém „porovnání neporovnatelného“- hodnocení s více kritérii řeší metoda celkového užitku (převedením na „užitek spojený s realizací dané varianty“)
- ✓ Zásadní pro metodu je: stanovení kritérií a jejich váhy
stanovení transf. funkcí $U_j = f_j (P_j)$
zhodnocení výsledku – doporučení!
- ✓ Expertní hodnocení je objektivnější než hodnocení jednotlivce



Co je třeba znát !

-  Jaký je rozdíl mezi jedno a více-kriteriálním rozhodováním?
-  Jaké jsou vlastnosti kritérií a jak vznikne „katalog kritérií“?
-  Jaký je význam váhy kritérií, jak se váhy určují?
-  K čemu slouží transformační funkce – popis odvození.
-  Význam a specifika varianty OPTIMÁLNÍ, DOMINUJÍCÍ, NULOVÉ, ODLOŽENÉ ...umět uvést příklady!

Odkazy

- ŘÍHA, Josef. 2001. Posuzování vlivů na životní prostředí: Metody pro předběžnou rozhodovací analýzu EIA. Praha: ČVUT v Praze, 2001.
- KLVANĀ, Jaroslav. 2000. Modelování 10: Operační výzkum 1. 3. přeprac. vydání. Praha: ČVUT v Praze, 2000

