

Metodika: Simulace Monte Carlo v CBA

Identifikační údaje

Číslo metodiky: M/2010/3

Rok vzniku metodiky: 2010

Tvůrci metodiky:

doc. Ing. Jiří Hnilica, Ph.D.,
Ing. Patrik Sieber, Ph.D.,
Ing. Martina Sieber, Ph.D.,
Ing. František Kopecký Ph.D.,
Ing. Lubomír Malínek

Rámec metodiky:

Metodika vznikla v rámci řešení projektu V+V MD „Stínové ceny externalit v oblasti dopravy“. Hlavním řešitelem je KPM CONSULT, a.s., spoluřešitelem Vysoká škola ekonomická v Praze. Doba řešení 2007- 2010. Cílem projektu je vznik jasné metodiky pro hodnocení externalit (lidského života a zdraví, hluku a úspory času) pro použití při přípravě a hodnocení projektů a intervencí v dopravě, jakož i získání hodnot zmíněných externalit samotných – jejich tzv. stínových cen

Obsah

Úvod	3
1. Vymezení problematiky	6
2. Simulace Monte Carlo	13
3. Metody odhadu vstupních proměnných modelu CBA.....	20
3.1. Expertní názory v simulačních modelech	22
3.2. Matematicko-statistické postupy v simulačních modelech.....	23
4. Využití výsledků simulace Monte Carlo pro rozhodování.....	28
Literatura	30

Úvod

Smysl: vymezit zejména ta metodická pravidla a doporučení, která jsou opřena o teoretický konsensus na mezinárodní úrovni a praktickou proveditelnost při ekonomickém hodnocení intervencí (projektů, politik, programů) zejména prostřednictvím analýzy nákladů a přínosů (dále jen CBA, z anglického cost-benefit analysis) se zaměřením na rizika a nejistoty uvažovaných proměnných při modelování výsledku hodnocené intervence. Hlavním nástrojem bude simulace Monte Carlo. Ta představuje jednu z nejpokročilejších kvantitativních technik, které umožňují analytikovi integrovat riziko a nejistotu do odhadu proměnných CBA modelu. Vzhledem k tomu, že nás zajímá ve fázi rozhodování o realizaci či zamítnutí intervence budoucí vývoj ovlivněných proměnných, lze je v majoritě, ne-li zcela, považovat za více či méně rizikové či nejisté. Dalším důvodem, kvůli kterému si autoři myslí, že je třeba zahrnovat simulaci mezi běžně využívané techniky v infrastrukturních projektech, jsou pak proměnné v podobě ekonomické hodnoty netržních statků. Jejich hodnoty jsou nejisté nejen proto, že nastanou v budoucnosti a budoucí preference zřejmě nikdy nebudeme znát s jistotou, ale dokonce si nemůžeme být vzhledem k jejich netržní povaze ani jisti jejich historickým vývojem (chcete-li, stávajícím stavem). Je třeba si uvědomit, že i sebelepší empirický odhad těchto proměnných bude zatížen určitou mírou statistické chyby, příp. určitou mírou zkreslení vyplývající z techniky samotného sběru dat. A neumíme-li se vyhnout zcela této nejistotě v empirickém odhadu hodnot těchto a podobných proměnných, musíme se s tím vypořádat při modelování intervence. Jen poznamenejme, že s podobnými problémy, byť ne vždy v takové míře, se setkáváme i při odhadech hodnot tržních statků (konverzních faktorů) či samotných kvantit způsobených efektů. V metodice se autoři snaží zdůraznit, čeho by se měl v příštích letech jakýkoli analytik pracující s nejistými či rizikovými proměnnými při modelování intervence a využití simulace Monte Carlo držet, aby byly výsledky jeho analýzy konsistentní s teorií a byly přínosem pro praktické využití při hodnocení projektů či jiných intervencí a rozhodování o nich.

Využití metodiky: Většinu metodických doporučení týkajících se simulace lze použít obecně na jakýkoliv model hodnocení intervence, ale vzhledem ke kontextu projektu, je třeba zdůraznit její uplatnitelnost pro hodnocení projektů dopravní infrastruktury a dopravní politiky, tj. jakýchkoli staveb či jejich oprav, změn techniky či technologie, regulačních zásahů, systémů zpoplatnění jednotlivých dopravních módů apod. Všechny tyto změny mají ekonomický charakter a způsobují efekty na straně spotřeby vzácných zdrojů či dopadají na užitek členů dané společnosti, ať již pozitivním či negativním způsobem. Metodika současně předpokládá využití simulace v kontextu ekonomického hodnocení daných intervencí, a to zejména metodou CBA konsistentně s teorií blahobytu (welfare economics). Tomu je i uzpůsoben výklad jednotlivých postupů a doporučení. Simulace samotná má sice mnohem širší využití, ale metodika je zaměřena úžeji, tj. na její aplikaci v uvedeném kontextu.

Vazba na odhady ekonomické hodnoty jednotek netržních statků: Využití simulace předpokládá disponibilitu odhadů pravděpodobnostních rozdělání vstupních proměnných modelu intervence. V tomto směru je třeba upozornit na fakt, že empirické odhady ekonomické hodnoty netržních statků (hodnota časových úspor v dopravě, hodnota hluku, hodnota statistického života a zranění a hodnota jakýchkoli environmentálních dopadů), byť se jedná o kvalitativně složité jevy, jsou typickou kvantitativní proměnnou a jsou k dispozici ať již v podobě parametrických odhadů (kdy je již nějaké pravděpodobnostní rozdělení odhadované proměnné předpokládáno) nebo neparametrických odhadů, kde jsou k dispozici většinou sledované četnosti, které mohou k odhadu rozdělení vést.

Přínosy a udržitelnost využití metodiky: Od systematického využívání metodiky se očekává, že empirické odhady, které budou při jejím respektování získány, se vyhnou elementárním chybám ve vymezení zkoumaného objektu, relevantní populace či zvolené metody a zvýší se tím šance na získání prostorově a časově porovnatelných a hlavně v kontextu společenské CBA využitelných hodnot, jakož i hodnot využitelných pro případnou tvorbu intervencí (zpoplatňování módů, případně regulační zásahy či návrhy ekologických daní, apod.). Hodnoty musí respektovat teorii blahobytu a způsob jejich odhadu pravidla aplikačního výzkumu v této oblasti. Jinými slovy, pokud bude v bližší či vzdálenější budoucnosti kdokoli empiricky odhadovat ekonomickou hodnotu definovaných netržních statků, měl by respektovat následující doporučení a teoretická vymezení. Ta jsou shrnuta v metodice tak, aby

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

nebyla poplatná pouze určitým specifickým situacím, ale byla relativně všeobecně použitelná. Z toho současně plyne, že se vyhýbá některým metodickým podrobnostem, které jsou sice významné z hlediska použitelnosti výsledku výzkumu, nicméně jsou silně kontextuálně podmíněné, příp. platné pouze pro některé metody a tudíž nejsou snadno popsatelné na daném prostoru, příp. jejich aplikace vyžaduje specializované studium, ekonometrie, statistiky, sociologie apod. Současně zde nejsou použity „novinky“ teoretického výzkumu v dané oblasti, na kterých zatím buď neexistuje ve světě široký teoretický konsensus, nebo sice existuje teoretický konsensus, ale neexistují doposud ukázky kvalitní a proveditelné aplikace, byť může mít řada z nich podle autorů silný merit. Výzkum v této oblasti samozřejmě pokračuje, nicméně je vysoce pravděpodobné, že základní paradigmaty nebudou v příštích letech zásadně popřena, a proto autoři věří, že lze teze a doporučení postulované v tomto materiálu využívat v následujících letech (příp. dekádách) bez silného zastarání. Lze spíše očekávat, že bude v průběhu dekády text třeba doplňovat a aktualizovat.

Výchozí zdroje: Kompletní seznam doporučené literatury, resp. literatury, ze které jsme při psaní této metodiky čerpali, je uveden na závěr textu. Nicméně pokud bychom měli uvést nejdůležitější prameny, ze kterých jsme vycházeli, jsou následující čtyři:

- [1] BOARDMAN, A., GREENBERG, D., VINING, A. and WEIMER, D. **Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice**. Prentice Hall, 3 edition, 2005.
- [2] HNILICA, J., FOTR J. **Aplikovaná analýza rizika**. Grada 2009.
- [3] **Průvodce ekonomickým hodnocením projektů, programů a politik** [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2006. Dostupný z WWW: <http://www.strukturalni-fondy.cz/Narodni-organ-pro-koordinaci/Dokumenty/Metodiky-a-manualy/FileList/Pruvodce-ekonomickym-hodnocenim-projektu--programu/Pruvodce-ekonomickym-hodnocenim-projektu--programu>
- [4] **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects** [online]. European Commission, 2008. Dostupný z WWW: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf

1. Vymezení problematiky

Modelový princip cost-benefit analýzy je postaven na analogii s modely oceňování aktiv. Proto obecný postup, který hodnotí projekt veřejné sféry se zahrnutím společenských nákladů a společenských přínosů je obdobný postupu pro hodnocení projektů sféry soukromé. V *soukromé sféře* se predikují za jednotlivá období uvažovaného horizontu existence projektu peněžní toky ve formě příjmů a výdajů. Následný rozdíl mezi příjmy a výdaji, tzv. volný peněžní tok (FCF), se následně diskontováním převádí na čistou současnou hodnotu (NPV).

$$NPV_{FCF} = \sum_{t=1}^T \frac{\text{příjmy v čase } t - \text{výdaje v čase } t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{\text{volný peněžní tok v čase } t}{(1+r)^t}$$

V projektech *veřejné sféry* se predikují za jednotlivá období plánované životnosti projektu **společenské přínosy (social benefits) a společenské náklady (social costs)**. Jejich rozdíly, čisté společenské přínosy (NSB, net social benefits), se rovněž z důvodu porovnatelnosti diskontováním přepočítávají na současnou hodnotu.

$$NPV_{NSB} = \sum_{t=1}^T \frac{\text{přínosy v čase } t - \text{náklady v čase } t}{(1+q)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{\text{čisté přínosy v čase } t}{(1+q)^t}$$

Vzhledem k tomu, že budoucí příjmy/výdaje či přínosy/náklady nelze při hodnocení projektů s jistotou předpovídat, nabízí se samozřejmě otázka, jaké číselné hodnoty nakonec vlastně máme ve vztazích uvažovat.

Při odhadu benefitů ekonomové teoreticky pracují s tzv. opční cenou (option price), která reprezentuje částku, kterou jsou jednotlivci ochotni zaplatit za realizaci veřejného projektu předtím, než jsou známy konečné stavy světa. Jedná se o tzv. *willingness-to-pay* při nejistotě ohledně budoucích stavů světa. Sečtením opčních cen všech jednotlivců, kterých se realizace veřejného projektu bude dotýkat, získáme celkovou částku společenských přínosů, které z realizace veřejného projektu plynou (např. ARROW, 1970; GRAHAM, 1981; PLUMMER et al., resp. MEIER et al., 1991).

I když teorie doporučuje při odhadu přínosů (benefitů) pracovat primárně s opční cenou, jsme v praxi vystaveni při odhadu opční ceny mnoha potížím, které nejsou dodnes uspokojivě vyřešeny. Akademická literatura se zatím neshoduje nejenom na velikosti opční hodnoty, ale dokonce ani na znaménku (GRAHAM, 1981, MEIER et al., 1991, resp. BOARDMAN et al., 2005). Praxe tedy nejspíše i nadále bude pracovat se středními hodnotami odhadovaných přínosů. Pro obhajobu použití

středních hodnot existuje nicméně i několik podpůrných tvrzení (BOARDMAN et al., 2005) zejména za situace, kdy se dopady veřejných projektů rovnoměrně rozloží mezi jednotlivce společnosti, resp. pokud se jednotlivci výrazně neliší ve svých preferencích.

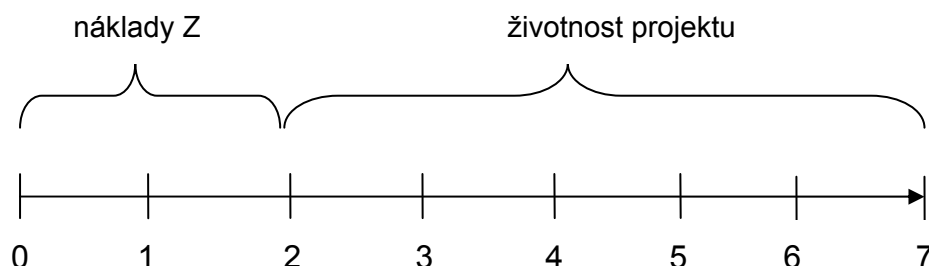
Pro CBA se proto předpokládá, že současná hodnota čistých společenských přínosů (NPV_{NSB}) je diskontovaným součtem středních hodnot čistých společenských benefitů (NSB) za dobu životnosti projektu či dopadu politiky resp. intervence. Čisté společenské benefity jsou určeny rozdílem společenských benefitů (SB) a společenských nákladů (SC):

$$NPV_{NSB} = \sum_{t=1}^T \frac{E(NSB_t)}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{E(SB_t) - E(SC_t)}{(1+r)^t}.$$

Nicméně ani požadavek střední hodnoty není vždy jednoduché splnit, jelikož teoreticky pro výpočet střední hodnoty dané veličiny potřebujeme znát její pravděpodobnostní rozdělení. V následujícím textu se budeme zabývat postupem, jak se ke středním hodnotám nejlépe dostat a na jaká úskalí si musíme zejména dávat pozor.

Přístupme k problému určení střední hodnoty nejprve zcela obecně. Uvažujme opět jako v předchozí metodice o analýze rizika tři parametry X, Y a Z, jejichž hodnota je sice nejistá, ale které vstupují do CBA za jednotlivá období např. v podobě X×Y-Z. Parametr X může například představovat společenskou hodnotu času (v peněžních jednotkách/hod.) a Y počet uspořené hodin ve společnosti při realizaci projektu, jehož celkové náklady budou Z. Abychom situaci poněkud zpřehlednili, necht' realizace projektu trvá 2 roky a necht' následná životnost projektu je 5 let. Pro ohodnocení smysluplnosti projektu musíme odhadnout, zda přínosy z projektu budou převažovat nad náklady. V první fázi analýzy musíme odhadnout hodnotu času, počet uspořené hodin a náklady projektu v jednotlivých letech životnosti projektu.

Obrázek 1: Rozložení nákladů a přínosů projektu v čase



Za první rok můžeme například předpokládat, že polovina částky odhadnutých nákladů Z bude efektivně vynaložena. Obdobný závěr můžeme předpokládat i v roce druhém. Za první dva roky proto projekt bude generovat pouze záporné „benefity“ resp. pouze náklady. V dalších pěti letech pak již pouze přínosy¹ určené odhadem X a Y :

$$NPV_{NSB} = \frac{-0,5 \times Z}{(1+r)^1} + \frac{-0,5 \times Z}{(1+r)^2} + \frac{X \times Y}{(1+r)^3} + \dots + \frac{X \times Y}{(1+r)^7}.$$

Do čitatele modelu musíme ovšem dosazovat střední hodnoty čistých přínosů. Z veličin X , Y a Z tedy střední hodnotu čistých příjmů musíme nějak získat. Zastavme se nejdříve u jednodušší situace s náklady Z . Jelikož se jedná o poměrně krátkodobý horizont a často existuje již určitá zkušenost z obdobných projektů, můžeme považovat hodnotu Z za poměrně jistou. Pak z pravidel počtu pravděpodobnosti plyne, že střední hodnota konstanty je konstanta, a tedy, že

$$E(Z) = Z \text{ a } E(0,5Z) = 0,5Z.$$

Dosažením tak získáváme rovnost

$$\frac{-0,5 \times Z}{(1+r)^1} + \frac{-0,5 \times Z}{(1+r)^2} = \frac{-0,5 \times EZ}{(1+r)^1} + \frac{-0,5 \times EZ}{(1+r)^2} = \frac{E(NSB_1)}{(1+r)^1} + \frac{E(NSB_2)}{(1+r)^2}.$$

Pokud víme, že hodnota Z jistá není, musíme střední hodnotu spočítat tak, že vyjdeme z určitých tzv. scénářů a jejich pravděpodobností například ve formě následující tabulky:

¹ Samozřejmě, že pokud například šlo o nějakou dočasnou komunikaci s životností pět let, můžeme i uvažovat určité provozní náklady N . Pak bychom počítali čisté přínosy jako rozdíl $X \times Y - N$, nicméně postup zůstane obdobný jako v následujícím textu.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

Tabulka 1 Možné scénáře pro hodnotu investičních nákladů Z

Z	pravděpodobnost	hodnota nákladů
scénář 1	25%	100
scénář 2	50%	150
scénář 3	25%	200

Střední hodnota je obecně definována jako vážený aritmetický průměr možných hodnot N , kde váhami jsou pravděpodobnosti p_n jejich výskytu:

$$E(Z) = \sum_{n=1}^N Z_n \times p_n = 0,25 \times 100 + 0,5 \times 150 + 0,25 \times 200 = 150.$$

Odhadovat náklady můžeme i pomocí odchylek k výchozí (tzv. bazické) hodnotě Z, kterou považujeme za nejpravděpodobnější a následně spočítat střední hodnotu. V návaznosti na příklad výše pak první scénář může představovat 2/3 nákladů druhého (bazického) a třetí scénář pak 4/3 apod. Na tomto místě je důležité upozornit, že nejpravděpodobnější hodnota (modus) a střední hodnota se obecně nerovnaj! V našem příkladě tomu sice tak je, ale jenom proto, že jsou scénáře 1 a 3 symetricky rozložené kolem výchozího nejpravděpodobnějšího scénáře Z^2 . Zde se poměrně často chybuje, jelikož analytici při diskusi např. s odborníky ze stavebnictví mají k dispozici většinou **nejpravděpodobnější** odhady. Nebudou-li se ale scénáře 1 a 2 lišit o stejnou hodnotu (tj. +/-100), resp. pokud se budou lišit pravděpodobnosti, pak pokud budeme pracovat s odhadem nejpravděpodobnějším, dopouštíme se (často nemalé) chyby – viz obrázky 2 a 3.

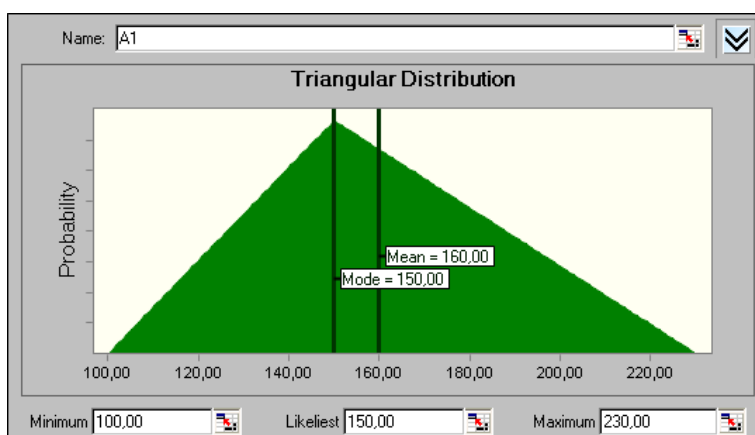
V některých situacích můžeme modelovat hodnotu nákladů i na základě tzv. hustoty pravděpodobnosti, kdy se střední hodnota počítá pomocí integrace. Tento v mnoha případech poměrně obtížný propočet je nicméně jednoduše zvládnutelný, pokud pro CBA použijeme simulaci Monte Carlo (viz dále).

Vraťme se k odhadu nákladů Z. Od odborníků například víme, že by náklady neměly klesnout pod 100, že je velmi pravděpodobné, že se budou pohybovat kolem 150 a že by určitě neměly překročit 230. Budeme-li předpokládat tzv. trojúhelníkové rozdělení, bude střední hodnota (mean) rovna $(100+150+230)/3 = 160$.

² Obecně platí rovnost nejpravděpodobnější hodnoty (tzv. modus) a střední hodnoty, když je pravděpodobnostní rozdělení (funkce hustoty) symetrické podle střední hodnoty.

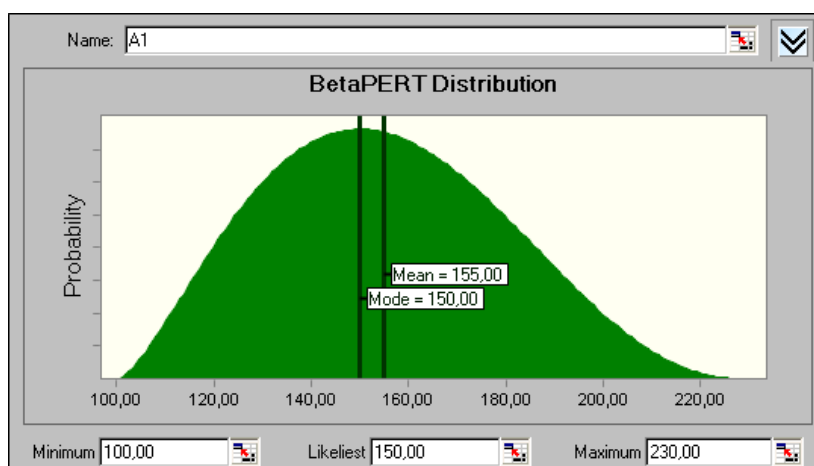
Většina softwarových produktů pro simulace Monte Carlo si střední hodnotu spočítá sama. I když v případě trojúhelníkového rozdělení je to triviální, pro jiná rozdělení již nemusí existovat tak jednoduchý vztah. Do určité míry to platí i pro tzv. BetaPERT rozdělení, které je definováno stejnými parametry jako rozdělení trojúhelníkové a v mnoha případech se doporučuje namísto rozdělení trojúhelníkového.

Obrázek 2 Trojúhelníkové rozdělení



Zdroj: simulační software Crystal Ball³

Obrázek 3 BetaPert rozdělení



Zdroj: simulační software CrystalBall

³ Simulační software Crystal Ball je produktem firmy Oracle (<http://www.oracle.com>). Softwarové řešení představuje komplexní tabulkově založenou aplikaci pro predikční modelování (simulace, tvorba předpovědí, optimalizace) s využitím metody Monte Carlo. Aplikace dává jedinečnou možnost nahlédnout na kritické faktory, které ovlivňují riziko.

Do vzorce pro NPV_{NSB} by tedy jako hodnoty parametru Z vstupovaly hodnoty 160 resp. 155.

Podívejme se nyní na další část výpočtu, kterou je odhad přínosů $X \times Y$. Zase jako v případě odhadu Z potřebujeme znát střední hodnotu $E(X \times Y)$. Zde je ale již nutná určitá obezřetnost, jelikož obecně platí následující vztah, kde $cov(X, Y)$ je tzv. kovariance, která měří sílu lineární závislosti mezi proměnnými X a Y :

$$E(XY) = E(X)E(Y) + cov(X, Y).$$

Proto nelze do vztahu pouze jednoduše dosadit násobek EX a EY . To by bylo možné, pouze pokud by veličiny X a Y byly nezávislé⁴, tj. kovariance $cov(X, Y) = 0$, a

$$E(XY) = E(X)E(Y).$$

V případě závislosti mezi veličinami X a Y kvantifikované pomocí korelačního koeficientu ρ_{XY} pak vzhledem ke vztahu pro korelační koeficient

$$\rho_{XY} = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_X \times \sigma_Y}$$

platí, že

$$E(XY) = E(X) \times E(Y) + \rho_{XY} \times \sigma_X \times \sigma_Y,$$

kde σ_X a σ_Y jsou směrodatné odchylky proměnné X resp. Y .

Je zřejmé, že v případě závislosti není jednoduché střední hodnotu čistých přínosů přímo spočítat. V tomto případě opět doporučujeme využít simulaci Monte Carlo.

Shrneme-li, tak pouze za předpokladu nezávislosti mezi X a Y (a samozřejmě mezi X a Z a mezi Y a Z) můžeme vztah pro současnou hodnotu čistých sociálních přínosů psát:

⁴ To je avšak v našem **konkrétním** případě možné předpokládat.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

$$\begin{aligned}
 NPV_{NSB} &= \frac{-0,5 \times Z}{(1+r)^1} + \frac{-0,5 \times Z}{(1+r)^2} + \frac{X \times Y}{(1+r)^3} + \dots + \frac{X \times Y}{(1+r)^7} = \\
 &= \frac{-0,5 \times EZ}{(1+r)^1} + \frac{-0,5 \times EZ}{(1+r)^2} + \frac{EX \times EY}{(1+r)^3} + \dots + \frac{EX \times EY}{(1+r)^7} = \\
 &= \frac{-0,5 \times Z}{(1+r)^1} + \frac{-0,5 \times Z}{(1+r)^2} + \frac{E(X \times Y)}{(1+r)^3} + \dots + \frac{E(X \times Y)}{(1+r)^7} = \\
 &= \frac{E(NSB_1)}{(1+r)^1} + \frac{E(NSB_2)}{(1+r)^2} + \frac{E(NSB_3)}{(1+r)^3} + \dots + \frac{E(NSB_7)}{(1+r)^7}.
 \end{aligned}$$

Za jiné situace bude potřeba přistoupit k simulaci Monte Carlo.

Pro názornost dosadíme opět číselné hodnoty. Nechť hodnota času zjištěná pomocí různých analytických metod je⁵ 3 p.j./hod a nechť projekt celkem ušetří ročně 15 hodin. Při 5% diskontní sazbě je současná hodnota čistých přínosů rovna

$$NPV_{NSB} = \frac{-0,5 \times 150}{(1+0,05)^1} + \frac{-0,5 \times 150}{(1+0,05)^2} + \frac{3 \times 15}{(1+0,05)^3} + \dots + \frac{3 \times 15}{(1+0,05)^7} = 37.$$

Opět se dostáváme do problému nejistoty ohledně odhadů X a Y. Nelze očekávat, že analýza, která by měla dát odpověď na otázku o hodnotě času, povede k nějakému jednoznačnému číslu např. 3 p.j./hod., ale spíše k určitému intervalovému odhadu např. <2,4>, resp. k 3±1, kde jednička znamená střední chybu odhadu⁶. Podobně i odhad uspořené hodiny ve výši 15 je pouze odhadem, od kterého se budoucí skutečnost může lišit. Postupovat můžeme opět jako v případě odhadu veličiny Z výše. Jednou z možností je využít analýzu scénářů, tj. pracovat s určitými scénáři možných hodnot jednotlivých veličin, např. v podobě následující tabulky:

Tabulka 2 Možné scénáře pro hodnotu času X

X	hodnota času (p.j./hod.)
scénář 1	2
scénář 2	3
scénář 3	4

⁵ tj. peněžních jednotek, p.j.

⁶ Získanou například z regrese.

Tabulka 3 Možné hodnoty pro množství uspořené času Y

Y	množství uspořené času (hod.)
scénář 1	10
scénář 2	15
scénář 3	20

Budeme-li uvažovat, že všechny scénáře jsou stejně pravděpodobné, tj. přiřazujeme každému z nich pravděpodobnost 1/3, pak vzhledem k symetričnosti hodnot kolem scénáře 2 a vzhledem k jejich nezávislosti jsou střední hodnoty rovny hodnotě druhých scénářů:

$$NPV_{NSB} = \frac{-0,5 \times 150}{(1+0,05)^1} + \frac{-0,5 \times 150}{(1+0,05)^2} + \frac{3 \times 15}{(1+0,05)^3} + \dots + \frac{3 \times 15}{(1+0,05)^7} = 37 =$$

$$= \frac{E(SNB_1)}{(1+r)^1} + \frac{E(SNB_2)}{(1+r)^2} + \frac{E(SNB_3)}{(1+r)^3} + \dots + \frac{E(SNB_7)}{(1+r)^7}.$$

Vzhledem k nejistotě, se kterou odhadujeme hodnoty X a Y resp. Z, nevíme, zda skutečně hodnota projektu, tj. 37, bude nakonec realizována. K analýze nejistoty, které s odhadem NPV_{NSB} čelíme, je vhodné použít několik metod. Nejčastější metodou je citlivostní analýza a analýza scénářů, která byla popsána v metodice *Analýza rizika v CBA*. Zaměříme se proto nyní na pokročilejší analýzu pomocí simulace Monte Carlo.

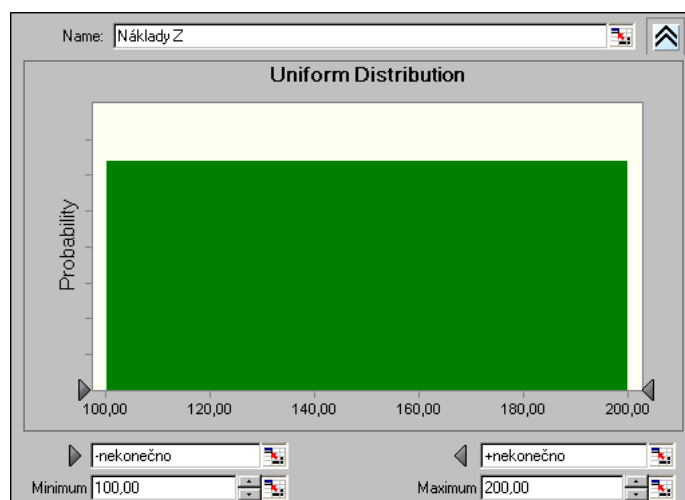
2. Simulace Monte Carlo

Při simulaci Monte Carlo se uvažuje s celkovou nejistotou, které jsme při odhadu NPV_{NSB} vystaveni. Záleží pak na míře naší celkové informovanosti, jak danou nejistou veličinu budeme nakonec modelovat. Pokud například docházíme k závěru, že by hledaná nejistá veličina mohla ležet v určitých mezích, je vhodné použít pro modelování tzv. rovnoměrné rozdělení, které přisuzuje všem hodnotám dané proměnné, které přicházejí v daném intervalu v úvahu, stejnou váhu. Pro náš konkrétní příklad tak investiční náklady jsou modelovány rovnoměrným⁷ rozdělením U s parametry 100 a 200, $U[100,200]$, hodnota času $U[2,4]$ a počet uspořené hodin $U[10,20]$.

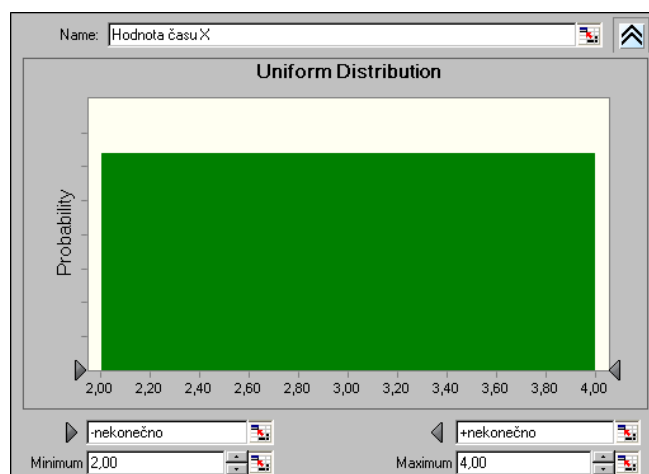
⁷ Rovnoměrné rozdělení je plně definováno dvěma parametry, minimální a maximální hodnotou uvažovaného intervalu.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

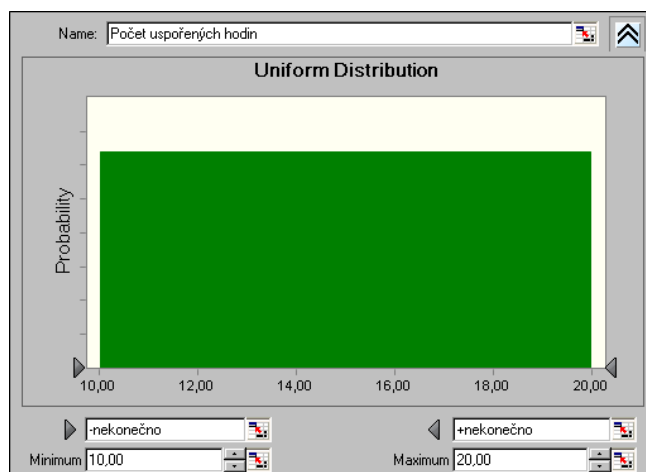
Obrázek 4 Modelování investičních nákladů Z



Obrázek 5 Modelování hodnoty času X

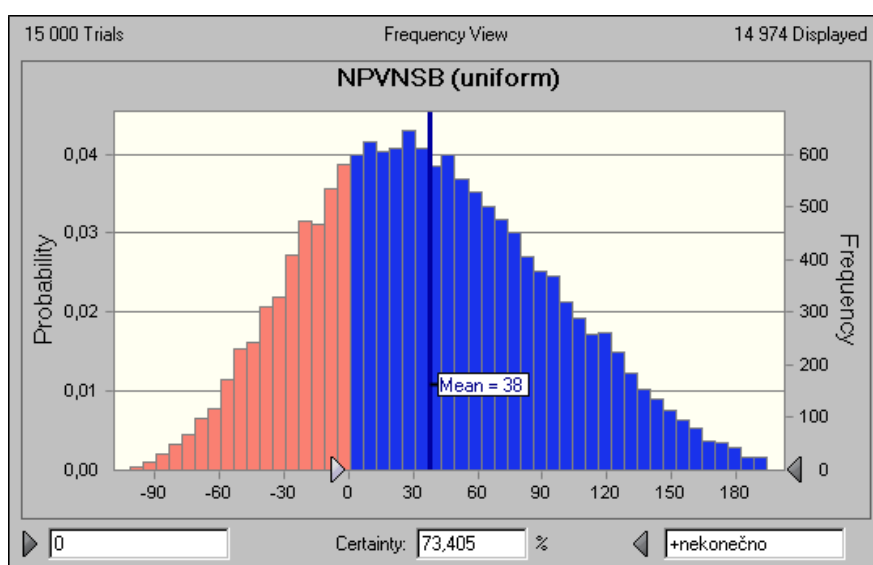


Obrázek 6 Modelování počtu uspořených hodin Y



Počítač pak generuje náhodná čísla z námi definovaných pravděpodobnostních rozdělení. Po každém vygenerování hodnot X , Y a Z se spočítá výsledné NPV_{NSB} a po předem definovaných počtech vygenerovaných hodnot (např. 15 000) se sestaví histogram četností. Ten je zároveň automaticky transformován na rozdělení pravděpodobnostní. Histogram četností a korespondující pravděpodobnostní rozdělení našeho modelového příkladu zachycuje následující obrázek⁸:

*Obrázek 7 Histogram četností NPV_{NSB}
(při rovnoměrném rozdělení vstupních parametrů)*



Z histogramu četností můžeme spočítat celou řadu statistických charakteristik jako například rozptyl, směrodatnou odchylku, maximum, minimum, šikmost či špičatost.

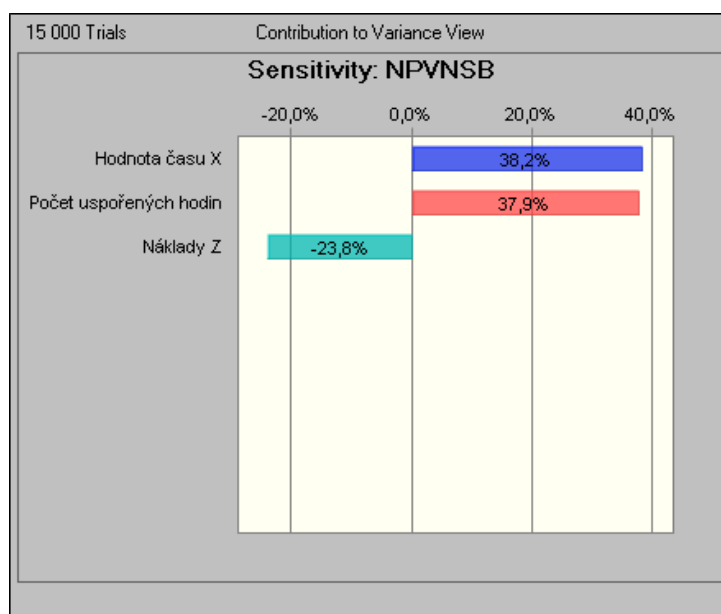
Důležitá statistická charakteristika je střední hodnota (mean), které indikuje celkovou hodnotu projektu, politiky či intervence formou NPV_{NSB} . Vidíme, že vzhledem k symetrii rozdělení a nezávislosti rozdělení se prakticky neliší od našeho původního bodového odhadu.

Za další zajímavé číslo, které má velmi silnou vypovídací schopnost z hlediska analýzy rizika, jsou šance, že NPV_{NSB} bude větší než nula. V našem konkrétním případě jsou šance více jak 73 %. Záleží pak již na sklonu k riziku u konečného rozhodovatele, zda do projektu „jít či nejít“.

⁸ Obě dvě rozdělení mají identický tvar, liší se pouze hodnotami na ose y.

Další důležitou analýzou je citlivostní analýza, která ale vychází ze simulace Monte Carlo – na rozdíl citlivostní analýzy popisované v metodice *Analýza rizika v CBA* již v sobě implicitně zahrnuje simultánní vliv všech proměnných modelu⁹.

Obrázek 8 Analýza citlivosti – simulace Monte Carlo



Vidíme např., že k celkovému konečnému riziku NPV_{NSB} (tj. 100 %) přispívá nejistota ohledně hodnoty času i hodnoty počtu uspořenéých hodin cca 38 %. Zbýlých 24 % připadá na nejistotu ohledně odhadu výše nákladů. Obrázek současně i ukazuje, že růst X a Y vede i k růstu NPV_{NSB} , zatímco růst Z vede k poklesu NPV_{NSB} .

Pokud tedy určitá vstupní proměnná významně ovlivňuje kritériální veličinu, měli bychom zjistit, zda naše odhady ohledně možných hodnot této proměnné jsou správné, resp. zda by nebylo účelné investovat více času a prostředků do jejího přesnějšího odhadu (tj. použít následně pravděpodobnostní rozdělení s menším rozptylem).

Máme-li představu nejenom o intervalu, ve kterém by parametry modelu při výpočtu NPV_{NSB} mohly ležet, ale i určitý názor o nejpravděpodobnější hodnotě z intervalu, je

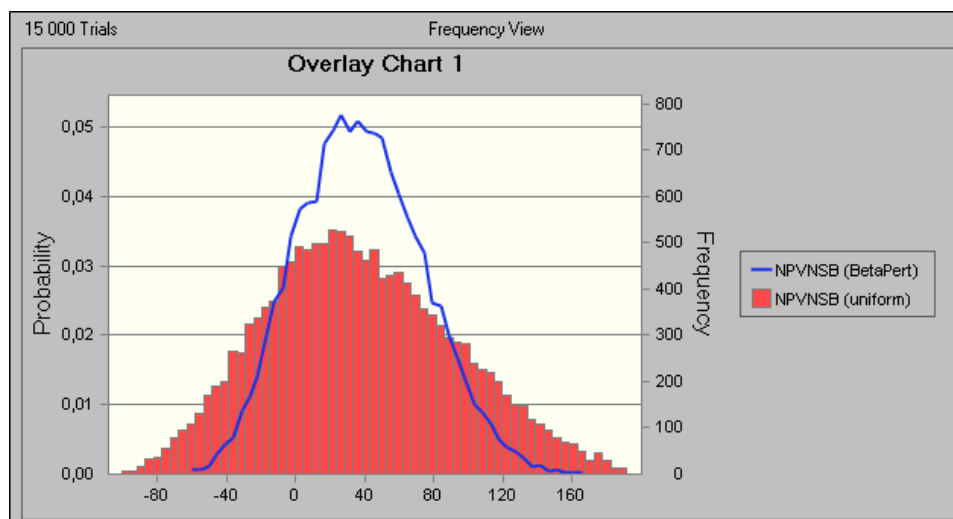
⁹ Obvykle se počítá jako míra pořadové korelace mezi kritériální veličinou a danou proměnnou (samozřejmě při zahrnutí vlivu ostatních proměnných). Na obrázku výše je sice analýza citlivosti charakterizovaná pomocí podílu na celkovém rozptylu, nicméně jedná se o přepočet z měr pořadové korelace.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

vhodnější použít rozdělení, které je definováno pomocí maxima, minima a nejpravděpodobnější hodnoty. Těmi jsou rozdělení trojúhelníkové a rozdělení BetaPERT. Obecně se doporučuje spíše rozdělení BetaPERT, protože kromě toho, že je „hladší“, dává i větší váhu právě hodnotám kolem nejpravděpodobnějších hodnot než rozdělení trojúhelníkové.

Jelikož rozdělení trojúhelníkové resp. BetaPERT vycházejí z větší informovanosti o možných hodnotách parametrů, je i celkový rozptyl četnostního rozdělení v případě trojúhelníkového resp. BetaPERT rozdělení menší.

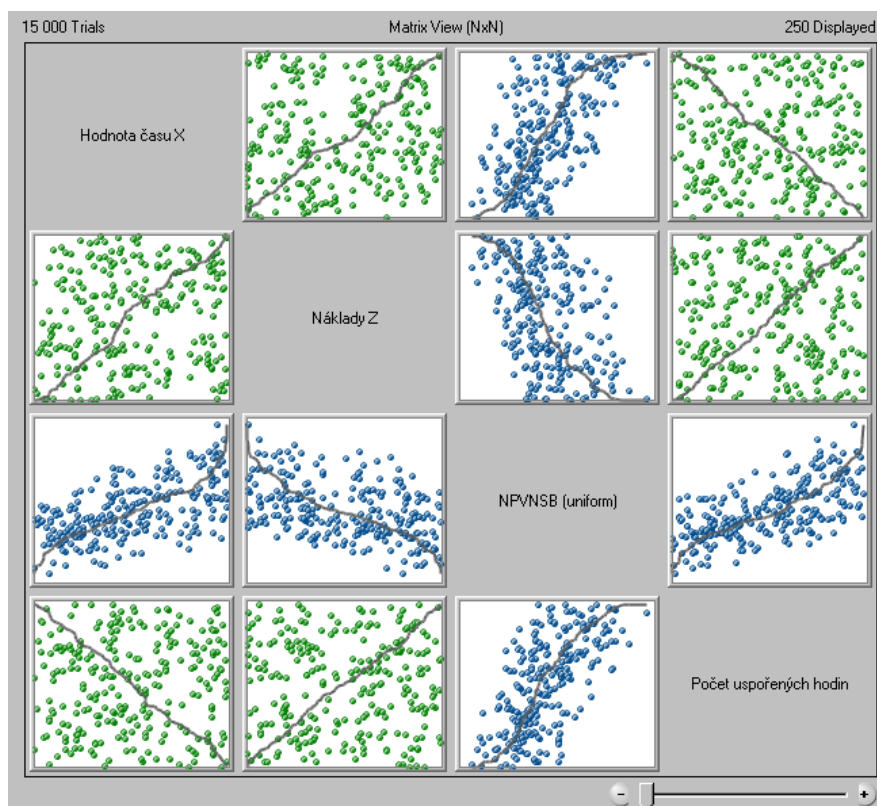
Obrázek 9 Četnostní rozdělení NPV_{NSB} při parametrech stanovených pomocí rovnoměrného a BetaPert rozdělení



Jednou z nevýhod klasické citlivostní analýzy je ta skutečnost, že nezachytí různé nelineární vztahy mezi proměnnými. I když to není situace našeho modelové příkladu, tak při vyšším počtu proměnných a složitějších vazbách mezi nimi, je zcela běžné, že vztah mezi parametrem a kriteriální veličinou může být díky komplexnosti vztahů v konečném důsledku nelineární. K analýze těchto vztahů velmi dobře poslouží tzv. *scatter chart*, který zachycuje v matici graficky vztah mezi jednotlivými parametry a kriteriální veličinou (viz obrázek 10).

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

Obrázek 10 Matice vztahů mezi parametry a kritériální veličinou



Velmi významným prvkem simulací Monte Carlo je, že umožňují zachycovat různé vztahy mezi proměnnými. Budeme-li například uvažovat, že proměnné jsou v čase závislé, tj. například, že pokud náš odhad bude pro rok $t = 1$ příliš nízký, bude nižší i v následujících letech, tak se sice nemění¹⁰ NPV_{NSB} , ale změní se celková nejistota – tj. rozptyl četnostního rozdělení NPV_{NSB} .

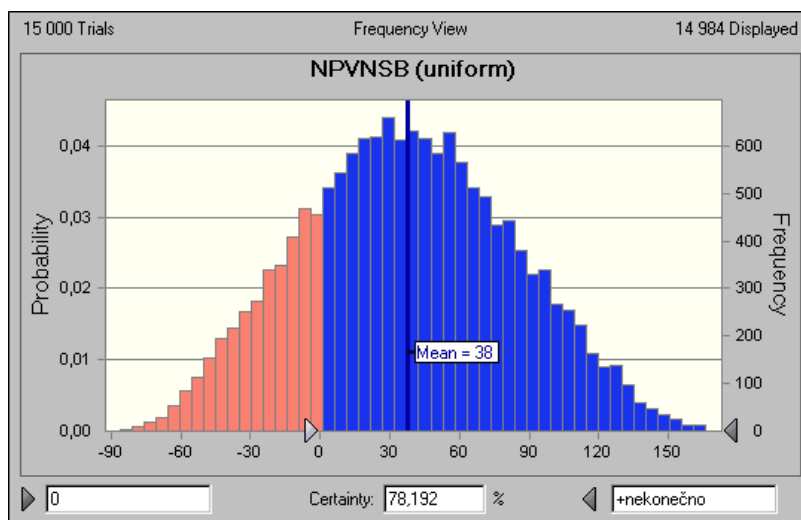
Situace je zachycena v následujících obrázcích, kdy jsou na sobě závislé hodnoty uspořenéých hodin v jednotlivých letech. Čím vyšší je koeficient časové korelace, tím je i větší rozptyl. Zajímavé je, že rozdělení je při vyšší korelaci více zešikmené zprava, tj. rozptyl se zvětšuje zejména z důvodu pomalejší konvergence rozdělení k nule zprava. V našem konkrétním případě je evidentní, že korelace nehraje významnou roli – NPV_{NSB} ani jeho celkový rozptyl (tj. riziko odhadu) se výrazně nemění. To samo o sobě je velmi významné zjištění, protože nám ukazuje, že odhad

¹⁰ ze vztahu $E \sum X_i = \sum EX_i$

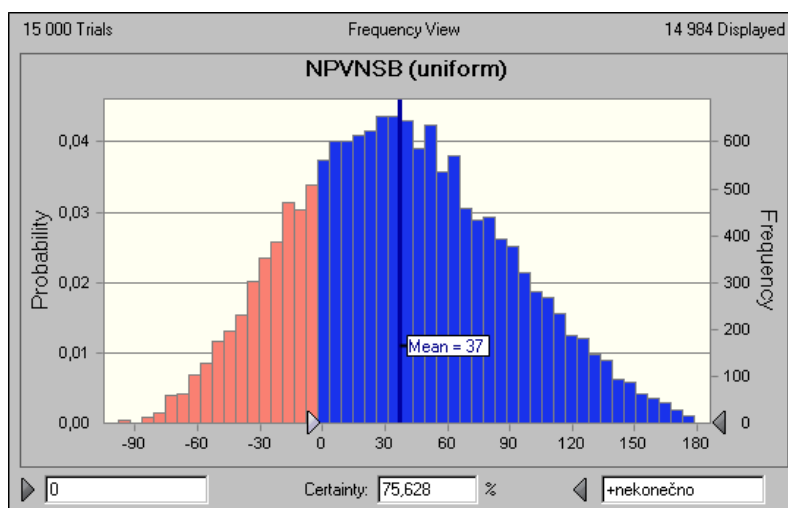
STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

korelačního koeficientu nemusí být nijak zvlášť přesný a nemusíme mu tedy věnovat příliš velkou pozornost (na rozdíl od ostatních parametrů). Důležité ale je, že tato „necitlivost“ neplatí obecně a že její význam lze zjistit obvykle pouze simulací Monte Carlo.

Obrázek 11 Četnostní rozdělení při časové korelaci $\rho = 0$



Obrázek 11 Četnostní rozdělení při časové korelaci $\rho = 0,8$



Shrneme-li, tak vstupní proměnné CBA modelu mohou být uvažovány ve formě:

- bodového odhadu,
- intervalu,
- pravděpodobnostního rozdělení.

Největší vypovídací schopnost mají samozřejmě intervalové či pravděpodobnostní odhady, protože odkrývají nejistotu, kterou o vstupních proměnných a následně kritériální veličině máme. Tyto odhady je možné tvořit subjektivně (rovnoměrné, trojúhelníkové či BetaPert rozdělení) resp. na základě výsledků aplikovaných statistických metod (viz dále).

Při bodových odhadech je důležité vnímat, že díky vztahům mezi parametry v modelu se při odhadu NPV_{NSB} může stát, že vztahy mezi parametry modelu nebudou nakonec lineární (a to i kdybychom neuvažovaly různé korelace mezi proměnnými), a tedy, že po dosažení **nejpravděpodobnějších hodnot¹¹ vstupních proměnných nemusí být výsledná hodnota NPV_{NSB} hodnotou nejpravděpodobnější** (Savage, 2009).

3. Metody odhadu vstupních proměnných modelu CBA

Zastavme se nyní poněkud podrobněji nad předpokládanými vstupy našeho výše uvedeného simulačního modelu. Jako exemplární situaci využijme plán pouze na jedno období (např. rok 2012). Pro názornost přidáme do modelu ještě třetí proměnnou, kterou jsou provozní náklady:

Tabulka 4 Plán nákladů a přínosů pro rok 2012

<i>Proměnné modelu</i>	<i>Bodový odhad</i>
X, hodnota času	3
Y, množství uspořené času	15
Q, provozní náklady	10
NSB	35 ¹²

¹¹ Ponecháváme zcela stranou již diskutovaný problém rovnosti nejpravděpodobnějších hodnot a hodnot středních, který dále bodovou analýzu komplikuje!

¹² $3 \times 15 - 10 = 35$

Každý model pro odhad NPV_{NSB} je postaven na číselných odhadech, které nakonec vedou k nějakému číselnému odhadu kritériální veličiny, tj. NPV_{NSB} . Avšak prakticky zpravidla nikdo nikdy moc dobře neví, co tyto vstupní předpokládané číselné hodnoty vlastně nakonec představují. Nabízejí se tedy velmi podstatné otázky ohledně sloupce „Bodový odhad“:

- Co tyto číselné hodnoty znamenají? Jak se dají interpretovat?
- Jak spolehlivé tyto hodnoty jsou?
- Jak moc se nakonec tyto hodnoty mohou od skutečnosti na konci roku (období) lišit?

Problém přesnějšího vydefinování předpokladů je z velké části způsoben tím, že jsou předpoklady konvečně uvažovány jako bodové odhady. Jak ale získáváme tyto bodové odhady? Jedná se o nejpravděpodobnější hodnoty, střední hodnoty, poměrně optimistické hodnoty, spíše pesimistické hodnoty a nebo o hodnoty zcela nesmyslné ...? V mnoha případech jen těžko soudit. V praxi se velmi často favorizují spíše nejpravděpodobnější hodnoty¹³, které plynou často z analýzy scénářů a reprezentují jakýsi realistický odhad, nicméně jak jsme uvedli v úvodu metodiky, mělo by se správně jednat o hodnoty střední.

V mnoha případech je vhodnější a často i jednodušší odhadovat předpoklady (proměnné) modelu intervalově, resp. pomocí pravděpodobnostních rozdělení. Avšak hned na tomto místě je nutné si vyjasnit, co pod obecným pojmem „nejistota“ je možné všechno rozumět. Jinak řečeno, k jakým možným účelům je možné pravděpodobnostní rozdělení místo intervalových odhadů použít. S proměnnou, která se stává vstupem do modelu, mohou být spojeny následující aspekty nejistoty:

- nahodilost (z angl. *randomness*),
- variabilita (z angl. *variability*, *inter-individual variability*),
- nejistota (z angl. *uncertainty*).

Pod „**nahodilostí**“ rozumíme situaci, kdy proměnnou chápeme skutečně jako nahodilou, tj. kdy z obecné nahodilosti nelze hodnotu proměnné s jistotou předpovídat. Příkladem může být například počet dopravních nehod na železničním přejezdu v daném časovém úseku.

¹³ Tento postup může vést ke zcela chybným výsledkům, jelikož modely (čistě) současné hodnoty jsou postaveny na středních hodnotách, nikoliv na hodnotách nejpravděpodobnějších (modálních).

„**Variabilitou**“ se myslí situace, kdy nejistota ohledně hodnoty proměnné není daná obecnou nahodilostí, ale vlastní variabilitou souboru, který uvažujeme. Příkladem může být například soubor občanů daného regionu rozříděný podle věku či jiného faktoru.

„**Nejistotou**“ se rozumí ve statistice nejistota ohledně parametrů pravděpodobnostního rozdělení. I když budeme modelovat „nahodilost“ či „variabilitu“ pomocí pravděpodobnostních rozdělení, tak musíme nejprve stanovit parametry rozdělení. A s odhadem parametrů je samozřejmě spojena nejistota. Tuto nejistotu je ovšem opět možné modelovat pomocí pravděpodobnostních rozdělení.

Jak je z předchozích tří odstavců patrné, tak pojem nejistota je používán v mnoha významech a je důležité si vždy vyjasnit, co se pod nejistotou míní. Zejména při modelování je zapotřebí vždy rozlišovat mezi nahodilostí příp. variabilitou a nejistotou a ideálně modelovat oba dva prvky odděleně v rámci tzv. dvourozměrných simulací, kdy první rozměr reprezentuje vlastní nahodilost či variabilitu a rozměr druhý pak nejistotu.

Volit, resp. spíše odhadovat vhodná pravděpodobnostní rozdělení můžeme v zásadě pomocí dvou metod:

1. pomocí expertních názorů;
2. pomocí statisticko-matematických metod.

3.1. Expertní názory v simulačních modelech

Jelikož se značné množství projektů vyznačuje silnou specifičností a neopakovatelností v čase, jsme v mnoha situacích při sestavování simulačního modelu odkázáni téměř výhradně na názory expertů, které samozřejmě mohou být různě kvalitní. Proto jistá dávka opatrnosti pro analytika tu je více než na místě. Ze všeho nejdůležitější je dbát na to, abychom od počátku všichni „hovořili společným jazykem“, tj. abychom si všechny pojmy, definice či implicitní předpoklady hned od počátku jednání důsledně vyjasňovali. Experti by měli být podrobněji seznámeni (alespoň v principech) s modelem, kterým rozhodovací problém chceme řešit, a s tím, co od nich očekáváme. Jen tak může být vzájemná komunikace skutečně efektivní a všem zainteresovaným bude jasné „o čem je, resp. bude řeč“. Někdy bude zapotřebí zorganizovat brainstormingová jednání a vhodná pravděpodobnostní

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

rozdělení proměnných modelu řešit v expertní skupině. V takové situaci se obecně doporučuje diskutovat hlavně celkovou rámcovou situaci, kterou modelem řešíme, než jednotlivé parametry modelu. Ty je vhodné, z důvodu co nejnižšího vzájemného ovlivňování mezi členy expertní diskusní skupiny, řešit až následně na individuálních schůzkách s každým z expertů z dané skupiny, případně z důvodu úspory času ještě na místě písemnou formou. Pokud to situace dovolí, tak se ukazuje jako nejvhodnější se na pravděpodobnosti dotazovat přímo.

Ke klasickým pravděpodobnostním rozdělením, která plynou z jednání s experty, patří zejména:

1. rozdělení rovnoměrné,
2. rozdělení trojúhelníkové, příp. BetaPERT rozdělení,
3. customizovaná rozdělení odvozená z dotazování na pravděpodobnosti.

Dále pak by sem mohla patřit i např. rozdělení normální či lognormální (zejména z důvodu platnosti tzv. centrální limitní věty). I když určit parametry těchto rozdělení většinou vyžaduje určitou statistickou analýzu, simulační software dokáže s těmito pravděpodobnostními rozdělení pracovat i přes definice kvantilů, což je z analytického hlediska velmi významné.

Na tomto místě je důležité upozornit, že pomocí simulace Monte Carlo lze snadno modelovat i odlišné názory expertů. Pokud tato nejistota existuje, je vhodné ji do modelu zahrnout (HNILICA, FOTR, 2009).

3.2. Matematicko-statistické postupy v simulačních modelech

Pravděpodobnostní modely a jejich parametry mohou být odhadovány celou řadou metod. V textu výše jsme věnovali pozornost postupům vycházejícím z expertních odhadů, jelikož v mnoha případech nemáme dostatek dat, abychom mohli přistoupit k nějaké statistické analýze a testovat, zda náš model je či není vhodný. Nyní bychom rádi poukázali na vybrané metody statistické analýzy, a to za situace, kdy máme „nějaká“ data, která můžeme statisticky testovat a na základě výsledků analýz rozhodnout, jaký pravděpodobnostní model nejlépe použít. Jelikož se jedná o velmi rozsáhlou oblast, vybíráme jen některé postupy, které považujeme za velmi praktické, intuitivní a snadno použitelné v situacích hodnocení pomocí CBA.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

Hlavní problém, na který se zde budeme snažit poukázat, plyne ze skutečnosti, že máme určitá vybraná data, statisticky řečeno výběrový soubor, z něhož se snažíme odvodit vlastnosti procesu, který data vygeneroval. V našem případě bychom se například z pozorování, která máme k dispozici, snažili vyvodit, zda tato pozorování mohou či nemohou pocházet například z normálního, lognormálního či jiného rozdělení apod. Pokud již disponujeme domněnkou, z jakého pravděpodobnostního rozdělení by data mohla pocházet, musíme odhadnout parametry rozdělení.

Data, která analyzujeme, mohou pocházet z různých zdrojů – z databází historických časových řad, z vědeckých experimentů, z dotazníkových šetření či i přímo z jiných počítačových simulací. Pro jakoukoliv statistickou analýzu je zcela zásadní si ověřit kvalitu dat, kterými disponujeme a která budeme využívat v našich finančních modelech. Doporučujeme se zamyslet zejména nad následujícími oblastmi:

3.2.1. Je historie relevantní pro odhad budoucnosti?

Jelikož se prakticky vždy jedná o historická data, je zapotřebí si uvědomit, zda se nezměnily podmínky a zda historická data lze stále považovat za relevantní.

3.2.2. Je vybraný vzorek dat skutečně reprezentativní a relevantní pro daný problém?

V mnoha případech můžeme vynaložit nemalé zdroje na získání dat, která se ale mohou ukázat pro naši situaci jako nerepresentativní a nebo nerelevantní.

3.2.3. Existují důvody se domnívat, že by mohly existovat tendence k cílené manipulaci s daty?

Uznávaný odborník na analýzu rizika a modelování David Vose považuje toto hledisko za jednoznačně nejdůležitější. Zejména tendence zveřejňovat data, která mluví ve prospěch nějakého tvrzení či představy a ponechat kontroverzní data „pod pokličkou“, tak nějak patří k lidské přirozenosti, jak v akademickém, tak komerčním světě.

Pokud již tedy „věříme“ datům, můžeme přistoupit k dalšímu kroku, a to je odhad pravděpodobnostního rozdělení, ze kterého by data mohla pocházet a odhad

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

parametrů pravděpodobnostního rozdělení. I když v rámci simulačních softwarů existuje celá řada nástrojů, jak vhodná pravděpodobnostní rozdělení a jejich parametry volit, a proces je tedy poměrně automatický, je zapotřebí opět určité obezřetnosti, abychom nakonec volili správně.

Na prvním místě je nutné zvážit, zda se jedná o modelování **diskrétních** anebo **spojitých hodnot**. Diskrétní hodnoty mohou nabývat pouze určitých specifických hodnot (např. počet pruhů silnice). Spojité hodnoty nabývají všechny možné hodnoty z celého intervalu (např. objem spotřebovaného asfaltu při stavbě dálnice, ekonomická hodnota netržních statků, apod.). Budeme-li tedy hledat relevantní pravděpodobnostní rozdělení, je nutné obecně volit diskrétní anebo spojitá pravděpodobnostní rozdělení. Samozřejmě existují i výjimky. Například při modelování počtu zákazníků, kterých mohou být miliony a nikoliv desítky, tak je praktičtější využít rozdělení spojitě, jelikož jeden jednotlivý zákazník v celkovém počtu miliónů hraje prakticky zanedbatelnou roli.

Dále je nutné zvážit, zda **rozsah možných hodnot**, které nám vybrané rozdělení bude generovat, je **slučitelný s realitou**. Například modelování nákladů, tržeb či cen by mělo být omezeno zdola nulou. Tento problém je poměrně typický zejména v situacích, kdy se využívá k modelování normální rozdělení, které může nabývat jak záporných, tak kladných hodnot. V tomto případě je nutné nastavit simulaci tak, aby hodnoty mimo požadovaný interval nebyly uvažovány (tzv. *truncated distributions*). Jelikož využíváme pouze určitá vybraná data k odhadu pravděpodobnostního rozdělení, které data mohlo generovat, je velmi dobře možné, že vybraná data nebudou skutečný možný rozsah hodnot pokrývat a výsledné pravděpodobnostní rozdělení budeme muset o tento prvek expertně upravit.

Zvážit rovněž musíme, zda mezi pravděpodobnostními rozděleními, které z dostupných dat odhadujeme, **existuje** či **neexistuje nějaký typ závislosti**.

Mnoho náhodných jevů se může chovat pomocí určitých, předem známých pravděpodobnostních rozdělení. Typickým příkladem je normální či lognormální rozdělení, jejichž značný výskyt je nejspíše důsledkem tzv. centrální limitní věty, která predikuje pro součet či průměr náhodných veličin normální rozdělení, resp. pro

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

součin náhodných veličin rozdělení lognormální. V geologii či seizmologii je celá řada jevů popsatelná rovněž pomocí předem známých pravděpodobnostních rozdělení. I ve financích se modelují výnosy akcií či portfolií pomocí různých rozdělení.

Pokud předpokládáme, že data pocházejí z nějakého předem známého rozdělení, používáme k testování naší hypotézy tzv. **parametrické metody** (parametric distribution fitting). V případě, kdy budeme využívat přímo dat samotných k sestavení pravděpodobnostního rozdělení, tj. nebudeme vycházet z žádného předpokladu o tvaru pravděpodobnostního rozdělení, pracujeme s tzv. **neparametrickými metodami** (non-parametric distribution fitting).

V případě tzv. parametrických metod apriori předpokládáme, že hodnoty proměnné modelu jsou generovány určitým předem známým stochastickým procesem, v našem případě reprezentovaným určitým pravděpodobnostním rozdělením. Úkolem pro analytika je zvolit vhodné pravděpodobnostní rozdělení a z historických dat pak odhadnout parametry tohoto pravděpodobnostního rozdělení. Jedná se o poměrně složitou oblast statistických metod a my se zaměříme pouze na základní informace.

Pro testování vhodnosti vybraného pravděpodobnostního rozdělení existuje celá řada různě sofistikovaných tzv. **testů dobré shody**, Goodness-of-fit tests. Z nich jmenujme například χ^2 test, Kolmogorov-Smirnovův či Anderson-Darlingův test. I když matematické pozadí těchto testů je poměrně složité, simulační softwary většinou obsahují nástroje, které tyto testy aplikují na data, kterými disponujeme. Například v softwaru Crystal Ball při volbě pravděpodobnostního rozdělení můžeme kliknout na tlačítko „Fit...“ a software nám automaticky do místa kurzoru vloží statisticky nejvhodnější pravděpodobnostní rozdělení, resp. rozdělení, které si vybereme. Úmyslně píšeme statisticky nejvhodnější, jelikož vybraný vzorek dat může vést k výběru rozdělení, které nemusí teoreticky dávat smysl. Z tohoto důvodu je vždy nutná opatrnost a nad volbou každého pravděpodobnostního rozdělení se vždy důkladně zamyslet.

Z neparametrických metod je asi zcela nejjednodušším způsobem, jak generovat možné hodnoty proměnné modelu, vycházet přímo z historických hodnot. Tento postup se ve statistice objevuje většinou pod názvem *Bootstrap*, z anglického výrazu

pro „pomož si sám“. Tento postup považujeme za velmi praktický, jelikož není nutné činit jakékoliv předpoklady o náhodném procesu, který data generuje. Na druhou stranu je zřejmé, že data, ze kterých vycházíme, jsou pouze výběrová data a nemusí vhodně reprezentovat všechny možné hodnoty, které mohou nastat.

Další poměrně zajímavou a praktickou metodou je, kdy se z historických dat přímo snažíme sestavit pravděpodobnostní rozdělení resp. kumulované pravděpodobnostní rozdělení¹⁴. Výhodou oproti předchozímu postupu je, že simulací získáme prakticky spojitý interval hodnot a nikoliv pouze hodnoty napozorované. Navíc máme možnost subjektivně upravit možná maxima a minima, pokud k tomu máme oprávněný důvod. Postup sestavení kumulativního pravděpodobnostního rozdělení je následující:

1. Setřídíme empirická data od minimální po maximální hodnotu;
2. Expertně stanovíme minimální a maximální hodnotu – ty budou nejčastěji ležet mimo interval z bodu 1; minimální hodnotě přiřadíme kumulovanou pravděpodobnost 0, maximální hodnotě pak 1;
3. Hodnota distribuční funkce pro každou hodnotu x_i , je pak jednoduše určena vztahem¹⁵

$$F(x_i) = \frac{i}{n+1}.$$

Analogický postup, který ale vede k pravděpodobnostnímu rozdělení, je tento:

1. Setřídíme empirická data od minimální po maximální hodnotu;
2. Expertně stanovíme skutečně možnou minimální a maximální hodnotu – ty budou nejčastěji ležet mimo interval z bodu 1; minimální hodnotě přiřadíme kumulovanou pravděpodobnost 0, maximální hodnotě pak 1;
3. Data rozdělíme do intervalů q_i , tj. první interval bude od určeného minima po druhou minimální hodnotu, druhý pak od druhé minimální hodnoty po třetí minimální hodnotu atd.
4. Pravděpodobnost pozorování v každém intervalu q_i je určena vztahem:

$$p(q_i) = \frac{1}{n+1}.$$

S volbou pravděpodobnostních rozdělení úzce souvisí již zmiňovaná nejistota ohledně hodnot parametrů pravděpodobnostního rozdělení získaného jak pomocí

¹⁴ Kumulované pravděpodobnostní rozdělení se obvykle označuje jako tzv. distribuční funkce.

¹⁵ Empirické odhady ekonomické hodnoty netržných statků se musí navíc vypořádat s tzv. spikem, který je v hodnotě nula a který mívá výrazně vyšší než nulovou pravděpodobnost.

parametrických metod, tak metod neparametrických. Ve statistice se obvykle setkáváme s termínem **Second Order Distribution Fitting**, tj. jakási volba pravděpodobnostního rozdělení druhého řádu, kdy pojem druhý řád právě odkazuje na druhý stupeň analýzy, kdy analyzujeme parametry rozdělení a nikoliv již rozdělení samotné. V rámci simulací se pak setkáváme s pojmem **2D Simulation**, tj. dvourozměrná simulace, kdy první rozměr reprezentuje náhodný proces generující náhodnou veličinu (např. pravděpodobnostní rozdělení), druhý rozměr pak nejistotu ohledně parametrů náhodného procesu. Jak již bylo zdůrazněno, je vždy dobré obě dvě situace od sebe pojmově odlišovat, jelikož se jedná o dva rozdílné problémy.

4. Využití výsledků simulace Monte Carlo pro rozhodování

Analýza rizika zpracovaná s využitím simulace Monte Carlo umožňuje přímo využít k ohodnocení celkové rizikivosti pravděpodobnostní rozdělení kritériální veličiny (tj. NPV_{NSB}). Celkové riziko můžeme odhadnout ve formě pravděpodobností, které připadají určitým významným hodnotám NPV_{NSB} :

1. K odhadu pravděpodobnosti s jakou NPV_{NSB} bude větší a nebo rovno nule.
2. K odhadu pravděpodobnosti s jakou bude dosaženo alespoň námi rozpočtované hodnoty NPV_{NSB} (např. získané bez simulace).

K výroku o celkové rizikivosti je pak možné využít například následující tabulku.

Tabulka 5 Vyhodnocení celkového rizika NPV_{NSB}

Celkové hodnocení rizikivosti	Deskriptor	Odhadovaná pravděpodobnost dosažení plánované hodnoty NPV_{NSB}
1 zanedbatelná	téměř jistě	> 90 %
2 malá	s vysokou pravděpodobností	80 % - 90 %
3 spíše malá	se značnou pravděpodobností	60 % - 80 %
4 spíše větší	se střední pravděpodobností	60 % - 40 %
5 vysoká	s nízkou pravděpodobností	20 % - 40 %
6 zvláště vysoká	s velmi malou pravděpodobností	< 20 %

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

Vrátíme-li se k obrázku 11, tak první důležitou veličinou pro odhad celkového rizika je, s jakou pravděpodobností bude hodnota NPV_{NSB} alespoň větší než nula, tj. s jakou pravděpodobností bude dosaženo alespoň „prospěšnosti“. Z obrázku vidíme, že hledanou pravděpodobností je 78 %. Z tohoto pohledu se rizikovost ukazuje jako docela malá.

Pokud jsme bez simulace získali např. hodnotu $NPV_{NSB} = 1000$, ale současně z grafu rozdělení četností vidíme, že pravděpodobnost, že bude dosaženo alespoň této hodnoty, tj. $P(NPV_{NSB}) > 1000$, je řekněme 40 %, jeví se výsledek jako poměrně rizikový.

Ke konečnému rozhodnutí je nutné zvážit samozřejmě očekávání, která s projektem, politikou či intervencí máme. Je-li důležité, aby bylo hlavně NPV_{NSB} kladné, pak nás z grafu četnostního rozdělení bude zajímat primárně pravděpodobnost $P(NPV_{NSB}) > 0$. Pokud naopak je pro nás důležitá určitá hodnota, kterou si pracovně označme Q, pak nás z grafu četnostního rozdělení bude zajímat pravděpodobnost $P(NPV_{NSB}) > Q$.

Do rozhodnutí musí samozřejmě vstoupit i další souvislosti, jako např. vazba na citlivostní analýzu. Pokud například celkové riziko je podmíněno ze 70 % jedním předpokladem, musíme si být dostatečně jisti, zda jsme v odhadu tohoto faktoru postupovali správně a uvést ho jako klíčový faktor úspěchu.

Simulace Monte Carlo poskytuje odpovědi na celou řadu z pohledu analýzy rizika zásadních otázek. Důležité je, že nám ukazuje nejistotu, kterou je náš odhad současných čistých přínosů NPV_{NSB} zatížen, tj. odpovídá na otázky typu:

- *Vstupují do vztahů pro CBA (teoreticky) správné hodnoty?*
I když víme, že se jedná o střední hodnoty, tak současně víme, že je ale nelze vždy triviálním způsobem odhadnout; navíc obecně platí, že pokud současná hodnota čistých společenských přínosů NPV_{NSB} je postavena na střední hodnotě čistých společenských přínosů, tak

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 3

automaticky nelze předpokládat, že tyto střední hodnoty získáme dosazením středních hodnot vstupních veličin.

Podrobněji viz (Savage, 2009).

- *Jak spolehlivé tyto hodnoty jsou a jak moc se nakonec tyto hodnoty mohou od skutečnosti lišit?*

Spolehlivost odhadu NPV_{NSB} je postavena na spolehlivosti vstupních veličin. Tím, že podrobně zkoumáme jednotlivá rizika (rizikové faktory), která následně transformujeme do podoby vstupních proměnných modelu CBA, si již musíme vytvářet představu o tom, jak naše odhady vstupních veličin jsou vlastně spolehlivé. Pokud jsme naši nejistotu ohledně hodnot vstupních veličin správně kvantifikovali, pak „kombinovaná“ nejistota se nám plně ukáže v četnostním rozdělení kritériální veličiny – jak v celkovém rozptylu rozdělení (tj. jak je rozdělení široké; odkud až kam se může nakonec hodnota NPV_{NSB} dostat), tak i v pravděpodobnostech, že bude dosaženo určitých významných konkrétních hodnot – viz začátek této kapitoly.

Literatura

- [1] ARROW, K. J., LIND, R. C.: Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decisions. *The American Economic Review*, 1970, June, 60, s. 364 – 378.
- [2] BOARDMAN, A., GREENBERG, D., VINING, A. and WEIMER, D. *Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice*. Prentice Hall, 3 edition, 2005.
- [3] GRAHAM, D. A.: Cost-Benefit Analysis under Uncertainty. *The American Economic Review*, 1981, 71, September, č. 4, s. 715 – 725.
- [4] HNILICA, J., FOTR J. *Aplikovaná analýza rizika*. GRADA 2009.
- [5] *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects* [online]. European Commission, 2008. Dostupný z WWW:
http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf
- [6] MUN, J. *Modelling Risk*. New York, John Wiley & Sons 2006.
- [7] TICHÝ, M. *Ovládání rizika. Analýza a management*. Praha, C.H. Beck 2006.

- [8] EFRON, B. Bootstrap methods: another look at the Jackknife. *Ann. Statist.* 7 1-26, 1979.
- [9] EFRON, B., TIBSHIRANI, R.J. *An introduction to the Bootstrap.* Chapman & Hall, New York, NY, 1993.
- [10] DAVIDSON, A. C., HINKLEY, D. V. *Bootstrap methods and their applications,* Cambridge University Press, 1997.
- [11] MEIER, E., RANDALL, A.: Use Value Under Uncertainty: Is There a “Correct Measure”? *Land Economics*, 1991, 67, č. 4, s. 379 – 389.
- [12] PLUMMER, M. L., HARTMAN, R. C.: *Option Value: A General Approach.* *Economic Inquiry*, 1986, č. 3, 24, s. 455 – 471.
- [13] Průvodce ekonomickým hodnocením projektů, programů a politik [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2006. Dostupný z WWW:
<http://www.strukturalni-fondy.cz/Narodni-organ-pro-koordinaci/Dokumenty/Metodiky-a-manualy/FileList/Pruvodce-ekonomickym-hodnocenim-projektu--programu/Pruvodce-ekonomickym-hodnocenim-projektu--programu>
- [14] SAVAGE, S. *The Flaw of Averages.* John Wiley & Sons 2009.
- [15] SAVVAKIS, S.: Risk Analysis in investment appraisal. *Project Appraisal*, 1994, vol. 9, č. 1, březen, s. 3 – 18. In: HARBERGER, A. C. and JENKINS, G. P. (editors). *Cost-Benefit Analysis.* Cheltenham : Elgar, 2002.
- [16] VOSE, D. *Risk Analysis: a Quantitative Guide*, 3rd Ed. J Wiley Chichester, England, 2008.

Metodika: Ekonomické hodnocení netržních statků

Identifikační údaje

Číslo metodiky: M/2010/1

Rok vzniku metodiky: 2010

Tvůrci metodiky: Ing. Patrik Sieber, Ph.D.,
Ing. Martina Sieber, Ph.D.,
Ing. František Kopecký Ph.D.,
Ing. Lubomír Malínek

Rámec metodiky:

Metodika vznikla v rámci řešení projektu V+V MD „Stínové ceny externalit v oblasti dopravy“. Hlavním řešitelem je KPM CONSULT, a.s., spoluředitelem Vysoká škola ekonomická v Praze. Doba řešení 2007- 2010. Cílem projektu je mimo jiné i vznik metodiky pro hodnocení externalit (lidského života a zdraví, hluku a úspory času) pro použití při přípravě a hodnocení projektů a intervencí v dopravě, jakož i získání ekonomických (společenskoekonomických) hodnot zmíněných externalit samotných.

Obsah

Úvod	3
1. Základní vymezení problému.....	5
2. Co je ekonomická hodnota statku.....	7
3. Koncepty měření ekonomické hodnoty statku	11
3.1. Koncepčně správné míry ekonomické hodnoty - statky tržní.....	11
3.2. Koncepčně správné míry ekonomické hodnoty - statky netržní.....	15
4. Metody empirického odhadu hodnoty netržních statků.....	21
4.1. Metody založené na projevených preferencích	22
4.2. Metody založené na proklamovaných preferencích.....	24
4.3. Ostatní možnosti získání odhadu ekonomické hodnoty.....	26
5. Jak hodnoty využívat v CBA	27
Literatura	30

Úvod

Smysl: vymezit zejména ta metodická pravidla a doporučení, která jsou opřena o teoretický konsensus na mezinárodní úrovni a proveditelnost v aplikačním výzkumu. Mělo by být zdůrazněno to, čeho by se měl v příštích letech jakýkoli výzkumník, zabývající se ekonomickou hodnotou (stínovými cenami) netržních statků držet, aby byly výsledky jeho aplikačního výzkumu s co nejvyšší věrohodností a pravděpodobností použitelné pro praktické využití při hodnocení projektů a jiných intervencí, jakož i pro jejich tvorbu samotnou.

Využití metodiky: Většinu metodických doporučení lze použít obecně na jakékoliv aplikační odhady hodnot pro netržní statky, ale vzhledem ke kontextu projektu, je třeba zdůraznit její uplatnitelnost pro hodnocení environmentálních efektů dopravy (emisí do vzduchu, vody či země, hluku), časových úspor v důsledku zrychlování jednotlivých dopravních módů či změn v úrovni bezpečnosti dopravy.

Přínosy a udržitelnost využití metodiky: Od systematického využívání metodiky se očekává, že empirické odhady, které budou při jejím respektování získány se vyhnout elementárním chybám ve vymezení zkoumaného objektu, relevantní populace či zvolené metody a zvýší se tím šance na získání prostorově a časově porovnatelných a hlavně v kontextu společenské Cost-Benefit Analysis využitelných hodnot, jakož i hodnot využitelných pro případnou tvorbu intervencí (zpoplatňování dopravních módů, případně regulační zásahy či návrhy ekologických daní, apod.). Hodnoty musí respektovat teorii blahobytu (welfare economics) a pravidla aplikačního výzkumu v této oblasti. Jinými slovy pokud bude v bližší či vzdálenější budoucnosti kdokoli empiricky odhadovat ekonomickou hodnotu definovaných netržních statků, měl by respektovat následující doporučení a teoretická vymezení. Ta jsou shrnuta v metodice tak, aby nebyla poplatná pouze určitým specifickým situacím, ale byla relativně všeobecně použitelná. Z toho současně plyne, že se text vyhýbá některým metodickým podrobnostem, které jsou sice významné z hlediska použitelnosti výsledku výzkumu, nicméně jsou silně kontextuálně podmíněné, příp. platné pouze pro některé metody a tudíž nejsou snadno popsitelné na daném prostoru, příp. jejich aplikace vyžaduje specializované studium, ekonometrie, statistiky, sociologie apod. Současně zde nejsou použity „novinky“ teoretického výzkumu v dané oblasti, na kterých zatím buď neexistuje ve světě široký teoretický

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

konsensus, nebo sice existuje teoretický konsensus, ale neexistují doposud ukázky kvalitní a proveditelné aplikace, byť může mít řada z nich podle autorů silný merit. Výzkum v této oblasti samozřejmě pokračuje, nicméně je vysoce pravděpodobné, že základní paradigmaty nebudou v příštích letech zásadně popřena a proto autoři věří, že lze teze a doporučení postulované v tomto materiálu využívat v následujících letech (příp. dekádách) bez silného zastarání. Lze spíše očekávat, že bude v průběhu dekády text třeba doplňovat a aktualizovat.

Použité zdroje: Kompletní seznam použité příp. doporučené literatury pro hlubší výklad jednotlivých částí, je přiložen na závěr textu. Zejména lze zdůraznit BOARDMAN, A., GREENBERG, D., VINING, A. and WEIMER, D. Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice. Prentice Hall, 3 edition, 2005, která je skvěle poskládaným teoretickým vhladem do konceptu Cost-Benefit Analysis. Z praktických manuálů pak zmiňme „EUROPEAN COMMISSION, FLORIO, M. Guide to cost – benefit analysis of investment projects. Brusel 2008“, jakožto materiál, který vymezuje praktický postup Cost-Benefit Analysis, který je relevantním dokumentem EK a v kontextu této, příp. aktualizované metodiky uvažujeme i uplatnění výsledků výzkumu socioekonomické hodnoty netržních statků. Tyto materiály tvoří podklad pro porozumění rámci, ve kterém mají odhady ekonomické hodnoty statků nalézt uplatnění. Jako další dokument je třeba vyzdvihnout „Internalisation Measures and Policies for all external Cost of Transport (IMPACT) – 07.4288.52/ Handbook on estimation of external costs in the transport sector - IMPACT D1, Version 1.1, February, 2008.“ a „Internalisation Measures and Policies for all external Cost of Transport (IMPACT) – 08.4288.15/ Internalisation Measures and policy for the external cost of transport - IMPACT D3, Version 1.0, June, 2008“ coby poslední verze aktuálních dokumentů EK shrnující empirické výsledky odhadů hodnot vybraných netržních statků a vybrané metodické předpoklady jejich odhadu. Věříme, že tato metodika pomůže mimo jiné i k harmonizaci našich empirických studií s dobrou evropskou, příp. světovou praxí.

1. Základní vymezení problému

Dopravní infrastruktura obdobně jako infrastruktura jiného typu často ovlivňuje jak trhy vstupů, na nichž vláda (veřejný sektor) nakupuje potřebné zdroje pro realizaci svých projektů a politik, tak trhy výstupů, kde mění podmínky pro ekonomické subjekty a ovlivňuje tím ceny výstupů, jejichž spotřeba determinuje přímo užitek jednotlivců a tedy blahobyt celé společnosti, příp. přímo některé statky zajišťuje. Statky, které jsou distribuovány mimo trhy, na kterých by se přímo směňovaly, se nazývají statky netržní (non-market goods) a nabývají často podoby statků veřejných či externalit. Statky, se kterými naopak existuje trh, na kterém jsou směňovány, nazýváme proto statky tržní (market goods) a nabývají obvykle podoby statků privátních.

Typickým příkladem charakteristiky veřejného statku (statku zajištěného veřejným sektorem) je, že se nezmenšuje při spotřebě, lidé jsou často nevylučitelní z jeho spotřeby, a proto by mohl jen obtížně být nabízen privátním subjektem maximalizujícím zisk či svůj vlastní užitek. Oproti tomu pro netržní statek je podstatné, že neexistuje trh, na němž by se realizovala přímo jeho směna. Externalita zase dopadá jako efekt pozitivní či negativní na třetí strany, které přímo nemohou ovlivnit prodané množství statku, při jehož produkci či spotřebě vzniká, a to ani na straně nabízejícího ani poptávajícího. Dochází pak k tomu, že externalita sice vytváří společenské náklady či přínosy, ale tyto nejsou reflektovány v ceně produkce. Vztahy mezi jednotlivými pojmy veřejný statek – netržní statek – externalita by mohly být předmětem určité terminologické diskuze, neboť i v učebnicích hlavního proudu můžeme najít pro některé z uvedených pojmů řadu neidentických definic, které obvykle zdůrazňují různé charakteristiky jednotlivých statků. Tento problém však ponecháváme v této metodice stranou, neboť z hlediska uvedených doporučení můžeme pracovat s pojmy jak privátní a veřejný statek tak statek tržní a netržní povahy, byť se o synonyma v pravém smyslu nejedná

Pokud chceme mít možnost sumarizovat všechny efekty, které dopravní projekty a intervence mají, musíme být schopni kromě predikce důsledků hodnocených variant je i hodnotově vyjádřit. Bez hodnotového vyjádření není možné říci, zda negativní důsledky varianty, jako dodatečná spotřeba vstupů či zhoršení situace u některých veřejných statků či externalit, budou převáženy důsledky pozitivními, jako úspora

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

vstupů oproti status quo, nárůst množství určitého veřejného statku či snížení vlivu negativní externality apod. Predikce důsledků varianty (politiky, projektu, programu), jejich převod na peněžní jednotky, jakož i mezičasová agregace jsou předmětem Cost-Benefit Analysis, která je založena na obecných předpokladech teorie blahobytu. Aby byla tato metoda užitečná, je zapotřebí být schopen vyjádřit ekonomickou hodnotu všech významných efektů, ať již nabývají jakékoli podoby. V této kapitole se pokusíme vysvětlit, který koncept je v souladu s ekonomickou teorií, přesněji definovat, co má výzkumník či analytik odhadnout, odhaduje-li společensko-ekonomickou hodnotu statku a zvláště pak statku netržního.

2. Co je ekonomická hodnota statku

Chceme-li pochopit, co je to společenská či lépe řečeno společensko-ekonomická hodnota statku, musíme rozumět tomu, co představuje hodnota statku pro jedince, kteří tuto společnost tvoří. Hodnota statku se dovozuje od mezního užitku, který tento statek jedinci přináší, přičemž **užitek je subjektivní pocit uspokojení, který jedinec díky statku prožívá**. Je evidentní, že **pojetí hodnoty je v tomto smyslu subjektivní**, tedy vždy **spojeno s určitým subjektem, který ji musí statku přisuzovat**. Objektívni vlastnosti statku mají jistě na hodnotu vliv, ale ten, kdo je při její determinaci rozhodující je konkrétní člověk. Statky tedy nemají hodnotu samy o sobě, pokud není na světě nikdo, kdo by to ocenil. Tento přístup je založen na **tzv. antropocentrickém pojetí** a je **filosofickou podstatou všech následujících ekonomických konceptů**. **Mají-li tedy jedinci rozdílné preference, bude pro ně jeden a tentýž statek mít různou hodnotu**. V tomto směru je jedno, zda se jedná o statek privátní či veřejný, resp. tržní či netržní povahy. Jakákoli změna, která se ve společnosti díky intervenci stane a ovlivní velikost užitku členů této společnosti, má pro ně určitou hodnotu, ať již se jedná o změnu z hlediska užitku pozitivní (zvyšuje velikost jejich užitku), nebo negativní (užitek členů společnosti se snižuje).

Z výše uvedeného však nevyplývá, že bychom jakkoli ignorovali statky, které neovlivňují užitek přímou spotřebou, ale přitom pro nás určitou hodnotu mají. **Lidé mohou přisuzovat (subjektivně) hodnotu statku nejen proto, že ho mohou sami přímo zkonsumovat**. Někdo si například může přát přežití určitého živočišného druhu, přírodní památky, či zachování historického dědictví, aniž by byl aktuálně jakkoli uživatelem těchto netržních statků. **Ekonomická hodnota statku** (jakékoli změny) **může být tak de facto dekomponována** podle toho, co si na něm jedinec „cenní“, na:

1. **Use Value (Hodnota použití)**¹ – jedinec přisuzuje statku hodnotu, protože ho hodlá „užít“ (zkonsumovat) a to ať přímo, nebo chce mít alespoň tu možnost konzumace, kdyby kdykoliv v budoucnu chtěl.
 - a. **Aktuální (přímé) použití** – jedinec přisuzuje statku hodnotu a chce ho získat, nebo mít k dispozici, neboť ho hodlá přímo užívat.

¹ Někdy též Active Use Value

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

- b. **Opční hodnota (Option Value)²** – jedinec přisuzuje statku hodnotu a chce, aby ho měl k dispozici pro případ, že by ho konsumovat (užívat) hodlal (podstatná je pro něj tato možnost – opce)
2. **Non-use Value³** – jedinec přisuzuje statku hodnotu (má z něj užitek) z jiných důvodů, než že by ho hodlal sám zkonzumovat (užívat), ale kvůli někomu jinému. Do této skupiny patří
- a. **Altruismus** – jedinec přisuzuje statku hodnotu a chce, aby byl statek k dispozici proto, aby ho užívali jiní jeho současníci.
 - b. **Bequest (odkaz, dědictví)** – jedinec přisuzuje statku hodnotu a chce ho zachovat proto, aby byl k dispozici dalším generacím.
 - c. **Hodnota existence (Pure Existence Value)⁴**: – jedinec přisuzuje hodnotu statku pouze díky tomu faktu, že statek existuje, aniž by to bylo z předchozích čtyř důvodů, tedy nárůstu užitku, který plyne ze samotné holé existence statku.

Všechny uvedené složky tedy tvoří teoreticky ekonomickou hodnotu statku dohromady a to, že je bere jedinec do úvahy při optimalizaci jeho spotřeby, neznamená nutně iracionální jednání a neodporuje to základní teorii, neboť všechny mohou ovlivnit velikost užitku, který z daného statku tomuto jedinci plyne a přitom se vzájemně doplňují, tj. jedna nezahrnuje druhou.

² Pokud jsou složky ekonomické hodnoty členěny na aktiv use a passive use, pak bývá opční hodnota zahrnuta spíše mezi složky Passive Use Value.

³ Někdy též Passive Use value.

⁴ Nad bezrozporností této složky však visí otazník. Zejména je sporné, jestli něco takového jako existenční hodnota vůbec existuje a jestli není již de facto zahrnuta v předchozích čtyřech složkách a jaká je tedy její jasná definice. Pokud by byla vysvětlována tím, že je to jakási vnitřní hodnota statku sama o sobě, byla by nezávislá na subjektu, a tudíž by odporovala antropocentrickému pojetí subjektivní hodnoty a nebylo by koherentní ji přičítat. Na její existenci se názory různí a při aplikovaném výzkumu její zahrnutí zvyšuje riziko dvojího zahrnutí téhož, příp. jinou formu zkrácení výsledků. Opatrnost je samozřejmě namísto celkově u Non Use Value a pokud to v dotazování jde, je vhodné tuto složku prezentovat zvlášť a oddělit ji kvantitativně od Use Value.

Přesto uvažování Non-Use Value daného jedince je více kontroverzní než přijetí jeho přímého užití Use Value. Nejproblematictější je ze zmíněných Existence Value (hodnota existence), která pokud by měla být konsistentní součástí ekonomické hodnoty, musela by přinášet dodatečný užitek jedincům nezávisle na předchozích čtyřech motivech samotným faktem existence a ne být od nich odvozena, být jejich příčinou. Jinými slovy musela by u určitých lidí existovat Willingness To Pay⁵ (ochota zaplatit, WTP) za zajištění celkové „ochrany, disponibility“ statku, která by převyšovala WTP za jejich přímé užití tohoto statku či možnost užití v budoucnu a to včetně altruistického WTP za možnost užití pro jiné osoby (stávající či budoucí generace). Tento fakt v zásadě není možné vyseparovat z celkových pozorovaných hodnot při použití metod založených na projevených preferencích⁶. Určitá možnost však vzniká u empirických studií založených na proklamovaných preferencích používajících dotazování, jako techniku sběru dat. V jejich případě však vzniká otázka dostatečné reliability⁷, aby bylo možné výsledky, které ukazují na to, že část odhadnuté WTP je přisuzována motivu existenční hodnoty s klidnou myslí použít pro Cost-Benefit Analysis. Jen podotkněme, že se při použití dotazování často kromě samotné hodnoty statku pro jedince ptáme i na jeho motivy a způsob odvození dané částky a pokud je poznáme, můžeme posuzovat relevanci jeho odpovědi pro náš výzkum. Pokud tedy uvede motiv odpovídající existenční hodnotě, je dosti sporné, zda označit jeho odpověď za validní, příp. tu část proklamované WTP, která by existenční hodnotě odpovídala.

Shrnutí k danému problému může být následující:

Ve většině případů, lze relevantní motivy pro vyjádření WTP shrnout pod Use-Value, ať již okamžitou či potenciální případně motivy vyplývající z možnosti pozdějšího použití v případě potřeby ostatních ve stávající či budoucí generaci.

Doporučení k existenční hodnotě (Existence Value) je následující: Existence Value by se v empirii mohla projevat u unikátních dlouhodobých statků, nicméně i tam hrozí její „dublování se“ s předchozími motivy a záměna s čistě nevalidní

⁵ Podrobný popis chápání WTP naleznete v následujícím oddíle.

⁶ Shrnutí běžných metod je k dispozici v kapitole 4.

⁷ Problém reliability se samozřejmě netýká jenom problému s existenční hodnotou, ale v tomto případě je ještě palčivější.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

odpovědí. Proto, i když je teoreticky možné si představit, že může jedinec prožívat uspokojení ze samotné existence určité entity, aniž by ji hodlal přímo či potenciálně využít a aniž by mu záleželo v tu chvíli na tom, aby ji mohli užívat ostatní lidé (dnešní či budoucí), je vzhledem ke stávající praktické schopnosti ji odhadovat nevhodné ji systematicky používat pro CBA. V případě, že je k tomu mimořádně závažný důvod, například kvůli vysoké unikátnosti statku (např. zániku jedinečného druhu či jiného přírodního či historického unika), pak by měly být výsledky CBA prezentovány alespoň ve dvojí podobě a to bez zahrnutí a se zahrnutím této hodnoty, aby bylo zřejmé, jak moc tento předpoklad ovlivňuje rozhodnutí o intervenci. To samozřejmě je možné jen v případě, že empirický odhad hodnoty je prezentován včetně dekompozice na jednotlivé složky motivů.

3. Koncepty měření ekonomické hodnoty statku

Je vždy nezbytné, abychom rozlišovali objekt, kterému chceme hodnotu přisoudit (odhadnout). Jestliže chceme pochopit problém konceptu pro ohodnocení statku netržního, věnujme se nejprve správné koncepční míře stanovení ekonomické hodnoty statku tržního a pochopíme, v čem jsou situace analogické a v čem se naopak liší.

3.1. Koncepčně správné míry ekonomické hodnoty - statky tržní

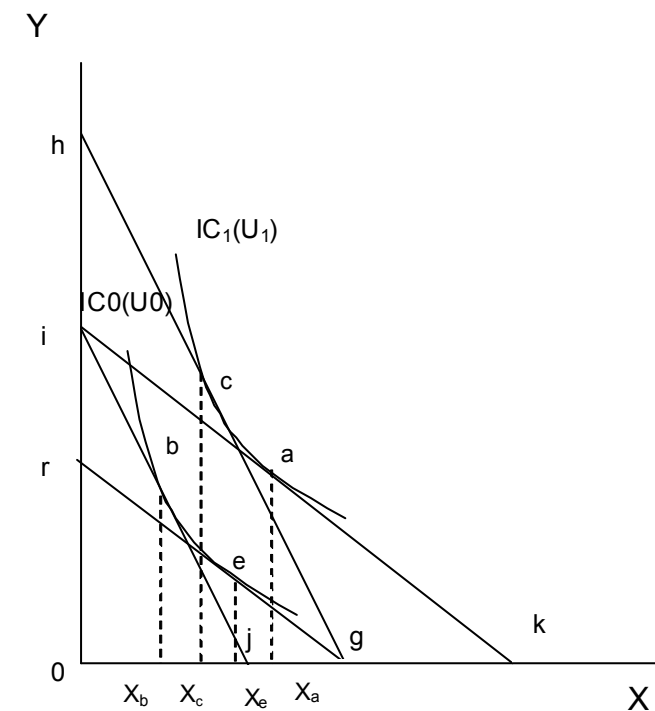
Koncepty správné míry hodnoty statků a změn na trzích s těmito statky si pokusíme demonstrovat na příkladu statku X . Následující obrázek č. 1 ukazuje, jak jsou ze změn optimální spotřeby jedince odvozeny Marshallova a Hicksovy poptávkové křivky, jakož i viditelná velikost kompenzační a ekvivalentní variace.

Předpokládejme, že při zachování status quo disponuje jedinec příjmem I . Z tohoto příjmu při daných cenách všech privátních statků utrácí část za statek X a zbytek za všechny ostatní statky. Shrňme všechny ostatní privátní statky pod jeden kompozitní statek Y . Pak necht' P_y (cenový index) je cena tohoto složeného statku.

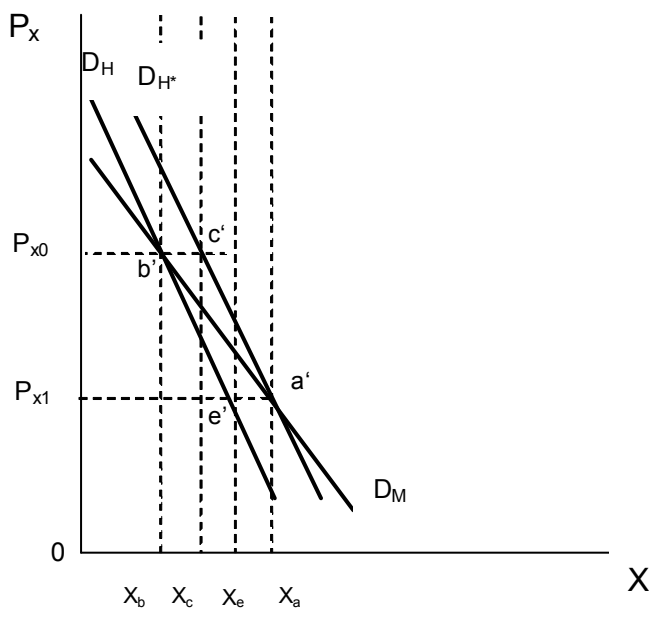
Nejprve vyjděme z předpokladu, že nachází spotřebitel při daném peněžním příjmu I , cenách P_{x0} a P_y v optimu v bodě b , resp. b' , kdy při daných omezujících podmínkách maximalizuje užitek spotřebou X_b a odpovídající disponibilní množství statku Y . Nachází se tedy na indifferenční křivce IC_0 , při úrovni užitku U_0 . Jeho optimum je dáno bodem, ve kterém se linie rozpočtu ij (determinovaná poměrem cen P_x a P_y a výší důchodu I) dotýká nejvyšší indifferenční křivky IC_0 . Ostatní body ležící na IC_0 , jako například bod e by mu přinesly sice stejný užitek, jako kombinace spotřeby v bodě b , ale s ohledem na linii rozpočtu ij jsou nedosažitelné. Ostatní body ležící na linii rozpočtu ij jsou sice dosažitelné (jako např. extrémní body i a j), ale leží na nižších indifferenčních křivkách, tedy přináší jedinci nižší užitek.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

Obrázek č. 1. *Hicksova a Mashallová poptávka – kompenzační a ekvivalentní variace*



Analýza indiferenčních křivek při cenové změně statku X



Analýza poptávkových křivek při cenové změně statku X

Zdroj: Boardman A., Greenberg, Vinning, Weimer 2005, upravil: Patrik Sieber

Koncepčně korektní míry hodnoty nyní za pomoci uvedené situace vysvětlíme nejprve pro pozitivní změnu. Představme si, že nyní dojde díky infrastrukturní intervenci k poklesu tržní ceny statku X z P_{x0} na P_{x1} . Celkovým efektem (důchodovým – nárůst reálného příjmu díky snížení ceny a substitučním – změna poměru cen statků X a Y vlivem poklesu ceny P_x při nezměněné ceně P_y) je změna linie rozpočtu z ij na ik . Tato nová linie rozpočtu je však tečnou vyšší indifferenční křivky $IC_1 (U_1)$, v bodě a , kde je nové optimum spotřebitele. To vede k nové výši spotřeby statku Y , tak i statku X . Takto lze z analýzy indifferenčních křivek odvodit novou optimální spotřebu X_a při ceně P_{x1} a tedy bod na Marshallově poptávkové křivce D_M ⁸. **Pokud bychom nyní odvozovali hodnotu z tržních pozorování a neoddělili od sebe substituční a důchodový efekt, byla by pro nás jistou aproximační mírou hodnoty této změny velikost změny ve spotřebitelském přebytku (Consumer Surplus⁹, CS), který v daném případě odpovídá lichoběžníku $P_{x0} b'a'P_{x1}$.**

Koncepčně správnými mírami by však byly kompenzační, resp. ekvivalentní variace, které lze změřit při pohledu na Hicksovy křivky poptávky D_H , resp. D_{H^*} , které jsou konstruovány za předpokladu fixního reálného důchodu. V tomto případě můžeme tedy odhadnout hodnotu změny následujícími způsoby.

Kompenzační variace (Compensating Variation, CV): takové částky, kterou, kdyby musel jedinec za pozitivní změnu (pokles ceny) zaplatit, dostal by se na stejnou úroveň užítka, jako kdyby k dané změně nedošlo.

Jedná se tedy o **Willingness To Pay (WTP)**: o nejvyšší částku, kterou by byl zřejmě jedinec ochoten za danou pozitivní změnu (pokles ceny) zaplatit. V našem příkladu tato WTP, resp. CV odpovídá **ploše $P_{x0} b'e'P_{x1}$** , neboť bod e , kam by se díky platbě jedinec posunul, leží na stejné křivce užítka $IC_0 (U_0)$, na jaké by byl i bez intervence.

Ekvivalentní variace (EV): takové částky, kterou pokud by jedinec obdržel za to, že se vzdá pozitivní změny (poklesu ceny), dostal by se na stejnou úroveň užítka, jako kdyby změna nastala.

⁸ Na Marshallově proto, neboť pohyb z bodu b' do bodu a' na trhu statku X je způsoben oběma efekty a to jak substitučním tak důchodovým, viz výše.

⁹ Rozdíl mezi užítkem ze spotřeby určitého množství daného statku a celkovými výdaji na tento statek.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

Jedná se tedy o **Willingness To Accept (WTA)**: o nejnižší částku, za kterou by byl jedinec ochoten akceptovat nezískání pozitivní změny (pokles ceny). V našem příkladu tato WTA, resp. EV odpovídá rozdílu mezi bodem **ploše P_{x0} a P_{x1}** , neboť bod **c** leží na stejné indifferenční křivce $IC_1 (U_1)$, na jaké by se ocitl i díky intervenci.

Pokud by se jednalo o změnu negativní, tj. pokles ceny, odvodili bychom CV a EV analogicky, tj. CV by fixovala vyšší (původní) úroveň užitku, jednalo by se o WTA a plocha by byla větší než u EV, která by fixovala nižší (novou) úroveň užitku a jednalo by se o WTP.

Z uvedené analýzy by mělo být patrné, nejen jak se liší pojetí Mashallovoy a Hicksovy poptávkové křivky a jak se liší velikost přebytku spotřebitele od kompenzační a ekvivalentní variace, ale i jak se liší velikost kompenzační, resp. ekvivalentní variace vzájemně. Stejně tak vidíme, jak se mění velikost CV a EV v závislosti na povaze (znaménku) změny blahobytu. Následující tabulka shrnuje vzájemné vztahy povahy změn na trhu a jim odpovídajících konceptů a vztahů mezi nimi.

Tabulka č. 1. Přehled vztahů mezi důsledkem intervence, změnou užitku a způsobem mírou ekonomické hodnoty u tržních statků

Forma změny	Důchodový efekt	Změna užitku	Kompenzační variace	Ekvivalentní variace
Pokles ceny statku	Nárůst reálného důchodu	Zvýšení užitku $U_0 < U_1$	WTP	WTA
Nárůst ceny statku	Pokles reálného důchodu	Snížení užitku $U_0 > U_1$	WTA	WTP
		Úroveň užitku při dané variaci	U_0	U_1

3.2. Konceptně správné míry ekonomické hodnoty - statky netržní

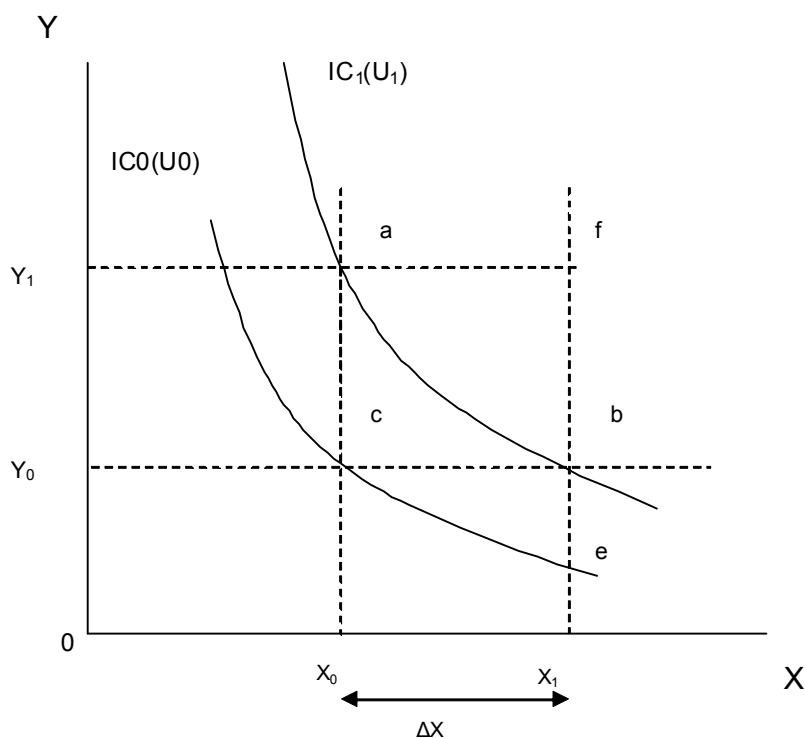
Analogicky, jako v případě uvedených efektů na trzích statků privátních, resp. statků tržních, lze koncept kompenzační a ekvivalentní variace použít i při hodnocení statků veřejných, resp. statků netržních. To, co se mění je povaha hodnoceného efektu (změny) vyvolaného intervencí. Rozdíl si můžeme vysvětlit například pomocí analýzy indifferenčních křivek. Tentokrát bude v našem příkladu **na horizontální ose množství veřejného (netržního statku) X a na ose vertikální výdaje na kompositní statek** složený ze všech privátních statků při jejich daných cenách, které nejsou ovlivněny intervencí a jsou pro nás dané. Obdobně jako v předchozím případě nás zajímají preference jedince disponujícího příjmem I . **Způsob a alternativy ocenění změn v množství veřejného (netržního) statku vysvětleme pro větší názornost zvlášť pro případ pozitivní změny (nárůstu množství veřejného statku) a zvlášť pro případ negativní změny (poklesu množství veřejného statku).**

Nahlédněme na obrázek č. 2 a předpokládejme, že je jedinec v situaci, ve které při daných cenách privátních statků a velikosti svého příjmu I vydává Y_0 na privátní statky a užívá X_0 množství statku veřejného, který neprochází trhem a jedinec za něj při užití přímo neplatí. V takovém případě se jedinec nachází na indifferenční křivce IC_0 , která reprezentuje všechny kombinace výdajů na privátní statky (statek kompositní – složený ze všech privátních statků) a množství veřejného statku X , mezi kterými by byl indiferentní, neboť mu přinášejí stejný užitek. Protože velikost veřejného statku si nemůže volit, ale je mu dána, nachází se v bodě c .

Nyní si představme, že by vlivem intervence (projektu, politiky) došlo k nárůstu množství veřejného statku X z X_0 na X_1 . Nárůst množství veřejného statku reprezentuje ΔX . Vzhledem k tomu, že by se mu nezměnil příjem I , ani nedošlo ke změně cen privátních statků, posunul by se z bodu c do bodu b , tj. na vyšší indifferenční křivku IC_1 , která představuje kombinaci spotřeby privátních a veřejného statku, která přináší vyšší užitek U_1 . Pokud chceme nyní peněžně ohodnotit danou změnu z pohledu jedince a chceme mít možnost ji sčítat s ostatními hodnotami efektů intervence, musí být koncept jejího ohodnocení shodný. Stejně jako v případě tržních statků nám teorie umožňuje využít dvě částky pro hodnocení dané pozitivní změny.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

Obrázek č. 2. Ekonomická hodnota pozitivní změny množství veřejného statku



Zdroj: Bateman a kol. 2002, upravil: Patrik Sieber

První možností je využití **kompensační variace¹⁰ (CV)**: takové částky, kterou **pokud by musel jedinec za danou pozitivní změnu (za nárůst množství veřejného statku) zaplatit, dostal by se na stejnou úroveň užítku, jako kdyby změna nenastala**. Jedná se tedy o **Willingness To Pay (WTP)**: o nejvyšší částku, kterou by byl zřejmě jedinec ochoten za danou pozitivní změnu zaplatit. V našem příkladu tato WTP, resp. CV odpovídá **rozdílu mezi bodem b a e**, neboť bod e, kam

¹⁰ V případě změn veřejných, resp. netržních statků se v této souvislosti hovoří často o tzv. kompenzačním přebytku (Compensating Surplus, se zkratkou CS). My pro účely metodiky budeme nadále pracovat s pojmem kompenzační variace (Compensating Variation) a používat pro ni zkratku CV. Zkratkou CS se tedy myslí i nadále spotřebitelský přebytek (Consumer Surplus) a nikoli kompenzační přebytek.

by se díky platbě jedinec posunul, leží na stejné křivce užitku $IC_0 (U_0)$, na jaké by byl i bez intervence a nárůstu množství veřejného statku o ΔX .

Druhou možností je využití **ekvivalentní variace¹¹ (EV)**: **takové částky, kterou pokud by jedinec obdržel za to, že se vzdá pozitivní změny (nárůst množství veřejného statku), dostal by se na stejnou úroveň užitku, jako kdyby změna nastala.** Jedná se tedy o Willingness To Accept (WTA): o nejnižší částku, za kterou by byl jedinec ochoten akceptovat nezískání pozitivní změny. V našem příkladu tato WTA, resp. EV odpovídá rozdílu mezi bodem *a* a *c*, neboť bod *a* leží na stejné indifferenční křivce $IC_1 (U_1)$, na jaké by se ocitl i díky nárůstu veřejného statku o ΔX .

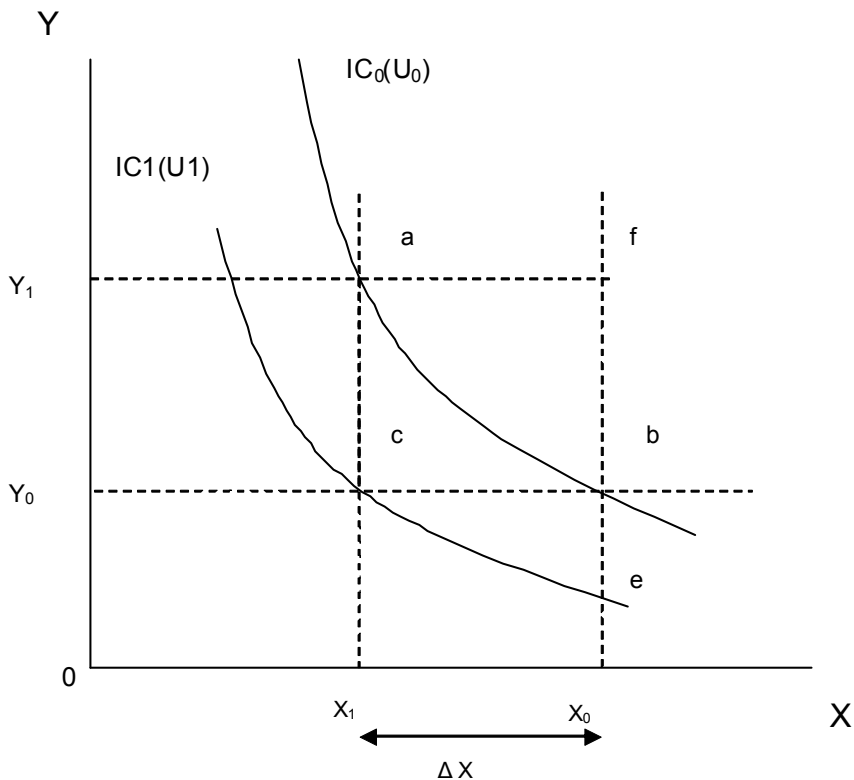
Analogicky můžeme odvodit i koncept pro odhad ekonomické hodnoty negativní změny, tj. v tomto případě snížení množství veřejného statku. Tento posun je vidět na obrázku č. 3, kdy se nejprve jedinec nachází v bodě *b* na indifferenční křivce IC_0 , užívá veřejného statku v množství *a* a při svém příjmu *I* vydává na privátní statky Y_0 .

Nyní plánuje vláda intervenci, při které bude jedním z efektů negativní změna disponibilního množství veřejného statku *X*. Velikost této změny odpovídá ΔX . Pokud by byl jedinec této změně vystaven, posune se z bodu *b* do bodu *c*, tj. na nižší indifferenční křivku $IC_1 (U_1)$. Sníží se mu tedy celkový užitek. I v tomto případě máme k dispozici pro ohodnocení dva uvedené koncepty.

První možností je využití kompenzační variace (CV) **takové částky, kterou pokud by jedinec za danou negativní změnu (za pokles množství veřejného statku) obdržel, dostal by se na stejnou úroveň užitku, jako kdyby změna nenastala.** Jedná se tedy o **Willingness To Accept (WTP)**: o nejnižší částku, kterou by byl zřejmě jedinec ochoten akceptovat jako kompenzaci za to, že musí strpět danou újmu. V našem příkladu tato WTA, resp. CV odpovídá **rozdílu mezi bodem a a c**, neboť bod *a*, do kterého by se díky inkasu jedinec posunul, leží na stejné křivce užitku $IC_0 (U_0)$, na jaké by byl i bez intervence a poklesu množství veřejného statku o ΔX .

¹¹ V případě změny veřejných, resp. netržních statků se v této souvislosti hovoří často o tzv. ekvivalenčním přebytku (Equivalent Surplus, se zkratkou ES). My pro účely metodiky budeme konsistentně nadále pracovat s pojmem ekvivalentní variace (Equivalent Variation), jako jsme tomu činili při výkladu změn u tržních statků.

Obrázek č. 3. Ekonomická hodnota negativní změny množství veřejného statku



Druhou možností je využití **ekvivalentní variace (EV)**: **takové částky, kterou pokud by jedinec zaplatil za to, že se vyhne negativní změně (poklesu množství veřejného statku), dostal by se na stejnou úroveň užitku, jako kdyby změna nastala.** Jedná se tedy o Willingness To Pay (WTP): o nejvyšší částku, kterou by byl jedinec ochoten zaplatit za vyhnutí se negativní změně. V našem příkladu tato WTP, resp. EV odpovídá rozdílu mezi bodem *b* a *e*, neboť bod *e* leží na stejné indifferenční křivce $IC_1(U_1)$, na jaké by se ocitl i díky poklesu množství veřejného statku o ΔX .

Následující tabulka shrnuje vzájemné vztahy povahy změny netržního statku a jim odpovídajících konceptů a vztahů mezi nimi.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

Tabulka č. 2. Přehled vztahů mezi důsledkem intervence, změnou užítku a způsobem mírou ekonomické hodnoty u netržních statků

Typ změny	Změna užítku	Kompenzační variace (přebytek) CV	Ekvivalentní variace (přebytek) EV
Nárůst množství statku	Zvýšení užítku $U_0 < U_1$	WTP	WTA
Pokles množství statku	Snížení užítku $U_0 > U_1$	WTA	WTP
	Úroveň užítku při daném přebytku	U_0	U_1

Pro statky s dopadem na užitek tedy platí, že jejich hodnota může být stanovena v souladu s následujícími koncepty:

Ochota zaplatit za pozitivní změnu (WTP) – nejvyšší částka, kterou by byl jedinec ochoten zaplatit za to, aby k pozitivní změně došlo. Kdyby musel zaplatit více, změnu by za tuto cenu již nechtěl, kdyby musel zaplatit méně, jednoznačně by preferoval získání této změny při dané ceně, a kdyby musel zaplatit přesně tuto částku, byl by při ní z hlediska získání či nezískání změny indiferentní.

Ochota akceptovat nezískání pozitivní změny (WTA) – nejnižší částka, kterou by musel jedinec obdržet za to, aby se vzdal pozitivní změny, kterou by mohl jinak mít. Kdyby mu za toto vzdání se pozitiva bylo nabídnuto méně, preferoval by změnu. Bylo-li by mu nabídnuto více, preferoval by vzdání se pozitivní změny za tuto částku. Pouze pokud by mu byla nabídnuta přesně tato částka, byl by mezi pozitivní změnou a touto částkou indiferentní.

Ochota zaplatit za vyhnutí se negativní změně (WTP) – nejvyšší částka, kterou by byl jedinec ochoten zaplatit za to, aby se vyhnul negativní změně, kterou by jinak musel strpět. Kdyby musel zaplatit více, preferoval by strpění negativní změny. Kdyby mohl zaplatit méně, preferoval by vyhnutí se této negativní změně. Pouze kdyby musel zaplatit přesně tuto částku, byl by mezi strpěním negativní změny a vyhnutí se této změně indiferentní.

Ochota akceptovat negativní změnu (WTA) – nejnižší částka, kterou by musel jedinec obdržet za to, aby byl ochoten akceptovat negativní změnu. Pokud by

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

mu bylo jako kompenzace nabídnuto méně, nebyl by ochoten negativní změnu akceptovat. Pokud by mu bylo nabídnuto více, preferoval by jednoznačně získání této platby spojené s akceptací negativní změny. Pouze pokud bychom mu nabídli přesně tuto částku, byl by mezi akceptací a odmítnutím změny indiferentní.

U tržních statků, u nichž lze pozorovat změny ve spotřebitelském přebytku (Consumer Surplus, CS) můžeme ekonomickou hodnotu pro spotřebitele aproximovat velikostí této změny, která zahrnuje jak substituční efekt, tak důchodový efekt, oproti výše uvedeným. Svou velikostí odpovídá spíše využití Mashallovovy křivky poptávky. Důchodový efekt je obvykle spíše malý a problém z něj plynoucí menší, než nejistota vyplývající z problémů spojených ze způsobu pořizování dat, či obecně kvality empirických odhadů. Jako specifický problém řešení se to nabízí pouze v těch případech, kdyby změna na trhu statku vyvolaná intervencí měla tak vysoký vliv na cenu, příp. statek tvořil vysoký podíl na celkových výdajích na privátní statky domácnosti, že by byl důchodový efekt relativně veliký. Pak bychom museli koncepčně rozhodnout pro jednu z výše uvedených variant a snažit se efekty důchodové a substituční oddělit.

Obecně lze na volbu správného konceptu z uvedených variant (EV, CV, WTP, WTA) doporučit **dvě hlavní kritéria**:

1. **Aby koncept hodnocení změny co nejlépe odpovídal kontextu, ve kterém hodnocená změna nastává a její povaze** (zlepšení či zhoršení)
2. **Aby koncept respektoval praktickou možnost zajistit pro jeho odhad věrohodná data** (například formulace konceptu při použití CVM může být věcně správná, ale pro respondenta náročnější, pak je otázka, jestli nelze dojít méně přesně zvoleným konceptem k lepším odhadům, díky vyšší věrohodnosti toho, co nám respondent sdělil)

Současně by koncepčně bylo správné vzít do úvahy jako kritérium pro volbu konceptu více či méně normativní rozhodnutí o tom, zda mají jedinci na pozitivní změnu nárok příp. nárok na zachování stávajícího lepšího stavu, anebo naopak, zda mají povinnost strpět stávající horší stav či zhoršení stávajícího stavu. Volba jednoznačně vede v konkrétních případech buď ke kompenzační nebo ekvivalentní variaci. Avšak **vzhledem k závažnosti problémů s reliabilitou empirických studií, je třeba první dvě kritéria na aplikační úrovni za významnější a normativním pohledem analytiky nesvazovat.**

4. Metody empirického odhadu hodnoty netržních statků

V předchozí kapitole jsme se pokusili, co nejpřesněji nadefinovat předmět zkoumání, tj. co máme na mysli, pokud hledáme hodnotu statků, či obecněji změn v ekonomice.

V této kapitole se pokusíme shrnout hlavní proud v oblasti metod, které se k odhadu používají. Jejich podrobný popis je samozřejmě za hranicemi možností tohoto textu, neboť každá by mohla mít svůj vlastní metodický dokument, nicméně **je užitečné alespoň shrnout a stručně definovat ty nejběžnější, se kterými se můžeme v empirických studiích v zahraničí a nyní již i u nás setkat.**

Stejně jako v předchozí kapitole si nejprve uvědomme, co mají tržní a netržní statky společné. Obě tyto skupiny dopadají na užitek jedinců (členů společnosti), v obou skupinách statků může dojít k pozitivním i negativním změnám a pro oba statky můžeme použít koncepty EV a CV, v podobě WTP či WTA při definici jejich hodnoty. I z hlediska metod jejich zkoumání nalezneme něco společného. Pro empirický odhad hodnot u obou skupin statků (příp. změn s nimi souvisejících) můžeme použít v zásadě dvě skupiny metod:

1. **Metody založené na projevených preferencích (Revealed Preferences Methods)**
2. **Metody založené na „proklamovaných“ preferencích (Stated Preferences Methods)**

U metod založených na projevených preferencích jde v zásadě o pozorování toho, jak se lidé ve skutečnosti chovají a odvození jejich preferencí právě z pozorovaného.

U metod založených na proklamovaných preferencích jde o dotazování a pracujeme tedy s tím, co lidé o svých preferencích (svém chování) tvrdí.

V čem se tedy netržní statky tak liší? U statků tržních lze přímo pozorovat ceny a jim odpovídající historicky realizovaná poptávaná množství na trzích, na kterých se s nimi transakce realizují. Podle míry příslušné tržní distorze¹² je upravovat na hodnoty blízké uvedeným koncepčně správným mírám EV a CV. Jen připomeňme, že název někdy nahrazující pojem socioekonomická hodnota statku je „stínová cena“. Tento termín se právě vymezuje k cenám tržním a je definován jako taková

¹² Tj. míry v jaké nejsou splněny předpoklady dokonalé efektivity trhu: jako velké množství kupujících a prodávajících, dokonalá informovanost, neexistence vládních zásahů na trhu, neexistence externalit, implicitně pak racionalita spotřebitele viz předchozí shrnutí

cena, která by pro daný statek byla pozorována na dokonale efektivním trhu, pokud by takový trh s daným statkem existoval. Čímž se implicitně zdůrazňuje fakt, že tržní ceny, jsou-li pozorovány na trhu nedokonale konkurenčním, se mohou od hodnoty statků více či méně lišit. Ať je trh distorzní z té či oné příčiny, můžeme pracovat s pozorovanými cenami příslušných tržních statků. To bohužel nemůžeme přímo u netržních statků učinit, neboť s nimi neexistuje nikoli pouze trh dokonalý, ale žádný, který by přímo netržní statky obchodoval. Proto se skupina metod používaných pro odhad jejich hodnoty v dílčích aspektech primárně reflektujících tento prostý fakt liší od metod pro tržní statky.

4.1. Metody založené na projevených preferencích

Jak již bylo předesláno, jde u metod založených na projevených preferencích o pozorování toho, jak se lidé ve skutečnosti chovají a odvození jejich preferencí právě z pozorovaného. Jedná se tedy vždy o využití historických dat o chování určité populace. Protože se však jedná o statky netržní, musíme pro pozorování najít nějaký jiný tržní statek, který o tom našem nějakým způsobem vypovídá.

Hédonická regrese¹³ - V prvním kroku jde o statistické odvození cenové funkce pro tržní statek, kdy jednou z vysvětlujících proměnných je množství námi zkoumaného netržního statku. Pozorovanou regresní funkcí¹⁴ lze pak použít pro ocenění mezní změny dané zkoumané proměnné (kvantity netržního statku). V druhém kroku se odvozuje z pozorované funkce ceny tržní proměnné implicitní funkce ceny námi zkoumané netržní proměnné první derivací pozorované funkce tržního statku podle proměnné reprezentující kvantitu námi sledovaného netržního statku. Tento přístup je mimořádně zajímavý a netrpí některými problémy, kterými trpí dotazování, neboť vychází z pozorování. Naopak může trpět řadou problémů souvisejících například s multikolinearitou vysvětlujících proměnných apod. Hlavním bariérou jeho využitelnosti je však často prozaický fakt, že jsme zde závislí na existující dostupnosti dat o tržním statku a jeho atributu našem zkoumaném statku. Data pak musí být v takové struktuře, kvalitě a množství, aby bylo možné odhadnout vliv námi zkoumané proměnné. Současně musí data reprezentovat populaci, pro kterou

¹³ synonyma Hedonic Price Method, Hedonic Regression Method, Hedonic Price Index

¹⁴ Komplexní výklad vícerozměrných statistických metod včetně regrese lze nalézt například v HEBÁK, HUSTOPECKÝ, JAROŠOVÁ, PEČÁKOVÁ „VÍCEROZMĚRNÉ STATISTICKÉ METODY 1.“.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

chceme hodnotu odvodit. (Typické je například použití cenových indexů získaných na reálném trhu mezní vliv změny hluku, nebo využití mzdového diferenciálu pro hodnotu odvození hodnoty života a zranění, a jiné aplikace),

Metoda cestovních nákladů¹⁵(TCM) – Podstatou je odhad celkových výdajů návštěvníků určitého místa, které mohou obsahovat např. vstupné, jízdné nebo čas, apod. Známe-li výdaje, které jsou s návštěvou spojeny, je z jejich hodnoty pak odvozována poptávková křivka po „návštěvě“ daného místa. Příkladem by v případě infrastruktury mohlo být odhodnocení společenského nákladu v podobě likvidace určitého přírodního zdroje jako lesů, venkova, krajiny, apod. Obecně lze využít pro hodnocení určitého přírodního nebo i kulturního zdroje, který je ohrožen alternativním využitím, nebo který naopak vzniká či je oproti zachování status quo zachráněn.

Metoda obranných výdajů¹⁶ (ABM) – vychází se z toho, že se lidé brání svým chováním proti negativům, které jim přináší existence daného netržního statku (nebo jeho nedostatek). Například se lidé snaží bránit proti nežádoucím zdravotním dopadům hluku (či jiné emise) pořízením nějakých zařízení či prostředků, které jsou prodávány na trhu a pomáhá jim hluk nebo jeho následky eliminovat. K odhadu hodnoty statku netržního dojde skrze reálné výdaje na určité tržní statky či služby, které jsou vynaloženy, aby se vyhnuli negativnímu působení daného netržního statku (či jeho nedostatku) nebo jeho samotné existenci, resp. neexistenci. Výhodou je, že tyto náklady lze často dobře zjišťovat (např. dotazováním v místech, kde nastala změna hlučnosti apod.). Jednou z nevýhod je velká šance, že nemusí vyjadřovat plně hodnotu daného netržního statku, protože mohou řešit problém pouze částečně, nebo může být ochota zaplatit vyšší než stojí tyto statky. K získání hodnoty by tedy bylo nutné docenit tu chybějící část, což může vést ke kombinaci s dotazováním. Dalším problémem může být, že daný tržní statek neřeší pouze jeden problém (např. hluk,..), ale současně poskytuje ještě jiný užitek (např. estetický nárůst kvality). V tu

¹⁵ Anglicky obvykle označována jako **Travel cost method** Jen uveďme, že typickými představiteli této metody jsou varianty pod názvy zonal travel costs nebo individual travel costs, případně v jiném členění single site model či random utility model.

¹⁶ Anglicky obvykle označována jako **Averting Behaviour Method** případně synonymy Defensive, Regratable nebo Preventive Expenditure Method). Příkladem může být využití

chvíli naopak může cena netržní statek nadhodnocovat, neboť nevíme, za kterou službu platil kterou část ceny.

4.2. Metody založené na proklamovaných preferencích

Oproti předchozí skupině metod jde u metod založených na proklamovaných preferencích o dotazování a pracujeme tedy s tím, co lidé o svých preferencích (svém chování) tvrdí (prohlásí).

Contingent Valuation Method (CVM) – Podstatou CVM je dotazování respondentů přímo na částku WTP či WTA za definovanou hypotetickou změnu, ať již formou alternativ uzavřeného nebo otevřeného dotazu.

Struktura takového dotazovacího designu může být například následující:

1. Cíl výzkumu
2. Otázky na obecný postoj k problematice
3. Využití statku – zjištění jak moc se ho daný statek týká
4. Scénář pro hodnocení statku – jádro dotazníku, které typicky obsahuje:
 - a. Předmět ocenění (nějakou změnu a její kontext)
 - b. Způsob platby za statek (daň, municipální daň, poplatek, cenový nárůst, apod.)
 - c. Samotnou otázku na hodnotu v různé formě
 - d. Follow-ups dotazy (dotazy následující po samotném ocenění statku)
5. Socio-demografické charakteristiky

Variety hodnotících dotazů nastiňuje následující seznam:

- **Open –Ended Questions**– otevřená otázka na WTP či WTA dané změny, která je popsána v určité hypotetické situaci. „Jaká je maximální částka, kterou byste zaplatili měsíčně (ročně) za ... ?“
- **Bidding Game** – Zaplatili byste měsíčně za ... částku? Jestliže ano, pak tazatel nabídne větší, jestliže ne nižší.
- **Payment Card (Ladder approach)** – Tazatel se ptá obdobou otázky „Která z následujících částek nejlépe vyjadřuje Vaši maximální ochotu zaplatit za ...?“ K dispozici je respondentovy řada částek od nuly rostoucí. Alternativně „Zaškrtněte ty částky, u kterých jste si jist, že byste je za daný

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

efekt byl ochoten zaplatit a zakroužkujte ty, u nichž jste si jist, že už byste je nezaplatil.“

- **Single-bounded dichotomous choice (referendum method)** – Otázka je jako u bidding Game – Zaplatili byste částku x každý rok za? Ale částka x se mění náhodně napříč vzorkem. Odpověď je jenom Ano / Ne – víme na závěr pouze, zda u daného respondenta bylo WTP nižší či vyšší než nabízená částka – do vyhodnocení tak vstupuje více statistických dodatečných předpokladů.
- **Double-bounded dichotomous choice** – totéž co v předchozím případě, ale na základě odpovědi se přidává ještě jedna licitace. V případě Ano nahoru, v případě Ne dolů.

Choice Modelling (Conjoint Analysis) (CM) – V případě CM nechceme po respondentech, aby přímo řekli svá WTP, resp. WTA v peněžních jednotkách za statek, ale místo toho jsou tyto hodnoty odvozeny z hypotetických voleb (trade-off) něco za něco, které lidé tvrdí, že by v hypotetické situaci učinili. Respondent je obvykle vystaven volbě mezi jednou skupinou a úrovní netržních statků a služeb či jejich charakteristik při určité ceně či nákladech a druhou odlišnou skupinou a úrovní netržních statků a služeb či jejich charakteristik při jiné ceně či nákladech. WTP by pak bylo odvozeno statisticky nepřímo z výsledků jeho „voleb“.

V rámci takto definovaného přístupu se pak objevují následující varianty:

- **Choice experiment** – U této varianty CM se prezentuje se základní scénář odpovídající zachování status quo a několik alternativních možností, ve kterých se specifikované atributy liší co do množství. Mezi atributy by pak měla být zahrnuta peněžní hodnota reprezentující platbu. Respondent si pak může vybrat mezi alternativami včetně zachování status quo.
- **Contingent ranking** – Respondentům je prezentována sada alternativ, které se liší jen v úrovni jejich zakomponovaných atributů. Respondenti jsou pak požádáni, aby alternativy seřadili podle toho, u kterých kombinací mají vyšší resp. nižší užitek (na rozdíl od choice experiment, kde si jen vybrali). Výsledné pořadí může být využito k odhadu diskrétní volby (discrete choice) model maximalizace užitku, který může být pak použit pro odhad mezní WTP za nárůst údobně daného atributu.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

- **Contingent (Conjoint) rating** – Respondentovi se popíše scénář a ten musí provést jeho rating na škále (př. 1 – 10). Pak se mu popíše další scénář a opět ho oznámkuje na stejné škále. (na rozdíl od předchozí varianty, kde určil pouze pořadí)
- **Paired (Pairwise) comparisons** – Princip je opět obdobný jako v případě Choice Experiment, ale navíc jsou respondenti požádáni, aby uvedli sílu jejich rozhodnutí mezi alternativami na škále.

Závěrem k metodám založeným na proklamovaných preferencích ještě upozorníme na různé důvody, proč může docházet k tomu, že jsou odhady nevěrohodné, nereliabilní či kolem nich panuje zkrátka velká nejistota. Oproti technikám založeným na projevených preferencích (revealed preferences), kde jsou k dispozici pozorování z tržních jednání, samozřejmě navíc trpí všechny dotazovací techniky možnostmi, že by se jedinec v realitě rozhodl jinak, než uvádí ve své odpovědi. Důvodů, proč může respondent uvádět údaje způsobem, který neodpovídá skutečnosti, případně odmítnout odpovědět vůbec, uvádí literatura celou řadu a jsou různě významné u různých technikách dotazování od hypotetičnosti, strategických odpovědí, porušení neutrality, nepochopení scénáře či, nedůvěra k tomu, že by takový scénář mohl nastat. Všechny tyto problémy, pokud nejsou eliminovány, zvyšují nejistotu ohledně hledané hodnoty.

4.3. Ostatní možnosti získání odhadu ekonomické hodnoty

Kromě těchto základních a nejrozšířenějších způsobů pořizování odhadů hodnoty netržních statků bychom měli zmínit následující:

- **možnost kombinovat dotazování respondentů a tržních dat,**
- **možnost benefit transfer** - převést hodnoty zjištěné v jiném čase či místě, obecněji v jiném kontextu na námi požadovaný kontext a to:
 - **úpravou odhadu z jedné studie ekonomicky smysluplným poměrem – např. vynásobením poměrem reálných důchodů na hlavu**
 - použitím funkce odhadu WTP odvozené v jednom kontextu - jedné studii při zadání hodnot proměnných z druhého kontextu
 - využitím metaanalýzy z různých kontextů a studií

Je třeba ve stávajícím stavu empirického výzkumu v této oblasti sdělit, že nelze jednoznačně zvolit pro všechny situace a statky jednu nejlepší metodu. Naopak je zapotřebí, aby na úrovni základního výzkumu i na úrovni výzkumu aplikačního docházelo k dalšímu testování, ověřování a propracovávání metod pořizování a analýzy dat, která jsou vhodná pro potřebné hodnocení. V tuto chvíli je naopak škálu metod a empirickou základnu samotnou rozšiřovat. Je však nezbytné při jakékoli metodě dodržet koncept hodnoty tak, jak byl vymezen ve třetí kapitole, neboť na tom panuje dlouhodobě shoda napříč vědeckou obcí a bylo by zajímavé, nicméně možná neužitečné, kdybychom zjistili pouze jak se dobrat reliabilního odhadu něčeho, co vlastně měřit nepotřebujeme.

5. Jak hodnoty využívat v CBA

V závěrečné kapitole se ještě stručně pokusme připomenout provázanost empirických odhadů hodnoty netržních statků a společenské Cost-Benefit Analýzy. Vzhledem k tomu, že jedno z hlavních využití ekonomické hodnoty statků a tedy i netržních statků je v rámci této metody evaluace, je dobré mít na paměti, jak se s daným informačním vstupem v této analýze nakládá.

Kroky společenské Cost-Benefit Analysis lze zobecnit následujícím způsobem:

1. Vymezení hodnocené varianty intervence (projektu, programu, politiky),
2. Vymezení společnosti, z jejíhož hlediska budeme variantu hodnotit,
3. Odhad důsledků přijetí (realizace) této varianty oproti variantě zachování status quo pro každé ovlivněné budoucí období,
4. Převod odhadnutých důsledků na peněžní vyjádření (při respektování konceptů CV a EV¹⁷, v podobě WTP a WTA u výstupů a SOC u vstupů)¹⁸

¹⁷ Případně změn ve spotřebitelském přebytku (CS) a přebytku výrobce (PS) a dopadech na vládní příjmy (GR)

¹⁸ V aplikačním materiálu EK je tento proces popsán několikafázovým přechodem od finančního plánu k socioekonomickým (ekonomickým) tokům a právě ve fázi nazvané „Monetisation of non-market items“ bychom uplatnily coby vstupní předpoklad získané odhady hodnoty netržních statků. Blíže viz EK Guide (2008).

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 1

5. Stanovení společenské diskontní sazby vyjadřující časové společenské preference
6. Mezičasová agregace peněžně vyjádřených důsledků přijetí varianty prostřednictvím diskontní sazby do některého kriteriálního ukazatele tradičně ENPV, příp. EIRR či B/C Ratio
7. Analýza rizika
8. Vyhodnocení varianty.

Odhad ekonomické hodnoty netržního statku vstupuje tedy do analýzy v podobě předpokládané částky po projekci důsledků varianty v naturálních jednotkách. Ve čtvrtém kroku se analytik snaží převést všechny efekty na hodnotové vyjádření v peněžních jednotkách tak, aby je pro příslušná budoucí období mohl mezi sebou sčítat. Proto by v ideálním případě měly všechny odhady hodnot odpovídat koncepčně správným mírám, které jsme definovali ve třetí kapitole tohoto textu.

Vzhledem k tomu, že odhad ekonomické hodnoty statku pro danou společnost tvoří v rámci CBA de facto „váhu“ tohoto statku, pak jedině jeho nezkreslenost a nezkreslenost odhadů hodnot ostatních statků v jakémkoli směru zaručí, aby se dlouhodobě nevykládalo příliš málo, resp. příliš mnoho zdrojů na zajištění těchto statků (resp. na projekty, které je přináší, příp. politiky, které jejich produkci ovlivňují). Odhad hodnoty netržního statku je však třeba vnímat taky jako faktor rizika, který je užitečné v analýze rizika testovat. I přes veškerou snahu ekonomů a analytiků, nebudeme zřejmě nikdy znát budoucnost, a proto bude vždy hodnota statku vždy rizikovým faktorem. U hodnoty statků netržních komplikuje analytikovi život navíc značná nejistota týkající se reliability metod použitých pro odhad hodnoty a tedy větší či menší skepse o spolehlivosti daného odhadu. Již proto je vhodné, aby způsob, jakým jsou prezentovány výsledky empirických šetření, poskytoval co nejvíce informací, které můžeme právě v rizikové analýze, jakož i při samotném hodnocení v peněžních jednotkách, využít. Ideální je v tomto případě znát nejen odhad střední hodnoty z daného vzorku, ale i rozptyl (eventuálně směrodatnou odchylku), příp. šikmost a špičatost, četnosti jednotlivých pozorování, případné závislosti na jiných proměnných a v ideálním případě odhad pravděpodobnostního rozdělení daného statku. Se všemi informacemi se dá v analýze rizika následně pracovat. Téma rizikové analýzy proto vzhledem k vysoké nejistotě týkající se řady odhadů hodnot netržních statků má zvláštní význam pro zkvalitnění podkladů pro rozhodování.

O čem se ujistit před použitím empirického odhadu v rámci CBA v případě, že daný odhad nebyl „ušit na míru“ přímo efektům konkrétní hodnocené intervence, ale používají se jindy a jinde provedené empirické odhady?

- Hledisko **populace**: Je třeba kontrolovat, zda vymezení společnosti (v kroku 2), z jejíhož hlediska je hodnocena intervence, odpovídá populaci, která dotazována či pozorována při sběru dat pro tvorbu empirického odhadu hodnoty netržního statku. Pokud tomu tak není, je třeba zvážit, zda je vhodné a možné odhad upravit pro danou společnost, či zda není k dispozici odhad vhodnější.
- Hledisko **předmětu hodnocení**: Jedná se o kontrolu věcně shody mezi charakteristikami efektu, který přináší sebou realizace plánované intervence a charakteristikami efektu, který byl předmětem empirické studie zkoumající jeho ekonomickou hodnotu.
- Hledisko **času**: Je vhodné vzít také do úvahy, zda není údaj například příliš starý, než aby mohl být v nezměněné podobě použit jako podklad pro predikci potřebné hodnoty, jedná-li se o ex ante CBA. Preference, tak jako řada jiných věcí ve společnosti, nejsou samozřejmě v čase stálé a tak jak se vyvíjí společnost, vyvíjí se i ony.

Pokud odhad není z nějakého hlediska významně v souladu s tím, co bychom pro hodnocení intervence potřebovali, je třeba zvážit, zda je vhodné a možné odhad upravit pro danou společnost, či zda není k dispozici odhad vhodnější. Pokud není k dispozici vhodnější, současně se již natolik liší od požadovaných parametrů, že jej není možné s klidným srdcem upravit a současně je efekt nezanedbatelný svým potenciálním vlivem na výsledek CBA, nezbyvá nic jiného, než připravit výzkum specificky pro účely hodnocení dané intervence.

Literatura

- [1] BOARDMAN, A., GREENBERG, D., VINING, A. and WEIMER, D. Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice. Prentice Hall, 3 edition, 2005.
- [2] BATEMAN, J. I., CARSON, T. R., DAY, B., HANEMANN, M., HANLEY., N., HATT, T., JONES-LEE, M., LOOMES, G., MOURATO, S., OZDEMIRGLU, E., PEARCE, D. W., SUGDEN, R., SWANSON, J. Economic Valuation with Stated Preferences Techniques – A Manual. Edward Elgar Publishing Limited, 2002.
- [3] BATEMAN, J. I., CARSON, T. R., DAY, B., HANEMANN, M., HANLEY., N., HATT, T., JONES-LEE, M., LOOMES, G., MOURATO, S., OZDEMIRGLU, E., PEARCE, D. W., SUGDEN, R., SWANSON, J. Economic Valuation with Stated Preferences Techniques – Summary Guide. Department for Transport, local Government and the Regions: London, 2002.
- [4] EUROPEAN COMMISSION, FLORIO, M. Guide to cost – benefit analysis of investment projects. Brusel 2008
- [5] HEBÁK, P., HUSTOPECKÝ, J., JAROŠOVÁ, E., PECÁKOVÁ, I. Vícerozměrné statistické metody (1). 2. Vydání. Informatorium. 2007.
- [6] Internalisation Measures and Policies for all external Cost of Transport (IMPACT) – 07.4288.52/ Handbook on estimation of external costs in the transport sector - IMPACT D1, Version 1.1, February, 2008.
- [7] Internalisation Measures and Policies for all external Cost of Transport (IMPACT) – 08.4288.15/ Internalisation Measures and policy for the external cost of transport - IMPACT D3, Version 1.0, June, 2008/
- [8] NAS, T. F. Cost-Benefit Analysis – Theory and Application. Sage Publications. 1996.
- [9] DISMAN, M. Jak se vyrábí sociologická znalost. Karolínium 2008.

Metodika: Analýza rizika v CBA

Identifikační údaje

Číslo metodiky: M/2010/2

Rok vzniku metodiky: 2010

Tvůrci metodiky:

doc. Ing. Jiří Hnilica, Ph.D.,
Ing. Patrik Sieber, Ph.D.,
Ing. Martina Sieber, Ph.D.,
Ing. František Kopecký Ph.D.,
Ing. Lubomír Malínek

Rámec metodiky:

Metodika vznikla v rámci řešení projektu V+V MD „Stínové ceny externalit v oblasti dopravy“. Hlavním řešitelem je KPM CONSULT, a.s., spoluřešitelem Vysoká škola ekonomická v Praze. Doba řešení 2007- 2010. Cílem projektu je vznik jasné metodiky pro hodnocení externalit (lidského života a zdraví, hluku a úspory času) pro použití při přípravě a hodnocení projektů a intervencí v dopravě, jakož i získání hodnot zmíněných externalit samotných – jejich tzv. stínových cen

Obsah

Úvod	3
1. Vymezení problematiky	6
2. Risk Management.....	6
3. Analýza rizika	10
3.1. Kvalitativní a semikvalitativní analýza rizika	15
3.2. Zjednodušená kvantitativní analýza rizika	19
4. Využití výsledků analýzy rizika pro rozhodování.....	24
Literatura	25

Úvod

Smysl metodiky: vymezit soubor metodických pravidel a doporučení, která jsou opřena o teoretický konsensus na mezinárodní úrovni a praktickou proveditelnost při ekonomickém hodnocení intervencí (projektů, politik, programů) prostřednictvím analýzy nákladů a přínosů (dále jen CBA, z anglického cost-benefit analysis) v prostředí rizika a nejistoty. Pochopení a následování uvedených doporučení umožní analytikovi systematicky pracovat s rizikem a nejistotou související s danou intervencí a volit v dané situaci vhodné techniky řešení. Vzhledem k tomu, že nás zajímá ve fázi rozhodování o realizaci či zamítnutí intervence budoucí vývoj ovlivněných proměnných, lze je v majoritě, ne-li zcela, považovat za více či méně rizikové či nejisté. V metodice se autoři snaží zdůraznit, čeho by se měl v příštích letech jakýkoli analytik pracující s nejistými či rizikovými proměnnými při modelování intervence držet, aby výsledky jeho analýzy měly správnou interpretaci, tj. byly konsistentní s teorií, odpovídaly současně co nejvíce podstatě řešené situace a byly přínosem pro praktické využití při hodnocení projektů a jiných intervencí a rozhodování o nich.

Využití metodiky: Většinu metodických doporučení týkajících se risk managementu či obecněji nakládání s rizikem a nejistotou lze použít při téměř jakémkoliv hodnocení intervence, ale vzhledem ke kontextu projektu, je třeba zdůraznit jejich uplatnitelnost pro hodnocení projektů dopravní infrastruktury a dopravní politiky, tj. jakýchkoli staveb či jejich oprav, změn techniky či technologie, regulačních zásahů, systémů zpoplatnění jednotlivých dopravních módů apod. Všechny tyto změny mají ekonomický charakter a způsobují efekty na straně spotřeby vzácných zdrojů či dopadají na užitek členů dané společnosti, ať již pozitivním či negativním způsobem a jen výjimečně můžeme říci, že bychom si mohli být velikostí či hodnotou těchto efektů nastávajících v budoucnu stoprocentně jisti.

Metodika současně předpokládá využití uvedené koncepce zacházení s rizikem a nejistotou v kontextu ekonomického hodnocení daných intervencí, a to zejména metodou CBA konsistentně s teorií blahobytu (welfare economics) a teorií rizika. Tomu je i uzpůsoben výklad jednotlivých postupů a doporučení. Uvedené metody a přístupy mají sice širší využití, ale metodika je zaměřena úžeji, tj. na její aplikaci v uvedeném kontextu.

Vazba na odhady ekonomické hodnoty jednotek netržních statků: Zvláštní kapitolou, kvůli které si autoři myslí, že je třeba systematizovat a prohloubit běžně využívané způsoby práce s rizikem při evaluaci, jsou pak proměnné týkající se ekonomické hodnoty netržních statků. Ne snad proto, že hodnoty jiných statků bychom znali s jistotou, ale proto, že nejistota panující kolem jejich odhadu a budoucího vývoje vzhledem k povaze jejich oceňování je významnější. Jejich hodnoty jsou nejisté nejen proto, že nastanou v budoucnosti a budoucí preference zřejmě nikdy nebudeme znát s jistotou, ale dokonce si nemůžeme být vzhledem k jejich netržní povaze ani jisti jejich historickým vývojem (chcete-li, stávajícím stavem). Je třeba si uvědomit, že i sebelepší empirický odhad těchto proměnných bude zatížen určitou mírou statistické chyby, příp. určitou mírou zkreslení vyplývající z techniky samotného sběru dat, příp. schopnosti samotných respondentů dané hodnocení explicitně vyjádřit. A neumíme-li se vyhnout zcela této nejistotě v empirickém odhadu hodnot těchto a podobných proměnných, musíme se s tím vypořádat při modelování intervence. Jen poznamenejme, že s podobnými problémy, i když v menším významu, se setkáme i při odhadech hodnot tržních statků (konverzních faktorů) či samotných kvantit způsobených efektů.

Přínosy a udržitelnost využití metodiky: Od systematického využívání metodiky lze očekávat zlepšení aplikace analýzy rizika při hodnocení intervencí pomocí CBA, jakož i celkově systematictější práci s rizikem a nejistotou.

Přístup ke zpracování metodiky: Doporučení jsou shrnuta v metodice tak, aby nebyla poplatná pouze určitým specifickým situacím, ale byla relativně všeobecně použitelná. Z toho současně plyne, že se vyhýbá některým metodickým podrobnostem, které jsou sice významné, nicméně jsou silně kontextuálně podmíněné, příp. platné pouze pro některé metody, a tudíž nejsou snadno popsitelné na daném prostoru, příp. jejich aplikace vyžaduje specializované studium ekonometrie, statistiky, sociologie apod. Současně zde nejsou použity „novinky“ teoretického výzkumu v dané oblasti, na kterých zatím buď neexistuje ve světě široký teoretický konsensus, nebo sice existuje teoretický konsensus, ale neexistují doposud ukázky kvalitní a proveditelné aplikace, byť může mít řada z nich podle autorů silný merit. Výzkum v této oblasti samozřejmě pokračuje, nicméně je vysoce pravděpodobné, že základní paradigmaty nebudou v příštích letech zásadně

popřena, a proto autoři věří, že lze teze a doporučení postulované v tomto materiálu využívat v následujících letech (příp. dekadách) bez silného zastarání.

Výchozí zdroje: Kompletní seznam doporučené literatury, resp. literatury, ze které jsme při psaní této metodiky čerpali, je uveden na závěr textu. Nicméně pokud bychom měli uvést nejdůležitější prameny, ze kterých jsme vycházeli, jsou to:

- [1] BOARDMAN, A., GREENBERG, D., VINING, A. and WEIMER, D. **Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice**. Prentice Hall, 3 edition, 2005.
- [2] HNILICA, J., FOTR J. **Aplikovaná analýza rizika**. Grada 2009.
- [3] **Průvodce ekonomickým hodnocením projektů, programů a politik** [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2006. Dostupný z WWW: <http://www.strukturalni-fondy.cz/Narodni-organ-pro-koordinaci/Dokumenty/Metodiky-a-manualy/FileList/Pruvodce-ekonomickym-hodnocenim-projektu--programu/Pruvodce-ekonomickym-hodnocenim-projektu--programu>
- [4] **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects** [online]. European Commission, 2008. Dostupný z WWW: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf
- [5] **Risk Management. AS/NZS 4360:2004**. Standards Australia International Ltd, 2004.

1. Vymezení problematiky

Proč se analýzou rizika či obecněji risk managementem v kontextu socioekonomického hodnocení vůbec zabývat?

Mezi rizikem a užitnou hodnotou při lidském rozhodování prakticky vždy existuje poměrně úzký (empiricky dobře doložený) vztah. Lidé při svém rozhodování mají sklon se riziku spíše vyhýbat. Očekávají-li určitou užitnou hodnotu ze spotřeby nějakých statků, tak budou hodnotit lépe ty statky, s nimiž je spojeno nižší riziko (obousměrné) odchylky od očekávané hodnoty než ty, kde toto riziko je větší, byť očekávané hodnoty hodnocených statků mohou téměř stejné. Například je zřejmé, že realizace určitého infrastrukturního projektu může mít vliv na cenu nemovitostí v okolí a tedy negativně dopadnout na užitek lidí, kteří zde bydlí či vlastní nemovitosti. Jedná se tedy o společenské náklady, které by do rozhodnutí o projektu měly být zahrnuty. Čím větší nejistota ohledně očekávané hodnoty hlučnosti bude panovat, tím i větší je význam hlučnosti, co by rizikového faktoru s vlivem na výslednou hodnotu projektu. Jelikož budoucnost může být i radikálně odlišná od našich současných představ o ní, je nutné pečlivě analyzovat riziko, které z určitého rozhodnutí se socioekonomickými dopady plyne.

Obecné vymezení procesů risk managementu v této metodice vychází z principů normy *AS/NZS 4360:2004 Risk Management*, která ač má svůj původ na Novém Zélandě a v Austrálii, se stala uznávanou i v rámci standardů Evropské unie a patří jednoznačně k nejpropracovanějším. K dalším významným zdrojům, ze kterých jsme čerpali, patří metodika *Průvodce ekonomickým hodnocením projektů, programů a politik*, který byl připraven v roce 2007 pro Ministerstvo pro místní rozvoj. Důležitým zdrojem byl také *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*, který vydala v roce 2008 Evropská komise.

2. Risk Management

Obecně lze risk management (řízení rizik) vymežit jako proces, jehož účelem je maximálně využít příležitostí, které otevírají cesty k dosažení vytčených cílů a minimalizovat hrozby, které naopak tomuto dosažení cílů zabraňují. Risk management by měl být nedílnou součástí kultury každého rozhodování, jehož smyslem je dosažení určitých cílů bez ohledu na to, zda jde o cíle finanční či nefinanční povahy či ať se jedná o cíle privátních či veřejných subjektů. Jedná se o iterativní proces na sebe navazujících kroků, který umožňuje kontinuální zlepšování rozhodovacích procesů se snahou o kontinuální zvyšování výkonnosti při dosahování

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 2

vytyčeného cíle. Účelem risk managementu je tedy jak aktivně analyzovat rizika, tak samozřejmě i následně zjištěný stav optimálně řešit, a tím přispívat k dosažení co možná nejlepších výsledků při plnění stanovených cílů. Tato metodika je primárně zaměřena právě na analýzu rizika, i když ani ostatní procesy risk managementu nebudou přehlíženy.

Risk management musí vytvářet patřičnou infrastrukturu rozhodovacího procesu, která logickým a systematickým způsobem definuje kontext, identifikuje, analyzuje, vyhodnocuje, řeší, monitoruje a komunikuje rizika související s dosahováním cílů, a to maximálně účelně a účinně. Ačkoliv je riziko běžně myšlenkově spojováno spíše s nějakým nepříznivým dopadem, je stále běžnější jak v teorii, tak praxi pod pojmem rizikový faktor (resp. pouze riziko) chápat jakoukoli případnou událost, která může způsobit odchylku od plánovaného, očekávaného či požadovaného cílového stavu.

Risk Management is the culture, processes and structures that are directed towards realizing potential opportunities whilst managing adverse effects.

AS/NZS 4360:2004 Risk Management, bod 1.3.20

Je nutné si uvědomit, že na počátku každého správného nastavení procesu řízení rizik je bezpodmínečně nutné nejdříve vymezit celkový kontext a požadovaný stav (tj. cíle či jiná kritéria). Teprve když je jasné, čeho má být dosaženo a prostředí, ve kterém budou účelové aktivity probíhat, je možné hovořit o rizicích, která mohou požadovaný stav ohrozit, či o příležitostech, které naopak mohou cesty k požadovanému stavu usnadnit. Teprve pokud existuje takto vymezený společný rámec uvažování, cíle či jiná kritéria, má smysl hovořit o rizicích a teprve tehdy má smysl si položit klíčovou výchozí otázku v procesu řízení rizik: „Čeho se *riziko vlastně týká* či *týkat bude*?“ a rizika následně identifikovat, analyzovat, vyhodnocovat a řešit.

Kromě zcela nezbytných procesů komunikace, konzultace, monitorování a přezkoumávání je proces řízení rizik možné rozdělit do následujících iterací:

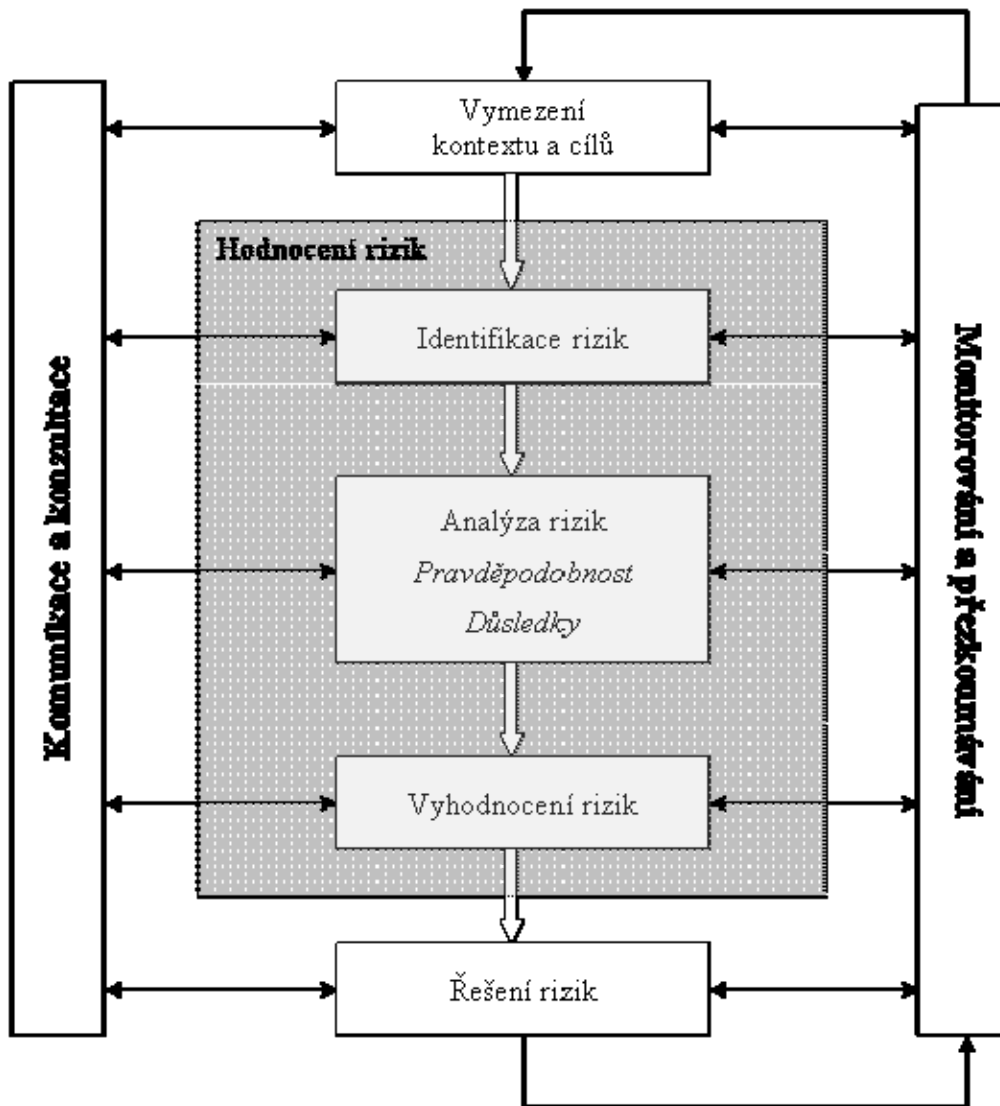
- vyjasnění kontextu a cílů, tj. vymezuje se celkový rámec, tj. "čeho se bude riziko vlastně týkat";
- hodnocení rizika, kde se nejprve identifikují rizika, která se následně analyzují a vyhodnocují, tj. zjišťuje se situace a provádí se její vyhodnocení;
- řešení rizik, kde se přijímají vhodná potřebná opatření.

Iteracemi míníme skutečnost, že celý proces risk managementu se neustále opakuje, jelikož prostředí, ve kterém se cíle realizují, se neustále mění. Vždy, pokud je zjištěný stav jiný než požadovaný, tak se vyhodnocená situace řeší přijetím určitých opatření jako například snahou o omezení důsledků, snahou o snížení pravděpodobnosti výskytu rizikové situace, přesunem rizika na jiný subjekt či snahou se riziku zcela vyhnout. Nutno zdůraznit, že přijatá opatření vždy do různé míry mění výchozí analyzovanou situaci. S řešením rizik se mohou objevit rizika nová, resp. po vyhodnocení situace může dojít k celkovému přehodnocení původně zamýšlených cílů a kontextu fungování a bude nutné provést celý proces řízení rizik opět od počátku.

Kontext a cíle by měly být určeny tím, čeho chceme projektem, politikou či intervencí dosáhnout. Poněkud úžeji můžeme chápat kontext pouze přes společenské náklady a přínosy, tak jak je chápe teorie CBA (z angl. cost-benefit analysis) a cílem pak maximalizace rozdílu mezi společenskými přínosy a společenskými náklady.

Hodnocení rizik v sobě zahrnuje několik analytických částí: identifikaci rizik, analýzu rizik a vyhodnocení rizik. Jelikož tato část je klíčová a je na ni tato metodika převážně směřována, definujme si strukturu hodnocení rizik podrobněji.

Obrázek 1 Proces risk managementu



Zdroj: AS/NZS 4360:2004 Risk Management, překlad: Jiří Hnilica

Identifikace rizik směřuje k vystopování a podrobnému soupisu všech potenciálních rizik, které mohou mít vliv na konečnou současnou hodnotu čistých společenských přínosů uvažovaného projektu, politik či intervencí. Tento krok je velmi významný, protože neidentifikovaná rizika budou vyloučena z dalších navazujících kroků a tedy dále neuvažována. V rámci procesu identifikace rizik by se tedy mělo vyjasnit, co se může stát, kde a kdy; dále proč a jak se to může stát.

Smyslem **analýzy rizika** je porozumět faktorům rizika, které mohou mít vliv na konečnou současnou hodnotu čistých společenských přínosů uvažovaného projektu, politik či intervencí. Analýza rizika vede k určitému zmapování významnosti rizik a odhadu jejich (kombinovanému) vlivu na dosažení plánovaných cílů a je primárním informačním vstupem pro přijetí opatření v kroku „řešení rizika“. Významnost rizikového faktoru ve smyslu události a jejího případného vlivu na cíl je nutné vnímat ve dvou rozměrech: v pravděpodobnosti události a v důsledcích události pro cíl.

Vyhodnocení rizik přímo navazuje na výsledky plynoucí z předchozího kroku, tj. analýzy rizika, a rozhoduje o tom, která rizika se musí řešit a jaké jsou priority těchto řešení. V rámci vyhodnocování rizik se porovnává zjištěná významnost identifikovaných rizik s kritérii či cíli, které byly stanoveny v rámci zvažování kontextu. Jelikož nežádka vyšší hladiny významnosti rizika vedou k tomu, že značné negativní důsledky jsou doprovázeny i nemalými možnými důsledky pozitivními, záleží při rozhodování o tom, jak s těmito většími riziky naložit, na definovaném kontextu a tolerančních hranic rizika vymezených v rozhodovacím procesu.

Princip **řešení rizika** spočívá v rozhodnutí o tom, co učinit za opatření na základě zjištěné situace. Pokud se bude jednat o rizika ve smyslu nepříznivém pro případnou současnou hodnotu čistých společenských přínosů, bude nutné učinit opatření, která povedou ke snížení důsledků či pravděpodobností výskytu faktorů rizika.

Jak již z názvu metodiky plyne, hlavním záměrem této metodiky je poskytnout analytikům určitého průvodce pro „zmapování“ rizik v situaci, kdy se rozhoduje o projektu, politice či intervenci se socioekonomickými dopady. Této problematice se věnuje celá další část.

3. Analýza rizika

Záměry projektu, intervencí či politik jsou realizovány během různě dlouhého budoucího období, což vede přirozeně k tomu, že prakticky všechny předpoklady či parametry, za nichž byl záměr založen, se mohou vyvíjet jinak či jiným směrem než se původně očekávalo, případně se mohou objevit i zcela nové faktory, které vůbec předpokládány nebyly.

Z tohoto důvodu je vhodné se snažit vymezit možné směry případného budoucího vývoje a jejich vliv na uvažovaný záměr (cíle apod.), a to jak pro ty směry vývoje, které představují spíše ohrožení, ale i pro ty směry, které naopak mohou znamenat

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 2

příležitost. Analýza rizika by tedy měla usilovat o zahrnutí obou dvou směrů. Mnohdy se však analýza rizika chápe úžeji tím, že se orientuje zejména na situace, které jsou jednoznačně nepříznivé, tj. které vedou k horším hodnotám a které proto představují spíše hrozby.

Jak již bylo několikrát zdůrazňováno, analýza rizika může proběhnout pouze za podmínky, že je vymezen kontext, tj. že jsme schopni stanovit „čeho“ se riziko týká. V našem případě se riziko týká současné hodnoty čistých společenských přínosů, tak jak jsou vymezeny v teorii CBA. Při analýze rizika v rámci tohoto kontextu je evidentní, že má smysl vytyčit jako rizikové ty scénáře, které potenciálně povedou jak k horším, ale i k lepším výsledkům než očekávaným, a to jak pro náklady, tak i přínosy.

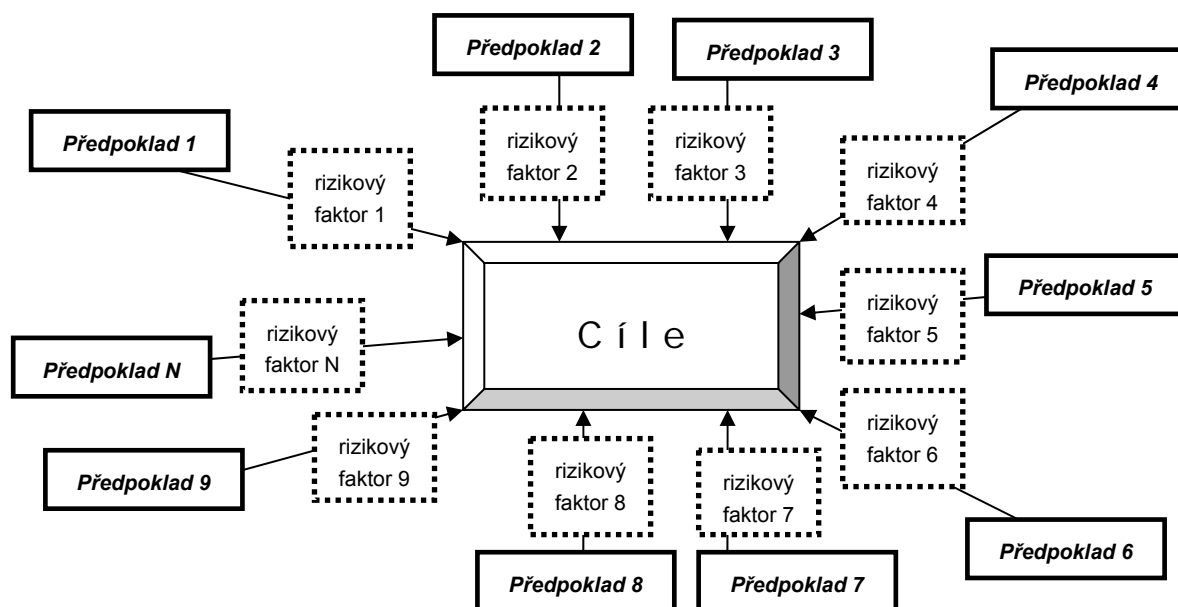
Proces analýzy rizika je odvislý od vymezenosti uvažovaných cílů a vymezenosti důsledků rizikových faktorů. Vymezenost se obecně pohybuje někde mezi jednoduchými kvalitativními výpověďmi až po spíše ideální stav, kdy je *smysluplné* vymežit uvažované cíle a důsledky číslem, tj. dává smysl je kvantifikovat. S mírou možné vymezenosti, resp. kvantifikovatelnosti pak úzce souvisejí i použitelné nástroje analýzy rizika.

Očekávané cíle a jejich dosažení je založeno na očekávaných stavech, vývoji či hodnotách vstupních předpokladů. Budoucí situace se ovšem u každého předpokladu může – a nejspíše bude – do různé míry odlišovat od současných očekávání. Každý ze vstupních předpokladů (každá proměnná, každý parametr je potenciálním zdrojem rizika, tj. potenciálním rizikovým faktorem. Správná identifikace rizikových faktorů a stanovení jejich vlivu (viz Obrázek 2) je navíc v mnoha případech komplikována vzájemnou provázaností rizikových faktorů a tedy jejich kombinovaným vlivem.

Příklad

Nechť předpoklad *A* odráží množství ušetřených životů a předpoklad *B* množství ušetřených úrazů. Tyto předpoklady nejsou sice známy s jistotou, ale existuje mezi nimi zřejmá závislost.

Obrázek 2 Očekávané cíle a rizikové faktory



Zhodnotit význam rizikového faktoru ve smyslu události a jejího případného vlivu na cíle je nutné vidět ve dvou rozměrech:

- v pravděpodobnosti události,
- v důsledcích události.

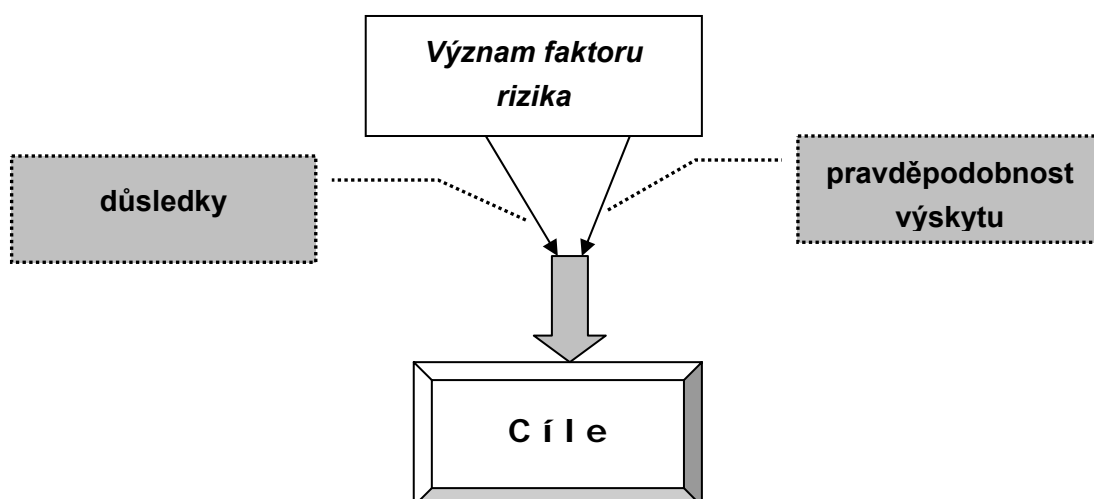
Pravděpodobnost události reflektuje, jaké jsou šance, že k nastoupení faktoru rizika skutečně dojde. Rozměr důsledků pak indikuje, co vlastně nastoupení události pro plnění cílů znamená.

Je zřejmé, že rizikový faktor, jehož důsledky jsou pro plnění cílů zcela zásadní a který se může objevit s poměrně značnou pravděpodobností, je klíčový a je mu nutné věnovat mimořádnou pozornost. Na druhou stranu rizikový faktor, který se sice pravděpodobně objeví, ale znamená jen drobné komplikace, můžeme s „určitou opatrností“ přehlížet.

Příklad

Důsledky srážky zeměkoule s obrovským meteoritem budou nejspíše katastrofální. Na druhou stranu nikdo z nás nevěnuje většinu svého času k budování ochranných podzemních krytů, neboť pravděpodobnost této události je minimální. Samozřejmě, že k úplnému přehlížení tohoto rizika nedochází, jelikož astronomové z celého světa toto riziko neustále monitorují a vyhodnocují.

Obrázek 3 Význam faktorů rizika



Možnost kvantifikovat cíle, společně s možností kvantifikovat důsledky a pravděpodobnost výskytu faktorů rizika, spolurozhoduje o tom, které nástroje v rámci analýzy rizika je možné efektivně použít. Míru podrobnosti analýzy rizika je totiž možné roztřídit do určitých stupňů, které jsou právě vymezeny možnostmi kvantifikace.

Při rozhodování o volbě vhodných nástrojů analýzy rizika by na prvním místě měla být zvážena možnost kvantifikace cílů. Vzhledem k uvažované vazbě této metodiky na CBA tento předpoklad platí. Dále pak je nutné se zamyslet nad možnostmi kvantifikace důsledků, resp. pravděpodobností rizikových faktorů. Jelikož našim výchozím kontextem je CBA, je zřejmé, že existuje maximální snaha o vyjádření čistých socioekonomických přínosů pomocí čísla.

Rozdělme si analýzu rizika dle možností kvantifikace do následujících čtyř typů:

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 2

1. Základní úroveň analýzy rizika je využitelná v případě,
 - kdy jsou cíle pouze velmi obecně vymežitelné.
2. Kvalitativní analýza a semikvalitativní analýza rizik je využitelná v případě,
 - kdy cíle jsou poměrně dobře vymežitelné (spíše než kvantifikovatelné)
 - a důsledky s pravděpodobnostmi rizikové události nejsou přímo kvantifikovatelné.
3. Zjednodušená kvantitativní analýza rizik je využitelná v případě, kdy
 - cíle jsou poměrně dobře kvantifikovatelné
 - a některé důsledky s pravděpodobnostmi rizikové události jsou rovněž kvantifikovatelné.
4. Kvantitativní analýza rizik je využitelná v případě, kdy
 - jsou dobře kvantifikovatelné cíle,
 - tak i důsledky s pravděpodobnostmi rizikové události.

Samozřejmě, že v realitě bude docházet ke kombinaci výše uvedených metod. Je více než jisté, že se vždy budou objevovat určitá rizika, která nebude možné přímo kvantifikovat, ale která mohou být z pohledu úspěšné realizace záměru podstatná. Proto v rámci analýzy rizika se musí jednoznačně vymežit, na kterých předpokladech je model *CBA* postaven a okomentovat, co o rizicích víme, zejm. o těch, která nejsou součástí modelu (např. pomocí kvalitativní analýzy rizika).

Věnujme nyní pozornost jednotlivým typům analýzy rizika:

Základní úroveň analýzy rizika představuje zcela elementární analýzu rizika kvalitativní povahy. Tato analýza rizika měla obsahovat alespoň určité kvalitativně směřované výpovědi o hlavních, resp. největších rizikových faktorech, kterým je plnění cílů vystaveno, a jak se s těmito faktory vypořádat. I z této nejjednodušší formy analýzy rizika by mělo vyplynout, že analytik si je vědom, na jakých základních předpokladech cíle stojí.

Při **kvalitativní analýze** či **semikvalitativní analýze rizik** se na rozdíl od předchozí úrovně provádí podrobný výčet rizik, který se spolu s dalšími doplňujícími informacemi třídí, resp. katalogizuje. Navazující analýza pak zohledňuje

pravděpodobnost i rozsah dopadu rizikového faktoru ve formě kvalitativních výpovědí. Za využití určitých pomocných hodnot či multiplikátorů je možné rizika třídit dle jejich významu. Význam faktoru rizika ve smyslu zohlednění, jak pravděpodobnosti a tak i dopadu rizikového faktoru jedním číslem, se označuje obvykle jako *skóre rizikového faktoru*.

Zjednodušená kvantitativní analýza rizik může být úspěšně aplikována, pokud dává smysl kvantifikovat vliv rizikových faktorů. V rámci tohoto stupně analýzy se provádí tzv. *citlivostní analýza*, která sleduje vliv jednoho rizikového faktoru na uvažované cíle, tj. bez zohlednění vlivu ostatních rizikových faktorů. Dalším případným typem analýzy je *analýza scénářů*, která se snaží postihnout určité možné scénáře budoucího vývoje různých rizikových faktorů a následně takto vydefinované scénáře hodnotit.

Pod čistě **kvantitativní analýzou rizik** se většinou rozumí simulační přístup k analýze rizik a tato analýza je proto realizovatelná za předpokladu možnosti kvantifikovat cíle a možné hodnoty rizikového faktoru včetně jejich pravděpodobností. Neuvažuje se tedy pouze jedna hodnota rizikového faktoru, příp. jeho určité scénáře, ale celá možná škála kombinací hodnota rizikového faktoru-pravděpodobnost, která vstupuje do simulačního modelu jako například při simulacích Monte Carlo. Výhodou je, že v rámci tohoto přístupu se velmi přibližujeme realitě včetně různých závislostí, které aplikujeme do modelu a z výsledku simulace jsme schopni zjistit důsledky (tj. dopady) jednotlivých uvažovaných rizikových faktorů.

Zcela zásadní pro využitelnost simulačních přístupů při analýze rizika je, aby byl model postaven na smysluplných předpokladech (vstupech). Spoléhat na výstupy ze simulačního modelu má své opodstatnění pouze tehdy, pokud jsme plně ztotožnění s předpoklady, na nichž je model postaven. I zde platí ono známé anglické rčení parafrázující oceňování zásob „GIGO“, „Garbage In, Garbage Out“. Simulacím Monte Carlo v CBA se podrobně věnuje naše metodika *Simulace Monte Carlo v CBA*.

3.1. Kvalitativní a semikvalitativní analýza rizika

Před jakoukoliv snahou o hodnocení vlivu rizik na předpokládané cíle je nutné vždy na prvním místě přistoupit k *identifikaci rizik*. Na počátku analýzy je proto nutné identifikovat hlavní rizikové faktory ovlivňující cíle společně s hodnocením

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 2

pravděpodobnosti jejich výskytu a důsledků, které s sebou mohou nést (viz Obr. 3). Hodnocení pravděpodobnosti a důsledků nabývá nejdříve spíše kvalitativní povahy ve formě určitých tvrzení jako například „velmi pravděpodobné“, ale „malé důsledky“. V řadě případů je možné následně provést pokročilejší analýzu, kdy se vliv jednotlivých rizikových faktorů kvantifikuje.

Základní náplní této úrovně analýzy rizika je vytvořit seznam (kartotéku) rizik, což je určitý dokument či databáze rizik společně s mnoha dalšími doplňujícími informacemi o nich, které jsou nutné pro úspěšnou realizaci celého procesu jak analýzy rizik, tak samozřejmě jejich řízení. Identifikované rizikové faktory jsou následně analyzovány, je stanovena jejich významnost ve smyslu vlivu na cíle a na základě takto provedené analýzy jsou jednotlivé rizikové faktory následně setříděny podle jejich celkové významnosti.

Seznam rizikových faktorů by měl minimálně obsahovat zejména následující informace:

- označení (jméno) rizikového faktoru,
- popis rizikového faktoru,
- semikvantitativní odhad pravděpodobnosti realizace a důsledků faktoru rizika,
- matici analýzy rizika (viz níže),
- závislosti s dalšími zdroji rizik,
- popis dalších okolností, které mají na rizikový faktor vliv.

Konečný seznam by rovněž měl obsahovat i shrnutí s výčtem zásadních rizik (např. ve formě „top five“, tj. prvních pěti nejvýznamnějších rizik), kde se význam bude stanovovat kombinovaně podle pravděpodobnosti výskytu a důsledku faktoru rizika. Těmto rizikům by následně měla být věnována nejvyšší pozornost.

Pro stanovení pravděpodobností a důsledků rizikových faktorů se jako nejvhodnější nástroj ukazuje matice rizik, ve které jeden rozměr zachycuje pravděpodobnost výskytu rizikového faktoru a rozměr druhý pak jeho důsledky. Možná podoba je uvedena v následujících tabulkách. Deskriptorem se míní určité zkratkovité označení či popis pravděpodobnosti výskytu rizikového faktoru resp. jeho důsledků, které je z praktických důvodů vhodnější pro aplikace než použití čistě formálního označení ve tvaru písmen či číslic.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 2

Tabulka 1 Příklad kvalitativního popisu pravděpodobnosti

Označení	Deskriptor	Pravděpodobnost výskytu rizikového faktoru
A	téměř jisté	očekává se, že se objeví téměř ve všech situacích
B	velmi pravděpodobné	očekává se, že se objeví téměř ve většině situací
C	pravděpodobné	očekává se, že se občas objeví
D	spíše nepravděpodobné	očekává se, že by se někdy mohl objevit
E	téměř vyloučené	očekává se, že by se mohl objevit spíše výjimečně

Tabulka 2 Příklad kvalitativního popisu důsledků

Označení	Deskriptor	Důsledky rizikové faktoru
1	malé	žádné výrazný vliv na cíle
2	střední	citelný ale nikoliv významný vliv na cíle
3	velké	poměrně velký vliv na cíle
4	značné	značný vliv na cíle
5	kritické	obrovský vliv na cíle

Tabulka 3 Příklad matice kvalitativní analýzy rizika

		Důsledky				
		1	2	3	4	5
Pravděpodobnost		<i>malé</i>	<i>střední</i>	<i>velké</i>	<i>značné</i>	<i>kritické</i>
	A	<i>téměř jisté</i>	velké r.	velké r.	extrémní r.	extrémní r.
	B	<i>velmi pravděpodobné</i>	střední r.	velké r.	velké r.	extrémní r.
	C	<i>pravděpodobné</i>	malé r.	střední r.	velké r.	extrémní r.
	D	<i>spíše nepravděpodobné</i>	malé r.	malé r.	střední r.	velké r.
	E	<i>téměř vyloučené</i>	malé r.	malé r.	střední r.	velké r.

Určitým doplněním kvalitativní analýzy s využitím matice je tzv. semikvalitativní analýza rizika, kdy pravděpodobnosti a důsledky jsou kvantifikovány buď pouhým přiřazením určitých hodnot či za pomoci různých multiplikátorů. Podstatné ovšem je, že vzhledem k takto provedené kvantifikaci je možné následně rizika dle jejich významu různě třídit přiřazením určitého tzv. *skóre*.

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 2

Tabulka 4 Příklad hodnotové matice semikvalitativní analýzy rizika

		Důsledky					
			1	2	3	4	5
Pravděpodobnost			<i>malé</i>	<i>střední</i>	<i>velké</i>	<i>značné</i>	<i>kritické</i>
	0,5	<i>téměř jisté</i>	0,5	1	1,5	2	2,5
	0,1	<i>velmi pravděpodobné</i>	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
	0,01	<i>pravděpodobné</i>	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
	0,001	<i>spíše nepravděpodobné</i>	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
	0,0001	<i>téměř vyloučené</i>	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005

Hodnotová matice semikvalitativní analýzy rizika přiřazuje důsledkům a jejich pravděpodobnostem určité číselné hodnoty podle předem zvolené škálovací stupnice – v našem případě hodnoty 1 až 5 pro důsledky a hodnoty 0,5 až 0,0001 pro pravděpodobnosti. Je na místě připomenout, že se jedná pouze o určité fiktivní hodnoty, které pouze pomáhají při procesu stanovování významnosti rizikového faktoru. Vzájemným pronásobením hodnot pravděpodobnosti a důsledku získáváme celkové skóre rizikového faktoru.

Tabulka 5 Příklad multiplikační matice semikvalitativní analýzy rizika

		Důsledky					
			Mp. 1	Mp. 2	Mp. 5	Mp. 10	Mp. 100
Pravděpodobnost			<i>malé</i>	<i>střední</i>	<i>velké</i>	<i>značné</i>	<i>kritické</i>
	0,5	<i>téměř jisté</i>	0,5	1	2,5	5	50
	0,1	<i>velmi pravděpodobné</i>	0,1	0,2	0,5	1	10
	0,01	<i>pravděpodobné</i>	0,01	0,02	0,05	0,1	1
	0,001	<i>spíše nepravděpodobné</i>	0,001	0,002	0,005	0,01	0,1
	0,0001	<i>téměř vyloučené</i>	0,0001	0,0002	0,0005	0,001	0,01

Multiplikační matice se liší od hodnotové tím, že více diferencuje mezi důsledky. Hodnotová matice přisuzuje každému významnějšímu důsledku číslo o jednotku větší, zatímco multiplikační matice významnějším důsledkům přisuzuje násobky předchozích hodnot. Například mezi důsledky „značné“ a „kritické“ je poměr

STÍNOVÉ CENY EXTERNALIT V OBLASTI DOPRAVY – PŘÍLOHA 2

významnosti desetinásobný, zatímco mezi důsledky „střední“ a „značné“ je poměr pouze dvojnásobný.

Tabulka 6 Příklad členěná multiplikační matice semikvalitativní analýzy rizika

		Důsledky					
			Mp. 1	Mp. 2	Mp. 5	Mp. 10	Mp. 100
Pravděpodobnost			<i>malé</i>	<i>střední</i>	<i>velké</i>	<i>značné</i>	<i>kritické</i>
	0,5	<i>téměř jisté</i>	????	POZOR	POZOR	POZOR	POZOR
	0,1	<i>velmi pravděpodobné</i>	????	????	POZOR	POZOR	POZOR
	0,01	<i>pravděpodobné</i>	OK	????	????	POZOR	POZOR
	0,001	<i>spíše nepravděpodobné</i>	OK	OK	????	????	????
	0,0001	<i>téměř vyloučené</i>	OK	OK	OK	????	????

Využijeme-li matici semikvalitativní analýzy rizika, pak jednotlivá rizika ze seznamu můžeme do matice zařadit a vizualizovat tak jejich význam. V tabulce bychom jako zásadní rizika měli vnímat ta rizika, která se nachází v políčkách matice označených jako „POZOR“. Rizikové faktory označené v políčkách matice otazníky představují menší nebezpečí, nicméně určitě by jim měla být věnována pozornost, příp. provedena další doplňující analýza. Za určitých okolností mohou být rizikové faktory z políček označených „OK“ ignorovány.

Pokud bychom chtěli rizika z matice setřídít dle jejich významnosti, můžeme jim z hodnotové či multiplikační matice přiřadit odpovídající skóre z políčka a podle tohoto skóre setřídít.

3.2. Zjednodušená kvantitativní analýza rizika

Nevýhodou kvalitativních či semikvalitativních analýz rizika je, že nejsou schopny ukázat, jak který rizikový faktor kvantitativně ovlivňuje kritériální veličinu. Na druhou stranu jsou tyto jednoduché analýzy často východiskem pro analýzy podrobnější, neboť nám indikují, kterým rizikovým faktorům bychom měli věnovat pozornost. Pokud lze tedy kvantifikovat cílovou veličinu (což v případě CBA předpokládáme) a pokud lze kvantifikovat alespoň některé rizikové faktory, můžeme se v rámci zjednodušené kvantitativní analýzy rizika opřít zejména o následující dvě analytické metody:

- analýza citlivosti a
- analýza scénářů.

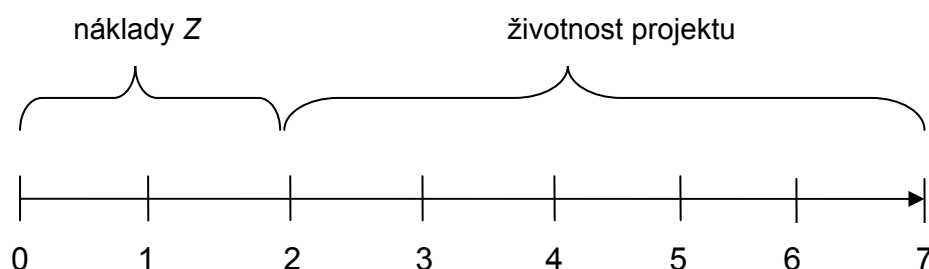
Analýza citlivosti (angl. *sensitivity analysis* či *what-if analysis*) zjišťuje, jak se změni sledovaná cílová veličina (v našem případě současná hodnota čistých společenských přínosů) při předem stanovené změně vstupního (rizikového) faktoru jako např. cena a množství spotřebovaných vstupů, velikost změny hlučnosti, velikost změny četnosti úmrtí a zranění, velikost časových úspor, množství emisí CO₂ či NO_x, hodnota hluku, hodnota VSL, hodnota VTTS apod.

Analýza scénářů (angl. *scenario analysis*) uvažuje pouze určité možné stavy (scénáře) vývoje rizikových faktorů, kterým je cílová veličina vystavena.

Ilustrujme si obě dvě analýzy na následujícím obecném příkladu. Uvažujme tři parametry X , Y a Z , jejichž hodnota je sice nejistá, ale které vstupují do analýzy nákladů a přínosů za jednotlivá období např. v podobě $X \times Y - Z$. Parametr X může například představovat společenskou hodnotu času (peněžních jednotek/hod.) a Y počet uspořených hodin strávených v dopravě při realizaci projektu, jehož celkové společenské náklady budou Z . Abychom situaci poněkud upřesnili, necht' realizace projektu trvá 2 roky a necht' následná životnost projektu je 5 let. Pro ohodnocení smysluplnosti projektu musíme odhadnout, zda přínosy z projektu budou převažovat nad náklady. V první fázi analýzy musíme odhadnout hodnotu času, počet uspořených hodin a společenské náklady projektu v jednotlivých letech životnosti projektu.

Za první rok můžeme například předpokládat, že polovina částky odhadnutých nákladů Z bude efektivně vynaložena. Obdobný závěr můžeme předpokládat i v roce druhém. Za první dva roky proto projekt bude generovat pouze záporné „benefity“, resp. pouze náklady. V dalších pěti letech pak již pouze přínosy určené odhadem X a Y .

Obrázek 4 Projekt a rozložení jeho nákladů a přínosů v čase



Do čitatele modelu musíme dosazovat relevantní hodnoty veličin X , Y a Z . Pro názornost dosadíme nějaké číselné hodnoty. Nechť celkové společenské náklady jsou 150 peněžních jednotek, hodnota času odhadnutá pomocí příslušných metod pro odhad ekonomické hodnoty netržních statků jsou 3 peněžní jednotky za hod. a nechť projekt celkem ušetří ročně 15 hodin. Při 5% společenské diskontní sazbě je současná hodnota čistých společenských přínosů NPV_{NSB} rovna

$$NPV_{NSB} = \frac{-0,5 \times Y}{(1+r)^1} + \frac{-0,5 \times Y}{(1+r)^2} + \frac{X \times Y}{(1+r)^3} + \dots + \frac{X \times Y}{(1+r)^T}$$

$$NPV_{NSB} = \frac{-0,5 \times 150}{(1+0,05)^1} + \frac{-0,5 \times 150}{(1+0,05)^2} + \frac{3 \times 15}{(1+0,05)^3} + \dots + \frac{3 \times 15}{(1+0,05)^T} = 37.$$

Při analýze citlivosti se ptáme, jak se změní např. při 10% změně vstupních veličin, tj. rizikových faktorů X , Y a Z , veličina cílová, tj. současná hodnota čistých přínosů NPV_{NSB} . Z hlediska opatrnosti je typické, že se spíše sleduje, co by se mohlo stát, kdyby se skutečná hodnota parametru od hodnoty předpokládané odchylovala nepříznivým směrem, tj. kdyby směr jejího vývoje nepříznivě ovlivňoval kritériální veličinu (v našem případě NPV_{NSB}).

Tabulka 7 Analýza citlivosti

		při 10% změně	Nové NPV_{NSB}	Změna NPV_{NSB}
X	hodnota času	2,7	20	-46 %
Y	hodnota uspořenému času	13,5	20	-46 %
Z	náklady	165	23	-38 %
r	diskontní sazba	5,5 %	34	-8 %

Seřazením jednotlivých rizikových faktorů podle jejich vlivu na výsledek cílové veličiny vidíme, které z faktorů jsou více či méně rizikové. Výhodou oproti prosté kvalitativní analýze rizika je, že přímo vidíme, jaký důsledek změny rizikového faktoru má na cílovou hodnotu, tj. hodnotu čistých společenských přínosů NPV_{NSB} . Z našeho modelového příkladu plyne, že investiční náklady Z méně významně ovlivňují hodnotu NPV_{NSB} v porovnání s hodnotou času X a s hodnotou uspořenému času Y . X a Y ovlivňují současnou hodnotu čistých společenských přínosů stejně. Za

poměrně důležité je si povšimnout, že všechny tři proměnné značným způsobem ovlivňují celkovou NPV_{NSB} . Na 10% navýšení Z reaguje NPV_{NSB} 38% poklesem. U X a Y je citlivost ještě výraznější. Z tohoto důvodu je zřejmé, že konečnému odhadu všech vstupních proměnných musí být věnována mimořádná pozornost.

Určitou nevýhodou analýzy citlivosti je, že **sleduje důsledek pouze jedné proměnné**. Navíc často neexistuje ani odůvodněný předpoklad, proč bychom měli sledovat změny cílové veličiny při změně všech rizikových faktorů o stejnou částku (jako zde 10 %), neboť určitá změna u každého z nich může být v realitě různě pravděpodobná.

Analýza scénářů překonává analýzu citlivosti tím, že nesleduje pouze izolovaně dopad jednoho rizikového faktoru – ale současně pracuje s určitými scénáři, podle představy, jak se daná vstupní veličina (rizikový faktor) může vyvíjet včetně toho, že může každému scénáři vývoje i přiřadit pravděpodobnosti jeho možného výskytu. Kdybychom se vrátili k naší obecné rovnici pro současnou hodnotu čistých společenských přínosů,

$$NPV_{NSB} = \frac{-0,5 \times Y}{(1+r)^1} + \frac{-0,5 \times Y}{(1+r)^2} + \frac{X \times Y}{(1+r)^3} + \dots + \frac{X \times Y}{(1+r)^T}$$

tak v rámci analýzy scénářů budeme zvažovat určité scénáře pro hodnotu společenských nákladů, hodnotu času, množství uspořenému času a hodnotu diskontní sazby. Nejčastěji se pracuje se třemi možnými scénáři (tzv. stavy světa) v členění na scénář optimistický, realistický a pesimistický. Do určitých obtíží se dostaneme, pokud tak budeme pracovat s každým rizikovým faktorem. V případě naší rovnice s pouze čtyřmi rizikovými faktory (Z , X , Y , r) bychom se totiž dostali k celkovému počtu $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ možných scénářů. Z tohoto důvodu je nutné počet kombinací omezit např. postupem uvedeným v následující tabulce:

Tabulka 8 Analýza scénářů

	X, hodnota hodiny	Y, množství uspořeného času	Z, společenské náklady
scénář 1: pesimistický	2	10	200
scénář 2: realistický	3	15	150
scénář 3: optimistický	4	20	100

$$\text{pesimistická NPV}_{NSB} = \frac{-0,5 \times 200}{(1 + 0,05)^1} + \frac{-0,5 \times 200}{(1 + 0,05)^2} + \frac{2 \times 10}{(1 + 0,05)^3} + \dots + \frac{2 \times 10}{(1 + 0,05)^7} = -107$$

$$\text{realistická NPV}_{NSB} = \frac{-0,5 \times 150}{(1 + 0,05)^1} + \frac{-0,5 \times 150}{(1 + 0,05)^2} + \frac{3 \times 15}{(1 + 0,05)^3} + \dots + \frac{3 \times 15}{(1 + 0,05)^7} = 37$$

$$\text{optimistická NPV}_{NSB} = \frac{-0,5 \times 100}{(1 + 0,05)^1} + \frac{-0,5 \times 100}{(1 + 0,05)^2} + \frac{4 \times 20}{(1 + 0,05)^3} + \dots + \frac{4 \times 20}{(1 + 0,05)^7} = 221$$

Z analýzy scénářů je evidentní, že projekt může být poměrně rizikový. I když jeho současná hodnota čistých společenských přínosů je kladná (37), tak případný pesimistický odhad, tj. dolní mez odhadu, je hluboce záporný (-107), zatímco naopak optimistický scénář vede ke značné kladné hodnotě (221). Nicméně situace, kdyby došlo k realizaci současně všech krajních hodnot odhadu, může být málo pravděpodobná a tedy i informační hodnota analýzy scénářů bude proto v tomto případě poměrně nízká.

Nicméně analýza scénářů nám může i výrazně pomoci s konečnou kalkulací současné hodnoty čistých společenských přínosů - v čitateli pro výpočet současné hodnoty mají být střední hodnoty čistých společenských přínosů¹. Vyděme pro ilustraci ze stejného příkladu a přiděleme nyní pravděpodobnosti nikoliv jednotlivým hodnotám rizikových faktorů, ale celému scénáři:

¹ Při odhadu přínosů (benefitů) ekonomové teoreticky pracují s tzv. opční cenou (option price), která reprezentuje částku, kterou jsou jednotlivci ochotni zaplatit za realizaci veřejného projektu předtím, než jsou známy konečné stavy světa. I když teorie doporučuje pracovat primárně s opční cenou, jsme v praxi vystaveni při odhadu opční ceny mnoha potížím, které nejsou dodnes uspokojivě vyřešeny. Akademická literatura se zatím na velikosti opční hodnoty neshoduje. Praxe tedy nejspíše i nadále bude pracovat se středními hodnotami odhadovaných veličin.

Tabulka 9 Analýza scénářů a výpočet střední hodnoty NPV_{NSB}

	$P(NPV_{NSB})$	NPV_{NSB}	X, hodnota hodiny	Y, množství uspořeného času	Z, společenské náklady
první scénář	15 %	-107	2	10	200
druhý scénář	60 %	37	3	15	150
třetí scénář	25 %	221	4	20	100

Pokud se domníváme, že první scénář může nastat pouze s 15% pravděpodobností, druhý s 60% a třetí s 25%, bude konečná současná hodnota čistých společenských přínosů nikoliv 37, ale 61,4:

$$(-107 \times 0,15) + (37 \times 0,60) + (221 \times 0,25) = 61,4.$$

Nicméně není třeba uvádět, že přiřazování pravděpodobností scénářům nemusí být vždy snadná záležitost. Většinou je poněkud méně komplikované odhadovat pravděpodobnosti jednotlivých hodnot než jejich kombinaci.

Například pravděpodobnost, že skutečná hodnota jednotky času je 3, tj. $P(X=3) = ?$, či pravděpodobnost, že společenské náklady budou 200, tj. $P(Z=200) = ?$. Nicméně odhadovat tzv. sdružené pravděpodobnosti, tj. $P(X=2; Y=10; Z=200) = 15 \%$, je již výrazně komplikovanější.

Navíc potenciální scénáře hodnot většinou nenabývají pouze tří hodnot (pesimistická, optimistická, realistická), ale v mnoha případech můžeme předpokládat jejich spojitý vývoj. Klasickým příkladem je devizový kurz, tržní či stínová cena, velikost poptávky apod. Dále rizikové faktory mohou být mezi sebou různě provázané – závislé – pokles ceny může zvýšit poptávku apod.

4. Využití výsledků analýzy rizika pro rozhodování

Analýza rizika v kontextu CBA by měla sledovat vztah mezi vstupními veličinami modelu a cílovou hodnotou, tj. současnou hodnotou čistých společenských přínosů. Jejím primárním úkolem je identifikovat rizika, která mohou plánované cíle ohrozit a následně zanalyzovat do jaké míry.

Podrobnost analýzy rizika závisí na možnostech kvantifikovat uvažované cíle a u identifikovaných rizik jejich pravděpodobnosti a možné důsledky. Analýza pak nabývá podob z formy čistě narativní do formy spíše kvantitativní. V této metodice se z kvantitativních metod věnujeme pouze analýze citlivosti a analýze scénářů. Obě

dvě metody zjišťují, jak se mění kriteriální veličina, tj. čisté společenské přínosy, resp. současná hodnota čistých společenských přínosů při různých (kombinovaných) změnách vstupních proměnných.

Postupy z této metodiky jsou uplatnitelné i při simulacích Monte Carlo, kterým je věnována samostatná metodika. V každém případě i při simulaci Monte Carlo musíme definovat kontext a cíle a musíme rozhodnout, která z identifikovaných rizik nakonec do simulace budou vstupovat – a to samozřejmě nejčastěji podle významnosti rizikového faktoru.

Literatura

- [1] ARROW, K. J., LIND, R. C.: Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decisions. *The American Economic Review*, 1970, June, 60, s. 364 – 378.
- [2] BOARDMAN, A., GREENBERG, D., VINING, A. and WEIMER, D. *Cost Benefit Analysis: Concepts and Practice*. Prentice Hall, 3 edition, 2005.
- [3] GRAHAM, D. A.: Cost-Benefit Analysis under Uncertainty. *The American Economic Review*, 1981, 71, September, č. 4, s. 715 – 725.
- [4] HNILICA, J., FOTR J. *Aplikovaná analýza rizika*. GRADA 2009.
- [5] *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects* [online]. European Commission, 2008. Dostupný z WWW:
http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf
- [6] MUN, J. *Modelling Risk*. New York, John Wiley & Sons 2006.
- [7] TICHÝ, M. *Ovládání rizika. Analýza a management*. Praha, C.H. Beck 2006.
- [8] MEIER, E., RANDALL, A.: Use Value Under Uncertainty: Is There a “Correct Measure”? *Land Economics*, 1991, 67, č. 4, s. 379 – 389.
- [9] PLUMMER, M. L., HARTMAN, R. C.: Option Value: A General Approach. *Economic Inquiry*, 1986, č. 3, 24, s. 455 – 471.
- [10] *Průvodce ekonomickým hodnocením projektů, programů a politik* [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2006. Dostupný z WWW:
<http://www.strukturalni-fondy.cz/Narodni-organ-pro-koordinaci/Dokumenty/Metodiky-a-manualy/FileList/Pruvodce-ekonomickym-hodnocenim-projektu--programu/Pruvodce-ekonomickym-hodnocenim-projektu--programu>
- [11] *Risk Management. AS/NZS 4360:2004*. Standards Australia International Ltd, 2004.
- [12] SAVAGE, S. *The Flaw of Averages*. John Wiley & Sons 2009.
- [13] VOSE, D. *Risk Analysis: a Quantitative Guide*, 3rd Ed. J Wiley Chichester, England, 2008.