

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE
FAKULTA PODNIKOHOSPODÁŘSKÁ
Studijní obor: Podniková ekonomika a management

AUTOFERERÁT K DISERTAČNÍ PRÁCE

**Neurčité a intervalově-pravděpodobnostní přístupy k
hodnocení rizik investičního projektu realizovaného formou
partnerství veřejného a soukromého sektoru (PPP)**

Ing. Viktorie Dašková

2012

Doktorská disertační práce byla vypracována v rámci doktorského studia na Fakultě podnikohospodářské Vysoké školy ekonomické v Praze v akademických letech 2007-2012.

Autor:

Ing. Viktorie Dašková

Vedoucí práce:

prof. Ing. Miloslav Synek, CSc.:

Vysoká škola ekonomická v Praze,
Fakulta podnikohospodářská,
Katedra podnikové ekonomiky

Oponenti:

doc. RNDr. Ing. Hana Scholleová, Ph.D.:

Vysoká škola ekonomická v Praze,
Fakulta podnikohospodářská,
Katedra podnikové ekonomiky

doc. RNDr. Jiří Ivánek, CSc.:

Vysoká škola ekonomická v Praze,
Fakulta informatiky a statistiky,
Katedra informačního a znalostního inženýrství

Obsah

Úvod do problematiky.....	2
1 Cíl práce, formulace zkoumaných otázek.....	3
2 Metody výzkumu.....	3
3 Teoretická část práce.....	5
3.1 Klasifikace druhů nejistoty a rizika v úkolech přijetí strategických investičních rozhodnutí.....	5
3.2 Podstata PPP projektů a metody hodnocení jejich efektivnosti z pohledu hlavních účastníků.....	8
3.3 Riziková analýza projektu realizovaného ve spolupráci se soukromým sektorem.....	12
3.4 Metody ocenění rizik PPP projektů.....	13
4 Empirická část.....	19
4.1 Konstrukce aplikačních modelů.....	19
4.2 Výsledky z empirického výzkumu.....	21
5 Závěr.....	24
6 Přínos disertační práce.....	24
7 Doporučení pro další výzkum.....	25
Abstrakt.....	26
Seznam literatury.....	27

Úvod do problematiky

Všechny subjekty trhu narážejí při přijímání svých strategických rozhodnutí na jeden společný problém – na nejistotu zítřejšího dne. Proto se všichni snaží udělat tento svět více předvídatelným, což vyvolává potřebu plánování a prognózování různých scénářů perspektivního vývoje událostí, zvláště pak při přijetí strategických investičních rozhodnutí. Proto se vytvářejí scénáře budoucích událostí spojených se změnou úrovně cen, rozsahem výroby a prodeje produkce, makroparametrů ekonomiky (úroveň zdanění, sazby krátkodobých úvěrů, tempo inflace atd.) a pak se provádí analýza investičního projektu (IP) v uskutečnitelném hypotetickém scénáři.

Je zřejmé, že je třeba **zvolit jasný přístup k hodnocení projektu, který by umožnil s vysokou mírou důvěry poskytnout celkový odhad situace.**

Jedním z oborů, kde se masivně pracuje s neúplnými či jinak vadnými informacemi nesoucími v sobě riziko, kde se při přijímání závažných rozhodnutí musí brát v úvahu i nejistota a náhodnost jevů, je rozhodování o realizaci a financování projektů, zejména projektů PPP, kde se na realizaci projektu podílejí jak veřejný, tak i soukromý sektor.

Při provádění hodnocení projektu, jako je například analýza účelnosti a efektivnosti projektu typu PPP, má analýza projektu řadu dalších dílčích studií a vytváří tak větší zátěž na analytika. Spolupráce stran v rámci PPP má řadu problémů. Klíčovým problémem překročení nákladů je nespolehlivý odhad jejich předpokládaných hodnot. V této souvislosti je vhodné provádět prognózování projektů PPP na základě sdílení rizik mezi veřejným a soukromým sektorem. Podcenění integrace rizik do hodnocení efektivnosti projektu typu PPP je nutno vnímat jako **základní problém, pro jehož řešení je nutno vystavět aplikační model hodnocení rizik, což je náplní předkládané práce.**

Špatné rozhodnutí může mít vážné důsledky na dlouhodobé investice. Proto včasná identifikace a co nejpřesnější hodnocení rizik je jedním ze současných problémů moderní investiční analýzy.

Z praxe je známo, jak náhodné jevy a nejistota způsobená neúplnými, nepřesnými a neurčitými informacemi, informacemi s vadou, s sebou přinášejí riziko, ztěžují rozhodnutí o tom, které z mnoha možných řešení je pro dané potřeby ideální, ztěžují správné ohodnocení rizika, ztěžují správné rozhodnutí. Určitým nástrojem pro zpracování situací popisovaných informacemi s výše uvedenými vadami, jejichž výčet zdaleka není úplný, jsou poměrně nové matematické metody, metody fuzzy matematiky a metody fuzzy logiky.

Při řešení stanoveného cíle se rozvíjejí stávající a zároveň se navrhuje nové metody projekční analýzy pro modelování rizik proměnných projektu **použitím teorie fuzzy množin (TNM)**, a to formou modelování peněžních toků možné ztráty z projekční činnosti pomocí obecných ekonomicko-matematických metod.

1. Cíl práce, formulace zkoumaných otázek

Objektem zkoumání v této práci je PPP projekt, konkrétně sledování dosažení důležitého ukazatele hodnoty za peníze při rozhodování o realizaci projektu se zohledněním jeho rizik.

Předmětem studia je proces výběru vhodných nástrojů pro tvorbu modelů hodnocení rizik PPP projektů v podmínkách nejistoty.

Cílem této práce je zpracování aplikačního modelu pro hodnocení rizik PPP projektů při sledování dosažení důležitého ukazatele efektivnosti těchto projektů v podobě hodnoty za peníze (VfM) v podmínkách nejistoty spojené s neúplnou informací o základních údajích. Pro dosažení vytknutého cíle bylo nezbytné:

- provést analýzu přístupů ke kvantitativnímu hodnocení rizik v současné praxi řízení rizik;
- provést porovnávací analýzu hlavních pokročilých metod hodnocení rizik s identifikací jejich silných a slabých stránek při formalizaci nejistoty základních parametrů projektu;
- vytvořit metodiku pro hodnocení rizik projektu za podmínek nejistoty pomocí aparátu teorie fuzzy množin;
- předložit návrh modifikované metody k odstranění zjištěných nedostatků;
- zformulovat doporučení pro praktické použití zpracované metody;
- použít modely na konkrétním projektu – zhodnotit výsledky a porovnat s výsledky získanými jiným postupem.

Řešeným problémem a tedy hlavní badatelskou otázkou práce bylo prokázat, že neurčitý způsob hodnocení rizik je při modelování robustnější vůči případným změnám souvisejícím se změnou typu funkce příslušnosti v porovnání s intervalově-pravděpodobnostním způsobem, v němž byly použity různé typy rozdělení hustoty pravděpodobnosti rizikových proměnných. Ověření tohoto mého předpokladu spočívá v porovnání výsledků dosažených použitím různých způsobů modelování rizik.

2. Metody výzkumu

Teoretická a praktická část disertační práce je založena na **normativním přístupu**, vycházejícím z mého subjektivního pohledu jako autorky práce při porovnávání pokročilých metod hodnocení rizik projektu typu PPP. Máme-li stanoven předmět zkoumání, výzkumné cíle a zvolený typ přístupu zkoumání, stojíme před otázkou výběru vědecké procedury spolu s výběrem výzkumných metod. Vědeckou procedurou rozumíme postup, jímž posloupně realizujeme úkol související s výzkumem a s realizací výzkumného cíle. Vědecká procedura je současně implementačním postupem uplatňování výzkumných metod. V této práci byly použity následující typy vědeckého postupu podle kritéria zvolených metod, Ochrana [39]:

1. Empirický postup s použitím metod pozorování, měření, experimentování.
2. Teoretický postup s použitím metod induktivních a deduktivních.

Způsob vysvětlení, výkladu zkoumaného problému disertační práce je založen na bázi explanace, při které se postupuje od obecného ke konkrétnímu (jednotlivému) jevu, vztahu.

První tři kapitoly disertační práce jsou založeny na explanačních metodách vykládajících zkoumaný problém na bázi vědeckého vysvětlení. Při klasifikaci v disertaci použitých vědeckých metod se vychází z hlediska univerzálnosti.

Při zpracování práce byly použity jak obecně vědní tak i speciálně vědní metody. Z obecně vědních metod byla použita zejména metoda analýzy, syntézy, indukce a dedukce. S ohledem na výše uvedené cíle práce byly použity tyto vědní metody:

- **Analýze** jako metodě, která je použita na tvorbě koncepcí, často předchází analýza praktická, tj. rozklad, rozdělení objektu na jednotlivé části. Analýza je myšlenkové rozdělení objektů na jejich součásti s následným vymezením jejich vlastností. Analýza vyúsťuje v následné detailní prozkoumání prvků a jejich vlivu na celek. Metoda analýzy dominuje hlavně ve druhé a třetí kapitole zejména při obsahovém zkoumání pramenů zabývajících se věcnou problematikou související s výzkumným předmětem disertační práce. Poté jsou výsledky zkoumání, obvykle metodou syntézy, zformulovány do syntetických závěrů.
- **Syntéza** je myšlenkové spojení předcházející praktickému skládání částí objektu do koherentního celku s ohledem na správné vzájemné umístění částí při spojení. Metoda syntézy byla použita při formulaci poznatku o nejvhodnějším rozdělení rizik mezi partnery a při vytvoření souboru závěrů a doporučení pro analýzu projektů takového typu pro přesnější hodnocení jejich rizik. Metoda syntézy byla použita jako podpůrná metoda v součinnosti s metodou neúplné indukce.
- Indukce a dedukce jsou vzájemně propojeny. V **indukci** se z méně společných znalostí pomocí úsudku dochází k větší míře zobecnění, od jednotlivých určitých jevů k zevšeobecnování. Metodou indukce na základě poznatků z analýzy byl vyvozen závěr o přednostech pokročilých způsobů hodnocení rizik PPP projektu, zejména neurčitého přístupu, který zvyšuje důvěryhodnost a kvalitu stanovení ukazatele efektivity projektu. Protože metoda indukce má své limity, jak na ně ukazuje např. Ochrana [39] s odvoláním na Russella a Poppera, byl rozpor mezi omezenou množinou zkoumaných prvků a obecností (univerzalitou) vědeckých výpovědí brán na zřetel volbou nekarteziánské (bechelardovské) metodologie. Té právě odpovídá i volba **speciálně vědních metod** (viz použité **metody fuzzy matematiky a fuzzy logiky**), kdy zkoumání v rámci disertace je vedeno v rovině pravděpodobnostních přístupů k hodnocení rizik projektu. Formulované závěry jsou tudíž možnými stavy světů a nikoliv striktní deterministické výpovědi.
- **Deduktivní** uvažování funguje opačným směrem, od zobecnění, od závěrů se dochází ke konkrétním faktům nebo k úsudkům majícím menší míru zobecnění. Metodou dedukce byl definován předmět zkoumání a výzkumné cíle. Cílem bylo dospět k následnému vymezení

výchozích premis, ze kterých pak logickou operací byl zformulován závěr. Dedukce byla použita při axiomaticko-deduktivním přístupu při konstrukci modelů pokročilých metod.

- **Komparace** – při porovnávání výsledků neurčitého a intervalově-pravděpodobnostního přístupu pro posuzování rizik projektu z hlediska rozhodujícího ukazatele hodnoty za peníze prostřednictvím funkcí příslušnosti a funkcí rozdělení pravděpodobnosti.
- **Experimentování** – při hodnocení možných vývojů implementace projektu, kde experimentování těsně souvisí s modelem projektu popisujícím predikci jeho chování.
- **Modelování** - při procesu zkoumání modelu hodnocení rizik, v rámci něhož měníme jak strukturu, tak i parametry modelu. Pro chápání vlastností zkoumaného objektu a lepší pochopení souvislostí byl vytvořen model. Modelem v této práci rozumíme myšlenkovou reprodukci reálné skutečnosti. Model za definovaných podmínek reprodukuje zkoumaný objekt a jeho chování, což umožnilo lépe pochopit zkoumané souvislosti. Modely prezentované v 4. kapitole umožnily provést explanaci čili predikci výsledků zkoumaného problému. Při interpretaci výsledků vědeckého zkoumání byly brány na zřetel podmínky fungování modelu, na nichž je fungování modelu postaveno, a byla tato skutečnost promítnuta do závěru.
- **Expertní metoda** – v rámci zpracování disertační práce byla tato metoda základem pro stanovení a získání potřebných charakteristik rizikových faktorů projektu potřebných pro analýzu efektivity projektu z pohledu veřejného sektoru pro rozhodnutí o implementaci tohoto projektu.

3. Teoretická část práce

3.1 Klasifikace druhů nejistoty a rizika v úkolech přijetí strategických investičních rozhodnutí

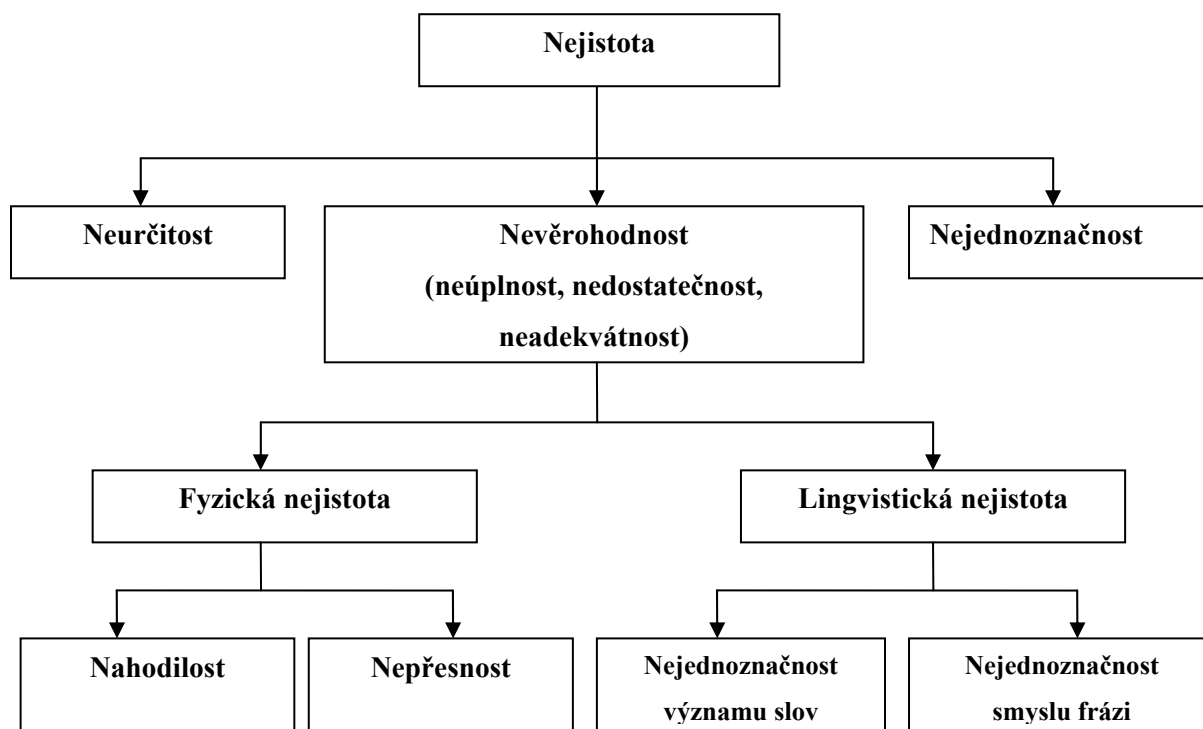
Při procesu přijímání strategických investičních rozhodnutí je nemožné získat přesné a úplné údaje o všech fungujících i potenciálních vnitřních a vnějších faktorech. Klasické matematické modely a metody, které se používají při řízení investiční činnosti v nestabilních podmínkách, nepřinášejí očekávaný výsledek.

Pro přijetí efektivního strategického rozhodnutí týkajícího se investičního projektu (IP) je třeba prognózovat situaci na základě přesně adjustovaných předpokládaných výpočtů, ale při nich mohou vzniknout problémy v evidenci nejistoty v těchto výpočtech. Situace se dost komplikuje tím, že nejistota, která přísluší IP, nemá vždy statistickou podstatu. Tato skutečnost má několik důvodů. Za prvé: při plánování dlouhodobých IP je zapotřebí snažit se mít na zřeteli události makropolitického a makroekonomického vlivu, což má absolutně nestatický vliv na změny např. daňového prostředí. Za druhé: při plánování a přípravě nového IP, který nemá žádnou obdobu v minulosti, v podstatě neexistují jakákoliv statistická data. Kvantitativní metody založené na statistických údajích mohou být někdy adekvátně použity v případě hromadné obsluhy, která již má svoji historii na trhu, nebo když

investice jsou spojeny s rozhodnutím o rozšíření a vůbec nejsou použity v případě uvedení nového zboží na trh. Za třetí: nelze nebrat v úvahu spoustu subjektivních faktorů, realizaci IP, utajenost informace pod záminkou obchodního tajemství, cílevědomé zkreslení výkazové informace atd.

Všechno toto má za následek nejistotu prognózy, a tudíž i riziko realizace IP. Právě proto při modelování a provádění předpokládaných výpočtů je nutné formálně popsat budoucí předpokládané hodnoty některých parametrů IP, které mají různorodou podstatu nejistoty, a změřit riziko IP.

Klasifikace základních druhů nejistoty představená v podobě schématu (obr.1).



Obr.1 Klasifikace druhů nejistoty. Zdroj: čerpáno z [www. stránky](#) [8]

Pro provedení dalšího výzkumu jsem musela rozdělit pojmy **riziko** a **nejistota**. Riziko je přítomno prakticky ve všech sférách lidského života. Nemůžeme pojem formulovat přesně a jednoznačně, jelikož **riziko** záleží na sféře jeho vlivu. Existence rizika je podmíněna nemožností s určitostí na 100 % předpokládat budoucnost. Na základě této skutečnosti musíme vyčlenit základní vlastnost rizika: riziko má své místo vůči budoucnosti a je neodmyslitelně spojeno s prognózováním a plánováním, to znamená s přijetím rozhodnutí vůbec. **Nejistota** je zdrojem rizika při přijetí rozhodnutí. V tomto případě je nejistota objektivní. Ačkoli je podstata vzniku rizika jako ekonomického jevu objektivní, má jako základní odhadní ukazatel úroveň rizika, charakter subjektivní.

Tato subjektivita, tj. nerovnocennost ohodnocení daného objektivního jevu několika subjekty, je dána úrovní úplnosti a věrohodnosti informace, základny, kvalifikace finančních manažerů, jejich zkušeností ve sféře rizikového managementu a řadou jiných faktorů. Při objektivní existenci nejistoty

je riziko pro každý projekt i pro každého účastníka různé jak z kvalitativního, tak i z kvantitativního hlediska.

V uvedeném výzkumu, který jsem provedla, bylo posouzeno riziko z celkového pohledu jako číselné vyjádření změřené možnosti příchodu nepříznivých událostí, které mají za následek různorodé ztráty hospodařícího subjektu (ztráta svých zdrojů, vznik škody, získání neúplných příjmů, výskyt dodatečných výdajů). V důsledku uskutečnění určité činnosti je možnost příchodu nepříznivých událostí při přijetí rozhodnutí úzce spojena s procesem vzájemného působení s prostředím trhu, které má vlastnosti nejistoty.

Přitom je nutno podotknout, že pojmy nejistota a riziko nejsou totožné, jak se poměrně často chápou. Možnost příchodu nepříznivé události se nesmí spojovat pouze s jedním ukazatelem - pravděpodobností výskytu. Stupeň této možnosti se charakterizuje různými ukazateli v závislosti na matematickém přístupu, který se používá pro formalizaci nejistoty.

Tradičně jsou pro řešení úkolů v podmínkách nejistoty používány **pravděpodobnostně-statistické metody**. Jak ale ukázala praxe, je použití pouze těchto metod pro řešení praktických úkolů omezeno následujícími okolnostmi:

- nutností evidence faktorů nejistoty, které nemají statistický původ (subjektivní ohodnocení, znalecko-lingvistická nejistota atd.);
- stávající informace, která je převážně slovní, znalecká;
- nedostatečnost statistické informace, nebo její nedostatečná důvěryhodnost;
- omezenost informace, která nevede k přesně stanovenému rozložení pravděpodobnosti.

Nepočítáme-li s těmito okolnostmi, pak dostáváme neefektivní a vědomě nepřijatelná rozhodnutí. Proto se objevila potřeba používat místo pravděpodobnostně-statistických metod nové přístupy k modelování a zpracování neurčitých údajů, znaleckých posudků, neurčitých množin.

Mezi různými způsoby modelování v podmínkách nejistoty je možno vyčlenit dva základní přístupy:

- pravděpodobnostní;
- neurčitých množin.

Jak ukazují zkušenosti ze světa, efektivnost použití přístupů na základě pravděpodobnosti a neurčitých množin závisí na úrovni a charakteru nejistoty související s konkrétním zadáním. Při zvýšení nejistoty se ve většině případů dává před klasickými pravděpodobnostními popisy přednost subjektivní pravděpodobnosti, založené na expertním ocenění, anebo neurčitě-intervalovým popisům, vyjádřených formou funkce neurčitých množin, v konkrétním případě – určitému intervalu.

Je zřejmé, že když se vstupní údaje IP charakterizují na základě statistických údajů nebo jsou podřízeny určitému pravděpodobnostnímu zákonu, tak je použití pravděpodobnostního přístupu plně oprávněné a efektivní. Ale při modelování reálných IP je statistika většinou nedostačující nebo podklady pro statistiku úplně chybí, což znemožňuje používat pravděpodobnostní přístup. Situace se zhoršuje tím, že při modelování skutečného IP je nutno vzít v úvahu různé typy nejistot, které jsou

svázány s výskytem různého objemu užitečných informací, týkajících se neurčitých parametrů IP. Zde vzniká problém při zpracování a současném použití těchto různorodých informací, čímž vyvstává nutnost přivedení takovéto informace k jednotné formě znázornění. Ve světové praxi investičního managementu se používají různé metody ocenění efektu IP v podmínkách rizika a nejistoty. K nejvíce rozšířeným patří:

- metoda úpravy diskontního faktoru (prémie za riziko);
- metoda spolehlivých intervalů;
- analýza citlivosti ukazatelů efektivnosti;
- metoda scénářů;
- metoda teorie her (kritéria maximinu, maximaxu apod.);
- sestavení stromu řešení;
- simulované modelování metodou Monte Carlo;
- metody založené na teorii neurčitých množin (fuzzy logika).

Neoprávněný a v důsledku toho nesprávný výběr matematického aparátu vede především k nezpůsobilosti vytvářených matematických modelů a k získávání nesprávných výsledků při jejich použití. Tím vzniká nedůvěra k dosaženým výsledkům a často k jejich ignorování. Výše uvedená analýza metod kvantitativního ocenění efektivnosti IP v podmínkách nejistoty ukazuje, že stávající metody eliminují nejistotu v modelu IP, což je neoprávněné, neboť nejistota je neoddelitelnou charakteristikou vlastností jakékoliv prognózy. Tyto metody nemohou formálně popsat a posoudit všechny možné typy nejistot. Většina metod pouze formuluje nejistotu jenom jako rozdělení pravděpodobnosti postavené na základě subjektivních expertních odhadů, což je ve většině případů zřejmě idealizované. Proto je v těchto metodách nejistota, bez ohledu na její povahu, spojena s nahodilostí a tím neumožňuje zohlednit všechny možné typy nejistot, které ovlivňují IP.

Jak již bylo uvedeno, přesnost odhadu pravděpodobnosti (objektivní a subjektivní) závisí na mnoha faktorech, počínaje kvalitou statistické informace a konče kvalitou expertních odhadů. Proto kvalita výsledného vyhodnocení efektivnosti a rizika IP závisí také silně na těchto faktorech, což může způsobit zvýšení nedůvěry v prognózy a v rozhodnutí získaná na jejich základě.

3.2 Podstata PPP projektů a metody hodnocení jejich efektivnosti z pohledu hlavních účastníků

Projekty typu PPP jsou velkou šancí pro nové způsoby financování veřejné infrastruktury tam, kde možnosti státu nestačí. Rozložení úlohy rozvoje veřejných služeb mezi ostatní hráče trhu přináší vyšší objem finančních prostředků, ale také odlišné efekty v oblasti výkonnosti a efektivnosti veřejných služeb. Na druhé straně může zásadním způsobem změnit zaběhnuté postupy a zejména rozsah a charakter kompetencí veřejného sektoru. Spolupráce různorodých subjektů přináší pochopitelně **větší rizika**. Nejedná se tedy jen o vyšší užitek za nižší cenu, ale také o zásadní systémovou změnu a

dlouhodobě rizikovější prostředí – to vše zasazeno do prostředí výrazně vyšších finančních a kapitálových zdrojů.

Všechny strany kontraktu, které zajišťují fungování a implementaci PPP projektu, se musí potýkat s celou řadou možných rizik, které vyplývají z jejich role v projektu po celou dobu jeho životnosti. Pro veřejný sektor je cílem zajistit co nejvyšší možnou hodnotu za peníze (VfM) dosažitelnou z veřejných prostředků. Pro financující organizace a faktického realizátora projektu nejdůležitějším bývá dosáhnout určitou úroveň výnosů a to buď plynoucích přímo z provozování projektu anebo v podobě poplatků ze strany veřejného zadavatele. Ty musí pokrýt vlastní provozní a investiční výdaje na jedné straně a také cizí zdroje dluhového financování na druhé straně. Vyhodnocení rizika v projektech typu PPP nezáleží nejenom na přerozdělování rizik mezi dvě výše uvedené strany, ale musí taky brát na zřetel specifiku realizovaného projektu.

V této práci byl brán v úvahu základní metodologický přístup k analýze efektivnosti investičního projektu doporučený ruskými právními předpisy, metodické pokyny [5].¹ Metodická doporučení hodnocení investičních projektů v Rusku pro společensky významné projekty jako je projekt, který byl použit v této práci jako příklad, se zcela shoduje s metodikami doporučenými finančními institucemi Evropské Unie. Odpovídající metodiky projektové analýzy zpracovávají rozvojové banky a mezinárodní finanční organizace, v první řadě Světová banka [3] a organizace Evropské unie [1].

Přednostně se hodnotí veřejná efektivita projektu. Ukazatelé veřejné efektivity počítají se sociálně-ekonomickými následky realizace investičního projektu pro společnost obecně, včetně přímých tak i nepřímých výsledků projektu, jako např. náklady a přínosy ve vedlejších sektorech ekonomiky, ekologické, sociální a jiné vnější ekonomické účinky. V případě, že výsledky analýzy veřejné efektivity jsou negativní, se projekty nedoporučují k realizaci a nemohou se ucházet o státní podporu. Pokud se veřejná efektivita ukáže jako příznivá, přechází se k analýze komerční efektivity, která zahrnuje:

- finanční efektivitu pro soukromý sektor,
- rozpočtovou efektivitu (efektivitu účasti státu v projektu z hlediska výdajů a příjmů v rozpočtech všech úrovní).

V případě příznivé sociálně-ekonomické efektivity a nedostatečné komerční efektivity veřejně důležitého investičního projektu se projednává možnost použití různých typů státní podpory, která by umožnila zvýšení obchodní efektivity na potřebnou úroveň.

¹ Při posouzení účinnosti projektu pomocí ukazatelů efektivity jsem se řídila postupem, který je definován v metodických pokynech pro hodnocení efektivity investičních projektů schválených Ministerstvem hospodářství Ruské federace, Ministerstvem financí Ruské federace a Státním výborem Ruské federace pro stavebnictví, architekturu a bytovou politiku číslo 477 VK 21.06.1999, které berou v úvahu vlastnosti hodnocení investičních projektů v ruské ekonomice.

Při provedení analýzy rozpočtové efektivity projektu se obvykle projednávají dvě varianty realizace projektu:

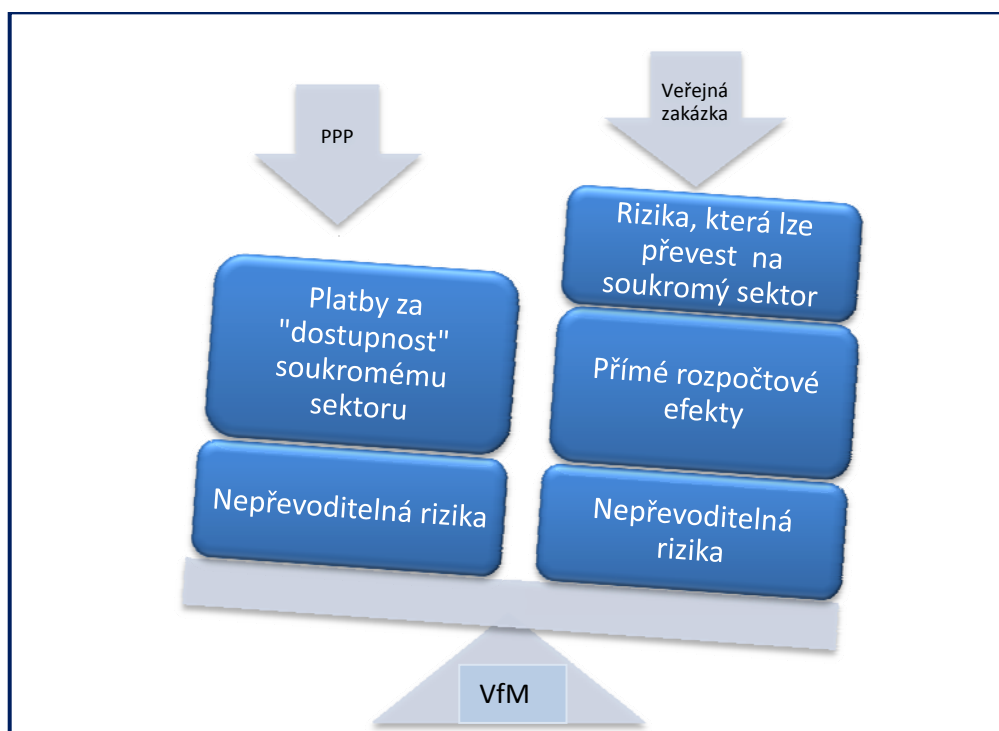
- **Varianta státní zakázky**

Realizace projektu prostřednictvím státní zakázky znamená, že stát financuje výstavbu do doby uvedení do provozu. Pak zapojuje soukromého operátora za účelem provozování objektu.

- **Varianta koncese**

K povinnostem koncesionáře patří vypracování pracovní dokumentace na základě projektové dokumentace, výstavba a provozování objektu po dobu trvání koncese.

Při oceňování způsobů pořízení projektu formou PPP nebo tradiční veřejné zakázky bývá soukromý partner ve značné nevýhodě zejména kvůli vyšším nákladům na kapitál a daňovým aspektům, což může vést k požadavku na vyšší platbu za dostupnost. Přesto bývá při pořízení formou PPP v rámci spektra typově vhodných projektů dosaženo lepší hodnoty za peníze. Zadavatel tedy při pořízení formou PPP ušetří navýšení předpokládaných výdajů projektu o výdaje spojené se skupinou převoditelných rizik (obr. 2). Tato úspora obvykle významně vyváží zvýšenou platbu za dostupnost.



Obr. 2 - vlastní: Dosažení hodnoty za peníze

Aby bylo možno v plné míře ocenit a porovnat obě metody realizace projektu, je důležité co nejpřesněji identifikovat a kvantifikovat všechna rizika spojená s projektem a na základě této identifikace stanovit jejich alokace.

Při rozhodnutí, který způsob realizace je pro projekt výhodnější z hlediska maximalizace hodnoty za peníze, je nutno, aby výsledky obou modelů byly vzájemně porovnatelné, tzn., aby byl zohledněn vliv rizik, která se uplatní v každém z modelů jiným způsobem.

Pro výběr optimální varianty realizace projektu se porovnávají souhrnné ukazatele přímé rozpočtové efektivity s ohledem na rizika pro státní zakázku a PPP, viz metodika [5]. Souhrnný ukazatel přímé rozpočtové efektivity se skládá z příjmových a výdajových peněžních toků, níže uvedená tabulka.

Tab. 1 Rozpočtové peněžní toky

Příjem peněžních prostředků	Výdaje peněžních prostředků
Přímé daňové platby do rozpočtu v důsledku výstavby a provozování dálnice (DPH, daň z příjmu atd.)	Náklady na projektování, vykoupení pozemků, přípravu území pro výstavbu, dotace poskytnuté ve stádiu výstavby
Nepřímé daňové platby do rozpočtu, podmíněné vlivem na nestranné podniky a obyvatelstvo (DPH, daň z příjmu atd.)	
Příjmy z provozování placené dálnice = poplatky za průjezd	Vyplacení provozních poplatků ve stádiu provozu = platba za dostupnost

Zdroj: tabulka vlastní

Hlavním ukazatelem **rozpočtové efektivity** (RE) je čistá současná hodnota (NPV) peněžních toků v rozpočtu. Ukazatel čisté současné hodnoty peněžních toků dovoluje ohodnotit rozpočtovou efektivitu v absolutním vyjádření, vypočítává se takto:

$$NPV_{RE} = \sum_{i=1}^N \frac{RE_i}{(1+r)^i}, \quad (1)$$

kde RE_i = přímé daňové příjmy_i + nepřímé daňové příjmy_i + tržba (vybrané poplatky)_i – dotace na výstavbu_i – provozní poplatky_i za období i;

r – rozpočtová norma diskontu, která se rovná bezrizikové sazbě, odrážející hodnotu zapojeného kapitálu pro stát.

Celkový generální ukazatel rozpočtové efektivity se skládá ze tří hlavních částí:

$$NPV_{\text{rozpočtové efektivity}} = NPV_{\text{přímých rozpočtových efektů}} + NPV_{\text{převoditelných rizik}} + NPV_{\text{zadržných rizik}}. \quad (2)$$

Pro účely analýzy provedené v této práci se úprava peněžních toků státu odráží na velikosti rizik v souhrnném ukazateli rozpočtové efektivity následujícím způsobem:

- **Partnerství veřejného a soukromého sektoru:** NPV rozpočtové efektivity PPP = NPV přímých rozpočtových efektů – NPV rizik veřejného sektoru (rizika, která nese stát v souladu s koncesní dohodou), kde:
 - *NPV přímých rozpočtových efektů* - částka peněžních toků státu bezprostředně z projektu realizovatelného v podobě PPP, za dobu prognózování, diskontní podle bezrizikové rozpočtové sazby,
 - *NPV rizik veřejného sektoru* - čistá současná hodnota vlivu rizik (která nese veřejný sektor v souladu s koncesní dohodou) na peněžní toky státu s ohledem na pravděpodobnost jejich vzniku.

Ukazatel rozpočtové efektivity s ohledem na rizika pro veřejnou zakázku se liší od varianty PPP hodnocením rizik předávaných koncesionáři v případě PPP, která při veřejné zakázce ponese stát jako jediný účastník projektu:

- **Veřejná zakázka:** NPV rozpočtové efektivity (VZ) = NPV přímých rozpočtových efektů - NPV rizik veřejného sektoru – NPV rizik koncesionáře, kde:
 - *NPV přímých rozpočtových efektů* - částka peněžních toků státu bezprostředně na projektu realizovatelného v podobě VZ, za dobu prognózování, diskontní podle bezrizikové rozpočtové sazby,
 - *NPV rizik veřejného sektoru* - čistá současná hodnota vlivu rizik (která při variantě PPP nese veřejný sektor v souladu s koncesní dohodou) na peněžní toky státu s ohledem na pravděpodobnost jejich vzniku,
 - *NPV rizik koncesionáře* - čistá současná hodnota vlivu rizik (která při variantě PPP by byly předány koncesionáři) na peněžní toky státu s ohledem na pravděpodobnost jejich vzniku.

3.3 Riziková analýza projektu realizovaného ve spolupráci se soukromým sektorem

Jedním z klíčových kroků přípravy PPP projektu (ve fázi zpracování studie proveditelnosti resp. koncesního projektu) je zpracování indikativního finančního modelu (což je krok, který následně zopakuje při zpracování své nabídky každý z uchazečů). Rizikovou analýzu potřebujeme k tomu, aby se vypočítaly možné náklady rizik a to tak, že se ocení pravděpodobnost a četnost rizik a také rozsah možných dopadů.

Specifickou podobu má riziková analýza a rizikový management v prostředí projektů realizovaných veřejným sektorem ve spolupráci se sektorem soukromým. Zadáním konkrétní rizikové analýzy PPP projektu je:

- identifikovat potenciální rizika, jejichž vznik je možný v libovolné fázi životního cyklu projektu;
- identifikovat mezi nimi rizika taková, která jsou pro projekt kritická (tj. mohou mít vliv na dosažení definovaných cílů projektu);

- určit možné mechanismy řízení rizik a minimalizace jejich dopadů;
- navrhnout optimální rozdělení rizik;
- připravit návrh konkrétní podoby PPP modelu založený na rozdělení rizik mezi veřejným a soukromým partnerem (a následně dalšími subjekty napříč celým dodavatelským řetězcem).

Riziková analýza je zaměřena nejen na identifikaci a ocenění rizik projektu obecně, ale také na **srovnání rizik konvenčního modelu realizace s modelem PPP**. Cílem je zjistit přínos modelu PPP v oblasti sdílení a přenosu rizika jako podklad pro následné vyhodnocení modelu v rámci koncesního projektu, který bude předložen ke schválení vládě.

Cílem projektů typu PPP je **dosáhnout vyšší hodnoty za peníze** a to i **cestou minimalizace rizik projektu**. Objektivním cílem PPP projektů (bereme-li jako motor PPP nákladová hlediska) je snížení všech nákladů projektu tj.:

- investičních nákladů,
- provozních nákladů,
- nákladů technické správy a údržby,
- nákladů životního cyklu.

Teze, že **hlavním přínosem PPP projektů je snížení či eliminace jeho rizik** je sice obecně přijímána, pokud však dojde na kalkulaci samotných nákladů rizik, je kalkulace velmi často zpochybňována. Někdy jsou pochybnosti účelové, ale i to je nutné chápat a vědět jak se s tím vypořádat.

3.4 Metody ocenění rizik PPP projektů

Při použití kvantitativních metod můžeme využít dvou typů přístupů k rizikům. Prvním z nich jsou empirické odhady, které vycházejí z předchozích zkušeností hodnotitele. Lze namítnout, že se tím pádem nejedná o čistou kvalifikační metodu. Jedná se o prosté bodové ocenění rizik pro několik pravděpodobných scénářů, které bych nejspíš akceptovala jako metodu smíšenou (semi-kvantitativní). Druhým typem je analytický postup, který využívá matematickou a statistickou analýzu s užitím pravděpodobnosti (nejčastěji je realizován prostřednictvím simulačních procesů, jakým je metoda Monte Carlo) a možností (pravděpodobnostního rozložení parametrů v podobě neurčitých čísel/intervalů, realizovanou pomocí aparátu teorie neurčitých množin).

Tři metody oceňování rizik, které používáme v praxi PPP projektů, jsou:

- Optimism Bias, jako nástroj analýzy rizika PPP projektů
- Bodová metoda/ Jednoduchá metoda (MFCR)
- Komplexní ocenění rizik na základě:
 - známého rozložení pravděpodobnosti navýšení nákladů a následné statistické zpracování simulačními přístupy typu Monte Carlo;

- v případě neúplné informace o rozložení pravděpodobnosti složitého procesu je více odůvodněné představovat si nepřesné zadané parametry v podobě neurčitých množin a při práci s nimi používat aparát TNM.

Modelování rizik intervalově-pravděpodobnostním způsobem metodou simulace Monte Carlo a neurčitě-množinovým způsobem založeném na použití neurčitých množin a neurčité logiky je v podstatě nástrojem, který „zlepšuje“ výsledky standardních výpočtů hodnocení rizik projektu, založeného na analýze scénáře. Aby výsledky byly porovnatelné pro ověření badatelského problému, byly vytvořeny scénáře dopadů rizik stejné pro oba způsoby hodnocení rizik. Scénáře se liší pouze v posledním bodě, ve kterém bylo provedeno testování výsledků na citlivost změn provedených v každém ze způsobů a to následovně:

- v intervalově-pravděpodobnostním způsobu byly použity různé typy pravděpodobnostních rozdělení pro rizikové proměnné;
- v neurčitém způsobu scénáře dopadů byly vyjádřeny trojúhelníkovou a Gaussovou křivkou příslušnosti.

Etapy (fáze) formování scénářů dopadu rizik jsou popsány níže:

1. Rizika projektu se dělí na rizika veřejného sektoru a rizika koncesionáře. **Následující analýza se provádí pro dvě skupiny rizik, rizik převedených a rizik zadržných.**
2. Určuje se vyměřovací **základ rizik**, tj. parametry projektu, na nichž působí rizika.
3. Základy rizik se vypočítávají pro **každý rok vzniku rizika.**
4. Stanovení **scénáře výskytu konkrétního dopadu rizika na vyměřovací základ.** Například, beze změn, malá změna nákladů, střední změna nákladů, velká změna nákladů.
5. Pro scénáře stanovené expertní cestou nebo na základě historických statistických údajů, se hodnotí **výše dopadu** v procentech od základu.
6. Stanovení pravděpodobnostního **rozdělení** rizikové události pro intervalově-pravděpodobnostní způsob. Neurčitý popis rizikové události byl vyjádřen pomocí **funkce příslušnosti.**

Simulace metodou Monte Carlo

Monte Carlo metody jsou nejužívanějšími numerickými metodami, které se v aplikované ekonomii používají. Základem těchto simulací je generování náhodných nebo pseudonáhodných čísel. Cílem simulace je popsat pravděpodobnostní rozdělení kritérií NPV převoditelných a zadržených rizik projektu tak, aby se mohly prozkoumat jednotlivé charakteristiky těchto kritérií a tak posoudit rizikovost daného projektu ve vazbě na jeho kritéria efektivnosti.

V podstatě se jedná o generování velkého množství alternativních scénářů. Když se tento postup zopakuje mnohokrát pro různé scénáře, získáme empirické pravděpodobnostní rozdělení NPV zadržených a převoditelných rizik projektu, z něhož je pak možné odvodit všechny charakteristiky rizika daného projektu, jimiž jsou standardní odchylka, rozptyl, variační koeficient, šikmost a špičatost.

K tomu, aby mohl software vypočítat celkový vliv rizik na projekt, je třeba sestavit finanční model dopadu rizik, tzn. provést několik následujících kroků:

1. Výběr kritéria hodnocení a stanovení způsobu výpočtu tohoto kritéria, jako funkce rizikových proměnných.
2. Výběr klíčových faktorů rizika, u nichž je pravděpodobnostní rozdělení modelováno explicitně, to znamená, že se volí konkrétní rozdělení pravděpodobnosti pro každý klíčový rizikový faktor, z něhož se náhodně generují jednotlivé hodnoty.
3. Rozdělení rizikových faktorů do skupin na převoditelná a zadržená.
4. Nastavení časování jednotlivých rizik formou sestavení peněžních toků z dopadů těchto rizik zvláště pro rizika zadržená a převoditelná.
5. Provádění výpočtu současné hodnoty dopadů rizik rozdělených do skupin.

Po výsledném ocenění převoditelných a zadržených rizik metodou Monte Carlo se určují celkové ukazatele NPV_{RE} VZ (veřejné zakázky) a NPV_{RE} PPP následujícím způsobem, metodika hodnocení [7]:

$$NPV_{RE} VZ = NPV \text{ přímých rozpočtových efektů} + NPV \text{ převoditelných rizik} + NPV \text{ zadržených rizik} \quad (3)$$

Tento ukazatel ukáže komplexní nákladovost projektu za celou dobu jeho životnosti ve formě čisté současné hodnoty, také ukáže finanční dostupnost projektu pořizovaného tradiční cestou za využití zdrojů veřejného sektoru.

V modelu PPP je situace odlišná. Současná hodnota zadržených rizik se přičte k výsledku modelu PPP stejně jako u modelu VZ, aby se tak pro zadavatele reálněji zobrazila pravděpodobná cena projektu. Převoditelná rizika se však do modelu PPP nezahrnují. Je zřejmé, že výdaje soukromého partnera s řízením převoditelných rizik budou zahrnuty do výše požadavku platby za dostupnost.

Při stanovení výsledné hodnoty NPV PPP přičteme k hodnotě NPV PPP bez uvažování rizik současnou hodnotu zadržených rizik určenou dle níže uvedeného vzorce:

$$\text{NPV}_{\text{RE}} \text{ PPP} = \text{NPV transakcí mezi zadavatelem a soukromým partnerem} + \text{NPV zadržených rizik} \quad (4)$$

Stejně jako model VZ musí i model PPP potvrdit finanční dostupnost PPP způsobu pořízení.

Ukazatel $\text{NPV}_{\text{RE}} \text{ VZ}$ se následně využije v rámci posouzení hodnoty za peníze při porovnání s hodnotou $\text{NPV}_{\text{RE}} \text{ PPP}$, který vyjádří komplexní nákladovost projektu za celou dobu jeho životnosti v případě realizace formou PPP a který také ukáže odhadovanou hodnotu při výběru hypoteticky nejlepší nabídky při porovnání se skutečnými nabídkami od soukromých zájemců.

Fuzzy inferenční systém

Fuzzy inferenční systém je aproximace závislosti „vstup-výstup“ na základě jazykových výrazů „Když - potom“ a aplikace logických operátorů - AND, OR, NOT (A, NEBO, NE) nad neurčitými množinami. Typová struktura fuzzy inferenčního systému obsahuje následující prvky:

1. fuzzifikace údajů - mění vektor vstupních údajů (X) na vektor neurčitých množin $\tilde{X}$, potřebných pro fuzzy aproximaci;
2. báze podmíněných pravidel obsahující informaci o závislosti $Y=f(X)$ se skládá z proměnných pravidel typu „Když-potom“;
3. funkce příslušnosti představují přiřazení jazykovým proměnným hodnoty, které se vztahují k neurčitým množinám;
4. proces fuzzy inferenčního systému, který na základě báze podmíněných pravidel určuje hodnotu proměnné v podobě neurčité množiny $\tilde{Y}$, odpovídající neurčitým hodnotám vstupních proměnných ($\tilde{X}$);
5. defuzzifikace převádí vstupní neurčitou množinu $\tilde{Y}$ do ostré hodnoty Y.

Po výsledném ocenění převoditelných a zadržených rizik pokročilou metodou s použitím fuzzy aritmetiky a fuzzy logiky se určují celkové ukazatele $\text{NPV}_{\text{RE}} \text{ VZ}$ a $\text{NPV}_{\text{RE}} \text{ PPP}$ obdobným způsobem jak bylo výše uvedeno v případě použití metody Monte Carlo:

$$\text{NPV}_{\text{RE}} \text{ VZ} = \text{NPV přímých rozpočtových efektů} + \text{NPV převoditelných rizik} + \text{NPV zadržených rizik} \quad (3)$$

$$\text{NPV}_{\text{RE}} \text{ PPP} = \text{NPV transakcí mezi zadavatelem a soukromým partnerem} + \text{NPV zadržených rizik} \quad (4)$$

Výsledky srovnávací analýzy použití metody Monte Carlo a fuzzy inferenčního systému jsou uvedeny v následující tabulce, ze které je zřejmé, že společný nedostatek obou přístupů spočívá v použití subjektivního hodnocení při určení pravděpodobnostních rozdělení a tvaru funkcí příslušnosti a také ve stanovení hlavních charakteristik rizikových proměnných. Pro provedení

výzkum bylo zajímavé, jak nedostatky výše uvedených přístupů reagují na případné změny tvarů funkcí příslušnosti a funkcí rozdělení pravděpodobnosti ve smyslu porovnání dosažených výsledků na velikost změny výsledného ukazatele.

Tab. 2 Výsledky srovnávací analýzy metody Monte Carlo a fuzzy inferenčního systému

Kritéria porovnání	Analýza rizika metodou Monte Carlo	Analýza rizika metodou fuzzy inferenčního systému
Proměnné	Jsou náhodné veličiny se zadanými zákony rozdělení	Převedení reálných proměnných na jazykové proměnné, které vycházejí z lingvistických charakteristik proměnné s určením intervalů souvisejících hodnot ke každému lingvistickému popisu.
Model	Model peněžních toků	Model peněžních toků
Proces	Propočet velkého množství náhodných variant (scénářů) realizace projektu	Všechny scénáře podle jednotlivých faktorů rizik mohou být shrnuty do jednoho souhrnného scénáře v podobě trojúhelníkového neurčitého čísla. Přitom jednotlivé scénáře se ve struktuře souhrnného scénáře vytvářejí jako funkce příslušnosti úrovně daného faktoru k neurčité množině (universu).
Výsledek	Rozdělení pravděpodobnosti integrálního ukazatele rizika projektu	Výsledek operace fuzzy inference se převádí na reálnou „ostrou“ hodnotu pomocí defuzzifikace tak, aby co nejlépe prezentoval výsledek fuzzy výpočtu.
Nedostatky	Bez dostatečné báze statistických údajů použití subjektivního hodnocení při určení pravděpodobnostních rozdělení rizikových faktorů a koeficientů korelace a autokorelace.	Při popisu neurčitých veličin se používají funkce příslušnosti, které ve většině případů mohou být určené subjektivně na základě expertního hodnocení. Nezohledňuje autokorelaci v meziročním modelování výskytu rizikového faktoru.
Přednosti	Zohledňuje se v modelu korelace a autokorelace. Počet scénářů může být dostatečně velký, zaručující s určitou pravděpodobností spolehlivost výsledků modelování.	Neurčité množiny ideálně popisují dopad toho či onoho faktoru rizika, stanoveného subjektivně s pomocí neurčitých čísel. Veškeré jazykové formalismy vyjádřené slovy může expert transformovat do popisu v matematickém jazyce.

Zdroj: tabulka vlastní.

Při detailním rozboru použití pokročilých metod při analýze rizik PPP projektu byly zjištěné **problémy související s uplatněním intervalově-pravděpodobnostního přístupu:**

1. Prvním problémem je **určení pravděpodobnostního rozdělení** rizikové události
 - ✓ Tento problém souvisí s tím, že nejistota údajů může mít nestatistickou podstatu a zahrnovat systematickou složku, chyby v zaokrouhlení a třídění údajů, což je charakteristické při hodnocení rizik projektu. A pokud chyby experimentu jsou náhodné, pak tyto chyby zpravidla fungují neaditivně a mění se v čase.
 - ✓ Druhou podmínkou vzniku tohoto problému je skutečnost, že statistika, používaná při hodnocení rizik projektu typu PPP, ne vždy disponuje potřebným počtem údajů, a někdy tyto údaje chybí vůbec.
2. Druhý problém tohoto přístupu souvisí se **stanovením koeficientů korelace** mezi určitými rizikovými faktory. V praktické části vzájemná závislost faktorů rizika byla rovněž odhadována na expertním základě, kde tým expertů dospěl k závěru, zda se jedná o slabou, střední nebo vysokou, přímou nebo nepřímou závislost rizikových faktorů.

Byly stanoveny **také problémy související s uplatněním neurčitého způsobu** při modelování hodnocení rizik projektu typu PPP:

1. První problém spojen se vznikem „**přecenění nejistoty**“
 - ✓ Vlastností intervalové aritmetiky je poměrně rychlý růst šířky intervalu výsledku podle míry růstu počtu aritmetických operací s intervaly. Tato okolnost byla důvodem vzniku mnou předložené modifikace, jejímž cílem bylo hlavně zabránit tomuto jevu. V této práci bylo snížení šířky intervalu výsledného ukazatele dosaženo pomocí použití intervalů, jejichž spodní hranice je zafixována na úrovni nuly. To bylo předurčeno logicky, jelikož jeden z možných dopadů rizika podle scénáře analýzy je scénář „beze změn“, což znamená nulový vliv.
2. Druhým problémem (jako i u pravděpodobnostního přístupu) je **problém zohlednění závislosti/vzájemného působení** neurčitých proměnných
 - ✓ Jak i u pravděpodobnostního způsobu bylo stanovení závislosti rizikových proměnných určeno pomocí metody expertního hodnocení o charakteru spojení mezi vstupními proměnnými. Síla závislosti se dá popsat pomocí nastavení vah závažnosti určitého scénáře v celkovém souhrnu scénářů. Pokud se použije tato informace o charakteru a síle závislosti mezi neurčitými proměnnými ve výpočtech, pak je možné podstatně zlepšit výsledek neurčitého modelování, jelikož do výsledku se nedostanou nerealistické scénáře vývoje událostí.

4. Empirická část

4.1 Konstrukce aplikačních modelů

Aby bylo možné provést porovnání výsledků neurčitě-intervalového a intervalově-pravděpodobnostního přístupu k hodnocení ekonomické efektivity IP realizovaného formou partnerství, byly charakteristické hodnoty vstupních parametrů porovnávaných modelů naformovány stejně. **Pro neurčitý přístup:**

- Byly vstupní hodnoty intervalů scénářů dopadů rizik stanoveny přibližně stejné a celkový rozsah možného dopadu určitého rizika byl stejným jak pro neurčitý tak i pro intervalově-pravděpodobnostní přístup.
- Závislost rizikových proměnných byla určena koeficienty významnosti pravidel, které charakterizují závislost výsledku (antecedentu) na podmínkách konsekventu určujících nejvíce očekávaný scénář. V neurčitě- intervalovém modelu nebyla použita informace o vzniku vzájemné závislosti mezi roky určitého rizikového faktoru, protože klasická pravidla fuzzy a intervalové matematiky dávají **zaručené odhady vypočítaných parametrů**.
- Nejistota možné ztráty byla zformalizována pomocí **funkce příslušnosti** určitých hodnot odpovídajících intervalu dopadu případného rizika.
- Výpočet ukazatele rozpočtové efektivity investičního projektu byl proveden na základě uvedeného vzorce s přehlednutím k pravidlům a specifice fuzzy a intervalové matematiky.
$$[NPV(P)_{min}, \overline{NPV(P)}, NPV(P)_{max}] = \sum_{n=1}^{35} [NPV(A)_{min}, \overline{NPV(A)}, NPV(A)_{max}] \quad (5)$$

kde $[NPV(P)_{min}, \overline{NPV(P)}, NPV(P)_{max}]$ je NPV integrovaného **převedeného rizika** PPP projektu za dobu 35 let; $[NPV(A)_{min}, \overline{NPV(A)}, NPV(A)_{max}]$ jsou významné body trojúhelníkového neurčitého čísla **převedených rizik** možné ztráty v příslušném roce.

Pro intervalově-pravděpodobnostní přístup:

- Jak bylo řečeno výše, vstupní hodnoty intervalů scénářů a celkový rozsah možného dopadu určitého rizika byl definován stejně jak i u neurčitého přístupu
- Způsob závislosti rizikových faktorů se odráží v použití korelačních koeficientů mezi nimi a při modelování závislosti vzniku stejného rizika mezi roky, v intervalově-pravděpodobnostním způsobu byla použita autokorelace.
- Nejistota možné ztráty vstupních proměnných byla definovaná pomocí funkcí rozdělení pravděpodobností.

- Výpočet ukazatele rozpočtové efektivity investičního projektu v intervalově-pravděpodobnostním přístupu byl proveden na základě uvedeného vzorce pomocí simulace Monte Carlo

$$NPV(P) = \sum_{n=1}^{35} NPV(P) \quad (6)$$

kde $NPV(P)$ je NPV integrovaného převedeného rizika PPP projektu za dobu 35 let.

Porovnání výsledků neurčitého a intervalově-pravděpodobnostního přístupu hodnocení efektivity investičního projektu z hlediska ukazatele rozpočtové efektivity bylo představeno různými způsoby:

1. Grafickým srovnáním získané funkce příslušnosti a funkce hustoty pravděpodobnosti ukazatele NPV převedených rizik;
2. Srovnáním z hlediska ukazatele NPV převedených rizik: defuzzifikované hodnoty metodou "centroid" a středně očekávané hodnoty;
3. Srovnáním z hlediska ukazatele NPV převedených rizik: defuzzifikované hodnoty metodou "středu maxima" a mediány.
4. Pro provedení komplexní analýzy získaných výsledků za použití neurčitého a intervalově-pravděpodobnostního přístupu pro provedení analýzy rozpočtové efektivity projektu realizovaného formou koncese **se porovnávaly dvě varianty:**
 - I. Varianta:** pro neurčitý přístup byly vstupní parametry rizikových proměnných představeny ve formě **trojúhelníkových funkcí příslušnosti** a pro intervalově-pravděpodobnostní byly použity **různé typy pravděpodobnostních rozdělení (trojúhelníkové, betaPERT, custom);**
 - II. Varianta:** pro neurčitý přístup byly vstupní parametry rizikových proměnných představeny **funkcí příslušnosti ve formě Gaussovy křivky** a pro intervalově-pravděpodobnostní přístup rizikové proměnné byly nadefinovány **pomocí customizované funkce rozdělení pravděpodobnosti.**

V teorii neurčitých množin je procedura defuzzifikace analogická vyhledávání charakteristik polohy náhodných veličin v teorii pravděpodobnosti (matematického očekávání, módu, mediánu). Matematickému očekávání v teorii pravděpodobnosti odpovídá v TNM hodnota zjištěná defuzzifikační metodou Centroid, Mediáně odpovídá Střed Maxima (MOM), Minimální hodnotě Bisector a Maximální hodnotě Módus. Pokud rozdělení rizikových faktorů nebylo symetrické, pak na rozdíl od pravděpodobnostního přístupu hodnocení výsledné hodnoty, ve kterém zkoumáme hodnotu Mediánu je v TNM nejvhodnější charakteristikou Střed Maxima (MOM).

4.2 Výsledky z empirického výzkumu

Srovnání neurčitě-intervalového a intervalově-pravděpodobnostního způsobu hodnocení NPV převedených rizik ukázalo vlastnosti a výhody jednotlivých přístupů, které jsou uvedeny níže.

Jak je patrné z uvedené tabulky, jsou hodnoty získané neurčitým způsobem pomocí různých typů funkcí příslušnosti a různých typů defuzzifikačních metod podobné. Rozdíl „ostrých“ hodnot v 1. a ve 2. variantě získaných metodami defuzzifikace Centroid a MOM se liší méně oproti výsledkům získaným simulační metodou Monte Carlo. I když při modelování neurčitým způsobem byly intervaly dopadů převedeny na neurčité intervaly, tzn. jejich hranice byly nepřesně stanovené, a při modelování tato vágnost byla podchycena tím, že se vzájemně překrývaly, byl výsledek „ostrých hodnot“ porovnávaných variant skoro podobný jak u defuzifikační metody Centroid, tak i při defuzifikaci metodou MOM. To ukazuje, že získané defuzzifikační hodnoty jsou vysoce odolné ke změnám typu funkcí příslušnosti. U intervalově-pravděpodobnostního přístupu byly hranice intervalů dopadů přesně stanoveny na základě expertního hodnocení. Porovnávaly se výsledky hodnot získaných použitím různých typů pravděpodobnostních rozdělení. Jak ukazují výsledky z uvedené tabulky, existuje velká citlivost výsledných hodnot na zvoleném typu funkce rozdělení pravděpodobnosti.

Při porovnání byla potvrzena má domněnka, že customizovaný typ rozdělení pravděpodobnosti je vhodnější při provádění expertního hodnocení při intervalově-pravděpodobnostním způsobu, protože nejlépe podchycuje scénáře podmíněných pravděpodobností. To ukazuje rozdíl mezi hodnotami mediánů získaných dvěma variantami propočtu. U pravděpodobnostního způsobu je rozdíl mediánů značný v porovnání s neurčitým způsobem, kde „ostré hodnoty“ získané metodou defuzifikace MOM jsou skoro stejné.

Hodnota mediánu je rozhodujícím ukazatelem při hodnocení výsledného ukazatele rozpočtové efektivity (VfM) jako složky NPV převoditelných rizik.

Tab. 3 Srovnání výsledného ukazatele NPV převoditelných rizik projektu aplikovaného různými přístupy hodnocení

NPV převoditelných rizik projektu varianta 1 (v mln. rub.)			
Pravděpodobnostní způsob simulační metoda	Neurčitý způsob Fuzzy Inferenční Systém	Pravděpodobnostní způsob simulační metoda	Neurčitý způsob Fuzzy Inferenční Systém
Různé typy pravděpodobnostních rozdělení	Trojúhelníkové funkce příslušnosti	Různé typy pravděpodobnostních rozdělení	Trojúhelníkové funkce příslušnosti
Střední očekávaná hodnota	Defuzzifikace metodou Centroid	Medián	Defuzzifikace metodou MoM
22 935	23 967	22 914	15 439
NPV převoditelných rizik projektu varianta 2 (v mln. rub.)			
Pravděpodobnostní způsob simulační metoda	Neurčitý způsob Fuzzy Inferenční Systém	Pravděpodobnostní způsob simulační metoda	Neurčitý způsob Fuzzy Inferenční Systém
Customizované pravděpodobnostní rozdělení	Funkce příslušnosti ve tvaru Gaussovy křivky	Customizované pravděpodobnostní rozdělení	Funkce příslušnosti ve tvaru Gaussovy křivky
Střední očekávaná hodnota	Defuzzifikace metodou Centroid	Medián	Defuzzifikace metodou MoM
23 747	24 845	16 256	16 102

Zdroj: tabulka vlastní

Z porovnání výsledků (tabulka výše) byly vyvozeny následující závěry:

- Pro analýzu rizik v současných podmínkách absence dostatečné informace doporučuji používat aparát teorie neurčitých množin, neboť jeho aplikace, kromě výhod uvedených v kapitole 1 disertační práce, má následující výhody oproti pravděpodobnostnímu přístupu:
 - Neurčitě-intervalový přístup založený na aritmetice neurčitých intervalů poskytuje spolehlivé výsledky, tj. ve všech případech získáme neurčité intervaly zaručeně obsahující řešení nebo množinu řešení. Toto je v současných informačních

podmínkách velmi důležité, protože vstupní informace se obvykle formalizují na základě expertního posouzení nebo na základě malého statistického výběru, tj. výběru, kdy pravděpodobnostní odhady obvykle není možné získat ani v předběžném hodnocení dlouhodobých investic a poměrně často ani následnou perspektivní analýzou.

- Obvykle se v praxi nejčastěji ukazuje, že v procesu rozhodování o některé proměnné nebo o parametrech modelu lze zadat pouze rozsah změn (maximální a minimální přípustné hodnoty - intervaly) a nejvěrohodnější odhad (nejvíce možnou hodnotu), které může mít určitá posuzovaná hodnota. Navíc, někdy je možné vytvořit i funkci, která charakterizuje přípustnost každé hodnoty v zadaném intervalu na základě statistického materiálu nebo dotazování skupiny odborníků. Nicméně, takový výklad proměnné jako náhodné proměnné není příliš vhodný. Mnohem přirozenějším by byl popis této proměnné jako fuzzy proměnné s funkcí příslušnosti charakterizující soubor jejích možných hodnot.
- V pravděpodobnostním přístupu je nepřesnost zadání některých parametrů ve výpočtech nahrazena expertními odhady nebo průměrem (váženým průměrem) hodnot. Vzhledem k nedostatku informací není důsledné uplatňování pravděpodobnostních modelů vhodné. Doporučuji pracovat v rámci teorie neurčitých množin s intervalovými hodnotami, jejichž výhody jsou zřetelnější.
- Neurčitě-intervalový přístup nevyžaduje absolutně přesnou definici funkce příslušnosti vstupních parametrů.
- Součástí moderních systémů je, že velká část informace potřebná pro jejich matematický popis existuje ve formě představ expertů. Tyto systémy vyžadují účast osoby nebo skupiny osob na řízení. Ale v jazyce tradiční matematiky nejsou objektivní prostředky, které by přiměřeně odrážely vágní názory expertů.
- K řešení tohoto problému zformulovaného z hlediska fuzzy množin není třeba přesně specifikovat všechny hranice a parametry funkce příslušnosti, které nevyžadují velké a namáhavé práce. Funkce příslušnosti zpočátku jen zhruba definuje parametry systému, což povede ke zlepšení efektivity odhadů expertů při přípravě podkladů.
- Na základě provedeného srovnání dvou použitých metod (metody Monte Carlo a Fuzzy Inferenčního systému) bylo zjištěno, že dosažené hodnoty jsou v některých případech podobné. Metoda Monte Carlo je však přesnější a vhodnější v případě, že máme k dispozici dostatečnou statistickou informaci, protože bere na zřetel vzájemnou závislost mezi rizikovými faktory a případnými scénáři. Avšak jak ukazují výsledky simulací při použití různých typů pravděpodobnostních rozdělení mají hodnoty sledovaných parametrů vysokou citlivost na výběr typu pravděpodobnostního rozdělení. Fuzzy interferenční systém lze použít za jakékoliv kvality a kvantity

informace, není sice tak přesný, ale zaručuje dosažení výsledku v určitém intervalu. Takže je možné konstatovat, že **tyto metody si vzájemně nekonkurují, ale naopak se doplňují.**

5. Závěr

V praktické části disertační práce bylo prokázáno, že nejvhodnější je použití neurčitě-intervalového přístupu.

Níže jsou uvedeny **přednosti neurčitě-intervalového přístupu** k ocenění efektivnosti a rizika IP ve srovnání s běžně užívanými metodami:

1. Tento přístup umožňuje formalizovat a použít v jednotné formě všechny dostupné informace (determinovanou, intervalovou, statistickou, lingvistickou), což zvyšuje důvěryhodnost a kvalitu přijímaných řešení.
2. TNM nepotřebuje absolutně přesné zadání funkce příslušnosti na rozdíl od pravděpodobnostní metody. Výsledek dosažený na základě TNM je charakterizován nízkou citlivostí ke změnám typu funkce příslušnosti vstupních neurčitých čísel. Což se v reálných podmínkách nízké kvality vstupních informací ukazuje jako vhodnější metoda.
3. Ocenění rizik IP na základě TNM se ukazuje jako efektivní v situacích, kdy jsou vstupní informace založené na malých statistických výběrech tj. v případech, kdy nemohou být dosažena pravděpodobnostní ocenění, což je významné při předběžném ocenění dlouhodobých investic, a velmi často za nedostatku informační báze.
4. Implementace TNM na základě intervalové aritmetiky představuje široké možnosti pro použití dané metody v investiční analýze, což je podmíněno faktickým nedostatkem konkurenceschopných metod k vytváření spolehlivého a přesného nástroje při řízení numerických úkolů.
5. Charakterizuje se snadným popisem expertních znalostí.

Z výše uvedeného vyplývá, že TNM je jednou z nejvíce efektivních matematických teorií směřující k formalizaci a zpracování neurčité informace a integrující známé přístupy a metody.

6. Přínos disertační práce

Novost práce spočívá zejména v následujících výsledcích výzkumu:

- předvedení možnosti využití aparátu TNM v projekční analýze hodnocení efektivitu projektu typu PPP z hlediska ukazatele hodnoty za peníze;
- byla rozpracována metoda konstrukce aproximačního modelu pro stanovení případných odchylek nákladů a přínosů projektu pomocí započítání rizikových položek projektu do

peněžních toků s cílem stanovení výsledného ukazatele hodnoty za peníze v podmínkách nejistoty;

- při použití nástroje TNM byl předložen způsob zohlednění řady jeho nedostatků při použití aritmetických operací s neurčitými množinami, zejména přecenění nejistoty, a vysvětleno jak se do modelu s neurčitými množinami zahrnuje korelace mezi rizikovými proměnnými;
- bylo provedeno srovnání dvou pokročilých způsobů při hodnocení rizik s identifikací jejich silných a slabých stránek;
- byly vyjasněny otázky, jak změna typu rozdělení hustoty pravděpodobnosti finančního dopadu identifikovatelného rizika a jak změna typu funkce příslušnosti může ovlivnit výsledek zkoumaného parametru projektu;
- byla ukázána praktická aplikace teoretických rozpracování této práce na analýze investičního projektu při navrhování a budování rychlostní komunikace kolem Moskvy.

7. Doporučení pro další výzkum

Tato práce se vyznačuje poměrně rozsáhlým zkoumáním problematiky při modelování různých typů nejistoty spojené s implementací projektu. V budoucích výzkumech uvedené problematiky doporučuji zaměřit se na detailnější výzkum, a to především zaměřit výzkum na příjmovou stránku IP. Jak bylo mnou nastíněno v této práci, neexistuje prozatím jakákoliv metodika pro hodnocení rizika poptávky při výpočtu efektivity projektu s ohledem na toto riziko. Jelikož neexistuje jakákoliv statistická báze znalostí této problematiky v praxi, obvykle se toto riziko posuzuje vytvořením několika scénářů intenzity dopravy podle makroekonomických ukazatelů vývoje regionu, a pak podle jednoho z nich se dělá prognóza předpokládaných příjmů z poplatků za průjezd. Svým způsobem, se riziko poptávky hodnotí jen analýzou citlivosti, což neodpovídá skutečnosti. Proto při dalším výzkumu bych navrhovala použít pro přesnější prognózu příjmové stránky jakéhokoli projektu (např. v oblasti dopravy, zdravotnictví a sociálních služeb, školství, atd., kde příjem těsně souvisí s užítkem) aparát nepřesné logiky.

Abstrakt

Title of dissertation thesis

Fuzzy and interval-probabilistic methods of risk assessment of the investment project implemented by public private partnership

The result of my dissertation justifies the use of fuzzy-sets theory to make a prediction of cost risk of a PPP project, when there is not enough information available to clearly describe the project, and, when the probability distributions of the variables that characterize the project are unknown. I showed that fuzzy-sets theory and linguistic variables may be effectively used in such a case.

In this thesis were classified different types of uncertainty and investigated traditional methods for estimating efficiency of a investment project in conditions of uncertainty. On the basis of the analysis were offered new ways of conducting risk analysis for PPP projects with use of fuzzy sets theory.

The main goal was to create an application model for risk assessment of the PPP project which, with a high degree of reliability, suggests a general assessment of situation. The goal set in my work was met. Model of risk assessment of the project proposed by me gives more stable results in comparison with the probabilistic model. For comparison were used different types of probability distribution functions and membership functions.

The following conclusions and statements describe the novelty of the work on fuzzy logic and economic theory:

- It develops a method of cash-flow (future expenditure connected with the appearance of risk) modeling of investment project in fuzzy environment;
- It demonstrates the use of fuzzy sets theory in projects analyses and describes how to calculate and interpret this value;
- Demonstrates example of the use of results applied to the analysis of infrastructure development project in Moscow, Russia.

The possibility of using this method is not only in the analysis of infrastructure development projects, but also in realization of non-commercial projects by social institutes and government agencies.

Key words:

Fuzzy set, fuzzy logic, membership function, probability distribution function, Value for Money, Public Private Partnership (PPP), uncertainty, risk analysis.

Seznam literatury

Knihy, časopisy a sborníky:

1. Andersen, A., The State of the Practice of Value for Money Analysis in Comparing Public Private Partnerships to Traditional Procurements // *Public Works Management Policy*, 2008, Vol. 13, №2, pp. 114-125.
2. Bellman, G., Zadeh, L. Decision making in fuzzy environment // *Management Science*. – 1970. – Vol.17.
3. Berka, P. Inteligentní systémy. Vysoká škola ekonomická v Praze, Nakladatelství Oeconomica, 2008. ISBN 978-80-245-1436-9.
4. Borisov, A. N., Alekseev, A. V., Merkureva, G. V. Obrabotka nečetkoj informacii v sistemach prinjatija rešenij. Moskva: Radio i svjaz, 1989.
5. Brealy R.A., Meyers S.C. Teorie a praxe firemních financí. Praha: Computer Press, 2000. ISBN: 80-7226-189-4.
6. Damodaran, A. Investment valuation. Tools and Techniques for Determining the value of Any Asset, 2nd ed. Published by John Wiley & Sons, Inc., New York, 2002. ISBN 0-471-41490-5.
7. Diligenskij, N.V., Dymova, L.G., Sevastjanov, P.V. Nečetkoe modelirovanie i mnogokriterialnaja optimizacija proizvodstvennyh sistem v uslovijach neopredelennosti: technologija, ekonomika, ekologija. Moskva: Mašinostroenie – 1, 2004.
8. Djubua, A., Prad, A. Teorija vozmožnostej. Priloženija k predstavleniju znanij v informatike. Per. s fran. Moskva: Radio i svjaz, 1990.
9. Dong, W. M., Shah, H.C. Vertex method for computing functions of fuzzy variables // *Fuzzy Sets and Systems*, 1987, Vol.24, №1, pp. 65-78.
10. Dostál, P. Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě. Akademické nakladatelství CERM, 2008, ISBN 978-80-7204-605-8.
11. Dubois, D., Prade, H. Fuzzy Real Algebra: Some Results // *Fuzzy Sets and Systems*, 1979, Vol.2, №4, pp. 327-348.
12. Dubois, D., Prade, H. Fuzzy Sets and Systems: Theory and Application. – New York: Academic Press, 1980.
13. Fotr, J., Souček, I. Podnikatelský záměr a investiční rozhodování. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-0939-2.
14. Friedman, M., Savage, L.J. The utility analysis of choices involving risk. *Jornal of Political Economy* 1948, Vol.4., pp. 279-304.
15. Gorodeckij, A.E., Tarasova, I.L. Nečetkoe matematičeskoe modelirovanie plocho formalizuemých processov i sistem. Sank-Peterburg: Iydatelstvo Politečnickeskogo universiteta, 2010. ISBN 978-5-7422-2450-1.

16. Hansen E. A generalized interval arithmetic. // Interval Mathematics /Ed. by K. Nickel. Lecture Notes in Computer Science, 29. Berlin. Heidelberg: Springer-Verl., 1975. pp.7 – 18.
17. Hebák, P. Srovnání klasické a Bayesovské pravděpodobnosti a statistiky. // Acta Oeconomica Pragensia, 2012, №1, str. 69 – 86.
18. Hebák, P. Pravděpodobnostní rozhodování v ekonomických situacích. Vysoká škola ekonomická v Praze, Nakladatelství Oeconomica, 2007. ISBN 978-80-245-1247-1.
19. Hnilica, J., Fotr, J. Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-2560-4.
20. Hurwicz, L. Optimality Criteria for Decision Making under Ignorance. Cowles commission papers 1951, №370.
21. Chimmelblau, D. Analiz processov statističeskimi metodami. Moskva: Mir, 1973.
22. Kalmykov, S. A., Šokin, J. I., Judašev, Z. Ch. Metody intervalnogo analiza. Novosibirsk: Nauka, 1986.
23. Kislingerová E., a kol. Manažerské finance. Praha: C.H.Beck 2007. ISBN 978-80-7179-903-0.
24. Klir, G.J. Fuzzy Arithmetic with Requisite Constraints // Fuzzy Sets and Systems, 1997, №91, pp. 165-175.
25. KPMG, Rizika silničních a železničních projektů realizovaných formou PPP: Zpráva pro Ministerstvo dopravy České republiky, 2006.
26. Kuchta, D. Fuzzy Capital Budgeting // Fuzzy Sets and Systems, 2000, № 111, pp.367-385.
27. Leoninkov, A. Nečetko modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb: BCHV – Peterburg, 2005. ISBN 5-94157-087-2.
28. Luc Jaulin, Michel Kieffer, Olivier Didrit, Eric Walter. Applied interval analysis. London: Springer-Verlag, 2001.
29. Mařík M. Určování hodnoty firem. Praha Ekopress, 1998. ISBN 80-86119-09-2.
30. Molak, V. Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, 1997. ISBN 1-56670-130-9.
31. Moore, R.E. Interval analysis. – Englewood, Cliffs, N.Y.: Prentice-Hall, 1966.
32. Mun, J. Modelling Risk. JohnWiley&Sons, 2006, ISBN 0-471-78900-3.
33. Navara, M., Olšák, P. Základy fuzzy množin. Praha: Nakladatelství ČVUT 2007. ISBN 978-80-01-03668-6.
34. Nedosekin, A. O. Nečetko-množestvennyj analiz riska fondovykh investicij. SPb: Tipografija „Sejam“, 2002.
35. Nguyen, H.T. A Note on the Extension Principle for Fuzzy Sets // Journal of Mathematical Analysis and Applications, 1978, № 64, pp. 369 – 380.
36. Novák, V. Fuzzy množiny a jejich aplikace. Praha: SNTL 1986.
37. Novák, V. Základy fuzzy modelování. BEN, Praha, 2000.

38. Novák, V., Lehmke, S. Logical strukture of fuzzy IF-THEN rules, Fuzzy Sets and Systems 157 (2006) 2003-2029 pp.
39. Ochrana, F. Metodologie vědy. Úvod do problému. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1609-4.
40. Ostrouško, V. Aplikace teorie neurčitých množin (TNM) při hodnocení ekonomické efektivity a rizik investičního projektu v podmínkách nejistoty. In: Hradecké ekonomické dny 2010. Ekonomický rozvoj a management regionů. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 2010, s. 32 – 36. ISBN 978-80-7435-041-2.
41. Ostrouško, V. Nové metody risk managementu investičních projektů. In: Ekonomika a management č. 4/2009, str. 40-51. Praha: Oeconomica. ISSN 1802-8470.
42. Ostrouško, V. Partnerství veřejného a soukromého sektoru a analýza jeho zkušeností v ČR, Bratislava 27.04.2006 – 28.04.2006 In: Management hodnoty podniku 2006. Bratislava : Bratislavská vysoká škola práva, 2006. ISBN 80-969332-6-4.
43. Ostřížek, J., a kol. Public Private Partnership příležitost a výzva. Praha, C.H. Beck, 2007, ISBN 978-80-7179-744-9.
44. Pawlak, Z. Rough relations// Pr. IPI PAN. 1981. № 435.p.10.
45. Redched , K., Chjus, S. Upravlenie finansovymi riskami / Per. s angl. – Moskva: Infra-M, 1996.
46. Shafer, G. A Mathematical Theory of Evidence. Princeton: Princeton University Press, 1976.
47. Shannon, E. Systems simulations: The Art and the Science. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2000.
48. Smejkal, V., Rats, K. Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. Praha: Grada Publishing 2006. ISBN 80-247-1667-4.
49. Synek, M. Manažerská ekonomika. Praha: Grada Publishing 2003. ISBN 80-247-0515-X.
50. Šokin, J. I. Intervalnyj analiz. Novosibirsk: Nauka. Sib.otdelenie, 1981.
51. Tichý, M. Ovládání rizika, analýza a management. Praha: C.H.Beck 2006. ISBN 80-7179-415-5.
52. Veber, J. a kol. Management. Základy, prosperita, globalizace. Praha: Management Press, 2000, ISBN 80-7261-029-5.
53. Vilenskij, P. L., Livšic, V. N., Smoljak, S. A. Ocenka effektivnosti investicionnyh proektov. Teorija i praktika. Moskva: Dělo, 2004.
54. Yager, R. A foundation for a theory of possibility// J. of Cybernetics. 1980. Vol. 10, 177-209 pp.
55. Yager, R. On the Evaluation of Uncertain Courses of action.//Fuzzy Optimization and Decision Making. A Jornal of Modeling and Computation Under Uncertainty. – 2002.-Vol.1. № 1. ISSN: 1568-4539.
56. Zadeh L.A. Fuzzy Sets// Information and Control, 1965, Vol.8, №3, pp. 338-353.

57. Zadeh, L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility// Fuzzy Sets and Systems.1978. Vol.1. № 1. P.3-28.

Metodiky a dokumenty:

1. A Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projekts. – DG Regional Polisy, European Commission, 2000
2. HM Treasury, *Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government*. London, 2003
3. Jenkins G.P., Harberger A.C. Cost-benefit Analysis of Investment Decision. Manual. – Queen's University, Canada, 2011.
4. Koncepce reformy veřejných rozpočtů. Schválená vládou ČR usnesením č. 624/2003.
5. Metodické pokyny pro hodnocení efektivity investičních projektů schválených Ministerstvem hospodářství Ruské federace, Ministerstvem financí Ruské federace a Státním výborem Ruské federace pro stavebnictví, architekturu a bytové politiky číslo 477 VK 21. 06. 1999.
6. Public-private partnership, government guarantees, and fiscal risk. Prepared by a staff team led by Richard Hemming. – Washington D.C.: International Monetary Fund, 2006. ISBN 1-58906-493-3.
7. Zavádění systému partnerství mezi veřejným a soukromým sektorem v ČR. CZ05.02.04.02.0002, VZ60004428. „Metodika hodnocení kvantitativních aspektů hodnoty za peníze v projektech PPP“

www stranky:

1. Kyburg H. Interval-valued Probabilities // www.sedok.narod.ru/s-files/poland//81.pdf.
2. Novák, V. Modeling with words, 2008, Scholarpedia, // www.scholarpedia.org/article/Modeling-with-words
3. http://cs.wikipedia.org/wiki/Kolmogorovovy_axiomy
4. <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
5. www.mfcr.cz/cps/rde/xbcr/mfcr/PPP_euro_brezen2004_doc.doc
6. <http://www.irit.fr/~Didier.Dubois/>
7. www.gendocs.ru/v23554/методы_снижения_неопределенности
8. [www.nbuu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Bi/2009_2/2\(2\)/64-67.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Bi/2009_2/2(2)/64-67.pdf)