

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA PODNIKATELSKÁ**



**DISERTAČNÍ PRÁCE**

k získání akademického titulu Doktor (Ph.D.)

Ve studijním programu (oboru)

ŘÍZENÍ A EKONOMIKA PODNIKU

**Mgr.Ljubov Hennadijivna Soukupová**

**MODELOVÁNÍ INVESTIČNÍHO ROZHODOVÁNÍ V PODMÍNKÁCH  
NEJISTOTY A NEURČITOSTI**

Školitel: Doc. RNDr. Josef Dalík, CSc.

Datum státní doktorské zkoušky: 24.02.2004

Datum odevzdání práce: 24.09.2006

## Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala svému školiteli Doc. RNDr. Josefu Dalíkovi, CSc. za ochotu ke konzultacím, cenné rady a připomínky, které mi k tématu mé disertační práce poskytl.

Za trpělivost, cenné podněty, kterými byl můj výzkum ovlivněn, a příkladné odborné vedení mého doktorského studia bych ráda poděkovala mému pomocnému školiteli Prof. Ing. Karlu Raisovi, Csc., MBA.

Dále děkuji Ing. Viktoru Prieselovi za odborné rady z oblasti informačních technologií a umožnění výzkumu expertního systému Compic z podnikové praxe.

Poděkování patří také všem kolegům a kolegyním z Fakulty podnikatelské VUT v Brně, kteří mě jakkoli podnítili a ovlivnili v rámci výzkumu týkajícího se tématu mé disertační práce či studijních záležitostí.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala všem blízkým, zejména mému manželovi, rodičům a celé mé rodině za to, že byli ochotni obětovat společný čas pro to, aby tato práce byla úspěšně dokončena.

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci s názvem „Modelování investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti“ napsala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Brně dne 28.09.2006

Mgr. Ljubov Hennadijivna Soukupová

.....

podpis

## **ABSTRAKT**

V dané disertační práci je provedena analýza problému počítačové podpory investičního rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti. Na základě získaných teoretických a empirických poznatků autorka předkládá návrh implementace nástrojů umělé inteligence do existujících metod investičního rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti.

Tvůrčí jádro práce je ve fuzzy modelu investičního rozhodování o nefinančních investicích podniků a následné implementaci modelu do báze znalostí expertního systému. Na základě tohoto postupu byla při rozhodování o investicích vytvořena metodika investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti.

I když na první pohled vypadá navrhovaná metodika relativně složitě, v praxi se ukázala jako velice efektivní.

## **ABSTRACT**

This doctoral thesis is focused on the problem of investment decision making under uncertainty with computer support. On the basis of theoretical and empirical findings there was designed proposal of artificial intelligence tools implementation into the present methods of investment decision making under uncertainty.

Constructive idea of this doctoral thesis is in fuzzy model of investment decision making for non-financial companies investments and implementation of this model into the knowledge base of expert system. Methodology of investment decision making under uncertainty was created on the background of mentioned practice of decision making about investment.

Although from the first sight designed methodology appears to be complicated it has proved high effective in practice.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Investiční rozhodování, čistá současná hodnota, modelování, expertní systém, fuzzy model, nejistota a neurčitost, Bayesovo kritérium

## **KEY WORDS**

Investment management, net present value, modelling, expert system, fuzzy model, uncertainty, Bayesian criterion

## **MÍSTO ULOŽENÍ PRÁCE**

Oddělení pro vědu a výzkum

Fakulta podnikatelská

Vysoké učení technické v Brně

Kolejní 2906/4, 612 00 BRNO

## OBSAH

<b>0 ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 STANOVENÍ VÝCHODISEK A CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE</b> .....	<b>11</b>
1.1 VÝCHODISKA.....	11
1.2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE.....	12
<b>2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY</b> .....	<b>13</b>
2.1 KLASICKÝ PŘÍSTUP K INVESTIČNÍMU ROZHODOVÁNÍ A MODELOVÁNÍ INVESTIČNÍCH PROCESŮ.....	13
2.2 PROMÍTÁNÍ NEURČITOSTI A NEJISTOTY DO MODELOVÁNÍ INVESTIČNÍHO ROZHODOVÁNÍ.....	25
2.3 MODERNÍ NÁSTROJE NA PODPORU INVESTIČNÍHO ROZHODOVÁNÍ .....	27
2.3.1 <i>Genetické algoritmy – optimalizátory</i> .....	29
2.3.2 <i>Expertní systémy – odborníci na úzce ohraničené problémy</i> .....	33
2.3.3 <i>Neuronové sítě – predikátoři</i> .....	36
2.3.4 <i>Porovnání finančně-ekonomické aplikace jednotlivých nástrojů umělé inteligence</i> .....	44
<b>3 METODY ZPRACOVÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE</b> .....	<b>46</b>
<b>4 ŘEŠENÍ A VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE</b> .....	<b>51</b>
4.1 SESTAVENÍ MODELU INVESTIČNÍHO ROZHODOVÁNÍ ZA NEJISTOTY A NEURČITOSTI S POUŽITÍM FUZZY LOGIKY .....	51
4.2 POČÍTAČOVÁ REALIZACE NAVRHOVANÉHO FUZZY MODELU.....	58
4.3 NÁVRH METODIKY INVESTIČNÍHO ROZHODOVÁNÍ ZA PODMÍNEK NEJISTOTY A NEURČITOSTI .....	68
4.4 APLIKACE METODIKY IRPNN: PŘÍPADOVÁ STUDIE .....	70
4.4.1 <i>Investiční projekt výstavba koleje VUT v Brně</i> .....	70
4.4.2 <i>Investiční projekt výroba motorových lodí</i> .....	78
4.4.3 <i>Investiční projekt zakoupení tiskového ofsetového stroje</i> .....	92
4.5 PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE .....	102
<b>5 ZÁVĚR</b> .....	<b>103</b>
<b>6 LITERATURA</b> .....	<b>105</b>
<b>7 PŘÍLOHY</b> .....	<b>115</b>
PŘÍLOHA A .....	115
PŘÍLOHA B .....	116
PŘÍLOHA C .....	117
PŘÍLOHA D .....	118
PŘÍLOHA E .....	119
PŘÍLOHA F.....	120
PŘÍLOHA G .....	121
PŘÍLOHA H .....	122
PŘÍLOHA I.....	123

---

PŘÍLOHA J .....	125
PŘÍLOHA K .....	126
PŘÍLOHA L .....	127
PŘÍLOHA M .....	128
PŘÍLOHA N .....	129
PŘÍLOHA O .....	130
PŘÍLOHA P .....	132
PŘÍLOHA Q .....	134
PŘÍLOHA R .....	135
PŘÍLOHA S .....	136
PŘÍLOHA T .....	137
PŘÍLOHA U .....	138
PŘÍLOHA V .....	140
PŘÍLOHA W .....	142
PŘÍLOHA X .....	143
PŘÍLOHA Y .....	144
PŘÍLOHA Z .....	145
PŘÍLOHA AA .....	146
PŘÍLOHA BB .....	148
PŘÍLOHA CC .....	150
PŘÍLOHA DD .....	151
PŘÍLOHA EE .....	152
PŘÍLOHA FF .....	153
PŘÍLOHA GG .....	154
PŘÍLOHA HH .....	155
PŘÍLOHA II .....	156

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2.1 Dynamika NPV pro projekt A z hlediska stavební firmy TES a.s. (klasický přístup k hodnocení investičních projektů)</i> .....	24
<i>Obr. 4.1 Fuzzy číslo v trojúhelníkovém tvaru</i> .....	52
<i>Obr. 4.2 Vztah NPV a kritéria efektivity</i> .....	54
<i>Obr. 4.3 Pásmo neefektivnosti investice</i> .....	55
<i>Obr. 4.4 Základní prvky deduktivního stromu</i> .....	61
<i>Obr. 4.5 Typy uzlů deduktivního stromu</i> .....	61
<i>Obr. 4.6 Přihlašovací okno expertního systému</i> .....	62
<i>Obr. 4.7 Okno s hlavní nabídkou programu</i> .....	63
<i>Obr. 4.8 Spustitelné aplikace expertního systému Compic</i> .....	63
<i>Obr. 4.9 Položka menu „Vývojové nástroje 2.3“</i> .....	63
<i>Obr. 4.10 Vývojové okno programu</i> .....	64
<i>Obr. 4.11 Okno pro stanovení váhy pravidla</i> .....	65
<i>Obr. 4.12 Okno pro vytvoření uzlu: definování fuzzifikace uzlu</i> .....	66
<i>Obr. 4.13 Definování akce uzlu</i> .....	66
<i>Obr. 4.14 Definování tvrzení uzlu</i> .....	67
<i>Obr. 4.15 Okno pro vytvoření kontextu</i> .....	67
<i>Obr. 4.16 Dynamika NPV pro projekt A (výstup deterministického modelu)</i> .....	71
<i>Obr. 4.17 Dynamika inflace v České republice v letech 1994-začátek 2006</i> .....	72
<i>Obr. 4.18 Dynamika úrokové míry v České republice v letech 2001-začátek 2006</i> .....	72
<i>Obr. 4.19 Trojúhelníkový tvar funkce <math>\mu_{NPV}</math> pro projekt A</i> .....	74
<i>Obr. 4.20 Dynamika <math>NPV_{min}</math> pro projekt A (výstup fuzzy modelu)</i> .....	75
<i>Obr. 4.21 Dynamika <math>NPV_{max}</math> pro projekt B (výstup fuzzy modelu)</i> .....	75
<i>Obr. 4.22 Porovnání průběhu čisté současné hodnoty NPV projektu A: výstupy deterministického a fuzzy modelů</i> .....	76
<i>Obr. 4.23 Dynamika NPV projektu B (výstup deterministického modelu)</i> .....	86
<i>Obr. 4.24 Trojúhelníkový tvar funkce <math>\mu_{NPV}</math> pro projekt B</i> .....	88
<i>Obr. 4.25 Dynamika <math>NPV_{min}</math> pro projekt B (výstup fuzzy modelu)</i> .....	89
<i>Obr. 4.26 Dynamika <math>NPV_{max}</math> pro projekt B (výstup fuzzy modelu)</i> .....	89
<i>Obr. 4.27 Porovnání průběhu čisté současné hodnoty NPV projektu B: výstupy deterministického a fuzzy modelů</i> .....	90
<i>Obr. 4.28 Dynamika NPV projektu C (výstup deterministického modelu)</i> .....	95
<i>Obr. 4.29 Dynamika inflace na Ukrajině v letech 1997-2005</i> .....	95
<i>Obr. 4.30 Dynamika úrokové míry na Ukrajině v letech 1998-2006</i> .....	96
<i>Obr. 4.31 Trojúhelníkový tvar funkce <math>\mu_{NPV}</math> pro projekt C</i> .....	98
<i>Obr. 4.32 Dynamika <math>NPV_{min}</math> pro projekt C (výstup fuzzy modelu)</i> .....	99
<i>Obr. 4.33 Dynamika <math>NPV_{max}</math> pro projekt C (výstup fuzzy modelu)</i> .....	99
<i>Obr. 4.34 Porovnání průběhu čisté současné hodnoty NPV projektu C: výstupy deterministického a fuzzy modelu</i> .....	100



## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2.1 Některé programy využívající genetických algoritmů v oboru finančního rozhodování podniku</i>	30
<i>Tab. 2.2 Některé programy využívající neuronových sítí v oboru finančního rozhodování podniku</i>	40
<i>Tab. 2.3 Porovnání finančně-ekonomické aplikace jednotlivých nástrojů umělé inteligence</i>	44
<i>Tab. 4.1 Popis vývoje informačního systému pro počítačovou realizaci navrhovaného fuzzy modelu</i>	58
<i>Tab. 4.2 Vstupní hodnoty deterministického modelu pro hodnocení projektu A metodou čisté současné hodnoty investice NPV</i>	70
<i>Tab. 4.3 Vstupní hodnoty fuzzy modelu pro hodnocení projektu A pomocí navrhované metodiky IRPNN</i>	73
<i>Tab. 4.4 Intervaly jistoty podle úrovně členství <math>\alpha</math> pro projekt A</i>	74
<i>Tab. 4.5 Plán investování do projektu B</i>	79
<i>Tab. 4.6 Vstupní hodnoty deterministického modelu pro hodnocení projektu B metodou čisté současné hodnoty investice NPV</i>	85
<i>Tab. 4.7 Vstupní hodnoty fuzzy modelu pro hodnocení projektu B pomocí navrhované metodiky IRPNN</i>	86
<i>Tab. 4.8 Intervaly jistoty podle úrovně členství <math>\alpha</math> pro projekt B</i>	88
<i>Tab. 4.9 Vstupní hodnoty deterministického modelu pro hodnocení projektu C metodou čisté současné hodnoty investice NPV</i>	93
<i>Tab. 4.10 Vstupní hodnoty fuzzy modelu pro hodnocení projektu B pomocí navrhované metodiky IRPNN</i>	96
<i>Tab. 4.11 Intervaly jistoty podle úrovně členství <math>\alpha</math> pro projekt C</i>	98

## 0 Úvod

Disertační práce je věnována problému podpory investičního rozhodování podniku, který v dnešní době patří mezi klíčové složky finančního managementu.

Nové investiční projekty ovlivňují významným způsobem budoucí hospodářské výsledky a podnikatelskou prosperitu firmy. Úspěšnost nových projektů může výrazně přispět k růstu výkonnosti firmy a naopak neúspěšnost může vést nejen ke značnému poklesu výkonnosti, ale může ohrozit i další existenci firmy. Vzhledem k výše uvedeným úvahám nabývá téma podnikového rozhodování o investicích mimořádné aktuálnosti v současných podmínkách ostrého konkurenčního boje na trhu.

Investiční rozhodování většinou souvisí s velmi nejistou nebo dokonce neurčitou budoucností a proto kvalitní hodnocení a výběr investičních projektů vyžaduje integraci nejistoty a neurčitosti do těchto projektů. Zkvalitnit a zefektivnit proces investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti umožňuje modelování těchto procesů na počítači. Tato disertační práce by měla přispět k hlubšímu poznání teoretických prostředků použitelných při investičním rozhodování i jejich praktického využití.

Autorka navrhuje do procesu hodnocení investičních projektů implementovat nástroje umělé inteligence, které jsou v dnešní době tou nejvyšší formou podpory rozhodování. Za nejvhodnější nástroj pro podporu rozhodování za nejistoty a neurčitosti považuje autorka fuzzy expertní systém díky jeho mimořádně dobré schopnosti pracovat s nejistotou a neurčitostí ve vstupních datech.

Na základě studia klasického přístupu k investičnímu rozhodování předkládá autorka vlastní metodiku investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti s použitím fuzzy modelu investičního procesu implementovaného do expertního systému.

Přínosy a omezení navrhované metodiky jsou prezentované na několika případových studiích z oboru strojírenství a jiných průmyslových odvětví. Na první pohled složitý výpočet fuzzy modelu současně s počítačovou podporou se prokázal jako velice efektivní a účinný nástroj pro hodnocení investičních projektů za podmínek nejistoty a neurčitosti.

# 1 Stanovení východisek a cílů disertační práce

## 1.1 Východiska

- Jedním z významných předpokladů zabezpečení prosperity a úspěšného rozvoje podniku v náročných podmínkách tržní ekonomiky je jeho promyšlená investiční strategie
- Rozhodnutí, do jakých konkrétních aktiv bude firma investovat (tedy rozhodování o investicích) do značné míry ovlivňují budoucí chování firmy
- Investiční rozhodování souvisí s velmi nejistou budoucností, musí se realizovat na základě neúplných informací a kontrolovat lze pouze několik významných proměnných. Z těchto důvodů stoupá význam uplatňování investičního modelování jako jedné z metodologií, která může vést k vyšší objektivizaci a zkvalitnění procesů investičního rozhodování [34]
- Složitější modely lze aplikovat pouze po jejich realizaci na počítači
- Nástroje umělé inteligence jsou produktem výzkumu počítačů páté generace a představují zatím nejvyšší formu podpory rozhodování
- V dnešní době jsme svědky prudkého pronikání umělé inteligence do businessu a finančně-ekonomické sféry
- Každá z uvedených oblastí (investiční rozhodování, investiční modelování, podpora rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti, realizace na počítači, nástroje umělé inteligence) je v současné době poměrně rozvinutá, problematické je však jejich spojení
- V této disertační práci není investiční rozhodování vztahováno k finančním trhům, ale je zaměřeno na podporu rozhodování o nefinančních investicích. Důvodem je, že tato problematika je mnohem méně rozpracovaná ve srovnání s investičním rozhodováním na finančních trzích, zvláště s použitím prostředků umělé inteligence.

## 1.2 Cíle disertační práce

Na základě uvedených východisek byly cíle této práce stanoveny následovně:

### Hlavní cíl:

- *Na základě získaných teoretických a empirických poznatků implementovat nástroje umělé inteligence do existujících metod investičního rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti.*

Tento cíl je dosažen prostřednictvím dílčích cílů:

### Dílčí cíle:

1) **utřídění dostupných informací.** Nejdříve jsem shromáždila sekundární informační zdroje o investičním rozhodování a rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti jak domácí tak zahraniční. Pojmy užívané v literatuře nejsou bohužel jednotné. Ve své práci se proto snažím přesně definovat zejména pojmy, s nimiž dále pracuji. Informace ze sekundárních zdrojů jsem doplnila o konzultace s odborníky vybraných podniků.

2) **tvorba modelu.** Na základě získaných informací jsem vytvořila model procesu investičního rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti. Tvůrčí jádro práce je v modelu investičního rozhodování o nefinančních investicích podniků (podnikové investice do velkých investičních celků, ale ne do finančního trhu).

3) **srovnání klasického přístupu s vytvořeným modelem.** Pro dosažení daného cíle věnuji v práci pozornost přehledu klasických metod investičního rozhodování a rozboru jejich předností a omezení ve srovnání s metodami, založenými na využití nástrojů umělé inteligence.

4) **realizace modelu.** Vytvořený model je implementován na počítači. Tato implementace je vytvořena tak, aby byla uživatelsky přívětivá. Cílem je co nejvíce usnadnit praktické používání tohoto modelu, protože míra praktického využívání je rozhodujícím kritériem jeho kvality. Splnění tohoto cíle disertační práce bylo nejtěžší a jeho postup řešení se obtížně popisuje. Dosažení tohoto cíle vyžadovalo značné zdokonalení v technice programování.

5) **aplikace modelu.** Vytvořený model byl vyzkoušen v podnikovém měřítku. Využitím vstupních dat z několika podniků z různých průmyslových odvětví byla ověřena použitelnost modelu a provedeno srovnání výsledků s klasickým přístupem k rozhodování o investicích.

6) **vytvoření metodiky investičního** rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti, která by umožnila zkvalitnit a zefektivnit rozhodovací proces za těchto podmínek.

## 2 Přehled současného stavu problematiky

Středem zájmu disertační práce jsou následující problémové oblasti: investiční rozhodování, modelování, podpora rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti, realizace nástroje umělé inteligence na počítači. Každá z uvedených oblastí je v současné době poměrně rozvinutá, problematičtější je však jejich spojení.

Praxe investičního rozhodování vyžaduje adekvátní nástroje, které by umožnily s větší efektivností používat shromážděný vědecký potenciál. Proto vývoj a tvorba nových nástrojů pro podporu investičního rozhodování nabývají zvláštní aktuálnosti.

### 2.1 Klasický přístup k investičnímu rozhodování a modelování investičních procesů

Strategické **investiční rozhodování** je rozhodování o investování do dlouhodobého majetku podniku [86]. Pro rozhodování o investicích je charakteristické to, že jde o dlouhodobé rozhodování, při kterém je nutno vzít v úvahu:

- faktor času
- riziko změn po dobu přípravy a realizace projektu
- dnešní a budoucí hodnotu investice [86].

Významnou součástí klasického přístupu k investičnímu rozhodování je stanovení kritérií, která se budou používat při posuzování jednotlivých investičních variant. Použitá kritéria musí akceptovat pohled vlastníka, který preferuje investiční rozhodnutí, přispívající k zvýšení hodnoty jeho majetku.

Pro posuzování efektivnosti investičních projektů a jejich výběr existuje v teorii i praxi finančního managementu několik metod. Podle toho, zda příslušné metody přihlížejí k faktoru času, se rozdělují na:

- statické a
- dynamické

**Statické metody** nerespektují faktor času, proto jsou vhodné jen pro předběžné posouzení projektů. Vzhledem k této výhradě jsou použitelné pro investice s krátkou dobou životnosti [73].

**Dynamické metody** respektují faktor času, který je jedním ze základních principů finančního řízení [86].

Jiným hlediskem pro třídění metod hodnocení ekonomické efektivnosti investičních projektů je definování efektů z investice. Efektem z investic mohou být:

- plánované náklady s investicí spojené
- plánovaný zisk z investice
- plánovaný peněžní tok (cash flow) z investice

V tomto případě se metody hodnocení ekonomické efektivnosti investičních projektů rozdělují na:

1. Metody využívající nákladových kritérií hodnocení
2. Metody vycházející ze ziskových kritérií
3. Metody vycházející z peněžního toku z investic [86]

### **1. Metody využívající nákladových kritérií hodnocení**

U těchto metod vystupuje jako efekt investování úspora nákladů (investičních i provozních). Protože investiční výdaje a provozní náklady nejsou vzájemně aditivní (nelze je sečíst), spojují se do kategorie tzv. **ročních průměrných nákladů**. Protože náklady (jejích úspory) nevyjadřují efektivnost investice úplně (nezohledňují změny zisku dosažené změnou produkce), je možné použít nákladových kritérií hodnocení jen tehdy, jedná-li se o investice zabezpečující stejný rozsah výkonů (produkce). Pomocí ročních průměrných nákladů lze spočítat jen tzv. **srovnatelnou efektivnost** investičních projektů. Nákladová kritéria se používají zejména tehdy, když nemůžeme spolehlivě odhadnout ceny výrobků, případně u

propočtů různých technických variant projektů, které všechny zajišťují stejný rozsah produkce. Patří sem:

1.1 Metoda průměrných ročních nákladů

1.2 Metoda diskontovaných nákladů

### 1.1 Metoda průměrných ročních nákladů

Výpočet průměrných ročních nákladů vychází z teorie alternativních nákladů: za **roční průměrné náklady považujeme úrok z investovaných prostředků zvýšený o roční odpisy a ostatní roční provozní náklady**. Vzorec výpočtu je následující [86]:

$$R = O + i \times KV + OsN \quad (2.1)$$

kde:  $R$  - roční průměrné náklady varianty v Kč;

$O$  - roční odpisy v Kč;

$i$  - úrokový koeficient, vyjadřující požadovanou minimální výnosnost, kterou musí investice zajistit (nebo průměrné roční náklady kapitálu ve smyslu nákladů ušlé příležitosti);

$KV$  - kapitálový výdaj v Kč;

$OsN$  - ostatní roční provozní náklady v Kč (tj. celkové provozní náklady - odpisy);

Za nejvhodnější investiční variantu je považována varianta s nejnižšími průměrnými ročními náklady.

Propočet úroků z vázanosti kapitálu na základě kapitálových výdajů není docela přesný. Přesnější propočet, který zohledňuje **klesající vázanost kapitálu**, se provádí pomocí **umořovatele**. Výši ročních odpisů a úroků z klesající zůstatkové ceny zařízení můžeme (při lineárním odpisování) považovat za **anuitní splátku**, kde odpisy jsou jakoby úmor půjčky a úrok z klesající zůstatkové ceny představuje úrok z klesající částky úvěru. Vzorec pro výpočet umořovatele (koeficientu anuity) má tvar [73]:

$$a = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2.2)$$

kde:  $a$  - koeficient anuity

$i$  - úrokový koeficient

$n$  - počet let životnosti investičního zařízení

Potom můžeme průměrné roční náklady vypočítat podle vzorce [73]:

$$R = KV \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + OsN \quad (2.3)$$

Uvedený postup je použitelný jenom za předpokladu rovnoměrného odpisování dlouhodobého majetku podniku.

Průměrné roční odpisy při **nerovnoměrném odpisování dlouhodobého majetku** určíme tak, že nejdříve diskontujeme odpisy v jednotlivých letech a součet diskontovaných odpisů násobíme umořovatelem.

Průměrné roční náklady se v tomto případě vypočítají jako součet průměrných ročních odpisů násobený umořovatelem a dobou životnosti pořizovaného dlouhodobého majetku (dostaneme tak roční odpisy a úrok) a průměrných ročních ostatních provozních nákladů.

Pokud není průběh nákladů během doby životnosti spolehlivě plánovatelný resp. nerovnoměrnost v nákladech není značná, je takto komplikovaný přesný propočet zbytečný.

## 1.2 Metoda diskontovaných nákladů

Metoda diskontovaných nákladů vychází ze stejného principu jako předešlá metoda. Porovnává souhrn všech nákladů spojených s realizací jednotlivých variant projektu za celou dobu jeho životnosti. Nejvýhodnější je varianta s nejnižšími diskontovanými náklady, kvantifikovanými na základě vztahu [86]:

$$N_d = KV + OsN_d \quad (2.4)$$

kde:  $N_d$  - diskontované náklady investičního projektu v Kč

$KV$  - kapitálové výdaje v Kč

$OsN_d$  - diskontované ostatní roční provozní náklady v Kč (tj. celkové náklady - odpisy).

Pro výpočet diskontovaných nákladů je možné v případě rovnoměrných provozních nákladů použít **koeficient zásobitele**, který určuje současnou hodnotu anuity, tj. současnou hodnotu všech stejných provozních nákladů. Koeficient zásobitele se vypočítává jako převrácená hodnota umořovatele, tj.  $1/a$ .

Diskontované náklady investičního projektu je možné charakterizovat také jako sumu peněz, kterou by firma v okamžiku uvedení do provozu musela dát stranou, aby zajistila pořízení a provoz navrhované investice.



Uvedená metoda je nepoužitelná (resp. až po značných úpravách) pro porovnávání dvou variant investičního projektu s rozdílnou dobou životnosti [86].

## 2. Metody vycházející ze ziskových kritérií

Tyto metody hodnocení efektivnosti investičních projektů považují za efekt investování účetní zisk snížený o daň z příjmů, přičemž opomínají odpisy a případné další peněžní příjmy související s investicí. Jsou to metody jednoduché a tradičně používané. Patří sem:

2.1 Průměrná výnosnost investice (výnosová míra, účetní rentabilita investice)

2.2 Doba návratnosti investičního projektu

**2.1 Průměrná výnosnost investice** se vypočítává podle vzorce:

$$V_p = \frac{\sum_{t=1}^n Z_t}{n \times I_p} \quad (2.5)$$

kde:  $V_p$  - průměrná výnosnost investiční varianty;

$Z_t$  - roční zisk (po zdanění) z investice v jednotlivých letech životnosti v Kč;

$I_p$  - průměrná roční hodnota dlouhodobého majetku v zůstatkové ceně v Kč;

$n$  - doba životnosti majetku;

$t$  - jednotlivá léta životnosti.

Za výhodnější se považuje ta investiční varianta, která dosahuje vyšší průměrnou výnosnost. Otázkou je však jestli i tato varianta je přijatelná pro podnik z hlediska jeho cíle, tj. tržní hodnoty podniku. Pro posouzení přijatelnosti se požaduje, aby výnosnost investiční varianty byla alespoň taková, jaká je stávající výnosnost firmy jako celku, nebo výnosnost finanční investice se stejným stupněm rizika.

Tato metoda je často kritizována a je označována jako **nejméně vhodná**, protože:

- nebere v úvahu faktor času,
- nebere v úvahu odpisy, přičemž účetní zisk je možné upravovat např. i odpisovou politikou.

V praxi je však často používána.

## 2.2 Doba návratnosti investičního projektu

Výpočtem získaná hodnota vyjadřuje čas (počet let), za který se kapitálové výdaje spojené s variantou investičního projektu splatí ze zisku po zdanění. Výpočet je podle vzorce [86]:

$$DN = \frac{KV}{Z_r} \quad (2.6)$$

kde:  $DN$  - doba návratnosti v letech

$Z_r$  - průměrný roční zisk z investice v Kč

Ukazatel doby návratnosti je značně rozšířený pro svoji jednoduchost. Pro odstranění nedostatku tohoto ukazatele můžeme za příjem z investice považovat i odpisy a nepočítat s průměrnými hodnotami, ale s hodnotami plánovanými v jednotlivých letech. Potom můžeme dobu návratnosti počítat pomocí kumulativního součtu předpokládaných příjmů za jednotlivá léta očekávané životnosti investice podle vztahu [73]:

$$KV = \sum_{t=1}^{DN} (Z_t + O_t) = \sum_{t=1}^{DN} CF_t \quad (2.7)$$

$O_t$  - odpisy v jednotlivých letech v Kč

$CF_t$  - cash flow z investice v jednotlivých letech v Kč.

Návratnost je dána tím rokem životnosti investičního projektu, v němž platí uvedená rovnost. Vzorec výpočtu v tomto tvaru ještě pořád nezohledňuje časovou hodnotu peněz. Tento nedostatek je možné odstranit, pokud bude ve výpočtu v jednotlivých letech použit diskontovaný cash flow.

Ukazatel doby návratnosti má i další nedostatky. Jde zejména o to, že nebere v úvahu příjmy z investičního projektu, které vznikají po době návratnosti až do konce životnosti. Kromě toho, tato metoda neposkytuje informace o možné výnosnosti investičního projektu a příspěvku daného projektu k tržní hodnotě společnosti. Přestože se hodně používá, lze tento ukazatel pro používání efektivnosti investičních projektů doporučit jenom jako doplňkový.

## 3. Metody vycházející z peněžního toku

Do této skupiny metod patří tři základní ukazatele:

- čistá současná hodnota (Net Present Value)
- index rentability (Profitability Index)
- vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return)

Metody vycházející z peněžního toku z investic jsou finančními teoretiky doporučovány jako nejvhodnější. Je tomu tak proto, že se v nich zohledňují všechny příjmy a výdaje související s investicí. Tyto metody vycházejí z výpočtu čisté současné hodnoty.

### 3.1 Čistá současná hodnota (Net Present Value)

Čistá současná hodnota je chápána jako rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy z investice a kapitálovými výdaji, které mohou být taky diskontované v případě, že se investiční výstavba realizuje několik let. NPV se vypočítá na základě vztahu [86]:

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{\Delta P_t}{(1+i_t)^t} - KV \quad (2.8)$$

resp.

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i_t)^t} \quad (2.9)$$

kde:

$NPV$  – čistá současná hodnota v Kč

$\Delta P_t$  – příjem z investice v jednotlivých letech životnosti v Kč

$KV$  – kapitálový výdaj v Kč (pokud je rozložený v čase, je potřebné diskontovat výdaje v okamžiku zahájení výstavby, což zohledňuje vzorec 2.8)

$N$  – doba životnosti investice

$t$  – jednotlivé roky životnosti investice

$i_t$  – diskontní sazba investičního projektu v jednotlivých letech ve tvaru indexu

$CF_t$  – cash flow z investice v jednotlivých letech v Kč (zahrnuje příjmy a výdaje z investice)

V případě, že příjmy z investičního projektu jsou ve stejné výši po celou dobu životnosti, je možné použít pro výpočet diskontovaných peněžních příjmů ukazatel zásobitele, který určuje současnou hodnotu pravidelných budoucích příjmů.

Ukazatel čisté současné hodnoty investice vyjadřuje efekt, který získáme nad rámec námi požadované výnosnosti. Z hlediska teorie podniku se jedná o hodnotu, která zvyšuje tržní hodnotu podniku. Z toho plyne i doporučení pro rozhodování o přijatelnosti resp. zamítnutí investičního projektu.

Jestliže platí  $NPV > 0$ , je investiční projekt pro podnik přijatelný, zaručuje požadovanou míru výnosu a zvyšuje tržní hodnotu podniku o částku  $NPV$ .

Jestliže platí  $NPV < 0$ , je investiční projekt pro podnik nepřijatelný, protože nezajišťuje požadovanou míru výnosu a jeho přijetí by snižovalo tržní hodnotu podniku.

Jestliže platí  $NPV = 0$ , je investiční projekt přijatelný, protože zaručuje požadovanou míru výnosnosti, nezvyšuje však tržní hodnotu podniku [86].

Hodnota ukazatele čisté současné hodnoty se mění v závislosti na požadované míře výnosnosti  $i$ . Pokud  $i = 0$ , potom  $NPV$  je roven součtu všech peněžních příjmů („nediskontovaných“), zmenšenému o kapitálový výdaj. Pro každé  $i > 0$  se  $NPV$  snižuje a blíží se k nule.

Ukazatel  $NPV$  můžeme používat i pro výběr optimální varianty. Optimální je projekt s nejvyšší kladnou  $NPV$ . Varianty s **různou životností**, je třeba hodnotit jako varianty se stejnou životností, kterou je nejmenším společným násobkem všech životností. Přitom se předpokládá, že varianta s kratší životností se neustále obnovuje za stejných podmínek, jako tomu bylo na začátku (získané peněžní příjmy se opět reinvestují do stejného projektu). V praxi se někdy postupuje tak, že se varianta s delší dobou životnosti zkrátí na kratší dobu životnosti druhého projektu a uvažuje se ještě se zůstatkovou cenou.

### 3.2 Index rentability (Profitability Index)

Poměrovým ukazatelem efektivnosti investičního projektu je tzv. **index rentability**, který představuje poměr očekávaných diskontovaných peněžních příjmů z investice k počátečním kapitálovým výdajům. Investici je možné přijmout jen tehdy, když je uvedený podíl vyšší než jedna.

Index rentability ( $PI$ ) se vypočítává podle vztahu [86]:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{\Delta P_t}{(1+i)^t}}{KV} \quad (2.10)$$

Index rentability se doporučuje používat jako kritérium výběru investičních variant projektů tehdy, když se má **rozhodovat mezi několika projekty, ale kapitálové zdroje jsou omezeny**, tzn. není možné přijmout všechny projekty, i když mají kladné *NPV*. Přijmout se mohou jen ty projekty, které zabezpečují nejvyšší zhodnocení na jednotku investovaných prostředků. V případě, že pro výběr projektů existují ještě další omezení, je vhodné použít modely lineárního programování.

### 3.3 Vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return)

Na principu výpočtu čisté současné hodnoty je založena i kvantifikace **vnitřního výnosového procenta** (vnitřní míry výnosnosti diskontovaného peněžního toku). Je to výnosová míra projektu vyjádřená v procentech, při které se současná hodnota očekávaných peněžních příjmů z investice rovná současné hodnotě kapitálových výdajů na investici vynaložených. Je to tedy taková výnosová míra projektu, při níž se čistá současná hodnota rovná nule, tj. [86]:

$$\sum_{t=1}^N \frac{\Delta P_t}{(1+i)^t} - KV = 0 \quad (2.11)$$

Jeho hodnota se určuje iterativním postupem (postupným dosazováním) nebo na základě jednoduché lineární interpolace. K výpočtu vnitřního výnosového procenta můžeme použít vzorec [86]:

$$VVP = i_n + \frac{NPV_n}{NPV_n - NPV_v} \times (i_v - i_n) \quad (2.12)$$

kde: *VVP, IRR* - vnitřní výnosové procento

$i_v$  - vyšší hodnota diskontní míry (požadované výnosnosti)

$i_n$  - nižší hodnota diskontní míry (požadované výnosnosti)

$NPV_v$  - čistá současná hodnota při vyšší diskontní míře (záporná)

$NPV_n$  - čistá současná hodnota při nižší diskontní míře (kladná)

Přínos investice se při použití *VVP* vyjadřuje relativně (v %). Podle *VVP* jsou za přijatelné investiční projekty považovány ty, které dosahují vyšší výnos než je požadovaná minimální výnosnost investice, tzn. po kvantifikaci *VVP* musí dojít k porovnání s

požadovanou mírou výnosnosti. Při srovnání různých variant investičního projektu platí, že výhodnější je ta varianta, která vykazuje vyšší hodnotu *VVP*.

Metoda *VVP* je v praxi často používaná, ve většině případů se její výsledky shodují s výsledky dosaženými pomocí *NPV*. V některých situacích však její použití může vést k nesprávným závěrům. Jde zejména o tyto případy:

- existují nestandardní peněžní toky z investice (při grafickém znázornění peněžní tok několikrát protíná osu  $x$  a tím z matematického hlediska existuje několik *VVP*).
- je potřebné rozhodovat mezi vzájemně se vylučujícími projekty. V tomto případě se může stát, že výběr varianty investičního projektu závisí na zvolené metodě hodnocení - *NPV* resp. *VVP*.

Je to způsobeno tím, že se může jednat o varianty s rozdílnou výší kapitálových výdajů resp. mohou existovat rozdíly ve výši a časovém průběhu peněžních příjmů. Konflikt je způsoben tím, že každá metoda je založena na jiných vnitřních předpokladech, pokud jde o reinvestování příjmů. Metoda *NPV* je založena na tom, že peníze jsou reinvestovány ve výši požadované výnosnosti, přičemž metoda *VVP* předpokládá, že peníze jsou reinvestovány ve výši *VVP* po celou zbývající dobu životnosti, což nelze považovat za reálné.

Ve prospěch použití metody *NPV* je možné uvést i fakt, že metoda *NPV* ukazuje přímo absolutní přínos investice k tržní hodnotě podniku, což metoda *VVP* ignoruje.

Chceme-li pro posuzování variant s různým kapitálovým výdajem a rozložením peněžních příjmů použít metodu *VVP*, musíme vycházet z tzv. přírůstkových peněžních toků a kvantifikovat tzv. **přírůstkové *VVP***. Varianta je vhodná pro přijetí v případě, že přírůstkové *VVP* je větší, než požadovaná výnosnost (použitá pro výpočet přírůstkové *NPV*).

Všechny doposud prezentované metody ignorovaly způsob financování investičního projektu. Důvodem je fakt, že rozhodnutí o přijetí investičního projektu musí vycházet z potřeb podniku zabezpečit svoji existenci a trvalý růst. To znamená, že musí být nezávislé na zdrojích financování. Pokud jsou důsledky financování investičních projektů významné (např. náklady emise dluhopisů resp. akcií, zvýšené úrokové zatížení a následný úrokový daňový štít), je potřebné investiční rozhodnutí spojit s finančním rozhodnutím. K tomu je možné použít ukazatele **upravené čisté současné hodnoty (Adjusted Present Value - APV)**, tj.

$$APV = NPV_u = NPV_z \pm FD \quad (2.13)$$

kde:  $APV, NPV_u$  - upravená čistá současná hodnota v Kč;

$NPV_z$  - základní čistá současná hodnota investičního projektu v Kč za předpokladu financování pouze vlastními zdroji (akciovým kapitálem), což se projeví ve výši zvolené diskontní sazby (požadovaná alternativní výnosnost vlastníků);

$FD$  - souhrn současných hodnot všech finančních důsledků projektu v Kč (emisní náklady, současná hodnota úrokového daňového štítu, lze zohlednit i DPH apod.)

Význam tohoto ukazatele je v odděleném výpočtu (zobrazení) nákladů na obstarání kapitálu.

Celková efektivnost investičních projektů se musí posuzovat podle toho, jak investice přispívá k hlavnímu cíli podnikání, tj. k **maximalizaci tržní hodnoty podniku**. Z řady výše uvedených finančních kritérií hodnocení efektivnosti investičních projektů splňuje uvedený požadavek kritérium současné hodnoty (**Net Present Value - NPV**): **hodnota majetku vlastníků je zvyšována jen v případě, kdy je NPV investice kladná** [86]. Kladné čisté současné hodnoty lze dosáhnout, když současná hodnota časově rozloženého peněžního příjmu z investice je vyšší než výdaje s ní spojené. Posuzování efektivnosti investice pomocí kritéria NPV, nebo t.z. metody čisté současné hodnoty  $NPV$  projektu je často v literatuře označováno jako **klasický přístup k investičnímu rozhodování**.

Pro konkrétní **příklad rozhodování o relativně velké investici** (projekt výstavby koleje VUT v Brně stavební firmou TES a.s. s následujícím 30-letým pronájmem budovy univerzitě) aplikujeme klasický přístup k investičnímu rozhodování s jeho následným modelováním. Pro rozhodnutí použijeme již zmiňované kritérium čisté současné hodnoty  $NPV$ . Vstupní parametry modelu jsou: výše nájemného, index inflace, úroková sazba úvěru, daňová sazba, provozní náklady a odpisy, přičemž je možná změna všech vstupních parametrů podle potřeby uživatele. Pro výstavbu modelu jsme vycházeli z následujících údajů (detailně viz příloha A):

- Počáteční nájemné za 1 lůžko pro r.2004 1890 Kč
- Roční fixní index inflace nájemného 2 % ročně
- Úroková sazba hypotečního úvěru (10 let) 6% ročně
- Daňová sazba 35% ročně
- Provozní náklady 2 700 000 Kč
- Odpisy (cena pořízení budovy 100 000 000 Kč,

doba odepisování 45 let, lineární metoda

odepisování)

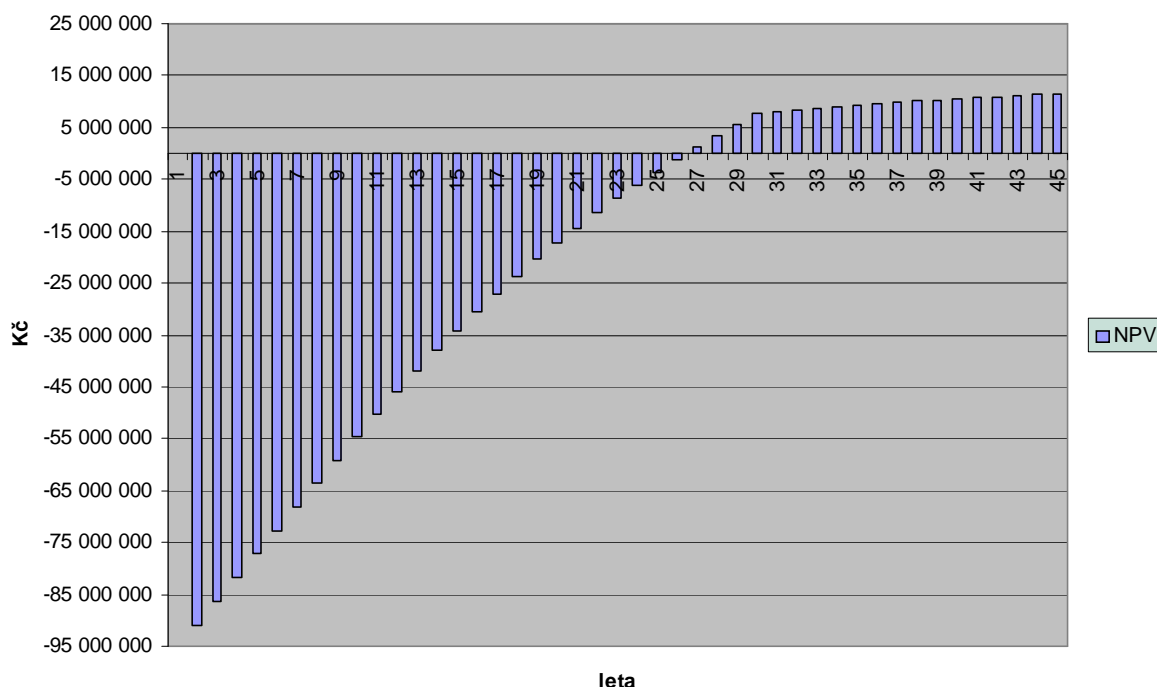
2 250 000 Kč

Veškeré výpočty jsou uskutečněny v tabulkách programu Microsoft Excel, viz přílohy. Zejména kvantifikace úroků z hypotečního úvěru dle umořovacího plánu je uskutečněna v příloze D, výpočet příjmů za pronájem budovy je uveden v příloze B a grafické znázornění vlivu inflace (2 % ročně) na výši nájemného v příloze C. Výpočet *NPV* projektu pomocí sledování cash flow podle vzorce 2.9 v jednotlivých letech je uveden v příloze E.

Protože vstupy do vzorce 2.9 nezahrnují žádnou míru nejistoty, lze model průběhu investičního projektu A z Obr. 2.1 považovat za **deterministický model**, znázorňující dynamiku čisté současné hodnoty projektu výstavby koleje v jednotlivých letech životnosti projektu z hlediska stavební firmy.

Z grafu je patrné, že daný investiční projekt je výhodný pro stavební firmu, ( $NPV > 0$ ,  $NPV = 11\,483\,823$  Kč), neboť má kladnou čistou současnou hodnotu od 27. roku provozu.

Z jiného pohledu, při dané výši nájemného, je projekt ztrátový pro nájemce budovy (koleje VUT v Brně) a proto je doporučeno daný projekt odmítnout.



**Obr. 2.1** Dynamika *NPV* pro projekt A z hlediska stavební firmy TES a.s. (klasický přístup k hodnocení investičních projektů)



## 2.2 Promítání neurčitosti a nejistoty do modelování investičního rozhodování

Jestliže nemáme jistotu ve vstupních parametrech investičního projektu, je třeba tuto nejistotu promítnout do způsobu vyjádření investičních kritérií modelu.

Vzhledem k tomu, že ukazatel čisté současné hodnoty je považován za nejvhodnější metodu hodnocení investičních projektů, zaměříme se nejprve na promítání míry jistoty do tohoto ukazatele.

**Metoda koeficientů jistoty** spočívá v tom, že se upravuje čítecitel ve vzorci 2.8 čisté současné hodnoty (peněžní tok). Jistotní koeficient vyjadřuje míru jistoty, že očekávaný peněžní tok nastane. Koeficienty jistoty určují finanční experti pro jednotlivé peněžní toky během doby investování a životnosti v rozmezí 0 – 1. Čím je vyšší hodnota přiděleného koeficientu, tím jsou očekávané peněžní toky jistější [86].

$$NPV = \sum_{t=1}^N P_t * J_{P,t} \frac{1}{(1+i_f)^t} - KV * J_V \quad (2.14)$$

kde:

- $J_{P,t}$  - koeficient jistoty pro peněžní příjmy v jednotlivých letech životnosti projektu
- $J_V$  - koeficient jistoty pro kapitálové výdaje
- $i_f$  - bezriziková výnosová míra

Mezi další možné postupy promítání míry nejistoty do kritérií patří [86]:

- **simulační analýza** je počítačová simulace dopadů možných reálných kombinací proměnných faktorů na peněžní tok. Simulační metody, zejména **metoda Monte Carlo**, se s výhodou používají při simulaci nejistot modelu.
- **analýza citlivosti peněžního toku** studuje izolovaně dopad jednotlivých faktorů na úspěšnost projektu.
- **technika rozhodovacích pravděpodobnostních stromů**, které jsou grafickým nástrojem na zobrazení důsledků rizikových variant v určitém časovém sledu [28]. Jednotlivé faktory rizika se zobrazují pomocí **uzlů** pravděpodobnostního stromu. **Hrany** neboli **větvě**, vycházející z uzlů, zobrazují možné výsledky činností včetně jejich pravděpodobností. Na konci větví (t. j. na listech) jsou vyznačeny celkově všechny možné

výsledky včetně jejich pravděpodobností. Technika rozhodovacích pravděpodobnostních stromů vychází z rozdělení celé investice na etapy a určení variant možného vývoje příjmů a výdajů v těchto etapách. Následně se určí pravděpodobnost výskytu všech variant možného vývoje. Postupně se ohodnotí všechny uzly pravděpodobnostního stromu hodnotou, která se vypočítá jako vážený průměr míry pravděpodobnosti a peněžního příjmu daného uzlu. Na základě takto ohodnocených uzlů se vypočítá současná hodnota pro jednotlivé větve stromu (neboli varianty možného vývoje), která může s určitou pravděpodobností nastat.

- zvláště je třeba zdůraznit **Bayesovo kritérium**, nejrozšířenější kritérium pro výběr optimální strategie v různých rozhodovacích problémech, hlavně tehdy, když problém vyvolává posloupnost rozhodování. Podle tohoto kritéria je optimální ta investiční strategie, jíž odpovídá maximální hodnota **očekávané NPV**.

**Expertní systémy** jsou počítačové programy pro řešení složitých úloh, které je ručně schopn řešit pouze specialista (expert) v daném oboru [96]. Prázdný expertní systém Compic, zvolený jako nástroj pro realizaci vytvářeného modelu investičního rozhodování za neurčitosti a nejistoty používá při odvozování pravděpodobnosti **Bayesovo kritérium**. Vývojové nástroje zkoumaného expertního systému umožňují vytvářet deduktivní bloky pomocí vizuálních schémat a snadného zadání vazeb i s neurčitostmi, které charakterizují jednotlivé zkušenosti a intuice zkušených odborníků. Při volbě pro deduktivní systém rozhodla mimořádně dobrá práce systému Compic s neurčitostmi v datech a znalostech, založená na Bayesově kritériu [34]. Deduktivní systém je softwarová komponenta inferenčního stroje zpracovávajícího znalosti reprezentované deduktivním stromem a organizované v deduktivních blocích. Popisu vývoje báze znalostí expertního systému na podporu investičního rozhodování a práce s ním je věnována kapitola 4.3.

Na závěr této kapitoly shrneme, že **přechod na výpočty a modelování rozhodovacích investičních procesů ve stochastickém pojetí znamená kvalitativní změnu. Přináší nesrovnatelně lepší výsledky a kvalitnější podklady pro rozhodování, ale současně klade vyšší nároky zejména na znalost vnitřní skladby, vazeb a zákonitostí nejen zkoumaných jevů ale i použitých vyspělých informačních technologií.**

Ze sekundárních zdrojů je zřejmé, že investiční rozhodování v podmínkách neurčitosti a nejistoty přešlo z oblasti teorie do denní praxe. Největší přínos tady zřejmě představují neustálý vědeckotechnický rozvoj a výzkum počítačů páté generace.

## 2.3 Moderní nástroje na podporu investičního rozhodování

V současné době došlo v dané oblasti k výraznému pokroku. Významný je zejména vývoj výpočetní techniky, která dnes zvládá úlohy doposud neřešitelné. Podle průzkumů velká většina superpočítačů (asi 80%) je zaměstnáno ve finančním oboru.<sup>1</sup>

Nejvyšší formou podpory rozhodování jsou nástroje umělé inteligence. Použití jednotlivých nástrojů umělé inteligence pro podporu podnikového rozhodování je popsáno dále.

### Umělá inteligence v podnikovém rozhodování

Umělá inteligence je rychle se rozvíjejícím oborem. Jde o soubor metod, teoretických přístupů a algoritmů, pro něž je příznačné úsilí o počítačové řešení velmi složitých úloh využíváním znalostí a postupů napodobujících lidské myšlení.

Současně době je patrná velká rozmanitost definic pojmu umělé inteligence. Některé z nich si nyní uvedeme a kriticky je okomentujeme.

*„Umělá inteligence je věda o vytváření strojů nebo systémů, které budou při řešení určitého úkolu užívat takového postupu, který - kdyby ho dělal člověk - bychom považovali za projev jeho inteligence.“*

Marwin Minský, 1967 [32]

Tato definice vychází z Turingova testu. Vyplývá z ní, že úlohy jsou tak složité, že i u člověka by vyžadovaly použití inteligence. Otázkou však je, jaké vlastnosti má složitost a 'inteligentní' řešení? Složitost lze ohodnotit počtem všech řešení, která připadají v úvahu. Ale hledání řešení pouhým prohledáváním stavového prostoru možných řešení není možné u složitějších úloh ani prostřednictvím superrychlých počítačů. Tento postup navíc není možno nazvat inteligentním. Je tedy nutno omezit velikost množiny prohledávaných řešení, což se děje na základě využívání znalostí.

*„Umělá inteligence se zabývá tím, jak počítačově řešit úlohy, které dnes zatím zvládají lidé lépe.“*

E. Richová, 1991<sup>2</sup> (navrhuji použít celé jméno jako u všech ostatních autorů)

<sup>1</sup> Advanced Financial Systems Research. Cite of the art technologies and research in finance [online]. [cit. 2004-01-07]. Dostupný z: <<http://www.advanced-finance.com>>

<sup>2</sup> CHOVANEC L. Hypertextová příručka k předmětu Umělá inteligence [cit. 2003-07-07] Dostupné z.: <[http://www.fpf.slu.cz/~cho20um/Dipl/UI\\_Uvod.htm](http://www.fpf.slu.cz/~cho20um/Dipl/UI_Uvod.htm)>

Tato definice se bezprostředně váže na aktuální stav v oblasti počítačových věd. Je možno očekávat, že se v budoucnosti bude ohnisko této vědy posouvat a měnit. Nevýhodou této - jinak velmi výstižné - definice je fakt, že nezahrnuje úlohy, které dosud neumí řešit počítače, ale ani člověk.

*„Umělá inteligence se zabývá systémy, které na stimulaci reagují konzistentně s tradičními reakcemi lidí, s lidskou schopností pozorování, odhadu a záměru. Každý takový systém by se měl sám zabývat kritickým hodnocením a výběrem různých variant úsudků. Systémy vyprodukované lidskou dovedností a prací by se měly samy řídit v souladu s životem, duchem a vnímavostí, ačkoli jsou ve skutečnosti napodobeninami.“*

Latanya Sweeney, 1992 [33]

*„Je to věda sloužící k vytváření inteligentních strojů, zvláště inteligentních počítačových programů. Vztahuje se k podobným úlohám užití počítačů k pochopení lidské inteligence, ale umělá inteligence se nemusí omezovat na metody, které jsou biologicky pozorovatelné.“*

John McCarthy, 1990 [33]

V těchto a dalších definicích umělé inteligence (Mervinsky, Bellman, Haugeland, Winston, Rich, Knight, Luger, Stubblefield, Shalkoff atd.) lze nalézt společné rysy:

- 1) Definice užívají jako referenční systém pojem lidské inteligence.
- 2) Složky lidské inteligence se vztahují na stroj či systém, kterým je převážně počítač.
- 3) Test inteligence je jednosměrný a vychází z Turingova testu z roku 1950, který lze stručně popsat jako kritérium pro rozhodnutí, zda je stroj (počítač) inteligentní. Člověk komunikuje s neviditelným oponentem tak dlouho, dokud nenabude dojmu, že komunikuje s lidskou bytostí, ve skutečnosti jde však o stroj (počítač). Jednosměrnost testu znamená, že to, co je považováno za inteligentní, je ponecháno na člověku. Ve směru od stroje tento vztah neplatí.

#### **Alternativní definice:**

Umělá inteligence je označení uměle vytvořeného jevu, který dostatečně přesvědčivě připomíná přirozený fenomén lidské inteligence [24].

Umělá inteligence označuje tu oblast poznávání skutečnosti, která se zabývá hledáním hranic a možností symbolické, znakové reprezentace poznatků a procesů jejich nabývání, udržování a využívání [26].

Umělá inteligence se zabývá problematikou postupů zpracování poznatků - osvojováním a způsobem použití poznatků při řešení problémů [29].

V současnosti působí ve světě několik vědeckých společností, zabývajících se výzkumem umělou inteligence. K nim patří:

The American Association for Artificial Intelligence (AAAI)

The European Coordinating Committee for Artificial Intelligence (ECCA)

The Society for Artificial Intelligence and Simulation of Behavior (AISB)

K nástrojům umělé inteligence tradičně patří expertní systémy, neuronové sítě, genetické algoritmy, přirozený jazyk (natural language), dolování dat (data mining), teorie chaosu apod., příp. kombinace těchto nástrojů. Vztahy mezi jednotlivými nástroji jsou mnohdy velmi blízké. Popišme dále nástroje umělé inteligence vhodné pro podporu podnikového rozhodování.

### **2.3.1 Genetické algoritmy – optimalizátory**

*Genetický algoritmus* je robustní vyhledávací procedura, která je založena na principu přirozeného výběru a přírodní genetiky [40].

Svoje největší uplatnění nachází v úlohách optimalizace a strojového učení. Genetické algoritmy se vyznačují zejména těmito znaky [29]:

- mají daleko širší hranice svého použití než klasické optimalizační metody. Z pohledu způsobu formalizace zadání optimalizační úlohy jsou to metody zcela univerzální. Omezení jejich praktické použitelnosti je dáno hlavně dobou výpočtů.
- nepracují s lokálními parametry optimalizovaného procesu, nýbrž operují s globální strukturou - *chromosomem* - v němž jsou jednotlivé parametry zakódovány.
- jsou to slepé prohledávací metody, které principiálně nevyžadují dodatečné informace pro řízení výpočtu (jako např. metody gradientní). Pro orientaci optimálního postupu řešení vyžadují pouze formulaci *účelové funkce*. Dodatečné informace však mohou významně snižovat dobu, potřebnou k nalezení optimálního řešení.

- pro řízení vyhledávacích procedur využívají, na rozdíl od jiných metod, statistická přechodová pravidla.

Řešení úloh optimalizace patří k analytické práci. Při zpracování značných objemů informací se nestává tolik důležitou přesnost, ale rychlost a efektivita práce optimalizujícího algoritmu. Genetické algoritmy jsou dnes považovány za nejdokonalejší nástroj ve studované oblasti. Tato nová metoda vyhledání optimálního řešení je založena na evolučních principech „selektce“ nejlepších řešení [31].

Existují různé sharewarové nebo komerčně prodávané programy pro optimalizaci využívající genetických algoritmů v oboru finančního rozhodování podniku (viz Tab. 2.1):

**Tab. 2.1 Některé programy využívající genetických algoritmů v oboru finančního rozhodování podniku**

Název programu	Cena cca	Oblast aplikace
Evolver	750\$	Tvorba investičního portfolia (optimalizace výnosů ohledně rizika) Tvorba business-plánů (optimalizace zisků ohledně možných ztrát) Finanční plánování (optimalizace daně ohledně výnosů) Marketing (tvorba optimální ceny) Reklama (optimalizace nákladů na reklamu ohledně zisku) Řízení technologického procesu Sklad (optimalizace zásob na skladě) Dopravní problém (optimalizace cesty dopravy)
GeneHunter	590\$	Optimalizace úloh nelineárního programování
Genetic Training Option	250\$	Doplňek k výcviku neuronových sítí. 2 druhy optimalizace: <ul style="list-style-type: none"> <li>• konfigurace sítě pro konkrétní úlohu</li> <li>• optimalizace synaptické matice</li> </ul>

Zdroj: Programy finanční analýzy (on-line), dostupné z [www.tora-centre.ru/program/optim.htm](http://www.tora-centre.ru/program/optim.htm)

Základní oblasti použití genetických algoritmů ve studovaném oboru jsou:

- **Optimalizace investiční strategie, příp. velkého investičního celku**

Účelovou funkcí je maximalizace zisku, pomocnou funkcí je minimalizace nákladů, omezení je dáno velikostí úvěru, úrokovou sazbou, sazbou daně, odpisovou sazbou. Mění se

průběh tržeb, nákladů a splácení úvěru. Průběh kapacity tržeb je určen spline funkcí sestavenou z Gompertzových křivek ve tvaru  $\log(y) = \gamma + \alpha * \beta^x$  a průběh nákladů je vytvořen funkcí  $y = \gamma + \alpha * \beta^x$  [9].

**Cílem optimalizace s využitím genetických algoritmů je snaha o nalezení takového splátkového kalendáře úvěru a úroků, aby optimální strategie, spočívající v dosažení co nejvyšší hodnoty NPV i míry výnosnosti IRR, byla realizovatelná za všech podmínek.**

Na základě výše uvedeného lze říci, že optimalizace, konkrétně s použitím genetických algoritmů, je přínosem pro řešení tak složitých úkolů, jakým je matematické modelování velkých investičních celků. Jedině pečlivá příprava strategie investování do velkých investičních celků pomáhá minimalizovat riziko a ztráty. Modelování, optimalizace a genetické algoritmy k cílům minimalizace rizik, ztrát, nákladů a k tvorbě maximálního zisku v praxi přispívají.

- **Řešení úlohy obchodního cestujícího** tzn. Nalezení nejmenšího součtu délek cest při podmínce návštěvy všech zadaných míst pouze jednou [9].
- **Využití genetických algoritmů při shlukové analýze nebo klastrování.** Jedná se o způsob, kdy se snažíme rozdělit data do oblastí (shluků, klastrů) a nalezení jejich středu.

Vstupem může být libovolný počet řad o libovolném počtu hodnot a lze zvolit libovolný počet oblastí. Úloha může být tedy i vícedimenzionální. Tato analýza například umožňuje sestavit portfolio dle podnikových představ s ohledem na cenu akcie, její výnosnost apod.

- **Predikce finanční krize firmy.** Lze vytvořit shluky, které budou představovat malou, střední nebo vysokou míru možnosti finanční krize firmy. Při zkoumání firmy lze výpočtem zjistit její míru možnosti finanční krize. Důležitým faktorem je nalezení správných znaků pro tuto analýzu.
- **Optimalizace portfolia** [29]. Princip spočívá v tom, že se snažíme vybrat portfolio tak, aby odpovídalo průběhu zvoleného indexu např. NASDAQ. Vstupem jsou denní hodnoty Close indexu NASDAQ a denní ceny Close titulů, které chceme mít v portfoliu. Optimalizace pomocí genetického algoritmu spočívá v nalezení minima sumy kvadrátu odchylek normalizované hodnoty NASDAQ a normalizovaného portfolia. (Portfolio se normalizuje vydělením všech jeho hodnot maximem, abychom NASDAQ a zvolené portfolio mohli porovnávat. Tak dostaneme hodnoty v rozmezí 0,0 - 1,0. Zvolené portfolio se vypočte jako součet (cena titulu násobená podílem titulu k celkovému portfoliu v jednotlivých dnech).

Výsledkem je tedy sestavení portfolia, které kopíruje průběh indexu NASDAQ. Jsme — li přesvědčeni o růstu indexu, pak máme portfolio optimalizováno tak, aby nárůst byl poměrově stejný.

K dalším aplikacím patří také:

- **Výpočet a predikce trendu časové řady**
- **Určení budoucích hodnot cen akcie, komodity nebo kurzy měny apod.**

### **Výhoda užití genetických algoritmů proti tradičním vyhledávacím algoritmům**

spočívá v tom, že tradiční postupy počítají řadu řešení a hledají lepší řešení v blízkém okolí předchozího řešení [Fanta J., s.41]. Tento postup může vést k nalezení lokálního extrému v prostoru místo nalezení extrémního bodu v tomto prostoru. Pomocí genetických operátorů selekce, křížení a mutace se úlohy řešené genetickými algoritmy obvykle tomuto selhání vyhnou. Navíc lze pomocí genetických algoritmů řešit analogické problémy rychleji, než použitím tradičních lineárních metod. Úlohy řešené genetickými algoritmy přitom užívají srovnatelně méně matematických modelů.

Při aplikaci genetických algoritmů má uživatel možnosti, jak upravit postupy vedoucí k řešení dané úlohy. Má například možnost užití různých schémat k určení, jak budou noví jedinci asimilováni do populace. Může jít o schéma výměny nejhorších, velmi podobných jedinců, nebo v závislosti na typu úlohy i o náhodnou výměnu, popř. o výměnu nejlepších jedinců v populaci, atd.

Podobné možnosti existují i pro operaci selekce. Ta určuje, jak jsou jedinci vybíráni pro párování. Výběr může být zaměřen pouze na nejlepší jedince. Pak bude populace rychle konvergovat k tomuto cíli. Z hlediska přijatého kritéria lze umožnit i méně úspěšným jedincům, aby svůj genetický materiál předali další generaci. Při operaci selekce může být užit i náhodný proces výběru jedinců, kde je pravděpodobnost výběru jedince proporcionální k jeho individuálnímu skóre, tj. účelové funkci. Modifikací tohoto přístupu je i metoda nazvaná turnaj, při které je počet jedinců vybírán metodou rulety a nejlepší z tohoto výběru jsou určeni k párování.

Pro investory na kapitálových trzích z toho plyne možnost zaměřit se na určité typy cenných papírů, měn, resp. komodit. Pokud budou například pro portfolio vybírání jedinci podle nejlepšího jedince, bude portfolio obsahovat převážně blue chips. Proporce těchto nejlepších emisí v portfoliu určí výstup genetického algoritmu. Investoři však pracují s omezenými finančními prostředky k nákupu emisí, proto se nabízí použití selekčních metod v případech, kde se nepracuje



jen s entitami. Kvalitní předpovědi cenových pohybů na kapitálových trzích bývají mnohdy nákladné, respektive i časově náročné z důvodů náhodných procesů obsažených v těchto pohybech. Genetické algoritmy nabízejí uživateli možnosti výběru, jak s touto náhodou pracovat.

**Na závěr shrneme, že genetické algoritmy jsou použitelné k řešení nejrůznějších optimalizačních problémů, které se v ekonomii vyskytují. Jejich použití přispívá ke zkvalitnění procesu rozhodování.**

### *2.3.2 Expertní systémy – odborníci na úzce ohraničené problémy*

Expertní systémy jsou charakterizovány jako počítačové programy, simulující rozhodovací činnost experta při řešení složitých úloh a využívající vhodně zakódovaných, explicitně vyjádřených speciálních znalostí, převzatých od experta, s cílem dosáhnout ve zvolené oblasti kvality rozhodování na úrovni experta.<sup>3</sup>

Expertní systém je tvořen bází znalostí, odvozovacím mechanismem, bází dat, vysvětlovacím modulem a komunikačním modulem. Řešit konkrétní případ pomocí expertního systému znamená „dosadit“ data o daném případě do obecně formulovaných znalostních struktur z báze znalostí. Data k danému konkrétnímu případu poskytuje obvykle uživatel sekvenčně, v dialogovém režimu s počítačem. Expertní systém na základě odpovědi uživatele a svých obecných znalostí postupně upřesňuje „představu“ o případě a dochází k závěru, eventuálně k řešení. Požadavkem kladeným na expertní systém je schopnost vysvětlovat a zdůvodňovat.

Expertní systémy mají řadu předností. Přinášejí znalosti tam, kde dříve nebyly k dispozici, nebo byly nedostatečné či roztržité. Zvyšuje se míra komplexnosti znalostí, které nyní mohou využívat pracovníci více útvarů. Expertní systémy tak umožňují zrychlit řešení úloh a přispívají ke zvýšení kvality a konzistence řešení. Expertní systémy jsou také nástrojem k zachycení firemního know-how a mohou být využity k účinnému výcviku nových pracovníků. Uspodňují provádění expertíz jak rutinních prací tak i prací riskantních.

Na druhé straně je potřeba počítat i s jistými úskalími expertních systémů. Expertní systémy jsou schopny obsáhnout jen velmi úzké oblasti expertízy a mají omezenou schopnost dekódovat běžné uvažování (formalizovat tisíce pravidel, která automaticky používáme při běžném myšlení, je velmi pracná záležitost). S obtížemi se dále setkáváme při nalézání

---

<sup>3</sup> Marik, V. - Štěpánková, O. - Lažanský, J. a kol.: Umělá inteligence. Praha, Academia, 1997.

expertů a při získávání a extrahování jejich znalostí. Často narazíme na to, že různí experti mají odlišné názory na danou situaci. Omezením expertních systémů je také omezena schopnost se přímo učit. Musíme také počítat s jistými problémy při odhalování a hledání nápravy chyb učiněných v důsledku použití expertního systému.

Šíře možných oblastí uplatnění expertních systémů je značná. Jde o úlohy interpretační, identifikační, klasifikační, analytické, diagnostické, projekční a plánovací, rozvrhovací, testovací, výcvikové i poradenské [13].

Expertní systémy jsou vhodné pro situace, kdy je problém relativně úzký a jeho řešení vyžaduje použití heuristických pravidel. Podmínkou jejich úspěšného používání je existence experta na danou problematiku, ochotného spolupracovat a schopného komentovat své chování při řešení problému.

Vhodnými oblastmi pro podnikovou aplikaci expertních systémů jsou:

- Účetnictví
- Audit
- Pojišťovnictví
- Logistika
- Zjištění platnosti platebních karet apod.

Možnosti uplatnění expertních systémů (na jejich současném stupni vývoje) v řízení jsou dány především tím, že jsou tyto systémy určeny zejména pro řešení dobře formulovaných (i když špatně strukturovaných) úzce ohraničených problémů vyžadujících speciální expertní znalosti [13]. Čím jsou řídicí problémy širší a vyžadují spíše než speciální znalosti vědomosti obecnějšího charakteru, tím jsou současné expertní systémy pro řešení takovýchto problémů méně vhodné.

Tím lze dospět k praxí potvrzenému závěru, že uplatnění expertních systémů v jejich tradiční podobě je třeba hledat zejména v oblasti operativního řízení a plánování a u některých problémů řešených štábními specialisty (problémy technické, technologické, finanční, odbytové, právní aj.). Výhodou je to, že jde o problémy do značné míry rutinní povahy, u nichž jsou znalosti, zkušenosti a úsudky potřebné pro jejich řešení dostatečně akumulovány a není obtížná jejich specifikace. Další výhodou problémů z těchto oblastí je značná frekvence jejich výskytu. To vytváří dobré předpoklady pro příznivý poměr nákladů na vytvoření

expertního systému a efektu plynoucího z jeho využívání (pro problémy řešené velice zřídka nemá smysl expertní systémy vytvářet).

Kromě výše uvedených opakovaných a rutinních problémů operativní povahy jsou expertní systémy vhodné pro řešení problémů, kde se rozhodnutí zakládají na analýze velkých objemů informací nekvantitativní povahy. Mnoho problémů tohoto charakteru spadá do oblasti bankovníctví, pojišťovnictví a oblasti finanční, které se stávají významným polem uplatnění expertních systémů. Řešení těchto problémů je pro experta značně náročné a získání expertních znalostí vyžaduje dlouhodobou praxi; expertní systém řeší problémy této povahy s dostačující kvalitou a rychleji než člověk.

Úspěchy uplatnění expertních systémů v technické a zčásti lékařské diagnostice podnítily rovněž zájem o uplatnění tohoto metodologického nástroje v oblasti podpory diagnosticko-analytické fáze řešení rozhodovacích problémů v řízení a speciálně v diagnostické analýze hospodářských jednotek. Expertní systémy pro diagnostiku hospodářských jednotek slouží zpravidla pro globální či dílčí posouzení ekonomické situace těchto jednotek a jejího vývoje na základě hodnocení časových řad určitých ekonomických ukazatelů. Zkušenosti z počítačové podpory řízení a rozhodování (zvláště ve formě systémů na podporu rozhodování) ukazují, že se tyto systémy orientují především na fáze řešení rozhodovacích problémů, spočívající jednak ve stanovení důsledků variant vzhledem ke kritériím kvantitativní povahy, jednak v hodnocení variant a stanovení varianty optimální. Značně se však opomíjejí ty fáze řešení rozhodovacích problémů, které jsou velice málo přístupné algoritmizaci. Patří mezi ně analýza a formulace rozhodovacích problémů a tvorba variant jejich řešení.

S velkou aktivitou tvorby a aplikací expertních systémů v oblasti operativního řízení a plánování a při podpoře některých štábních činností značně kontrastují zatím velice řídké pokusy o uplatnění expertních systémů pro řešení problémů na vyšších úrovních řízení, a to v oblasti taktického a zvláště koncepčního (strategického), řízení a rozhodování.

Příčina tohoto značně omezeného uplatnění expertních systémů (v jejich současné podobě) na vyšších úrovních řízení spočívá především v tom, že řídicí pracovníci na těchto úrovních řízení, především vrcholoví řídicí pracovníci, představují zpravidla generalisty s rozsáhlým přehledem o řízených systémech. Obvykle se na nich nevyžaduje řešení speciálních problémů požadujících hlubší expertní znalosti. Pro problémy řešené na těchto úrovních je charakteristické [13]:

- větší šíře a méně jasné vymezení těchto problémů
- někdy značná proměnlivost relevantních znalostí

- velký rozsah potřebných znalostí, a to často znalostí interdisciplinárního charakteru
- významné rysy jedinečnosti řešených problémů a častý výskyt neočekávaných faktorů a situací vyplývajících z rychlých změn okolí (to vede k značnému rozsahu znalostí, které jsou jen potenciálně relevantní při řešení těchto problémů a uplatní se jen za určitých podmínek)
- důležitá úloha behaviorálních aspektů spojených s chováním a jednáním subjektů - řešitelů těchto problémů (odraz norem, hodnot a z nich vyplývající zájmové struktury těchto subjektů)
- významná role tvůrčích schopností subjektu (kromě jeho zkušeností) při řešení těchto problémů

Z charakteru problémů řešených na úrovni taktického a zvláště strategického řízení vyplývají i značné obtíže při tvorbě bází znalostí expertních systémů pro tyto problémy, a to zvláště z hlediska úplnosti těchto bází. Některé znalosti lze získat jen velice obtížně, některé jsou zatím (při současném stupni vývoje určitých vědních disciplín) nedostupné, přičemž počítačové zobrazení dalších relevantních faktorů (behaviorální aspekty, tvořivost) je velice obtížné. Přesto se však i ve strategickém řízení a rozhodování začínají objevovat určité pokusy o uplatnění expertních systémů, které jsou však zatím převážně ve výzkumném, resp. ověřovacím stadiu.

### **2.3.3 Neuronové síť – predikátoři**

Neuronová síť je síť mnoha jednoduchých procesorů, navzájem bohatě propojených. Základem neuronové sítě je jednotlivý počítačový prvek nazývaný neuron. Procesory nazýváme neurony proto, že velice zjednodušeně modelují skutečné neurony v centrální nervové soustavě a jejich formální, popř. technický návrh je mnohdy inspirován vlastnostmi mozku a periferního nervstva [40]. Využívá se tedy paralely s biologickými neurony a biologickou nervovou soustavou. Hlavním úkolem biologické nervové soustavy je práce s informacemi (vzruchy).

Jde o jejich získání prostřednictvím jednotlivých čidel (receptorů), přenos od receptorů k jiným neuronům, které informace zpracují do požadovaného tvaru, a vyhodnocení informací v příslušných výkonných orgánech (efektorech).

Graf propojení neuronů v neuronové síti se často nazývá topologie sítě. Do neuronu se sbíhá n spojů. Ty reprezentují buď výstupy z jiných neuronů, nebo podněty z vnějšího prostředí. Po každém vstupu (stimulu) přichází informace ve formě reálného čísla jako hodnota nějakého příznaku z vstupního prostoru.

Prostřednictvím síťové struktury se může neuronová síť učit a pamatovat si komplex vzorů. Neuronová síť se učí z externích podnětů (tzv. tréninkových příkladů), tvoří své vlastní vzory z reálných dat a ukládá tyto informace do svých struktur. Takováto znalost je implicitní (na rozdíl od expertních systémů, kde báze znalostí má charakter explicitní). Cílem procesu učení u neuronové sítě je nalezení takového souboru parametrů sítě, které nejlépe odpovídají předkládaným vzorům. Např. chceme-li využít neuronovou síť k předpovědi poptávky, probíhá její trénování na datech o poptávce v minulosti. Po každém průběhu se interní struktura sítě mění, tj. jsou nastavovány vhodné parametry sítě tak, aby odchylka mezi požadovaným a skutečným výstupem při odezvě na soubor učebních vzorů byla minimální. Trénování sítě probíhá tak dlouho, až dojde k přiblížení se k předdefinované míře chyb a ke stabilizaci sítě. Výsledkem by měla být adaptovaná síť, tj. síť, která dobře reprodukuje příklady z trénovací množiny a má vhodné zobecňující schopnosti.

Aplikace neuronové sítě tedy probíhá ve třech fázích:

- a) fáze definice topologie sítě a trénovací množiny
- b) fáze učení neuronové sítě
- c) fáze využívání znalostí

Neuronové sítě projevují své přednosti při řešení některých problémů, které vzdorují standardním algoritmickým technikám. Projevují dobré schopnosti při řešení nelineárních rovnic, při pokročilejší statistické analýze, při organizaci dat do tříd, při vícekritériálním hodnocení, při predikci a také při adaptaci příslušných modelů na změny podmínek. Jsou úspěšné při zpracování neúplných, nepřesných, rozporných a neurčitých informací, při rozpoznávání složitých signálů a obrazů. Významná je možnost využít adaptovanou neuronovou síť při řízení v reálném čase. Neuronové sítě mají nejen schopnost opakovat situace, nýbrž i zobecňovat vztahy pro vstupy, se kterými se neuronová síť nesešla ve fázi učení [42].

Neuronové sítě však mají také řadu vlastností, které komplikují, resp. omezují jejich použití. Předně - neuronové sítě nejsou vhodné k řešení exaktně zadaných matematických problémů a pro přesné výpočty, zejména rozsáhlejšího charakteru. Dalším problémem je neexistence ucelených pravidel pro tvorbu neuronové sítě, nastavení parametrů sítě, typu učení sítě jakož i pro trénování, optimalizaci a verifikaci sítě. Ke každému problému je potřeba přistupovat individuálně. V případě doplnění nových vzorů zkoumaných jevů je nutné provést další adaptaci sítě, která zejména u vícevrstevných sítí vyžaduje určitý čas. K omezením

neuronových sítí patří také, že většina z nich není schopna popsat způsob řešení problému. Při optimalizaci na bázi neuronových sítí je obtížné srovnat výkon neuronové sítě s výkonem jiných užívaných prostředků umělé inteligence. Je potřeba také počítat s vysokými nároky na rozsah dat potřebných pro vytvoření neuronové sítě, dále na kvalitu dat a čas pro trénink sítě a také s nároky na provedení technické expertízy specialistou na data.

Z omezení neuronových sítí vyplývá, že se nedají použít všude. Neuronové sítě se dnes používají v mnoha oblastech,<sup>4</sup> zejména v energetice, finančnictví, bankovníctví, medicíně, telekomunikacích, průmyslu, obraně a bezpečnosti, meteorologii, dopravě, geologii, astronautice, obchodu a ve vědě.

Hlavními oblastmi využití neuronových sítí se z hlediska podnikové praxe stávají<sup>5</sup>:

### 1) Finance a finanční služby (Příklad software -Trading Solutions)

- Předpověď finančních časových řad (společnost LBS Capital Management například tvrdí, že se její obchodní výsledky podstatně zlepšily použitím vícevrstvé neuronové sítě pro předpovědi cen akcií).

- Úvěrová rizika a hodnocení bonity klientů
- Konstrukce indikátorů pro obchodování - finanční predikce
- Predikce vývoje cen akcií
- Predikce bankrotů
- Detekce podvodů s bankovními kartami
- Finanční analýza

### 2) Výroba (Příklad software - Neurosolutions for Excel)

- Řízení průmyslových procesů
- Řízení toku materiálu
- Řízení procesů (např. monitorování strojního zařízení v průmyslových procesech)
- Monitorování stavu strojů

---

<sup>4</sup> Novák, Mirko. Umělé neuronové sítě : teorie a aplikace . - Praha : C.H. Beck, 1998. ISBN 80-7179-132-6. s.8-9

<sup>5</sup> Křištof M. Neuronové sítě a jejich využití v podnikové praxi. Česká ekonomika na přelomu tisíciletí. Sborník příspěvků z mezinárodní konference.. Masarykova univerzita v Brně, 2001. ISBN 80-210-2533-6, s. 463-475 .

- Monitorování automatizovaných řídicích řešení pro výrobní podniky
- Systémy provozování strojů (odhady spotřeby paliv na základě snímaných měření)
- Hledání kritických míst
- Logistické analýzy (řízení dodávek a skladů)
- Informační systémy
- Systémy pro podporu rozhodování
- Řízení robotizovaných pracovišť
- Energetika a doprava
- Ekologie - výzkum a modelování znečištění

### **3) Marketing a obchod** (Příklad software – Neugents)

- Marketingová segmentace
- Výběr skupiny zákazníků pro hromadnou korespondenci - direct mail
- Analýza odchodu zákazníků a získávání nových zákazníků
- Cross selling (prodej více produktů zákazníkům na základě informací o produktech zákazníkem již koupených)
- Navyšování prodeje
- Detekce podvodů (identifikace podezřelých transakcí a chování)
- Analýza nákupního košíku
- Testování marketingových kampaní - marketing produktu
- Customer Relationship Management
- E-business

Vzhledem ke své zdatnosti učit se na příkladech a „rozpoznávat“ v toku zahlučených a navzájem si odporujících informací rysy již dříve viděných jevů a situací, se neuronové sítě používají v těch oblastech finančního rozhodování, kde je potřeba získat hodnocení případně prognózu mj. pomocí zpracování velkých objemů informace během krátkého času.

Existují různé sharewarové nebo komerčně prodávané programy pro optimalizaci využívající neuronových sítí v oboru finančního rozhodování podniku (viz Tab. 2.2):

**Tab. 2.2 Některé programy využívající neuronových sítí v oboru finančního rozhodování podniku**

Název programu	Cena cca	Oblast aplikace
Brain Maker Professional	800\$	Leader finančního trhu USA, používá se v cca 20 000 společnostech ve světě. Je specializován na řešení prognostických úloh při zpracování finančních dat.
Braincel	950\$	Predikce, analýza citlivosti vstupů.
Neuralyst	600\$	Ohodnocení dat, obsahuje optimalizační blok založený na genetickém algoritmu. Aplikace: analýza investic, marketingová analýza, analýza bonity apod.

Zdroj: Programy finanční analýzy (on-line), dostupné z [www.tora-centre.ru/program/optim.htm](http://www.tora-centre.ru/program/optim.htm)

V poslední době se neuronové sítě začaly široce používat v nejrozmanitějších aplikacích - od rozpoznání řeči, textu, podpisů přes predikci spotřeby elektrické energie a predikci počasí až po diagnostiku v medicíně nebo automatické řízení auta.

Lukrativní oblast ekonomiky a financí přitahovala zájem tvůrců neuronových sítí od samého počátku, avšak pravý rozkvět finančních aplikací začíná až v lednu 1990 využitím neuronových sítí pro detekce krádeží kreditních karet pro Chase Manhattan Bank.<sup>6</sup> Tato aplikace, jejíž vývoj stál jen 20,000 \$, dokázala ušetřit bance zhruba 100,000 \$ denně.

Zjednodušeně se dá říct, že v podstatě libovolná finančně-ekonomická úloha, která je dokumentovaná dostatkem historických dat, je řešitelná pomocí nějaké vhodné metody neuronových sítí.

Typické finančně-ekonomické aplikace neuronových sítí je možné rozdělit do následujících základních oblastí [9]:

### 1. Predikce a modelování finančně-ekonomických procesů

Úlohou je konstrukce modelu, který dokáže např. z  $n$  předcházejících hodnot signálu odhadovat – předikovat jeho následující hodnotu. V reálných aplikacích jsou však na vstupu do neuronové sítí využívány všechny informace, které jsou dostupné, charakterizují stav

<sup>6</sup> FÁBIK P. Neuronové sítě a ekonomicko-finanční procesy (online) [cit. 2003-07-07]. Dostupné z <http://webadmin.tuke.sk/HyperNews/get/FEI/neurosiete>



příslušného procesu v daný okamžik a tím umožňují zlepšení predikce. Nejčastějšími aplikacemi tohoto druhu jsou:

- ✓ predikce ceny akcií
- ✓ predikce měnových kurzů
- ✓ predikce úrokových sazeb
- ✓ predikce inflace
- ✓ predikce výše zisku (resp. jeho směru)
- ✓ predikce ekonomického bodu obratu
- ✓ prognóza volatility finančního procesu
- ✓ predikce ceny komodit
- ✓ vývoj obchodních strategií na trhu akcií, příp. dluhopisů, obligací a komoditní výnosy.

Tradiční ekonomická a ekonometrická komunita se k výsledkům neuronových sítí v této oblasti staví velice skepticky, avšak realita jasně naznačuje, že mnohé procesy považované dodnes za nepredikovatelné, vykazují relativně malé odchylky od náhodnosti a dokonce se dají v některých případech odvodit určité pravidelnosti využitelné při predikci.

## **2. Odhad a kontrola rizik při finančním rozhodování**

Většina těchto aplikací má charakter tzv. klasifikační úlohy, která se liší od predikční tím, že na výstupu neuronové sítě dostáváme míru pravděpodobnosti, s jakou příslušná vstupní  $n$ -rozměrná data patří k dané klasifikační třídě (např. solventní resp. nesolventní, rizikový resp. bezrizikový úvěr). Typickými aplikacemi jsou:

- ✓ analýza míry rizika úvěrů, hypoték, obligací, transakcí
- ✓ analýza, optimalizace a management portfolia
- ✓ konstrukce efektivních ekonomicko-finančních indexů
- ✓ detekce krádeží kreditních karet
- ✓ testování ekonomických modelů

- ✓ analýza finančních výkazů podniku (audit)
- ✓ investiční rozhodování včetně bankrotové analýzy bank a firem

Při dostatku dat se v těchto aplikacích ukazují neuronové sítě jako nesmírně efektivní nástroje v porovnání s tradičními přístupy (jako např. regresní analýza).

### **3. Analýza mnohorozměrných finančně-ekonomických dat**

Neuronové sítě umožňují efektivní sladění klasterizace (shlukování) a optimální vizualizace mnohorozměrných dat do dvourozměrné (topologické) mapy, tzv. dimenzionální redukci. V případě vícerozměrných finančně-ekonomických dat (např. více než 5-ti rozměrných) je i pro experta nesmírně obtížné analyzovat tak velké množství vícerozměrných dat. Tyto metody umožňují analyzovat nelineární závislosti mezi jednotlivými komponentami vícerozměrných dat a poskytnout statistickou analýzu v jednotlivých klastrech. Na základě těchto schopností mohou být využity v rozhodovacích procesech, v testování hypotéz (resp. při identifikaci vysvětlujících ekonomických faktorů) anebo při monitorování časového vývoje vícerozměrných dat (resp. jejich jednotlivých komponent). Často bývají využívány ve fázi předzpracování předchozích aplikací.

Jako samostatné aplikace bývají využívány v podpůrném rozhodovacím procesu při bankrotové analýze firem a bank, oceňování a výběru sdružených fondů, nemovitostí (pozemků, budov), analýze trhů na základě spotřebitelských preferencí, analýze a segmentaci (klasterizaci) spotřebitelů a zákazníků, podpoře strategického a cíleného marketingu, tržové analýze a analýze ekonomické situace.

### **4. Další oblastí aplikace neuronových sítí jsou expertní systémy**

Velkým problémem klasických expertních systémů založených na pravidlech je vytvoření báze znalostí, která bývá časově velmi náročnou záležitostí s nejistým výsledkem.

Neuronové sítě představují alternativní řešení, kde reprezentace znalostí v bázi vzniká učením z příkladových inferencí [40]. V tomto případě aktivní režim neuronové sítě zastupuje funkci inferenčního stroje. Na druhou stranu implicitní reprezentace znalostí neumožňuje pracovat s neúplnou informací a neposkytuje zdůvodnění závěru, což jsou vlastnosti, bez kterých se prakticky použitelný expertní systém neobejde. Tento problém částečně řeší univerzální neuronový expertní systém EXPERSYS, který obohacuje vícevrstvou

neuronovou síť o intervalovou aritmetiku pro práci s nepřesnou informací a o heuristiky analyzující síť, které umožňují jednoduché vysvětlení závěru.

### 2.3.4 Porovnání finančně-ekonomické aplikace jednotlivých nástrojů umělé inteligence

Pro prohloubení chápání problematiky použití umělé inteligence v oblasti ekonomiky a financí jsou v Tab. 2.3 porovnány jednotlivé nástroje podle jejich klíčových charakteristik.

**Tab. 2.3 Porovnání finančně-ekonomické aplikace jednotlivých nástrojů umělé inteligence**

Charakteristiky	Nástroj umělé inteligence		
	Genetické algoritmy	Expertní systémy	Neuronové sítě
Princip funkce	Robustní vyhledávací procedura, která je založena na evolučních principech „selektce“ nejlepších řešení.	Simulace rozhodovací činnosti experta při řešení složitých úloh, využívající vhodně zakódovaných, explicitně vyjádřených speciálních znalostí, převzatých od experta s cílem dosáhnout ve zvolené oblasti kvality rozhodování na úrovni experta.	Síť mnoha jednoduchých procesorů, navzájem bohatě propojených; využívá se paralely s biologickými neurony a biologickou nervovou soustavou.
Typ uplatnění úloh	optimalizace a strojové učení	špatně strukturované úzce ohraničené problémy vyžadující expertní znalosti, problémy se značnou frekvencí rutinních aktivit	Predikce, řešení nelineárních rovnic
Práce s neurčitostí nejistotou	Ano	Mimořádně dobrá práce s neurčitostí a nejistotou	Ano
Práce s časově podmíněnými informacemi	Ano	Ne	Mimořádně dobrá práce v reálném čase
Výhody	Rychlost zpracování značných objemů informace, schopnost učit se	Průhlednost řešení, uchování expertních znalostí, rychlost analýzy velkých objemů informace nekvantitativní povahy	Schopnost učit se, zobecnění vztahu

(Pokračování tabulky 2.3)

Nevýhody	Možná nepřesnost při zpracování značných objemů informace	Neschopnost pracovat s časově a prostorově podmíněnými znalostmi, neschopnost učit se	Neschopnost popsat způsob řešení, nevhodnost k řešení exaktně zadaných problémů, nepřesnost výpočtu
Oblasti použití v ekonomice	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Optimalizace investiční strategie příp. velkého investičního celku</li> <li>✓ Úloha obchodního cestujícího</li> <li>✓ Shluková analýza nebo klastrování</li> <li>✓ Optimalizace portfolia</li> <li>✓ Výpočet a predikce trendů časové řady</li> <li>✓ Určení budoucích hodnot cen akcií, komodit nebo kurzu měn apod.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bankovníctví</li> <li>✓ Pojišťovnictví</li> <li>✓ Logistika</li> <li>✓ Účetnictví</li> <li>✓ Audit</li> <li>✓ Investiční rozhodování</li> <li>✓ Zjištění platnosti platebních karet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Predikce a modelování finančně-ekonomických procesů <ul style="list-style-type: none"> <li>- predikce ceny akcií</li> <li>- predikce měnových kurzů</li> <li>- predikce úrokových sazeb</li> <li>- predikce inflace</li> <li>- prognóza volatility finančního procesu</li> </ul> </li> <li>✓ Odhad a kontrola rizik při finančním rozhodování</li> <li>✓ Analýza mnohorozměrných finančně-ekonomických dat</li> </ul>
Celosvětově známý software	<p>EVOLVER (optimalizace finančního rozhodování)</p> <p>GeneHunter (optimalizace úloh nelineárního programování)</p> <p>Genetic Training Option (výcvik neuronových sítí pro podnikové rozhodování)</p>	<p>FINEA (finanční analýza)</p> <p>INVEX (investiční poradenství)</p> <p>FAME (finanční marketing)</p> <p>PORT-MAN (portfolio management)</p> <p>REVALEX (analýza finančního stavu firmy)</p>	<p>BRAIN MAKER PROFESSIONAL (prognostické úlohy při zpracování finančních dat)</p> <p>Statistika Neural Network (práce s časovými řadami kapitálových trhů)</p> <p>NEURALIST (marketingová analýza, analýza investic, analýza bonity)</p>

### 3 Metody zpracování disertační práce

K metodám zpracování této disertační práce patří především skupina vědeckých metod označovaných jako metody logické a empirické a také specifické metody rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti.

#### Logické metody

Teoretické metody využívají pro dosažení cíle principů logiky a logického myšlení autora. Obvyklé hovoříme o šesti metodách, které však jsou v podstatě párově provázány, a proto se někdy také můžeme dočíst o trojici párových metod [18].

#### Indukce – dedukce

Indukce je procesem vyvozování obecného závěru na základě posuzování jedinečných výroků či poznatků o charakteristikách prvků jednotlivých objektů. Jde tedy o proces přechodu od specifického k obecnému [18]. Závěr indukce vysvětluje fakta, z nichž byl odvozen. Induktivní závěr lze považovat za hypotézu, protože nabízí jedno vysvětlení, i když je těchto vysvětlení prakticky více.

Dedukce je odvozením vět (tvrzení) z jiných vět pomocí již dokázaných, příp. již odvozených vět a odpovídajících pravidel odvození. Deduktivní metoda je myšlenkový proces, ve kterém z daných předpokladů (premis) logicky a na extenzionálním základě vyvozujeme závěr. Od určitých výroků, které jsou považovány za pravdivé, deduktivní posuzování užitím postupů formální logiky vyvodí pravdivý závěr. Dedukce spočívá v tom, že vyvozuje z obecného jednotlivé.

#### Analýza – Syntéza

Analýza je procesem dekompozice strukturovaného objektu na jednotlivé komponenty, které jsou pak podrobeny hlubšímu, cílenému zkoumání. Jde o cílenou dekompozici strukturovaného objektu na prvky a vazby mezi nimi [18].

Syntéza je vytvářením strukturovaného objektu z jednotlivých prvků a vazeb mezi nimi. Myšlenková analýza a syntéza tvoří navzájem se podmiňující celek.

#### Abstrakce — Konkretizace

Abstrakce je myšlenkový proces, v rámci něhož se z různých objektů vydělují pouze podstatné charakteristiky, čímž se ve vědomí vytváří objekt obsahující jen společné charakteristiky. Tento objekt pak představuje určitou celou skupinu objektů, čímž obvykle

vzniká nový pojem – abstraktní objekt. Abstrakci je tedy možno charakterizovat také jako vytváření nových pojmů [18].

Konkretizace je procesem vyhledávání konkrétního prvku z určité třídy objektů [18].

### **Modelování**

Modelování je jednou z teoretických metod vědeckého zkoumání. Modelováním rozumíme postup od objektivní reality k modelu.

Model je zjednodušené zobrazení reality, na kterém se dají studovat vlastnosti, které jsou z hlediska studovaného jevu významné [32].

Finanční modelování představuje komplexní zpracování finanční problematiky od věcného zaměření až po aplikaci matematických prostředků.

Postup finančního modelování (a rovněž i investičního modelování jako jeho podproblému) lze rozdělit do následujících fází [3]:

- (a) Verbální formulace problému
- (b) Získání výchozích dat (tržní data, parametry stanovené a zadané finančním analytikem)
- (c) Transformace a statistické testování tržních dat
- (d) Matematická formulace modelu
- (e) Matematická řešení úloh prostřednictvím prostředků matematického modelování
- (f) Interpretace výsledků a návrhy na další analýzy (prověření citlivosti výsledků, návrh na další analýzy, doporučení pro rozhodnutí)

Složitější investiční modely lze aplikovat pouze po jejich realizaci na počítači. Modelováním na počítačích rozumíme činnost, která obsahuje 3 základní etapy [32]:

1. Formulování matematického popisu originálu – výstavba modelu
2. Realizace matematického popisu chování modelu na počítačích – naprogramování modelu
3. Experimentování s modelem – opakované řešení úlohy

### Empirické metody výzkumu

- **dotazník**, vytvořený za účelem zachycení současného stavu v oblasti podnikového rozhodování o investicích, zjištění klíčových faktorů, metod a nástrojů v této problematice.
- **pozorování** je charakterizováno jako záměrné, plánovité a organizované sledování jevu, při němž je stanoven objekt pozorování (jev), dále cíl, postup, a také prostředky, případně způsob záznamu a možnosti interpretace.

Kromě výše uvedených metod jsou v disertační práci použity specifické metody rozhodování v podmínkách neurčitosti, kterých je celá řada.

### Metody rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti

Při rozhodování za podmínek rizika a nejistoty jsou známy všechny možné budoucí následky rozhodnutí a můžeme tedy kalkulovat s pravděpodobností jejich výskytu. Odpovídajícími metodami řešení jsou **pravděpodobnostní metody**. V práci je nejvíce využito **Bayesovo kritérium**, podle kterého je optimální ta investiční strategie, jíž odpovídá optimální hodnota očekávaných (středních) efektů. Další pravděpodobnostní metodou je **rozhodovací vývojový diagram**, usnadňující investiční rozhodování při převládající nejistotě, zvláště tehdy, když problém vyvolává posloupnost rozhodování [21]. Při stavbě rozhodovacího stromu se v práci využívá Bayesovo kritérium za účelem zpětného odvození pravděpodobnosti.

V práci je rovněž používána metoda **stochastického programování**, které se využívá v modelech pravděpodobnostního charakteru tam, kde se optimální investiční programy realizují v podmínkách rizika nejistoty.

Při rozhodování za podmínek neurčitosti nejsou známy všechny možné budoucí následky rozhodnutí, ani pravděpodobnosti výskytu těch případů, které jsou známy – odpovídající metody řešení představují z matematického hlediska mnohem obtížnější problém. **Simulační metody** umožňují experimentální ověření důsledků rozhodnutí tam, kde to cestou experimentu z různých důvodů není možné (vysoké náklady, velký systém apod.). Tyto metody se uplatňují i tam, kde lze dosáhnout výsledku analytickou cestou jen velmi obtížně.

Metoda užívající **fuzzy množin** má klíčový význam pro danou disertační práci, protože je použita pro tvorbu modelu investičního projektu za podmínek nejistoty a



neurčitosti. L. Zadeh vytvořil teorie fuzzy množin a fuzzy logiky, v nichž se určuje, „jak mnoho“ prvek do množiny patří, nebo ne (proměnná  $x$  a její příslušnost k množině se značí  $\mu(x)$  a je definována v rozmezí 0-1; 0 znamená úplné nečlenství a 1 úplné členství). Užití míry členství odpovídá v řadě situací lépe než užití konvenčních způsobů zařazování členů do množiny podle přítomnosti či nepřítomnosti. **Fuzzy logika** tedy měří jistotu nebo nejistotu příslušnosti prvku k množině.

Tvorba systému s **fuzzy logikou** obsahuje tři základní kroky: fuzzifikaci, fuzzy inferenci a defuzzifikaci. První krok znamená převedení reálných proměnných na jazykové proměnné. Definování jazykových proměnných vychází ze základní lingvistické proměnné, např. u proměnné nejistota lze zvolit následující atributy: žádná, velmi nízká, nízká, střední, vysoká, velmi vysoká míra nejistoty. Obvykle se používá tři až sedmi atributů základní proměnné. Stupeň členství atributů proměnné v množině je vyjadřován matematickou funkcí. Existuje mnoho tvarů těchto členských funkcí. Typy, které našly v praxi největší uplatnění, se nazývají standardními funkcemi členství a patří k nim typy:  $\Lambda, \pi, Z, S$ . Druhý krok definuje chování systému pomocí pravidel typu <Když>, <Potom> na jazykové úrovni. V těchto algoritmech se objevují podmínkové věty, vyhodnocující stav příslušné proměnné. Tyto podmínkové věty mají známou formu z programovacích jazyků:

<Když> Vstup<sub>a</sub> <A> Vstup<sub>b</sub>... Vstup<sub>x</sub> <Nebo> Vstup<sub>y</sub> ... <Potom> Výstup<sub>1</sub>

tj. když (nastane stav) Vstup<sub>a</sub> a Vstup<sub>b</sub>, ... , Vstup<sub>x</sub> nebo Vstup<sub>y</sub> ... , potom (je situace) Výstup<sub>1</sub>.

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

Fuzzy logika používá odlišných postupů u čtyř základních operací: sčítání (+), odčítání (-), násobení (.), dělení (/). Tato pravidla jsou:

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

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

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

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

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

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

## 4 Řešení a výsledky disertační práce

### 4.1 Sestavení modelu investičního rozhodování za nejistoty a neurčitosti s použitím fuzzy logiky

Pro sestavení modelu použijeme příklad hodnocení investičního projektu z části 2.1. Ve zmiňovaném příkladě:

- kapitálový výdaj není rozložen v čase (tzn., že není potřeba diskontovat výdaje k okamžiku zahájení výstavby a proto jsou ve vzorci vyjádřeny jako KV)
- zůstatková cena bude převedena po uplynutí doby nájmu objektu a proto je ve vzorci představena s použitím roku N+1
- investiční projekt se hodnotí jako efektivní v případě, že vypočtená hodnota NPV je vyšší, než určitá úroveň projektu  $G$  (nejčastěji  $G = 0$ )

S ohledem na výše uvedené okolnosti má vzorec pro výpočet NPV následující podobu:

$$NPV = -KV + \sum_{t=1}^N \frac{\Delta P_t}{(1+i_t)^t} + \frac{C}{(1+i_{N+1})^{N+1}} \quad (4.1)$$

$NPV$  – diskontovaná čistá současná hodnota v Kč;

$KV$  – kapitálový výdaj v Kč;

$\Delta P_t$  – příjem z investice v jednotlivých letech životnosti v Kč;

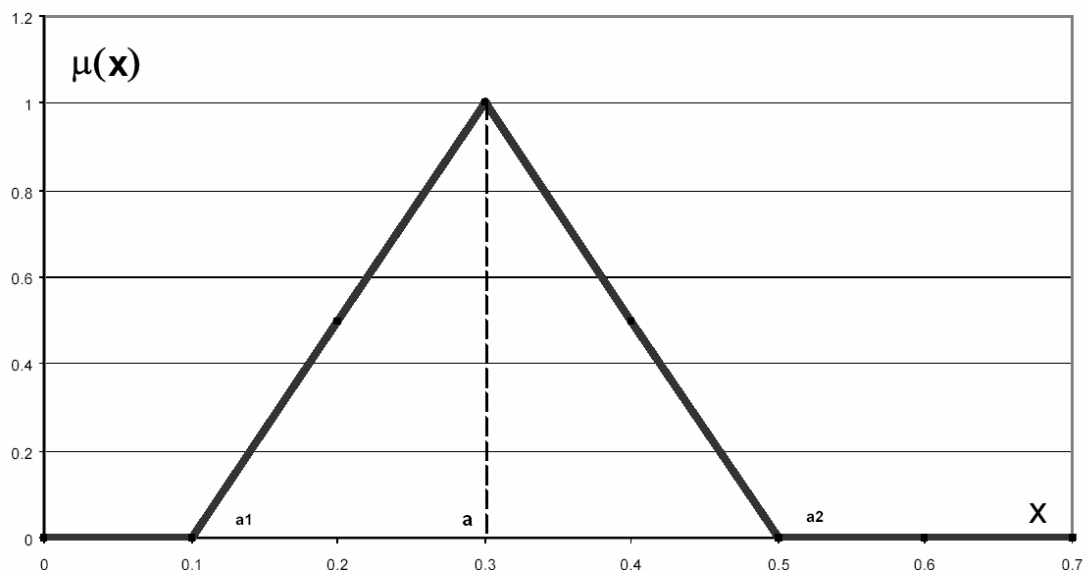
$N$  – doba životnosti investice;

$t$  – jednotlivé roky životnosti investice;

$i_t$  – diskontní sazba investičního projektu;

$C$  – zůstatková cena v Kč.

Nemáme-li přesné hodnoty vstupních parametrů vzorce 4.1, je dle ruského matematika A. Nedosekina vhodné používat fuzzy čísla s funkcí členství  $\mu(x)$  ve tvaru z Obr. 4.1. Tato čísla modelují výrok typu: „parametr  $A$  se rovná přibližně  $\bar{a}$  a jednoznačně patří do intervalu  $[a_{\min}, a_{\max}]$ “ [71].



Obr. 4.1 Fuzzy číslo v trojúhelníkovém tvaru [71]

Tento přístup dovoluje při hodnocení investičního projektu použít jako vstupní informace interval  $[a_{\min}, a_{\max}]$  a nejvíce očekávanou hodnotu  $\bar{a}$ . Toto fuzzy číslo budeme značit  $\underline{A} = (a_{\min}, \bar{a}, a_{\max})$  a parametry  $(a_{\min}, \bar{a}, a_{\max})$  budeme nazývat *významné body fuzzy množiny  $\underline{A}$* .

Obecněji, k libovolně zvolené hodnotě úrovně členství (výše rizika)  $\alpha \in [0,1]$  přiřadíme interval příslušnosti (interval jistoty)  $[a_1, a_2]$  fuzzy čísla  $\underline{A} = (a_{\min}, \bar{a}, a_{\max})$  předpisem  $[a_1, a_2] = \{x; \mu(x) \geq \alpha\}$ . Je zřejmé, že pro úroveň členství  $\alpha = 0$  platí  $[a_1, a_2] = [a_{\min}, a_{\max}]$ , délka intervalu příslušnosti se s rostoucím  $\alpha$  zmenšuje a pro  $\alpha = 1$  platí  $a_1 = \bar{a} = a_2$ .

V praxi investiční analýzy je definování významných bodů velice rozšířené [71]. Velmi často se k daným bodům připisují subjektivní pravděpodobnosti dopadů odpovídajících („pesimistickému“, „normálnímu“, „optimistickému“) vstupnímu scénáři. Ale podle autorky není vhodné uvádět pravděpodobnosti, hodnoty které není možné definovat ani přibližně určit. Proto v investiční analýze nahrazujeme pojem nahodilosti pojmem očekávání a možnosti hodnocení efektivnosti investičního projektu:

$\underline{KV} = (KV_{\min}, \overline{KV}, KV_{\max})$  Investor nemůže přesně zhodnotit, jakou výši investičních zdrojů bude disponovat v okamžiku rozhodnutí.

$\underline{i}_t = (i_{t\min}, \bar{i}_t, i_{t\max})$  Investor nemůže přesně zhodnotit náklady na kapitál, použitý v projektu (např. poměr vlastních a cizích zdrojů, výši úroků apod.)

$\underline{\Delta P}_t = (\Delta P_{t_{\min}}, \overline{\Delta P}_t, \Delta P_{t_{\max}})$  Investor předpovídá rozsah změn peněžních výsledků z projektu s ohledem na možné výkyvy prodejní ceny zboží, surovin, podmínek zdanění apod.

$\underline{C} = (C_{\min}, \overline{C}, C_{\max})$  Investor má nejasnou představu ohledně podmínek budoucího prodeje a likvidaci projektu.

$\underline{G} = (G_{\min}, \overline{G}, G_{\max})$  Investor má nejasnou představu ohledně výše kritéria „úroveň projektu“, od kterého lze projekt počítat za efektivní anebo dokonce neví přesně, co bude možné chápat jako pojem „efektivnost“ v době ukončení projektu.

### POZNÁMKY:

V případě, že některý z parametrů  $\underline{A}$  lze definovat s jistotou, fuzzy číslo  $\underline{A}$  nabývá hodnoty reálného čísla  $A$  za podmínky že  $a_{\min} = \overline{a} = a_{\max}$ . Princip metody se v tomto případě nemění.

A nyní se budeme zabývat hodnotou  $\underline{G}$  „úroveň projektu“. Investor se při výběru očekávané hodnoty, se kterou porovnává výslednou hodnotu NPV, může řídit nejenom taktickými, ale také strategickými úvahami. Investor například může i „dovolit“ projektu být lehce ztrátovým v případě, že tento projekt diverzifikuje činnost investora a zvyšuje nadějnost jeho podnikání. Např. investor realizuje dumpingový projekt, jehož kompenzací za dočasnou ztrátovost bude zlepšení pozice na trhu a nadprůměrné příjmy, ale investor se snaží snížit nadprůměrné ztráty ve stadiu, kdy trh již bude přerozdělen v jeho prospěch. Anebo opačně: investor riskuje kvůli zvýšení průměrné výnosnosti svého podnikání.

Proto se úloha hodnocení investičních projektů za neurčitých podmínek formuluje spojením cílů a omezení [71].

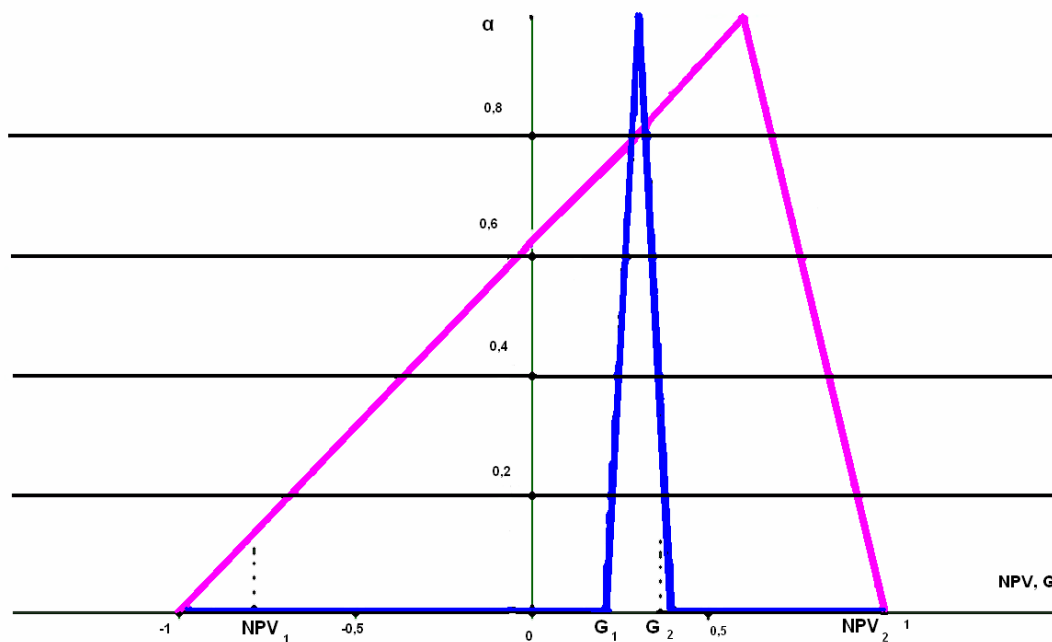
Klasický vztah (4.1) pro výpočet diskontované čisté současné hodnoty NPV modifikujeme pro nejistá vstupní data pomocí segmentové metody A. Nedosekina [71] takto:

Pro zvolenou úroveň členství (výši rizika)  $\alpha \in [0,1]$  přiřadíme výše uvedeným fuzzy číslům  $\underline{KV}, \underline{i}_t, \underline{\Delta P}_t, \underline{C}$  jejich intervaly příslušnosti (intervaly jistoty)  $[KV_1, KV_2], [i_{t1}, i_{t2}] [\Delta P_{t1}, \Delta P_{t2}], [C_1, C_2]$  a ve vztahu (4.1) nahradíme operace sčítání a odčítání reálných čísel výše definovanými operacemi (+), (-) s fuzzy čísly. Vznikne tato fuzzifikace vztahu (4.1):

$$\begin{aligned}
[NPV_1, NPV_2] &= (-)[KV_1, KV_2] (+) \left( \sum_{t=1}^N \left[ \frac{\Delta P_{t1}}{(1+i_{t2})}, \frac{\Delta P_{t2}}{(1+i_{t1})} \right] \right. \\
& (+) \left. \left[ \frac{C_1}{(1+i_{N+1,2})^{N+1}}, \frac{C_2}{(1+i_{N+1,1})^{N+1}} \right] \right) = \\
& \left[ -KV_2 + \sum_{t=1}^N \frac{\Delta P_{t1}}{(1+i_{t2})^t} + \frac{C_1}{(1+i_{N+1,2})^{N+1}}, -KV_1 + \sum_{t=1}^N \frac{\Delta P_{t2}}{(1+i_{t1})^t} + \frac{C_2}{(1+i_{N+1,1})^{N+1}} \right].
\end{aligned} \tag{4.2}$$

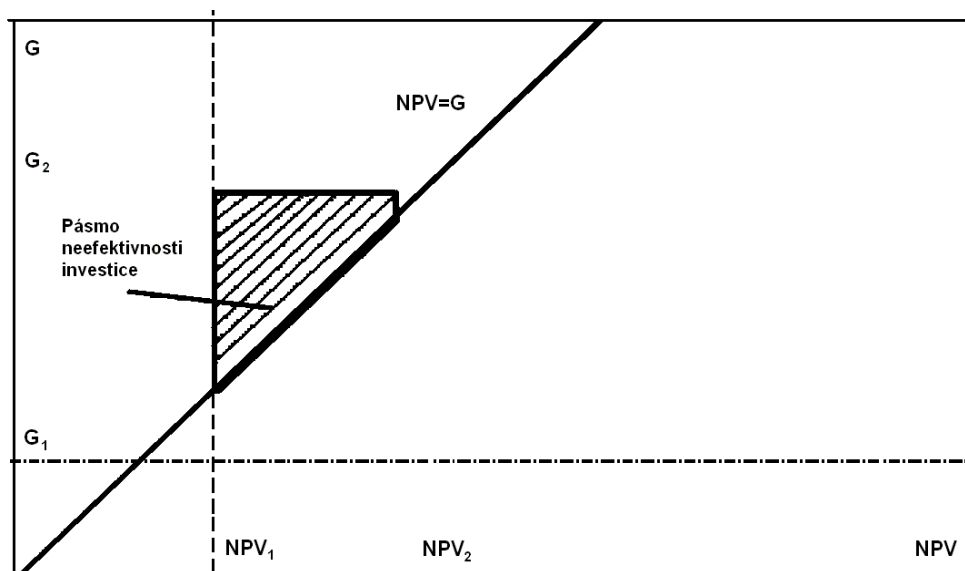
Tento vztah umožňuje vypočítat veškeré klíčové parametry pro hodnocení stupně rizika nejen přibližně, ale exaktně, na základě analytických vztahů. To je popsáno v dalším textu.

Na Obr. 4.2 jsou znázorněny funkce členství  $\mu_{NPV}(x)$  a  $\mu_G(x)$ . Jejich grafy se vždy protínají v bodech s nulovou ordinátou a v některých případech i v bodech s kladnou ordinátou. Například na obrázku 4.2 se tyto grafy protínají ve dvou bodech s kladnou ordinátou. Symbolem  $\alpha_1$  označíme největší ordinátu bodů, v nichž se grafy funkcí členství  $\mu_{NPV}(x)$  a  $\mu_G(x)$  protínají. Zvolíme libovolnou úroveň členství  $\alpha$  a definujeme odpovídající intervaly  $[NPV_1, NPV_2]$  a  $[G_1, G_2]$ . Při  $\alpha > \alpha_1$  se intervaly neprotínají, takže jistota v efektivnosti projektu je stoprocentní a stupeň rizika neefektivnosti investice se rovná nule v případě  $NPV_2 < G_1$ .



Obr. 4.2 Vztah NPV a kritéria efektivnosti [71]

Naopak, jestliže  $G_2 < NPV_1$ , pak je jistota v efektivnosti projektu nulová a stupeň rizika neefektivnosti investice se rovná jedné. Úroveň  $\alpha$  nazveme horní hranicí rizikového pásma. Při  $0 \leq \alpha \leq \alpha_1$ ,  $0 < \alpha_1$  se intervaly protínají.



Obr. 4.3 Pásma neefektivnosti investice [71]

Na Obr. 4.3 je zdůrazněna čárkovaná plocha neefektivních investic, ohraničená přímkami  $G=G_2$ ,  $NPV=NPV_1$ ,  $NPV=NPV_2$  a osou souměrnosti úhlu  $G=NPV$ . Vzájemné závislosti parametrů  $G_{1,2}$  a  $NPV_{1,2}$  dávají následující velikosti obsahu vyšrafované plochy:

$$S_\alpha = \begin{cases} 0, & \text{při } NPV_1 \geq G_2 \\ \frac{(G_2 - NPV_1)^2}{2}, & \text{při } G_2 > NPV_1 \geq G_1, NPV_2 \geq G_2 \\ \frac{(G_1 - NPV_1) + (G_2 - NPV_1)}{2} \times (G_2 - G_1), & \text{při } NPV_1 < G_1, NPV_2 \geq G_2 \\ (G_2 - G_1) \times (NPV_2 - NPV_1) - \frac{(NPV_2 - G_1)^2}{2}, & \text{při } NPV_1 < G_1 \leq NPV_2, NPV_2 < G_2 \\ (G_2 - G_1) \times (NPV_2 - NPV_1), & \text{při } NPV_2 < G_1 \end{cases} \quad (4.3)$$

Protože všechny realizace  $(NPV, G)$  pro určitou úroveň členství  $\alpha$  jsou stejně pravděpodobné, stupeň rizika neefektivnosti projektu  $\varphi(\alpha)$  je geometrická pravděpodobnost události, že se bod  $(NPV, G)$  dostane do pásma neefektivních investic:

$$\varphi(\alpha) = \frac{S_\alpha}{(G_2 - G_1) \times (NPV_2 - NPV_1)} \quad (4.4)$$

kde  $S_\alpha$  se vyhodnocuje podle (4.3).

Z toho vyplývá, že výsledná hodnota stupně rizika neefektivnosti projektu V&M je

$$V \& M = \int_0^{\alpha_1} \varphi(\alpha) d\alpha, \quad (4.5)$$

kde  $V\&M$  je hodnota stupně rizika neefektivnosti projektu.

V případě, že úroveň  $G$  je přesně známá, platí:

$$\varphi(\alpha) = \begin{cases} 0, & G < NPV_1 \\ \frac{G - NPV_1}{NPV_2 - NPV_1}, & NPV_1 \leq G \leq NPV_2, \alpha \in [0,1] \\ 1, & G > NPV_2 \end{cases} \quad (4.6)$$

Pro sběr všech potřebných údajů pro hodnocení rizika jsou zapotřebí dvě hodnoty inverzní funkce  $\mu_{NPV}^{-1}(\alpha_1)$ . První hodnota je  $G$  (podle definice horní hranice rizikového pásma  $\alpha_1$ ), druhou hodnotu pojmenujeme  $G'$ . Analogicky definujeme  $NPV_{\min}$  a  $NPV_{\max}$  – dvě hodnoty inverzní funkce  $\mu_{NPV}^{-1}(0)$ . Dále definujeme  $\overline{NPV}$  jako nejvíce očekávanou hodnotu  $\underline{NPV}$ . Pak hodnota stupně rizika investičního projektu V&M s ohledem na (4.6) má tvar:

$$V \& M = \begin{cases} 0, & G < NPV_{\min} \\ R \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), & NPV_{\min} \leq G \leq \overline{NPV} \\ 1 - (1 - R) \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), & \overline{NPV} \leq G \leq NPV_{\max} \\ 1, & G \geq NPV_{\max} \end{cases} \quad (4.7)$$

při čemž



$$R = \begin{cases} \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\max} - NPV_{\min}}, G < NPV_{\max} \\ 1, G \geq NPV_{\max} \end{cases} \quad (4.8)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, G < NPV_{\min} \\ \frac{G - NPV_{\min}}{NPV - NPV_{\min}}, NPV_{\min} \leq G < \overline{NPV} \\ 1, G = \overline{NPV} \\ \frac{NPV_{\max} - G}{NPV_{\max} - \overline{NPV}}, \overline{NPV} < G < NPV_{\max} \\ 0, G \geq NPV_{\max} \end{cases} \quad (4.9)$$

Vzorec 4.7 prozkoumáme pro tři konkrétní případy:

1. Při  $G=NPV_{\min}$  (maximálně nízké riziko)  $R=0$ ,  $\alpha_1=0$ ,  $G'=NPV_{\max} \Rightarrow V\&M=0$ .
2. Při  $G=G'=\overline{NPV}$  (střední riziko)  $\alpha_1=1$ ,  $R=(NPV_{\max}-\overline{NPV})/(NPV_{\max}-NPV_{\min})=1-P \Rightarrow V\&M=(NPV_{\max}-\overline{NPV})/(NPV_{\max}-NPV_{\min})$ .
3. Při  $G=NPV_{\max}$  (maximálně vysoké riziko)  $P=0$ ,  $\alpha_1=0$ ,  $G'=0 \Rightarrow V\&M=1$ .

Z toho vyplývá, že hodnota stupně rizika V&M nabývá hodnot v rozmezí od 0 do 1. Každý investor vychází ze svých předpokladů a proto může definovat hodnoty V&M, a tím i interval nevhodných hodnot rizika. Dále je také vhodná detailnější gradace rizika s použitím lingvistické proměnné „**Stupeň rizika**“ s množinou hodnot  $\{Nepatrné, Nízké, Střední, Relativně vysoké, Nepřijatelné\}$ , s pomocí které každý investor může samostatně popsat nepřesné množiny zadáním jedné z pěti hodnot funkce členství  $\mu^*(V\&M)$  [71].

Pro efektivní použití fuzzy modelu vzniklého na základě vzorce (4.2) a jeho následujících modifikací je vhodné tento model implementovat do báze znalostí expertního systému, čemuž je věnována následující kapitola.

## 4.2 Počítačová realizace navrhovaného fuzzy modelu

Modelováním na počítačích rozumíme činnost, která obsahuje tři základní etapy:

1. Formulování matematického popisu originálu – **výstavba modelu.**
2. Realizaci matematického projevu na počítači – **naprogramování modelu.**
3. Experimentování s modelem – **opakování řešení úlohy** [83].

Výstavba modelu investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti je popsána v kapitole 4.1. Nyní bude pozornost věnována etapě realizace tohoto matematického modelu na počítači pomocí prázdného expertního systému Copmic implementovaného v podnikové praxi. Systém byl pro výzkumné účely zapůjčen od české firmy úspěšně působící na českém a zahraničním trhu v oblasti informačních technologií.

Vývoj expertního systému pro podporu investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti probíhal podle klasického postupu fázemi analýza, návrh, implementace, testování a zavádění. Tento postup bývá nazýván vodopádový model vývoje. - viz Tab. 4.1:

**Tab. 4.1 Popis vývoje informačního systému pro počítačovou realizaci navrhovaného fuzzy modelu**

Fáze projektu	Dílčí části fáze	Popis
<b>Analýza a návrh</b>	definování účelu projektu	Expertní systém pro hodnocení investičních projektů za podmínek nejistoty a neurčitosti pro střední a menší firmy

(Pokračování tabulky 4.1)

<b>Analýza a návrh</b>	průzkum trhu	<p>Výsledkem průzkumu českého trhu v dané oblasti jsou následující zjištění:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) existuje celá řada zakázkových expertních systémů pro investiční rozhodování jednotlivých velkých firem</li> <li>2) pro střední a menší firmy zakázkový expertní systém není dostupný z finančního hlediska</li> <li>3) neexistuje univerzální expertní systém pro hodnocení investičních projektů středních a malých firem</li> <li>4) je vhodné se pokusit o vytvoření univerzálního prázdného expertního systému pro menší firmy. Pro účely hodnocení konkrétního investičního projektu se tento prázdný systém pouze naplní daty konkrétní firmy a konkrétního projektu a je připraven k použití. Je zřejmé, že v tomto případě jsou náklady na vytvoření takového nástroje nižší a tedy jeho finanční dostupnost pro menší firmy je vyšší</li> </ol>
	specifikace požadavků	<p>Systém by měl hodnotit investiční projekty středních a menších firem pomocí klasické metody NPV a dále pomocí navrhovaného fuzzy modelu. Vstupní data se mohou dostávat do systému pomocí pokládání otázek uživateli a taky přímo z podnikové databáze. Vstupní informace mohou být jak určité, tak i neisté a neurčité. Výstupem by měla být vypočítaná hodnota NPV projektu znázorněná grafem a dále zpráva o efektivnosti projektu</p>
	funkční analýza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- použití navrhovaného fuzzy modelu pro hodnocení investičních projektů</li> <li>- možnosti zadání neurčitých vstupů</li> <li>- znázornění a srozumitelnost výstupů</li> <li>- univerzálnost použití (pro více firem)</li> <li>- finanční dostupnost pro zákazníka (střední a menší firmy)</li> <li>- rychlost zpracování velkých objemů dat</li> </ul>
	návrh datového modelu	<p>Návrh datového modelu byl zpracován odborníkem v oblasti IT. Výsledný UML diagram kvůli zaměření dané práce není její součástí</p>

(Pokračování tabulky 4.1)

	volba vhodných programových a databázových nástrojů	Pro vědecké účely byl zapůjčen prázdný expertní systém Compic Orion s těmito vlastnostmi: <ul style="list-style-type: none"> <li>- systém je analogický známému systému PROSPECTOR ve své mimořádné schopnosti pracovat s neurčitostí v datech a znalostech</li> <li>- má řadu originálních vylepšení, která zlepšují plánovací a procesní schopnosti, umožňují personalizaci, analogie a sestavování složitých řešení ze znalostí od různých odborníků</li> <li>- je vhodný pro použití v podnikovém měřítku pomocí napojení na podnikovou databázi</li> <li>- rychlé zpracování dat je zaručeno inferenčním strojem a reprezentací znalostí deduktivním stromem</li> </ul>
	časový plán	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formulace zadání, specifikace požadavků, funkční analýza ... 30 člověkodní</li> <li>- datový model ... 45 člověkodní</li> <li>- naprogramování aplikací ... 60 člověkodní</li> <li>- ladění, testování, nasazení do provozu ... 20 dní</li> </ul>
<b>Implementace</b>		Implementace algoritmů výpočtu NPV do uzlů deduktivního stromu, vytvoření rozhodovacího stromu
<b>Testování</b>		Pozitivní a negativní testování, systémové a integrační testy, ověření výsledků výpočtů systému pomocí manuálních výpočtů, zátěžové zkoušky
<b>Zavádění</b>		Případová studie: viz kapitoly 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3

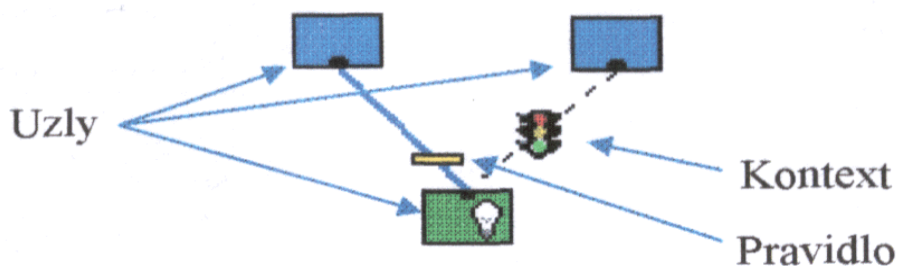
### Fáze implementace

Prázdný expertní systém Compic byl navržen tak, aby pokrýval informační potřeby organizace a dokázal integrovat a budovat různá složitá řešení. Při volbě pro deduktivní stromy analogického systému PROSPECTOR rozhodla mimořádně dobrá práce s neurčitostí v datech i ve znalostech. Během vývoje deduktivního systému (inferenčního stroje zpracovávajícího znalosti reprezentované deduktivním stromem) byla vytvořena řada originálních vylepšení, která zlepšují plánovací a procesní schopnosti, umožňují personalizaci, analogie a sestavování složitých řešení ze znalostí od různých odborníků.

Vývojové nástroje navrhovaného systému umožňují vytvářet deduktivní bloky pomocí vizuálních schémat a snadného zadání vazeb i s neurčitostmi, které charakterizují jednotlivé

zkušenosti a intuice zkušených odborníků. Tito odborníci takové formulaci rozumí i v případě, že neovládají standardní programovací metody a to výrazně usnadňuje úlohu znalostnímu inženýrovi [34].

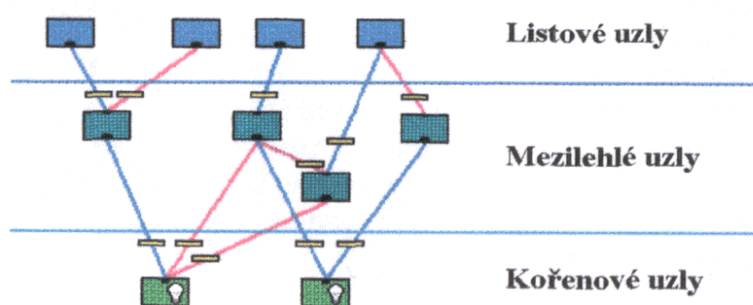
Deduktivní strom se skládá se tří druhů objektů: uzlů, pravidel a kontextů, viz Obr. 4.4:



**Obr. 4.4** Základní prvky deduktivního stromu

Zdroj: Firemní materiály Compic Orion s.r.o. [online]. Dostupný z: <http://www.compic.cz> [cit. 2003-03-07]

Uzel je nositelem tvrzení a pravděpodobnosti tohoto tvrzení. Pravidla definují vztahy mezi uzly a kontexty určují, kdy má smysl určité uzly prozkoumat a kdy ne. Existují tři typy uzlů deduktivního stromu, viz Obr. 4.5:



**Obr. 4.5** Typy uzlů deduktivního stromu

Zdroj: Firemní materiály Compic Orion s.r.o. [online]. Dostupný z: <http://www.compic.cz> [cit. 2003-03-07]

Každý uzel je nositelem tvrzení a jeho pravděpodobnosti. Pravděpodobnost se vyjadřuje v rozsahu od -100% do +100%. 100% znamená jistě ano, 50% možná ano, -50% možná ne, -100% jistě ne a 0% odpovídá tvrzení nevím [34].

**Listové uzly** mají za úkol zjistit dotazem aktuální skutečnost z informačního zdroje. Informačním zdrojem je nejčastěji podniková databáze, ale může jím být také webová služba nebo odpověď uživatele na otázku expertního systému. Aktuální informace pak může být převedena na pravděpodobnost tvrzení uzlu dvěma způsoby:

- srovnáním s referenčními hodnotami
- fuzzifikací vstupní hodnoty. To znamená, že stanovujeme pravděpodobnost tvrzení uzlu zjištěním průsečíku vstupní hodnoty a fuzzy funkce

**Mezilehlé uzly** odvozují svou pravděpodobnost z listových uzlů, se kterými jsou propojeny pravidly. Listové uzly jsou předpoklady a mezilehlý uzel tvoří závěr. Odvozovací mechanismus používá pro spojování pravidel víceúrovňovou logiku. Výpočet provede vybraná odvozovací metoda a možná je i dodatečná fuzzifikace.

**Kořenové uzly** bývají většinou hlavními zkoumanými cíli. Jejich pravděpodobnost se odvozuje z listových a mezilehlých uzlů, s kterými jsou propojeny pravidly. Listové a mezilehlé uzly jsou předpoklady a kořenový uzel tvoří závěr. Odvozovací mechanismus pracuje stejně jako u mezilehlých uzlů. Typy uzlů deduktivního stromu jsou znázorněné na Obr. 4.5.

### Popis práce se zkoumaným expertním systémem

Po spuštění programu se objeví přihlašovací okno. Systém požádá uživatele o uvedení jeho přihlašovacího jména a hesla:



Obr. 4.6 Přihlašovací okno expertního systému

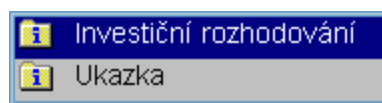
V případě chybného zadání přihlašovacích údajů informuje systém uživatele pomocí chybového hlášení.

Po úspěšném přihlášení se otevře okno s hlavní nabídkou programu (s menu). V této nabídce má uživatel možnost volby práce buď se spustitelnou aplikací programu (položka menu „Poradce“) anebo s jeho vývojovými nástroji (položka menu „Moduly“) . Dále jsou dostupné standardní položky menu jako „Nápověda“ k programu, „Novinky“ (pro prohlížení informací o proběhlých událostech) a položka „Ukončit“ pro ukončení práce s programem.



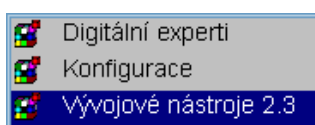
Obr. 4.7 Okno s hlavní nabídkou programu

V systému Compic byla v rámci výzkumu dané disertační práce vytvořena spustitelná aplikace pod názvem „Investiční rozhodování“, dostupná z položky „Poradce“. V této aplikaci je do baze znalosti expertního systému implementován algoritmus fuzzy výpočtu čisté současné hodnoty projektu podle vzorce (4.2). Dále je také dostupná spustitelná aplikace „Ukázka“ pro prezentaci možností daného expertního systému.



Obr. 4.8 Spustitelné aplikace expertního systému Compic

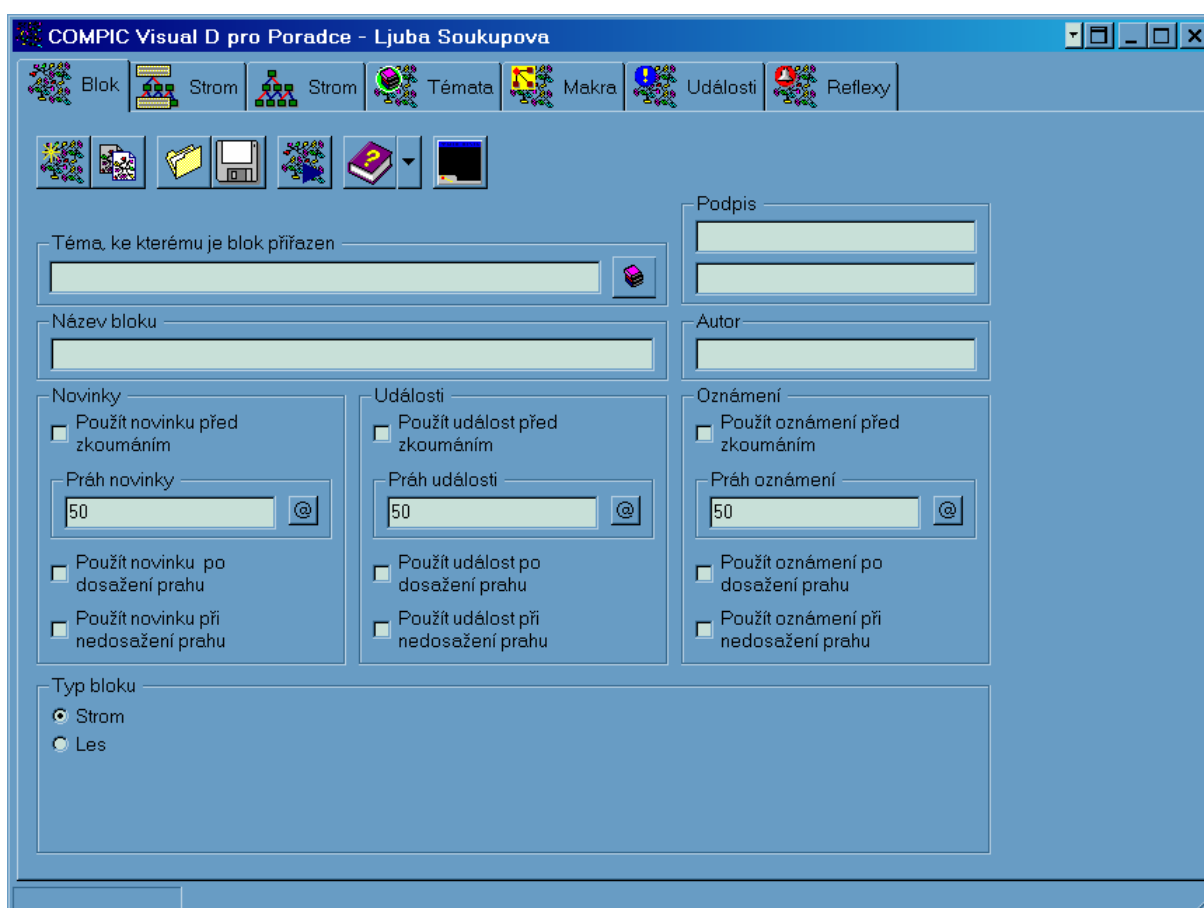
Tyto spustitelné aplikaci byly vytvořeny pomocí vývojových nástrojů expertního systému Compic, dostupných z položky menu Moduly→Vývojové nástroje 2.3, viz Obr. 4.9:



Obr. 4.9 Položka menu „Vývojové nástroje 2.3“

Po kliknutí na položku menu „Vývojové nástroje 2.3“ se otevře vývojové okno, viz Obr. 4.10, ve kterém jsou dostupné záložky:

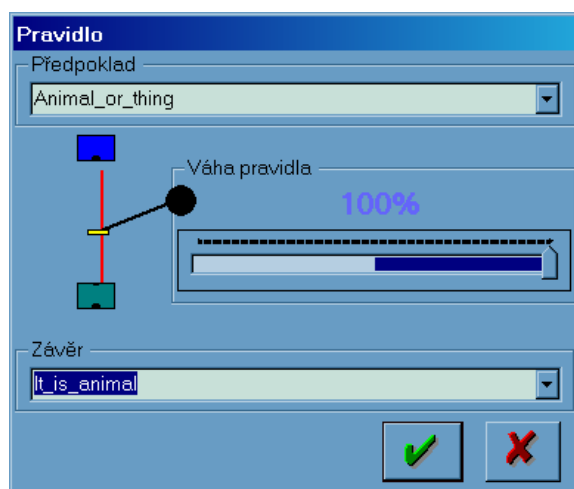
- Blok
- Strom
- Les (vícenásobné stromy)
- Témata
- Makra
- Události
- Reflexy



Obr. 4.10 Vývojové okno programu



Vývoj stromu pro aplikaci „Investiční rozhodování“ probíhal v záložce „Strom“ pomocí zadání uzlů, pravidel a kontextů. Na Obr. 4.11 je znázorněno okno pro vytvoření možnosti snadného zadávání váhy pravidla:

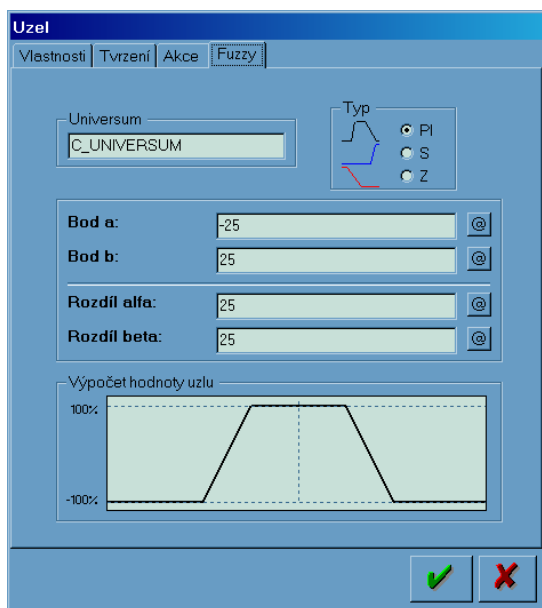


Obr. 4.11 Okno pro stanovení váhy pravidla

Na Obr. 4.12 je znázorněno okno pro vytvoření uzlu deduktivního stromu, které obsahuje tyto čtyři záložky:

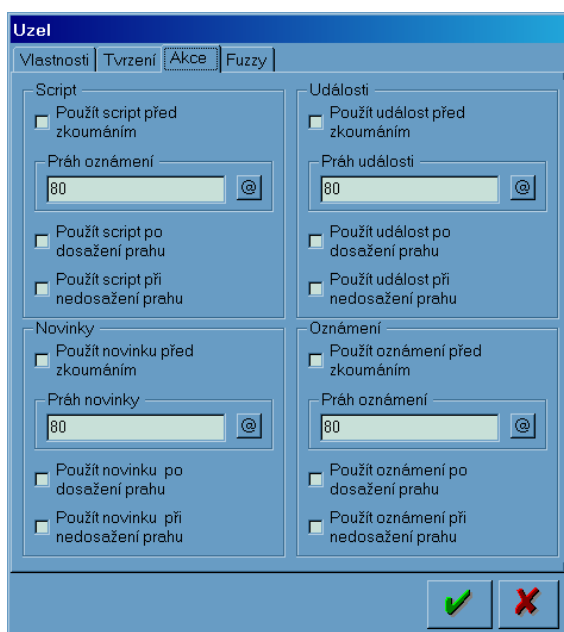
- Vlastnosti
- Tvrzení
- Akce
- Fuzzy

Pomocí volby typu funkce členství v záložce „Fuzzy“ lze snadno zadávat minimální a maximální hodnoty příslušného parametru. Výsledný graf funkce členství se zobrazuje ve spodní části okna.



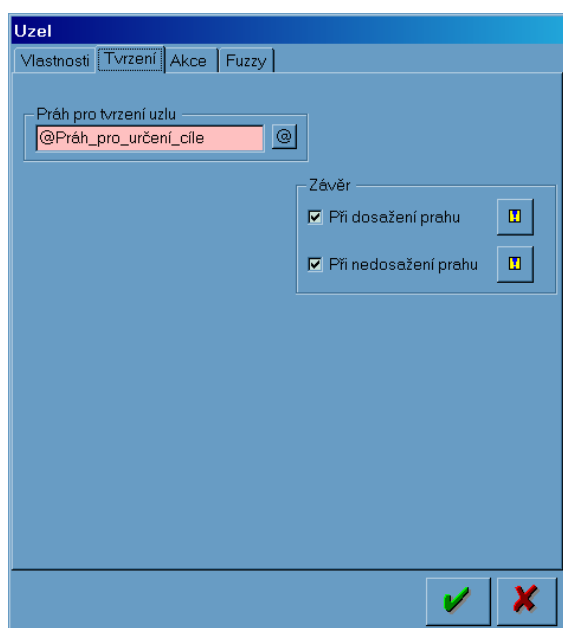
Obr. 4.12 Okno pro vytvoření uzlu: definování fuzzifikace uzlu

Práh oznámení akce je možné zadat pomocí záložky „Akce“ v okně „Uzel“, viz Obr. 4.13:



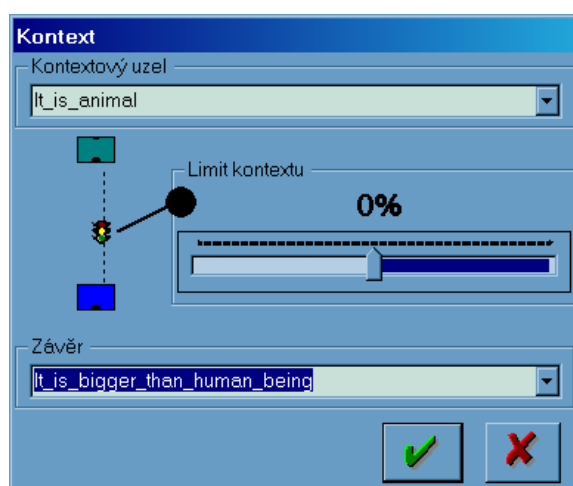
Obr. 4.13 Definování akce uzlu

Se závěry aplikace se lze seznámit v záložce „Tvrzení“ v okně „Uzel“, viz Obr. 4.14



Obr. 4.14 Definování tvrzení uzlu

Okno pro zprávu kontextů v deduktivním stromu je znázorněno na Obr. 4.15:



Obr. 4.15 Okno pro vytvoření kontextu

Na závěr shrneme, že v dané kapitole byla pozornost věnována počítačové realizaci fuzzy modelu pro určení průběhu čisté současné hodnoty projektu. Jako nástroj pro realizaci tohoto matematického modelu na počítači byl zvolen prázdný expertní systém Copmic z podnikové praxe díky jeho mimořádné dobré schopnosti zpracování nejistých a neurčitých vstupních dat.

### 4.3 Návrh metodiky investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti

Metodiku investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti, kterou v této kapitole popíšeme, budeme nazývat **metodika IRPNN**. Tato metodika využívá metod a postupů definovaných v předchozích kapitolách.

Efektivní použití metodiky IRPNN předpokládá existenci fuzzy expertního systému Compic s algoritmem výpočtu NPV implementovaným do inferenčního mechanismu podle vzorce (4.2) a bází dat naplněnou podnikovými daty. Dále je také možné manuální použití metodiky IRPNN bez aplikace expertního systému, ale v tomto případě veškeré kroky metodiky mají být provedeny ručně, například v tabulkovém procesoru MS Excel.

Metodika IRPNN sestává z těchto kroků:

**1. Sběr vstupních dat pro hodnocení investičního projektu.** Je potřeba získat informace o všech parametrech: tedy o složkách příjmů ( $\Delta P_t$ ) a nákladů ( $KV$ ) investice, o diskontní sazbě ( $i_t$ ) v době životnosti projektu ( $N$ ), o zůstatkové ceně ( $C$ ) a očekávané úrovni projektu ( $G$ ) od které investor považuje projekt za efektivní. V případě, že uvedené hodnoty nejsou přímo k dispozici, vypočteme je z jejich složek. Z důvodu komplexnosti podkladů získáváme vstupní data nejenom u uživatelů pomocí otázek, ale také pomocí napojení expertního systému na podnikovou databázi. Využijeme i odborných znalostí experta (heuristiky).

**2. Analýza míry nejistoty a neurčitosti ve vstupních datech.** Provedeme analýzu vstupních dat, cílem které je zjištění, zda hodnotu konkrétního vstupu lze s jistotou určit nebo nikoliv. Primárně pro získání těchto informací používáme otázky k uživateli a pokud zjistíme, že vstup nelze určit s jistotou, hledáme i zdroj nejistoty a míru nejistoty. Pro odhalení zdrojů a míry nejistoty a neurčitosti vstupů použijeme také data z podnikové databáze a odborných znalostí experta (heuristiky).

**3. Fuzzifikace vstupů pro hodnocení investičního projektu.** Reálné proměnné vstupních parametrů výpočtu převedeme na jazykové proměnné. Pro vyjádření míry nejistoty a neurčitosti ve vstupních datech použijeme fuzzy čísla  $\underline{\Delta P}_t, \underline{KV}, \underline{i}_t, \underline{N}, \underline{C}, \underline{G}$  s funkcí členství  $\mu(x)$  určující členství atributu proměnné v příslušné fuzzy množině. Tato čísla modelují výrok typu: „*parametr A se rovná přibližně  $\bar{a}$  a jednoznačně patří do intervalu  $[a_{\min}, a_{\max}]$ “*

4. **Fuzzy inference** je založena na výpočtu fuzzy čísla čisté současné hodnoty projektu  $\underline{NPV}$  podle vzorce (4.2), popsaného v kapitole 4.1:

$$\begin{aligned}
 [NPV_1, NPV_2] &= (-)[KV_1, KV_2] (+) \left( \sum_{t=1}^N \left[ \frac{\Delta P_{t1}}{(1+i_{t2})}, \frac{\Delta P_{t2}}{(1+i_{t1})} \right] \right. \\
 & \left. (+) \left[ \frac{C_1}{(1+i_{N+1,2})^{N+1}}, \frac{C_2}{(1+i_{N+1,1})^{N+1}} \right] \right) = \\
 & \left[ -KV_2 + \sum_{t=1}^N \frac{\Delta P_{t1}}{(1+i_{t2})^t} + \frac{C_1}{(1+i_{N+1,2})^{N+1}}, -KV_1 + \sum_{t=1}^N \frac{\Delta P_{t2}}{(1+i_{t1})^t} + \frac{C_2}{(1+i_{N+1,1})^{N+1}} \right].
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

V případě, že některý z parametrů  $\underline{A}$  lze definovat s jistotou, fuzzy číslo  $\underline{A}$  nabývá hodnoty reálného čísla  $A$  za podmínky že  $a_{\min} = \bar{a} = a_{\max}$ . Princip metody se v tomto případě nemění. Výstupem fuzzy inference je jazyková proměnná  $\underline{NPV} = (NPV_{\min}, \overline{NPV}, NPV_{\max})$ .

5. **Defuzzifikace výstupů.** Výsledek předchozí operace fuzzy inference převedeme na reálné hodnoty. Reálná hodnota je v našem případě diskontovaná čistá současná hodnota projektu (NPV), která se rovná přibližně  $\overline{NPV}$  a jednoznačně patří do intervalu  $[NPV_{\min}, NPV_{\max}]$ .

6. **Grafické znázornění výstupů fuzzy modelu.** Je to buď graf vytvořený expertním systémem, nebo v tabulkovém procesoru MS Excel, kde osa X je výše NPV v jednotlivých letech životnosti projektu, osa Y jsou roky. Rok, ve kterém NPV dosáhne kladné hodnoty, určuje dobu návratnosti investice.

7. **Sestavení závěru ohledně efektivnosti investičního projektu.** Jsou-li minimální, maximální i nejvíce očekávaná hodnota NPV projektu kladné a zároveň vyšší, než úroveň projektu G, pak je projekt jednoznačně efektivní a lze ho doporučit k realizaci.

Jestliže alespoň jedna z výsledných hodnot NPV – minimální, nejvíce očekávaná nebo maximální -- není kladná anebo je menší nebo rovná úrovni projektu G, pak projekt nelze považovat za jednoznačně efektivní. V tom případě je potřeba informovat investora o všech možných dopadech projektu a doporučit návrh na zlepšení podmínek projektu.

## 4.4 Aplikace metodiky IRPNN: případová studie

V této části se zaměříme na praktickou aplikaci přístupů popsaných v předešlých kapitolách a shrnutých ve výše uvedeném návrhu metodiky IRPNN.

Pro hodnocení tří velkých investičních projektů z oblasti strojírenství a z jiných průmyslových odvětví aplikujeme nejprve klasický přístup k hodnocení, založený na metodě NPV, a následně metodiku IRPNN, navrženou v této disertační práci. Na závěr provedeme porovnání a analýzu výsledků dosažených oběma přístupy.

### 4.4.1 Investiční projekt výstavba koleje VUT v Brně

**Cíl projektu:** Výstavba koleje VUT v Brně stavební firmou s následujícím 30-letým pronájmem budovy univerzitě.

Pro zjednodušení budeme dále v textu projekt *VÝSTAVBA KOLEJE VUT V BRNĚ* nazývat **projekt A**. Hodnocení efektivity investičního projektu A pomocí klasického přístupu bylo provedeno v roce 2004 v rámci pojednání k disertační práci (pro detailní výpočty viz také přílohy A-E), a proto v této kapitole uvedeme pouze jeho výsledky, viz. Tab. 4.2 a Obr. 4.4:

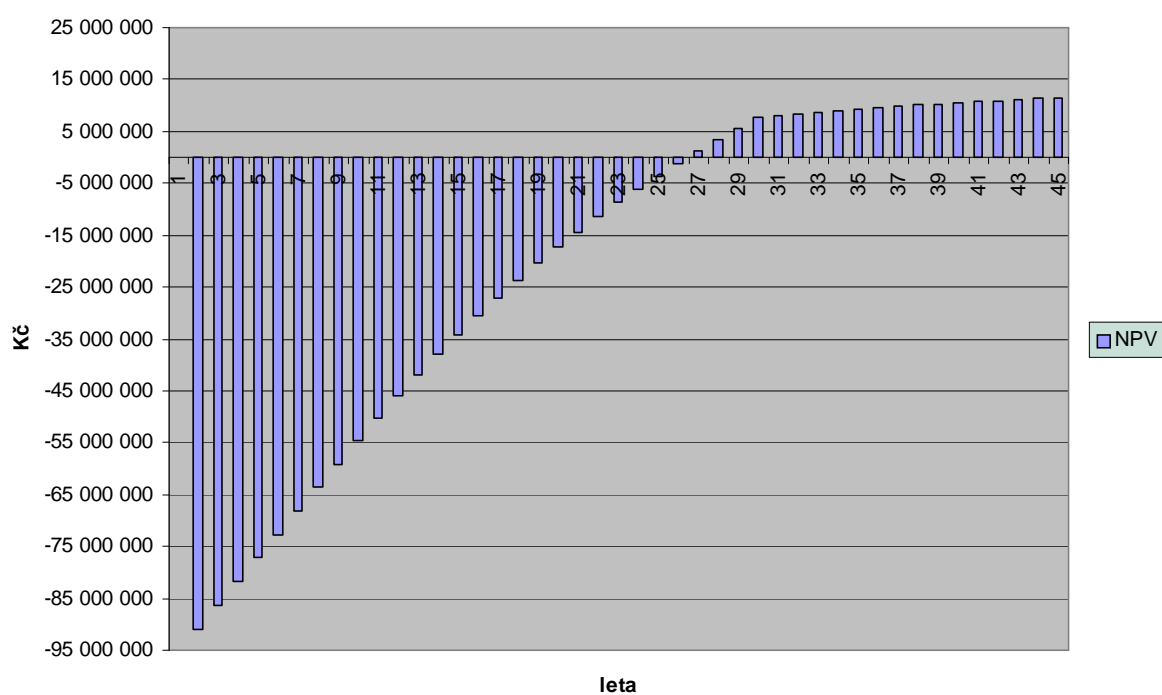
**Tab. 4.2 Vstupní hodnoty deterministického modelu pro hodnocení projektu A metodou čisté současné hodnoty investice NPV**

Název vstupní hodnoty	Projekt A	Vstupní hodnota
Kapitálový výdaj, <b>KV</b>	Cena pořízení budovy je smluvně stanovena ve výši 100 000 000 Kč	100mil.Kč
Příjem z investice v jednotlivých letech životnosti, $\Delta P_t$	Příjem za pronájem budovy nelze přesně odhadnout kvůli dynamice inflace (viz 4.17) a dalším faktorům pro investici s tak dlouhou dobou životnosti. Smluvně je stanoven roční fixní index inflace nájemného ve výši 2 %.  Doba odepisování budovy 45 let, lineární metoda Odepisování	Peněžní příjem celkem (vč. inflace 2% ročně): <b>368 033 614,55 Kč</b>  Diskontovaný peněžní příjem celkem: <b>118 391 368,42 Kč</b>
Diskontní sazba investičního projektu, $i_t$	Nelze přesně odhadnout, viz Obr. 4.18 Pro výpočet je použita sazba ve výši aktuální úrovně příslušné roku výpočtu (2004)	6%

(Pokračování tabulky 4.2)

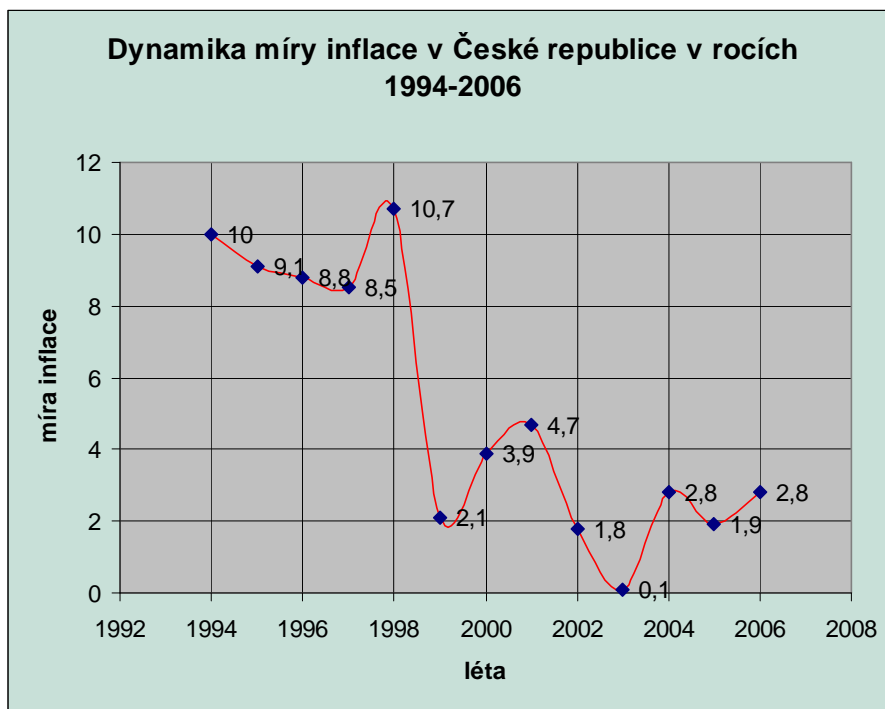
Životnosti investice, <b>N</b>	Je smluvně stanovena	45 let
Zůstatková cena, <b>C</b>	Je smluvně stanovena	1000 Kč
Úroveň projektu, <b>G</b>	0 (standardní)	0

Podle výstupu deterministického modelu je čistá současná hodnota projektu A rovna 11 483 823 Kč, čistá současná hodnota projektu je kladná od 27.roku, viz Obr. 4.16



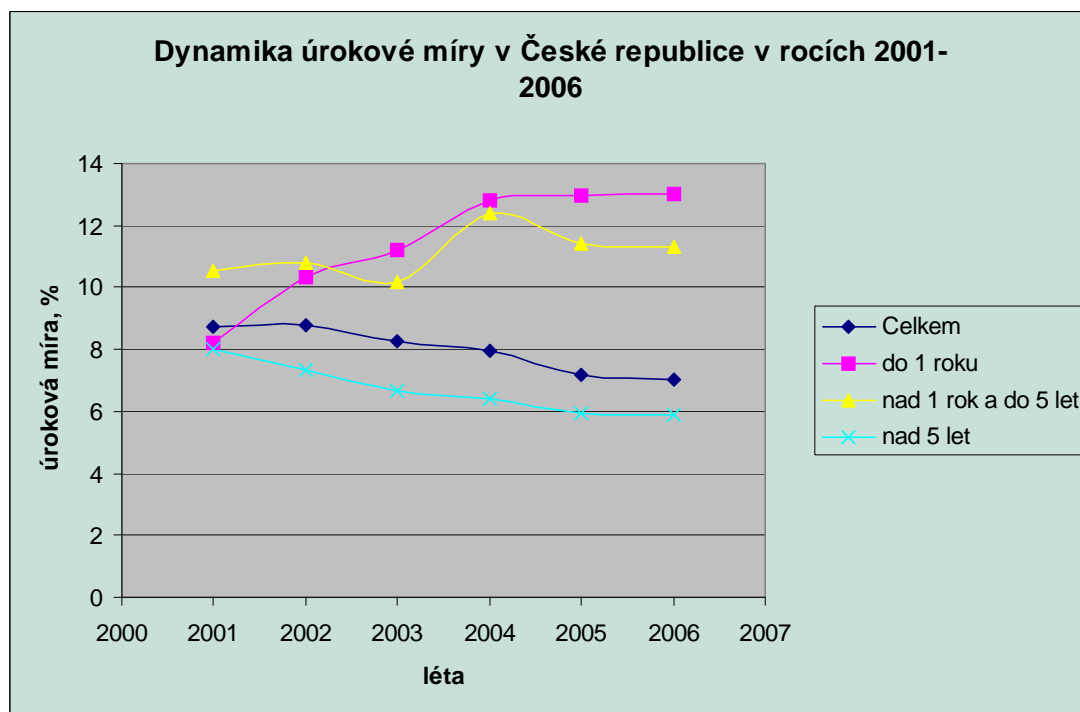
**Obr. 4.16** Dynamika NPV pro projekt A (výstup deterministického modelu)

Dynamika inflace v letech 1994-začátek 2006 je znázorněna Obr. 4.17:



**Obr. 4.17 Dynamika inflace v České republice v letech 1994-začátek 2006**  
 Zdroj: Česká Národní Banka, <http://www.cnb.cz>, 2006

Dynamika úrokové míry v letech 2001-začátek 2006 je znázorněna na Obr. 4.18:



**Obr. 4.18 Dynamika úrokové míry v České republice v letech 2001-začátek 2006**  
 Zdroj: Česká Národní Banka, <http://www.cnb.cz>, 2006



Detailně jsou výsledky hodnocení investičního projektu A pomocí klasického přístupu (kritéria čisté současné hodnoty NPV) popsány v kapitole 3.1. Proto jim není věnována pozornost v této kapitole.

Z analýzy dynamiky ukazatelů na Obr. 4.17-Obr. 4.18 vyplývá, že nemáme-li jistotu v hodnotách vstupních parametrů  $\Delta P_t$  a  $i_t$ , pak je pro hodnocení NPV daného projektu vhodné aplikovat metodiku IRPNN.

**Tab. 4.3 Vstupní hodnoty fuzzy modelu pro hodnocení projektu A pomocí navrhované metodiky IRPNN**

Název vstupní hodnoty	Projekt A	Vstupní hodnota FUZZY ČÍSLO
Kapitálový výdaj, <b>KV</b>	Cena pořízení budovy je smluvně stanovena ve výši 100 000 000 Kč	$\underline{KV}=(100 \text{ mil.}; 100 \text{ mil.}; 100 \text{ mil.}) \text{ Kč}$
Příjem z investice v jednotlivých letech životnosti, $\Delta P_t$	Příjem za pronájem budovy nelze přesně odhadnout kvůli dynamice inflace (viz 4.17) a dalším faktorům pro investici s tak dlouhou dobou životnosti. Smluvně je stanovený roční fixní index inflace nájemného ve výši 2 %.  Doba odepisování budovy je 45 let, lineární metoda odepisování	$\Delta P_t=(236 \ 143 \ 821; 333 \ 873 \ 996; 431 \ 604 \ 171) \text{ Kč}$
Diskontní sazba investičního projektu, $i_t$	Nelze přesně odhadnout, viz Obr. 4.18	$\underline{i}_t=(4;6;8) \%$
Životnost investice, <b>N</b>	Je smluvně stanovena	$\underline{N}=(45; 45; 45) \text{ let}$
Zůstatková cena, <b>C</b>	Je smluvně stanovena	$\underline{C}=(1000;1000; 1000) \text{ Kč}$
Úroveň projektu, <b>G</b>	0 (standardní)	$\underline{G}=(0; 0; 0) \text{ Kč}$

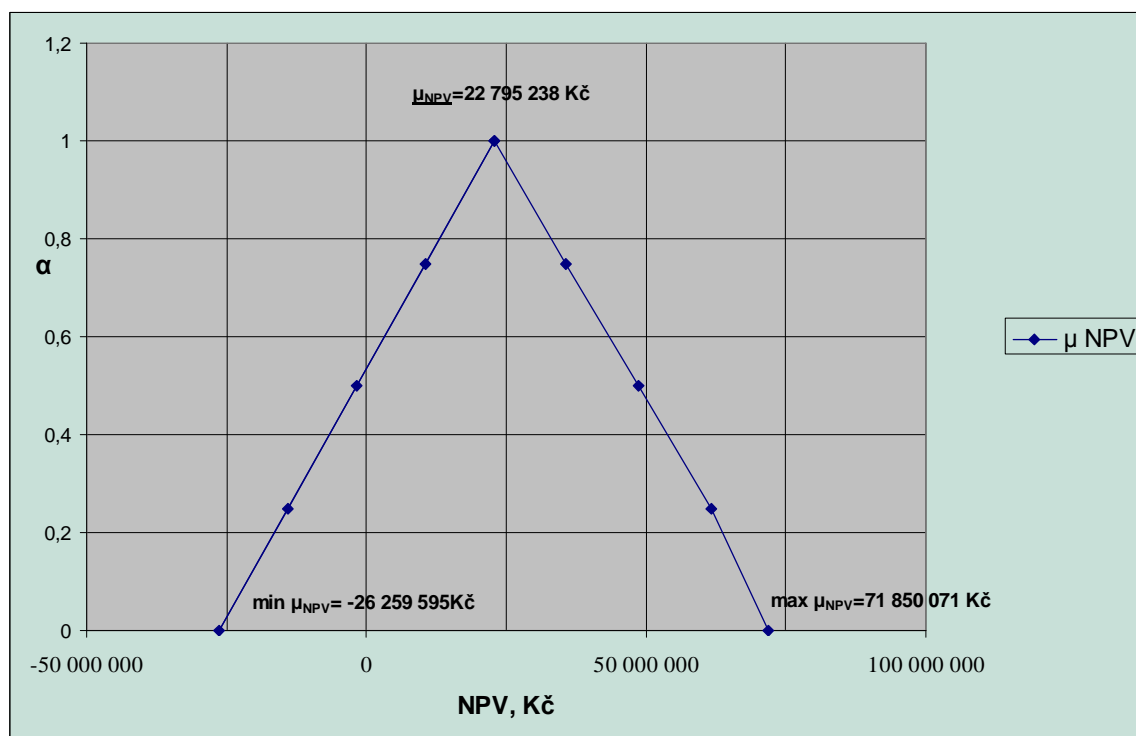
Výsledkem metodiky IRPNN (veškeré výpočty jsou uvedeny v přílohách F-I) je fuzzy číslo  $\underline{NPV} = (-26259595; 22795238; 71850071)$ . Protože úroveň G je přesně známa, má funkce členství  $\mu_{NPV}$  v souladu se vzorcem (4.11) trojúhelníkový tvar:

$$\mu_{NPV}(x) = \begin{cases} 0, & x < -26\,259\,595 \\ \frac{x + 26\,259\,595}{71\,850\,071 + 26\,259\,595}, & -26\,259\,595 \leq x \leq 71\,850\,071 \\ 1, & x > 71\,850\,071 \end{cases} \quad \alpha \in [0,1]$$

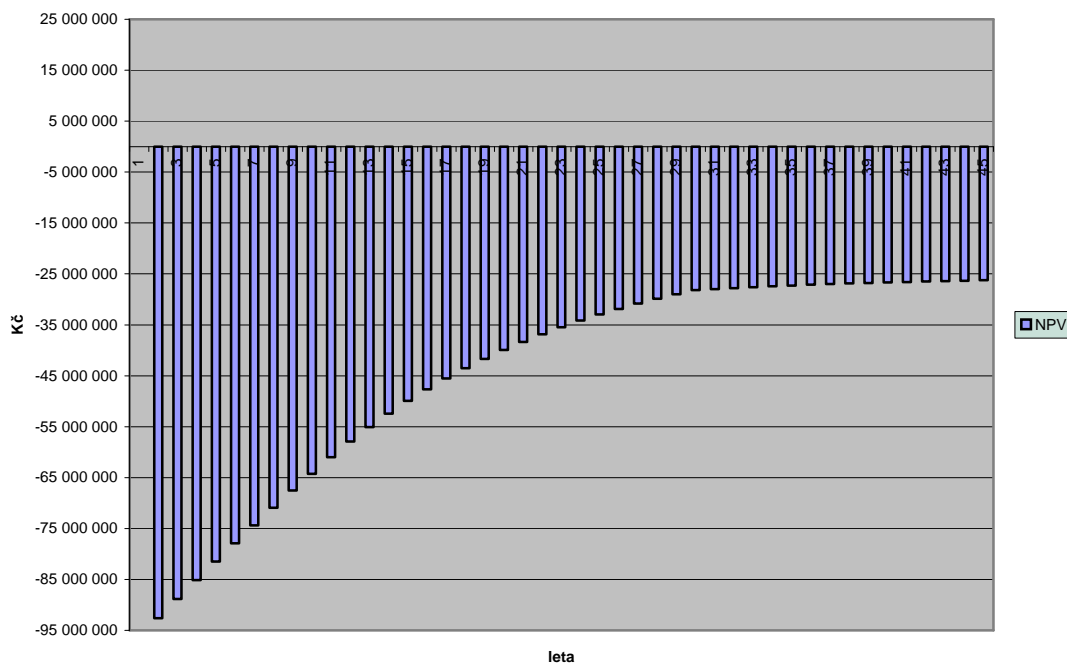
Tab. 4.4 Intervaly jistoty podle úrovně členství  $\alpha$  pro projekt A

$\alpha$	$i_t$		$P_t$		NPV	
	6	6	333 873 996	333 873 996	22 795 238	22 795 238
1	5,5	6,5	309 441 453	358 306 540	10 531 530	35 755 616
0,75	5	7	285 008 909	382 739 084	-1 732 179	48 715 994
0,5	4,5	7,5	260 576 365	407 171 628	-13 995 887	61 676 372
0,25	4	8	236 143 821	431 604 171	-26 259 595	71 850 071

Funkce  $\mu_{NPV}$  pro projekt A je znázorněna na obr.4.19:

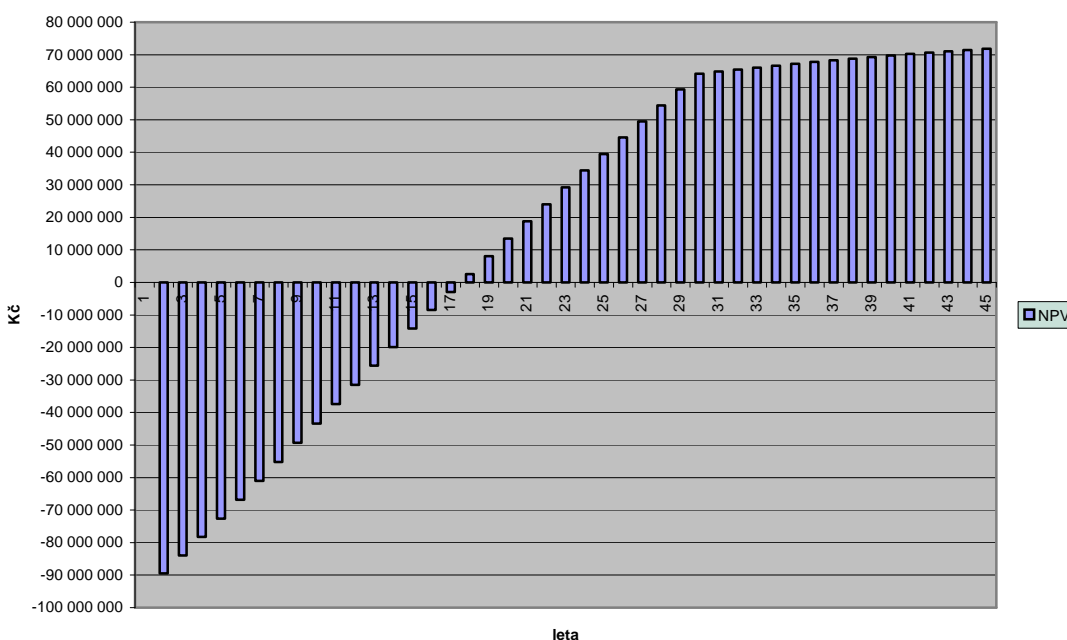
Obr. 4.19 Trojúhelníkový tvar funkce  $\mu_{NPV}$  pro projekt A

Pesimistický odhad čisté současné hodnoty NPV projektu A ve výši - 26 259 595 Kč podle výstupu fuzzy modelu je znázorněno na Obr. 4.20:



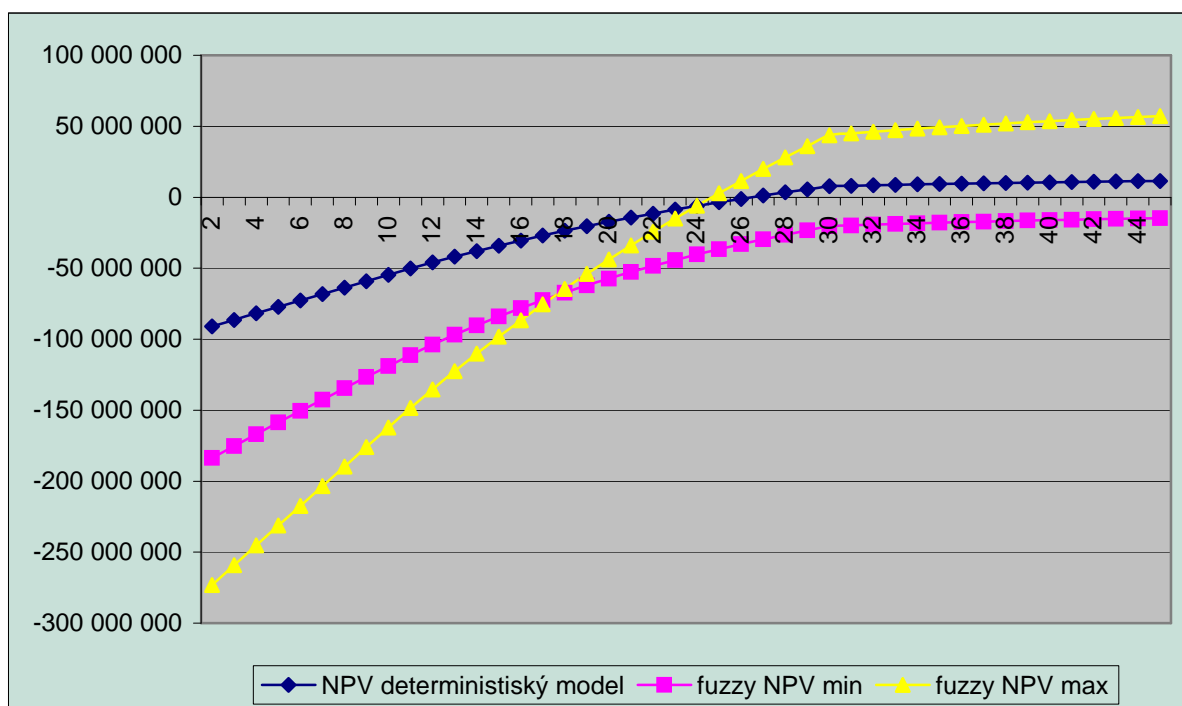
Obr. 4.20 Dynamika NPV<sub>min</sub> pro projekt A (výstup fuzzy modelu)

Optimistický odhad čisté současné hodnoty NPV projektu A ve výši 71 850 071 Kč podle výstupu fuzzy modelu je znázorněn na Obr. 4.21:



Obr. 4.21 Dynamika NPV<sub>max</sub> pro projekt B (výstup fuzzy modelu)

Podle výsledků deterministického modelu se investice do projektu A nejeví jako riziková, avšak jak ukazuje výstup fuzzy modelu, vzhledem k relativně dlouhé době životnosti lze daný projekt považovat za vysoce rizikový. I nepatrná změna ve výši inflace a úrokové míry během 1. až 45. roku životnosti investice může učinit z projektu A jak vysoce ztrátový tak i mnohem výnosnější projekt, než se očekává podle výsledků deterministického modelu, viz Obr. 4.22:



Obr. 4.22 Porovnání průběhu čisté současné hodnoty NPV projektu A: výstupy deterministického a fuzzy modelů

### Závěry případové studie pro projekt A:

Model dané investice byl realizován pomocí deterministického modelu založeného na výpočtu čisté současné hodnoty investice NPV. Podle výstupu deterministického modelu se čistá současná hodnota projektu *VÝSTAVBA KOLEJE VUT V BRNĚ* rovná 11 483 823 Kč s očekávanou dobou návratnosti investice v 27 roce. Z toho vyplývá, že podle klasického přístupu k hodnocení je daný investiční projekt pro stavební firmu TES a.s. výhodný a managementu této firmy lze doporučit jeho uskutečnění.

Avšak při rozhodování o uskutečnění nevratné investice, jako je výstavba koleje, v dané práci byl větší důraz kladen na výnosy a bezpečnost investice, než na parametr likvidity. Proto jako další přístup k modelování průběhu tohoto investičního projektu v práci bylo zvoleno fuzzy modelování s použitím metodiky IRPNN.

Aplikace metodiky IRPNN umožnila zahrnout do hodnocení projektu A nejistotu ve vstupních datech o inflaci a úrokové míře, což klasický přístup k hodnocení neumožňuje. Podle výpočtů fuzzy modelu je výstupní hodnota NPV projektu A velmi citlivá na změnu indexu inflace, změna pouze o jedno procento způsobí značné výkyvy v příjmu z investice: celkový příjem z investice včetně smluvně stanovené inflace nájemného (2%) se rovná 368 033 615 Kč, v případě inflace o jedno procento nižší, než je smluvně stanovená, celkový příjem vzroste na 431 604 171 Kč, v případě inflace o jedno procento vyšší, než je smluvně stanovená, celkový příjem klesne na 304 463 059 Kč. Relativně dlouhodobá životnost projektu A (45 let) způsobuje značnou míru nejistoty také ve vyšší diskontní sazby. Z hlediska pesimistického odhadu ( $i_t=8\%$ ) je investiční projekt A se zápornou hodnotou NPV ve výši - 26 259 595 Kč nevýnosný, rizikový a zcela nepřijatelný pro stavební firmu TES a.s. Naopak z pohledu optimistického za podmínek diskontní sazby ve výši 4% je projekt A velmi výhodný pro stavební firmu TES a.s s jeho kladnou hodnotou NPV ve výši 71 850 071 Kč a dobou návratnosti v 18 roce.

Dále výsledek metodiky NPV – fuzzy číslo  $NPV = (-26259595; 22795238; 71850071)$  -- kromě informací o nejvíce očekávané výši NPV poskytuje také informaci o všech možných dopadech dané investice a tím dává investorovi objektivní představu o efektivnosti investičního projektu A.

#### 4.4.2 Investiční projekt výroba motorových lodí

Firma NAVYMOTORS, s.r.o., dceřinná společnost Strojírny Morava a.s., dodává své výrobky na český trh od roku 2001. Výrobní program firmy tvoří stavba motorových lodí na zakázku a sériově dle výkresových materiálů, zejména motorových člunů, motorových jachet, rybářských člunů a říčních ledoborců .

NAVYMOTORS, s.r.o. patří mezi poměrně úspěšné loděnice nejenom na českém, ale také na zahraničním trhu díky zapojení do perspektivních investičních projektů výstavby a rekonstrukce lodí v zahraničí.

Firma v současné době stojí před strategickým rozhodnutím o volbě investičního projektu:

- 1) uskutečnění investice do výstavby závodu na výrobu motorových lodí v pobaltském přístavu Kaliningrad v Ruské federaci s očekávanou čistou současnou hodnotou projektu ve výši 19 569 tis. € podle výpětů předložených ruskou loděnicí
- 2) uskutečnění **investice do alternativní zakázky polské loděnice s již ověřenou spolehlivou historií partnerských vztahů, projektu Z** s nižší očekávanou čistou současnou hodnotou NPV pouze ve výši 15 000 tis. €, alezaručeně nízkým rizikem

Daná případová studie má za účel posoudit výhodnost investice do výstavby závodu na výrobu motorových lodí v Rusku, porovnat daný investiční projekt s projektem Z a vypracovat odpovídající doporučení pro management firmy NAVYMOTORS, s.r.o.

**Cíl projektu:** výstavba a následující 5-letý provoz závodu na výrobu motorových průmyslových rybolovných lodí a lodí pro zvláštní účely. Iniciátor a organizátor návrhu – akciová společnost uzavřeného typu VESTLES, Kaliningrad, Ruská federace. Mezi firmami NAVYMOTORS, s.r.o. a VESTLES byly vyjednány **podmínky** popsané v následující části této kapitoly.

Pro zjednodušení budeme nadále v textu projekt *VÝROBA MOTOROVÝCH LODÍ* nazývat **projekt B.**

**Investiční náklady projektu:** celková výše je € 15.854.000,00 včetně:

- veškerých stavebních prací - € 5.485.500,00
- pořízení výrobního zařízení - € 8.146.500,00
- provozních prostředků - € 2.222.000,00

**Zdroje financování:** investice ze strany NAVYMOTORS, s.r.o. ve výši € 15.854.000,00 na dobu 5 let do 10% p.a.

**Předpokládaný 5-letý vývoj projektu (podle VESTLES a.s.):**

- diskontovaná doba návratnosti - 4,0 roky
- doba návratnosti – 3,8 roku
- čistá současná hodnota (NPV) - € 19 569 000,00
- vnitřní výnosová míra (IRR) - 43%

**Plán investování** je uvedený v tabulce 4.5:

**Tab. 4.5 Plán investování do projektu B**

Čtvrtletí	Účel	Výše investice
1- 2	Projektování a výstavba závodu	€ 5 759 000,00
3	Nákup a instalace strojů	€ 10.095.000,00

*Zdroj: Firemní materiály VESTLES a.s. [online]. Dostupný z: <http://westles.ru/> [cit. 2006-07-07].*

V případě získání investice v celé výši bude výstavba závodu uskutečněna během 12 měsíců. Výstavba první lodě je plánována na konec 4. čtvrtletí. Dosažení kapacity 300 lodí ročně je plánováno na 9.-11. čtvrtletí. Během 24 čtvrtletí bude vyrobeno celkem 1800 lodí různých modifikací.

**Produkce:**

V rámci projektu se plánuje výroba motorových lodí (MPB – 2000), následujících modifikací:

1. **Průmyslová motorová loď 2000/01 (základní model)**
2. **Jezerní průmyslová motorová loď 2000/02 (odlehčený model)**
3. **Průmyslová motorová etážová loď 2000/03**
4. **Rybářský tralbot 2000/04**
5. **Průmyslový etážový tralbot 2000/05**
6. **Krevetový tralbot 2000/06**

7. **Krevetový tralbot 2000/07**
8. **Výzkumná motorová loď 2000/15**
9. **Motorová jachta 2000/16**
10. **Potápěčská motorová loď**
11. **Výletní motorová loď návrhu 2000/19**
12. **Říční ledoborec**
13. **Dopravní motorová loď 2000/22**
14. **Námořní turistická motorová jachta 2000/25**
15. **Námořní rychlostní motorová jachta**

#### **Pohonná zařízení a systémy**

V projektu základní konstrukce lodi je zajištěna možnost montáže hlavního motoru v několika verzích, což je dáno různými přáními potenciálních zákazníků:

Lodní motor se předpokládá v několika variantách – naftový motor 6ČSNP-9,5/11-3 se zabudovanou reverzní redukční převodovkou o výkonu 40,5 kW (55 k) a magnetickou spojkou výběru výkonu, dodávaný dle MRTU 5.452 - 11515-66.

Přízpusobený motor traktorového typu D-65M, D-65A-S typu 4Č 11/13 s reverzním reduktorem.

Přízpusobený naftový motor D-243 o výkonu 53,7 kW (73 k).

Rovněž může být podle přání zákazníka na loď namontován jakýkoliv motor zahraniční výroby v rozsahu jmenovitých výkonů od 40 do 55 kW:

- R4.25, výrobce VETUS a.s., výkon 45,2 kW
- 6.280 HE , výrobce NANNI, Itálie, o výkonu 45,2 kW
- 55 kW naftový motor, výrobce VOLVO-PENTA a.s.

Lodní šroub v základní konstrukci lodě má průměr 600 mm.



**Výrobní zařízení:**

- lisy
- ohýbací stroj
- víceúčelové obráběcí centrum
- stroj pro řezání kovů
- svářečí automat
- stříkací pistole
- dílenská mechanizace

**Sídlo a pozemek:** Pozemek pro výstavbu v rozloze 44 511m<sup>2</sup> vlastní firma VESTLES, m. Kaliningrad, Rusko. Kaliningradská oblast je zvláštním ekonomickým pásmem, což pro investory znamená nulové zdanění zisku a nemovitostí během prvních 6- ti let podnikání a placení daní se slevou 50% během následujících 6-ti let. Plánovaná zastavěná plocha závodu je 24 000 m<sup>2</sup>.

**Plánovaný objem a termín prodeje produkce:** Prodej lodí bude zahájen počínaje prvním čtvrtletím od doby zahájení provozu závodu. Při dosažení plného provozu se výrobní kapacita stanovuje na 25-30 lodí měsíčně.

Výrobní proces se skládá z následujících etap:

- 1) kovy (kovové lodní pláty a profily) přicházejí do skladu kovových materiálů
- 2) na úseku čištění a základního nátěru probíhá příprava kovu ke zpracování
- 3) na úseku řezání probíhá rozstříhání kovu na základní součástky
- 4) na úseku ohýbání dochází k výrobě součástek různých profilů a rovněž k výrobě dílů
- 5) základní součástky pro výrobu pohonných zařízení lodí (hlavního lodního motoru) se nakupují u subdodavatelů, dále následuje úsek montáže motoru a zkoušky
- 6) na úseku plošné a objemové montáže probíhá formování trupu, včetně instalace motoru
- 7) na lakýrnickém úseku probíhá vícevrstvý nátěr celé lodi
- 8) na úseku dostavby se uskutečňují izolační práce, instalování zařízení, dokončovací práce prostorů a příprava lodě k staničním, uvazovacím a jízdním zkouškám
- 9) předávací oddělení provádí veškeré testování a předává loď přijímací komisi odběratele

Ve výrobním procesu budou používány moderní technologické stroje (dodavatel HÖRMANN-RAWEMA GmbH, Německo), garantující vysokou kvalitu výrobků.

### **Dodavatelé**

Dodavatelé budou převážně z regionů Ruské federace a zemí SNS. Podle potřeby je možný dovoz součástek ze zahraničí. Žádná omezení na import surovin, materiálů a strojů nejsou. Většina součástek bude vyráběna v závodě samotném. Pro skladování součástek, materiálů a surovin jsou určeny speciální plochy ve vlastnictví VESTLES a.s.

### **Lidské zdroje**

V regionu existuje dostatečné množství vysoce kvalifikovaných lidských zdrojů (propouštění zaměstnanců gigantických bankrotujících stavitelů lodí), dále je možné získat pro spolupráci lidské zdroje z jiných regionů RF, Ukrajiny, Polska. Celkový počet nových pracovních míst je 350.

### **Ochrana životního prostředí**

Řešení problému ochrany životního prostředí se uskutečňuje už ve stadiu projektování, definování technologického zařízení (zvolené moderní stroje minimalizují dopady na životní prostředí). Volba zařízení se zakládá na následujících kriteriích:

1. Ekologické bezpečnosti
2. Výrobní kapacitě
3. Technologickém provozu a údržbě
4. Univerzálnosti

Plánují se systematické práce pro zlepšení ekologického stavu podniku.

**Inženýrské sítě:** Pozemek závodu se rozkládá na úseku úplně opatřeném potřebnou infrastrukturou dopravních a inženýrských komunikací.

### **Němečtí partneři**

Základním partnerem VESTLES a.s. pro daný projekt je německá firma «HÖRMANN-RAWEMA GmbH». Tato firma má zkušenosti z podnikání v RF zejména v oblasti:

- projektování výrobních závodů na zpracování kovů
- projektování složitých průmyslových zařízení

- projektového managementu

Firma «HÖRMANN-RAWEMA GmbH» je připravena dodat veškeré technologické zařízení včetně veškeré montáže.

### **Analýza trhu a koncepce marketingu:**

- **Analýza nabídky**

Během posledních tří let se nabídky na dodávku lodí projektu MPB-2000 rybolovným společnostem téměř nevyskytovaly. Cena tuzemských analogických lodí se pohybuje kolem US \$ 99,000.00, cena zahraničních analogických lodí US \$ 120,000.00 i více. Kvůli vysoké ceně se dovoz lodí projektu MPB-2000 prakticky neuskutečňuje a změna této situace v nejbližší době je velmi nepravděpodobná.

- **Analýza poptávky**

Poptávka po lodích projektu MPB-2000 podle výpočtů Centrálního Vědecko-výzkumného Institutu A.N.Krylova činí 1100-1200 lodí ročně. Cena lodí potenciálních konkurentů se pohybuje od \$ 65,000.00 do \$ 100,000.00 i více. Firma VESTLES a.s. získala zakázku na výrobu 1800 lodí projektu MPB-2000 od společnosti “CHARLTON MANAGEMENT L.L.C.” v ceně € 47.000,00 za loď, což znamená vytížení výrobní kapacity závodu na období šesti let.

- **Analýza konkurenčního prostředí**

Hlavní konkurenti jsou uvedeni v příloze k dokumentaci daného investičního projektu na webových stránkách VESTLES a.s. Loď projektu MPB-2000 od jiných podobných lodí odlišuje její univerzálnost, specifický žebrovýs plavidla umožňuje nepružnější modifikaci lodí podle přání zákazníka a flexibilitu pro změny.

Podle analýzy stavu rybolovného průmyslu je velmi nepravděpodobné, že poptávka po lodích projektu MPB-2000 bude v nejbližších 5-6 letech uspokojena.

- **Analýza budoucího potenciálu trhu**

Budoucí vývoj nabídky daného zboží je možný pouze v případě zlepšení finanční situace rybolovného průmyslu a vytvoření příznivých investičních podmínek v RF.

S ohledem na stávající neuspokojenou poptávku po motorových lodích se budoucí vývoj může ubírat směrem výstavby lodí pro zvláštní účely, výstavby lodí pro soukromé majitele, výstavby lodí pro turistické účely apod.

Systém odbytu lodí projektu MPB-2000 předpokládá uspokojení poptávky potenciálních odběratelů podle přímých obchodních smluv. V budoucnu je po nasycení trhu možný prodej lodí na splátky, leasing apod.

- **Strategie marketingu**

Marketingová strategie daného projektu se zakládá na neuspokojené poptávce po motorových lodích na jedné straně a na vysokých cenách analogického zboží na straně druhé a dále také na přítomnosti vysoce kvalifikovaných lidských zdrojů v regionu, daňových úlev zvláštního ekonomického pásma, blízkosti odbytového trhu a existenci projekčně-konstrukční kanceláře.

Odbytové schéma předpokládá nejdříve uspokojení poptávky podle přímých obchodních smluv (zejména "CHARLTON MANAGEMENT L.L.C."), v budoucnu vytvoření úvěrově-leasingových prodejů.

Jedna z největších předností daného projektu je možnost ovlivnění cenotvorby pomocí využití nejmodernějšího zařízení, díky velké zakázce (1 800 lodí) a zvláštnostmi technologie výroby.

Z reklamních účelů je na Internetu zveřejněna informace o projektu v ruském, anglickém a německém jazyce a chystá se informace na CD a v tištěné podobě.

Pojištění celkového procesu od výstavby závodu až do bezpečného provozu lodí se plánuje prostřednictvím tuzemských a zahraničních pojišťoven s odpovídajícím dozorem.

### **Analýza efektivnosti investičního projektu VÝROBA MOTOROVÝCH LODÍ**

Pro rozhodování o dané relativně velké investici je použito jak deterministického modelu čisté současné hodnoty investice NPV tak i dalšího možného přístupu k modelování, a to konkrétně fuzzy modelu implementovaného do expertního systému.

Popis vstupních hodnot deterministického modelu projektu B je uvedený v Tab. 4.6.

**Tab. 4.6 Vstupní hodnoty deterministického modelu pro hodnocení projektu B metodou čisté současné hodnoty investice NPV<sup>7</sup>**

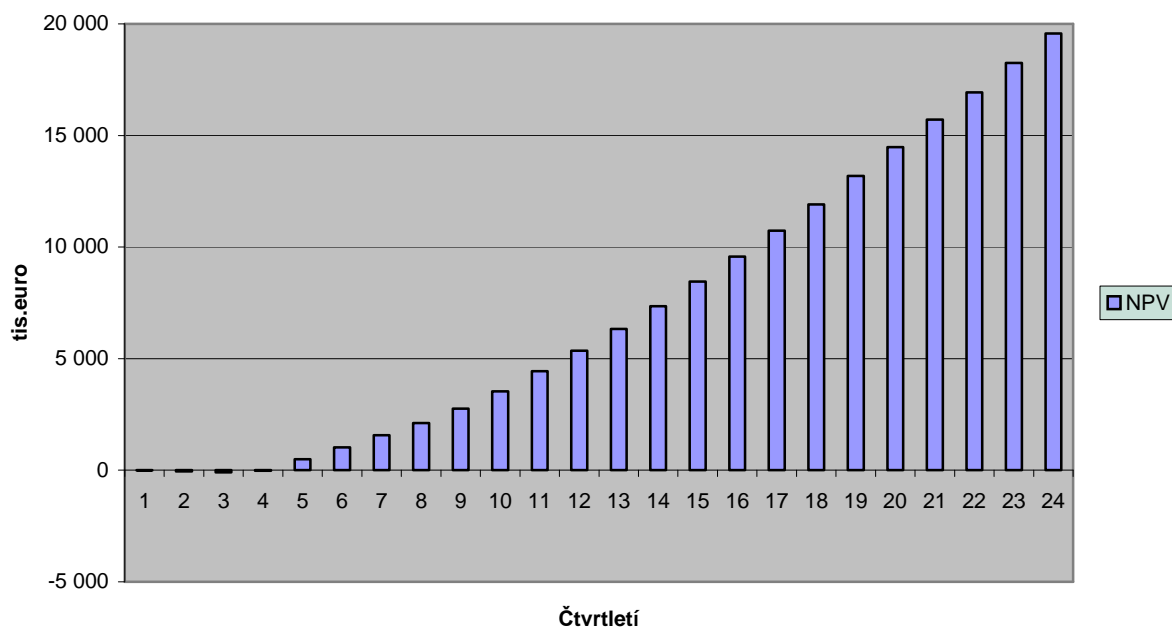
Název vstupní hodnoty	Projekt B	Vstupní hodnota
Kapitálový výdaj, <b>KV</b>	<p><b>Investiční náklady projektu z hlediska NAVY MOTORS s.r.o.:</b></p> <p>celková výše je 15 854 tis. € na dobu 5 let do 10% p.a. včetně:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• veškeré stavební práce - 5 485,5 tis. €;</li> <li>• pořízení výrobního zařízení - 8 146,5 tis. €;</li> <li>• provozní prostředky - € 2 222 tis. € .</li> </ul> <p><b>Celkem výrobní náklady projektu z hlediska VESTLES činí 38 770 tis. € za 6 let.</b></p>	38 770 tis. €
Příjem z investice v jednotlivých letech životnosti, $\Delta P_t$	<p>Nelze přesně odhadnout: plánovaný příjem v roce 2007 je 2 350 tis. €, v roce 2008 je 14 100, v roce 2009 je 15 369 tis. €, v roce 2010 je 16 685 tis. €, v roce 2011 je 17 766 tis. €, v roce 2012 je 18 330 tis. €, celkem v rocích 2007-2012 příjem činí 84 600 tis. €.</p> <p>Přesný odhad inflace v Ruské Federaci v letech 2007-2012 není možný, ale s ohledem na dynamiku předešlých let a politickou situaci je inflace odhadována na 10 až 13% ročně, viz graf .</p>	84 600 tis. €
Diskontní sazba investičního projektu, $i_t$	<p>Do 10% p.a.</p> <p>Ve výpočtech předložených firmou VESTLES je použita sazba 7 % p.a.</p>	7%
Životnost investice, <b>N</b>	Je smluvně stanovena	6 let
Zůstatková cena, <b>C</b>	-	0
Úroveň projektu, <b>G</b>	Větší nebo rovno než 15 tis. € (diskontované NPV alternativního projektu)	0

Pro hodnocení investičního projektu B firmou VESTLES a.s. bylo použito klasického deterministického přístupu k hodnocení investičních projektů pomocí metody NPV. Veškeré výpočty peněžních toků projektu B stejně jako detailní výpočty vstupních hodnot

<sup>7</sup> dle výpočtu předložených firmou VESTLES

deterministického modelu (tržby včetně vlivu inflace, výrobní náklady, kvantifikace úroků dle umořovacího plánu) předložené ruskou loděnicí jsou uvedené v přílohách N-S.

Podle výpočtů předložených firmou VESTLES a.s. s použitím deterministického modelu se čistá současná hodnota projektu B rovná 19 569 tis.€, doba návratnosti projektu B je v pátém čtvrtletí, viz Obr. 4.23:



Obr. 4.23 Dynamika NPV projektu B (výstup deterministického modelu)

V následující části kapitoly bude pozornost věnována modelování průběhu investičního projektu B pomocí metodiky IRPNN s použitím fuzzy čísel. Popis vstupních hodnot fuzzy modelu projektu B je uveden v

Tab. 4.7, veškeré výpočty jsou uvedeny v přílohách T-DD:

**Tab. 4.7 Vstupní hodnoty fuzzy modelu pro hodnocení projektu B pomocí navrhované metodiky IRPNN**

Název vstupní hodnoty	Projekt B	Vstupní hodnota FUZZY ČÍSLO
Kapitálový výdaj, <b>KV</b>	<b>Investiční náklady projektu z hlediska NAVY MOTORS s.r.o.:</b> celková výše je 15 854 tis. € na dobu 5 let do 10% p.a. včetně:	$\underline{KV} = (56885; \overline{57233}; 57581)$ tis. €

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- veškeré stavební práce - 5 485,5 tis. €;</li> <li>- pořízení výrobního zařízení - 8 146,5 tis. €;</li> <li>- provozní prostředky - € 2 222 tis.€</li> </ul> <p><b>Výrobní náklady projektu</b> z hlediska VESTLES 38 770 tis. € celkem za 6 let</p>	
Příjem z investice v jednotlivých letech životnosti, $\Delta P_t$	<p>Nelze přesně odhadnout: plánovaný příjem v roce 2007 je 2 350 tis. €, v roce 2008 je 14 100, v roce 2009 je 15 369 tis. €, v roce 2010 je 16 685 tis. €, v roce 2011 je 17 766 tis. €, v roce 2012 je 18 330 tis. €, celkem v letech 2007-2012 příjem činí 84 600 tis. €.</p> <p>Přesný odhad inflace v Ruské Federaci v letech 2007-2012 není možný, ale s ohledem na dynamiku předešlých let a politickou situaci je inflace odhadována na 10 až 13% ročně, viz graf .</p>	$\underline{\Delta P}_t = (76986; \overline{77832}; 78678)$ tis. €
Diskontní sazba investičního projektu, $i_t$	<p>Do 10 % p.a.</p> <p>NAVYMOTORS, s.r.o. požaduje maximální možnou sazbu, 10 % p.a.</p>	$\underline{i}_t = (10; \overline{10}; 10)$ %
Životnost investice, $N$	Je smluvně stanovena	$\underline{N} = (6; \overline{6}; 6)$ let
Zůstatková cena $C$	-	$\underline{C} = (0; \overline{0}; 0)$
Úroveň projektu, $G$	Větší nebo rovno než 15 tis. €	$G = (15000; \overline{15000}; 15000)$

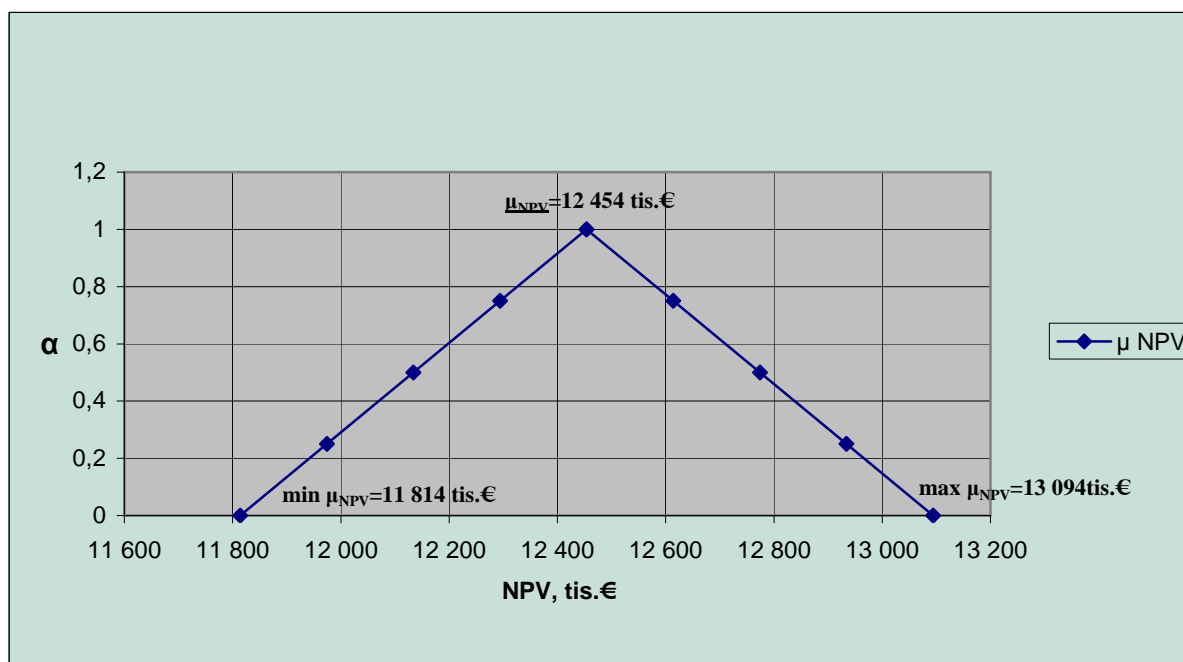
Výsledkem hodnocení projektu B pomocí metodiky IRPNN je fuzzy číslo  $\underline{NPV} = (-11814; \underline{12454}; 13094)$  tis. €. Protože úroveň  $G$  je přesně známa ( $G = 15\ 000$ ) pak funkce  $\mu_{NPV}$  v souladu se vzorcem 4.11 má trojúhelníkový tvar:

$$\mu_{NPV}(x) = \begin{cases} 0, & x < 11\ 814 \\ \frac{x - 11814}{13094 + 11814}, & 11\ 814 \leq x \leq 13\ 094 \quad \alpha=[0,1] \\ 1, & x > 13\ 094 \end{cases}$$

Tab. 4.8 Intervaly jistoty podle úrovně členství  $\alpha$  pro projekt B

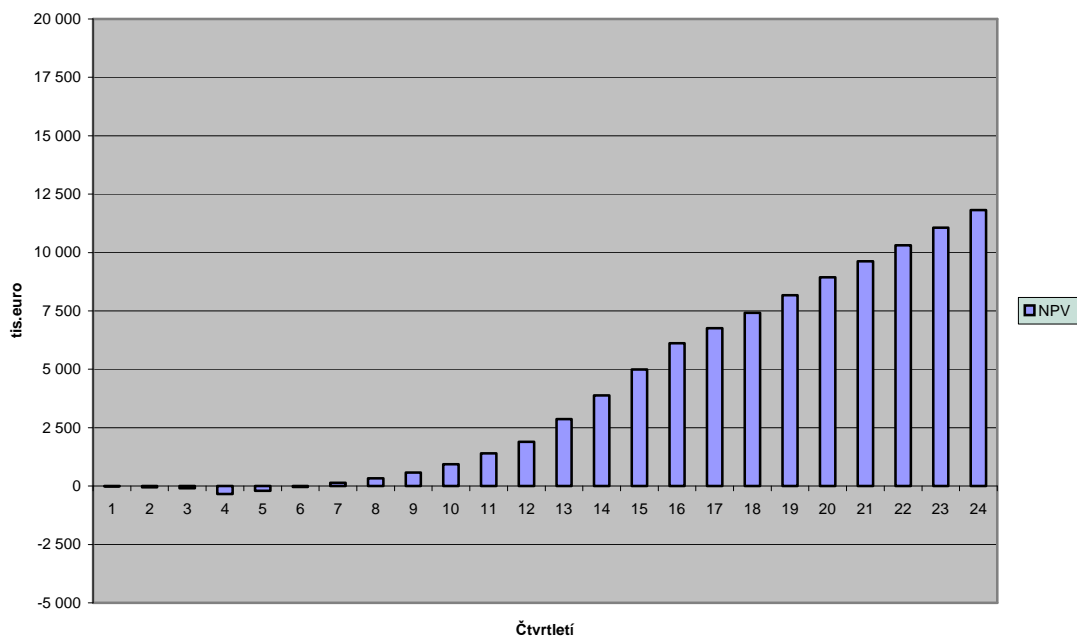
$\alpha$	$P_t$		KV		NPV	
		77 832	77 832	57 233	57 233	12 454
1	77 621	78 044	57 146	57 320	12 294	12 614
0,75	77 409	78 255	57 059	57 407	12 134	12 774
0,5	77 198	78 467	56 972	57 494	11 974	12 934
0,25	76 986	78 678	56 885	57 581	11 814	13 094

Funkce  $\mu_{NPV}$  pro projekt B je znázorněna na:

Obr. 4.24 Trojúhelníkový tvar funkce  $\mu_{NPV}$  pro projekt B

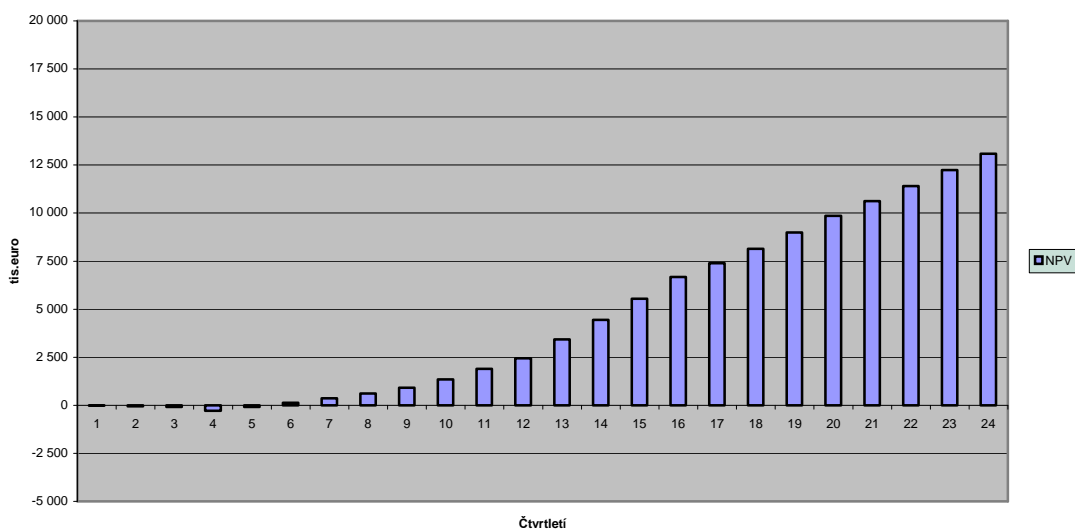
Pesimistický průběh investičního projektu B s čistou současnou hodnotou NPV ve výši 11 814 tis.Kč podle výstupu fuzzy modelu je znázorněn na Obr. 4.25:





Obr. 4.25 Dynamika  $NPV_{\min}$  pro projekt B (výstup fuzzy modelu)

Optimistický průběh investičního projektu B s čistou současnou hodnotou NPV ve výši 13 091 tis. Kč podle výstupu fuzzy modelu je znázorněn na Obr. 4.26:

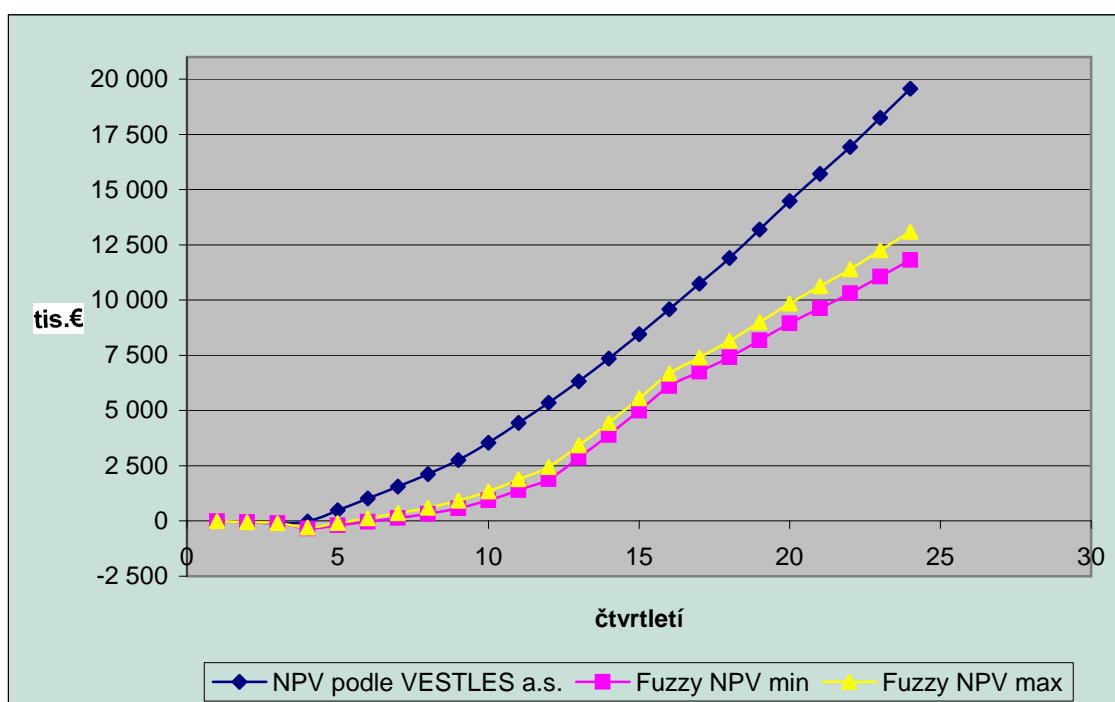


Obr. 4.26 Dynamika  $NPV_{\max}$  pro projekt B (výstup fuzzy modelu)

Podle výpočtů předložených firmou VESTLES a.s. se čistá současná hodnota projektu B rovná 19 569 tis. €. Z tohoto hlediska se daný projekt zdá být pro firmu NAVY MOTORS

s.r.o. výhodnější, než alternativní projekt Z s očekávanou výší NPV 15 000 tis. €. Avšak podle výstupů fuzzy modelu s použitím metodiky IRPNN ani při optimistickém průběhu projektu ( $NPV_{\max} = 13\,094$  tis. €) jeho čistá současná hodnota nedosáhne úrovně projektu Z ve výši 15 tis.

Porovnání průběhu investičního projektu B dle výpočtů předložených firmou VESTLES a.s. ve srovnání s výstupy fuzzy modelu je uvedeno na Obr. 4.27:



Obr. 4.27 Porovnání průběhu čisté současné hodnoty NPV projektu B: výstupy deterministického a fuzzy modelů

### **Závěry případové studie pro projekt B:**

Pro hodnocení projektu B byla provedena analýza výpočtů předložených firmou VESTLES a.s. a porovnání těchto výsledků s výstupy navrhované metodiky IRPNN. Podle výpočtů předložených firmou VESTLES a.s. se čistá současná hodnota projektu B rovná 19569 tis. €. Podle výstupů metodiky IRPNN je hodnota fuzzy čísla  $NPV$  rovná  $(-11814; 12454; 13094)$  tis. €. Tedy rozdíl mezi výstupem klasického přístupu k hodnocení a optimistickým výstupem metodiky IRPNN je významný a činí více než 6 000 tis. € (cca 33%).

Rozdíl ve výstupech deterministického modelu a fuzzy modelu je způsobený nejenom odlišným algoritmem hodnocení projektu, ale také jistým přikrášením reálných vstupních hodnot projektu B ze strany firmy VESTLES, zainteresované na uskutečnění výstavby závodu na výrobu motorových lodí. Ke zkreslení vstupních dat ruské loděnice došlo zejména v těchto případech:

- pro výpočty použila firma VESTLES úrokovou míru ve výši 7 % p.a. i když se v předloženém investičním projektu uvádí úroková míra ve výši 10% p.a. To způsobuje, že úroky projektu B jsou rovny 3 801 tis. € místo uvedených 2 535 tis. €. To by na jednu stranu znamenalo vyšší zisk z projektu B pro firmu NAVYMOTORS, s.r.o., avšak na druhou stranu by to způsobilo zvýšení nákladů na úvěr a zvýšení odůročitele pro hodnocení projektu z hlediska VESTLES, a.s.
- ve výpočtech VESTLES a.s. jsou velmi podceněny výrobní náklady, zejména mzdové náklady nezohledňují ani minimální navýšení mzdy v důsledku inflace (7-9 % ročně), natož reálný růst mezd během 6 let životnosti projektu.
- ve svých výpočtech uvádí firma VESTLES tržby z prodeje lodí bez zohlednění vlivu inflace.

Dále je při hodnocení projektu B třeba zohlednit nejistotu některých jeho vstupních parametrů: přesný odhad výše výrobních nákladů a inflace v letech 2007-2012 v Ruské federaci vzhledem k politické situaci a specifické tuzemského trhu není možný. Použití metodiky IRPNN pro hodnocení efektivnosti projektu B umožnilo zahrnout nejistotu ve vstupních parametrech do rozhodování o investici. Bylo zjištěno, že relativně nepatrná změna výrobních nákladů, úrokové míry a úrovně inflace způsobí poměrně značnou změnu ve výši čisté současné hodnoty (NPV) dané investice. Jelikož výše NPV je pro projekt B rozhodující, doporučení managementu NAVYMOTORS s.r.o. je jednoznačné:

***za stávajících podmínek neinvestovat do projektu B, investovat do možné alternativy – investičního projektu Z s nízkým rizikem a s očekávanou čistou současnou hodnotou ve výši cca 15 000 tis. € na 6 let.***

#### 4.4.3 Investiční projekt zakoupení tiskového ofsetového stroje

Podle principů deterministického a fuzzy výpočtu čisté současné hodnoty investice NPV byl dále modelován průběh dalšího investičního projektu *ZAKOUPENÍ TISKOVÉHO OFSETOVÉHO STROJE* pro ukrajinské nakladatelství.

**Cíl projektu:** zakoupení moderního tiskového stroje pro tisk kvalitní konkurenceschopné produkce nakladatelstvím PATENT a.s., Ukrajina.

Pro zjednodušení budeme nadále v textu projekt *ZAKOUPENÍ TISKOVÉHO OFSETOVÉHO STROJE* nazývat **projekt C**.

**Popis firmy:** státní podnik PATENT byl vytvořen v roce 1976 jako nakladatelství pro tisk patentové a vědecko-technické literatury. Po rozpadu Sovětského Svazu v roce 1995 byla firma privatizována a tím vzniklo nakladatelství PATENT a.s. Firma působí na ukrajinském trhu v oblasti vydavatelství, tisku a polygrafických služeb – počínaje designem a úpravou materiálů až po plnobarevný tisk v nejrůznějších tiskových formátech, lesklou i matnou povrchovou úpravou přebalů a obálek (lak, lamino), knihařské zpracování (vazba, bigování, falcování, snášení). Produkce firmy se skládá z periodických publikací (firemní časopisy, bulletiny, zpravodaje, věstníky), neperiodických publikací (katalogy, výroční zprávy, návody), hospodářských tiskovin (formuláře, dotazníky, tiskopisy, testové sešity, výkazy), společenských tiskovin (vizitky, hlavičkové papíry, pozvánky, certifikáty, propagační materiály, samolepicí štítky, reklamní letáčky) a také brožovaných i vázaných knih.

V současné době má firma 54 zaměstnanců.

Nemovitosti firmy a jejich stav<sup>8</sup>:

8-patrová administrativní budova : 2986,8 tis.UAH

1-patrová budova jídelny : 298,5 tis.UAH

4-patrová budova tiskárny: 1848 tis.UAH

Celková cena výrobních budov a ploch : 5589,2 tis. UAH

Budovy jsou ve velmi dobrém stavu, byly každoročně opravovány.

**Výrobní stroje a jejich stav:** pomocí strojů je zajištěn uzavřený cyklus výroby knih s tvrdou a měkkou vazbou. Stroje jsou zčásti morálně zastaralé, ale jsou v zachovalém stavu.

---

<sup>8</sup> Veškeré výpočty projektu C jsou uvedeny v tuzemské měně projektu, ukrajinských hřivnách, dále v textu – UAH. Aktuální kurz v době výpočtu byl 1 UAH = 4,7 Kč.

Vybavenost stroji :

- dvoubarevný polygrafický stroj POLLY 727
- dva ofsetové stroje DOMINANT a jeden ROMAJO
- linka na vazbu V1 od firmy BURG
- stroj bežešvé vazby BINDER
- falcovací stroj EUROFOLD ve formátu 64 x 46 cm
- stroj pro reliéfní a pozlacený tisk
- kopírovací technika
- automobilová doprava

**Výrobní proces:** design a úprava výrobků, grafika, předtisková příprava, realizace tisku, falcování a vazba.

**Faktory, které mají vliv na kvalitu a výrobní cenu výrobků:** kvalita materiálů, technický stav strojů, kvalifikace zaměstnanců.

Pro hodnocení efektivnosti investičního projektu C použijeme jak deterministický přístup založený na metodě čisté současné hodnoty (NPV) projektu, tak i metodiku IRPNN. Provedeme analýzu a porovnání výsledků dosažených oběma přístupy.

Informace o vstupních hodnotách deterministického modelu pro výpočet čisté současné hodnoty projektu B je uvedena v Tab. 4.9:

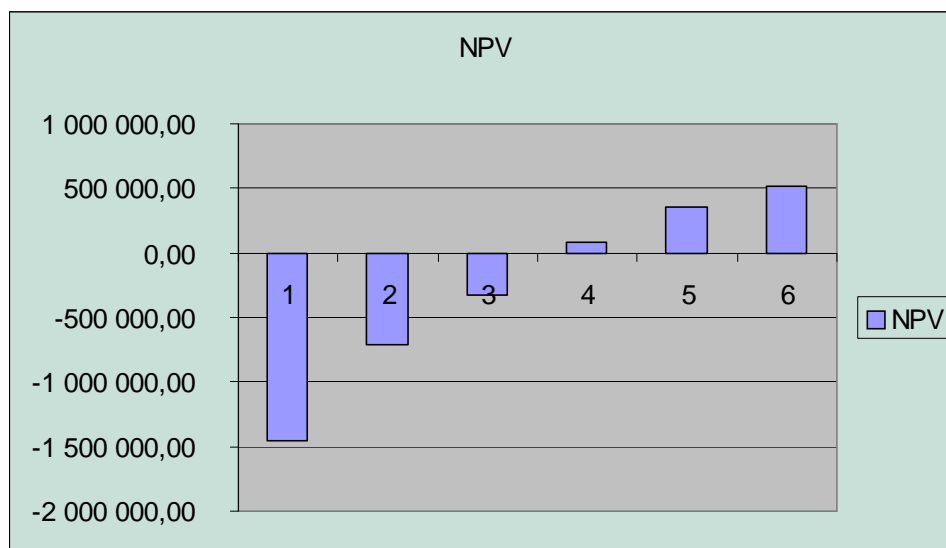
**Tab. 4.9 Vstupní hodnoty deterministického modelu pro hodnocení projektu C metodou čisté současné hodnoty investice NPV**

Název vstupní hodnoty	Projekt C	Vstupní hodnota
Kapitálový výdaj, <b>KV</b>	Požizovací cenu stroje nelze jednoznačně definovat: cena stroje při nákupu během dvou měsíců od začátku realizace projektu je 1 684 800 UAH, není však jistota, že financování bude v uvedené časové lhůtě zajištěno. Cena stroje při nákupu po uplynutí zmíněné dvouměsíční lhůty je vyšší o 5% a rovná se 1 769 040 UAH .	KV=1 684 800 UAH

	<p>Předpokládané financování projektu:</p> <table border="1"> <tr> <td>300 000,00</td> <td>Vlastní zdroje</td> </tr> <tr> <td>884 800,00</td> <td>Finanční pomoc akcionářů (bezúročná půjčka)</td> </tr> <tr> <td>500 000,00</td> <td>Úvěr od banky (roční úroková míra 21%)</td> </tr> </table>	300 000,00	Vlastní zdroje	884 800,00	Finanční pomoc akcionářů (bezúročná půjčka)	500 000,00	Úvěr od banky (roční úroková míra 21%)											
300 000,00	Vlastní zdroje																	
884 800,00	Finanční pomoc akcionářů (bezúročná půjčka)																	
500 000,00	Úvěr od banky (roční úroková míra 21%)																	
<p>Příjmy z prodeje produkce v jednotlivých letech životnosti projektu, <math>\Delta P_t</math></p>	<p>Nelze jednoznačně odhadnout: plánovaný příjem v roce 2006 je 2 159 138 UAH, v roce 2007 je 2 838 900 UAH, v roce 2008 je 4 249 300 UAH, v roce 2009 je 4 767 130 UAH, v roce 2010 je 5 338 600 UAH, v roce 2011 je 5 676 891 UAH.</p> <p>Přesný odhad inflace v letech 2006-2011 není možný, ale s ohledem na dynamiku předešlých let a politickou situaci je inflace odhadována na 8 až 12% ročně, viz Obr. 4.29.</p> <p>Pro výpočet je použita míra inflace ve výši aktuální úrovně příslušné roku výpočtu (2006).</p>	<p>Plán tržeb:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rok, t</th> <th><math>\Delta P_t</math>, UAH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006</td> <td>2 159 138</td> </tr> <tr> <td>2007</td> <td>2 838 900</td> </tr> <tr> <td>2008</td> <td>4 249 300</td> </tr> <tr> <td>2009</td> <td>4 767 130</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>5 338 600</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>5 676 891</td> </tr> <tr> <td><math>\Sigma</math></td> <td>25 029 959</td> </tr> </tbody> </table> <p>Míra inflace 10%</p>	Rok, t	$\Delta P_t$ , UAH	2006	2 159 138	2007	2 838 900	2008	4 249 300	2009	4 767 130	2010	5 338 600	2011	5 676 891	$\Sigma$	25 029 959
Rok, t	$\Delta P_t$ , UAH																	
2006	2 159 138																	
2007	2 838 900																	
2008	4 249 300																	
2009	4 767 130																	
2010	5 338 600																	
2011	5 676 891																	
$\Sigma$	25 029 959																	
<p>Diskontní sazba investičního projektu, <math>i_t</math></p>	<p>Přesný odhad diskontní sazby v letech 2006-2011 není možný. S ohledem na dynamiku předešlých let a na okolnost, že pro bankrotující firmu PATENT a.s. jsou banky ochotné nabídnout pouze krátkodobý úvěr (na 1 rok), je diskontní sazba odhadována na 17 až 21% ročně; viz Obr. 4.30.</p> <p>Pro výpočet je použita sazba ve výši aktuální úrovně příslušné roku výpočtu (2006).</p>	<p><math>i_t = 0,21</math></p>																
<p>Životnost investice, <math>N</math></p>	<p>Doba životnosti stroje je 6 let (2006-2012).</p>	<p><math>N = 6</math> let</p>																
<p>Zůstatková cena, <math>C</math></p>	<p>0 UAH</p>	<p><math>C = 0</math></p>																
<p>Úroveň projektu, <math>G</math></p>	<p>0 (standardní)</p>	<p><math>G = 0</math></p>																

Veškeré výpočty pro hodnocení investičního projektu C klasickým způsobem pomocí metody NPV jsou uvedeny v přílohách EE-GG. Podle výstupů deterministického modelu je projekt C návratný ve 4.roce, projekt má kladnou diskontovanou čistou současnou hodnotu

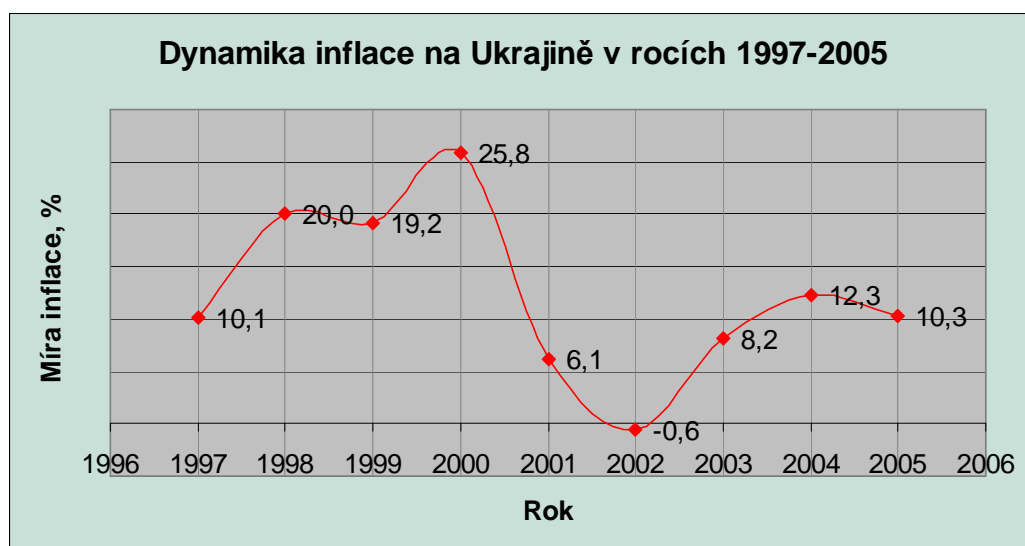
ve výši 518 794 UAH a proto managementu firmy PATENT a.s. lze doporučit, aby do daného projektu investoval. Viz Obr. 4.28:



Obr. 4.28 Dynamika NPV projektu C (výstup deterministického modelu)

V další části kapitoly je pozornost věnována hodnocení investičního projektu C pomocí metodiky IRPNN z toho důvodu, že některé vstupní hodnoty projektu obsahují nejistotu. Nejistoty ve vstupech modelu způsobuje například míra inflace na Ukrajině, kterou v průběhu životnosti projektu nelze jednoznačně definovat.

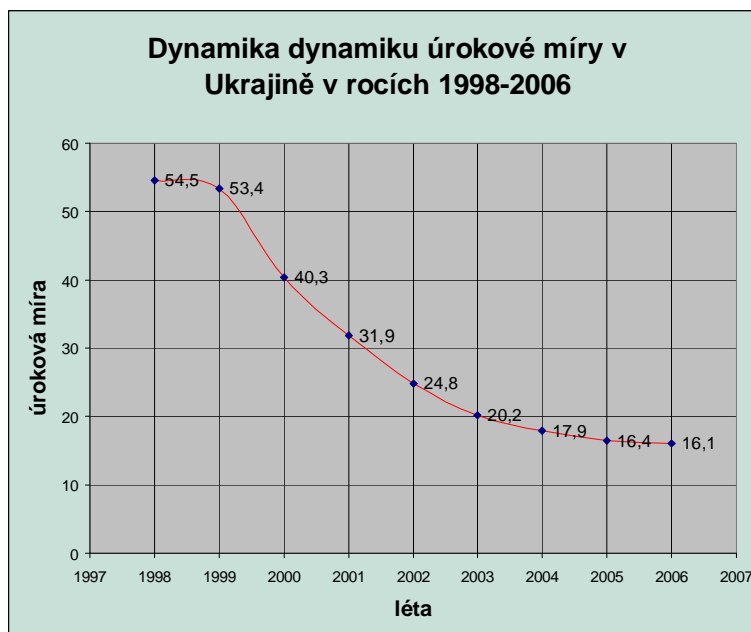
Dynamika inflace na Ukrajině v letech 1997-2005 je uvedena na Obr. 4.29:



Obr. 4.29 Dynamika inflace na Ukrajině v letech 1997-2005

Zdroj: Národní banka Ukrajiny, <http://www.bank.gov.ua>, 2006

Za nejistý lze také označit vstup  $i_t$ , dynamika úrokové míry na Ukrajině v rocích 1998-2006 je uvedena na Obr. 4.30:



**Obr. 4.30** Dynamika úrokové míry na Ukrajině v letech 1998-2006

Zdroj: Národní banka Ukrajiny, <http://www.bank.gov.ua>, 2006

Vstupy fuzzy modelu zahrnují nejistotu ve vstupních hodnotách pomocí použití fuzzy čísel, která připisují subjektivní pravděpodobnosti dopadů odpovídajících („pesimistickému“, „normálnímu“, „optimistickému“) vstupnímu scénáři; bližší informace o vstupech do fuzzy modelu pro projekt C viz v Tab. 4.10:

**Tab. 4.10** Vstupní hodnoty fuzzy modelu pro hodnocení projektu B pomocí navrhované metodiky IRPNN

Název vstupní hodnoty	Projekt C	Vstupní hodnota FUZZY ČÍSLO
Kapitálový výdaj, $\underline{KV} = (KV_{\min}, \overline{KV}, KV_{\max})$	Pořizovací cenu stroje nelze jednoznačně definovat: cena stroje při nákupu během dvou měsíců od začátku realizace projektu je 1 684 800 UAH, není však jistota, že potřebná částka bude k dispozici v uvedené časové lhůtě. Cena stroje při nákupu po uplynutí zmíněné dvouměsíční lhůty je vyšší o 5% a rovná se 1 769 040 UAH .  Předpokládané financování projektu: <b>300 000 UAH</b> – vlastní zdroje, <b>884 800 UAH</b> - finanční pomoc akcionářů	$\underline{KV} = (1684800; \overline{1726520}; 1769040)$  UAH



	(bezúročná půjčka), <b>500 000 UAH</b> - úvěr banky na jeden rok, 21% p.a.)	
(Pokračování tabulky 4.8)		
Příjem z investice v jednotlivých letech životnosti, $\underline{\Delta P}_t = (\Delta P_{t_{\min}}, \overline{\Delta P}_t, \Delta P_{t_{\max}})$	Nelze jednoznačně odhadnout: plánovaný příjem v roce 2006 je 2 159 138 UAH, v roce 2007 je 2 838 900 UAH, v roce 2008 je 4 249 300 UAH, v roce 2009 je 4 767 130 UAH, v roce 2010 je 5 338 600 UAH, v roce 2011 je 5 676 891 UAH.  Přesný odhad inflace v letech 2006-2011 není možný, ale s ohledem na dynamiku předešlých let a politickou situaci je inflace odhadována na 8 až 12% ročně; viz Obr. 4.29.	$\underline{\Delta P}_t = (24529360; \overline{\Delta P}_t; 25029959; 25530558)$ <i>GRN</i>
Diskontní investičního projektu, sazba $\underline{i}_t = (i_{t_{\min}}, \overline{i}_t, i_{t_{\max}})$	Přesný odhad diskontní sazby v letech 2006-2011 není možný. S ohledem na dynamiku předešlých let a na okolnost, že pro bankrotující firmu PATENT a.s. jsou banky ochotné nabídnout pouze krátkodobý úvěr (na 1 rok), je diskontní sazba odhadována na 17 až 21% ročně; viz Obr. 4.30.	$\underline{i}_t = (17; \overline{i}_t; 21) \%$
Životnost investice, $N = (N_{\min}, \overline{N}, N_{\max})$	Doba životnosti stroje je 6 let (2006-2012).	$\underline{N} = (6; \overline{N}; 6)$ let
Zůstatková cena, $\underline{C} = (C_{\min}, \overline{C}, C_{\max})$	0 UAH	$\underline{C} = (0; \overline{C}; 0)$ UAH
Projektová úroveň, $\underline{G} = (G_{\min}, \overline{G}, G_{\max})$	0 (standardní)	$\underline{G} = (0; \overline{G}; 0)$ UAH

Výpočty fuzzy modelu pro projekt C jsou uvedeny v přílohách HH-II. Podle výsledků výpočtů fuzzy modelu NPV projektu C se rovná  $NPV = (382386, \overline{NPV}, 1054145)$ .

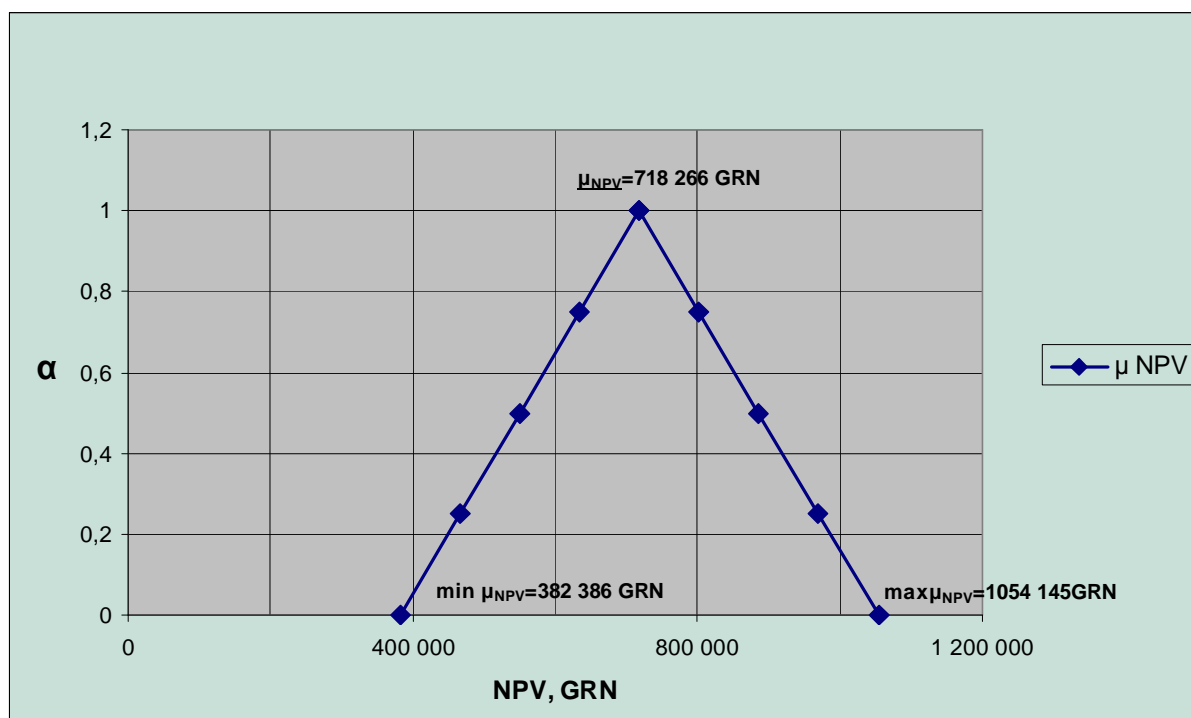
Protože úroveň G je přesně známa, pak funkce  $\mu_{NPV}$  v souladu se vzorcem 4.11 má trojúhelníkový tvar:

$$\mu_{NPV}(x) = \begin{cases} 0, & x < 382\,386 \\ \frac{x + 382386}{382386 + 1054145}, & 382\,386 \leq x \leq 1054\,145 \quad \alpha \in [0,1] \\ 1, & x > 1\,054\,145 \end{cases}$$

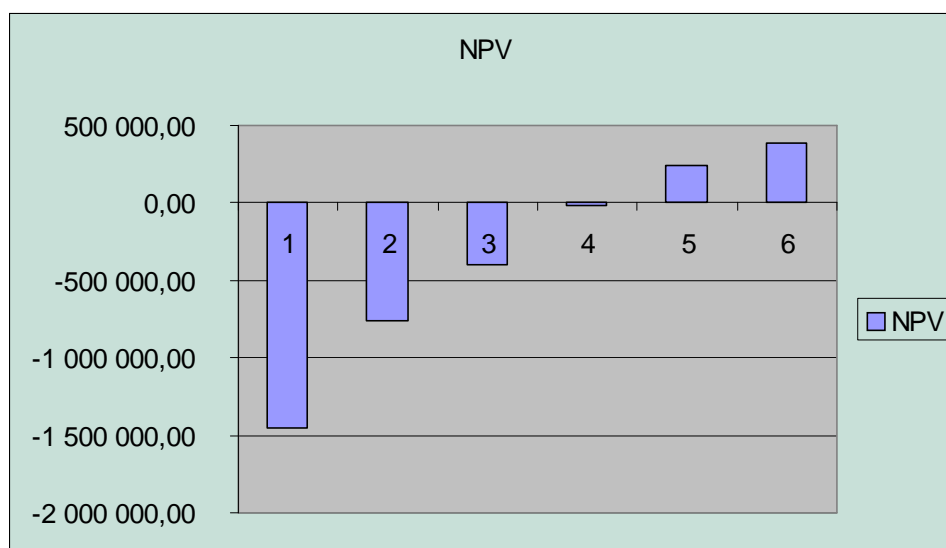
Tab. 4.11 Intervaly jistoty podle úrovní členství  $\alpha$  pro projekt C

$\alpha$	$i_t$		$P_t$		KV		NPV	
		19	19	25 029 959	25 029 959	1 726 920	1 726 920	718 266
1	18,5	19,5	25 029 959	25 029 959	1 716 390	1 737 450	634 296	802 236
0,75	18	20	25 029 959	25 029 959	1 705 860	1 747 980	550 326	886 206
0,5	17,5	20,5	25 029 959	25 029 959	1 695 330	1 758 510	466 356	970 176
0,25	17	21	24 529 360	25 530 558	1 684 800	1 769 040	382 386	1 054 145

Funkce  $\mu_{NPV}$  pro projekt C je znázorněna na Obr. 4.31:

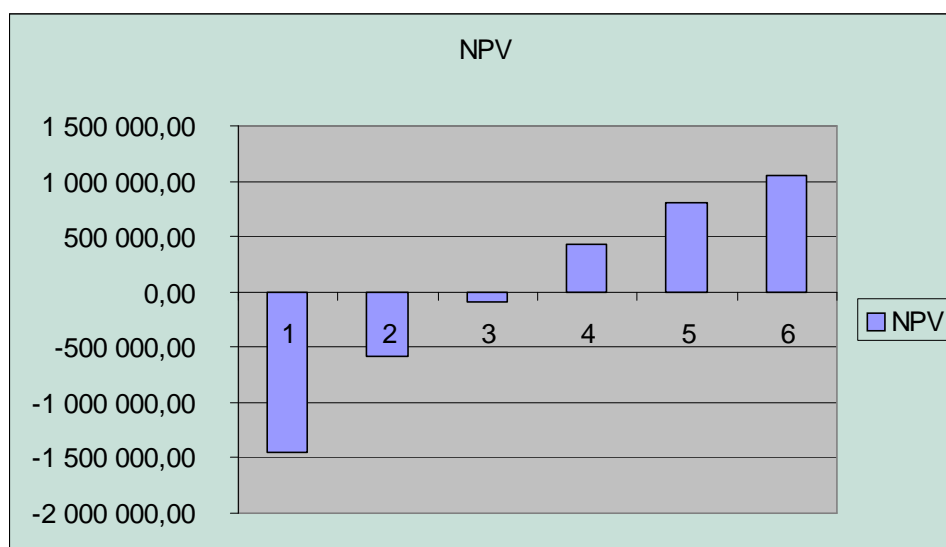
Obr. 4.31 Trojúhelníkový tvar funkce  $\mu_{NPV}$  pro projekt C

Pesimistický odhad průběhu NPV projektu B je znázorněn na Obr. 4.32:



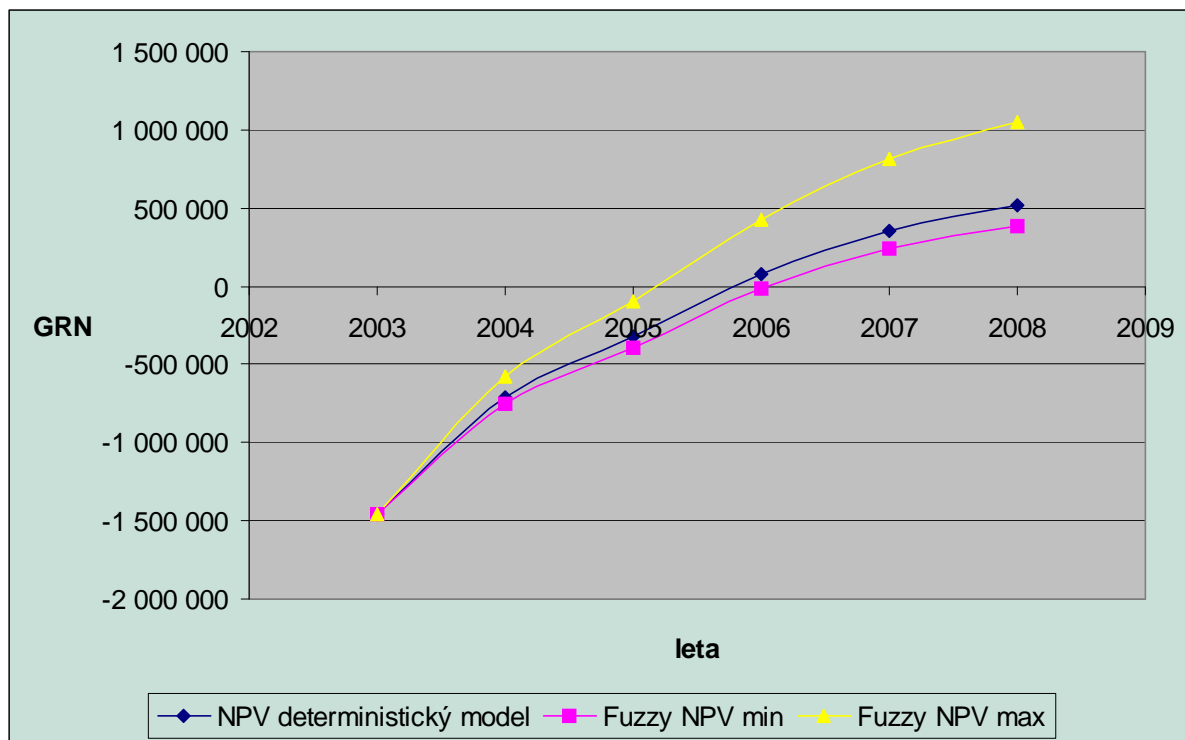
Obr. 4.32 Dynamika NPV<sub>min</sub> pro projekt C (výstup fuzzy modelu)

Optimistický odhad průběhu NPV projektu B je znázorněn na Obr. 4.33:



Obr. 4.33 Dynamika NPV<sub>max</sub> pro projekt C (výstup fuzzy modelu)

Podle výstupu obou přístupů k hodnocení tzn. jak deterministického, tak fuzzy modelu má projekt C kladnou hodnotu NPV a proto je pro investora PATENT a.s. výhodný. Porovnání průběhu investice projektu B podle deterministického a fuzzy modelu je znázorněno na Obr. 4.34:



Obr. 4.34 Porovnání průběhu čisté současné hodnoty NPV projektu C: výstupy deterministického a fuzzy modelu

### Závěry případové studie:

Použití metodiky IRPNN pro hodnocení projektu C na rozdíl od klasické metody umožnilo zahrnout do výpočtů nejistotu ve vstupních datech o pořizovací ceně tiskového stroje, úrovni inflace a úrokové míře během životnosti investice, v letech 2006-2011. Podle výstupu deterministického modelu má projekt C kladnou čistou současnou hodnotu ve 4. roce životnosti a jeho diskontovaná čistá současná hodnota v posledním roce životnosti se rovná 518 794 UAH. Podle výstupu fuzzy modelu má projekt C kladnou diskontovanou čistou současnou hodnotu ve výši  $\underline{NPV} = (369746,12; \overline{711810,78}; 1054145,43)$  a kladnou hodnotu NPV v 5. roce.

V takovém případě lze managementu nakladatelství PATENT a.s. doporučit, aby do daného projektu investoval, protože daná investice je výhodná pro firmu a přinese jí kromě zlepšení postavení na trhu také maximalizaci tržní hodnoty firmy. Za přínos metodiky IRPNN v porovnání s výstupem klasického přístupu lze považovat skutečnost, že kromě informací o nejvíce očekávané výši NPV poskytují výsledky dané metodiky investorovi i informaci o všech možných dopadech investice, a tímto umožňují objektivní představu o efektivnosti daného investičního projektu.

## 4.5 Přínosy disertační práce

**Očekávaný přínos** disertační práce zasahuje jak do teoretické tak i do praktické roviny. Tvůrčí přínos disertační práce spočívá ve vytvoření modelu průběhu investičního projektu za podmínek nejistoty a neurčitosti a v implementaci tohoto modelu do báze znalostí fuzzy expertního systému. Takový postup zkvalitní, urychlí a usnadní podnikové rozhodování o investicích, rovněž tak dovolí uchovávat expertní znalosti s možností jejich následujícího využití a aktualizace.

### 1. Teoretické přínosy

Přínosy dané disertační práce do teoretické roviny jsou především v prohloubení chápání možnosti využití nástrojů umělé inteligence pro podporu investičního rozhodování, spojeného s velmi nejistou budoucností a ve vytvoření metodiky investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti. Poznatky, získané při tvorbě metodiky byly uplatňovány ve cvičeních z předmětů Operační analýza II a Operační výzkum, jejichž výuka probíhá na Fakultě podnikatelské. Považuji za přínosné studenty seznámit s možnostmi zkvalitnění nejistých a neurčitých vstupních rozhodovacích dat pomocí využití fuzzy logiky, modelováním a moderními nástroji na podporu rozhodování jako jsou expertní systémy, neuronové sítě a genetické algoritmy.

### 2. Praktické přínosy

V turbulentních podmínkách ekonomického systému České republiky a posílení konkurenčního boje na trhu mohou podniky využívající metodiku IRPNN navrhovanou v dané práci získat konkurenční výhodu před těmi, kteří svou strategii investičního rozhodování určují spíše intuitivně.

Předpokládám, že výzkum v dané oblasti bude pokračovat řešením problému modelování vícenásobných změn jednoho nebo několika vstupních parametrů v průběhu životnosti investice a implementací vytvořeného fuzzy modelu do expertního systému.

## 5 Závěr

V předložené disertační práci je provedena analýza problému počítačové podpory investičního rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti. Důraz je kladen na **modelování investičního rozhodování a následující realizaci modelu na počítači** jako jedné z metodologií, které mohou vést k vyšší objektivizaci a zkvalitnění rozhodování na základě nejistých a neurčitých informací.

Disertační práce je členěna do čtyř částí.

V první části práce se autorka soustřeďuje na základní vymezení problému a jeho aktuálnost. Z této části vyplývá, že každá ze zkoumaných oblastí (investiční rozhodování, modelování, podpora rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti, realizace na počítači, nástroje umělé inteligence) je v současné době poměrně rozvinutá, problematické je však jejich spojení. Na základě uvedených východisek autorka stanoví hlavní cíl práce – **implementaci nástrojů umělé inteligence do existujících metod investičního rozhodování v podmínkách nejistoty a neurčitosti**. Tento cíl byl dosažen prostřednictvím splnění těchto dílčích cílů: utřídění dostupných informací, tvorba modelu, srovnání klasického přístupu s vytvořeným modelem, realizace modelu, aplikace modelu, vytvoření metodiky investičního rozhodování za nejistoty a neurčitosti.

Druhá část je věnována přehledu současného stavu problematiky. Autorka pokládá za neuspokojivý jak klasický přístup k investičnímu rozhodování (s použitím kritéria NPV – čisté současné hodnoty) tak i existující postupy investičního rozhodování za nejistoty a neurčitosti (např. metodu koeficientů jistoty, simulační analýzu, analýzu citlivosti, techniku rozhodovacích stromů). Pro zlepšení stávajícího stavu **autorka navrhuje, aby byl průběh čisté současné hodnoty projektu namodelován s použitím fuzzy logiky a s následující implementací tohoto modelu do báze znalostí expertního systému**. Z celé řady moderních nástrojů byl zvolen expertní systém z důvodu jeho mimořádně dobré schopnosti zpracovávat neúplné informace a průhlednosti řešení, na rozdíl od neuronových sítí a genetických algoritmů.

Ze široké škály metod, uvedených ve třetí dílčí části práce, je největší pozornost věnována **matematickému modelování a fuzzy množinám** jako specifické metodě pro zkvalitnění nejistých a neurčitých informací pro rozhodování. Důležitá je také skupina vědeckých metod označovaných jako metody logické a empirické.

Čtvrtá část je věnována řešení a výsledkům disertační práce. Podle autorky není vhodné uvádět pravděpodobnosti vstupních dat hodnoty, které není možné definovat ani naznačit a proto v investiční analýze je vhodné pojem nahodilosti nahradit pojmem očekávání a možnosti. **Vstupy do klasického vzorce výpočtu NPV projektu autorka navrhuje nahradit fuzzy čísly modelujícími výrok typu: „parametr A se přibližně rovná  $\bar{a}$  a jednoznačně patří do intervalu  $[a_{\min}, a_{\max}]$ “ s funkcí členství ve tvaru  $\mu(x)$ .** Takto byl klasický vzorec výpočtu NPV projektu upraven pro případ nepřesných vstupních dat pomocí použití segmentové metody dle ruského matematika A. Nedosekina. Vzorec fuzzy výpočtu NPV byl dále implementován do inferenčního mechanismu fuzzy expertního systému Compic, zapůjčeného pro vědecké účely od české firmy působící v oblasti informačních technologií. Vzniklý expertní systém je přizpůsoben tak, aby efektivně podporoval investiční rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti a po naplnění báze dat podnikovými daty a možném doplnění heuristik do báze znalostí byl připraven k použití. Na základě výše uvedeného postupu byla při rozhodování o investicích vytvořena **metodika investičního rozhodování za podmínek nejistoty a neurčitosti.**

I když na první pohled vypadá metodika IRPNN relativně složitě, v praxi se ukázala jako velice efektivní. Na příkladě hodnocení tří velkých investičních projektů se ukázalo, že v případě použití metodiky IRPNN byla nejistota a neurčitost ve vstupních datech zahrnuta do hodnocení a tím byly odhaleny možné neúspěšné dopady projektů, což klasický přístup k rozhodování neumožňuje. Za hlavní přínos metodiky IRPNN v porovnání s klasickým přístupem lze považovat skutečnost, že kromě informací o nejvíce očekávané výši NPV, poskytují výsledky dané metodiky investorovi také informaci o všech možných dopadech investice, a tímto umožňují objektivní představu o efektivnosti daného investičního projektu.



## 6 Literatura

1. ADAMS J. Multiagent systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence [online]. *AI Magazine*, volume 12, 2001. [cit. 2004-01-07]. Dostupný z: <<http://www.aaai.org/Library/Magazine/Vol22/22-02/vol22-02.html>>
2. Advanced Financial Systems Research. Cite of the art technologies and research in finance [online]. [cit. 2004-01-07]. Dostupný z: <<http://www.advanced-finance.com>>
3. AKERS R, BICA I., KANT E., RANDALL C., YOUNG R. SciFinance: A Program Synthesis Tool for Financial Modelling [online]. *AI Magazine*, volume 12, 2001. [cit. 2004-01-07]. Dostupný z: <<http://www.aaai.org/Library/Magazine/Vol22/22-02/vol22-02.html>>
4. BAUKO, D. - TVARDEK, P. - MÍRA, M. - DVOŘÁK, J.: Nebojme se expertních systémů -v ocelárně Nové huti, a. s. již takový máme. *Hutnické listy*, č. 11-12/2001, s. 63-69.
5. BEYNON M., MAAD S. Empirical Modelling of Real Life Systems the Need for Integration of Enabling Tools and Technologies. *Journal of Integrated and Process Science*, 03, 2002, Vol.6, No. 1, pp. 43-58.
6. BLOOM, N., BOND, S., REENEN J. The dynamics of investment under uncertainty [online]. *IFS Working Papers from Institute for Fiscal Studies*, January 2005, [cit. 2006-08-10]. Dostupný z: <<http://econpapers.repec.org/paper/ifsifsewp/>>
7. BOHACHOVA, L: Trends of Investment Decision Tools in Small and Medium Sized Enterprises: the Expert Systems. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International PhD Conference “The Development of Economic Science and its Practical Applications”. Masaryk University Brno, June 27-28, 2002, Czech Republic, Pp. 13-21. ISBN 80-210-2897-1.
8. BOHACHOVA, L: Small and Medium-Sized Enterprises in Business and Economic Development of Eastern Europe: the case of Ukraine. Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual International Conference “Business and Economic Development in Central and Eastern Europe: Implications for Economic Integration into Wider Europe”. Brno University of Technology, September 6-7, 2002, Brno, Czech Republic, Pp. 47-52. ISBN 80-86510-39-5.
9. BOHACHOVA, L: The Exert Systems in Firm Management. Proceedings CD of the 6<sup>th</sup> International Conference “Small and Medium Firm management with Computer Support”. Brno University of Technology, September 20, 2002, Brno, Czech Republic, ISBN 80-86510-56-5.

10. BOHACHOVA, L: The ISPMS Model in Investment Management of Small and Medium Firms. CD sborník Doktorandské konference fakulty podnikatelské “Přínosy Vědeckých Disciplín pro Rozvoj Ekonomiky”. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 22.listopadu, 2002, Brno, Česká republika, ISBN 80-214-2274-2.
11. BOHACHOVA, L: Deduktivní nebinární stromy pro podporu podnikového rozhodování. Conference Proceedings CD of the International Conference “New Trends of the Development of Industry”. Brno University of Technology, December 4-5, 2002, Brno, Czech Republic, ISBN 80-214-2354-4.
12. BOHAČOVÁ, L: On the Use of Expert Systems to Support Portfolio management. Conference Proceedings CD of the 2<sup>nd</sup> International Conference “APLIMAT”. Slovak University of Technology in Bratislava, February 5-7, 2003, Bratislava, Slovak Republic, ISBN 80-227-1813-0.
13. BOHAČOVÁ, L: Možnosti aplikace v podniku expertního systému PROSPECTOR na odhalování rudných ložisek. Sborník příspěvků z konference studentů doktorského studia “MendelNet 2002/3”. 2.díl-Sekce managementu a marketingu. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 24.ledna 2003, Brno, Česká republika, ISBN 80-7302-045-9 (soubor), ISBN 80-7302-047-5 (2.díl).
14. BOHACHOVA, L: Analysis of Artificial Intelligence Business Applications. Conference Proceedings of the International Scientific Conference “Business Development and European Community”. Brno University of Technology, May, 2003, Brno, Czech Republic, ISBN 80-214-2408-7.
15. BOHACHOVA, L: Current Situation and trends of Artificial Intelligence Business Applications. Conference Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Meeting of Doctoral Students of Masaryk University of Brno, Technical University Brno, University of Toruń and University of the Federal Armed forces of Germany Munich. University of federal Armed Forces, July 1-3, 2003, Neubiberg, Germany, ISBN 3-924069-38-7
16. BOHACHOVA, L: Comparative Analysis of Expert Systems in Finance – Groundwork for a New System Design. CD Proceedings of the 11<sup>th</sup> Annual International Conference “Business and Economic Development in Central and Eastern Europe: in the Period of Joining to the European Union ”. Brno University of Technology, September 5-6, 2003, Brno, Czech Republic. ISBN 80-214-2445-1.
17. BOHACHOVA, L: Analysis of Expert Systems Economic Applications — Groundwork for Development of a New System.
18. BOHAČOVÁ, L: Financial Expert Systems. Sborník příspěvků z konference studentů doktorského studia “MendelNet 2003”. Sekce Informatika. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 28.listopadu 2003, Brno, Česká republika, ISBN 80-7157-719-7.

19. BOHAČOVÁ, L: Moderní nástroje pro podporu investičního rozhodování. Sborník příspěvků z workshopu studentů DSP FP VUT v Brně “Přínosy vědeckých disciplin pro rozvoj ekonomiky”, 5.prosince 2003, Brno, Česká republika, ISBN 80-214-2532-7.
20. BROŽOVÁ, H. Matematické programování I nelineární optimalizační modely. Vyd. 1.. Praha: Credit, 2004, 48 s., ISBN 80-213-1141-X.
21. CARRUTH A., DICKERSON A., HENLEY A. What Do We Know about Investment under Uncertainty? [online] *Discussion of the Department of Economics University of Kent*, 02-1998, [cit. 2006-08-10]. Dostupný z: <<http://www.kent.ac.uk/economics/papers/paperspdf/1998/9804.pdf>>
22. COOK, R. L.: Expert systems in purchasing: Applications and development. *International Journal of Purchasing and Material Management*, Fall 1992, pp. 20-27.
23. COVENEY, P., HIGHFIELD R. Mezi chaosem a řádem hranice komplexity hledání řádu v chaotickém světě; [z anglického originálu ... přeložil František Slanina]. Vyd. 1.. Praha Mladá fronta, 2003, 428 s., ISBN 80-204-0989-0.
24. ČAPEK, J. Modelování ekonomických a sociálních procesů pro kombinovanou formu studia. Vyd. 1.. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2006, 103 s., ISBN 80-719-4838-1.
25. ČERNÝ, M. Vícekriteriální rozhodování za neurčitosti . - Praha, 1987.
26. ČSN ISO 690 (01 0197). Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
27. ČSN ISO 7144 (01 0161) Dokumentace - Formální úprava disertací a podobných dokumentů. Praha: Český normalizační institut, 1997.
28. DLOUHÝ, M., FÁBRY, J., KUNCOVÁ, M. Simulace pro ekonomy . 2., upr. vyd.. Praha: Oeconomica, 2005, 152 s., ISBN 80-245-0973-3.
29. DOSTÁL P. Moderní metody ekonomických analýz – Finanční kybernetika. -Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2002, 111 s. ISBN 80-7318-075-8.
30. DOSTÁL P., RAIS K., SOJKA Z. Pokročilé metody manažerského rozhodování : konkrétní příklady využití metod v praxi. Praha : Grada, 2005, ISBN 80-247-1338-1, 166 s.
31. DUDORKIN, J. Systémové inženýrství a rozhodování. Vyd. 4.. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 164 s., ISBN 80-010-2737-6.

32. ELDON, Y.L.: Artificial Neural Networks and their Business Applications. *Information & Management*, 27/1994, pp. 303-313.
33. FANTA J. Technologie umělé inteligence na kapitálových trzích. Karolinum Praha, Praha 1999, ISBN 80-7184-866-2, s.41-42.
34. Firemní materiály Compic Orion s.r.o. [online]. Dostupný z: <http://www.compic.cz> [cit. 2003-03-07].
35. FOTR J. Expertní systémy v řízení a rozhodování. Moravské tiskařské závody.Olomouc, 1990.-120 s. ISBN 80-7014-012-7.
36. FOTR J. Podnikatelský plán a investiční rozhodování. 2. přepracované a doplněné vydání, Grada Publishing, Praha 2001, ISBN 80-7169-812-1.
37. FOTR, J., Dědina , J., Hružová, H. Manažerské rozhodování. 2. upravené vydání. EKOPRESS, Praha 2000, ISBN 80-861-1920-3.
38. GOLDBERG, D.: Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989.
39. GRAHAM, N. Development of Neral Network Systems for Financial Modelling [online], May 2001, [cit. 2006-08-10]. Dostupný z: <<http://smealsearch2.psu.edu/cachedhtmlpage/135387/>> .
40. HACKETT J. Computers are learning the Business. *BTN - Bank Technology News* [online]. [cit. 2004-01-07]. Dostupný z: <<http://www.electronicbanker.com/btn/articles>>
41. HIDLS, R., HRONOVÁ, S., NOVÁK., I. Analýza dat v manažerském rozhodování. Grada Publishing, Praha 1999, ISBN 80-716-9255-7.
42. HEBÁK, P. Pravděpodobnostní rozhodování v ekonomických situacích. Vyd. 1.. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1998, 100 s., ISBN 80-707-9429-1.
43. HEBÁK, P. Texty k bayesovské statistice. Vyd. 1.. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1999, 139 s., ISBN 80-707-9862-9.
44. HOCHREITER, R. Large computational financial modeling and optimization systems as the driver of performance for managing market risk [online]. *EUMOptFin 3 Workshop*, Bergamo, Italy, May 2004, [cit. 2006-08-10]. Dostupný z: <<http://homepage.univie.ac.at/ronald.hochreiter/pub.html>>
45. HRDÝ, M. Sbíрка příkladů z investičního rozhodování a dlouhodobého financování. 1. vyd.. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001, 110 s. ;. ISBN 80-708-2736-X.

46. HUSÁR, J. Modelovanie investičných procesov. 1. vyd.. Bratislava: Ekonóm, 1999, 103 s., ISBN 80-225-1177-3.
47. ISHII, J. Investment under Regulatory Uncertainty U.S. Electricity Generation Investment Since 1996 [online]. *Working Paper of the Center for the Study of Energy Markets (CSEM)*, 03-2004, [cit. 2006-08-10]. Dostupný z: <<http://www.ucei.org>>
48. JANÍK, I, LENORT, R, MACUROVÁ, P. a kol. Možnosti metod umělé inteligence v logistickém řízení současného průmyslového podniku. 1. vyd.. Ostrava Vysoká škola báňská Technická univerzita, 2004, 116 s., ISBN 80-248-0749-1.
49. JANÍČEK, P. – ONDÁČEK, E. Řešení problémů modelováním. Téměř nic o všem. 1.vyd. Brno: PC-DIR Real, s.r.o., 1998. 334 s. ISBN 80-214-1233-X.
50. KAHOE P. Thinking About Models. *Finance magazine*, 12, 2004.
51. KOHOUT, P. investiční strategie pro třítisícletí. 2. rozšířené vydání, Grada Publishing, Praha 2001, ISBN 80-247-0074-3.
52. KONEČNÝ M. Podniková ekonomika. Svazek 2 ze 3. - Brno : Z. Novotný, 2001. ISBN 80-214-1994-6 211 s.
53. KONEČNÝ, M. Metodologie vědy a výzkumu. 1.vyd. Brno: Fakulta podnikatelská VUT v Brně, 1993, 91 s.
54. KROPÁČ, J. Statistika a náhodné jevy, náhodné veličiny, náhodné vektory, indexní analýza, rozhodování za rizika. 1. vyd.. Brno Vysoké učení technické v Brně, 2006, 151 s., ISBN 80-214-3194-6.
55. LEE J.K., KIM W. Agents and e-business models [online]. *Decision Support Systems*, Jan 2003, [cit. 2003-12-12], Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/>>
56. LEUNG, H.C.: Neural Networks in Supply Chain Management. *95'Engineering Management Conference* , [cit. 2003-12-10]. Dostupný z: <<http://www.aaai.org/AITopics/html/expert.html>>
57. LEVY, H. Kapitálové investice a finanční rozhodování . - Praha : Grada, 1999. ISBN 80-7169-504-1.
58. LIEBOWITZ J. Worldwide Perspectives and Trends in Expert Systems: An Analysis Based on the Three World Congresses on Expert Systems. *AI magazine* [online]. 1997, vol. 18, [cit. 2003-12-10]. Dostupný z: <<http://www.aaai.org/AITopics/html/expert.html>>

59. LUDVÍK, L. - MACUROVÁ, P. - MIKOLÁŠ, Z.: O nových fenoménech malého a středního podnikám. *Ekonomická revue*, ročník V, č. 1, 2002, s. 61-72.
60. LUKASOVÁ A. Logické základy umělé inteligence. 2, Formalizace a automatizace dedukce. 2. přeprac. vyd.. Ostrava Ostravská univerzita, 2002, 168 s., ISBN 80-704-2826-0.
61. LUKÁŠ, L. Pravděpodobnostní modely některých manažerských úloh. 1. vyd.. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005, 219 s., ISBN 80-704-3402-3.
62. MADLENER, R., KUMBALOGRU G., EDIGER, V. Modeling technology adoption as an irreversible investment under uncertainty the case of the Turkish electricity supply industry [online]. *CEPE Working Paper*, No. 3, February 2004, [cit. 2006-08-10]. Dostupný z: <<http://www.cepe.ethz.ch/publications/workingPapes>>.
63. MACUROVÁ, P.: Logistické řízení s podporou umělé inteligence. *Ekonomická revue*, ročník V, č. 4, 2002, s.50-61.
64. MACUROVÁ, P.: Přístupy průmyslových podniků k zabezpečování flexibility v logistice -problémy a inspirace. In: Sborník z mezinárodní konference Logistické řízení podniku. Ostrava, VŠB-TU, 2001. s. 102-106.
65. MÁČE, M. Finanční analýza investičních projektů praktické příklady a použití. 1. vyd.. Praha Grada, 2006, 77 s., ISBN 8-024-71557-0.
66. MARIK, V. - ŠTĚPÁNKOVÁ, O. - LAŽANSKÝ, J. a kol.: Umělá inteligence. Praha, Academia, 1997.
67. MARČEK, D. Neuronové sítě a fuzzy časové řady s aplikacemi v ekonomice [skripta]. 1. vyd.. Opava Slezská univerzita, 2002, 151 s., ISBN 80-724-8157-6.
68. MILGROM, P., ROBERTS, J. Modely rozhodování v ekonomii a managementu. Grada Publishing, Praha 1997, ISBN 80-716-9411-8.
69. Modelování ekonomického rozvoje podniku . - Brno : Dům techniky ČSVTS, 1989. ISBN 80-02-99057-9.
70. NAVARA, M., OLŠÁK, P. Základy fuzzy množin. Vyd. 1.. Praha Vydavatelství ČVUT, 2002, 136 s., ISBN 80-010-2585-3.
71. NEDOSEKIN A., Fuzzy Financial Management. *Audit and Financial Analysis*, Moscow, 2003, AFA Library, 184 pp.

72. NEDOVIČ L., DEVEDŽIČ V. Expert Systems in Finance – A Cross-Section Of The Field. School of Business Administration, University of Belgrade [cit. 2003-01-07]. Dostupný z: <<http://fon.fon.bg.ac.yu/>>
73. NOVÁK, V. Základy fuzzy modelování. 1. vyd.. Praha BEN technická literatura, 2000, 175 s., ISBN 80-730-0009-1.
74. PÁNKOVÁ, V. Nelineární optimalizace pro ekonomy. 1. vyd.. Praha: Professional Publishing, 2003, 153 s., ISBN 80-864-1950-9.
75. PETŘÍK, T. Ekonomické a finanční řízení firmy manažerské účetnictví v praxi. 1. vyd.. – Praha Grada, 2005, 371 s., ISBN 80-247-1046-3.
76. PLEVNÝ, M., ŽIŽKA, M. Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování. 1. vyd.. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005, 296 s., ISBN 80-704-3435-X.
77. POKORNÝ, M. Umělá inteligence v modelování a řízení . - Praha : BEN - technická literatura, 1996. ISBN 80-901984-4-9.
78. POKORNÝ, M., PENHAKER, M. Umělá inteligence a inženýrská informatika průvodce studiem. Ostrava VŠB, Technická univerzita, Regionální centrum celoživotního vzdělávání, 2003, 371 s., ISBN 80-248-0307-0.
79. PRICE, J. D. - Malley, J. C. - Balsmeier, P. W.: Expert systems: application to inventory control and production management. *Industrial Management*, September/October 1994, pp. 26-30.
80. Programy finanční analýzy (on-line), [cit. 2003-12-11]. Dostupné z <http://www.tora-centre.ru/program/optim.htm>
81. PROVAZNÍK, I., KOZUMPLÍK, J. Expertní systémy. 1. vyd.. Brno Vysoké učení technické, 1999, 100 s., ISBN 80-214-1486-3.
82. RAIS, K.. Operační a systémová analýza . - Brno : Z. Novotný, 2001. ISBN 80-214-1924-5. 133 s.
83. RAIS, K.. Základy optimalizace a rozhodování. Vyd. 10.. Brno: Zdeněk Novotný, 2005, 134 s., ISBN 80-735-5051-2.
84. RAIS K., SMEJKAL, V. a kol. Expertní systém pro volbu prognostických metod. ÚVVTR-89-3-2-1-12, Praha ÚVVTR, 1989.
85. RAIS K., SMEJKAL, V. Mathematical Tools for Risk Reduction. Scripta Fac. Nat. Univ. Purk. Brun., vol.20 (1990), No.4 (Mathematica), s.175-182.

86. REŽNÁKOVÁ M. Finanční management. II.část - Brno : Z. Novotný, 2002. ISBN 80-214-2250-5. 111 s.
87. ROHN, J. Lineární algebra a optimalizace. 1. vyd.. Praha Karolinum, 2004, 199 s., ISBN 80-246-0932-0.
88. RYTÍŘ, V. Rozhodování při riziku a nejistotě . - Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2001. ISBN 80-7318-022-7.
89. RYTÍŘ, V., STRÍŽ, P. Manažerské rozhodování v riziku a nejistotě. Vyd. 1.. Zlín Univerzita Tomáše Bati, 2005, 129 s. , ISBN 80-731-8309-9.
90. ŘEPA, V. Podnikové procesy procesní řízení a modelování. 1. vyd.. Praha: Grada, 2006, 265 s., ISBN 80-247-1281-4.
91. SEBEROVÁ, H., STRÍŽ, P. Manažerské rozhodování v riziku a nejistotě cvičebnice. Vyd. 1.. Zlín Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 126 s., ISBN 80-731-8307-2.
92. SHAW-TAYLOR J. Neural Network Learning: Theoretical Foundation [online]. *AI Magazine*, volume 12, 2001. [cit. 2004-01-07]. Dostupný z: <<http://www.aaai.org/Library/Magazine/Vol22/22-02/vol22-02.html>>.
93. SCHNEIDEROVÁ, L. a kolektiv Případové studie z investičního řízení a rozhodování. 2. Vyd. 1., Praha: Vysoká škola ekonomická, 2000, 49 s., ISBN 80-245-0030-2.
94. SCHOCKEN, S. - ARIAV, G.: Neural networks for decision support: Problems and opportunities. *Decision Support Systems* 11, 1994. pp. 393-414.
95. SIVÁK, R. a kolektiv Riziko a neistota vo financiách (vybrané okruhy). Vyd. 1.. Bratislava: Ekonóm, 2004, 203 s., ISBN 80-225-1956-1.
96. SMEJKAL V., RAIS K. Řízení rizik. –Praha: Grada Publishing a.s., 2003. ISBN 80-247-0198-7. 272 s.
97. SPĚVÁK, L. Nové přístupy k hodnocení rizik v softwarových projektech zkrácená verze. Brno Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2001, 31 s., ISBN 80-214-2035-9.
98. STANARD, J. The Value of Modelling as a Tool for Financial Risk Management a Reinsurer's Perspective Enhancing Shareholder Value Through Capital Risk Management [online]. *Proceedings of a Conference*. [cit. 2006-08-10]. Dostupný z: <[http://www.aon.com.au/pdf/reinsurance/2001\\_conference\\_papers/](http://www.aon.com.au/pdf/reinsurance/2001_conference_papers/)>.



- 
99. STOCKDALE, A. - WOOD, M.: Building a small expert system for a routine task: A case study. *Management Decision*, Vol. 30, No 3, 1992, pp. 46 - 49.
  100. STUART R. On the Future of Artificial Intelligence. *Journal of the ACM-Ubiquity* [online] , Volume 4, Issue 43, Dec. 24, 2003 - Jan. 6, 2004. [cit. 2004-01-07]. Dostupný z: <[http://www.acm.org/ubiquity/interviews/v4i43\\_russell.html](http://www.acm.org/ubiquity/interviews/v4i43_russell.html)>.
  101. ŠTECHA, J. Optimální rozhodování a řízení. Vyd. 1.. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000, 241 s., ISBN 80-010-2083-5.
  102. TALAŠOVÁ, J. Fuzzy metody vícekriteriálního hodnocení a rozhodování. 1. vyd.. Olomouc: Univerzita Palackého, 2003, 179 s., ISBN 80-244-0614-4.
  103. TURNOVEC, F., PECHOVÁ, M., SOUKENÍK, K. Modelling and simulation of decision making processes in extending European Union four essays on the EU decision making. Praha: CERGEEI, 2001, 117 s., ISBN 80-862-8678-9.
  104. TŮMA, F. Automatické řízení. 2, Diskrétní systémy. . 1. vyd.. Plzeň Západočeská univerzita, 2000, 184 s., ISBN 80-708-2698-3.
  105. VANĚČKOVÁ, E. Rozhodovací modely (pro obor provozně podnikatelský). 1. vyd.. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1998, 89 s., ISBN 80-704-0258-X.
  106. VALACH J. a kol. Finanční řízení podniku. EKOPRESS, Praha 1999, ISBN 80-861-1921-1.
  107. VAVROUŠEK, J. Modelování složitých rozhodovacích procesů . - Praha : Institut ČSKVŘ, 1974.
  108. VESELÝ, A. Úvod do umělé inteligence. Vyd. 1. Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2005. 222 s., ISBN 80-213-1361-7.
  109. VESELÝ, J. Expertní systémy pro podporu rozhodování v dopravě. Vyd. 1.. Praha Vydavatelství ČVUT, 2005, 263 s., ISBN 80-010-3246-9.
  110. VLČEK, D., CHUCHRO, J. Modely a modelování (podpora strategických rozhodovacích procesů). 1. vyd.. Ostrava: Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, 1999, 207 s., ISBN 80-707-8621-3.
  111. VOLEK, J. Operační výzkum IV teorie her a optimálního rozhodování. Vyd. 1.. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003, 101 s., ISBN 80-719-4621-4.
  112. VOLNÁ E. Neuronové sítě a genetické algoritmy, REPROINS Ostrava, 1998, ISBN 80-7042-762-0, s.118.

113. VONDRÁK, L: Neuronový expertní systém NEUREX. Sborník ze semináře aplikaci a matematických metod v priemysle. Tatranské Matliare 1992, VSŽ Košice.
114. WILPPU, E.: Neural Networks and Logistics. Turku Centre for Computer Science. TUCS Technical Report No. 311. April 1999.
115. WONG, B. K - BODNOVICH, T. A. - Selvi, Y.: A bibliography of neural network business applications research: 1988 - September 1994. *Expert Systems*, August 1995, Vol. 12, No. 3. pp. 253-261.
116. ZELINKA, I. Umělá inteligence, anebo, Úvod do neuronových sítí, evolučních algoritmů. Vyd. 2.. Zlín Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 127 s., ISBN 80-731-8277-7.
117. ZMEŠKAL, Z. Finanční modely . - Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0182-5.
118. ZMEŠKAL, Z., ČULÍK, M., TICHÝ, T. .Finanční rozhodování za rizika sbírka řešených příkladů. 2., dopl. vyd.. Ostrava Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava, 2005, 149 s., ISBN 80-248-0840-4.

## 7 Přílohy

### Příloha A

#### Výchozí údaje pro hodnocení projektu A

Kvantifikace příjmů za pronájem Budovy:

$$\text{Míra inflace} = \frac{\text{cenováhladina}(t) - \text{cenováhladina}(t-1)}{\text{cenováhladina}(t-1)} \quad (7.1)$$

Nájemné za 30 let včetně inflace 2% ročně 368 033 614,55 Kč  
 Nájemné za 30 let bez inflace 272 000 000,00 Kč

Odhad kapitálových nákladů na výstavbu Budovy:

Min. norma ubytovací plochy na osobu	cca 8 m <sup>2</sup>	(bez sociálních zařízení)
Výška pokoje	cca 2,6 m	
Cena m <sup>3</sup> stavby	3 500 až 5 000 Kč	
Objem pokoje	25 m <sup>2</sup> * 2.6 m = 65 m <sup>3</sup>	
Chodby	4 m <sup>2</sup> * 2.6 m = 10.4 m <sup>3</sup>	

Náklady na stavbu:

75 m<sup>3</sup> \* 5 000 Kč \* 200 = 75 000 000 Kč

Náklady na vybavení pokoje

60 000 Kč<sup>9</sup> \* 400 lůžek = 24 000 000 Kč

**Kapitálové náklady (KV) = cca 100 000 000 Kč**

Provozní náklady 500 Kč/m<sup>2</sup>

Celkové provozní náklady 500 \* (25 m<sup>2</sup>\*200 + 4m<sup>2</sup>\*100) = **2 700 000 Kč**

<sup>9</sup> Výroční zprava kolej a menz. „...zvýšení lůžkové kapacity na jednotlivých blocích kolejí v areálu Pod Palackého vrchem, Kolejní 2, bude řešeno rekonstrukcemi místností studoven nebo spol. místností, které byly vždy málo využívané. ...Náklady na jedno lůžko, včetně vybavení novým nábytkem jsou ve výši zhruba **60 tis. Kč.**“

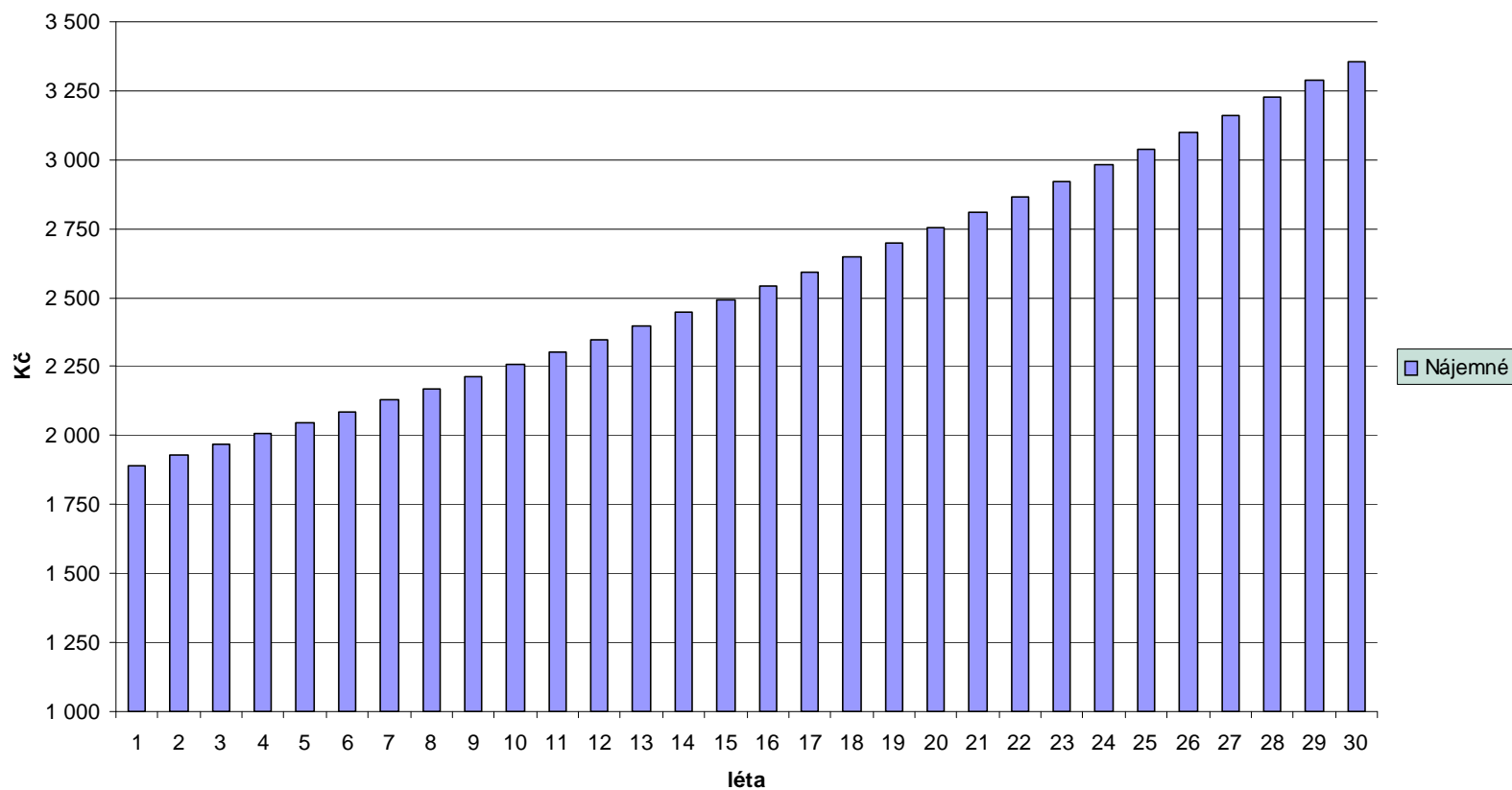
## Příloha B

**Výpočet příjmů za pronájem Budovy z projektu A, Kč  
(vstup  $P_t$  deterministického modelu)**

	Nájemné za měsíc včetně inflace 2%	Nájemné za rok včetně inflace	Celkové Nájemné, v jednotlivých letech	Akumulace Nájemného celkem
<b>2004</b>	1 890	22 680	9 072 000	9 072 000
<b>2005</b>	1 928	23 134	9 253 440	18 325 440
<b>2006</b>	1 966	23 596	9 438 509	27 763 949
<b>2007</b>	2 006	24 068	9 627 279	37 391 228
<b>2008</b>	2 046	24 550	9 819 825	47 211 052
<b>2009</b>	2 087	25 041	10 016 221	57 227 273
<b>2010</b>	2 128	25 541	10 216 545	67 443 819
<b>2011</b>	2 171	26 052	10 420 876	77 864 695
<b>2012</b>	2 214	26 573	10 629 294	88 493 989
<b>2013</b>	2 259	27 105	10 841 880	99 335 869
<b>2014</b>	2 304	27 647	11 058 717	110 394 586
<b>2015</b>	2 350	28 200	11 279 892	121 674 478
<b>2016</b>	2 397	28 764	11 505 490	133 179 968
<b>2017</b>	2 445	29 339	11 735 599	144 915 567
<b>2018</b>	2 494	29 926	11 970 311	156 885 878
<b>2019</b>	2 544	30 524	12 209 718	169 095 596
<b>2020</b>	2 595	31 135	12 453 912	181 549 508
<b>2021</b>	2 646	31 757	12 702 990	194 252 498
<b>2022</b>	2 699	32 393	12 957 050	207 209 548
<b>2023</b>	2 753	33 040	13 216 191	220 425 739
<b>2024</b>	2 808	33 701	13 480 515	233 906 254
<b>2025</b>	2 865	34 375	13 750 125	247 656 379
<b>2026</b>	2 922	35 063	14 025 128	261 681 506
<b>2027</b>	2 980	35 764	14 305 630	275 987 136
<b>2028</b>	3 040	36 479	14 591 743	290 578 879
<b>2029</b>	3 101	37 209	14 883 578	305 462 457
<b>2030</b>	3 163	37 953	15 181 249	320 643 706
<b>2031</b>	3 226	38 712	15 484 874	336 128 580
<b>2032</b>	3 291	39 486	15 794 572	351 923 152
<b>2033</b>	3 356	40 276	16 110 463	368 033 615
<b>Σ</b>	<b>76 674</b>	<b>920 084</b>	<b>368 033 615</b>	

## Příloha C

Vliv inflace (2%) na výši Nájemného v jednotlivých letech životnosti projektu A  
(deterministický model), Kč



## Příloha D

<b>Kvantifikace úroků dle umořovacího plánu pro projekt A, Kč (výpočet pro deterministický model, <math>i_t = 0,06</math>)</b>					
Rok	Počáteční stav úvěru	Roční splátka	Roční úrok (6%)	Roční úmor = r.splátka-r.úrok	Konečný stav úctu
	A	B	C, 6% z A	D=B-D	E=A-D
1	50 000 000	6 793 398	3 000 000	3 793 398	46 206 602
2	46 206 602	6 793 398	2 772 396	4 021 002	42 185 600
3	42 185 600	6 793 398	2 531 136	4 262 262	37 923 338
4	37 923 338	6 793 398	2 275 400	4 517 998	33 405 341
5	33 405 341	6 793 398	2 004 320	4 789 077	28 616 263
6	28 616 263	6 793 398	1 716 976	5 076 422	23 539 841
7	23 539 841	6 793 398	1 412 390	5 381 007	18 158 834
8	18 158 834	6 793 398	1 089 530	5 703 868	12 454 966
9	12 454 966	6 793 398	747 298	6 046 100	6 408 866
10	6 408 866	6 793 398	384 532	6 408 866	0
$\Sigma$		67 933 979	17 933 979	<b>50 000 000</b>	

## Příloha E

**Vypočet CASH FLOW (CF<sub>t</sub>) a NPV projektu A z hlediska stavební firmy TES a.s., Kč (výpočet pro deterministický model)**

	Růst Příjmů za pronájem	Růst nákladů (úhrada úroků)	Odpisy celkem	Růst zisku (příjmy-odpisy- náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(30%)	Peněžní příjem	Odúročitel	Diskontovaný peněžní příjem
	1	2	3	4=1-2-3	5	6=5+3	7	8
1	9 072 000	3 000 000	1 000 000	5 072 000	3 550 400	4 550 400	0,94	4 292 830
2	9 253 440	2 772 396	2 250 000	4 231 044	2 961 731	5 211 731	0,89	4 638 422
3	9 438 509	2 531 136	2 250 000	4 657 373	3 260 161	5 510 161	0,84	4 626 437
4	9 627 279	2 275 400	2 250 000	5 101 879	3 571 315	5 821 315	0,79	4 611 027
5	9 819 825	2 004 320	2 250 000	5 565 504	3 895 853	6 145 853	0,75	4 592 539
6	10 016 221	1 716 976	2 250 000	6 049 245	4 234 472	6 484 472	0,70	4 571 297
7	10 216 545	1 412 390	2 250 000	6 554 155	4 587 908	6 837 908	0,67	4 547 600
8	10 420 876	1 089 530	2 250 000	7 081 346	4 956 942	7 206 942	0,63	4 521 725
9	10 629 294	747 298	2 250 000	7 631 996	5 342 397	7 592 397	0,59	4 493 928
10	10 841 880	384 532	2 250 000	8 207 348	5 745 143	7 995 143	0,56	4 464 446
11	11 058 717		2 250 000	8 808 717	6 166 102	8 416 102	0,53	4 433 498
12	11 279 892		2 250 000	9 029 892	6 320 924	8 570 924	0,50	4 259 487
13	11 505 490		2 250 000	9 255 490	6 478 843	8 728 843	0,47	4 092 422
14	11 735 599		2 250 000	9 485 599	6 639 920	8 889 920	0,44	3 932 020
15	11 970 311		2 250 000	9 720 311	6 804 218	9 054 218	0,42	3 778 009
16	12 209 718		2 250 000	9 959 718	6 971 802	9 221 802	0,39	3 630 128
17	12 453 912		2 250 000	10 203 912	7 142 738	9 392 738	0,37	3 488 129
18	12 702 990		2 250 000	10 452 990	7 317 093	9 567 093	0,35	3 351 772
19	12 957 050		2 250 000	10 707 050	7 494 935	9 744 935	0,33	3 220 828
20	13 216 191		2 250 000	10 966 191	7 676 334	9 926 334	0,31	3 095 078
21	13 480 515		2 250 000	11 230 515	7 861 360	10 111 360	0,29	2 974 311
22	13 750 125		2 250 000	11 500 125	8 050 088	10 300 088	0,28	2 858 327
23	14 025 128		2 250 000	11 775 128	8 242 589	10 492 589	0,26	2 746 931
24	14 305 630		2 250 000	12 055 630	8 438 941	10 688 941	0,25	2 639 939
25	14 591 743		2 250 000	12 341 743	8 639 220	10 889 220	0,23	2 537 173
26	14 883 578		2 250 000	12 633 578	8 843 504	11 093 504	0,22	2 438 464
27	15 181 249		2 250 000	12 931 249	9 051 874	11 301 874	0,21	2 343 647
28	15 484 874		2 250 000	13 234 874	9 264 412	11 514 412	0,20	2 252 566
29	15 794 572		2 250 000	13 544 572	9 481 200	11 731 200	0,18	2 165 072
30	16 110 463		2 250 000	13 860 463	9 702 324	11 952 324	0,17	2 081 021
31			2 250 000			2 250 000	0,16	369 573
32			2 250 000			2 250 000	0,15	348 654
33			2 250 000			2 250 000	0,15	328 919
34			2 250 000			2 250 000	0,14	310 301
35			2 250 000			2 250 000	0,13	292 737
36			2 250 000			2 250 000	0,12	276 167
37			2 250 000			2 250 000	0,12	260 535
38			2 250 000			2 250 000	0,11	245 787
39			2 250 000			2 250 000	0,10	231 875
40			2 250 000			2 250 000	0,10	218 750
41			2 250 000			2 250 000	0,09	206 368
42			2 250 000			2 250 000	0,09	194 687
43			2 250 000			2 250 000	0,08	183 667
44			2 250 000			2 250 000	0,08	173 270
45			2 250 000			2 250 000	0,07	163 463
Σ	368 033 615	17 933 979	100 000 000	283 849 635	198 694 745	298 694 745		111 483 823

KV 100 000 000

NPV 11 483 823

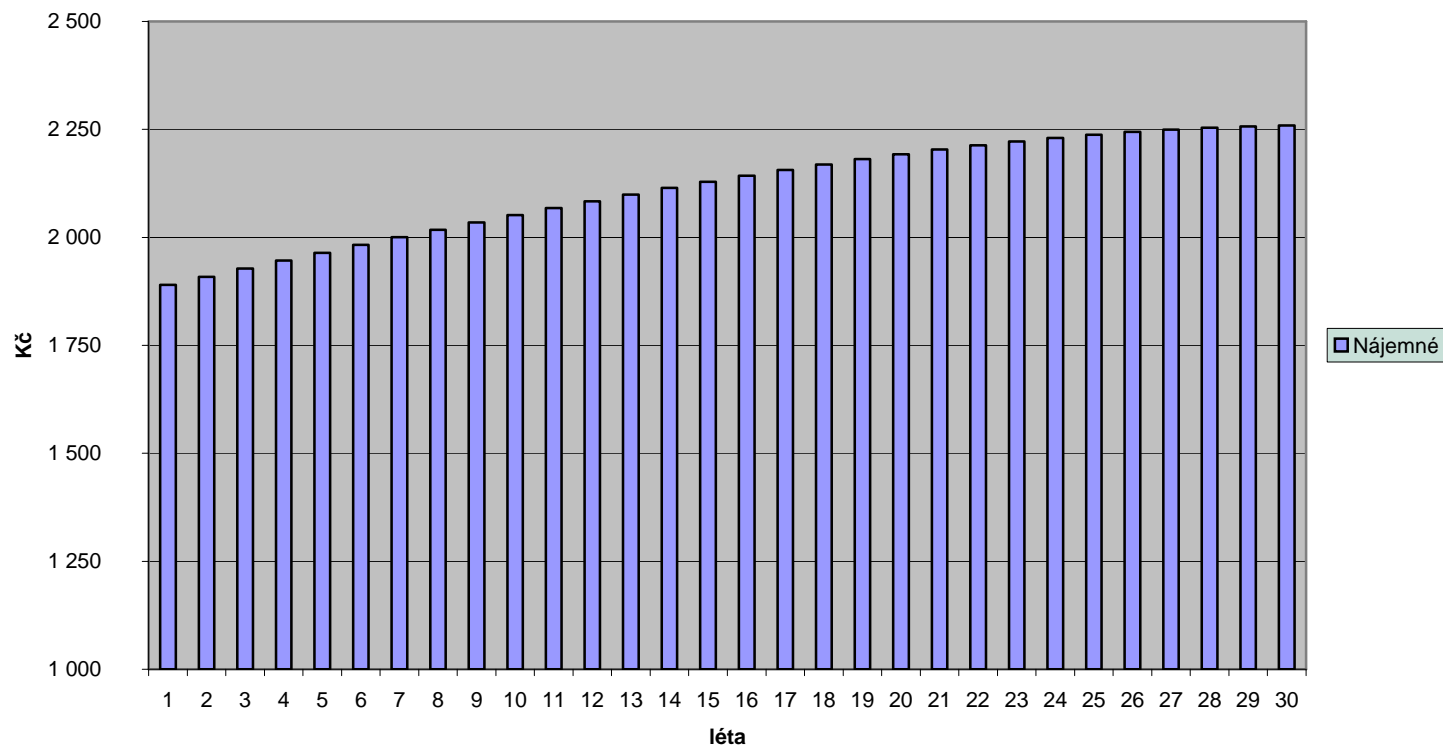
## Příloha F

<b>Výpočet příjmu za pronájem Budovy z projektu A, Kč (vstupní hodnota <math>P_{\min}</math> fuzzy modelu)</b>				
	<b>Nájemné za měsíc včetně inflace 3%</b>	<b>Nájemné za rok včetně inflace</b>	<b>Celkové Nájemné, v jednotlivých letech</b>	<b>Akumulace Nájemného celkem</b>
<b>2004</b>	1 890	22 680	9 072 000	9 072 000
<b>2005</b>	1 909	22 907	9 162 720	18 234 720
<b>2006</b>	1 928	23 131	9 252 533	27 487 253
<b>2007</b>	1 946	23 353	9 341 339	36 828 591
<b>2008</b>	1 964	23 573	9 429 033	46 257 625
<b>2009</b>	1 982	23 789	9 515 508	55 773 132
<b>2010</b>	2 000	24 002	9 600 649	65 373 781
<b>2011</b>	2 018	24 211	9 684 337	75 058 118
<b>2012</b>	2 035	24 416	9 766 450	84 824 567
<b>2013</b>	2 051	24 617	9 846 857	94 671 425
<b>2014</b>	2 068	24 814	9 925 425	104 596 850
<b>2015</b>	2 084	25 005	10 002 014	114 598 864
<b>2016</b>	2 099	25 191	10 076 476	124 675 340
<b>2017</b>	2 114	25 372	10 148 661	134 824 001
<b>2018</b>	2 129	25 546	10 218 409	145 042 410
<b>2019</b>	2 143	25 714	10 285 555	155 327 964
<b>2020</b>	2 156	25 875	10 349 927	165 677 891
<b>2021</b>	2 169	26 028	10 411 347	176 089 238
<b>2022</b>	2 181	26 174	10 469 627	186 558 865
<b>2023</b>	2 193	26 311	10 524 575	197 083 440
<b>2024</b>	2 203	26 440	10 575 988	207 659 429
<b>2025</b>	2 213	26 559	10 623 658	218 283 086
<b>2026</b>	2 222	26 668	10 667 365	228 950 452
<b>2027</b>	2 231	26 767	10 706 883	239 657 335
<b>2028</b>	2 238	26 855	10 741 977	250 399 312
<b>2029</b>	2 244	26 931	10 772 402	261 171 714
<b>2030</b>	2 250	26 995	10 797 902	271 969 616
<b>2031</b>	2 254	27 046	10 818 214	282 787 831
<b>2032</b>	2 257	27 083	10 833 063	293 620 894
<b>2033</b>	2 259	27 105	10 842 164	304 463 058
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>63 430</b>	<b>761 158</b>	<b>304 463 058</b>	



**Příloha G**

**Vliv inflace (3%) na výši Nájemného v jednotlivých letech životnosti projektu A  
(fuzzy model), Kč**



## Příloha H

<b>Kvantifikace úroků dle umořovacího plánu pro projekt A, Kč (výpočet pro fuzzy model, <math>i_t = 0,08</math>)</b>					
Rok	Počáteční stav úvěru	Roční splátka	Roční úrok (8%)	Roční úmor = r.splátka-r.úrok	Konečný stav úctu
	A	B	C, 8% z A	D=B-D	E=A-D
1	50 000 000	7 451 474	4 000 000	3 451 474	46 548 526
2	46 548 526	7 451 474	3 723 882	3 727 592	42 820 933
3	42 820 933	7 451 474	3 425 675	4 025 800	38 795 133
4	38 795 133	7 451 474	3 103 611	4 347 864	34 447 270
5	34 447 270	7 451 474	2 755 782	4 695 693	29 751 577
6	29 751 577	7 451 474	2 380 126	5 071 348	24 680 228
7	24 680 228	7 451 474	1 974 418	5 477 056	19 203 172
8	19 203 172	7 451 474	1 536 254	5 915 221	13 287 952
9	13 287 952	7 451 474	1 063 036	6 388 438	6 899 513
10	6 899 513	7 451 474	551 961	6 899 513	0
$\Sigma$		74 514 744	24 514 744	<b>50 000 000</b>	

## Příloha I

Výpočet CASH FLOW ( $CF_t$ ) a NPV projektu A z hlediska stavební firmy TES a.s., Kč  
(výpočet  $NPV_{\min}$  pro fuzzy model)

	Růst Příjmů za pronájem	Růst nákladů (úhrada úroků 8% ročně)	Odpisy celkem	Růst zisku (příjmy-odpisy- náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(30%)	Peněžní příjem	Odúročitel	Diskontovaný peněžní příjem
	1	2	3	4=1-2-3	5	6=5+3	7	8
1	9 072 000	4 000 000	1 000 000	4 072 000	2 850 400	3 850 400	0,93	3 565 185
2	9 162 720	3 723 882	2 250 000	3 188 838	2 232 187	4 482 187	0,86	3 842 753
3	9 252 533	3 425 675	2 250 000	3 576 858	2 503 801	4 753 801	0,79	3 773 720
4	9 341 339	3 103 611	2 250 000	3 987 728	2 791 410	5 041 410	0,74	3 705 587
5	9 429 033	2 755 782	2 250 000	4 423 252	3 096 276	5 346 276	0,68	3 638 586
6	9 515 508	2 380 126	2 250 000	4 885 382	3 419 767	5 669 767	0,63	3 572 915
7	9 600 649	1 974 418	2 250 000	5 376 230	3 763 361	6 013 361	0,58	3 508 738
8	9 684 337	1 536 254	2 250 000	5 898 083	4 128 658	6 378 658	0,54	3 446 191
9	9 766 450	1 063 036	2 250 000	6 453 413	4 517 389	6 767 389	0,50	3 385 380
10	9 846 857	551 961	2 250 000	7 044 896	4 931 427	7 181 427	0,46	3 326 390
11	9 925 425		2 250 000	7 675 425	5 372 798	7 622 798	0,43	3 269 287
12	10 002 014		2 250 000	7 752 014	5 426 410	7 676 410	0,40	3 048 408
13	10 076 476		2 250 000	7 826 476	5 478 533	7 728 533	0,37	2 841 766
14	10 148 661		2 250 000	7 898 661	5 529 063	7 779 063	0,34	2 648 468
15	10 218 409		2 250 000	7 968 409	5 577 886	7 827 886	0,32	2 467 676
16	10 285 555		2 250 000	8 035 555	5 624 888	7 874 888	0,29	2 298 605
17	10 349 927		2 250 000	8 099 927	5 669 949	7 919 949	0,27	2 140 516
18	10 411 347		2 250 000	8 161 347	5 712 943	7 962 943	0,25	1 992 719
19	10 469 627		2 250 000	8 219 627	5 753 739	8 003 739	0,23	1 854 563
20	10 524 575		2 250 000	8 274 575	5 792 203	8 042 203	0,21	1 725 440
21	10 575 988		2 250 000	8 325 988	5 828 192	8 078 192	0,20	1 604 779
22	10 623 658		2 250 000	8 373 658	5 861 560	8 111 560	0,18	1 492 045
23	10 667 365		2 250 000	8 417 365	5 892 156	8 142 156	0,17	1 386 734
24	10 706 883		2 250 000	8 456 883	5 919 818	8 169 818	0,16	1 288 375
25	10 741 977		2 250 000	8 491 977	5 944 384	8 194 384	0,15	1 196 527

26	10 772 402		2 250 000	8 522 402	5 965 681	8 215 681	0,14	1 110 775
27	10 797 902		2 250 000	8 547 902	5 983 532	8 233 532	0,13	1 030 730
28	10 818 214		2 250 000	8 568 214	5 997 750	8 247 750	0,12	956 027
29	10 833 063		2 250 000	8 583 063	6 008 144	8 258 144	0,11	886 326
30	10 842 164		2 250 000	8 592 164	6 014 515	8 264 515	0,10	821 305
31			2 250 000			2 250 000	0,09	207 036
32			2 250 000			2 250 000	0,09	191 700
33			2 250 000			2 250 000	0,08	177 500
34			2 250 000			2 250 000	0,07	164 352
35			2 250 000			2 250 000	0,07	152 178
36			2 250 000			2 250 000	0,06	140 905
37			2 250 000			2 250 000	0,06	130 468
38			2 250 000			2 250 000	0,05	120 804
39			2 250 000			2 250 000	0,05	111 855
40			2 250 000			2 250 000	0,05	103 570
41			2 250 000			2 250 000	0,04	95 898
42			2 250 000			2 250 000	0,04	88 794
43			2 250 000			2 250 000	0,04	82 217
44			2 250 000			2 250 000	0,03	76 127
45			2 250 000			2 250 000	0,03	70 488
$\Sigma$	304 463 058	24 514 744	100 000 000	213 698 313	149 588 819	249 588 819		73 740 405

KV 100 000 000

NPV -26 259 595

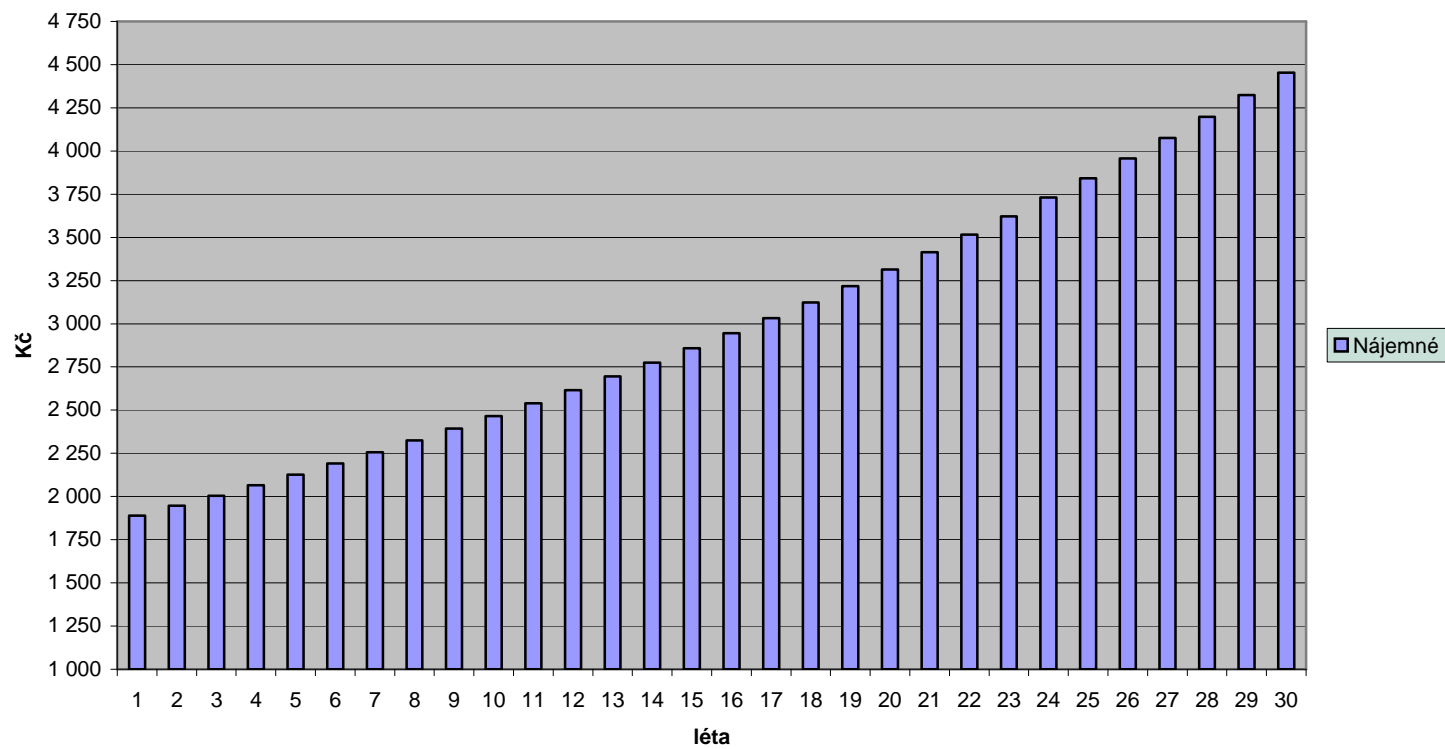
## Příloha J

**Výpočet příjmu za pronájem Budovy z projektu A, Kč  
(vstupní hodnota  $P_{\max}$  fuzzy modelu)**

	Nájemné za měsíc včetně inflace 1%	Nájemné za rok včetně inflace	Celkové Nájemné, v jednotlivých letech	Akumulace Nájemného celkem
2004	1 890	22 680	9 072 000	9 072 000
2005	1 947	23 360	9 344 160	18 416 160
2006	2 005	24 061	9 624 485	28 040 645
2007	2 065	24 783	9 913 219	37 953 864
2008	2 127	25 527	10 210 616	48 164 480
2009	2 191	26 292	10 516 934	58 681 414
2010	2 257	27 081	10 832 442	69 513 857
2011	2 324	27 894	11 157 416	80 671 273
2012	2 394	28 730	11 492 138	92 163 411
2013	2 466	29 592	11 836 902	104 000 313
2014	2 540	30 480	12 192 009	116 192 323
2015	2 616	31 394	12 557 770	128 750 092
2016	2 695	32 336	12 934 503	141 684 595
2017	2 776	33 306	13 322 538	155 007 133
2018	2 859	34 306	13 722 214	168 729 347
2019	2 945	35 335	14 133 880	182 863 227
2020	3 033	36 395	14 557 897	197 421 124
2021	3 124	37 487	14 994 634	212 415 758
2022	3 218	38 611	15 444 473	227 860 230
2023	3 314	39 770	15 907 807	243 768 037
2024	3 414	40 963	16 385 041	260 153 078
2025	3 516	42 191	16 876 592	277 029 671
2026	3 621	43 457	17 382 890	294 412 561
2027	3 730	44 761	17 904 377	312 316 938
2028	3 842	46 104	18 441 508	330 758 446
2029	3 957	47 487	18 994 753	349 753 199
2030	4 076	48 911	19 564 596	369 317 795
2031	4 198	50 379	20 151 534	389 469 329
2032	4 324	51 890	20 756 080	410 225 409
2033	4 454	53 447	21 378 762	431 604 171
$\Sigma$	<b>89 918</b>	<b>1 079 010</b>	<b>431 604 171</b>	

## Příloha K

Vliv inflace (1%) na výši Nájemného v jednotlivých letech životnosti projektu A  
(fuzzy model), Kč



## Příloha L

Kvantifikace úroků dle umořovacího plánu pro projekt A, Kč (výpočet pro fuzzy model, $i_t = 0,04$ )					
Rok	Počáteční stav úvěru	Roční splátka	Roční úrok (4%)	Roční úmor = r.splátka-r.úrok	Konečný stav účtu
	A	B	C, 4% z A	D=B-C	E=A-D
1	50 000 000	6 164 547	2 000 000	4 164 547	45 835 453
2	45 835 453	6 164 547	1 833 418	4 331 129	41 504 324
3	41 504 324	6 164 547	1 660 173	4 504 374	36 999 949
4	36 999 949	6 164 547	1 479 998	4 684 549	32 315 400
5	32 315 400	6 164 547	1 292 616	4 871 931	27 443 469
6	27 443 469	6 164 547	1 097 739	5 066 808	22 376 661
7	22 376 661	6 164 547	895 066	5 269 481	17 107 180
8	17 107 180	6 164 547	684 287	5 480 260	11 626 920
9	11 626 920	6 164 547	465 077	5 699 470	5 927 449
10	5 927 449	6 164 547	237 098	5 927 449	0
$\Sigma$		61 645 472	11 645 472	<b>50 000 000</b>	

## Příloha M

Vypočet CASH FLOW ( $CF_t$ ) a NPV projektu A z hlediska stavební firmy  
TES a.s., Kč (výpočet  $NPV_{max}$  pro fuzzy model)

	Růst Příjmů za pronájem	Růst nákladů (úhrada úroků)	Odpisy celkem	Růst zisku (příjmy-odpisy- náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(30%)	Peněžní příjem	Odúročitel	Diskontovaný peněžní příjem
	1	2	3	4=1-2-3	5	6=5+3	7	8
1	9 072 000	2 000 000	1 000 000	6 072 000	4 250 400	5 250 400	0,96	5 048 462
2	9 344 160	1 833 418	2 250 000	5 260 742	3 682 519	5 932 519	0,92	5 484 948
3	9 624 485	1 660 173	2 250 000	5 714 312	4 000 018	6 250 018	0,89	5 556 244
4	9 913 219	1 479 998	2 250 000	6 183 221	4 328 255	6 578 255	0,85	5 623 120
5	10 210 616	1 292 616	2 250 000	6 668 000	4 667 600	6 917 600	0,82	5 685 763
6	10 516 934	1 097 739	2 250 000	7 169 196	5 018 437	7 268 437	0,79	5 744 351
7	10 832 442	895 066	2 250 000	7 687 376	5 381 163	7 631 163	0,76	5 799 057
8	11 157 416	684 287	2 250 000	8 223 129	5 756 190	8 006 190	0,73	5 850 045
9	11 492 138	465 077	2 250 000	8 777 061	6 143 943	8 393 943	0,70	5 897 473
10	11 836 902	237 098	2 250 000	9 349 804	6 544 863	8 794 863	0,68	5 941 494
11	12 192 009		2 250 000	9 942 009	6 959 407	9 209 407	0,65	5 982 255
12	12 557 770		2 250 000	10 307 770	7 215 439	9 465 439	0,62	5 912 085
13	12 934 503		2 250 000	10 684 503	7 479 152	9 729 152	0,60	5 843 077
14	13 322 538		2 250 000	11 072 538	7 750 776	10 000 776	0,58	5 775 199
15	13 722 214		2 250 000	11 472 214	8 030 550	10 280 550	0,56	5 708 424
16	14 133 880		2 250 000	11 883 880	8 318 716	10 568 716	0,53	5 642 724
17	14 557 897		2 250 000	12 307 897	8 615 528	10 865 528	0,51	5 578 071
18	14 994 634		2 250 000	12 744 634	8 921 244	11 171 244	0,49	5 514 440
19	15 444 473		2 250 000	13 194 473	9 236 131	11 486 131	0,47	5 451 805
20	15 907 807		2 250 000	13 657 807	9 560 465	11 810 465	0,46	5 390 142
21	16 385 041		2 250 000	14 135 041	9 894 529	12 144 529	0,44	5 329 427
22	16 876 592		2 250 000	14 626 592	10 238 615	12 488 615	0,42	5 269 638
23	17 382 890		2 250 000	15 132 890	10 593 023	12 843 023	0,41	5 210 753
24	17 904 377		2 250 000	15 654 377	10 958 064	13 208 064	0,39	5 152 749
25	18 441 508		2 250 000	16 191 508	11 334 056	13 584 056	0,38	5 095 608
26	18 994 753		2 250 000	16 744 753	11 721 327	13 971 327	0,36	5 039 307
27	19 564 596		2 250 000	17 314 596	12 120 217	14 370 217	0,35	4 983 829
28	20 151 534		2 250 000	17 901 534	12 531 074	14 781 074	0,33	4 929 155
29	20 756 080		2 250 000	18 506 080	12 954 256	15 204 256	0,32	4 875 266
30	21 378 762		2 250 000	19 128 762	13 390 134	15 640 134	0,31	4 822 145
31			2 250 000			2 250 000	0,30	667 036
32			2 250 000			2 250 000	0,29	641 380
33			2 250 000			2 250 000	0,27	616 712
34			2 250 000			2 250 000	0,26	592 992
35			2 250 000			2 250 000	0,25	570 185
36			2 250 000			2 250 000	0,24	548 255
37			2 250 000			2 250 000	0,23	527 168
38			2 250 000			2 250 000	0,23	506 892
39			2 250 000			2 250 000	0,22	487 396
40			2 250 000			2 250 000	0,21	468 650
41			2 250 000			2 250 000	0,20	450 625
42			2 250 000			2 250 000	0,19	433 294
43			2 250 000			2 250 000	0,19	416 628
44			2 250 000			2 250 000	0,18	400 604
45			2 250 000			2 250 000	0,17	385 196
$\Sigma$	431 604 171	11 645 472	100 000 000	353 708 699	247 596 089	347 596 089		171 850 071

KV 100 000 000

NPV 71 850 071



## Příloha N

**Výpočet tržeb z prodeje lodi projektu B, tis. €  
(vstup  $P_t$  deterministického modelu)**

Čtvrtletí	Lodě, ks	Tržby, cena lodi 47 tis. €	Tržby vč. Inflace 12% ročně, tis. €	Akumulace tržeb, tis. €
A	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	50	2 350	2 068	2 068
<b>Celkem 2007</b>	50	2 350	2 068	2 068
5	75	3 525	3 102	5 170
6	75	3 525	3 102	8 272
7	75	3 525	3 102	11 374
8	75	3 525	3 102	14 476
<b>Celkem 2008</b>	300	14 100	12 408	14 476
9	78	3 666	3 226	17 702
10	81	3 807	3 350	21 052
11	84	3 948	3 474	24 526
12	84	3 948	3 474	28 001
<b>Celkem 2009</b>	327	15 369	13 525	28 001
13	87	4 089	3 598	31 599
14	88	4 136	3 640	35 239
15	90	4 230	3 722	38 961
16	90	4 230	3 722	42 684
<b>Celkem 2010</b>	355	16 685	14 683	42 684
17	93	4 371	3 846	46 530
18	93	4 371	3 846	50 376
19	96	4 512	3 971	54 347
20	96	4 512	3 971	58 318
<b>Celkem 2011</b>	378	17 766	15 634	58 318
21	96	4 512	3 971	62 288
22	96	4 512	3 971	66 259
23	99	4 653	4 095	70 353
24	99	4 653	4 095	74 448
<b>Celkem 2012</b>	390	18 330	16 130	74 448
<b>Celkem 2007-2012</b>	<b>1 800</b>	<b>84 600</b>	<b>74 448</b>	

## **Příloha O**



## **Příloha P**



## Příloha Q

Souhrnný přehled výrobních nákladů,tis.euro

Čtvrtletí	Suroviny	Mzda	Srazky	Skladování a doprava	Jiné výrobní náklady	Jiné režijní náklady	Σ
<b>A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	0	12	3	0	0	0	15
2	0	28	7	0	0	0	36
3	0	36	9	0	0	0	45
4	1 251	598	157	2	1	4	2 014
5	1 876	625	164	3	1	6	2 676
6	1 876	625	164	3	1	6	2 676
7	1 876	625	164	3	1	6	2 676
8	1 876	625	164	3	1	6	2 676
9	1 876	625	164	3	1	6	2 676
10	1 876	625	164	3	1	6	2 676
11	1 876	625	164	3	1	6	2 676
12	1 876	625	164	3	1	6	2 676
13	1 876	625	164	3	1	6	2 676
14	1 876	625	164	3	1	6	2 676
15	1 876	625	164	3	1	6	2 676
16	1 876	625	164	3	1	6	2 676
17	1 876	625	164	3	1	6	2 676
18	1 876	625	164	3	1	6	2 676
19	1 876	625	164	3	1	6	2 676
20	1 876	625	164	3	1	6	2 676
21	1 876	625	164	3	1	6	2 676
22	1 876	625	164	3	1	6	2 676
23	1 876	625	164	3	1	6	2 676
24	1 876	625	164	3	1	6	2 676
<b>CELKEM</b>	<b>38 770</b>	<b>13183</b>	<b>3467</b>	<b>69</b>	<b>15</b>	<b>120</b>	<b>55 624</b>

## Příloha R

Kvantifikace úroků dle umořovacího plánu pro projekt B, tis. €  
 (výpočet pro deterministický model,  $i_{t\text{čtvrtletní}} = 0,017$ )

Čtvrtletí	Počáteční stav úvěru	Roční splátka	Čtvrtletní úrok (1,7%)	Roční úmor = r.splátka-r.úrok	Konečný stav účtu
č.	A	B	C=1,7% z A	D=B-C	E=A-E
1					
2					
3					
4	15 854	1 082	270	812	15 042
5	15 042	1 082	256	826	14 216
6	14 216	1 082	242	840	13 376
7	13 376	1 082	227	854	12 522
8	12 522	1 082	213	869	11 653
9	11 653	1 082	198	884	10 769
10	10 769	1 082	183	899	9 871
11	9 871	1 082	168	914	8 957
12	8 957	1 082	152	929	8 027
13	8 027	1 082	136	945	7 082
14	7 082	1 082	120	961	6 121
15	6 121	1 082	104	978	5 143
16	5 143	1 082	87	994	4 149
17	4 149	1 082	71	1 011	3 138
18	3 138	1 082	53	1 028	2 109
19	2 109	1 082	36	1 046	1 064
20	1 064	1 082	18	1 064	0
21					
22					
23					
24					
<b>Celkem</b>		<b>18 389</b>	<b>2 535</b>	<b>15 854</b>	

## Příloha S

**CASH FLOW (CFt) a NPV projektu B  
podle výpočtů VESTLES a.s., tis. €  
(výpočet NPV pro deterministický model)**

Čtvrtletí	Růst tržeb	Růst výrobních nákladů	Úhrada úroků	Odpisy celkem	Růst zisku (příjmy-odpisy-náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(0%)	Peněžní příjem	Odúročitel	Diskontovaný peněžní příjem
A	1	2	3	4	5=1-2-3-4	6	7=6+4	8	9
1	0	15	0	0	-15	-15	-15	0,98	-15
2	0	36	0	0	-36	-36	-36	0,98	-35
3	0	45	0	0	-45	-45	-45	0,98	-44
4	2 350	2 014	270	129	-63	-63	66	0,98	65
<b>Celkem 2007</b>	2 350	2 110	270	129	-159	-159	-30	0,98	-29
5	3 525	2 676	256	129	464	464	594	0,87	518
6	3 525	2 676	242	129	478	478	608	0,87	531
7	3 525	2 676	227	129	493	493	622	0,87	543
8	3 525	2 676	213	129	507	507	636	0,87	556
<b>Celkem 2008</b>	14 100	10 703	938	517	1 943	1943	2460	0,87	2 148
9	3 666	2 676	198	129	663	663	792	0,82	647
10	3 807	2 676	183	129	819	819	948	0,82	774
11	3 948	2 676	168	129	975	975	1105	0,82	902
12	3 948	2 676	152	129	991	991	1120	0,82	914
<b>Celkem 2009</b>	15 369	10 703	701	517	3 448	3448	3965	0,82	3 237
13	4 089	2 676	136	129	1 148	1 148	1277	0,76	974
14	4 136	2 676	120	129	1 211	1 211	1340	0,76	1 022
15	4 230	2 676	104	129	1 321	1 321	1450	0,76	1 106
16	4 230	2 676	87	129	1 338	1 338	1467	0,76	1 119
<b>Celkem 2010</b>	16 685	10 703	448	517	5 017	5017	5534	0,76	4 222
17	4 371	2 676	71	129	1 496	1 496	1625	0,71	1 158
18	4 371	2 676	53	129	1 513	1 513	1642	0,71	1 171
19	4 512	2 676	36	129	1 671	1 671	1800	0,71	1 284
20	4 512	2 679	18	129	1 686	1 686	1815	0,71	1 294
<b>Celkem 2011</b>	17 766	10 706	178	517	6 365	6365	6882	0,71	4 907
21	4 512	2 675	0	129	1 708	1 708	1837	0,67	1 224
22	4 512	2 675	0	129	1 708	1 708	1837	0,67	1 224
23	4 653	2 675	0	129	1 849	1 849	1978	0,67	1 318
24	4 653	2 675	0	129	1 849	1 849	1978	0,67	1 318
<b>Celkem 2012</b>	18 330	10 700	0	517	7 113	7113	7630	0,67	5 084
<b>Celkem 2007-2012</b>	84 600	55 624	2 535	2 714	23 727	23 727	26 441		19 569



## Příloha T

Výpočet tržeb z prodeje lodi projektu B, tis. €  
(vstup  $P_{\min}$  fuzzy modelu)

Čtvrtletí	Lode, ks	Tržby, cena lode 47 tis. eur	Tržby vč. Inflace 9% ročně	Akumulace tržeb
A	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	50	2 350	2 139	2 139
<b>Celkem 2007</b>	50	2 350	2 139	2 139
5	75	3 525	3 208	5 346
6	75	3 525	3 208	8 554
7	75	3 525	3 208	11 762
8	75	3 525	3 208	14 970
<b>Celkem 2008</b>	300	14 100	12 831	14 970
9	78	3 666	3 336	18 306
10	81	3 807	3 464	21 770
11	84	3 948	3 593	25 363
12	84	3 948	3 593	28 955
<b>Celkem 2009</b>	327	15 369	13 986	28 955
13	87	4 089	3 721	32 676
14	88	4 136	3 764	36 440
15	90	4 230	3 849	40 289
16	90	4 230	3 849	44 139
<b>Celkem 2010</b>	355	16 685	15 183	44 139
17	93	4 371	3 978	48 116
18	93	4 371	3 978	52 094
19	96	4 512	4 106	56 200
20	96	4 512	4 106	60 306
<b>Celkem 2011</b>	378	17 766	16 167	60 306
21	96	4 512	4 106	64 412
22	96	4 512	4 106	68 518
23	99	4 653	4 234	72 752
24	99	4 653	4 234	76 986
<b>Celkem 2012</b>	390	18 330	16 680	76 986
<b>Celkem 2007-2012</b>	1 800	84 600	76 986	

## **Příloha U**



## **Příloha V**



## Příloha W

Souhrnný přehled výrobních nákladů,tis.euro

Čtvrtletí	Suroviny	Mzda	Srážky	Skladování a doprava	Jiné výrobní náklady	Jiné režijní náklady	Σ
<b>A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	0	12	3	0	0	0	15
2	0	28	7	0	0	0	36
3	0	31	8	0	0	0	39
4	1 251	586	152	2	1	4	1 997
5	1 876	613	159	3	1	6	2 659
6	1 876	613	159	3	1	6	2 659
7	1 876	613	159	3	1	6	2 659
8	1 876	613	159	3	1	6	2 659
9	1 876	656	171	3	1	6	2 713
10	1 876	656	171	3	1	6	2 713
11	1 876	656	171	3	1	6	2 713
12	1 876	656	171	3	1	6	2 713
13	1 876	702	183	3	1	6	2 771
14	1 876	702	183	3	1	6	2 771
15	1 876	702	183	3	1	6	2 771
16	1 876	702	183	3	1	6	2 771
17	1 876	751	195	3	1	6	2 833
18	1 876	751	195	3	1	6	2 833
19	1 876	751	195	3	1	6	2 833
20	1 876	751	195	3	1	6	2 833
21	1 876	804	209	3	1	6	2 899
22	1 876	804	209	3	1	6	2 899
23	1 876	804	209	3	1	6	2 899
24	1 876	804	209	3	1	6	2 899
<b>CELKEM</b>	38 770	14 768	3 840	69	15	120	57 581

## Příloha X

Kvantifikace úroků dle umořovacího plánu pro projekt B, tis. €  
 (výpočet pro fuzzy model,  $i_{max}$  čtvrtletní = 0,025%)

Čtvrtletí	Počáteční stav úvěru	Roční splátka	Čtvrtletní úrok (2,5%)	Roční úmor = r.splátka-r.úrok	Konečný stav účtu
č.	A	B	C=2,5% z A	D=B-C	E=A-E
1					
2					
3					
4	15 854	1 156	396	760	15 094
5	15 094	1 156	377	779	14 315
6	14 315	1 156	358	798	13 517
7	13 517	1 156	338	818	12 699
8	12 699	1 156	317	839	11 860
9	11 860	1 156	296	860	11 000
10	11 000	1 156	275	881	10 119
11	10 119	1 156	253	903	9 216
12	9 216	1 156	230	926	8 290
13	8 290	1 156	207	949	7 341
14	7 341	1 156	184	973	6 368
15	6 368	1 156	159	997	5 371
16	5 371	1 156	134	1 022	4 350
17	4 350	1 156	109	1 047	3 302
18	3 302	1 156	83	1 074	2 228
19	2 228	1 156	56	1 100	1 128
20	1 128	1 156	28	1 128	0
21					
22					
23					
24					
<b>Celkem</b>		<b>19 655</b>	<b>3 801</b>	<b>15 854</b>	

## Příloha Y

**CASH FLOW (CFt) a NPV projektu B**  
**podle výpočtů VESTLES a.s., tis. €**  
**(výpočet NPV<sub>min</sub> pro fuzzy model)**

Čtvrtletí	Růst Příjmů	Růst výrobních nákladů	Úhrada úroků	Odpisy celkem	Růst zisku (příjmy- odpisy- náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(0%)	Peněžní příjem	Odúročitel	Diskontovaný peněžní příjem
A	1	2	3	4	5=1-2-3-4	6	7=6+4	8	9
1	0	15	0	0	-15	-15	-15	0,98	-15
2	0	36	0	0	-36	-36	-36	0,98	-35
3	0	39	0	0	-39	-39	-39	0,98	-38
4	2 139	1 997	396	129	-384	-384	-254	0,98	-250
<b>Celkem 2007</b>	2 139	2 087	396	129	-473	-473	-344	0,91	-313
5	3 208	2 659	377	129	42	42	172	0,83	142
6	3 208	2 659	358	129	62	62	191	0,83	158
7	3 208	2 659	338	129	82	82	211	0,83	174
8	3 208	2 659	317	129	102	102	232	0,83	191
<b>Celkem 2008</b>	12 831	10 635	1 391	517	289	289	806	0,83	666
9	3 336	2 713	296	129	198	198	327	0,75	246
10	3 464	2 713	275	129	347	347	477	0,75	358
11	3 593	2 713	253	129	498	498	627	0,75	471
12	3 593	2 713	230	129	520	520	649	0,75	488
<b>Celkem 2009</b>	13 986	10 851	1 055	517	1 563	1563	2080	0,75	1 563
13	3 721	2 771	207	129	614	614	743	0,68	974
14	3 764	2 771	184	129	680	680	810	0,68	1 022
15	3 849	2 771	159	129	790	790	919	0,68	1 106
16	3 849	2 771	134	129	815	815	944	0,68	1 119
<b>Celkem 2010</b>	15 183	11 083	684	517	2 899	2899	3416	0,68	2 333
17	3 978	2 833	109	129	907	907	1036	0,62	643
18	3 978	2 833	83	129	933	933	1062	0,62	660
19	4 106	2 833	56	129	1 088	1 088	1218	0,62	756
20	4 106	2 833	28	129	1 116	1 116	1245	0,62	773
<b>Celkem 2011</b>	16 167	11 331	275	517	4 044	4044	4561	0,62	2 832
21	4 106	2 899	0	129	1 078	1 078	1207	0,56	681
22	4 106	2 899	0	129	1 078	1 078	1207	0,56	681
23	4 234	2 899	0	129	1 206	1 206	1335	0,56	754
24	4 234	2 899	0	129	1 206	1 206	1335	0,56	754
<b>Celkem 2012</b>	16 680	11 596	0	517	4 568	4568	5085	0,56	2 870
<b>Celkem 2007-2012</b>	76 986	57 581	3 801	2 714	12 889	12 889	15 604		11 814



## Příloha Z

**Výpočet tržeb z prodeje lodi projektu B, tis. €  
(vstup  $P_{max}$  fuzzy modelu)**

Čtvrtletí	Lode, ks	Tržby, cena lode 47 tis. eur	Tržby vč. Inflace 7% ročně	Akumulace tržeb
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	50	2 350	2 186	2 186
<b>Celkem 2007</b>	50	2 350	2 186	2 186
5	75	3 525	3 278	5 464
6	75	3 525	3 278	8 742
7	75	3 525	3 278	12 020
8	75	3 525	3 278	15 299
<b>Celkem 2008</b>	300	14 100	13 113	15 299
9	78	3 666	3 409	18 708
10	81	3 807	3 541	22 248
11	84	3 948	3 672	25 920
12	84	3 948	3 672	29 592
<b>Celkem 2009</b>	327	15 369	14 293	29 592
13	87	4 089	3 803	33 394
14	88	4 136	3 846	37 241
15	90	4 230	3 934	41 175
16	90	4 230	3 934	45 109
<b>Celkem 2010</b>	355	16 685	15 517	45 109
17	93	4 371	4 065	49 174
18	93	4 371	4 065	53 239
19	96	4 512	4 196	57 435
20	96	4 512	4 196	61 631
<b>Celkem 2011</b>	378	17 766	16 522	61 631
21	96	4 512	4 196	65 827
22	96	4 512	4 196	70 023
23	99	4 653	4 327	74 351
24	99	4 653	4 327	78 678
<b>Celkem 2012</b>	390	18 330	17 047	78 678
<b>Celkem 2007-2012</b>	1 800	84 600	78 678	

## **Příloha AA**



**Příloha BB**



## Příloha CC

Souhrnný přehled výrobních nákladů, tis.euro

Čtvrtletí	Suroviny	Mzda	Srážky	Skladování a doprava	Jiné výrobní náklady	Jiné režijní náklady	$\Sigma$
<b>A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	0	12	3	0	0	0	15
2	0	28	7	0	0	0	36
3	0	31	8	0	0	0	39
4	1 251	586	152	2	1	4	1 997
5	1 876	613	159	3	1	6	2 659
6	1 876	613	159	3	1	6	2 659
7	1 876	613	159	3	1	6	2 659
8	1 876	613	159	3	1	6	2 659
9	1 876	644	167	3	1	6	2 697
10	1 876	644	167	3	1	6	2 697
11	1 876	644	167	3	1	6	2 697
12	1 876	644	167	3	1	6	2 697
13	1 876	676	176	3	1	6	2 738
14	1 876	676	176	3	1	6	2 738
15	1 876	676	176	3	1	6	2 738
16	1 876	676	176	3	1	6	2 738
17	1 876	710	185	3	1	6	2 781
18	1 876	710	185	3	1	6	2 781
19	1 876	710	185	3	1	6	2 781
20	1 876	710	185	3	1	6	2 781
21	1 876	746	194	3	1	6	2 825
22	1 876	746	194	3	1	6	2 825
23	1 876	746	194	3	1	6	2 825
24	1 876	746	194	3	1	6	2 825
<b>CELKEM</b>	38 770	14 216	3 696	69	15	120	56 885

## Příloha DD

**CASH FLOW (CFt) a NPV projektu B**  
**podle výpočtů VESTLES a.s., tis. €**  
**(výpočet NPV<sub>max</sub> pro fuzzy model)**

Čtvrtletí	Růst Příjmů	Růst výrobních nákladů	Úhrada úroků	Odpisy celkem	Růst zisku (příjmy- odpisy- náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(0%)	Peněžní příjem	Odúročitel	Diskontovaný peněžní příjem
A	1	2	3	4	5=1-2-3-4	6	7=6+4	8	9
1	0	15	0	0	-15	-15	-15	0,98	-15
2	0	36	0	0	-36	-36	-36	0,98	-35
3	0	39	0	0	-39	-39	-39	0,98	-38
4	2 186	1 997	396	129	-337	-337	-207	0,98	-204
<b>Celkem 2007</b>	2 186	2 087	396	129	-426	-426	-297	0,91	-270
5	3 278	2 659	377	129	113	113	242	0,83	200
6	3 278	2 659	358	129	132	132	262	0,83	216
7	3 278	2 659	338	129	152	152	282	0,83	233
8	3 278	2 659	317	129	173	173	302	0,83	250
<b>Celkem 2008</b>	13 113	10 635	1 391	517	571	571	1088	0,83	899
9	3 409	2 697	296	129	286	286	416	0,75	312
10	3 541	2 697	275	129	439	439	568	0,75	427
11	3 672	2 697	253	129	592	592	721	0,75	542
12	3 672	2 697	230	129	615	615	744	0,75	559
<b>Celkem 2009</b>	14 293	10 789	1 055	517	1 932	1932	2449	0,75	1 840
13	3 803	2 738	207	129	728	728	858	0,68	974
14	3 846	2 738	184	129	796	796	925	0,68	1 022
15	3 934	2 738	159	129	908	908	1037	0,68	1 106
16	3 934	2 738	134	129	932	932	1062	0,68	1 119
<b>Celkem 2010</b>	15 517	10 952	684	517	3 364	3364	3881	0,68	2 651
17	4 065	2 781	109	129	1 047	1 047	1176	0,62	730
18	4 065	2 781	83	129	1 073	1 073	1202	0,62	746
19	4 196	2 781	56	129	1 231	1 231	1360	0,62	844
20	4 196	2 781	28	129	1 258	1 258	1387	0,62	861
<b>Celkem 2011</b>	16 522	11 122	275	517	4 608	4608	5125	0,62	3 182
21	4 196	2 825	0	129	1 242	1 242	1371	0,56	774
22	4 196	2 825	0	129	1 242	1 242	1371	0,56	774
23	4 327	2 825	0	129	1 373	1 373	1502	0,56	848
24	4 327	2 825	0	129	1 373	1 373	1502	0,56	848
<b>Celkem 2012</b>	17 047	11 301	0	517	5 229	5229	5746	0,56	3 243
<b>Celkem 2007-2012</b>	78 678	56 885	3 801	2 714	15 277	15 277	17 992		13 094

**Příloha EE****Odepisování stoje pro projekt C urychlenou metodou,  
pořizovací cena 1 684 800 UAH**

Rok	Počáteční stav	Odpis	Zůstatková cena	%
A	1	2	3	4
2006	1 684 800	252 720	1 432 080	15
2007	1 432 080	336 960	1 095 120	20
2008	1 095 120	505 440	589 680	30
2009	589 680	336 960	252 720	20
2010	252 720	168 480	84 240	10
2011	84 240	84 240	0	5
$\Sigma$		1 684 800		100



**Příloha FF****Odepisování stoje pro projekt C urychlenou metodou,  
pořizovací cena 1 769 040 UAH**

Rok	Počáteční stav	Odpis	Zůstatková cena	%
A	1	2	3	4
2006	1 769 040	265 356	1 503 684	15
2007	1 769 040	353 808	1 149 876	20
2008	1 769 040	530 712	619 164	30
2009	1 769 040	353 808	265 356	20
2010	1 769 040	176 904	88 452	10
2011	1 769 040	88 452	0	5
$\Sigma$		1 769 040		100

## Příloha GG

**Kvantifikace úroků dle umořovacího plánu pro projekt C, UAH**  
**(výpočet pro deterministický model,  $i_t = 0,21$**   
**a fuzzy model,  $i_{max} = 0,21$**

Měsíc, 2006	Počáteční stav úvěru	Měsíční splátka	Měsíční úrok	Měsíční úmor = m.splátka- m.úrok	Konečný stav účtu	Počet dnu v měsíci
1	A	B	C, $21\%/365 \cdot \text{počet}$ dnu měsíce * A	D=B-C	E=A-D	F
1	500 000	46 557	8 750	37 807	462 193	31
2	462 193	46 557	8 088	38 469	423 725	28
3	423 725	46 557	7 415	39 142	384 583	31
4	384 583	46 557	6 730	39 827	344 756	30
5	344 756	46 557	6 033	40 524	304 233	31
6	304 233	46 557	5 324	41 233	263 000	30
7	263 000	46 557	4 602	41 954	221 045	31
8	221 045	46 557	3 868	42 689	178 357	31
9	178 357	46 557	3 121	43 436	134 921	30
10	134 921	46 557	2 361	44 196	90 725	31
11	90 725	46 557	1 588	44 969	45 756	30
12	45 756	46 557	801	45 756	0	31
$\Sigma$		558 683	<b>58 683</b>	500 000		365

## Příloha HH

Kvantifikace úroků dle umořovacího plánu pro projekt C, UAH (výpočet pro fuzzy model, $i_{min} = 0,17$ )						
Měsíc, 2006	Počáteční stav úvěru	Měsíční splátka	Měsíční úrok	Měsíční úmor = m.splátka-m.úrok	Konečný stav účtu	Počet dnu v měsíci
1	A	B	$C, 17\%/365 \cdot \text{počet}$ dnu měsíce $\cdot A$	$D=B-C$	$E=A-D$	F
1	500 000	45 602	7 083	38 519	461 481	31
2	461 481	45 602	6 538	39 065	422 416	28
3	422 416	45 602	5 984	39 618	382 798	31
4	382 798	45 602	5 423	40 179	342 619	30
5	342 619	45 602	4 854	40 749	301 870	31
6	301 870	45 602	4 276	41 326	260 544	30
7	260 544	45 602	3 691	41 911	218 633	31
8	218 633	45 602	3 097	42 505	176 128	31
9	176 128	45 602	2 495	43 107	133 021	30
10	133 021	45 602	1 884	43 718	89 303	31
11	89 303	45 602	1 265	44 337	44 965	30
12	44 965	45 602	637	44 965	0	31
$\Sigma$		547 229	<b>47 229</b>	500 000		365

## Příloha II

CASH FLOW (CF <sub>t</sub> ) a NPV projektu C, UAH (výpočet NPV <sub>t</sub> pro deterministický model)									
Rok	Příjmy z prodeje produkce, vč. Inflation 10%	Růst nákladů (výrobní náklady + úhrada úroků)	Odpisy celkem (urychlená metoda odepisování)	Růst zisku (příjmy- odpisy- náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(30%)	Peněžní příjem	Odúročitel (diskontní sazba 21%)	Diskontovaný peněžní příjem	Dynamika NPV v jednotlivých letech
A	1	2	3	4=1-2-3	5	6=5+3	7	8	10
2006	2 159 138	1 501 330	252 720	405 088	283 562	536 282	0,79	423 662	-1 453 379
2007	2 838 900	1 722 700	336 960	779 240	545 468	882 428	0,62	550 723	-710 414
2008	4 249 300	3 344 900	505 440	398 960	279 272	784 712	0,49	386 894	-323 521
2009	4 767 130	3 430 500	336 960	999 670	699 769	1 036 729	0,39	403 807	80 286
2010	5 338 600	4 122 300	168 480	1 047 820	733 474	901 954	0,31	277 536	357 823
2011	5 676 891	4 767 000	84 240	825 651	577 956	662 196	0,24	160 971	<b>518 794</b>
Σ	25 029 959	18 888 730	1 684 800	4 456 429	3 119 500	4 804 300		2 203 594	

CASH FLOW (CF <sub>t</sub> ) a NPV projektu C, UAH (výpočet NPV <sub>min</sub> pro fuzzy model)									
Rok	Příjmy z prodeje produkce, vč. Inflation 12%	Růst nákladů (výrobní náklady + úhrada úroků)	Odpisy celkem	Růst zisku (příjmy- odpisy- náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(30%)	Peněžní příjem	Odúročitel (diskontní sazba 21%)	Diskontovaný peněžní příjem	Dynamika NPV v jednotlivých letech
A	1	2	3	4=1-2-3	5	6=5+3	7	8	9
2006	2 115 955	1 506 791	265 356	343 808	240 666	506 022	0,79	399 757	-1 453 379
2007	2 782 122	1 722 700	353 808	705 614	493 930	847 738	0,62	529 073	-755 970
2008	4 164 314	3 344 900	530 712	288 702	202 091	732 803	0,49	361 301	-394 669
2009	4 671 787	3 430 500	353 808	887 479	621 236	975 044	0,39	379 780	-14 889
2010	5 231 828	4 122 300	176 904	932 624	652 837	829 741	0,31	255 316	240 427
2011	5 563 353	4 767 000	88 452	707 901	495 531	583 983	0,24	141 959	<b>382 386</b>
Σ	24 529 360	18 894 191	1 769 040	3 866 129	2 706 290	4 475 330		2 067 186	

CASH FLOW (CF <sub>t</sub> ) a NPV projektu C, UAH (výpočet NPV <sub>max</sub> pro fuzzy model)									
Rok	Příjmy z prodeje produkce, vč. Inflation 8%	Růst nákladů (výrobní náklady + úhrada úroků)	Odpisy celkem	Růst zisku (příjmy- odpisy- náklady)	Růst zisku po zdanění, daň(30%)	Peněžní příjem	Odúročitel (diskontní sazba 17%)	Diskontovaný peněžní příjem	Dynamika NPV v jednotlivých letech
A	1	2	3	4=1-2-3	5	6=5+3	7	8	9
2006	2 202 321	1 501 330	252 600	448 391	313 874	566 474	0,83	470 173	-1 453 379
2007	2 895 678	1 722 700	336 800	836 178	585 325	922 125	0,69	635 252	-579 375
2008	4 334 286	3 344 900	505 200	484 186	338 930	844 130	0,57	482 663	-96 713
2009	4 862 473	3 430 500	336 800	1 095 173	766 621	1 103 421	0,47	523 665	426 952
2010	5 445 372	4 122 300	168 400	1 154 672	808 270	976 670	0,39	384 714	811 667
2011	5 790 429	4 767 000	84 200	939 229	657 460	741 660	0,33	242 479	<b>1 054 145</b>
Σ	25 530 558	18 888 730	1 684 000	4 957 828	3 470 480	5 154 480		2 738 945	