

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

MODIFIKÁCIA A EKONOMICKÉ OHODNOTENIE STRATÉGIE VÝMENY POČÍTAČOV



2010

MÁRIA BABINSKÁ

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

2010

MODIFIKÁCIA A EKONOMICKÉ OHODNOTENIE STRATÉGIE VÝMENY POČÍTAČOV

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Ekonomická a finančná matematika

9.1.9 Aplikovaná matematika

KATEDRA MATEMATICKEJ ANALÝZY A NUMERICKEJ MATEMATIKY

Vedúci diplomovej práce

RNDr. Igor Odrobina, CSc.

BRATISLAVA 2010

MÁRIA BABINSKÁ

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Vyhlasujem, že som diplomovú prácu vypracovala samostatne a uviedla som všetku použitú literatúru.

.....

Mária Babinská

POĎAKOVANIE

Rada by som sa poďakovala môjmu diplomovému vedúcemu RNDr. Igorovi Odrobinovi, CSc. za pomoc a užitočné rady, za vecné pripomienky k problematike a v neposlednom rade za ochotu, podporu a trpezlivosť. Moja vďaka tiež patrí mojej rodine a priateľom za morálnu podporu.

ABSTRAKT

BABINSKÁ, Mária: MODIFIKÁCIA A EKONOMICKÉ OHODNOTENIE STRATÉGIE VÝMENY POČÍTAČOV

[Diplomová práca] – Univerzita Komenského v Bratislave. Fakulta matematiky fyziky a informatiky; Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky. – Vedúci: RNDr. Igor Odrobina, CSc., Bratislava: UK, 2010, 75 s.

Diplomová práca sa zaoberá rozhodovacou metódou AIE (Applied Information Economics) Douglasa Hubbarda ako aj štúdiou potenciálnej investície firmy EPA do zmeny stratégie výmeny počítačov, kde bola táto rozhodovacia metóda využitá. Prvá kapitola pojednáva o rozhodovaní a rozhodovacom procese, druhá kapitola rozoberá rozhodovaciu metódu AIE. Tretia kapitola je venovaná Hubbardovej štúdii pre firmu EPA. Štvrtá kapitola popisuje vplyv parametrov na model.

Kľúčové slová: rozhodovací proces, simulácia Monte Carlo, D. Hubbard, AIE, Applied information economics

ABSTRACT

BABINSKÁ, Mária: MODIFICATION AND ECONOMICAL EVALUATION OF THE COMPUTER REPLACEMENT POLICY [Diploma thesis] – Comenius University in Bratislava; Faculty of Mathematics, Physics and Informatics. – Supervisor: RNDr. Igor Odrobina, CSc., Bratislava: UK, 2010, 75 p.

The thesis describes the decision method Applied Information Economics by Douglas Hubbard as well as a study of potential investment of the company EPA into a change of strategy of computer replacement, where this method was applied. First chapter defines the terms of decision making and process of decision making, second chapter deals with decision making method Applied Information Economics. Third chapter is dedicated to Hubbard project for company EPA. Last chapter describes the impact of parameters to the model.

Key words: process of decision making, Monte Carlo simulation, D. Hubbard, Applied Information Economics

OBSAH

ÚVOD	9
1. Rozhodovanie	10
1.1 Rozhodovací proces	10
1.2 Prvky rozhodovacieho procesu	12
1.3 Kritériá rozhodovania.....	14
1.3.1 Rozhodovanie v podmienkach neistoty	14
1.3.2 Rozhodovanie v podmienkach istoty.....	15
1.3.3. Rozhodovanie v podmienkach rizika	15
1.3.4 Kritériá v oblasti ekonomického rozhodovania	16
1.4 Tvorba alternatív	19
1.4.1 Tvorba alternatív pomocou expertných odhadov	19
1.4.2 Tvorba alternatív modelovou tvorbou	20
1.4.3 Simulácia Monte Carlo.....	22
2. Hubbardova teória rozhodovania	30
2.1 Stručný prehľad metódy	30
2.2 Základné princípy metódy	31
2.3 Kroky analýzy	31
2.3.1 Definovanie jednotky merania	32
2.3.2 Kalibrované odhady.....	32
2.3.3 Value of information analysis - VIA	34
2.3.4 Analýza rizika a návratnosti.....	36
2.3.5 Sumarizácia.....	38
2.3.6 Odporúčania	38
2.4 Nedostatky metódy.....	38
3. Využitie metódy AIE na analýzu investície firmy EPA do výmeny počítačov	40
3.1 Stratégia výmeny počítačov v agentúre EPA	40
3.1.1 Navrhované alternatívy na investície EPA a rozhodovací model	41
3.1.2 Ďalšie informácie ohľadom modelu pre EPA.....	42
3.2 Výpočtová časť	44
3.3 Závěry a výsledky analýzy D. Hubbarda	49
4. Analýza citlivosti modelu.....	52
4.1 Model bez simulácie premenných	52
4.2 Model so simuláciou všetkých premenných.....	53

4.3	Simulácia premennej populácia počítačov	55
4.4	Simulácia premenných s rovnomerným rozdelením	56
4.5	Simulácia premenných s rovnomerným rozdelením a simulovaním premennej populácia počítačov	57
4.6	Simulácia premenných s normálnym rozdelením.....	58
4.7	Simulácia všetkých premenných s rozdielnym počtom scenárov.....	59
4.7.1	Počet scenárov 1000	59
4.7.2	Počet scenárov 20000	59
4.8	Sumarizácia	60
Záver		62
Zoznam bibliografických odkazov.....		64

ZOZNAM GRAFOV, TABULIEK A OBRÁZKOV

Graf 1: MONTE CARLO S POČTOM SCENÁROV 1000	24
Graf 2: MONTE CARLO PRI POČTE SCENÁROV 10000	24
Graf 3: PRAVDEPODOBNOSTNÉ ROZLOŽENIE POČTU POČÍTAČOV VO FIRME EPA.....	44
Graf 4: ROZLOŽENIE VEKU POČÍTAČOV VO FIRME.....	45
Graf 5: ROZLOŽENIE VEKU POČÍTAČOV PRI IMPLEMENTÁCIÍ TROJROČNÉHO CYKLU VÝMENY.....	46
Graf 6: OČAKÁVANÝ CASH-FLOW PRI 3.ROČNOM CYKLE VÝMENY.....	47
Graf 7: ROZLOŽENIE VEKU POČÍTAČOV PRI IMPLEMENTÁCIÍ ŠTVORROČNÉHO CYKLU VÝMENY	47
Graf 8: OČAKÁVANÝ CASH-FLOW PRE 4.ROČNÝ CYKLUS	48
Graf 9: ROZLOŽENIE NPV PRE 4-ROČNÝ PLÁN S "CATCH-UP"	49
Graf 10:ROZLOŽENIE ROI PRE 4-ROČNÝ PLÁN S "CATCH-UP"	50
Graf 11: ROZLOŽENIE VÝNOSOV PRE 4-ROČNÝ PLÁN S "CATCH-UP"	50
Graf 12: POLOHA INVESTÍCIE VRÁMCI INVESTIČNÝCH OHRANIČENÍ FIRMY EPA.....	51
Graf 13: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ VŠETKÝCH PREMENNÝCH.....	54
Graf 14: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ PREMENNEJ POPULÁCIA POČÍTAČOV.....	55
Graf 15: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ PREMENNÝCH S ROVNOMERNÝM ROZDELENÍM	56
Graf 16: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ PREMENNEJ POPULÁCIA A PREM. S ROVN. ROZDELENÍM	57
Graf 17: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ PREMENNÝCH S NORMÁLNYM ROZDELENÍM	58
Graf 18: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ S POČTOM SCENÁROV 1000	59
Graf 19: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ S POČTOM SCENÁROV 20000	59
Obrázok 1: KROKY ANALÝZY AIE.....	31
Obrázok 2:POSÚDENIE RIZIKA A NÁVRATNOSTI VRÁMCI INVESTIČNÝCH OHRANIČENÍ ORGANIZÁCIE 37	
Tabuľka 1: SUMARIZÁCIA KROKOV AIE	38
Tabuľka 2: SUMÁR VÝSLEDKOV VIA	42
Tabuľka 3: "BOOT TIME" RÔZNYCH DRUHOV POČÍTAČOV FIRMY EPA.....	43

ÚVOD

Diplomová práca analyzuje Hubbardovu metódu rozhodovania, ktorá slúži najmä na rozhodovanie v oblasti investícií do informačných technológií v organizáciách. Na rozdiel od klasických rozhodovacích metód dokáže stanoviť riziko nielen na škále malý/stredný/veľký ale pomocou kalibrovaných odhadov určuje riziko v presnom intervale hodnôt. Výhodou kalibrovaných odhadov je, že k na prvý pohľad nemerateľným premenným (napríklad spokojnosť zákazníkov) priraduje konkrétne hodnoty pomocou iných, merateľných premenných.

Cieľom diplomovej práce bolo vytvorenie Hubbardovho modelu v programe Dev-C++, vďaka ktorému by som mohla meniť parametre a sledovať ich dopad na výsledné hodnoty čistej súčasnej hodnoty projektu a vnútornej miery návratnosti investície. Výsledné hodnoty budem ďalej analyzovať a porovnávať ich s výsledkami Hubbardovej štúdie.

Prvá kapitola uvádza čitateľa diplomovej práce do problematiky teórie rozhodovania. Táto kapitola tvorí širší rámec, ktorý pomáha pochopiť teoretické základy niektorých krokov Hubbardovej metódy. Medzi dôležité časti tejto kapitoly patrí popis kritérií, podľa ktorých sa prijímajú ekonomické rozhodnutia zo sféry investovania do projektov.

Druhá kapitola sa zaoberá základnými princípmi a krokmi Hubbardovej teórie rozhodovania. Tretia kapitola aplikuje túto teóriu na rozhodovací problém firmy EPA. EPA zvažovala potenciálne investičné stratégie ohľadom zrýchleného cyklu výmeny počítačov vo firme.

Posledná, štvrtá kapitola sa zaoberá výsledkami môjho modelu navrhnutého podľa Hubbardovej štúdie. Model som simulovala pomocou metódy Monte Carlo a výstupné hodnoty som porovnávala s pôvodnými. Model som vypracovala za účelom menenia vstupných parametrov, ktoré vplývajú na výsledné hodnoty návratnosti investície.

1. Rozhodovanie

Rozhodovanie predstavuje proces výberu jednej z viacerých alternatív. Rozhodujúcim subjektom je zvyčajne človek, alebo jednomyselne vystupujúci kolektív ľudí, ktorý ako reprezentant vlastných záujmov alebo záujmov nejakej organizácie vykonáva výber variantov.¹ Rozhodujúci subjekt vychádza z porovnania možných variant a snaží sa v závislosti od situácie vybrať čo najlepšiu, (či už takú, ktorá minimalizuje náklady, alebo napríklad takú, ktorá minimalizuje risk). Situácie, v ktorých treba vykonať výber jedného z väčšieho počtu variantov sa nazývajú rozhodovacie situácie.

1.1 Rozhodovací proces

Rozhodovací proces je postupný rad činností alebo fáz, ktorých uskutočnením vznikne efektívne riešenie problému (rozhodnutie). Fázy rozhodovacieho procesu predstavujú vnútorné členenie rozhodovacieho procesu, teda jeho štruktúru. Fázy rozhodovacieho procesu podľa Repiského² sú:

1. Formulácia rozhodovacieho problému a stanovenie cieľov

Začiatkom rozhodovacieho procesu je potrebné nájsť a správne identifikovať rozhodovací problém, ktorého riešenie budeme hľadať. Pri nesprávnej formulácii problému by sa mohlo stať, že rozhodovateľ bude riešiť iba časť problému, nie celý, alebo dokonca iba symptómy problému, pričom samotný problém zostane neriešený. V tejto fáze si stanovujeme plány a ciele rozhodovania, určíme kto (riešiteľ), kedy (časový plán) a ako (procesy) bude problém riešiť. Ciele musia byť stanovené jasne, zrozumiteľne a jednoznačne.

2. Popis a analýza východiskovej rozhodovacej situácie

Na problém sa treba pozerat' komplexne, a teda nielen na problém samotný ale i na okolie a podmienky rozhodovacieho problému. Medzi najdôležitejšie aktivity

¹ SROGOŇOVÁ, Ľ.: Multikriteriálny benchmarking slovenských bánk. [online] 24.4.2009 [citované 3.2.2010] Dostupné z <http://is.bivs.cz/th/8143/bivs_m/Srogonova_Lubomira_BI_DP_2009.txt>

² REPISKÝ, J.: Teória rozhodovania, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2008, ISBN 9788055201405

patrí stanovenie príčin problému. Pri zisťovaní a analýze príčin a následkov je vhodné použiť kauzálnu analýzu.³

3. Voľba kritérií

Táto etapa pozostáva z identifikácie kritérií hodnotenia, teda hľadísk pre posúdenie výhodnosti jednotlivých možností. Kritériá vychádzajú z cieľov rozhodovania.

4. Tvorba súboru variantov vedúcich k dosiahnutiu stanovených cieľov

Pre úspešné vyriešenie problému je potrebné navrhnuť možné alternatívy riešení, z ktorých budeme môcť neskôr vyberať. Jedna alternatíva, ktorá by mala byť vždy braná do úvahy ako referenčný rámec, je nespraviť nič. Základným predpokladom je, že počet alternatív je konečný.⁴

5. Stanovenie dôsledkov voľby jednotlivých variantov pri rôznych možných zmenách vonkajších podmienok

V tomto kroku sa vypočítava výplata pre každú alternatívu a každú udalosť. Zvyčajne je výplata celkový výnos alebo celkové náklady. Výplaty môžu byť zobrazené v tabuľke výplat, ktorá zobrazuje sumu pre každú alternatívu, ak sa udalosť vyskytne.

6. Zhodnotenie dôsledkov variantov rozhodovania vzhľadom k súboru kritérií

V tejto fáze rozhodovateľ porovnáva jednotlivé varianty na základe vopred stanovených kritérií. Tvorí sa odhad možnosti nastania každej udalosti, s použitím minulých dát, odborného odhadu alebo iných predikčných metód. Tento odhad sa vyjadří pomocou pravdepodobnosti.

³ REPISKÝ, J.: Teória rozhodovania, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2008, ISBN 9788055201405

⁴ KRAJEWSKI, J.; RITZMAN, L.: Operations Management, Prentice Hall, 2009, ISBN 0136065767

7. Výber realizovaného variantu

Po predchádzajúcich prípravných etapách môže rozhodovateľ pristúpiť priamo k výberu realizovaného variantu. Výber závisí od preferencií rozhodovateľa, od jeho cieľov, stanovených kritérií a možností.

8. Implementácia

Fáza implementácie znamená realizáciu vybraného variantu.

9. Monitorovanie efektov rozhodnutí

Monitorovanie vybranej a implementovanej alternatívy môže odhaliť nefungujúce súčasti systému a následne sa môže vybraný variant upraviť tak, aby fungoval lepšie, poprípade sa môže realizácia projektu zastaviť ak vyjde najavo, že rozhodnutie bolo zlé.

10. Ohodnotenie realizovaného variantu

Po ukončení realizácie projektu sa vybrané rozhodnutie ohodnocuje. Cieľom spätnej väzby nie je kritizovať, ale poučiť sa z pozitívnych i negatívnych výsledkov projektu pre lepšie zvládnutie podobného problému v budúcnosti.

Tieto etapy tvoria rozhodovací proces v širšom slova zmysle. V užšom slova zmysle môžeme chápať ako rozhodovací proces len etapy jedna až šesť, i keď v reálnom živote po týchto takmer vždy nasledujú i ostatné vymenované fázy. Rozhodovanie ako proces sa skladá zo základných prvkov, bez ktorých by rozhodovanie strácalo zmysel.

1.2 Prvky rozhodovacieho procesu

K prvkom rozhodovacieho procesu patria ciele rozhodovania, kritériá rozhodovania, subjekt a objekt rozhodovania, alternatívy, dôsledky alternatív, stavy sveta, faktory rizika a zásady rozhodovania.⁵

⁵ REPISKÝ, J.: Teória rozhodovania, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2008, ISBN 9788055201405

1. Problém rozhodovania - potreba rozhodovania nastáva vtedy, ak existuje nesúlad medzi momentálnym stavom systému a želaným stavom systému, teda až vtedy ak existuje problém, ktorý sa dá riešiť.
2. Ciele - rozhodovanie vyplýva z určitých cieľov rozhodovateľa, teda zo želaného stavu v budúcnosti. Rozhodovateľ tvorí rozhodnutie tak, aby boli čo najlepšie uspokojené jeho potreby.
3. Subjekt - subjektom rozhodovania je jednotlivec alebo skupina, ktorí sú na to určení, respektíve majú formálnu moc robiť rozhodnutia.
4. Objekt rozhodovania - materiálny či nemateriálny systém v rámci ktorého bol sformulovaný problém a je intencia zmeniť jeho stav.
5. Kritériá - pomáhajú rozhodovateľovi vybrať najlepšiu alternatívu, pomocou nich posudzuje vhodnosť jednotlivých alternatív.
6. Variant/alternatíva - do procesu rozhodovania nepochybne patrí tvorba alternatív, teda možných riešení daného problému.
7. Dôsledky variantov - charakterizujú efekt vybraného variantu na stav systému po implementácii zvolenej alternatívy.
8. Okolie - súbor faktorov, ktoré vplyvajú na rozhodovanie, výber alternatív či dôsledky alternatív. Tieto faktory môžu, ale i nemusia byť ovplyvniteľné rozhodovateľom.
9. Riziko - jeden z faktorov okolia, ktorý výrazne ovplyvňuje dôsledky variantov, či už pozitívne alebo negatívne. Faktor rizika výrazne ovplyvňuje výber alternatív z hľadiska preferencií rozhodovateľa (či má sklon riskovať alebo averziu voči riziku).
10. Metódy rozhodovania - pravidlá a postupy pomocou ktorých rozhodovateľ volí konečnú alternatívu (napríklad pravidlo minimax, Savageovo, Laplaceovo a pod.).

Dôležitým krokom rozhodovacieho procesu je stanovenie kritérií rozhodovania.

1.3 Kritériá rozhodovania

Je ťažké vybrať z viacerých alternatív, preto sa pri rozhodovaní vytvoria kritériá - hľadiská pre posúdenie výhodnosti jednotlivých variant. Základným kameňom pre tvorbu kritérií sú práve ciele, ktoré chceme rozhodnutím dosiahnuť. Kritériá môžeme rozdeliť na kvantitatívne (rentabilita, ziskovosť, náklady..) a kvalitatívne (lojalita k firme, firemné hodnoty...). Pri tvorbe kritérií treba brať ohľad na viaceré aspekty a to na:

- iné subjekty, ktoré budú naším rozhodnutím ovplyvnené (pri rozhodovaní vo firme brať ohľad napríklad i na dodávateľov či akcionárov),
- možné nepriaznivé dopady vybranej alternatívy (napríklad pri výbere alternatívy zaručujúcej vysoké zisky nezabudnúť na možný risk zlyhania riešenia ako pád akcií).
- dlhodobé dopady vybranej alternatívy,
- faktory okolia (hľadiť na problém komplexne),
- kritériá by mali byť jasné, zmysluplné a merateľné, nemal by sa tiež zbytočne navršovať ich počet.

Výber konkrétneho kritéria závisí od prostredia, respektíve od rozhodovateľových poznatkov o rozhodovacom prostredí. V závislosti od poznania rozhodovacieho prostredia rozlišujeme: rozhodovanie v podmienkach istoty, rozhodovanie v podmienkach neurčitosti a rozhodovanie v podmienkach rizika.

1.3.1 Rozhodovanie v podmienkach neistoty

O podmienkach neistoty hovoríme vtedy, keď rozhodovateľ dokáže identifikovať možné alternatívy, nemá však dostatok informácií na to, aby priradil pravdepodobnosti možným stavom ekonomiky. Pre tento typ prostredia existuje niekoľko prístupov ku kritériám rozhodovania.

Jedným z prístupov je optimizmus. Rozhodovateľ vtedy predpokladá, že každá alternatíva skončí najpozitívnejším výsledkom. Potom jednoducho vyberie alternatívu, ktorá končí najlepším z najlepších výsledkov. Toto kritérium je označované ako optimistické kritérium. Ak je pre riešiteľa najlepším výsledkom najväčší výstup

(napríklad veľké výnosy), kritérium sa označuje ako maxmax. Ak je cieľom čo najmenšia výstupná hodnota (napríklad čo najnižšie náklady), kritérium sa označuje ako minmin. Optimistické kritérium by malo byť používané len vtedy, ak sú potenciálne straty v porovnaní s možným ziskom veľmi nízke.

Pri pesimistickom prístupe rozhodovateľ predpokladá, že alternatívy skončia najhorším možným výsledkom. Následne vyberie najlepšiu z najhorších alternatív. Ak rozhodovateľ hľadá najvyšší výsledok, teda maximum z minimálnych hodnôt, kritérium sa označuje ako maxmin. Naopak ak hľadá najnižšiu možnú hodnotu (obdobne ako pri optimistickom prístupe napr. hľadanie najnižších nákladov), kritérium označujeme ako minmax. Pesimistické kritérium je vhodné používať vtedy, ak sú potenciálne straty veľmi vysoké.

Tretí prístup je stredná cesta medzi pesimistickým a optimistickým prístupom. Hodnota každej alternatívy sa vypočíta Hurwiczovým kritériom⁶ ako:

$$\alpha(\text{najlepší výsledok}) + (1-\alpha)(\text{najhorší výsledok})$$

kde α je označovaná ako koeficient optimizmu. Výsledná hodnota dáva vážený výsledok pre každú alternatívu a rozhodovateľ vyberá najlepšiu z týchto hodnôt.

Ďalším z prístupov je meranie stratenej príležitosti, ktorou sa vypočíta strata, ktorú by rozhodovateľ utrpel výberom niektorej alternatívy. Stratená príležitosť je teda rozdiel medzi najlepším možným výsledkom a skutočne dosiahnutým výsledkom.

1.3.2 Rozhodovanie v podmienkach istoty

Najjednoduchšia situácia pre rozhodovateľa je taká, pri ktorej vie, ktorá udalosť nastane. Rozhodovacie kritérium vyberie alternatívu s najvyššou výplatoú pre poznanú udalosť. Alternatíva s najvyššou výplatoú je najlepšia práve vtedy, ak je výplatoú zisk. Ak by sme hovorili o nákladoch, najlepšou alternatívou by bola najnižšia výplata.

1.3.3. Rozhodovanie v podmienkach rizika

V takomto prípade predpokladáme, že rozhodovateľ má zoznam možných udalostí a odhadol ich pravdepodobnosti. Manažér má menej informácií ako pri rozhodovaní

⁶ MLYNAROVÍČ, V.: Modely a metódy viackriteriálneho rozhodovania, Bratislava: Ekonóm, 1998, ISBN 802250985X (brož.)

v podmienkach istoty, no viac informácií než pri rozhodovaní v podmienkach neistoty. Pri tejto prechodnej situácii je často využívané rozhodovacie pravidlo očakávanej hodnoty. Očakávaná hodnota pre alternatívu je vyrátaná pomocou váženia každej možnej výplaty priradenej k určitej pravdepodobnosti a následné priradenie skóre očakávanej výplaty. Potom je zvolená alternatíva s najlepšou očakávanou hodnotou.

Toto pravidlo je veľmi podobné Laplaceovmu rozhodovaciemu pravidlu, s tým rozdielom, že udalosti nie sú považované za rovné (rovnako dôležité či nastávajúce s rovnakou pravdepodobnosťou). Očakávaná hodnota je hodnota priemernej výplaty, pokiaľ by rozhodnutie mohlo byť opakované. Rozhodovacie pravidlo očakávanej hodnoty môže mať v prípade nastania zlej udalosti negatívny výsledok. Na druhej strane však v prípade konzistentného používania počas dlhšieho časového obdobia poskytuje najlepšie výsledky. Pravidlo by nemalo byť používané vtedy, keď sa manažér do veľkej miery vyhýba riziku.

Táto diplomová práca sa zaoberá rozhodovaním ekonomického charakteru, preto v nasledovnej časti uvádzam kritéria z oblasti ekonomického rozhodovania.

1.3.4 Kritériá v oblasti ekonomického rozhodovania

Medzi tieto kritériá patria najmä kritérium maximalizácie zisku, maximalizácie návratnosti kapitálu, dlhodobého rastu, doba návratnosti kapitálových výdavkov, metóda čistej súčasnej hodnoty, metóda vnútornej miery výnosnosti.

Azda najpoužívanejším kritériom v tejto oblasti je kritérium maximalizácie zisku. Toto kritérium však nemusí firme priniesť osoh, napríklad pri zvýšení zisku pomocou zníženia nákladov môže prísť k zníženiu kvality výrobkov a to môže v dlhodobom horizonte vyústiť k strate zákazníkov, čo by viedlo k opätovnému zníženiu zisku. Upraveným kritériom maximalizácie zisku je kritérium maximalizácie návratnosti kapitálu. Toto kritérium zachytáva zisk v súvislosti s veľkosťou podniku. Firmy si tiež môžu ukladať ako prioritné kritériá dlhodobú stabilitu, či dlhodobý rast podniku. Čo sa týka rozhodovania ohľadom investícií, najpoužívanejšie sú najmä nasledovné kritériá:

- doba návratnosti kapitálových výdavkov,
- čistá súčasná hodnota (NPV),
- vnútorná miera výnosnosti (IRR).

1.3.4.1 Metóda doby návratnosti kapitálových výdavkov

Kritérium doby návratnosti kapitálových výdavkov sleduje čas, za ktorý sa vložený investičný kapitál vráti vo forme netto cash flow. Projekt je tým výhodnejší, čím je doba návratnosti kratšia. Doba návratnosti (angl. Payback Period) je obdobie, za ktoré tok príjmov (čistý cash flow) projektu prinesie hodnotu rovnajúcu sa kapitálovým výdavkom na investíciu. V prípade, že je čistý tok hotovosti v každom roku životnosti investície rovnaký, potom dobu návratnosti v rokoch vypočítame nasledovne⁷:

$$DN = \frac{INV}{CF \text{ za rok}}$$

kde INV vyjadruje náklady na investíciu a CF je čistý hotovostný tok.

Ak je čistý CF v každom roku iný, potom dobu návratnosti zistíme postupným napočítavaním ročných peňažných tokov dovtedy, kým sa kumulované čiastky cash flow nebudú rovnať investičným nákladom. Čím je doba splácania kratšia, tým je investícia výhodnejšia. Samozrejme, doba návratnosti musí byť kratšia ako je životnosť investície.

Metóda doby návratnosti je založená na definovaní doby potrebnej na úhradu celkových investičných nákladov projektu, jeho čistými výnosmi (zisk po zdanení + odpis). Jej výsledkom je počet rokov, za ktorý sa investovaný kapitál uhradí zo získaných peňažných príjmov. Kritériom výberu z viacerých investičných projektov je kratšia doba úhrady. Pokiaľ sú očakávané ročné cash flow z investície rovnaké, zistí sa doba úhrady tak, že sa kapitálové výdavky vydedia ročnými cash flow. Teoretici vyčítajú tejto metóde, že neberie do úvahy časovú hodnotu peňazí, avšak v praxi je často používaná kvôli jednoduchosti a zrozumiteľnosti výpočtu.

1.3.4.2 Metóda čistej súčasnej hodnoty (NPV)

Metóda čistej súčasnej hodnoty je založená na porovnaní časovo aktualizovaných peňažných prúdov, spojených s investovaním, teda kapitálových výdavkov a časovo aktualizovaných peňažných prúdov čistých cash-flow, ktoré plynú z používania fixných aktív,

⁷ Metódy hodnotenia investičných projektov. [online][citované 10.2.2010] Dostupné z <http://www.oa-po.sk/msp/69_poznamky.pdf>

ako výsledku investície.⁸ Táto metóda teda na rozdiel od predošlej zohľadňuje časovú hodnotu peňazí.

Ukazovateľ čistej súčasnej hodnoty (NPV) - porovnáva diskontované (súčasnú) hodnoty očakávaných cash-flow počas životnosti projektu s hodnotou jednorazových investičných výdavkov:

$$NPV = \sum_{j=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Kde i je diskontná sadzba

$1/(1+i)^t$ je odúročiteľ v roku životnosti t

I_0 sú jednorazové investičné výdavky v nultom roku

n predstavuje dobu životnosti projektu

CF_t je netto cash flow, rozdiel medzi budúcimi príjmami a výdavkami v období t .

NPV teda znázorňuje zvýšenie resp. zníženie výnosu firmy v závislosti od rozhodnutia, či investovať finančné prostriedky alebo ich vložiť na kapitálový trh a nechať úrokovať trhovou mierou (ktorá je vo vzorci reprezentovaná diskontnou sadzbou). Pri rozhodovaní o investičných alternatívach sa uprednostňuje projekt s najvyššou súčasnou hodnotou (pokiaľ má kladnú čistú súčasnú hodnotu, ak nemá, investovať sa neoplatí).

1.3.4.3 Metóda vnútornej miery výnosnosti (IRR)

Ďalším investičným rozhodovacím kritériom je metóda vnútornej miery výnosnosti (IRR). Táto metóda sa považuje za najpresnejšiu a podobne ako metóda NPV tiež zohľadňuje časovú hodnotu peňazí. Hodnota IRR je špeciálnym prípadom NPV, v ktorom je vypočítanou mierou návratnosti úroková sadzba zodpovedajúca čistej súčasnej hodnote s hodnotou nula. Teda IRR predstavuje percento, pri ktorom sa diskontované príjmy a výdavky investície rovnajú nule. Pri tejto metóde hľadáme zodpovedajúcu úrokovú mieru, použijúc rozhodovacie pravidlo $IRR >$ diskontná sadzba (vtedy je výnos z investičného projektu väčší ako z kapitálového trhu).

⁸ Investičná činnosť podniku. [online] [citované 14.2.2010] Dostupné z <<http://209.85.135.132/search?q=cache:vOiZ9FQdmKUJ:www.bergke.netkosice.sk/BERG/EP3.doc+doxa+návratnost+i+kapitálových+výdavkov&cd=10&hl=sk&ct=clnk&gl=sk>>

Základným problémom oboch metód, teda IRR i NPV je reálnosť vstupných údajov, keďže metódy pracujú s očakávaným cash flow, ktorý nemusí byť odhadnutý správne.

Keď už poznáme ciele a kritéria rozhodovania, môžeme postúpiť v procese rozhodovania na ďalší krok, ktorým je tvorba alternatív.

1.4 Tvorba alternatív

Táto etapa kladie vysoké nároky na tvorivé schopnosti riešiteľa. Dominuje tu snaha o čo najširší a najvariabilnejší súbor alternatív, keďže z nich bude následne vyberaná najlepšia alternatíva. Tvorba variantov sa môže uskutočniť na základe expertných odhadov alebo prostredníctvom modelovacích procesov.

1.4.1 Tvorba alternatív pomocou expertných odhadov

Pri tvorbe variantov rozhodovania na základe expertných odhadov sa používajú nasledovné metódy:

- Anketa/dotazník.
- Interview- rozhovor analytika s expertmi na základe vopred pripravených otázok.
- Panelová diskusia- organizovaný rozhovor stálej skupiny osôb – otvorená diskusia so snahou dosiahnuť jednotný názor skupiny expertov.
- Brainstorming- obdoba panelovej diskusie, s dôrazom na kreativitu skupiny a vznik nových tvorivých myšlienok. Medzi základné pravidlá patrí zákaz kritiky, možnosť využívať nápady iných, dôraz na kvantitu nápadov.
- Brainwriting- písaná forma brainstormingu. Nápady sa píšú do vopred pripravených formulárov, ktoré kolujú medzi účastníkmi.
- Delfská metóda- metóda postupného diskutovania, založená na anonymite expertov, viackolovom zisťovaní, spätnej väzbe informácií a štatistickom spracovaní výsledkov.
- Morfológická analýza- spočíva v obmenách a kombinovaní typických znakov všetkých možných alternatív. Po vytvorení matice permutácií možných alternatív túto množinu zredukujeme o varianty ktoré sú nerealizovateľné.

1.4.2 Tvorba alternatív modelovou tvorbou

Ďalšia možnosť tvorby alternatív je prostredníctvom modelovej tvorby.

Pri tejto možnosti sa skonštruuje model zobrazujúci situáciu a stránky objektu rozhodovania, ktoré je dôležité poznať kvôli preskúmaniu problematiky a navrhnutiu variant. Proces modelovej tvorby prebieha podľa Repiského v nasledujúcich etapách:⁹

1. Analýza východiskovej situácie a definovanie systému na skúmanom objekte- v tejto fáze dochádza k verbálnej formulácii problému.
2. Konštrukcia modelu a jeho kvantifikácia- pozostáva z definovania premenných a následného definovania vzťahov medzi nimi. Premenné ovplyvňujú vzhľad modelu a rozdeľujeme ich na exogénne- premenné ktoré nemôže rozhodovateľ ovplyvniť, rozhodovacie- premenné, ktoré môže rozhodovateľ ovplyvniť a strategické premenné limitujúce ohraničenie
3. Komputácia - výber algoritmu riešenia pomocou počítačového softwaru.
4. Interpretácia a analýza výsledkov- vysvetlenie podstaty riešenia a skúmanie kvality výsledkov.
5. Implementácia - proces využitia modelu.

1.4.2.1 Prípadové a scenárové modely

Prvým druhom tvorby variantov pomocou modelovej techniky sú prípadové a scenárové modely. Táto metóda sa zvyčajne používa na analýzu väčšieho počtu prípadov resp. scenárov. Model spočíva v definovaní rozhodujúcich premenných a vzťahov medzi jednotlivými premennými. Potom je pomocou bilančného modelu možné vytváranie veľkého množstva scenárov.

⁹ REPISKÝ, J.: Teória rozhodovania, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre , 2008, ISBN 9788055201405

1.4.2.2 Optimalizačné modely

Druhým spôsobom tvorby variantov pomocou modelovej techniky sú optimalizačné modely, ktoré hľadajú najoptimálnejšie riešenie zo skupiny prípustných riešení. Dôsledky rozhodnutí sú hodnotou účelovej funkcie po dosadení premenných. Aby boli modely presnejšie, treba pri ich tvorbe zohľadniť aj možné riziká.

1.4.2.3 Zohľadnenie rizika v modelovej tvorbe

Riziko sa pri modelovej technike zohľadňuje pomocou senzitivnej, scenárovej a simulačnej analýzy.

Senzitívna analýza skúma, ako zmeny jednotlivých parametrov ovplyvňujú výslednú hodnotu kritéria. Zmena hodnôt potom ukazuje, nakoľko je projekt citlivý na zmeny parametrov pri zachovaní ostatných hodnôt konštantných. Faktory vyvolávajúce najväčšiu zmenu výslednej hodnoty kritéria označujeme ako faktory rizika (napr. daň, cena, diskontná sadzba...) Za slabú stránku tejto analýzy môžeme označiť fakt, že neberie do úvahy pravdepodobnosti zmien jednotlivých premenných a taktiež súčasné zmeny viacerých premenných.

Ďalšou technikou je analýza rizika využívajúca scenáre simultánnych zmien viacerých faktorov rizika, takzvaná scenárová analýza. Metóda spočíva vo vypočítaní NPV pre pesimistické aj optimistické podmienky a porovnaním s najpravdepodobnejším odhadom. Ukazovateľmi premennej NPV sú stredná hodnota a rozptyl. Nasledovne sa odhadnú pravdepodobnosti jednotlivých scenárov.

Treťou technikou je simulačná analýza, ktorá je založená na kombinovaní simulovaných hodnôt jednotlivých faktorov rizika. Pri simuláciách sa hodnoty náhodných premenných imitujú vygenerovaním veľkého počtu realizácií danej náhodnej premennej. Takto získané hodnoty o správaní sa systému sa ďalej štatisticky spracovávajú.

Simulačné postupy sa opierajú o metódu Monte Carlo o ktorej píšem viac v nasledujúcej podkapitole. Je to numerická metóda založená na používaní náhodných čísel.

1.4.3 Simulácia Monte Carlo

Simulácia je určená na imitovanie reálneho systému. Hlavným cieľom simulácie je pochopenie vnútorných vzťahov v systéme. Využíva sa v situáciách, keď sú iné analýzy príliš matematicky náročné (napr. keď neexistuje analytické riešenie), alebo ide o analýzy finančne nákladné (testy na autách a lietadlách), alebo v prípadoch, keď nie je možné uskutočniť reálny experiment (modely popisujúce klimatické zmeny a pod). Monte Carlo simulácia bola pomenovaná podľa mesta Monte Carlo v Monaku, kde sa v kasínach hrajú hry založené na náhode ako napríklad ruleta, kocky a pod.

Za počiatok metódy sa považuje článok A. Halla z roku 1873 o určení čísla π pomocou náhodného hádzania ihly na rovinu pokrytú rovnobežkami. Tento náhodný pokus je známy pod názvom Buffonova úloha o ihle. Na prepracovaní metódy sa ďalej podieľali S.A. Ulam, N. Metropolis, H. Kahn či E. Fermi. Termín "metóda Monte Carlo" bol prvý krát použitý práve v práci S.A. Ulama a N. Metropolisa v roku 1949.

Základnou myšlienkou metód Monte Carlo je využiť súvislosť medzi pravdepodobnostnými charakteristikami rôznych náhodných dejov, ako sú pravdepodobnosti náhodných javov alebo stredné hodnoty náhodných veličín a veličinami, ktoré sú riešením klasických matematických úloh. Namiesto riešenia analytickej úlohy sa modeluje náhodný dej, pre ktorý sa štatisticky odhadnú pravdepodobnosť alebo stredná hodnota, ktorú považujeme za približné riešenie pôvodnej úlohy.¹⁰

Monte Carlo je stochastická metóda. Náhodné čísla musia byť nezávislé, teda medzi nimi nesmie existovať korelácia. Metóda generuje output ako interval namiesto fixnej hodnoty a teda zobrazuje v akom rozhraní sa bude pravdepodobne output nachádzať.

Jednoduchosť využitia tejto metódy značne vzrástla po zavedení počítačov, ktoré dokázali pokusy simulovať a rýchlosť pokusov sa mnohonásobne zrýchlila. K rozšíreniu metódy Monte Carlo teda došlo po rozšírení počítačov.

¹⁰ KALAS, J.; PEKÁR J.: Simulačné metódy, Bratislava: Univerzita Komenského, 1991, ISBN 8022303267, str. 56

Klasický postup pri metóde je vytvorenie počítačového modelu deja a po prebehnutí dostatočného množstva simulácií sa dáta môžu spracovať klasickými štatistickými metódami, napríklad určiť priemer a smerodajnú odchýlku.

1.4.3.1 Kroky jednoduchej Monte Carlo simulácie.

5 krokov na vytvorenie jednoduchej Monte Carlo simulácie:

Krok 1: Vytvorenie parametrického modelu, $y = f(x_1, x_2, \dots, x_Q)$

Krok 2: Vygenerovanie sady náhodných inputov, $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$.

Krok 3: Vyhodnocovanie modelu a ukladanie výsledkov ako y_i .

Krok 4: Opakovanie krokov 2 a 3 pre $i = 1$ po n .¹¹

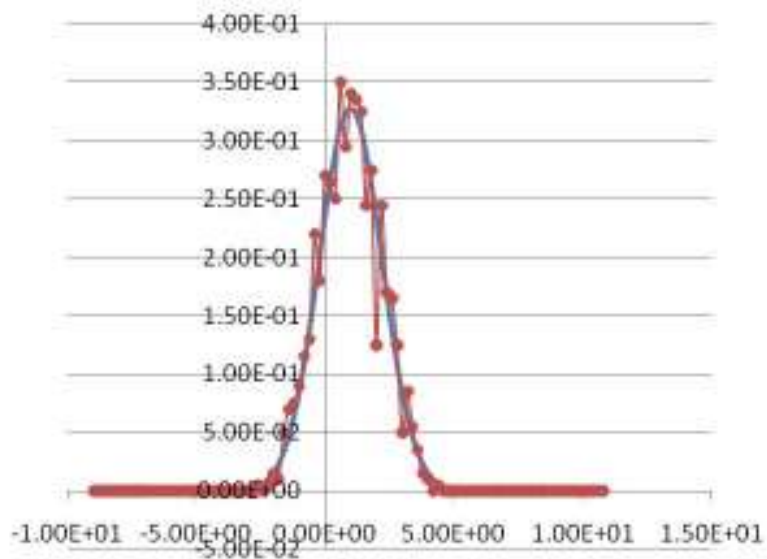
Krok 5: Analyzovanie výsledkov použitím histogramov, sumárnych štatistík, intervalov spoľahlivosti a podobne.

Schéma Monte Carlo predpokladá modelovanie náhodného procesu pomocou operácií s náhodnými číslami. Podmienkou úspechu je možnosť náhodný proces mnohonásobne opakovať. K tomu je potrebné mať k dispozícii dostatočný počet náhodných čísel s určitým pravdepodobnostným rozdelením a najrôznejšími distribučnými funkciami F.

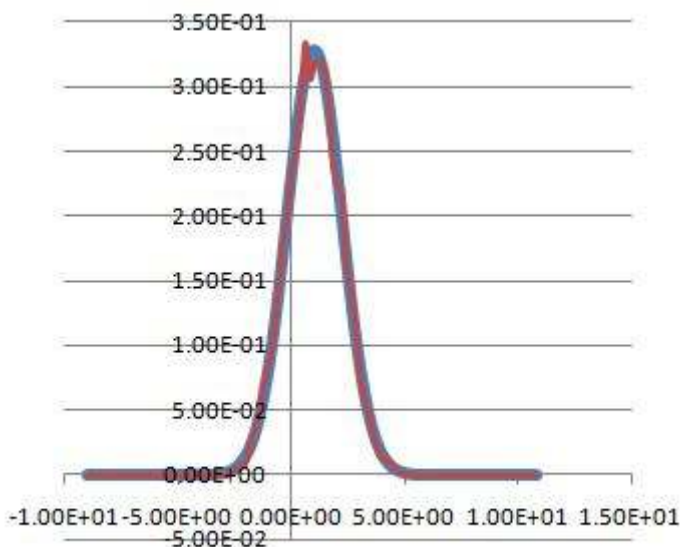
Ako ukazujú nasledovné grafy simulácie Monte Carlo (simulujúcej premenné z náhodného rozdelenia), je treba vygenerovať istý minimálny počet scenárov, aby bola metóda dostatočne presná.

¹¹ WITTWER, J.W.: Monte Carlo Simulation Basics, [online] 1.6.2004 [citované 2.1.2010] Dostupné z <<http://www.vertex42.com/ExcelArticles/mc/MonteCarloSimulation.html>>

GRAF 1: MONTE CARLO S POČTOM SCENÁROV 1000



GRAF 2: MONTE CARLO PRI POČTE SCENÁROV 10000



Monte Carlo môže byť použitá pri viacerých inpuťoch naraz a vytvára pravdepodobnostné rozdelenie jedného alebo viacerých outputov. Ak je pravdepodobnostné rozdelenie neznáme, môže byť pre premennú vybrané to rozdelenie, ktoré ju najlepšie charakterizuje.

1.4.3.2 Často využívané pravdepodobnostné rozdelenia v Monte Carlo simulácií¹²:

- Normálne/Gaussovo rozdelenie-

rozdelenie aplikované na situácie, kde sú dané priemer a štandardná odchýlka a priemer reprezentuje najpravdepodobnejšiu hodnotu premennej. Rozdelenie je symetrické okolo priemeru a nie je ohraničené.

Cieľom je generovať náhodnú veličinu X s hustotou

$$p(x)dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx, \text{ pre } x \in (-\infty; \infty).$$

Pre normálne rozdelenie $N(0,1)$ je stredná hodnota a disperzia rovná $E(x)=0$, $D(x)=1$.

Vzhľadom k pomerne zdĺhavému výpočtu kvantilovej funkcie normálneho rozdelenia sa v praxi využíva centrálna limitná veta aplikovaná na súčty nezávislých rovnomerne rozdelených náhodných veličín. Nech Y_1, \dots, Y_n sú náhodné veličiny z $R(0,1)$. Potom pre strednú hodnotu a disperziu ich súčtov platí $E(\sum_{i=1}^n y_i) = 1/2n$, $D(\sum_{i=1}^n y_i) = 1/12n$.

Pre n idúce do nekonečna má veličina $X_n = \sqrt{\frac{12}{n}} (\sum_{i=1}^n x_i - \frac{1}{2}n)$ asymptoticky normálne rozdelenie $N(0,1)$. Za prakticky vyhovujúce sa považuje $n=12$, takže $x_{12} = \sum_{i=1}^{12} x_i - 6$.

Uvedený spôsob generovania je obvykle postačujúci v stimulačných úlohách, v ktorých nie je podstatné správanie "chvostov" rozdelenia.¹³

Pre Gaussovo rozdelenie so strednou hodnotou μ sa použije jednoduchá transformácia $z = \mu + x$.

- Rovnomerné rozdelenie-

Generujeme náhodnú premennú z rovnomerného rozdelenia od a po b . Cieľom je generovať náhodnú veličinu X s hustotou pravdepodobnosti

$$p(x)dx = \frac{1}{(b-a)} dx \text{ ak je } a \leq x < b \text{ a } 0 \text{ v opačnom prípade.}$$

¹² IORDANOVA, T.: Introduction To Monte Carlo Simulation [online] 2007 [Citované 4.4.2010] Dostupné z <http://www.investopedia.com/articles/07/monte_carlo_intro.asp>

¹³ DŘÍMAL, J.; TRUNEC, D.: Úvod do metody Monte-Carlo, Brno: Univ. J.E. Purkyně, 1989, číslo: 5502189, str.122

Distribučná funkcia tejto rovnomerne rozdelenej veličiny X je potom

$$F(x) = 0 \quad \text{ak } x < a;$$

$$\frac{x-a}{b-a} \quad \text{ak } a \leq x \leq b;$$

$$1 \quad \text{ak } x > b.$$

Stredná hodnota a rozptyl sú: $E(x) = \frac{a+b}{2}$; $D(x) = \frac{(b-a)^2}{12}$. Rovnomerné rozdelenie je určené

buď priamo hodnotami $E(x)$ a $D(x)$, alebo hodnotami dvoch parametrov a, b:

$$a = E(x) - (3D(x))^{1/2}$$

$$b = E(x) + (3D(x))^{1/2}.$$

- Lognormálne rozdelenie-

spojité rozdelenie špecifikované strednou hodnotou a štandardnou odchýlkou. Hľadáme

náhodnú veličinu X s hustotou pravdepodobnosti $p(x) dx = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx$ pre

$x > 0$

a 0 pre $x \leq 0$.

- Exponenciálne rozdelenie-

generujeme náhodnú veličinu X so strednou hodnotou μ a s hustotou pravdepodobnosti

$$p(x) dx = \frac{1}{\mu} \exp\left(-\frac{x}{\mu}\right) dx \quad \text{pre } x \geq 0.$$

- Trojuholníkové rozdelenie.
- Binomické rozdelenie.

1.4.3.3 Oblasti využitia Monte Carlo simulácie

Monte Carlo simulácia je jedna z techník pomáhajúca znižovať neistotu v odhadoch budúcich výsledkov. Simulácia môže byť aplikovaná na komplexné, nelineárne modely alebo byť použitá na ohodnotenie správnosti a výkonu modelov.

Metóda Monte Carlo má širokú možnosť využitia, v podstate ju možno využiť všade tam, kde sa dá získať riešenie pomocou mnohokrát opakovaných náhodných pokusov (ak poznáme pravdepodobnostné rozdelenie sledovaných veličín). Metóda je často využívaná v nasledovných oblastiach¹⁴:

- matematika (počítanie určitých integrálov, riešenie diferenciálnych rovníc...),
- fyzika (na zložité výpočty v kvantovej chromodynamike, aerodynamike, fyzike častíc, predpovedi počasia),
- počítačová grafika (počítačové hry, grafika, animácie, filmové efekty),
- hazardné hry (generátory náhodných a pseudonáhodných čísel umožňujú mechanizovať hazardné hry, pretože umožňujú nastaviť všetkým alternatívam rovnakú pravdepodobnosť),
- financie a poisťovníctvo (na oceňovanie opcií, investícií a iných finančných derivátov, analýzu rizika či na zistenie optimálnej hodnoty portfólia).

¹⁴ http://cs.wikipedia.org/wiki/Metoda_Monte_Carlo

1.4.3.4 Realizácia analýzy rizika projektu simuláciou Monte Carlo vyžaduje:¹⁵

- Určenie kľúčových faktorov rizika- program bude rešpektovať neistotu týchto faktorov, pričom u ostatných faktorov (málo významných rizikových faktorov, resp. veličín s malou neistotou) ovplyvňujúcich zvolené kritérium sa bude vychádzať z ich najpravdepodobnejších odhadov.
- Stanovenie rozdelenia pravdepodobnosti kľúčových faktorov rizika- u faktorov rizika s niekoľkými málo hodnotami je potrebné zadať ich pravdepodobnosti, u spojitých rizikových faktorov sa zvyčajne volí určitý typ rozdelenia a zadávajú sa jeho parametre (napr. trojuholníkové, resp. normálne rozdelenie).
- Stanovenie štatistickej závislosti faktorov rizika- niektoré faktory rizika môžu závisieť na iných rizikových faktoroch a preto ich v ďalšom kroku- pri procese simulácie nemožno generovať nezávisle na sebe. Rešpektovanie štatistickej závislosti faktorov rizika je značne obtiažne a vyžaduje spravidla odhad korelačných koeficientov párovo závislých faktorov rizika.
- Proces simulácie s využitím počítačového programu- tento proces tvorí značný počet simulačných krokov, ktoré sa opakujú až do získania výsledkov. V každom simulačnom kroku program vygeneruje hodnoty rizikových faktorov z ich rozdelenia pravdepodobnosti pri rešpektovaní zadanej štatistickej závislosti a prepočte hodnoty zvolených kritérií, napríklad NPV. Po prebehnutí simulácie získa užívateľ výsledky v číselnej podobe ako aj v podobe grafu.

¹⁵ SCHOLLEOVÁ, H.: Aplikace reálných opcí při oceňování podniku [online] [28.2.2010] Dostupné z <<http://www.ekonomikaamanagement.cz/cz/clanek-aplikace-realnych-opci-pri-ocenovani-podniku.html>>

1.4.3.5 Prekážky pri analýze rizika pomocou Monte Carlo.

Metóda Monte Carlo dáva najpresnejšie pravdepodobnosti v porovnaní s inými metódami. No napriek mnohým výhodám naráža táto metóda na niekoľko prekážok:¹⁶

- vysoká citlivosť výsledkov metódy Monte Carlo na zákony pravdepodobnostného rozdelenia a typu závislostí vstupných premenných
- aj keď súčasné programy umožňujú vziať do úvahy zákony rozdelenia pravdepodobnosti, previesť koreláciu medzi vstupnými premennými a zhodnotiť ich spoľahlivosť v praxi nie je možné, pretože vo väčšine prípadov analytici stanovia zmeny základných premenných makro a mikro prostredia, vyberajú zákony rozdelenia pravdepodobnosti a štatistické vzťahy medzi premennými subjektívne.
- V dôsledku vyššie uvedených dôvodov je presnosť výsledných odhadov do značnej miery závislá na kvalite základných predpokladov a vzájomných súvislostiach vstupných premenných, čo môže viesť k významným chybám vo výsledkoch.

Závažným problémom investičných rozhodnutí býva častokrát prílišný optimizmus pri stanovovaní odhadov peňažného toku slúžiaceho ako základ pre stanovenie kritérií ekonomickej efektívnosti týchto projektov¹⁷.

¹⁶ SCHOLLEOVÁ, H.: Aplikace reálných opcí při oceňování podniku [online] [28.2.2010] Dostupné z <<http://www.ekonomikaamanagement.cz/cz/clanek-aplikace-realnych-opci-pri-ocenovani-podniku.html>>

¹⁷ SCHOLLEOVÁ, H.: Aplikace reálných opcí při oceňování podniku [online] [28.2.2010] Dostupné z <<http://www.ekonomikaamanagement.cz/cz/clanek-aplikace-realnych-opci-pri-ocenovani-podniku.html>>

2. Hubbardova teória rozhodovania

Táto diplomová práca sa zaoberá jednou z metód rozhodovania- analýzou vyvinutou Douglasom W. Hubbardom, nazývanou Aplikovaná ekonomika informácie (Applied information economics). Táto metóda využíva viaceré metódy z teórie rozhodovania a analýzy rizika vrátane simulácie Monte Carlo. Analýza je podrobne opísaná v Hubbardovej knihe "Ako zmerať čokoľvek: Hľadanie hodnoty nehmotných aktív v podnikaní".¹⁸

2.1 Stručný prehľad metódy

AIE bola vyvinutá a prvýkrát použitá v roku 1995, teda je relatívne nová v porovnaní s väčšinou rozhodovacích metód v podnikaní a vládnej sfére. AIE sa odlišuje od iných metód rozhodovania tým, že spája rôzne vedecké a matematické odbory. Využíva teóriu rozhodovania, optimalizačné metódy, operačný výskum, štatistiku a iné. Túto metódu môžu využívať manažéri na riešenie otázok z oblasti informačných technológií, ako aj poisťní matematici, finanční analytici či štatistici. AIE je metóda, ktorá aplikuje ekonomické teórie na problémy, s ktorými sa stretávajú riadiaci pracovníci IT oddelení, ako napríklad:

- Používanie matematických modelov na zlepšenie nákladovej analýzy na zlepšenie rozhodnutí na všetkých stupňoch IT.
- Vývoj finančne založených meraní zaistenia kvality na zabezpečenie efektívnosti implementácie IT rozhodnutí.
- Vyvíjanie strategického plánu pre informačné systémy založené na identifikovaní najlepších príležitostí pre ekonomický príspevok do informačných systémov.

AIE môže zmerať akýkoľvek IT risk a zisk, ako napríklad zmerať účinky rýchlejšej komunikácie, lepšej kvality dát či spokojnosti zákazníkov¹⁹. Čitateľský prieskum časopisu Information Week v roku 1998 ukázal, že až 12% respondentov využíva AIE pre rozhodovanie v oblasti informačných technológií.²⁰

¹⁸ <http://www.howtomeasureanything.com/>

¹⁹ CHATTERJEE, S.: Applied Information Economics: Not just calculate, scientifically measure it. [online] [citované 18.1.2010] Dostupné z <<http://www.iasahome.org/web/home/featurememberarticle>>

²⁰ VIOLINO, B.: ROI In The Real World. [online] 27.4.1998 [citované 5.1.2010] Dostupné z <<http://www.informationweek.com/679/79iuroi2.htm>>

2.2 Základné princípy metódy

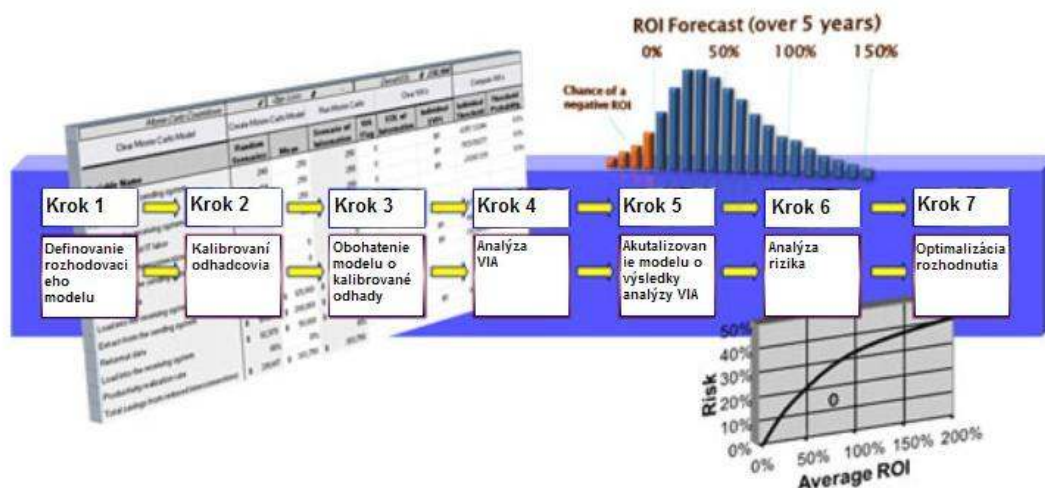
Hubbard vo svojej knihe uvádza tri základné princípy svojej metódy, ktoré ju odlišujú od ostatných rozhodovacích metód. Sú to tieto tri: 1. Všetko je merateľné, 2. Riziko a neistota môžu byť jasne kvantifikované, 3. Dá sa vypočítať hodnota informácií potrebných na rozhodnutie.

Prínosom Hubbardovej teórie je teda to, že dokáže zmerať i veci ktoré považujeme zvyčajne za nemerateľné (v angličtine tzv. intangibles) ako aj to, že pri analýze investičných projektov nedefinuje risk ako malý/stredný/veľký ale dokáže ho presne kvantifikovať určitým intervalom hodnôt. Využívanie intervalu rozpätia odhadov na posúdenie nákladov a výnosov pre IT je lepšie než používanie priemerov alebo najlepších posudkov ako odhadov. V analýze tiež určuje, ktoré premenné modelu sú dôležité na vykonanie správneho rozhodnutia a pri ktorých premenných sa oplatí dohľadať dodatočné informácie na zlepšenie rozhodovacieho modelu. Zmysel meraní je poskytnúť informácie na zlepšenie budúcich rozhodnutí a nielen na posúdenie starších rozhodnutí.

2.3 Kroky analýzy

Postupnosť krokov analýzy je zobrazená na nasledovnom obrázku.

OBRÁZOK 1: KROKY ANALÝZY AIE



Zdroj: AIE: Not just calculate, scientifically MEASURE IT [online][cit. 4.3.2010] Dostupné z <http://www.iasahome.org/web/home/featurememberarticle>

Metóda začína definovaním rozhodovacieho modelu, potom nasledujú odhady kalibrovaných odhadcov, ktoré sa neskôr zapracujú do rozhodovacieho modelu, potom nasleduje VIA analýza premenných z modelu. Následne spravíme analýzu rizika a ziskovosti. Posledným krokom je optimalizácia rozhodnutia a navrhnutie odporúčaní. Tieto kroky sú podrobnejšie popísané v nasledujúcom texte.

Prvým krokom metódy je definovanie jednotky merania.

2.3.1 Definovanie jednotky merania

Väčšina IT investícií zahŕňa niektoré náklady alebo úžitky, ktoré sú považované za nehmatateľné/nehmotné a faktory, ktoré nie sú merateľné. Medzi ne patrí napríklad: strategické zoskupenie, spokojnosť zákazníka či splnomocnenie zamestnanca. Vo väčšine prípadov sa však zdajú byť tieto faktory nemerateľné len preto že sú nejasne definované. AIE odstraňuje tento typ nejasnosti pomocou zamerania sa na premenné, ktoré môžu byť vyjadrené v nejakých jednotkách merania.

Napríklad, pri potenciálnom investovaní do detekčného systému môžeme argumentovať jeho dôležitosťou z hľadiska redukcie úniku dát. Čo to vlastne znamená? Znamená to, že bude zredukovaná neautorizovaná distribúcia personálnych dát? Ak áno, ako často nastanú také situácie, ktoré vyústia do nákladov a aké veľké sú náklady na jeden takýto prípad? Znamená únik dát dodatočné náklady na vyriešenie takejto situácie? Znamená menej únikov menšie peňažné straty?

Definovanie jednotky merania teda znamená jasné a jednoznačné zadefinovanie hľadanej premennej, ako aj kladenie si otázok, pomocou čoho môžeme danú premennú vyjadriť v jednotkách a odmerať.

Po definovaní premenných sa môže vytvoriť obširny model rozhodovania. Najprv uvedieme veličiny, ktoré sú známe a jasne dané, veličiny ktoré nemáme jednoznačne dané budeme merať pomocou kalibrovaných odhadov.

2.3.2 Kalibrované odhady

Kalibrovaný odhad je subjektívne posúdenie pravdepodobnosti od osoby špeciálne trénovanej tak, aby nebola ani príliš sebaistá, ale ani naopak príliš málo sebaistá v tvorbe odhadov. Kalibrované odhady pravdepodobnosti sú síce subjektívne, no

vedecky podložené odhady pravdepodobností jednotlivcov. Osoby prechádzajú sériou tréningových cvičení (kalibráciou) tak, aby vedeli objektívne posúdiť optimizmus resp. pesimizmus vo svojich odhadoch.

Odhady sú reprezentované pomocou intervalu spoľahlivosti a rozdelenia pravdepodobnosti pre tento interval. Odhad bude vyjadrený ako rozloženie pravdepodobnosti, ktoré vyjadruje neistotu každej premennej.

Skúsenosti a schopnosti každého kalibrovaného odhadcu sú rôzne. Pred samotným tréňovaním expertov teda každý podstúpi testovaciu sériu otázok na overenie jeho schopností. Pre každého jedinca potom vieme štatisticky určiť, či sú jeho odhady príliš trúfalé alebo naopak príliš nesmelé.

Príliš trúfalý odhadca pravidelne pripúšťa príliš málo neistoty na odhadované kvantity a tie sú potom nesprávne častejšie než si pripustí. Napríklad, keď je požiadany spraviť odhad v 90 percentnom intervale spoľahlivosti, omnoho menej než 90 percent jeho odpovedí padne do určeného intervalu. Príliš nesmelý odhadca zase vykazuje príliš veľkú neistotu v odhadovaných kvantitách a tie sú častejšie pravdivé, než si odhadca myslí.

Kalibrovaný expert je potom požiadany aplikovať svoje novonadobudnuté skúsenosti na odhadnutie neistých premenných do rozhodovacieho modelu. Odhady sú reprezentované pomocou intervalu spoľahlivosti a pravdepodobnostného rozdelenia pre tento interval. Kalibrovaný odhadca má na 90 percentnej hladine spoľahlivosti odhad v rámci tohto rozpätia. Pravdepodobnostné rozdelenie odhadu demonštruje tvar krivky tohto rozpätia.

Akonáhle kalibrovaní odhadcovia vykonajú merania, zapracujú sa do modelu rozhodovania. Tento model je potom upravovaný pomocou VIA analýzy (Value of Information Analysis). VIA analýza umožňuje rozhodovateľovi zamerať sa na premenné, ktoré sú najdôležitejšie. VIA je používaná na identifikovanie tých premenných, pri ktorých je opodstatnené hľadať dodatočné informácie za účelom zníženia neistoty.

2.3.3 Value of information analysis - VIA

Pomocou VIA (value of information analysis) dokážeme vypočítať hodnotu informácie v presnej peňažnej hodnote. Matematicky by sa tento proces dal parafrázovať nasledovne:

1. Informácie znižujú neistotu
2. Nižšia miera neistoty zlepšuje rozhodnutie
3. Lepšie rozhodnutia vedú k efektívnejším činom
4. Efektívnejšie činy zvyšujú profit a výsledky

Rozhodnutia či investovať do rôznych informačných technológií bývajú často krát veľmi riskantné kvôli neistým nákladom či profitom. Zlé rozhodnutie vyústi do stratenej príležitosti (pokiaľ bola dobrá investícia zamietnutá) alebo do zlého rozmiestnenia zdrojov v prípade odsúhlasenia zlej investície. Ak by mal rozhodovateľ viac informácií napríklad o nákladoch, mal by väčšiu šancu spraviť správne rozhodnutie. VIA jednoducho vypočítava pravdepodobnosť ekonomickej výhody vychádzajúcej z toho, že by sme mali nižšiu neistotu.

Hubbard používa vo svojej analýze VIA na identifikovanie tých premenných, pre ktoré je z ekonomického hľadiska vhodné hľadanie dodatočných informácií na zníženie neistoty. Všetky merania ktoré majú hodnotu vplývajúcu nejakou mierou na zníženie neistoty ovplyvňujú rozhodnutie. Premenné sa líšia tým, nakoľko neisté sú a nakoľko ovplyvnia finálne rozhodnutie. Merania s najvyššou VIA (hodnotou informácie) sú vybraté pre ďalšie merania.

2.3.3.1 Hodnota informácie (Value of information)

Hodnota informácie je hodnota, ktorú by bola rozhodujúca sa osoba ochotná zaplatiť za informáciu predchádzajúcu vytvoreniu rozhodnutia.

Hodnotu informácie môžeme deliť na hodnotu dokonalej informácie, tiež nazývanú hodnota jasnozrivosti (value of clairvoyance) a hodnotu nedokonalej informácie. Tieto sú blízko spojené so známejšími pojmami očakávaná hodnota dokonalej informácie a očakávaná hodnota ukázkovej informácie.

K základným charakteristikám hodnoty informácie patria dve vlastnosti:

- Hodnota informácie nemôže byť nikdy nižšia ako nula, keďže rozhodujúca osoba môže vždy odignorovať dodatočné informácie a rozhodovať sa tak ako keby takáto informácia nebola vôbec dostupná.
- Žiadne ďalšie zhromažďovanie informácií nemôže byť hodnotnejšie ako to kvantifikované hodnotou jasnozrivosti.

2.3.3.2 Výpočet hodnoty informácie

Hodnota informácie sa počíta pomocou payoff matrixu- tabuľky výplat. Je to nástroj analýzy rozhodovania ktorým sa sumarizujú klady a zápory rozhodnutia do tabuľky. Je to zoznam výplat (pozitívne alebo negatívne výnosy) spojený so všetkými možnými kombináciami alternatívnych akcií/činov (pod kontrolou činiteľa rozhodnutia) a externými podmienkami (ktoré činiteľ rozhodnutia nemôže ovplyvniť). V teórií rozhodovania, očakávaná hodnota dokonalej informácie je cena ktorú by bol človek ochotný zaplatiť za účelom získania prístupu k dokonalej informácii, teda takej, pri ktorej všetci hráči poznajú všetky predošlé ťahy a stavy ktoré nastali.

Problém je modelovaný maticou výplat R_{ij} , kde riadkový index i opisuje voľby, ktoré musia byť uskutočnené hráčom, pričom stĺpcový index j opisuje náhodné premenné o ktorých hráč zatiaľ nevie a pravdepodobnosť nastania j je P_j . Ak sa hráč rozhodne zahrať i bez poznania hodnoty j , najlepšia voľba je tá, ktorá maximalizuje očakávanú peňažnú hodnotu²¹:

$EMV = \max \sum p_j R_{ij}$, kde $\sum p_j R_{ij}$ je očakávaná výplata pre akciu i , teda očakávaná hodnota a EMV je vyberanie maxima z týchto očakávaní pre všetky dostupné akcie. Na druhej strane, s dokonalou informáciou o j , hráč môže zvoliť hodnotu i takú, ktorá optimalizuje očakávanie pre to špecifické j . Teda, očakávaná hodnota danej dokonalej informácie je $EV|PI = \sum p_j (\max R_{ij})$, kde p_j je pravdepodobnosť, že systém je v stave j a R_{ij} je výplata ak hráč hrá akciu i zatiaľ čo je systém v stave j . Tu potom $\max R_{ij}$ indikuje najlepšiu voľbu akcie i pre každý stav j .

Očakávaná hodnota dokonalej informácie je rozdiel medzi týmito dvomi hodnotami:

$$EVPI = EV|PI - EMV.$$

²¹ WIKIPEDIA: Expected value of perfect information [online][12.2.2010] Dostupné z <http://en.wikipedia.org/wiki/Expected_value_of_perfect_information>

Tento rozdiel popisuje nakoľko môže byť navýšená hodnota informácie na základe poznania j a vybratia najlepšej i pre tento stav j , pomocou porovnania k vybratiu hodnoty i predtým ako je známe j .

$EV|PI$ je vždy väčšie alebo rovné EMV , teda $EVPI$ je vždy nezáporné.

V teórií rozhodovania je teda očakávaná hodnota dokonalej informácie $EV|PI$ cena, ktorú by bol človek ochotný zaplatiť za účelom získania dokonalej informácie. $EV|PI$ môže byť používané na zamietnutie nákladných ponúk. Ak niekto ponúkne informácie za cenu väčšiu než $EV|PI$, je lepšie túto ponuku zamietnuť.

V tomto kroku AIE teda zisťujeme, ktoré premenné sú pre náš model dôležité a zároveň pre ktoré premenné ešte môžeme/musíme získať dodatočné informácie na zníženie neistoty.

Keď je nakoniec model očistený od neistoty natoľko, že by sa už ďalšie merania z ekonomického (finančného) hľadiska nemohli uskutočniť, prichádza na rad piaty krok a to samotná analýza riziku a návratnosti.

2.3.4 Analýza rizika a návratnosti

AIE využíva moderné metódy teórie portfólia a zaoberá sa so súborom IT investícií ako s inými investíciami portfólia. Každá investícia je analyzovaná na báze riziko/návratnosť s ohľadom na jej prínos do celkového portfólia.

Pomocou využitia techník modernej teórie portfólia, AIE determinuje, či sú neistoty podstatné v danom rozhodnutí o IT investícií akceptovateľné v profile rizika/návratnosti organizácie.

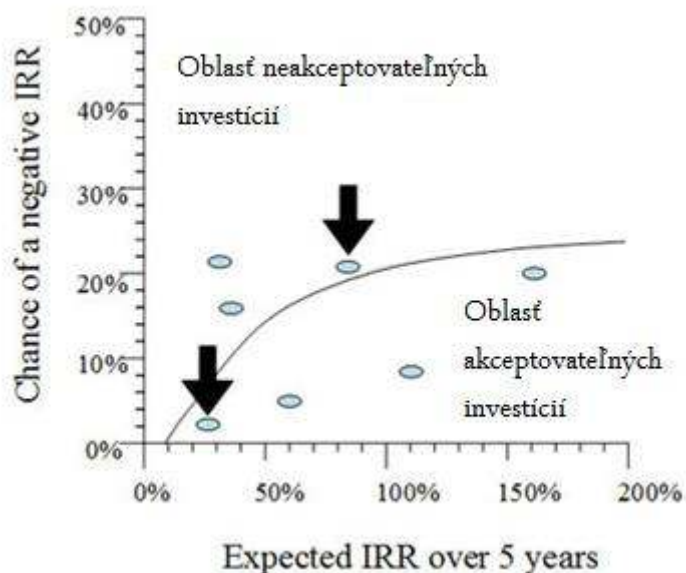
AIE využíva simuláciu Monte Carlo na vyvinutie grafu pravdepodobností pre každý možný čistý výnos. AIE ďalej stavia na metóde Monte Carlo pomocou využitia kalibrovaných odhadov a výpočtoch hodnoty informácie.

Cieľom tohto kroku je identifikovať, či je očakávaný výnos dostatočne veľký na to, aby sme uskutočnili investíciu s ohľadom na investičné kritériá organizácie. Nástroje, ktoré Hubbard v tomto kroku používa, sú: tabuľka programu Microsoft Excel a makro programu Excel generujúce simuláciu Monte Carlo. AIE porovnáva „očakávanú návratnosť investície“, teda pravdepodobnostný vážený priemer všetkých možných

návratností oproti pravdepodobnosti, že návratnosť bude negatívna. Nakoniec sú výsledky použité na rozhodnutie, či je investícia akceptovateľná pre investorov. To uskutočníme pomocou zakreslenia investície do grafu, ktorý zobrazuje aké veľké riziko je investor ochotný akceptovať za danú návratnosť.

Na grafe je zobrazené, aké veľké riziko je akceptovateľné v pomere k návratnosti pri špecifickej výške investície. Tu je príklad grafu kde je zobrazená IT investícia 2 až 3 milióny dolárov v porovnaní s investičnými hranicami klienta. V tomto prípade je riziko zobrazené ako šanca, že dostaneme negatívnu vnútornú mieru výnosnosti IRR danej investície (vypočítanú pomocou Monte Carlo simulácie). Cieľom investície je, aby spadala do časti pod investičnou hranicou, kde je riziko akceptovateľné pri danej návratnosti. Grafické znázornenie niekedy ukáže, že investícia s nízkou návratnosťou je preferovanejšia než investícia s vysokou návratnosťou, ak je riziko pri prvej investícii značne nižšie. Nasledovný graf ukazuje, že investícia s 27% IRR je preferovaná pred investíciou s 83% IRR.

OBRAZOK 2: POSÚDENIE RIZIKA A NÁVRATNOSTI VRÁMCI INVESTIČNÝCH OHRANIČENÍ ORGANIZÁCIE



Zdroj: AIE: Not just calculate, scientifically MEASURE IT [online][cit. 4.3.2010] Dostupné z

<http://www.iasahome.org/web/home/featurememberarticle>

2.3.5 Sumarizácia

TABUĽKA 1: SUMARIZÁCIA KROKOV AIE

Krok	Popis	Výsledok
Definovanie jednotky merania	Objasnenie problému definovaním pozorovateľných a merateľných javov	Výsledkom je rozhodovací model
Kalibrované odhady pravdepodobností	Určenie momentálneho stavu neistoty	Výsledkom je rozhodovací model s kalibrovanými odhadmi
Výpočet hodnôt informácie	Výpočet hodnoty dodatočných informácií pre každú premennú	Meranie preferovaných, ekonomicky vhodne vybraných premenných
IT investície ako investičné portfólio	Optimalizácia rozhodnutia založená na nových informáciách merania	Výsledkom sú odporúčania na zlepšenie rozhodovania a portfólia ktorého súčasťou je dané rozhodnutie

Zdroj: AIE: Not just calculate, scientifically MEASURE IT [online][cit. 4.3.2010] Dostupné z <http://www.iasahome.org/web/home/featurememberarticle>

2.3.6 Odporúčania

Posledný krok zahŕňa zosumarizovanie výsledkov analýzy AIE a poskytnutie odporúčaní na podporu rozhodovacieho procesu. Odporúčania sú založené na výsledkoch získaných v predošlom kroku. Špeciálna pozornosť je venovaná najmä "reziduálnym VIA", teda neistotám s vplyvným dopadom ktoré nemožno znížiť pred navrhnutím investičného rozhodnutia. Táto informácia hovorí, ako zmierniť risk, ak už bola investícia schválená a ukazuje potenciálne metódy pre zvýšenie výnosov.

2.4 Nedostatky metódy

- Tak ako aj pri tradičnej analýze nákladov a výnosov, táto analýza nemôže zaručiť, že budú zahrnuté všetky dôležité faktory (pokiaľ by si na ne nikto nespomenul).
- Pokiaľ nie sú manažéri plne trénovaní na túto metódu, môže sa stať, že jej komplexita bude limitovaná, tým, že manažéri sú zvyknutí na tradičnú analýzu nákladov a výnosov.
- Niektoré obmedzenia vyplývajú zo samotnej simulácie Monte Carlo. Napríklad, ak sú nejaké premenné kovariantné, simulácia bude generovať nesprávne/nereálne výsledky.
- Kalibrácia odstraňuje niektoré systematické ľudské skreslenia spôsobené neobjektívnosťou, no nie všetky. Značným zlepšením na Monte Carlo modeloch je to, že nemajú žiadnu kalibráciu pri počiatočných odhadoch, no nie je garantované, že sa neobjavia ďalšie skreslenia pri odhadoch expertov.

3. Využitie metódy AIE na analýzu investície firmy EPA do výmeny počítačov

Táto časť diplomovej práce pojednáva o využití metódy AIE na zistenie návratnosti investície do výmeny počítačov v americkej firme EPA (The Environmental Protection Agency). Firma EPA zvažovala investovanie do častejšej výmeny počítačov vo firme. Miesto doterajšieho päťročného cyklu výmeny počítačov uvažovala firma nad alternatívami trojročného cyklu, štvorročného cyklu a štvorročnej výmeny s tzv. „catch-up“. Firma EPA poverila D. Hubbarda vypracovaním štúdie na uľahčenie rozhodnutia ohľadom investície.

Kapitola začína teoretickou časťou, v ktorej sú popísané predpoklady, potom nasleduje časť rozoberajúca merania a výpočty a končí podkapitolou opisujúcou výsledky a závery D. Hubbarda. Hubbardova štúdia zisťuje, či sa oplatí investovať do zmeny stratégie výmeny počítačov pomocou určenia návratnosti a riskantnosti investície. Táto časť diplomovej práce sa opiera o informácie zo samotnej štúdie, ktorá je dostupná na internetovej stránke

http://www.federalelectronicschallenge.net/resources/docs/aie_desktop.pdf.

3.1 Stratégia výmeny počítačov v agentúre EPA

Analýza počítá riziko/výnos analýzy navrhutej stratégie výmeny počítačov v Agentúre na ochranu životného prostredia (EPA). Navrhnutá investícia má zrýchliť harmonogram výmeny počítačov z pôvodného programu každých päť alebo viac rokov na každé tri alebo štyri. Treťou alternatívou bola výmena počítačov každé štyri roky s tým, že na začiatku by sa nahradili všetky počítače staršie než štyri roky (catch-up). Štúdia sledovala predpokladaný vývoj alternatív za roky 2004 až 2010.

Štandardný výmenný cyklus počítačov by firme umožnil mať aktuálne technológie a nemať hardwarové obmedzenia pri implementácií nových technológií. Produktivita by bola vylepšená rýchlejším pamäťovým médiom a časom spracovania počítača. Výhoda trojročného cyklu by bola taktiež v zahrnutej záruke zariadenia. Sedemročné náklady implementovania stratégie výmeny po štyroch rokoch vrátane „catch-upu“ v prvom roku na elimináciu všetkých zariadení starších ako štyri roky odhadol Hubbard vo výške 18 736 000 dolárov. V každej so zrýchlených stratégií výmeny počítačov existuje neistota ohľadom rozsahu zlepšenia produktivity a aké množstvo operačných systémov bude naozaj eliminovaných.

Očakávaná Net Present Value- čistá súčasná hodnota odporúčanej stratégie zmeny je 12,8 milióna dolárov počas siedmich rokov. Keďže projekt AIE analýzy stál menej ako 100.000 dolárov vrátane času spolupracujúcich pracovníkov EPA, potom zisk je minimálne 128:1. Táto hodnota tiež nezahŕňa potenciálne zisky zo zlepšenia meraní a stratégií zmiernenia rizika v dôsledku AIE analýzy.

3.1.1 Navrhované alternatívy na investície EPA a rozhodovací model

Navrhované stratégie výmeny počítačov boli nasledovné:

- 3-ročný výmenný plán (teda každý rok vymeniť tretinu počítačov)
- 4-ročný výmenný plán (každý rok vymeniť štvrtinu počítačov)
- 4-ročný výmenný plán „po dobehnutí“ („catch-up“- výmena všetkých počítačov starších ako štyri roky na začiatku, potom pokračovať štvorročným výmenným plánom).

Na tieto tri stratégie bola vo výpočtovej časti použitá Monte Carlo simulácia generujúca pre každú alternatívu 10 000 možných scenárov a zároveň možné rozloženie NPV (čistej súčasnej hodnoty) a ROI (návratnosti investícií).

Štruktúra rozhodovacieho modelu bola rozdelená na niekoľko logických podúrovní:

1. Podnikateľské prostredie – táto časť modelu určuje položky spojené s prostredím a podnikateľskými procesmi ako napríklad počet užívateľov, počet a zloženie počítačov a ich veku. V tejto sekcii sú tiež uvedené strata produktivity v dôsledku zastarania počítačov, náklady na údržbu počítačov mimo záručnej lehoty, náklady na podporu viacerých operačných systémov, ako aj nutné aktualizácie počítačov a náklady s tým spojené.

2. Alternatívy investovania- model sa ďalej člení podľa troch vybraných stratégií výmeny (3, 4 ročný výmenný plán a plán s „catch-up)“. Každá alternatívna stratégia sa ďalej člení na nasledovné sekcie:

- Implementácia – počet kúpených počítačov, výsledné veku počítačov a operačných systémov.
- Náklady- zvýšené náklady na výmenu počítačov nad status quo.
- Výnosy- zvýšená produktivita, úspory z redukcie OS a zo zníženej potreby údržby počítačov.

3.1.2 Ďalšie informácie ohľadom modelu pre EPA

- **CPA (Kalibrované pravdepodobnostné odhady)**

Tak ako sa očakávalo, väčšinu dát tvorili odhady kalibrovaných odhadcov. Ďalším zdrojom dát boli štandardné ceny počítačov firmy Dell. 47 premenných pochádzalo z kalibrovaných odhadov a externou premennou bola cena lízingu počítačov Dell.

- **VIA (Očakávaná hodnota dokonalej informácie)**

Pri analýze VIA platilo pravidlo, že maximálna hodnota vydaná na dodatočné merania každej premennej sa mala pohybovať od 2 do 20%. Výsledok prvej VIA analýzy ukázal, že by bolo vhodné urobiť dodatočné merania pri nasledovných premenných:

TABUĽKA 2: SUMÁR VÝSLEDKOV VIA

Názov premennej	EVPI	Odhad dĺžky merania	Prístup k meraniu
Pravdepodobnosť eliminovania jedného OS v 3 ročnom cykle	\$509,734	2 týždne (celý zostávajúci čas projektu)	bol vykonaný výskum 3600 počítačov na lepší odhad veku a OS počítačov
Pravdepodobnosť eliminovania jedného OS v 4 ročnom cykle	\$1,918,088	2 týždne (celý zostávajúci čas projektu)	bol vykonaný výskum 3600 počítačov na lepší odhad veku a OS počítačov
Percento straty na produktivite v dôsledku zastarania počítačov (starších než 4 r.)	\$115,951	2 týždne (celý zostávajúci čas projektu)	kontrolovaný experiment meral bootovací čas pre 9 počítačov rôznych vekov a OS v ten istej sieti
Ostatné premenné	pod \$1000	bez odhadu	

Zdroj: AIE analysis of the Desktop Replacement Policy for EPA [online][cit. 9.12.2010] Dostupné z <
http://www.federalelectronicchallenge.net/resources/docs/aie_desktop.pdf>

Merania sa teda zamerali na tri premenné: pravdepodobnosť eliminovania jedného operačného systému v trojročnom cykle, štvorročnom cykle a percento straty produktivity v dôsledku zastarania počítačov. Eliminovanie jedného operačného systému by pre firmu znamenalo veľkú úsporu nákladov.

- **Prieskum počítačov na zistenie pravdepodobnosti eliminovania OS**

Na lepšie zistenie a identifikovanie veku počítačov, najmä tých, ktoré sú staršie než štyri roky a trojročných počítačov spravila firma CSC (Computer Sciences Corporation) prieskum 3600 počítačov z rôznych divízií EPA. Tento prieskum vykonali počas dvoch týždňov pracovníci CSCa, ktorí poskytovali technickú podporu jednotlivých divízií firmy EPA. Prieskum ukázal, že vek počítačov vo firme bol iný než vek pôvodne odhadnutý kalibrovanými odhadcami, čo viedlo k dodatočnej úprave modelu. Informácie o veku a operačných systémov zistené o veľkom percente počítačov vo firme viedli tiež k poznatku, že implementácia troj alebo štvor ročnej výmennej stratégie bude veľmi pravdepodobne viesť k eliminovaniu jedného operačného systému. Kalibrovaný odhadca odhadol túto pravdepodobnosť pri trojročnej stratégií výmeny na 70 až 100 percent, pri štvorročnej výmennej stratégií na 50 až 100 percent.

- **Experiment na zistenie výkonnosti počítačov**

Tento experiment bol navrhnutý na zistenie straty produktivity dôsledkom zastarania počítačov od straty spôsobenej firemnou sieťou a podmienkami. Pre tento experiment vybrali pracovníci CSC 9 počítačov od toho istého výrobcu, ten istý model (rôzneho veku s rôznymi operačnými systémami), v tej istej časti podniku a bežiace na rovnakej 10MHz sieti. Všetky počítače mali nainštalované približne rovnaké aplikácie. Každému počítaču bol následne odmeraný čas naštartovania. Výsledky sú v nasledovnej tabuľke:

TABUĽKA 3: "BOOT TIME" RÔZNYCH DRUHOV POČÍTAČOV FIRMY EPA

Dell Model	Mhz	Operačný systém	Boot Time (Sec)
GXa	233	Windows 95	240
GXi	166	Windows 95	250
GX1	350	Windows 95	220
GX1	450	Windows 98	120
GX110	733	Windows 98	110
GX150	866	Windows 2000	75
GX240	1.7Ghz	Windows XP	32
GX240	1.7Ghz	Windows 2000	70
GX260	2.2Ghz	Windows 2000	50

Zdroj: AIE analysis of the Desktop Replacement Policy for EPA [online][cit. 18.12.2010] Dostupné z <
http://www.federalelectronicschallenge.net/resources/docs/aie_desktop.pdf>

Dokonca aj z malej vzorky sa podarilo signifikantne redukovať neistotu. Výsledky meraní časov výkonnosti počítačov pre rovnaké operačné systémy boli veľmi konzistentné. Porovnaním počítačov s Windows 95 a novších modelov sa zmenil rozsah premennej "Percento straty produktivity dôsledkom zastarania počítača (>4 roky) " z 15-70 percent na 45-67%.

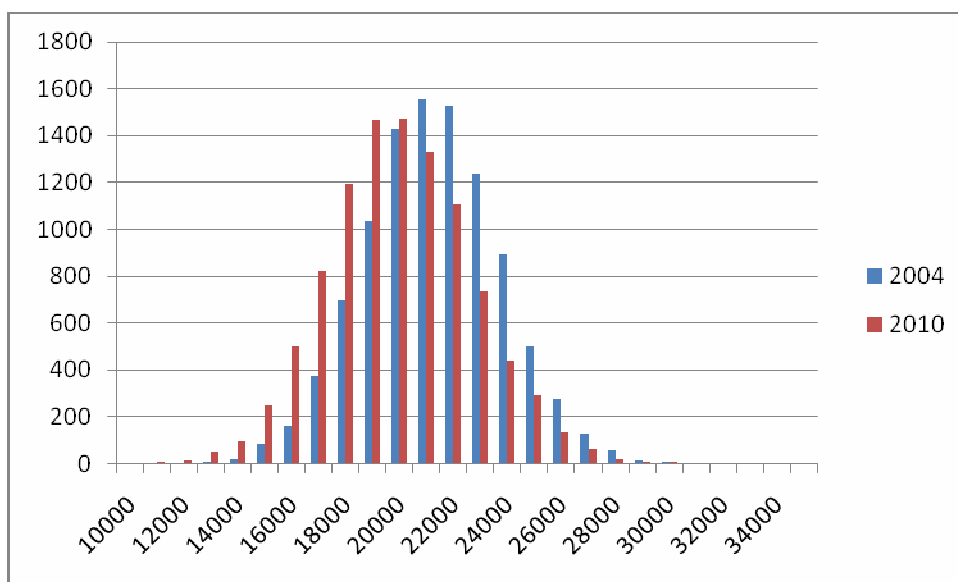
3.2 Výpočtová časť

Začiatkom výpočtovej časti sa Hubbard zaoberal počítačmi vo firme- Hubbard odhadoval ich počet, vek, koľko počítačov každoročne odíde z firmy v dôsledku odchodu zamestnancov, počtom každoročne zakúpených nových počítačov.

- Populácia počítačov

Základným kameňom celej štúdie bol odhad populácie počítačov vo firme EPA. Túto premennú určili kalibrovaní odhadcovia v intervale od 18.000 do 26.000. Priemernú ročnú zmenu tohto počtu určili v rozpätí od -5% po +3%. Po prebehnutí simulácie Monte Carlo s počtom scenárov 10.000 vyzeral odhad počtu počítačov vo firme nasledovne (na x-ovej osi je počet počítačov, na y-ovej osi počet scenárov):

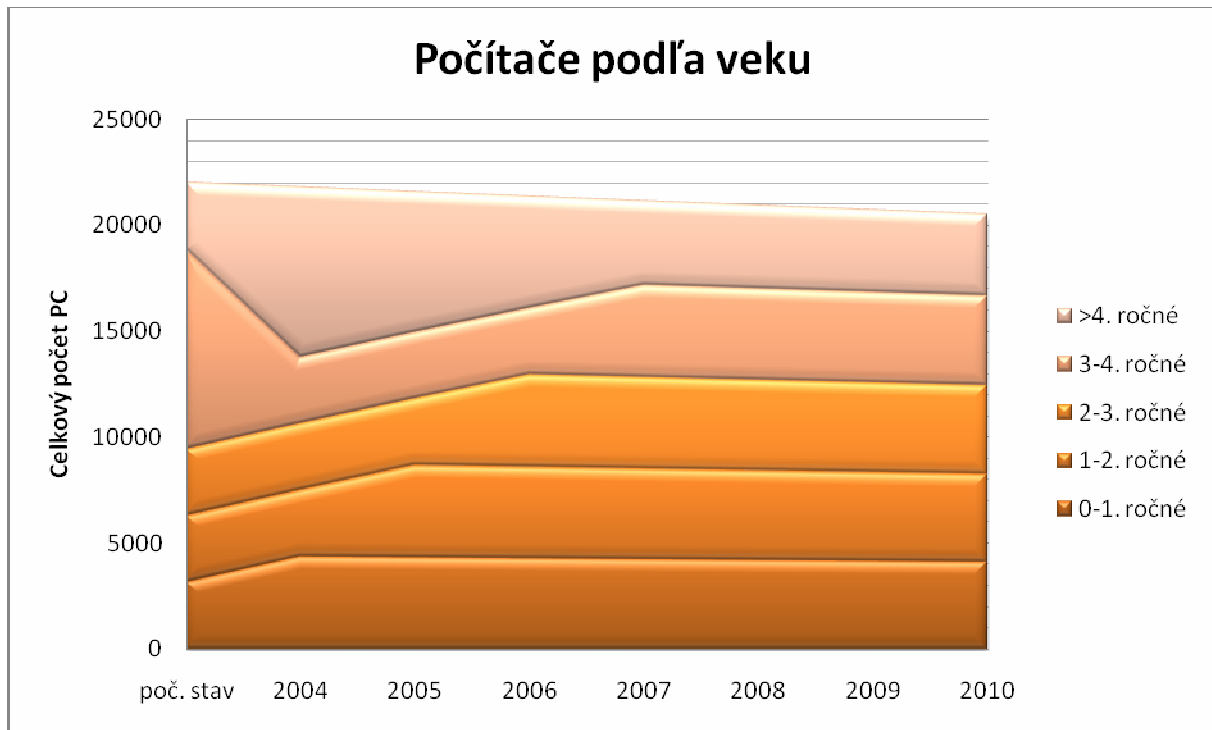
GRAF 3: PRAVDEPODOBNOTNÉ ROZLOŽENIE POČTU POČÍTAČOV VO FIRME EPA



Priemerný počet počítačov na začiatku sledovaného obdobia bol 21782 a postupne klesal.

Pre tento počet počítačov odhadli kalibrovaní odhadcovia priemerný vek počítačov. Pri nezmenenej stratégii výmeny počítačov by stav počítačov vyzeral nasledovne:

Graf 4: ROZLOŽENIE VEKU POČÍTAČOV VO FIRME



Produktivita užívateľov a záručná doba

Ďalším faktorom, na ktorý sa Hubbard pozeral bola produktivita užívateľov v závislosti od rýchlosti počítača. Vypočítal stratu na produktivite v dôsledku zastarania počítača ako aj náklady na stratu produktivity na užívateľa na počítač. Strata produktivity na užívateľa za jeden rok bola odhadnutá pomocou odhadu priemernej dĺžky poruchy systému, miery realizácie produktivity vo firme EPA, priemerného hodinového platu ako aj z strát na produktivite v dôsledku zastarania počítačov. Všetky tieto premenné mali rovnomerné rozdelenie.

Náklady na počítače

Markantnú časť nákladov na počítače tvorí každoročný nákup nových počítačov. Odhadnutá cena počítača s ktorou sa počítalo bola od 1000 do 1600 dolárov. Dôležité je uviesť, že Hubbard nepočítal celkové náklady na nákup všetkých počítačov pre firmu, počítal iba zvýšené náklady ktoré by vznikli zrýchlením výmenného cyklu oproti pôvodnému päťročnému výmennému cyklu. Teda keď počítal v jednotlivých stratégiách výmeny náklady na nákup nových počítačov, počítal ich ako cena počítačov resp. prenajatie počítačov krát počítače nakúpené nad pôvodný plán (status quo).

Ďalším faktorom, ktorý sa premietne na nákladoch je upgrade počítačov. Kalibrovaní odhadcovia odhadli výskyt udalostí vyžadujúcich upgrade troj a štvorročných počítačov, z čoho boli následne odvodené náklady na upgrade počítačov.

Tretím faktorom spôsobujúcim náklady bola údržba počítačov. Pomocou odhadu nákladov na súčiastky, prácu technikov a pravdepodobnosti zlyhania počítača mimo záručnej lehoty boli odhadnuté ročné náklady na údržbu a servis počítačov.

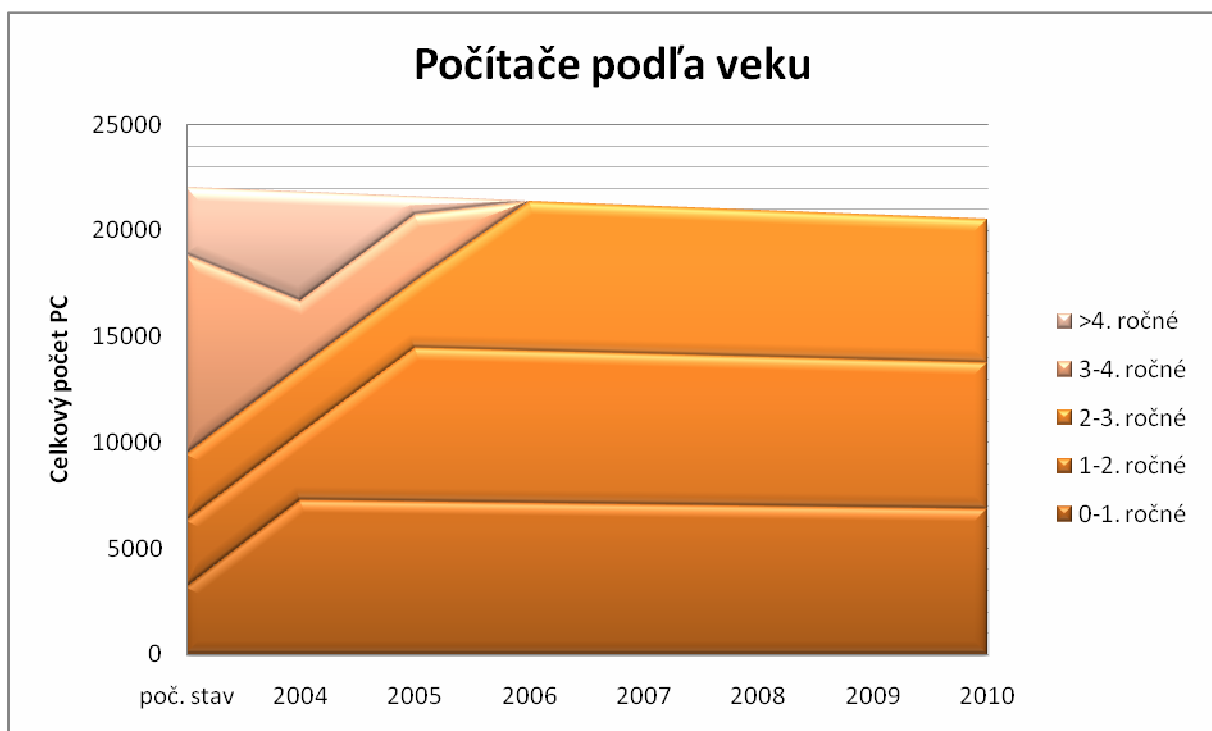
Posledným faktorom nákladov na správu počítačov bola podpora viacerých súčasných operačných systémov.

Pomocou týchto premenných Hubbard vypočítal celkové náklady na prevádzku počítačov pre roky 2004 až 2010. Nasledujúca časť štúdie sa delí na tri samostatné celky- v závislosti od alternatívy stratégie výmeny počítačov a to na 3-ročnú, 4-ročnú výmenu počítačov a 4-ročnú stratégiu výmeny počítačov s "catch-up".

3. ročný cyklus výmeny počítačov

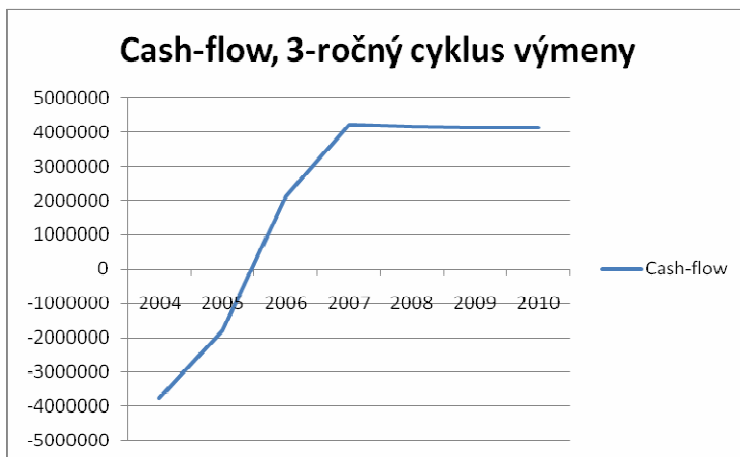
Najprv Hubbard odhadol počet a vek počítačov, ak by firma aplikovala túto stratégiu.

Graf 5: ROZLOŽENIE VEKU POČÍTAČOV PRI IMPLEMENTÁCIÍ TROJROČNÉHO CYKLU VÝMENY



Následne vypočítal úžitok plynúci zo zníženia plytvania časom v dôsledku nahradenia starých počítačov (vd'aka rýchlejšiemu času spracovania a eliminovania čakacej doby potrebnej na opravu počítača v prípade poruchy), vyhnutiu sa potrebe upgradu počítačov počas roka ako aj úspory na nákladoch na údržbu počítačov. Po odhade nákladov vypočítal cash-flow.

Graf 6: OČAKÁVANÝ CASH-FLOW PRI 3.ROČNOM CYKLE VÝMENY

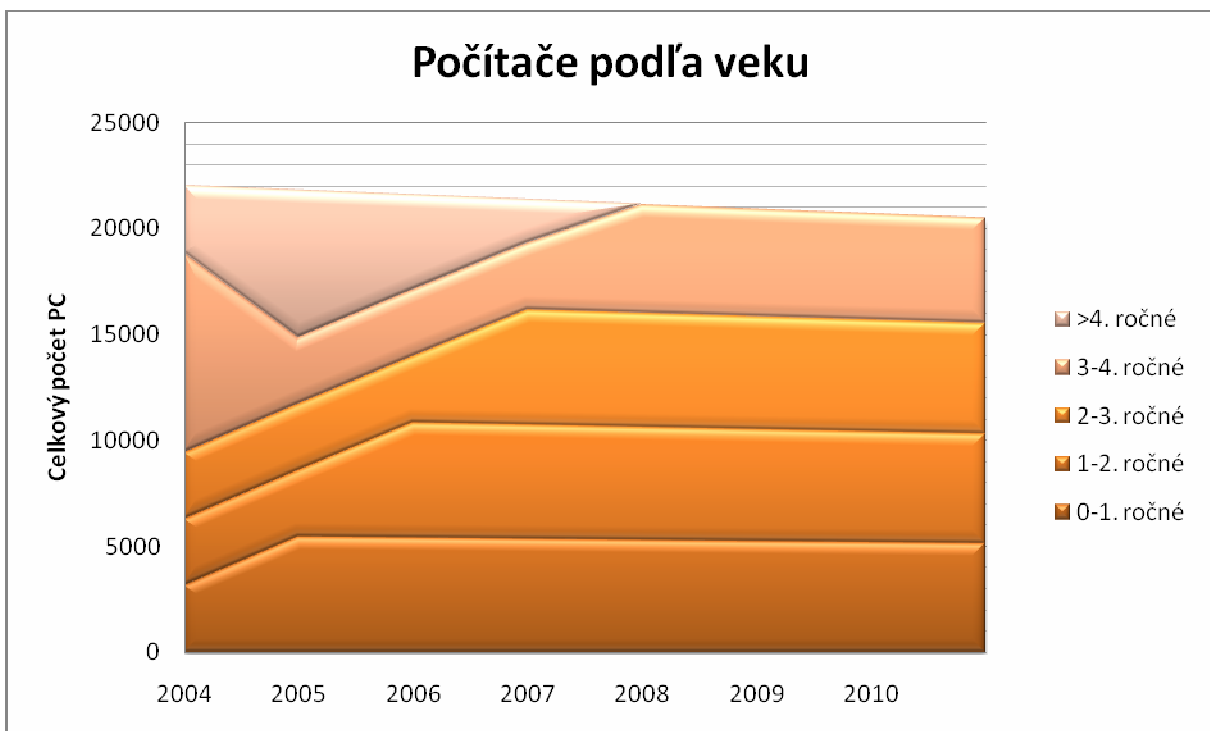


4. ročný cyklus výmeny počítačov

Pri štvorročnom cykle výmeny postupoval Hubbard obdobne ako pri trojročnom cykle.

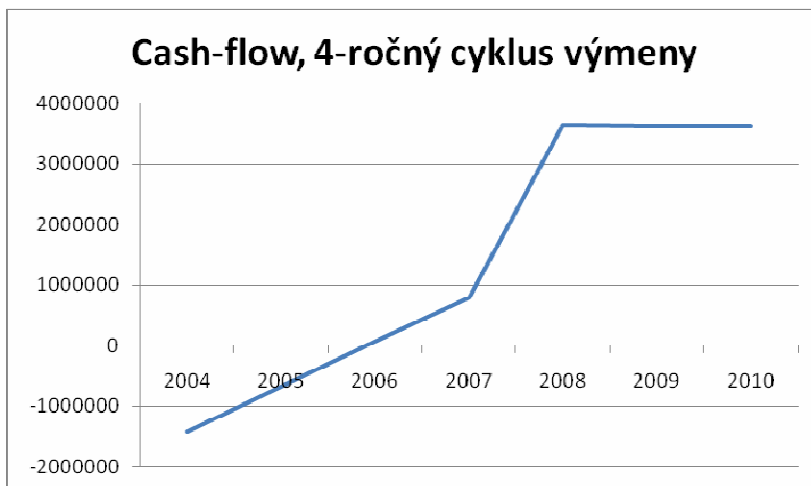
Odhad veku počítačov vyzeral nasledovne:

Graf 7: ROZLOŽENIE VEKU POČÍTAČOV PRI IMPLEMENTÁCIÍ ŠTVORROČNÉHO CYKLU VÝMENY



Ďalší graf zobrazuje očakávaný cash-flow:

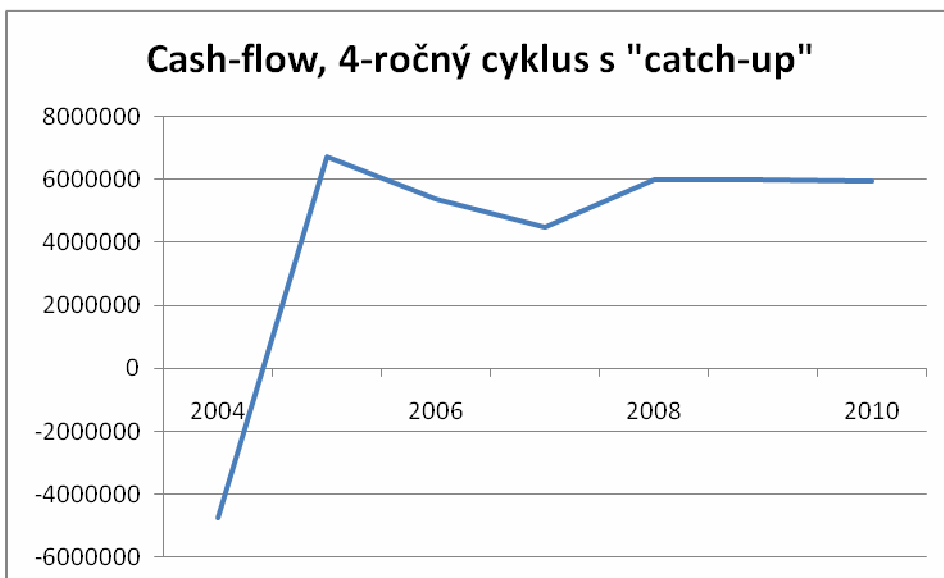
Graf 8: OČAKÁVANÝ CASH-FLOW PRE 4.ROČNÝ CYKLUS



4. ročný cyklus výmeny počítačov s „catch-up“.

Stratégia s „catch-up“ je podobná ako stratégia obyčajného štvorročného cyklu výmeny, avšak táto stratégia navrhuje zbaviť sa hneď v prvom roku všetkých počítačov starších než štyri roky a potom postupovať ako pri obyčajnom štvorročnom cykle výmeny. V tejto stratégii autor neuvažuje s kúpou nových počítačov, namiesto toho ich plánuje prenajímať.

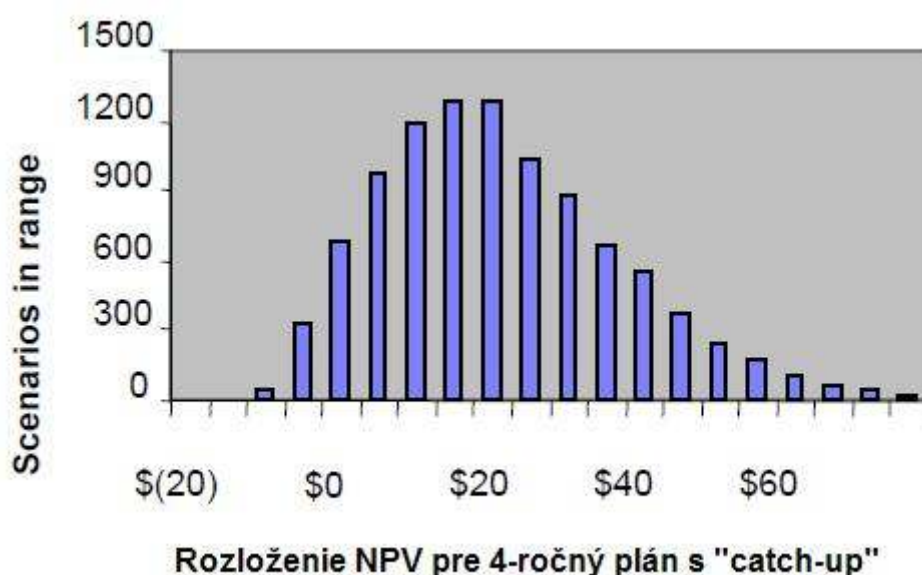
Odhad cash-flow pre túto alternatívu vyzerá nasledovne:



3.3 Závěry a výsledky analýzy D. Hubbarda

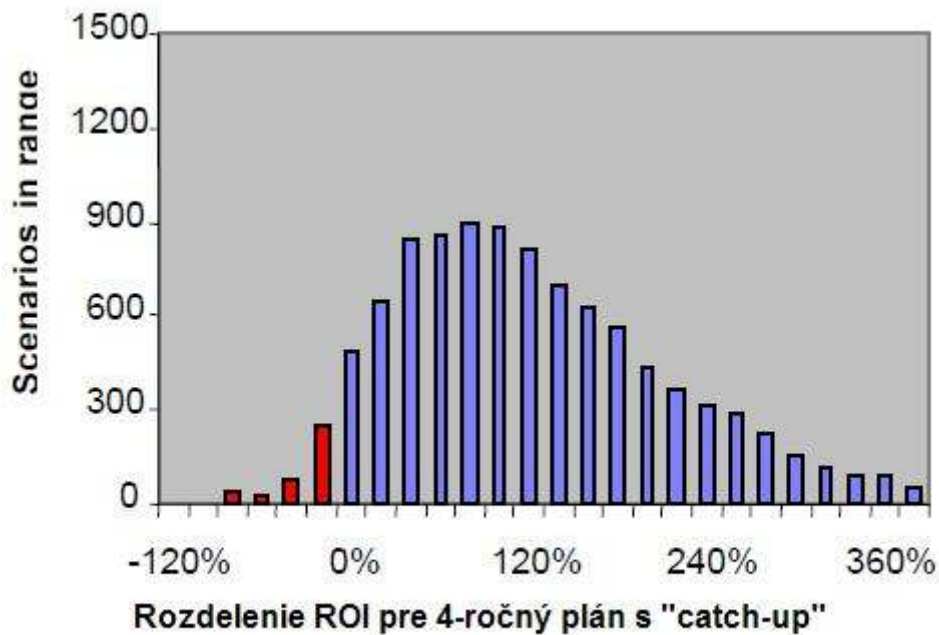
Pomocou Monte Carlo prebehlo 10000 simulácií pre každú z troch alternatív investovania, ktoré generovali možné rozloženie čistej súčasnej hodnoty a návratnosti investície. Zavedenie štvorročnej stratégie s „catch –up “ sa ukázalo ako najslubnejšie, s očakávaným NPV 18.9 miliónov dolárov. Táto NPV je dôsledok veľkej úspory z nákladov na udržiavanie operačného systému a zvýšenej užívateľskej produktivity v dôsledku redukcie času, ktorý by normálne užívateľ musel stráviť čakaním na štart počítača a kým počítač vykoná náročnejšie procesy. V nasledovnej tabuľke je uvedené rozloženie NPV pre 4-ročnú stratégiu s „catch –up “. Výška každého stĺpca zobrazuje relatívnu pravdepodobnosť rôznych hodnôt NPV- počet scenárov generujúcich rovnakú hodnotu NPV. Horizontálna os zobrazuje možné rozpätie generovaných hodnôt.

GRAF 9: ROZLOŽENIE NPV PRE 4-ROČNÝ PLÁN S "CATCH-UP"



Ďalší graf zobrazuje rozloženie návratnosti investícií pre 4-ročný plán výmeny počítačov s „catch-up“. Priemerné IRR všetkých scenárov je 116%. Vyšla však tiež 9% šanca, že pri zavedení tejto stratégie bude IRR záporné. Väčšina risku plynie z možnosti, že nebudú upgradnuté všetky počítače, a teda sa neeliminuje jeden operačný systém.

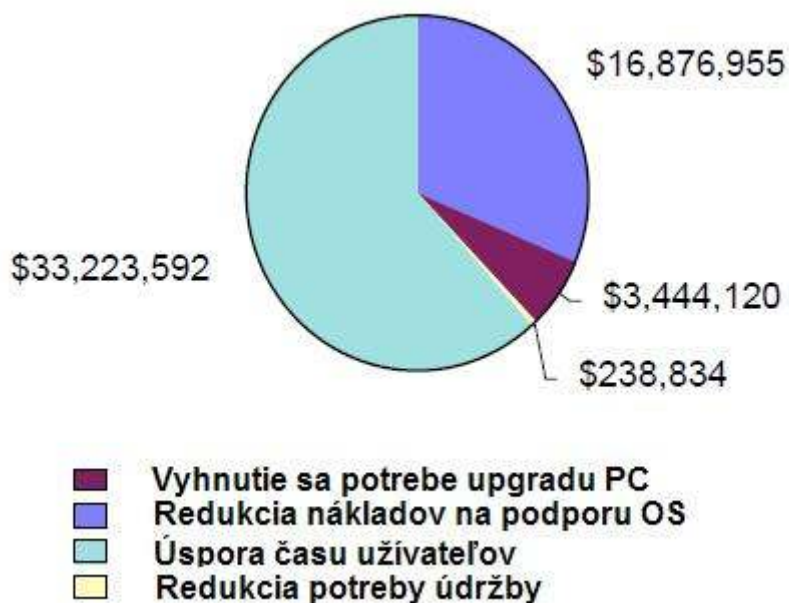
GRAF 10: ROZLOŽENIE ROI PRE 4-ROČNÝ PLÁN S "CATCH-UP"



- **Rozdelenie výnosov:**

Zdroje 53,8 miliónov dolárov NPV počas siedmich rokov stratégie 4 ročnej výmeny s „catch-up“ je zobrazená v nasledovnom grafe:

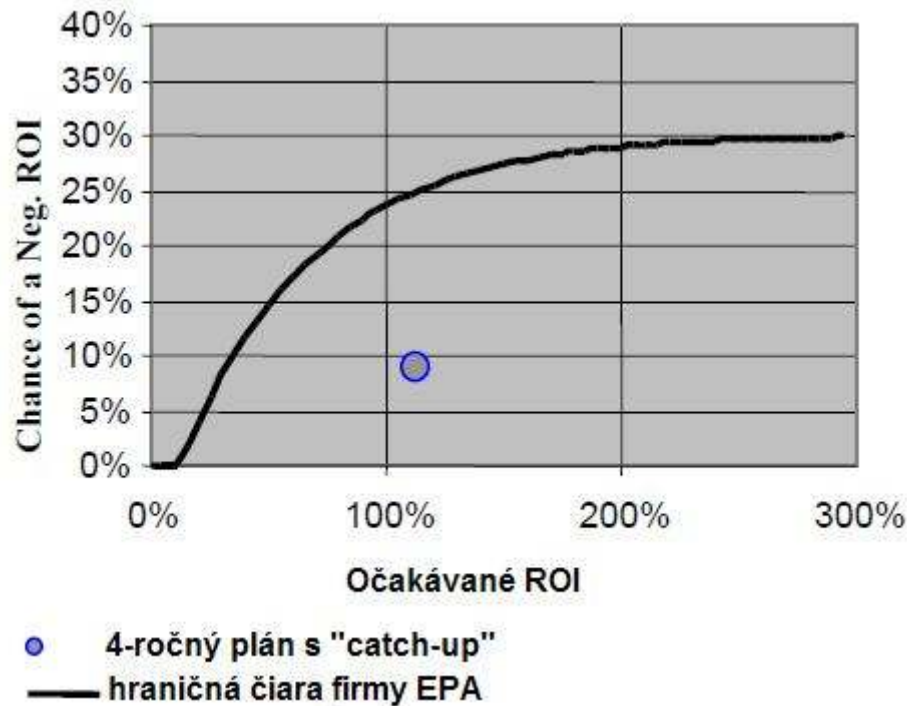
GRAF 11: ROZLOŽENIE VÝNOSOV PRE 4-ROČNÝ PLÁN S "CATCH-UP"



- **Pozícia investície (z hľadiska risku a návratnosti) v rámci investičného hodnotenia firmy EPA**

Informácie o rozdelení IRR boli ďalej použité na zakreslenie pozície investície do grafu risku a návratnosti. V tomto grafe zobrazuje krivka hranicu požadovaných výnosov v závislosti od veľkosti risku, ktorý je firma EPA ochotná akceptovať.

GRAF 12: POLOHA INVESTÍCIE VRÁMCI INVESTIČNÝCH OHRANIČENÍ FIRMY EPA



Na základe výsledkov štúdie navrhol Hubbard niekoľko odporúčaní.

- **Odporúčania**

1. Implementovať štvorročný výmenný plán po „dobehtutí“.
2. Aktualizovať niektoré zostávajúce prístroje na minimalizovanie počtu operačných systémov.
3. Znova posúdiť investičný model v nasledujúcom roku na zobrazenie hlavných environmentálnych zmien vrátane otázky či budúročná výmena má byť prenajatá alebo zaplatená.
4. Implementovať výkonnú metriku na zlepšenie produktivity ako bolo ukázané v tejto štúdií.

4. Analýza citlivosti modelu

V tejto kapitole popisujem vlastné merania, ktoré som uskutočnila pomocou modelu v C++, vytvoreného podľa modelu D. Hubbarda v MS Excel. Zamerala som sa pritom len na poslednú alternatívu 4-ročného výmenného cyklu s „catch-up“.

Vyskúšala som simulovanie tohto výmenného cyklu s rôznymi počtami Monte Carlo scenárov, taktiež som postupne skúšala simulovať rôzny počet premenných modelu a sledovala dopad na výsledné grafy IRR a NPV.

Prvou alternatívou bolo simulovanie všetkých premenných modelu pomocou simulácie Monte Carlo, ďalšia alternatíva zahŕňala len simulovanie premenných s normálnym rozdelením, v tretej alternatíve som simulovala len premennú populáciu počítačov, štvrtá alternatíva nesimulovala, len určovala stredné hodnoty odhadov. Jednou alternatívou bolo tiež simulovanie len premenných s rovnomerným rozdelením. Simulovala som aj pre rôzny počet scenárov- 1000, 10000 a 20000. Tieto alternatívy som si zvolila, pretože ma zaujímalo, ako budú zmeny parametrov meniť výsledné grafy, na druhej strane som nemohla simulovať všetky premenné jednotlivo, pretože ich jednoducho bolo priveľa. Premenné, ktoré som nesimulovala som ponechala vo forme najlepších odhadov- teda stredných hodnôt odhadov.

Hodnota, ktorú Hubbard označoval ako ROI – návratnosť investícií vyjadroval cez IRR, teda vnútornú mieru návratnosti investície.

Na všetkých grafoch je na ypsilonovej osi uvedený počet scenárov na x-ovej osi výsledné hodnoty jednotlivých scenárov.

4.1 Model bez simulácie premenných

Začala som tým, že som zostavila model, ktorý nesimuloval, počítal len s najlepšimi odhadmi teda strednými hodnotami premenných. Tento model slúžil na porovnanie čiastkových výsledkov, či súhlasia s Hubbardovým modelom.

Výsledky sa takmer zhodovali, s drobnými rozdielmi, ktoré boli spôsobené tým, že Hubbard zaokrúhľoval na celé čísla.

Jediný rozdiel bol v cash-flowe za rok 2007. Tento rozdiel vyplýva z výpočtu nákladov na dodatočný nákup počítačov oproti statusu quo (štandardný päť ročný cyklus). V každom roku počítal tieto náklady ako počet počítačov nad status quo krát cena prenajatia počítačov, len v roku 2007 použil miesto počtu nad status quo celkový počet nakúpených počítačov za rok 2007. Týmto krokom mu stúpili náklady v roku 2007 o niekoľko desiatok tisíc dolárov (1,664,568 \$).²²

Keďže bolo v štúdií spomenuté, že výsledky výpočtov jednotlivých variánt nemajú zahŕňať, resp. nezahŕňajú náklady na nákup počítačov z klasického päť-ročného cyklu, porovnávajú len náklady a výnosy vzniknuté zahustením nákupu počítačov, predpokladám že Hubbard uviedol toto číslo omylom.

Bohužiaľ Hubbard neuviedol vo svojej štúdií hodnoty NPV a IRR pre stredné hodnoty a tak som ich nemohla porovnať. Moje výsledné hodnoty:

Priemerná čistá súčasná hodnota: 23 564 753,32 \$.

Priemerná vnútorná miera návratnosti: 127%.

4.2 Model so simuláciou všetkých premenných

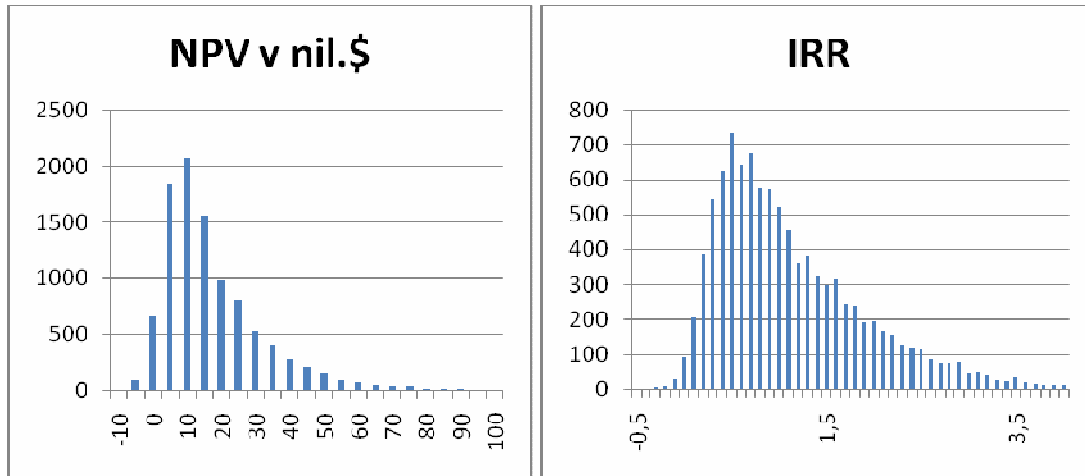
Najprv som vyskúšala simulovať všetky premenné. Tieto premenné mali rôzne rozdelenia a to:

- Normálne - premenné generovala funkcia `gsl_ran_gaussian(r, sigma)`. Táto funkcia vráti náhodnú hodnotu z normálneho rozdelenia so strednou hodnotou nula a štandardnou odchýlkou $\sigma=1$.
- Rovnomerné - premenné rovnomerného rozdelenia od a po b generovala funkcia `gsl_ran_flat (r, a, b)`.
- Binomické - funkcia `gsl_ran_binomial (r, p, počet pokusov)` vracala počet úspešných pokusov z n nezávislých pokusov s pravdepodobnosťou p .

²² Strana 34, riadok 571 Hubbardovej štúdie pre firmu EPA.

Výsledné NPV aj IRR sa líšili každým novým spustením simulácie. Hodnoty NPV sa pohybovali medzi 20 až 25 miliónov dolárov, IRR sa pohybovalo okolo 120 percent.

GRAF 13: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ VŠETKÝCH PREMENNÝCH



Čistá súčasná hodnota: 20181580\$.

Miera vnútornej návratnosti: 118%.

Šanca negatívneho ROI: 1.04%.

ROI aj NPV mi vyšli mierne väčšie ako vyšli v pôvodnej štúdií, keďže som počítala s inými nákladmi za rok 2007 ako Hubbard (ako som už spomínala vyššie). Vyšla mi tiež nižšia šanca na negatívne ROI (1% oproti 9%) čo bolo spôsobené jednak inými nákladmi za rok 2007 ale mohlo byť spôsobené aj iným výpočtom percentuálneho zníženia nákladov na údržbu jedného operačného systému. Tá bola totiž počítaná pomocou odhadu pravdepodobnosti eliminovania počtu operačných systémov. Pri tejto položke bolo uvedené, že rozpätie tejto premennej bolo pôvodne od 3 do 5 a po neskoršej diskusií upravené na 2 až 4. V štúdií je však uvedený najlepší odhad 2.5, spodná hranica odhadu 2 a horná hranica odhadu 3. Nevieť teda zistiť, ako presne danú premennú Hubbard počítal. V sumári Hubbardovej štúdie bolo uvedené, že 9 percentná šanca negatívneho ROI je spôsobená najmä rizikom, že nebudú eliminované všetky staré operačné systémy. ²³

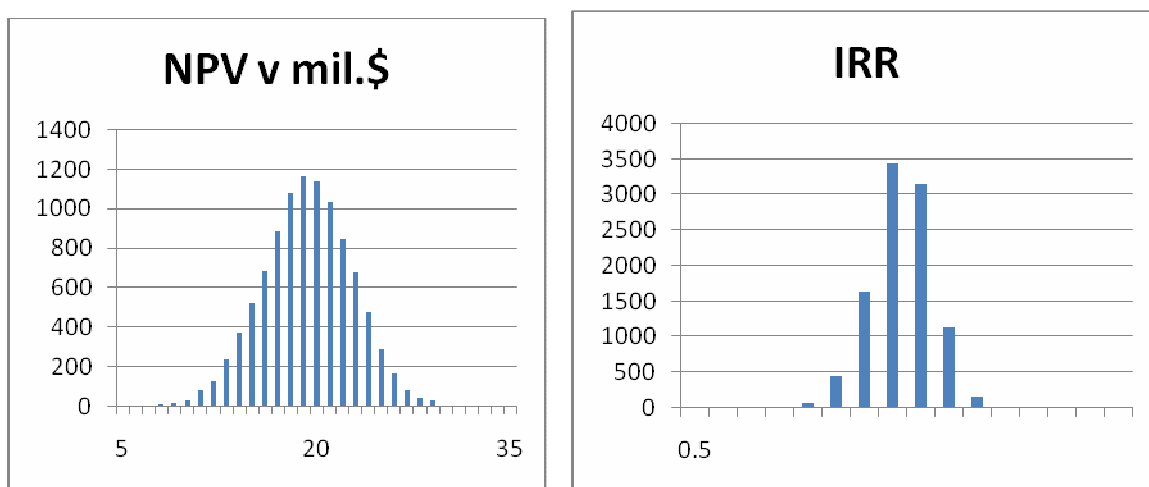
²³ Strana 33, riadok 529 Hubbardovej štúdie pre firmu EPA

4.3 Simulácia premennej populácia počítačov

Premenná populácia počítačov je jediná premenná, ktorú som sa rozhodla že budem simulovať zvlášť. Je to preto, že ako jediná zasahuje do celého modelu, objavuje sa vo výpočtoch od samotného začiatku až po koniec štúdie.

Premenná počítače bola z normálneho rozdelenia, a keďže som simulovala len túto premennú, NPV a IRR boli tiež z normálneho rozdelenia. Grafy vyzerali nasledovne:

GRAF 14: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ PREMENNEJ POPULÁCIA POČÍTAČOV



Stredná hodnota NPV sa pohybuje v okolí 20 miliónov, IRR približne 1.3, oba grafy pekne zobrazujú normálne rozdelenie premennej. Možné scenáre NPV a IRR sa oproti iným alternatívam nachádzajú v pomerne úzkom intervale hodnôt. Chvosty grafov sú krátke, hodnoty sú nahustené okolo strednej hodnoty. Hodnoty sú posunuté ďaleko od nuly, čo je aj logické, keďže premenná populácia neovplyvňuje riziko investície, takže pri tejto alternatíve nevyšli žiadne záporné scenáre.

Namerané hodnoty:

Priemerné NPV: 19 778 365\$.

Priemerné IRR: 128%.

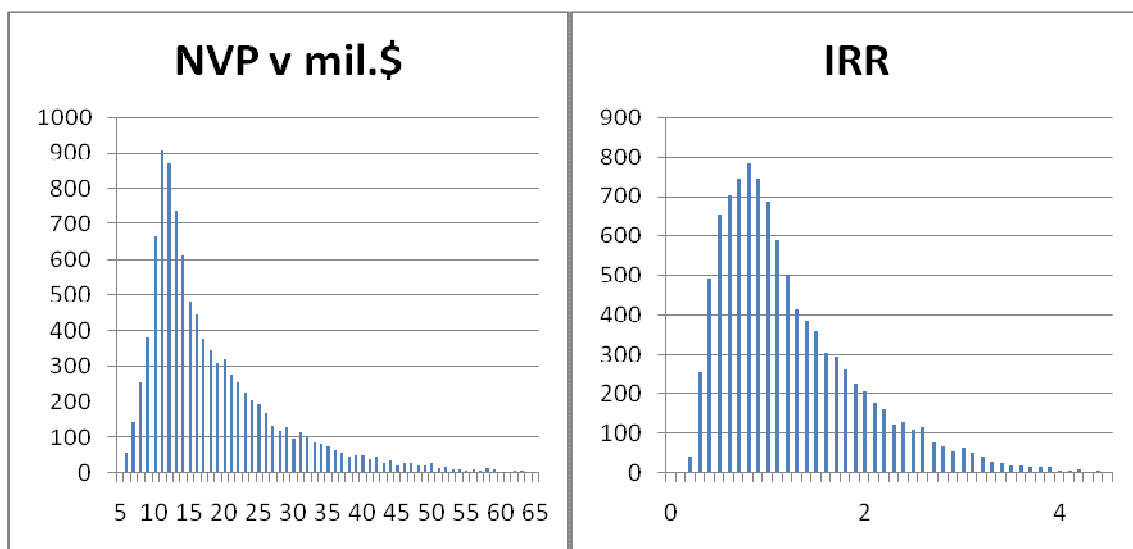
4.4 Simulácia premenných s rovnomerným rozdelením

Medzi premenné z rovnomerného rozdelenia patrili napríklad:

- Premenné z ktorých boli počítané náklady na produktivitu na užívateľa
- Ceny počítačov
- Pravdepodobnosť zlyhania počítača mimo záručnej doby
- Pravdepodobnosť eliminovania operačného systému

Simulovanie premenných z rovnomerného rozdelenia vytvorilo nasledovné grafy:

GRAF 15: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ PREMENNÝCH S ROVNOMERNÝM ROZDELENÍM



Priemerná čistá súčasná hodnota vyšla najbližšie k Hubbardovým výsledkom a zároveň najnižšie spomedzi všetkých alternatívnych simulácií. Vnútoraná hodnota investície je pritom pomerne veľká s nulovou šancou negatívneho výsledku.

Veľa premenných s rovnomerným rozdelením mohlo spôsobiť riziko negatívnych výnosov. Preto som čakala že graf bude posunutý viac doľava a bude zasahovať aj do záporných hodnôt. Na grafoch vidno možné riziko v podobe pomerne veľkého počtu scenárov nachádzajúcich sa medzi nulou a strednou hodnotou, indikujúce zvýšenú pravdepodobnosť nízkych výnosov.

Výsledné hodnoty simulácie:

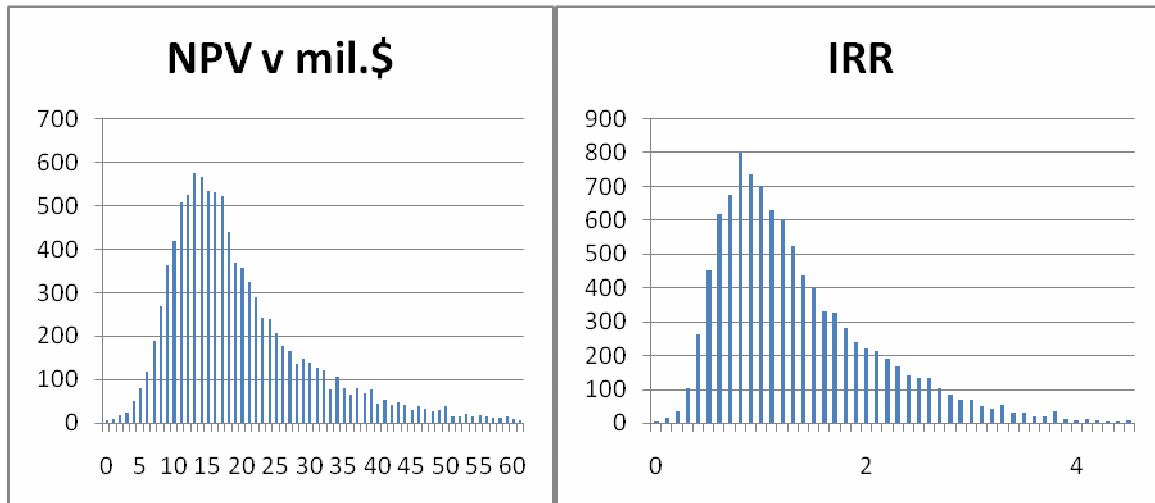
Priemerné NPV: 19282969\$

Priemerné IRR: 128%.

4.5 Simulácia premenných s rovnomerným rozdelením a simulovaním premennej populácia počítačov

Takto vyzerali grafy, v ktorých som spojila simulovanie premennej populácia počítačov a premenných z rovnomerného rozdelenia.

GRAF 16: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ PREMENNEJ POPULÁCIA A PREMENNÝCH S ROVN. ROZDELENÍM



Premenná populácia pozmenila výsledné grafy, ktoré teraz trochu viac pripomínajú normálne rozdelenie. Viacej hodnôt sa pohybuje v okolí strednej hodnoty.

Priemerné NPV: 20353104\$

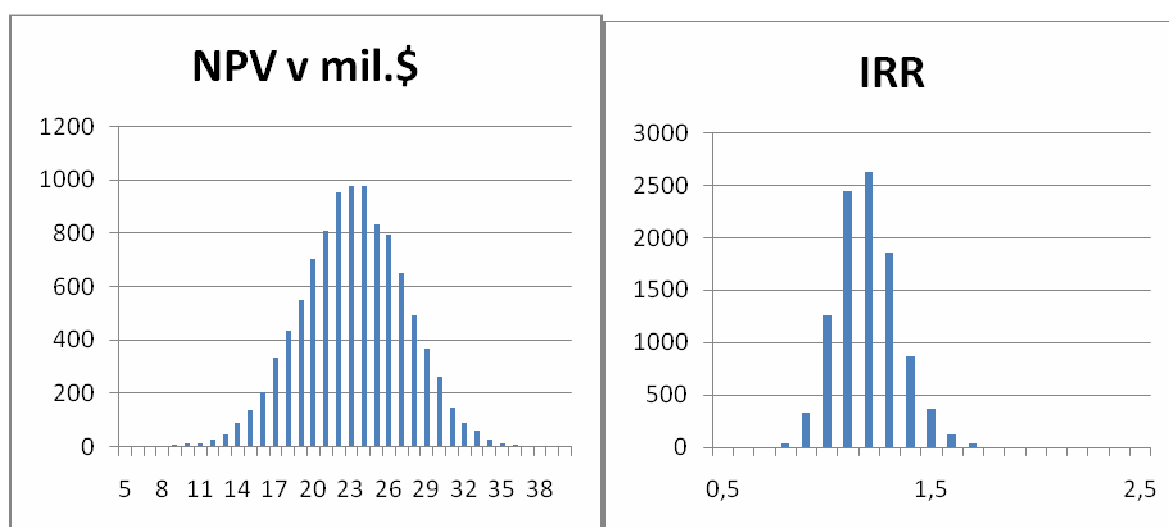
Priemerné IRR: 138%.

4.6 Simulácia premenných s normálnym rozdelením

Premenné z normálneho rozdelenia

- Populácia počítačov a priemerná ročná zmena počtu počítačov
- Percento pravidelného ročného nákupu nových počítačov
- Premenné týkajúce sa upgradu počítačov- náklady na upgrade, zlepšenie výkonu po upgrade, výpočet nákladov na upgrade

GRAF 17: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ PREMENNÝCH S NORMÁLNYM ROZDELENÍM



Grafy vyzerajú veľmi podobne ako pri simulovaní premennej populácia počítačov. Hodnoty sú však trochu rozťahtejšie, a grafy su ploskejšie, čo je dané väčším rozptylom výsledných hodnôt ovplyvneným možnými zmenami nákladov na upgrade počítačov.

Výsledné hodnoty:

Priemerné NPV: 23677978\$

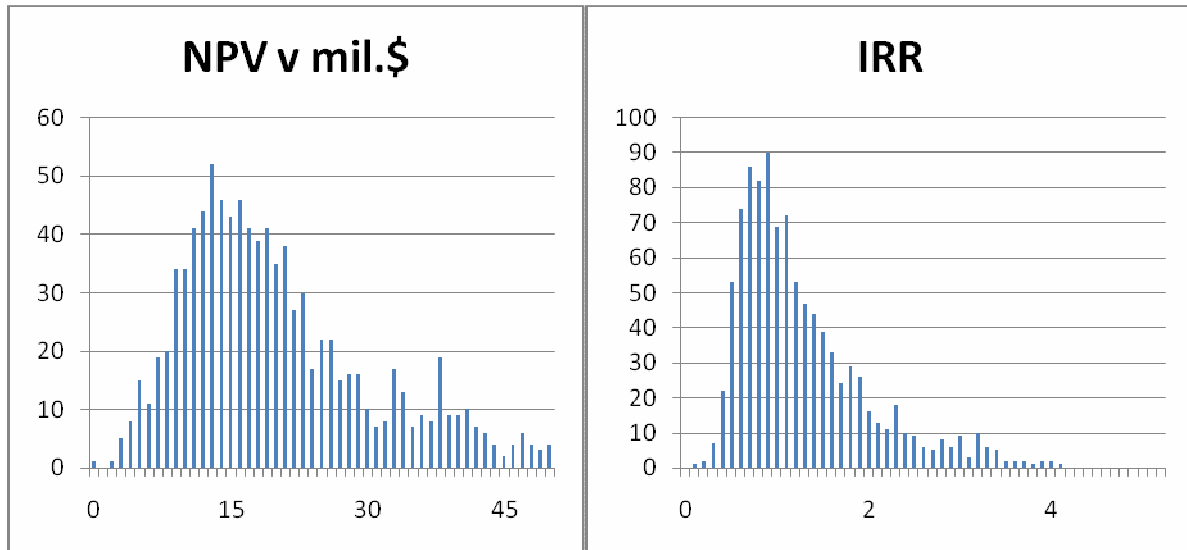
Priemerné IRR: 124%

4.7 Simulácia všetkých premenných s rozdielnym počtom scenárov

Ďalším pokusom bolo simulovanie všetkých premenných s počtami scenárov 1000 a 20000.

4.7.1 Počet scenárov 1000

GRAF 18: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ S POČTOM SCENÁROV 1000



Počet scenárov 1000 bol primálny, aby hodnoty konvergovali k strednej hodnote. Graf je nerovnomerný, veľa scenárov je rozsypaných ďaleko od strednej hodnoty.

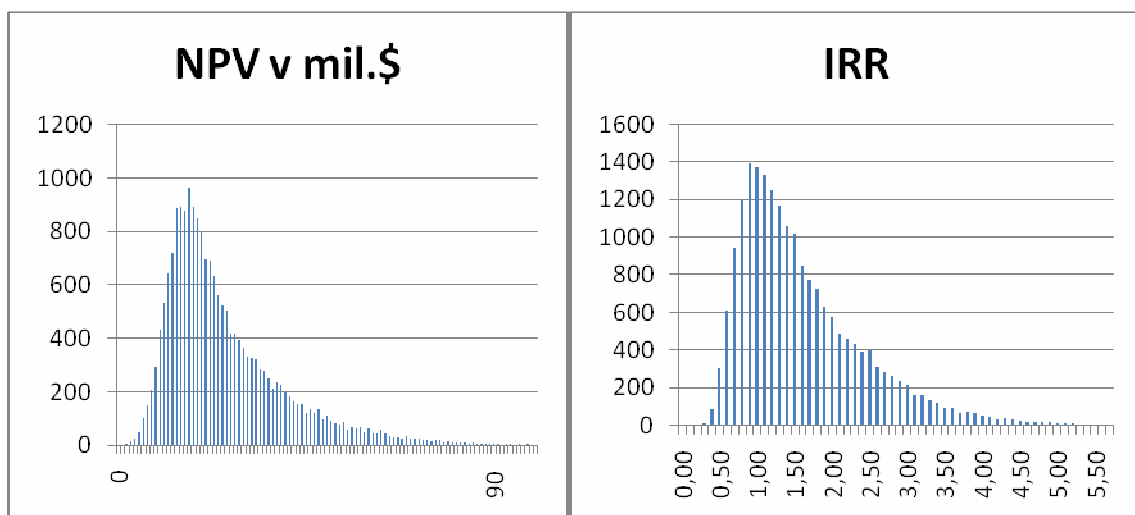
Výsledné namerané hodnoty:

Priemerné NPV: 22775516\$

Priemerné ROI: 112%

4.7.2 Počet scenárov 20000

GRAF 19: NPV A IRR PRI SIMULOVANÍ S POČTOM SCENÁROV 20000



Graf pri počte scenárov 20000 bol veľmi homogénny, scenáre konvergovali k strednej hodnote. Priemerné hodnoty vnútornej výnosnosti investície a čistej súčasnej hodnoty vyšli najvyššie spomedzi všetkých simulácií ale to považujem za náhodu. Pri ďalších generovaniach by hodnoty vyšli zase inak.

Výsledné namerané hodnoty:

Priemerné NPV: 26110825

Priemerné ROI: 1.43

4.8 Sumarizácia

TABUĽKA 4: SUMÁR VÝSLEDKOV SIMULACÍ

Simulácia	NPV v mil.\$	IRR v %	šanca neg. IRR
Hubbardova simulácia	18,9	116	9
bez simulovania	23,6	127	-
premenných s NORM. rozdelením	23,6	124	0
premenných s ROVN. rozdelením	19,3	128	0
premenných s ROVN. rozdelením a simuláciou premennej populácia počítačov	20,3	138	0
premennej populácia počítačov	19,8	128	0
všetkých premenných, p.s. 10.000	20,2	118	0,2
poč. scenárov 1000	22,8	112	0,1
poč. scenárov 20.000	26,1	143	0,1

Pri viacnásobnom simulovaní tých istých alternatív sa priemerné hodnoty NPV a IRR menili, stále sa však pohybovali v okolí 20 miliónov dolárov pre NPV a stredné hodnoty vnútornej miery výnosnosti v okolí 120 percent. Na základe týchto hodnôt sa teda jednotlivé alternatívy simulovania nedali porovnávať. Lepšie bolo teda porovnávať výsledné grafy. O tom je vlastne celá metóda Monte Carlo, lepšie je zistiť pravdepodobnosť nastania rôznych scenárov potenciálnej investície a zistiť možné záporné hodnoty, ako sa pozeráť len na samotné stredné hodnoty. Ak by rozhodovateľ bral do úvahy len stredné hodnoty ako najlepšie odhady a nebral do úvahy rozptyl, nevedel by potom posúdiť pravdepodobnosť nastania scenárov.

Čím viac premenných som simulovala a čím viac scenárov vygenerovala, tým sa odhad viac blížil realite. Výsledné grafy ukázali, že počet scenárov 1000 je nedostatočný, počet scenárov 10000 bol už úplne postačujúci.

Pri simulovaní premennej populácia, simulovaní premenných z rovnomerného rozdelenia a nakoniec simulovaní aj premennej populácia aj premenných z rovnomerného rozdelenia bolo možné pozorovať ako zloženie rôznych premenných dokáže zmeniť tvar výsledného grafu.

Už na prvý pohľad vidno, že medzi hodnotami IRR a NPV nie je priama závislosť. Teda tam, kde je najvyššia NPV nie je aj najvyššia hodnota hodnota IRR. Je to spôsobené rôznymi hodnotami cash-flow v čase.

- $$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0$$

- $$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

Najvýraznejšie rozdiely môžu nastať v prípade, keď cash-flow v prvom roku bude výrazne vyšší a v poslednom roku výrazne nižší pri zachovaní rovnakého nediskontovaného cash-flow.

Všetky výsledky simulovania mi vyšli veľmi kladné, s vysokými hodnotami čistej súčasnej hodnoty a vnútornej miery výnosnosti investície. Preto by som určite odporučila túto stratégiu implementovať do praxe.

Ani po mnohých úpravách modelu a mnohých, mnohých odskúšaných simuláciách som dostala veľmi málo, respektíve žiadne negatívne hodnoty, čo môžem prisudzovať už vyššie spomenutému odklonu od Hubbardoveho modelu v cash-flow a možnom odklone pri určovaní pravdepodobnosti eliminovania viacerých operačných systémov.

V Hubbardovej štúdií bolo zopár nezrovnalostí a k niektorým faktom mi chýbali dodatočné informácie bez ktorých sa ťažko zistiť ovalo, čo znamenajú a odkiaľ ich Hubbard má. Veľmi mi v štúdií chýbalo, že výsledné hodnoty, ktoré popisoval v sumári štúdie, vo výpočtovej časti neuviedol, teda som si nemohla overiť správnosť svojho postupu.

Záver

Zámerom tejto diplomovej práce bolo podať čitateľovi celistvý obraz rozhodovacej metódy Douglassa Hubbarda.

Cieľom teoretickej časti bolo priblížiť oblasť rozhodovania, ako aj popísať jednu z metód rozhodovania: AIE- aplikovanú ekonomiku informácie od Douglassa Hubbarda.

Teoretická časť pozostáva z troch kapitol. Prvá kapitola popisuje rozhodovanie ako proces, detailne opisuje kritériá rozhodovania ako aj proces tvorby alternatív rozhodovania. Kapitola sa tiež zaoberá metódu Monte Carlo.

Druhá kapitola je venovaná samotnej metóde AIE a sú v nej uvedené základné princípy tejto metódy. Metóda je veľmi podnetná a ak je správne využitá, môže poskytovať pomerne presné výsledky. Veľkým prínosom je, že vďaka simulovaniu premenných nezobrazuje len strednú hodnotu ale pomocou grafu zobrazuje aj pravdepodobnosti realizácie jednotlivých scenárov. Uvedené sú jednotlivé kroky metódy a vysvetlený ich význam a prínos.

Tretia kapitola popisuje využitie metódy AIE na analýzu investície firmy EPA do výmeny počítačov. Firma EPA uvažovala nad investovaním do častejšieho nákupu počítačov zrýchlením cyklu výmeny z každých päť rokov na tri či štyri.

Posledná, praktická časť diplomovej práce mala za cieľ analyzovať stratégiu, ktorú Hubbard označil ako najvhodnejšiu pre firmu EPA. Táto stratégia zahŕňala výmenu počítačov každé štyri roky, s tzv. „catch-up“ (výmena všetkých počítačov starších ako štyri roky ešte pred začatím samotnej stratégie 4-ročného cyklu.)

Diplomová zachytáva efekt, ktorý má na model zmena parametrov, ako napríklad počet scenárov Monte Carlo, či simulovanie len určitých premenných modelu. V praktickej časti sú popísané jednotlivé nasimulované alternatívy, každá obsahuje graf odhadu výslednej čistej súčasnej hodnoty a vnútornej návratnosti investície.

Stanovené ciele sa podarilo naplniť. Výsledkom štúdie boli zmeny vo vzhľade výsledných grafov spôsobené simulovaním len určitých parametrov. Samotné priemerné stredné hodnoty IRR a NPV vychádzali približne rovnaké a nemalo by žiaden zmysel ich

porovnávať, keďže sa s každým novým generovaním menili. Výsledné grafy boli v porovnaní s Hubbardom mierne posunuté do prava od nuly, teda vychádzala menšia pravdepodobnosť negatívneho dopadu investície. Tento rozdiel bol spôsobený odlišným výpočtom hodnoty cash-flow pre rok 2007 a pravdepodobne aj iným odhadom pravdepodobnosti eliminovania počtu operčných systémov.

Záverom štúdie teda je, že investícia do zrýchlenej výmeny počítačov systémom každé štyri roky s „catch-up“ sa rozhodne oplatí.

Ku štúdií prikladám tiež zdrojový kód programu v C++, v prípade záujmu o simulovanie treba mať na počítači nainštalovanú knižnicu gsl.

Zoznam bibliografických odkazov

KNIŽNÉ ZDROJE

1. DŘÍMAL, J.; TRUNEC, D.: Úvod do metody Monte-Carlo, Brno: Univ. J.E. Purkyně, 1989, str.122, číslo: 5502189
2. HUBBARD, D.: How to Measure Anything: Finding the Value of Intangibles in Business, Wiley, 2010, ISBN 0470539399
3. KALAS, J.; PEKÁR J.: Simulačné metódy, Bratislava: Univerzita Komenského, 1991, ISBN 8022303267
4. KRAJEWSKI, J.; RITZMAN, L.: Operations Management, Prentice Hall, 2009, ISBN 0136065767
5. MLYNAROVÍČ, V.: Modely a metódy viackriteriálneho rozhodovania, Bratislava: Ekonóm, 1998, ISBN 802250985X (brož.)
6. REPISKÝ, J.: Teória rozhodovania, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2008, ISBN 9788055201405

INTERNETOVÉ ZDROJE

1. SROGOŇOVÁ, L.: Multikriteriálny benchmarking slovenských bánk. [online] 24.4.2009 [citované 3.2.2010] Dostupné z <http://is.bivs.cz/th/8143/bivs_m/Srogonova_Lubomira_BI_DP_2009.txt>
2. Metódy hodnotenia investičných projektov. [online][citované 10.2.2010] Dostupné z <http://www.ia-po.sk/msp/69_poznamky.pdf>
3. Investičná činnosť podniku. [online] [citované 14.2.2010] Dostupné z <<http://209.85.135.132/search?q=cache:vOiZ9FQdmKUJ:www.bergke.netkosice.sk/BERG/EP3.doc+doba+návratnosti+kapitálových+výdavkov&cd=10&hl=sk&ct=clnk&gl=sk>>
4. CHATTERJEE, S.: Applied Information Economics: Not just calculate, scientifically measure it. [online] [citované 18.1.2010] Dostupné z <<http://www.iasahome.org/web/home/featurememberarticle>>

5. VIOLINO,B.:ROI In The Real World. [online] 27.4.1998 [citované 5.1.2010]
Dostupné z < <http://www.informationweek.com/679/79iuroi2.htm>>
6. IORDANOVA, T.: Introduction To Monte Carlo Simulation [online] 2007 [Citované 4.4.2010] Dostupné z
<http://www.investopedia.com/articles/07/monte_carlo_intro.asp>
7. WITTWER, J.W.: Monte Carlo Simulation Basics, [online] 1.6.2004 [citované 2.1.2010] Dostupné z
<<http://www.vertex42.com/ExcelArticles/mc/MonteCarloSimulation.html>>
8. Orientácia podľa peňažných tokov: Výpočet hodnôt NPV a IRR v programe Excel [online][citované 9.3.2010] Dostupné z <<http://office.microsoft.com/sk-sk/excel/HA102161101051.aspx>>
9. HUBBARD,D.: Desktop Replacement Policy [online] 8.2003 [11.10.2009] Dostupné z
<http://www.federalelectronicschallenge.net/resources/docs/aie_desktop.pdf>
10. SCHOLLEOVÁ, H.: Aplikace reálných opcí při oceňování podniku [online] [28.2.2010] Dostupné z < <http://www.ekonomikaamanagement.cz/cz/clanek-aplikace-reálných-opci-pri-ocenování-podniku.html>>
11. WIKIPEDIA: Expected value of perfect information [online][12.2.2010] Dostupné z <http://en.wikipedia.org/wiki/Expected_value_of_perfect_information>

Príloha- zdrojový kód

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include "gsl/gsl_vector.h"
#include "gsl/gsl_sf_erf.h"
#include "gsl/gsl_rng.h"
#include "gsl/gsl_randist.h"

#define rokN          7
#define ageN          5
#define scenareN      10000

int i;
int j;

double ciastocne[scenareN][rokN];
double desktop_population_min= 18000;
double desktop_population_max= 26000;
double annual_growth_min= 0.95;
double annual_growth_max= 1.03;
double desktops_age_share_min[5]={0.1,0.1,0.1,0.3,0.1};
double desktops_age_share_max[5]={0.2,0.2,0.2,0.6,0.2};
double percent_purchased_min = 0.18;
double percent_purchased_max = 0.22;

double suma[rokN];
double monte_population[scenareN][rokN];
double retired[scenareN][rokN];
double share_percentage[scenareN][rokN];
double purchase_costs[scenareN][rokN];
double desktops_4years_old[scenareN][rokN];
double desktops_3years_old[scenareN][rokN];
double computers_year_0[scenareN][ageN];
double desktops_3_a_viac[scenareN][rokN];
double need_upgrade_4y[scenareN][rokN];
double need_upgrade_3y[scenareN][rokN];
double need_upgrade_3n_4y[scenareN][rokN];
double cost_upgrade_3y[scenareN][rokN];
double cost_upgrade_4y[scenareN][rokN];
double cost_labor_per_PC[scenareN];
double productivity_cost_user_year[scenareN];
double maintenance_service_costs[scenareN][rokN];
double cost_supporting_oldOS[scenareN];
double total_desktop_costs[scenareN][rokN];
double O1_desktop_purchases[scenareN][rokN];
double O1_4y[rokN];
double O1_3y_4y[rokN];
double O1_3y_a_starsie[rokN];
double O1_desktops_not_on_warranty[scenareN][rokN];
double retired_suma[rokN];
double O1_4y_suma[rokN];
double O1_purchases_suma[rokN];
double O1_3y_4y_suma[rokN];
double year_0_suma[rokN];
double avoided_time_waste[scenareN][rokN];
double desktop_purchases[scenareN][rokN];
double avoided_machine_upgrade[scenareN][rokN];
double maintenance_cost_savings[scenareN][rokN];
double realization_rate_min=0.5;
double realization_rate_max=1.0;
double total_benefits[scenareN][rokN];
double additional_purchase_costs[scenareN][rokN];
double total_costs[scenareN][rokN];
double cash_flow[scenareN][rokN];
double npv[scenareN];
double npv_suma;
```

```

double under_status_quo[scenareN][rokN];
double total_support_cost_reduction[scenareN];
double irr[scenareN];
double reduction_support_costs[scenareN];
double marginal_savings[scenareN][agen];
double cummulative_savings[scenareN][agen];
double postupne[scenareN][rokN];
double roi[scenareN];

const
gsl_rng_type * T;
gsl_rng * r;

double rand_normal(double min, double max)
{ return ((min + max)/2) + (max - min)/3.289707254*gsl_ran_gaussian(r,1);}

int main ()
{
    gsl_rng_env_setup();
    T = gsl_rng_default;
    r = gsl_rng_alloc (T);
    gsl_rng_set(r,5);

    for (j = 0; j < scenareN; j ++)
    {
        monte_population[j][0]=
        rand_normal(desktop_population_min,desktop_population_max)
        *rand_normal(annual_growth_min,annual_growth_max) ;

        suma[0] = suma[0]+ monte_population[j][0];
    }

    desktop_population_min = 0.95 * suma[0]/scenareN;
    desktop_population_max = 1.03 * suma[0]/scenareN;

    suma[0]=suma[0]/scenareN;
    for (i = 1; i < rokN; i ++)
    {
        for (j = 0; j < scenareN; j ++)
        {
            monte_population[j][i]=
            monte_population[j][i-1]
            * rand_normal(annual_growth_min,annual_growth_max);
            suma[i] = suma[i]+ monte_population[j][i];
        }

        desktop_population_min = 0.95 * suma[i]/scenareN;
        desktop_population_max = 1.03 * suma[i]/scenareN;
        suma[i] = suma[i]/scenareN;
    }

    for (i = 0; i < scenareN; i ++)
    {
        retired[i][0]= 22000 - suma[0];
        retired_suma[0]=retired_suma[0]+retired[i][0];
    }

    for (j = 1; j < rokN; j ++)
    {
        for (i = 0; i < scenareN; i ++)
        {
            retired[i][j] = suma[j-1] - suma[j];
            retired_suma[j]=retired_suma[j]+retired[i][j];
        }
    }
}

```

```

for (i=0; i<ageN; i++)
{
    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        share_percentage[j][i] = gsl_ran_flat(r,
desktops_age_share_min[i]/1.05,
                                desktops_age_share_max[i]/1.05);
    }
    year_0_suma[i]=0;
}
for (i=0; i<ageN; i++)
{
    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        computers_year_0[j][i] =
share_percentage[j][i]
        *rand_normal(18000,26000);
        year_0_suma[i]=year_0_suma[i]+computers_year_0[j][i];
    }
}
for (i=0; i<rokN; i++)
{
    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        under_status_quo[j][i] =
suma[i]*
        rand_normal(percent_purchased_min,percent_purchased_max);
    }
}

    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        desktops_3years_old[j][0]= computers_year_0[j][2];
        desktops_3years_old[j][1]= computers_year_0[j][1];
        desktops_3years_old[j][2]= computers_year_0[j][0];
        desktops_3years_old[j][3]= under_status_quo[j][0];
        desktops_3years_old[j][4]= under_status_quo[j][1];
        desktops_3years_old[j][5]= under_status_quo[j][2];
        desktops_3years_old[j][6]= under_status_quo[j][3];
        desktops_3years_old[j][7]= under_status_quo[j][4];
    }

    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        desktops_4years_old[j][0]= (computers_year_0[j][3]
+ computers_year_0[j][4]
- under_status_quo[j][0]
- retired[j][0] );
    }

    for (i=1; i<rokN; i++)
    {
        for (j=0; j<scenareN; j++)
        {
            desktops_4years_old[j][i]= (desktops_4years_old[j][i-1]
+ desktops_3years_old[j][i-1]
- under_status_quo[j][i]
- retired[j][i]);
        }
    }

for (i=0; i<rokN; i++)
{
    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        desktops_3_a_viac[j][i]= desktops_4years_old[j][i]
+ desktops_3years_old[j][i];
    }
}

```

```

    }
}
//////////
// WARRANTY DISTRIBUTION//
//////////
double performance_loss_min= 2;
double performance_loss_max= 30;
double work_days_min= 230;
double work_days_max= 260;
double percent_actual_loss_min= 0.45;
double percent_actual_loss_max= 0.67;
double avg_hr_salary_min= 40;
double avg_hr_salary_max= 80;
double productivity_rate_min= 0.0;
double productivity_rate_max= 0.5;
double avg_downtime_duration_min= 0.25;
double avg_downtime_duration_max= 6.00;
double prob_of_failure_min=0.01;
double prob_of_failure_max=0.1;

double performance_loss[scenareN];
for (j = 0; j < scenareN; j ++ )
    {
        performance_loss[j]=
            gsl_ran_flat(r,performance_loss_min,performance_loss_max)/60*
            gsl_ran_flat(r,work_days_min,work_days_max)
    }

for (j = 0; j < scenareN; j ++ )
    {
        productivity_cost_user_year[j]= (performance_loss[j]*
            gsl_ran_flat(r,percent_actual_loss_min,percent_actual_loss_max)
+gsl_ran_flat(r,avg_downtime_duration_min,avg_downtime_duration_max)*
            gsl_ran_flat(r,prob_of_failure_min,prob_of_failure_max))*
            (gsl_ran_flat(r,avg_hr_salary_min,avg_hr_salary_max)*
            gsl_ran_flat(r,productivity_rate_min,productivity_rate_max));
    }
//////////
// COST OF DESKTOPS//
//////////
double desktop_unit_cost_min= 1000;
double desktop_unit_cost_max= 1600;

    for (i=0; i<rokN; i++)
        {
            for (j=0; j<scenareN; j++)
                {
                    purchase_costs[j][i]=
gsl_ran_flat(r,desktop_unit_cost_min,desktop_unit_cost_max)*
                    under_status_quo[j][i];
                }
        }
//////////
//MACHINES UPGRADED//
//////////
double upgrade_cost_min= 100;
double upgrade_cost_max= 200;
double performance_improvement_min= 0.20;
double performance_improvement_max= 0.40;

for (i=0; i<rokN; i++)
    {
        for (j=0; j<scenareN; j++)
            {
                need_upgrade_4y[j][i]= gsl_ran_binomial(r,0.75,scenareN);
            }
    }

```

```

        need_upgrade_3y[j][i]= gsl_ran_binomial(r,0.6,scenareN);
    }
}
for (i=0; i<rokN; i++)
{
    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        need_upgrade_3y[j][i]= need_upgrade_3y[j][i]/scenareN;
        need_upgrade_4y[j][i]= need_upgrade_4y[j][i]/scenareN;
        need_upgrade_3n_4y[j][i]= need_upgrade_3y[j][i]*
                                need_upgrade_4y[j][i];
    }
}
for (i=0; i<rokN; i++)
{
    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        cost_upgrade_3y[j][i]=
        (need_upgrade_3n_4y[j][i]* desktops_3years_old[j][i] +
         need_upgrade_4y[j][i]* desktops_4years_old[j][i] )*
        rand_normal(upgrade_cost_min,upgrade_cost_max) ;
    }
}
for (i=0; i<rokN; i++)
{
    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        cost_upgrade_4y[j][i]=
        ( need_upgrade_4y[j][i]* desktops_4years_old[j][i] )*
        rand_normal(upgrade_cost_min,upgrade_cost_max) ;
    }
}

//////////////////////////////////////
// DESKTOP > 3YRS MAINTENANCE COSTS///
//////////////////////////////////////
double maintenance_parts_3y_min= 20;
double maintenance_parts_3y_max= 150;
double avg_labor_rate_min= 60;
double avg_labor_rate_max= 70;
double purchase_install_parts_min= 10;
double purchase_install_parts_max= 20;

    for (j=0; j<scenareN; j++)
    {
        cost_labor_per_PC[j]=
        rand_normal(purchase_install_parts_min,purchase_install_parts_max)/60*
        rand_normal(avg_labor_rate_min,avg_labor_rate_max);
    }

double maintenance_cost_per_PC[scenareN];
for (j=0; j<scenareN; j++)
{
    maintenance_cost_per_PC[j]=
    ( cost_labor_per_PC[j] +
      gsl_ran_flat(r,maintenance_parts_3y_min,maintenance_parts_3y_max)
    )*
    gsl_ran_flat(r,prob_of_failure_min,prob_of_failure_max);
}

double cislo[7]={
10898.7432675,
9525.49,

```

```

8197.127468,
8065.35,
7984.73967,
7904.847,
7825.85};

for (j=0; j<scenareN; j++)
{
maintenance_service_costs[j][0]= 10898.7432675*maintenance_cost_per_PC[j];
maintenance_service_costs[j][1]= 9525.49*maintenance_cost_per_PC[j];
maintenance_service_costs[j][2]= 8197.127468*maintenance_cost_per_PC[j];
maintenance_service_costs[j][3]= 8065.35*maintenance_cost_per_PC[j];
maintenance_service_costs[j][4]= 7984.73967*maintenance_cost_per_PC[j];
maintenance_service_costs[j][5]= 7904.847*maintenance_cost_per_PC[j];
maintenance_service_costs[j][6]= 7825.85*maintenance_cost_per_PC[j];
}

double prob_reducing_10S_3y= 1.0;
double prob_reducing_10S_4y= 1.0;
double support_FTE_min= 369;
double support_FTE_max= 484;
double support_FTE_oldOS_min= 0.02;
double support_FTE_oldOS_max= 0.10;

for (j=0; j<scenareN; j++)
{
cost_supporting_oldOS[j]=
    gsl_ran_flat(r,support_FTE_min,support_FTE_max)*
    gsl_ran_flat(r,support_FTE_oldOS_min,support_FTE_oldOS_max)*
    rand_normal(avg_labor_rate_min,avg_labor_rate_max)*
    gsl_ran_flat(r,work_days_min,work_days_max)*8;
}

for (i=0; i<rokN; i++)
{
for (j=0; j<scenareN; j++)
{
total_desktop_costs[j][i]=
    maintenance_service_costs[j][i]+
    cost_upgrade_3y[j][i]+
    purchase_costs[j][i];
}
}

////////////////////////////////////////
//OPTION 3//
////////////////////////////////////////
double replacement_schedule= 0.25;

for (j=0; j<scenareN; j++)
{
desktop_purchases[j][0]= computers_year_0[j][3]+ computers_year_0[j][4];
}

for (i=1; i<rokN; i++)
{
for (j=0;j<scenareN;j++)
{
desktop_purchases[j][i]= monte_population[j][i]*replacement_schedule;
}
}

double addition_to_quo[scenareN][rokN];
for (j=0;j<scenareN;j++)
{
addition_to_quo[j][0]= desktop_purchases[j][0]
- under_status_quo[j][0]
- retired[j][0];
}

```

```

for (i=1; i<rokN; i++)
{
for (j=0; j<scenareN; j++)
{

addition_to_quo[j][i]=
desktop_purchases[j][i]
- under_status_quo[j][i];
}
}

////////////////////////////////////
////Benefits////
////////////////////////////////////

for (i=0; i<rokN; i++)
{
for (j=0; j<scenareN; j++)
{
avoided_time_waste[j][i]=
desktops_4years_old[j][i]*
productivity_cost_user_year[j];
}
}

for (i=0; i<rokN; i++)
{
for (j=0; j<scenareN; j++)
{
avoided_machine_upgrade[j][i]=
cost_upgrade_4y[j][i];
}
}

for (j=0; j<scenareN; j++)
{
01_desktops_not_on_warranty[j][0]= 8033;
01_desktops_not_on_warranty[j][1]= 833;
}

for (i=2; i<rokN; i++)
{
for (j=0; j<scenareN; j++)
{
01_desktops_not_on_warranty[j][i]=0;
}
}

for (i=0; i<rokN; i++)
{
for (j=0; j<scenareN; j++)
{
maintenance_cost_savings[j][i]=
(cislo[i]- 01_desktops_not_on_warranty[j][i])*
maintenance_cost_per_PC[j]
;
}
}

////////////////////////////////////
double OS_eliminated_min= 2;
double OS_eliminated_max= 3;
double add_savings_per_OS_min= 0.5;
double add_savings_per_OS_max= 0.8;

```



```

for (i=0; i<agen; i++)
{
for (j=0; j<scenaren; j++)
{

    marginal_savings[j][i]=

pow(gsl_ran_flat(r,add_savings_per_OS_min,add_savings_per_OS_max),i);
}
}

for (j=0; j<scenaren; j++)
{

cummulative_savings[j][0]= marginal_savings[j][0]*
gsl_ran_flat(r,support_FTE_oldOS_min,support_FTE_oldOS_max);
cummulative_savings[j][1]=
(marginal_savings[j][0]+marginal_savings[j][1])*
gsl_ran_flat(r,support_FTE_oldOS_min,support_FTE_oldOS_max);
cummulative_savings[j][2]=
(marginal_savings[j][0]+marginal_savings[j][1]+marginal_savings[j][2])*
gsl_ran_flat(r,support_FTE_oldOS_min,support_FTE_oldOS_max);
cummulative_savings[j][3]= (marginal_savings[j][0]
+marginal_savings[j][1]+marginal_savings[j][2]+marginal_savings[j][3])*
gsl_ran_flat(r,support_FTE_oldOS_min,support_FTE_oldOS_max);
cummulative_savings[j][4]= (marginal_savings[j][0]+marginal_savings[j][1]+
marginal_savings[j][2]+marginal_savings[j][3]+marginal_savings[j][4])*
gsl_ran_flat(r,support_FTE_oldOS_min,support_FTE_oldOS_max);

}

for (j=0;j<scenaren;j++)
{
reduction_support_costs[j]=
gsl_ran_flat(r,cummulative_savings[j][1],cummulative_savings[j][2]);
}

for (j=0;j<scenaren;j++)
{
total_support_cost_reduction[j]=
reduction_support_costs[j]*
gsl_ran_flat(r,support_FTE_min,support_FTE_max)*
rand_normal(avg_labor_rate_min,avg_labor_rate_max)*8*
gsl_ran_flat(r,work_days_min,work_days_max)*
gsl_ran_flat(r,realization_rate_min,realization_rate_max);
}

//////////TOTAL BENEFITS//////////
double benefits[scenaren];

for (i=0; i<rokN; i++)
{
for (j=0; j<scenaren; j++)
{

    total_benefits[j][i]=
    total_support_cost_reduction[i]+
maintenance_cost_savings[j][i]+ avoided_machine_upgrade[j][i]+
avoided_time_waste[j][i];
benefits[j]=benefits[j]+total_benefits[j][j];
}
}

//////////
//////COSTS//////
//////////
double upgrade_to_XP_min=120;
double upgrade_to_XP_max=180;

```

```

double labor_cost_XP_min=65;
double labor_cost_XP_max=95;
double prob_of_upgrade_min= 0.4;
double prob_of_upgrade_max=0.8;
double cost_of_upgrade[j];
double requiring_XP_memory[j];
double requiring_XP[j];

for (j=0;j<scenareN;j++)
{ requiring_XP_memory[j] = desktops_3years_old[j][0];
requiring_XP[j]= computers_year_0[j][0]+computers_year_0[j][1];}

for (j=0;j<scenareN;j++)
{ cost_of_upgrade[j]=
((requiring_XP_memory[j]+ requiring_XP[j])*
  (rand_normal(upgrade_to_XP_min,upgrade_to_XP_max)+
   rand_normal(labor_cost_XP_min,labor_cost_XP_max)
  )+( requiring_XP_memory[j]*
   rand_normal(upgrade_cost_min,upgrade_cost_max))
  )*rand_normal(prob_of_upgrade_min,prob_of_upgrade_max);
}
double annual_lease_cost= 394.7;

for (j=0;j<scenareN;j++)
{
additional_purchase_costs[j][0]= addition_to_quo[j][0];
additional_purchase_costs[j][1]=
addition_to_quo[j][0]+addition_to_quo[j][1];
additional_purchase_costs[j][2]= addition_to_quo[j][2]+
addition_to_quo[j][1]+addition_to_quo[j][0];
additional_purchase_costs[j][3]=
addition_to_quo[j][0]+addition_to_quo[j][1]
//+desktop_purchases[j][3]
+addition_to_quo[j][2]
+addition_to_quo[j][3];
additional_purchase_costs[j][4]=
addition_to_quo[j][1]+addition_to_quo[j][2]+
addition_to_quo[j][3]+addition_to_quo[j][4];
additional_purchase_costs[j][5]=
addition_to_quo[j][2]+addition_to_quo[j][3]+
addition_to_quo[j][4]+addition_to_quo[j][5];
additional_purchase_costs[j][6]=
addition_to_quo[j][3]+addition_to_quo[j][4]+
addition_to_quo[j][5]+addition_to_quo[j][6];
}

for (i=0;i<rokN;i++)
{
for (j=0;j<scenareN;j++)
{
additional_purchase_costs[j][i]= additional_purchase_costs[j][i]
*annual_lease_cost;
}
}

//////////
///// TOTAL OPTION COSTS
//////////
double costs[scenareN];

for (i=0;i<rokN;i++)
{
for (j=0;j<scenareN;j++)
{
total_costs[j][i]=additional_purchase_costs[j][i];
costs[j]= costs[j]+total_costs[j][i];
}
}
}

```

```

        for (j=0;j<scenareN;j++)
    {
total_costs[j][0]=additional_purchase_costs[j][0]+cost_of_upgrade[j];
    }
        for (j=0;j<scenareN;j++)
    {
costs[j]= costs[j]+cost_of_upgrade[j];
    }

////////////////////////////////////
/////SUMMARY CASH FLOW
////////////////////////////////////

        for (j=0;j<scenareN;j++)
    {
cash_flow[j][0]=0-total_costs[j][0];
    }

for (i=1;i<rokN;i++)
{
        for (j=0;j<scenareN;j++)
    {
cash_flow[j][i]= total_benefits[j][i-1]-total_costs[j][i];
    }
}

for (i=0;i<rokN;i++)
{
for (j=0;j<scenareN;j++)
    {
ciastocne[j][i]= cash_flow[j][i]/ pow(1.045,i+1);
npv[j]= npv[j]+ciastocne[j][i];
npv_suma=npv_suma+npv[j];
    }
}
npv_suma=npv_suma/scenareN;

////////////////////////////////////
FILE * fd = fopen("cash_flow.txt", "w");
    int b;
    int c;

        for (b = 0; b < rokN; b ++ )
    {
        for (c = 0; c < scenareN; c ++ )
    {
                fprintf(fd, "%.1f\t", cash_flow[c][b]);
            }
        fprintf(fd, "\n");
    }

    fclose(fd);

    return 0;
}

```