



Jiří Hnilica, Jiří Fotr

Aplikovaná analýza rizika



**ve finančním
managementu
a investičním
rozhodování**

příklady ke stažení
na www.grada.cz

 **GRADA®**

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umísťování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.



Copyright © Grada Publishing, a.s.

Doc. Ing. Jiří Hnilica, Ph.D.
Prof. Ing. Jiří Fotr, CSc.

Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, 170 00 Praha 7
tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400
www.grada.cz
jako svou 3702. publikaci

Odpovědná redaktorka Bc. Kamila Nováková
Sazba Milan Vokál
Počet stran 264
První vydání, Praha 2009
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.
Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

© Grada Publishing, a.s., 2009
Cover Photo © fotobanka allphoto

ISBN 978-80-247-2560-4 (tištěná verze)
ISBN 978-80-247-6728-4 (elektronická verze ve formátu PDF)
© Grada Publishing, a.s. 2011

Obsah

O autorech	8
Slovo úvodem	9

Část I Analýza a hodnocení rizika

1. Pojetí rizika, jeho klasifikace a měření	12
1.1 Riziko a hospodářské výsledky	12
1.2 Pojetí rizika a nejistoty	13
1.3 Klasifikace rizik	16
1.4 Měření rizika	19
1.4.1 Číselné charakteristiky rizika	20
1.4.2 Kvalitativní charakteristiky rizika	25
2. Identifikace rizik a stanovení jejich významnosti	28
2.1 Identifikace rizik	28
2.1.1 Dekompozice objektu analýzy rizika	28
2.1.2 Náplň identifikace	28
2.1.3 Nástroje identifikace a informační zdroje	29
2.1.4 Subjekty podílející se na identifikaci rizik	30
2.1.5 Požadavky na identifikaci rizik	30
2.2 Stanovení významnosti rizik	31
2.2.1 Analýza citlivosti	32
2.2.2 Matice hodnocení rizik	39
2.2.3 Pravděpodobnostní stupnice	42
2.2.4 Stupnice měření dopadů	45
2.2.5 Hodnocení příležitostí	51
2.2.6 Dokumentace identifikace a hodnocení rizik	52
2.2.7 Využití výsledků identifikace a hodnocení rizik	53
3. Měření rizika	57
3.1 What-if analýza	57
3.2 Scénáře	59
3.2.1 Kvalitativní scénáře	59
3.2.2 Kvantitativní scénáře	60
3.2.3 Tvorba kvantitativních scénářů	61
3.2.4 Využití scénářů	68
3.2.5 Faktory úspěšnosti scénářů	70
3.3 Simulace Monte Carlo	71
3.3.1 Postup simulace Monte Carlo	71
3.3.2 Přednosti a nedostatky simulace Monte Carlo	80
4. Hodnocení rizika a výběr rizikových variant	84
4.1 Riziková kapacita a přijatelné riziko	84
4.2 Postoj k riziku	84

4.3	Výběr rizikových variant	87
4.3.1	Pravidlo střední hodnoty a rozptylu	87
4.3.2	Pravidla stochastické dominance	92
4.4	Management rizika	96

Část II Simulace Monte Carlo v analýze rizika

5.	Expertní názory v simulačních modelech	100
5.1	Stanovení rozdělení pravděpodobnosti rizikových faktorů s využitím expertních názorů	100
5.1.1	Rovnoměrné rozdělení	101
5.1.2	Trojúhelníkové rozdělení	101
5.1.3	BetaPERT rozdělení	103
5.1.4	Rozdělení definované uživatelem	105
5.1.5	Ano/ne rozdělení (Bernoulliho rozdělení)	109
5.1.6	Stanovení rozdělení pravděpodobností událostí	109
5.1.7	Stanovení rozdělení pravděpodobnosti při odlišných názorech expertů	111
6.	Statistická analýza dat ve finančním modelování	116
6.1	Úvod do statistické analýzy dat	116
6.2	Metody odhadu pravděpodobnostních rozdělení	118
6.2.1	Neparametrické metody	118
6.2.2	Parametrické metody	123
6.3	Metody odhadu nejistoty parametrů pravděpodobnostních rozdělení	125
6.3.1	Klasická statistika	126
6.3.2	Bootstrap	132
6.3.3	Bayesova statistika	137
7.	Modelování závislostí mezi rizikovými faktory	143
7.1	Korelace	143
7.2	Obálková metoda	146
7.3	Závislost definovaná pomocí vyhledávacích tabulek	152
7.4	Závislost definovaná pomocí logických podmínek	153
8.	Simulace Monte Carlo – souhrnný příklad	157
8.1	Princip simulací Monte Carlo	157
8.2	Příklad sestavení simulačního modelu investičního projektu	161
8.2.1	Stanovení rizikových faktorů jako pravděpodobnostních rozdělení	164
8.2.2	Analýza citlivosti v simulačním modelu	166
8.2.3	Vlastní simulace a interpretace výsledků	172

Část III Aplikace simulace Monte Carlo ve finančním a investičním rozhodování

9.	Simulační přístupy při oceňování podniku	182
9.1	Problém záměny středních a nejpravděpodobnějších hodnot	184
9.2	Problém vzájemné závislosti rizikových faktorů	186
9.3	Problém závislosti rizikových faktorů v čase a NPV-at-Risk	188
9.4	Přesun daňové ztráty do budoucích let a NPV-at-Risk	193

10. Metody a nástroje optimalizace	198
10.1 Optimalizační modely a jejich typy	198
10.1.1 Náplň optimalizačních modelů	198
10.1.2 Druhy optimalizačních modelů	200
10.2 Optimalizace s využitím rozhodovacích tabulek	203
10.2.1 Rozhodovací tabulky	203
10.2.2 Optimalizace s jednou rozhodovací proměnnou	204
10.2.3 Optimalizace se dvěma rozhodovacími proměnnými	208
10.3 Optimalizace tvorby portfolia s využitím nástroje OptQuest	210
10.3.1 Optimalizace portfolia	210
10.3.2 Optimalizace portfolia finančních investic	215
10.3.3 Optimalizace portfolia projektů	218
10.3.4 Efektivní hranice	224
10.4 Diverzifikace a riziko	229
10.4.1 Vliv diverzifikace na riziko	229
10.4.2 Statistická závislost složek portfolia a jeho riziko	230
10.4.3 Diverzifikace a systematické riziko	232

Část IV Implementace analýzy rizika

11. Implementace analýzy rizika – problémy a doporučení	236
11.1 Odlišnosti tradičních a pravděpodobnostních přístupů	236
11.2 Obtíže a bariéry implementace analýzy rizika	237
11.3 Doporučení k implementaci analýzy rizika	238
11.4 Přínosy a omezení implementace analýzy rizika	243

Přílohy

Příloha I – Základní statistické charakteristiky náhodných veličin	248
Příloha II – Odhad nejistoty parametrů normálního rozdělení	254
Příloha III – Náhrada spojitého faktoru rizika faktorem diskrétním	256
Příloha IV – Expertní odhady, jejich získávání a zpracování	259
Rejstřík	261

O autorech

Doc. Ing. Jiří Hnilica, Ph.D.

Inženýrské a doktorské studium absolvoval na Vysoké škole ekonomické v Praze. Od roku 2003 působí na katedře podnikové ekonomiky na Fakultě podnikohospodářské Vysoké školy ekonomické v Praze. Jeho odborná orientace směřuje do oblastí podnikových financí, zejména analýzy rizika, finančního modelování a hodnocení ekonomické efektivnosti podniků v regulovaných odvětvích. Během doktorského studia a svého působení na katedře podnikové ekonomiky absolvoval řadu odborných stáží (2008: University of Denver, Spojené státy americké; 2008: Harvard Business School, Spojené státy americké; 2004: Technische Universität Dresden, Německo; 2002: University of Aarhus a Copenhagen Business School, Dánsko; 2001: Central European University, Maďarsko). V současné době působí jako zástupce vedoucí katedry podnikové ekonomiky a akademický ředitel magisterského programu International Management/CEMS. Je členem výkonné rady odborného časopisu Prague Economic Papers. Ve své výzkumné i pedagogické činnosti úzce spolupracuje s praxí.



Prof. Ing. Jiří Fotr, CSc.

Vystudoval Vysokou školu chemicko-technologickou v Praze. Od roku 1963 pracoval ve Výzkumném ústavu technicko-ekonomickém chemického průmyslu, kde se věnoval aplikaci metod operační analýzy. V roce 1969 získal hodnost kandidáta věd v oboru odvětvová a úseková ekonomika na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze. V letech 1968 až 1991 působil v Institutu řízení v Praze, kde se věnoval problematice ekonomických her, manažerského rozhodování a tvorbě systémů na podporu rozhodování a expertních systémů. V roce 1991 se habilitoval na Vysoké škole ekonomické v Praze a působí zde na Fakultě podnikohospodářské na katedře managementu. V roce 1999 byl jmenován profesorem pro obor podnikové hospodářství. Je členem vědecké rady Fakulty podnikohospodářské VŠE v Praze a předsedou ediční rady časopisu Ekonomika a management. Specializuje se na problematiku manažerského a investičního rozhodování, managementu rizika a vede tým zabývající se tvorbou počítačových systémů na podporu strategického finančního plánování, investičního rozhodování a oceňování firem. Je autorem a spoluautorem více než 15 knižních publikací a učebních textů, autorem či spoluautorem více než 150 článků v odborných časopisech.



Slovo úvodem

Pojmy riziko či nejistota se objevují v současném světě se stále vyšší frekvencí. I když se určitě setkáme se situacemi, kde je používáme pouze z důvodů jejich „modernosti“ bez dalšího konkretizovaného významu, je zřejmé, že propojování světa a intenzita inovačních procesů vedou ve svém důsledku k obtížnějším predikcím do budoucna, a tedy i k vyššímu riziku či nejistotě, které se na tyto predikce vážou. Z tohoto důvodu nabývá v podnicích manažerská práce s rizikem a nejistotou na důležitosti a její kvalita představuje jednu z primárních konkurenčních výhod, které mohou rozhodovat o další existenci podnikatelské činnosti. Na tuto situaci se snaží reagovat publikace, která se vám právě dostala do ruky. I když se riziko a nejistota dotýkají prakticky každé aktivity v životě podniku, rozhodli jsme se hlouběji zaměřit pouze na oblasti finančního a investičního rozhodování, kterým přisuzujeme jednu z klíčových rolí. Značnou pozornost věnujeme zejména možnostem využití simulací Monte Carlo.

Pro snazší orientaci v textu jsme rozčlenili publikaci na čtyři samostatné části. **První část „Analýza a hodnocení rizika“** vymezuje problematiku a představuje hlavní analytické nástroje, které má manažer pro práci s rizikem a nejistotou k dispozici. Seznámíte se s různými pojmovými vymezeními rizika a nejistoty, dále pak s možnostmi jejich klasifikace a měření. Samozřejmě že nechybí ani kapitola, která se věnuje hodnocení rizik a rozhodování o výběru rizikových variant. **Druhou část „Simulaci Monte Carlo v analýze rizika“** považujeme za ústřední. Podrobně popisuje principy simulací Monte Carlo a jejich praktické využití při finančním a investičním rozhodování v podniku. Jednotlivé kapitoly druhé části se věnují modelování s využitím expertních názorů, modelování s využitím statistické analýzy a modelování různých forem závislostí. Tato část je ukončena komplexním příkladem na simulaci Monte Carlo, ve kterém jsou popsány jednotlivé kroky sestavování simulačního modelu a samozřejmě i shrnuty poznatky z předchozích kapitol. **Třetí část „Aplikace simulace Monte Carlo ve finančním managementu“** ukazuje na možnosti aplikací simulací Monte Carlo při oceňování podniku a při optimalizaci v rámci finančního a investičního rozhodování. Poslední **čtvrtá část „Implementace analýzy rizika“** se orientuje na problematiku úspěšné implementace procesů analýzy rizika do podnikové kultury.

Rádi bychom vyjádřili naše poděkování Grantové agentuře ČR a Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy za finanční podporu projektů GA 402/06/P057 „Riziko, hodnota firmy a klimatické deriváty“ a MSM 6138439905 „Nová teorie ekonomiky a managementu organizací a jejich adaptační procesy“, při jejichž řešení tato publikace mohla vzniknout.

Kniha je primárně určena finančním manažerům v podnikohospodářské sféře a pracovníkům, kteří se budou jako členové realizačních týmů podílet na implementaci analýzy rizika v oblasti finančního a investičního rozhodování. Užitečné podněty zde mohou nalézt i manažeri z dalších funkčních oblastí podniku, případně i z finanční sféry. V neposlední řadě může publikace sloužit jako vhodný učební text pro studenty ekonomických vysokých škol.

Věříme, že problematika analýzy rizika a finančního modelování bude pro vás stejně zajímavá a prakticky využitelná jako pro autory a že vám obsah publikace alespoň částečně umožní lépe se vypořádat se stále přítomným rizikem a nejistotou při finančním řízení podniku. Za jakékoliv připomínky k textu či další podněty vám budeme vděční.



Textbook Trialware

Free 140-day Trial of Crystal Ball Software Compliments of the Crystal Ball Education Alliance

- 1 Visit <http://www.oracle.com/technology/products/bi/crystalball>
- 2 Click on the Free Download link
- 3 Download and install Oracle Crystal Ball software
- 4 Enter the information below when prompted

username: Hnilica 1st Edition 9788024725604

serial number: FF2EC4C6-CC2AC60B-7C55B749-2A24B3B8

This is a time-limited version of Crystal Ball software. Trial software is permitted for one installation only. For installation instructions and troubleshooting tips please visit <http://www.oracle.com/crystalball>. Crystal Ball and Oracle are registered trademarks of Oracle Corporation.



ČÁST I.

Analýza a hodnocení rizika

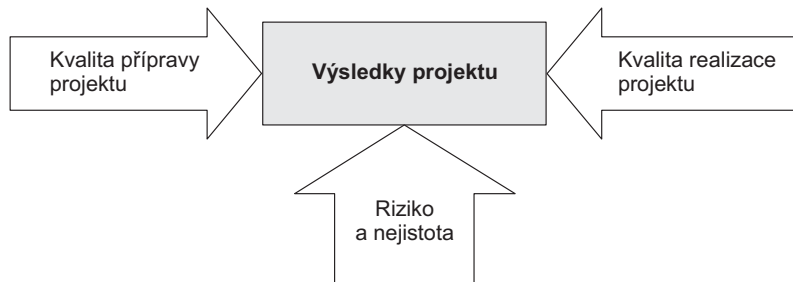
1. Pojetí rizika, jeho klasifikace a měření

1.1 Riziko a hospodářské výsledky

Riziko a nejistota jsou významným atributem většiny lidských aktivit, a to zejména aktivit podnikatelských. Výzkum a vývoj nových produktů, zavádění moderních technologií, vstupy na nové trhy, fúze a akvizice, velké investiční projekty, restrukturalizace společností aj. mohou sloužit jako příklady aktivit, jejichž budoucí výsledky jsou nejisté a mohou se odchylovat od výsledků plánovaných či předpokládaných, být horší či lepší.

Výsledky pochopitelně závisí na tom, jak kvalitní byla příprava těchto aktivit, resp. investičních projektů, a jak kvalitně proběhla jejich realizace. Je zřejmé, že **kvalita přípravy** ovlivňuje úspěšnost či neúspěšnost projektů zásadním způsobem, neboť nedostatky v přípravě vedoucí k volbě nevhodné varianty nelze obvykle odstranit, ale pouze zmírnit v průběhu jejich realizace. Současně ovšem nízká kvalita realizace může výrazně ohrozit úspěšnost projektu, a tím jeho budoucí výsledky.

Ani velice kvalitní příprava a realizace projektů však vzhledem k existenci **rizika a nejistoty**¹ nezaručují dosažení nejlepších či očekávaných výsledků. Riziko a nejistota představují třetí klíčový faktor ovlivňující budoucí výsledky projektu² (viz obr. 1.1).



Obr. 1.1 Faktory ovlivňující výsledky projektu

Z hlediska rizika a nejistoty je podstatné, že tyto faktory je třeba zvažovat a integrovat do přípravy projektů, jejich hodnocení a rozhodování o přijetí či zamítnutí. **Kvalitní příprava projektů, jejich hodnocení a výběr** proto vyžadují:

- identifikovat faktory rizika a nejistoty, které ovlivňují výsledky projektů (úspěšnost či neúspěšnost), a posoudit jejich význam;

¹ Např. v podobě neočekávaných změn poptávky, prodejních a nákupních cen, měnových kurzů, úrokových sazeb, politické nestability, havárií, živelných pohrom aj.

² Vzhledem k tomu je možné, že velice kvalitně připravený a realizovaný projekt může být vlivem nepříznivého vývoje faktorů ovlivňujících jeho výsledky neúspěšný a naopak (avšak méně často) výsledky projektu s nízkou kvalitou přípravy i realizace mohou být vlivem příznivé shody okolností (štěstí) dobré.

- stanovit a zhodnotit dopady těchto faktorů na budoucí výsledky projektu (určit velikost rizika a posoudit jeho přijatelnost či nepřijatelnost);
- zvažovat možná opatření na zmenšení rizika z hlediska nákladů i rozsahu tohoto snížení.

Identifikace rizik, posouzení jejich významu, stanovení velikosti rizika a jeho zhodnocení tvoří náplň **analýzy rizika**, na kterou zaměříme v této publikaci pozornost. Význam analýzy v současném období globalizace, dynamických změn podnikatelského okolí a zvyšujícího se výskytu rizik nelze popřít a její opomíjení je nepřijatelné.³ Kvalitní analýza rizika jednak zabývá přijímání projektů či realizaci podnikatelských aktivit s **nepřijatelným rizikem**, jejichž neúspěch by mohl výrazně ovlivnit finanční stabilitu podniku či samotnou jeho existenci,⁴ a jednak zvyšuje **pravděpodobnost úspěšnosti** těchto projektů či aktivit, a tím zlepšení hospodářských výsledků z dlouhodobého hlediska.

Poznámka: Známý je vztah mezi rizikem a výnosností. Čím je riziko určité aktivity či projektu větší, tím vyšší zhodnocení (prémii za podstoupení rizika) investor požaduje. U málo rizikových projektů tedy postačí malé zhodnocení, s růstem rizikovosti se však požadavky na zhodnocení zvyšují. Vysokou výnosnost (25 až 30 %) vyžadují především fondy rizikového kapitálu, které se podílejí na financování projektů s vysokým rizikem (např. zahajování podnikatelské činnosti, financování rozvoje nových produktů aj.). Je to dáno tím, že určitá (ne zrovna malá) část těchto projektů skončí neúspěchem, kdy investoři ztratí vložené prostředky, takže tyto neúspěchy musí být vyváženy vysokým zhodnocením prostředků vložených do úspěšných projektů. Názorně lze ilustrovat vztah mezi rizikem a výnosností u finančních investic. Nejnížší výnosnosti dosahují bezrizikové cenné papíry (státní pokladniční poukázky s výnosností okolo 2 až 3 %), poněkud vyšší zhodnocení 4 až 5 % poskytují dlouhodobé státní obligace, následované kvalitními podnikovými obligacemi, vyšší průměrné roční výnosnosti (od cca 8 % do 15 %) dosahují akcie představující rizikovější finanční investice než obligace a nejvyšší zhodnocení pak vyžadují již zmíněné fondy rizikového kapitálu.

1.2 Pojetí rizika a nejistoty

Pojetí rizika prošlo určitým historickým vývojem⁵, ve kterém převažovalo chápání rizika jako určitého nebezpečí (v tomto smyslu mluvíme i dnes o riziku onemocnění, havárie výrobního zařízení aj.), tj. zaměřujeme se na negativní stránku rizika. Z tohoto hlediska chápeme **riziko** jako:

- ³ Manažeri bohužel v mnoha případech propadají určitým iluzím [1] projevujícím se velkou důvěrou v prognózy či neoprávněným optimismem spojeným s vírou, že sice mohou nastat menší a krátkodobé problémy, ale nic vážného, co by mohlo ohrozit úspěch projektu. Dále mají sklon přeceňovat osobní vliv na výsledky projektu s tím, že vynaložením dostatečného úsilí lze dosáhnout úspěchu.
- ⁴ V některých případech však ani pečlivá analýza rizika nemůže zabránit výraznému neúspěchu projektu způsobenému zcela nepředvídatelnými riziky, neboť tato analýza pracuje s riziky, která byla předem identifikována a zhodnocena.
- ⁵ Stručné shrnutí tohoto vývoje uvádí Tichý [7], podle kterého lze kořeny slova riziko vysledovat v arabštině, latinské i řečtině. Arabské slovo *risq* mělo význam náhodného a příznivého výsledku, latinské *riscum* se vztahovalo k nebezpečí lodní dopravy vyvolaného korálovými útesy, které museli mořeplavci překonat či se jim vyhnout (riziko bylo tedy spojováno s nepříznivými událostmi a odvahou podstoupit nebezpečí). Řecká odvozenina arabského slova *risq* byla spojována jak s negativními, tak pozitivními událostmi či výsledky. Pozdější vývoj pojetí rizika v 17. až 20. století kolísal mezi jeho spojením pouze s negativními výsledky (častější chápání), či zda se zvažovaly výsledky příznivé i nepříznivé.

- možnost (pravděpodobnost) vzniku ztráty;
- možnost výskytu událostí, které zabrání či ohrozí dosažení cílů jednotlivce či organizace;
- nebezpečí (pravděpodobnost) negativních odchylek od stanovených úrovní cílů jednotlivce či organizace.

Toto pojetí je do značné míry oprávněné u rizik, která mají pouze negativní stránku, tj. u **čistých rizik**⁶ (*Pure Risk*). V hospodářské praxi však obvykle převažují rizika označovaná jako **podnikatelská** (*Business Risk*), která mají nejen negativní, ale i pozitivní stránku⁷ a s tím jsou spojena pojetí rizika jako:

- **variability** možných výsledků určitých procesů či aktivit;
- možnosti **odchylek** (negativních i pozitivních) od výsledků očekávaných či plánovaných;
- **pravděpodobnosti** odlišných hodnot od očekávaných či plánovaných výsledků.

Společnou vlastností uvedených pojetí rizika je možnost dosáhnout **výsledků horších i lepších**, než jsou výsledky plánované.

Podnikatelské riziko (podnikatelské aktivity, projektu, podniku jako celku) budeme dále chápat jako možnost, že **skutečně dosažené výsledky podnikatelské činnosti se budou odchylvat od výsledků předpokládaných**, přičemž tyto odchylky mohou být:

- **žádoucí** (směrem k vyššímu zisku), nebo **nežádoucí** (směrem ke ztrátě);
- **odlišné velikosti**, a to od odchylek malých, kdy se naše výsledky blíží výsledkům předpokládaným, až k odchylkám velkého rozsahu (výrazný podnikatelský úspěch v případě žádoucí odchylky, či výrazné finanční obtíže až úpadek v případě nežádoucí odchylky).

Určitou ilustraci pojetí rizika uvádí příklad 1.1.

Příklad 1.1

Podnik připravuje realizaci projektu spočívajícího v zavedení výroby určitého nového produktu. Pro jednoduchost předpokládejme, že jediným faktorem rizika je výše budoucí poptávky, tzn. že hodnoty ostatních faktorů ovlivňujících dosažitelný zisk známe s jistotou (např. prodejní cenu, velikosti jednotlivých nákladových položek aj.). Z marketingového průzkumu trhu vyplynulo, že očekávaná velikost prodeje činí 80 tis. ks/rok, v příznivém případě by mohla dosáhnout až 100 tis. ks/rok a v nepříznivém případě by neměla klesnout pod 50 tis. ks/rok.

Jestliže nyní budeme jako jednu z variant velikosti výrobní jednotky zvažovat výrobní kapacitu 100 tis. ks/rok schopnou uspokojit i vyšší poptávku, pak pro posouzení této varianty je třeba stanovit velikost zisku (jakožto zvoleného ekonomického kritéria), které by bylo dosaženo, a to při třech možných budoucích situacích, jež jsou dány hodnotami prodeje 50 tis. ks/rok, 80 tis. ks/rok a 100 tis. ks/rok (viz tab. 1.1).

⁶ Blíže k čistým rizikům viz podkapitola 1.3.

⁷ Čeština nemá termíny pro odlišení negativní a pozitivní stránky rizika. Angličtina to rozlišuje a negativní stránku rizika (možnost vzniku ztráty, resp. obecněji možnost nedosažení plánovaných výsledků) označuje jako *Downside Risk* a pozitivní stránku rizika (možnost překročení plánovaných výsledků) jako *Upside Risk*.

Tab. 1.1 Výše zisku projektu zavedení nového produktu

Velikost poptávky (tis. ks/rok)	50	80	100
Pravděpodobnost poptávky*	0,1	0,7	0,2
Zisk (mil. Kč/rok)	–10	25	40

* Jedná se o tzv. subjektivní pravděpodobnosti, které lze v tomto případě určit s využitím znalostí a zkušeností marketingových odborníků (blíže k subjektivním pravděpodobnostem viz kapitola 5).

Jestliže budeme v tomto příkladu mluvit o podnikatelském riziku, můžeme mít na mysli:

- **riziko poptávkové**, kdy chápeme riziko jako faktor, který by mohl být příčinou neúspěchu daného investičního projektu (při poptávce pouze 50 tis. ks/rok vede projekt k roční ztrátě 10 mil. Kč);
- **nebezpečí podnikatelského neúspěchu**, kdy s pravděpodobností 0,1 bude nízká poptávka, při které (vzhledem k malému využití výrobní jednotky) dosáhne podnik roční ztráty 10 mil. Kč, resp. odchylka od očekávaného zisku bude činit $25 - (-10) = 35$ mil. Kč;
- **naděži na dosažení vysokého zisku**, kdy při poptávce 100 tis. ks/rok dosáhne podnik s pravděpodobností 0,2 ročního zisku 40 mil. Kč, tj. překročí očekávaný zisk o $40 - 25 = 15$ mil. Kč.

Obtíže při pojmovém vymezení rizika vznikají mnohdy též z toho, že se riziko někdy chápe z hlediska jeho **dopadů**, jindy z hlediska **faktorů (příčin, zdrojů rizika)**, které dopady vyvolávají.

Poznámka: Vazba mezi příčinami a dopady rizika může mít povahu kauzálního řetězce s více články. Pokud mluvíme třeba o riziku cenovém ve vztahu k nejistému vývoji cen ropy na světovém trhu, pak toto riziko má odlišné dopady na různé podnikatelské subjekty. Pozitivní dopady se týkají především firem zabývajících se těžbou ropy, kterým rostou zisky, a negativní dopady výrazně doléhají na dopravní společnosti (především leteckou a silniční dopravu), kde jde o nákladová rizika. Dopravci se pak snaží přenést část dopadů na uživatele přepravních služeb (např. palivové příplatky u letecké dopravy aj.). Možný vzrůst cen ropy má však i své příčiny, např. vznik konfliktů v oblastech těžby ropy (Blízký východ), pokles či vzrůst zásob ropy a ropných produktů v USA, omezování těžby členskými státy ropného kartelu OPEC aj. Rizika, která jsou blíže příčinám (zdrojům), budeme dále označovat jako faktory rizika, resp. faktory nejistoty.

Pro úplnost je třeba ještě odlišit **riziko** a **nejistotu**, i když se v některých pramenech můžeme setkat s jejich ztotožněním. **Riziko** je vždy spojeno s určitou akcí, aktivitou či projektem s nejistými výsledky, přičemž tyto výsledky ovlivňují (často finanční) **situaci subjektu**, který akci realizuje. Např. neúspěch určitého projektu může vést ke vzniku hospodářské ztráty, problémům s peněžními toky, dokonce až k ohrožení existence podniku, s čímž jsou úzce spojeny i dopady na manažery odpovědné za přijetí či realizaci tohoto projektu (počínaje finančními postihy, poškozením reputace, ztrátou pozice a konče až propuštěním). Na druhé straně úspěch projektu může posílit konkurenceschopnost podniku, zlepšit jeho hospodářské výsledky, tentokrát s příznivými dopady na manažery (finanční ohodnocení, povýšení aj.).

Nejistota je pak spojena především s **neschopností spolehlivého odhadu** budoucího vývoje těchto faktorů (faktorů rizika) ovlivňujících výsledky aktivit, resp. projektů (vývoj poptávky, prodejních cen, nákupních cen materiálů a energií, měnových kurzů, technolo-

gických změn aj.). Nejistota budoucích hodnot faktorů rizika se pak promítá do nejistoty výsledků realizovaných podnikatelských aktivit či projektů a je příčinou jejich rizikovosti.⁸

Omezenou spolehlivost stanovení budoucích hodnot faktorů rizika nepříznivě ovlivňuje více aspektů, k nimž patří především:

- nedostatek informací a nedostatečné poznání procesů, které generují faktory rizika a nejistoty;
- použití nevhodných zdrojů informací a neověřených, resp. nespolehlivých dat;
- uplatnění nevhodných metod odhadu budoucího vývoje faktorů rizika a nejistoty;
- náhodný (stochastický) charakter procesů, jejichž výsledkem jsou hodnoty rizikových faktorů.

Z výše uvedeného je zřejmé, že **nejistotu** (nespolehlivost) odhadu vývoje faktorů rizika a nejistoty lze **snížit** (např. lepším poznáním procesů generujících tyto faktory, lepším informačním vybavením, užitím variantních a spolehlivějších zdrojů dat, uplatněním vhodnějších metod prognózování aj.), ale nelze ji **zcela odstranit** vzhledem k náhodné povaze procesů generujících rizikové faktory.

1.3 Klasifikace rizik

Riziko lze klasifikovat z mnoha aspektů. Mezi základní způsoby třídění patří členění rizika na:

- Podnikatelské a čisté; **podnikatelské riziko** (*Business Risk*) má již zmíněnou pozitivní a negativní stránku, přičemž **čisté riziko** (*Pure Risk*) má pouze stránku negativní, tj. existuje zde nebezpečí vzniku nepříznivých situací, resp. nepříznivých odchylek od žádoucího stavu, za který se považuje uchování majetku, zdraví a lidských životů. Čistá rizika se obvykle vztahují ke ztrátám a škodám na majetku organizací a jednotlivců, poškození zdraví, resp. ztrátám života jednotlivců a členů organizačních jednotek vyvolaných přírodními jevy (např. povodně, požáry, zemětřesení aj.), technickými systémy a jejich selháním (např. havárie výrobních zařízení) a jednáním lidí (krádeže a zpronevěry, stávkový boj aj.).
- Systematické a nesystematické; **systematické riziko** je riziko vyvolané společnými faktory a postihující v různé míře všechny hospodářské jednotky, resp. oblasti podnikatelské činnosti. Zdrojem systematického rizika jsou např. změny peněžní a rozpočtové politiky, změny daňového zákonodárství, celkové změny trhu (konjunkturální cykly, změny cen základních surovin a energií aj.). Protože systematické riziko závisí do značné míry na celkovém vývoji trhu, označuje se jako **riziko tržní**. Toto riziko vzhledem ke společnému charakteru nelze snižovat diverzifikací, a proto se označuje též jako **nediverzifikovatelné**. **Riziko nesystematické (jedinečné, specifické)** je riziko, které je specifické pro jednotlivé firmy, resp. jejich aktivity. Zdrojem takového rizika může být např. odchod klíčových pracovníků firmy, selhání významného subdodavatele, vstup nového konkurenta na trh, havárie výrobního zařízení aj.). Vzhledem ke svému charakteru představují systematická

⁸ Pojetí rizika a nejistoty může být zčásti závislé na oboru, ve kterém se s nimi pracuje. Např. v teorii rozhodování se **rozhodování za rizika** chápe jako rozhodování, kdy jsou známy stavy světa i jejich pravděpodobnosti, přičemž v případě, že tyto pravděpodobnosti známy nejsou, jde o **rozhodování za nejistoty**.

rizika obvykle **rizika makroekonomická**, rizika nesystematická pak **rizika mikroekonomická**.⁹

- Vnitřní a vnější; **vnitřní rizika** jsou rizika, která se vztahují k faktorům uvnitř firmy, (může jít např. o rizika výzkumně-vývojová, resp. technicko-technologická spojená s výzkumem a vývojem nových výrobků a technologií, rizika selhání pracovníků aj.). **Vnější rizika** se vztahují k podnikatelskému okolí, ve kterém firma podniká. Jejich zdrojem jsou externí faktory, které se člení na **makroekonomické** (v podobě ekonomického, sociálního, technicko-technologického a ekologického makrookolí) a **mikroekonomické** (konkurence, dodavatelé, odběratelé aj.).
- Ovlivnitelné a neovlivnitelné; toto členění rizik souvisí s možností manažera či firmy působit na příčiny jejich vzniku. Jako **ovlivnitelné** se chápe riziko, které lze eliminovat, resp. oslabit opatřením orientovaným na jeho příčiny, a to ve smyslu eliminace, resp. snížení pravděpodobnosti vzniku či rozsahu možných nepříznivých situací (např. zvýšením kvalifikace pracovníků výzkumu a vývoje, zlepšením jejich přístrojového vybavení apod. lze snížit rizika výzkumu a vývoje nových výrobků a technologií). U **neovlivnitelného rizika** nemáme možnost působit na jeho příčiny (např. nepříznivá změna měnového kurzu, povodeň aj.), ale můžeme přijmout opatření snižující nepříznivé následky těchto rizik (např. formou zajištění, pojištění). Vnitřní rizika jsou spíše ovlivnitelná, vnější rizika většinou neovlivnitelná.
- Primární a sekundární; **sekundární riziko** je vyvoláno přijetím určitého opatření na snížení **primárního rizika** tvořeného všemi výše uvedenými faktory. Příkladem sekundárního rizika může být riziko spojené s existencí odlišné podnikové kultury při vytvoření společného podniku se zahraničním partnerem, která může být příčinou jeho neúspěchu (přitom tvorba společného podniku byla opatřením orientovaným na oslabení rizika primárního, např. vstupu na zahraniční trh).
- Ve fázi přípravy, realizace a provozu firemních projektů; **rizika ve fázi přípravy a realizace projektu** představují všechny druhy rizik, která ohrožují splnění termínu dokončení projektu, dodržení rozpočtu a kvalitu projektu (např. nebezpečí nedostatků projektového řešení, rizika selhání subdodavatelů stavební a strojní části projektu, nepříznivá změna měnového kurzu ovlivňující cenu dovážené technologie aj.). **Rizika ve fázi provozu** představují všechny rizikové faktory ovlivňující hospodářské výsledky fungování projektu (např. vzrůst cen surovin, materiálů a energie, pokles poptávky, nedosažení projektované kapacity nezvládnutím technologického procesu aj.).

Významné a značně bohaté je členění rizik podle jejich věcné náplně. Z tohoto hlediska se obvykle rozlišují rizika:

- **Technicko-technologická**, spojená s aplikací výsledků vědecko-technického rozvoje a vedoucí k neúspěchu vývoje nových výrobků a technologií, nezvládnutí technologického procesu spojeného s poklesem výrobní kapacity aj. (Tato rizika se mohou projevovat též objevením nových produktů a postupů, které vedou k morálnímu zastarání technologií.)

⁹ Obory s vysokým systematickým rizikem představují např. obory značně závislé na ekonomickém cyklu jako je letecká doprava, stavebnictví aj. Naopak k oborům s menší závislostí na ekonomickém cyklu, a tím i s nižším systematickým rizikem patří např. potravinářský průmysl, výroba elektrické energie aj.

- **Výrobní**, která mají často charakter omezenosti, resp. nedostatku zdrojů různé povahy (surovin, materiálů, energií, pracovních sil určité kvalifikace), které mohou ohrozit průběh výrobního procesu a jeho výsledky. Příčinou některých výrobních rizik spojených s omezeností zdrojů mohou být nedostatky a poruchy na straně dodavatelů (**rizika dodavatelská**). Mezi výrobní rizika je možné zařadit i rizika projevující se např. nespolehlivostí a výpadky výrobních zařízení spojenými s omezením dodávky produktů či služeb, vzrůstem nákladů na opravy a údržbu aj. Tato rizika se někdy označují jako **provozní rizika** nebo také jako **operační rizika**.
- **Ekonomická**, která zahrnují především širokou paletu nákladových rizik, jež jsou vyvolána růstem cen surovin, materiálů, energií, služeb, resp. dalších nákladových položek. V důsledku těchto rizik může dojít k překročení plánované výše nákladů a nedosažení předpokládaného hospodářského výsledku.
- **Tržní**, spojená s úspěšností výrobků (služeb) na domácích i zahraničních trzích, která mají převážně podobu **rizik prodejních** (poptávkových) ve vztahu k velikosti prodeje a **rizik cenových** z hlediska dosahovaných prodejních cen. Zdrojem tržních rizik je často chování konkurence projevující se zaváděním nových výrobků a cenovou politikou, změny spotřebitelských preferencí aj. Tržní rizika vyžadují především značný optimismus, pokud jde o dlouhodobý vývoj poptávky, ale stejně jako nákladová rizika ohrožují výrazně hospodářské výsledky firmy.
- **Finanční**,¹⁰ spojená se způsobem financování (orientace spíše na vlastní či cizí kapitál), dále s dostupností zdrojů financování a schopností dostát splatným závazkům (**likviditní riziko**), nepříznivými změnami úrokových sazeb při užití úvěrů s pohyblivými úrokovými sazbami, změnami měnových kurzů.
- **Kreditní**, vztahující se k nebezpečí platební neschopnosti či nevůli zákazníků a odběratelů (obecně jde o nebezpečí, že smluvní strana nedostojí svému závazku splatit úvěr, uhradit fakturu aj.).
- **Legislativní**, vyvolaná obvykle hospodářskou a legislativní politikou vlády (změny daňových zákonů, zákonů na ochranu životního prostředí, protimonopolních zákonů, snížení ochrany domácího trhu, změny celní politiky, změny rozpočtové a investiční politiky, změny ochrany spotřebitelů aj.). Důležitou složkou tohoto rizika může být nedostatečná ochrana duševního vlastnictví (patenty, obchodní známky, autorská práva).
- **Politická**, zahrnující stávky, národnostní a rasové nepokoje, války, teroristické akce aj., které jsou zdrojem politické nestability i změn politických systémů. Do skupiny politických rizik se obvykle zahrnují také rizika spojená s podnikáním v zahraničí, a to především v rozvojových zemích, která mohou mít podobu znárodnění, omezení repatriace zisku, uvalení tarifních bariér a exportních omezení, odmítnutí původně schválených dotací, omezení přístupu ke zdrojům surovin a energií aj.¹¹
- **Environmentální**, která mohou mít podobu nákladů na odstranění škod na životním prostředí, nákladů spojených s uvedením procesů do souladu se zpřísněnými opatřeními na ochranu životního prostředí, daní spojených s využíváním neobnovitelných zdrojů, ztrát spojených s nuceným ukončením určitých aktivit aj.
- Spojená s **lidským činitelem**, kdy jde o rizika vyplývající z určité úrovně zkušeností, kompetence i jednání všech relevantních subjektů. Významná zde budou především **rizika**

¹⁰ Někdy se finanční rizika chápou značně širěji a zahrnují i výše uvedená ekonomická a tržní rizika.

¹¹ S politickými riziky spojenými s podnikáním v zahraničí úzce souvisí také tzv. komerční rizika, charakteristická nedobytností pohledávek vyvolanou platební neschopností, resp. nevůli odběratelů.

managementu, který je jedním z rozhodujících faktorů úspěšnosti firmy či jí realizovaných projektů.¹² Dalšími riziky z této kategorie mohou být ztráty klíčových pracovníků (opět především manažerů, resp. specialistů), podvodné či nezákonné jednání zaměstnanců, stávky, sabotáže aj.

Poznámka: Zajímavé informace poskytl průzkum hospodářské kriminality (zahrnující braní úplatků, falšování finančních výkazů, krádeže a zpronevěry finanční hotovosti, zneužívání informací v obchodním styku aj.) provedený společností KPMG [6] a založený na analýze 360 případů této kriminality v zemích Evropy, Afriky a Středního východu. Podle průzkumu:

- jde o značně **závažný** a stále se **rozšiřující jev** (např. v Rakousku je jím postižena každá druhá firma), přičemž výše způsobených škod se odhaduje na 5 % firemních výnosů. Každý druhý pachatel v Evropě, třetí v jižní Africe a čtvrtý na Středním východě způsobil své firmě škodu za více než 1 milion eur;
- většina pachatelů (téměř 90 %) pochází z řad vlastních zaměstnanců představovaných především manažery firmy (vyšší management se podílel na těchto deliktech 49 %, střední a nižší management 26 %, zaměstnanci 14 % a správní rada 11 %);
- významnou příčinou tohoto jednání byly nedostatečné systémy vnitřní kontroly (v téměř 80 % případů pachatelé obešli, resp. překonali kontrolní systémy, což je relativně nejsnadnější právě pro vyšší management).

- **Informační**, týkající se firemních informačních systémů a dat, jejichž nedostatečná ochrana může být zneužita interními a externími subjekty.¹³
- **Zásahy vyšší moci**, spojené s riziky **havárií výrobních zařízení** a **nebezpečím živelných pohrom** různého druhu (požáry, zemětřesení, sopečné výbuchy, povodně, tajfuny, výrazné změny klimatu aj.). V poslední době jde i o nezanedbatelné riziko **teroristických útoků**.

V jiných klasifikacích rizik se můžeme setkat i s kategorií **strategických rizik** (objevení nových technologií, významné změny trhu, rychlé změny preferencí zákazníků) a **operačních rizik** (rizika spojená s jednotlivými operacemi, riziko nevhodných či chybných firemních procesů aj.).

1.4 Měření rizika

Základem měření rizika je stanovení jeho číselných charakteristik. To však vyžaduje kvantitativní charakter veličiny (kritéria), vzhledem ke kterému se riziko určuje, a znalost jeho rozdělení pravděpodobnosti. V opačném případě není číselné měření rizika možné, ale lze uplatnit určité kvalitativní verbální charakteristiky. Oba způsoby měření rizika v dalším textu blíže popíšeme.

¹² Např. jeden z empirických průzkumů zaměřený na úspěšnost velké skupiny projektů z oblasti těžby [5] ukázal, že výsledky téměř jedné čtvrtiny projektů byly poškozeny chybami managementu. Velice častou příčinou finančního neúspěchu těchto projektů bylo překročení investičních nákladů a doby výstavby (u cca 30 % neúspěšných projektů) a chybně odhadnuté prodejní ceny (u jedné třetiny neúspěšných projektů).

¹³ V jiných systémech klasifikace rizik se informační rizika a některá rizika spojená s lidským činitelem (např. podvodné či nezákonné jednání zaměstnanců) zahrnují mezi provozní rizika.

1.4.1 Číselné charakteristiky rizika

Měřením rizika budeme rozumět **číselné stanovení velikosti rizika** určité podnikatelské aktivity (např. investičního projektu), firemního aktiva (např. finančních investic) či firmy jako celku. Přitom je třeba si uvědomit, že toto riziko lze vyjadřovat vždy pouze vzhledem k určitému kritériu kvantitativní povahy, které zobrazuje číselně výsledky této aktivity a slouží k jejímu hodnocení. Tímto kritériem může být např. zisk firmy za určité období, rentabilita jejího kapitálu; u investičních projektů jejich čistá hodnota, vnitřní výnosné procento či doba úhrady; u finančních investic pak jejich tržní hodnota k určitému datu aj.

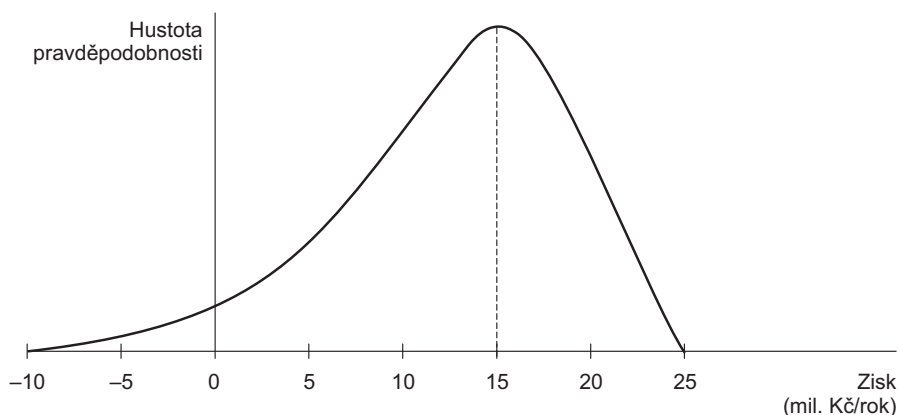
Jakožto **číselné míry rizika** mohou sloužit:

- **pravděpodobnosti nedosažení** (případně překročení) určité hodnoty kritéria;
- statistické charakteristiky variability kritéria, zahrnující **rozptyl, směrodatnou odchylku a variační koeficient**;
- **hodnoty kritéria**, které budou **překročeny** (či nedosaženy) se zvolenou **pravděpodobností**.

Stanovení těchto charakteristik rizika však není jednoduché, neboť vyžaduje znalost rozdělení pravděpodobnosti kritérií, vzhledem ke kterým se riziko určuje. Jedním z klíčových nástrojů na stanovení těchto rozdělení pravděpodobností je simulace Monte Carlo, kterou budeme stručně charakterizovat v kapitole 3 a dále se jí budeme podrobně zabývat v II. části této publikace.

Pravděpodobnost nedosažení zvolené hodnoty kritéria

Příkladem uplatnění této charakteristiky může být pravděpodobnost, že zisk firmy či jejího určitého projektu nebude v daném období záporný, tj. firma či projekt nebudou ztrátové (zvolenou hodnotou kritéria v tomto případě je nulový zisk). Jak jsme již uvedli, předpokladem pro stanovení této pravděpodobnosti je znalost rozdělení pravděpodobnosti zisku. Proto nyní vyjdeme z toho, že využitím simulace Monte Carlo jsme stanovili rozdělení pravděpodobnosti, jehož graf je na obrázku 1.2.



Obr. 1.2 Rozdělení pravděpodobnosti zisku projektu

Poznámka: Rozdělení pravděpodobnosti zisku má v tomto případě podobu hustoty pravděpodobnosti, kde plocha pod křivkou je normována a je rovna 1, resp. 100 %. Velikosti dílčích ploch pod křivkou pak vyjadřují pravděpodobnosti, že zisk se bude nacházet v určitém intervalu. Např. pravděpodobnost, že velikost zisku se bude pohybovat v intervalu od 0 do 15 mil. Kč, je dána plochou ohraničenou shora křivkou a zleva i zprava kolmicemi v bodech 0 a 15. Z grafu, který se též označuje jako **riziková křivka** či **profil rizika**, je zřejmé, že ztráta by neměla překročit 10 mil. Kč/rok (dolní mez zisku) a zisk 25 mil. Kč/rok (horní mez).

Pokud obrázek 1.2 zobrazuje rozdělení pravděpodobnosti zisku určitého firemního projektu, pak pravděpodobnost ztrátovosti tohoto projektu (velikost plochy pod rizikovou křivkou ohraničenou zleva ztrátou 10 mil. Kč a zprava kolmicí v bodu nulového zisku) je okolo 0,1, resp. 10 %.¹⁴

Jestliže má firma připravující tento projekt dosáhnout jeho realizací zvýšení ročního zisku alespoň o 15 mil. Kč (plánovaný přírůstek ročního zisku je tedy 15 mil. Kč), pak z obrázku 1.2 lze snadno stanovit pravděpodobnost, že tento přírůstek 15 mil. Kč nedosáhne. Jde opět o plochu pod rizikovou křivkou ohraničenou zleva ztrátou 10 mil. Kč a zprava kolmicí v bodě plánovaného přírůstku zisku ve výši 15 mil. Kč, jejíž velikost může být okolo 0,65 (65 %). Znamená to tedy, že s touto pravděpodobností realizace projektu nepovede k dosažení plánovaného přírůstku ročního zisku (nebezpečí nesplnění plánu je 65 %). Naopak pravděpodobnost překročení, resp. alespoň dosažení plánovaného přírůstku zisku je $100 \% - 65 \% = 35 \%$.

Z pohledu obou charakteristik rizika (pravděpodobnosti ztráty a pravděpodobnosti nedosažení plánovaného přírůstku ročního zisku) jde tedy o projekt dosti rizikový. (Pokud by roční ztráta v důsledku realizace tohoto projektu blížící se 10 mil. Kč/rok představovala pro firmu nepřijatelné riziko, bylo by nutné projekt zamítnout.)¹⁵

Statistické charakteristiky variability

Se statistickými charakteristikami variability v podobě **rozptylu**, **směrodatné odchylky**, resp. **variačního koeficientu** jako mírami rizika se často setkáváme ve finančním managementu. Všechny tyto charakteristiky rizika vyjadřují, do jaké míry jsou jednotlivé hodnoty kritéria (v našem případě opět např. zisk firmy či určitého projektu) blízké či vzdálené od středu rozdělení reprezentovaného střední (očekávanou) hodnotou tohoto kritéria. Čím jsou jednotlivé hodnoty kritéria vzdálenější od střední hodnoty (a čím je větší jejich pravděpodobnost), tím jsou rozptyl i směrodatná odchylka větší.¹⁶

K interpretaci rozptylu (směrodatné odchylky) jako míry rizika dvou investičních projektů z hlediska jejich zisku nám poslouží obrázek 1.3, kde jsou grafy hustoty pravděpodobnosti ročního zisku dvou investičních projektů A a B. Oba tyto projekty mají přibližně stejnou střední hodnotu (ta se pohybuje okolo 60 mil. Kč/rok), ale liší se značně svým rozptylem i směrodatnou odchylkou. Projekt A má větší variabilitu než projekt B, a tím i vyšší rozptyl a směrodatnou odchylku. Projekt A je tedy podle těchto dvou charakteristik rizikovější než

¹⁴ Přesná hodnota této pravděpodobnosti je součástí výstupu počítačového programu pro simulaci Monte Carlo.

¹⁵ Na základě znalosti rozdělení pravděpodobnosti zisku by bylo možné určit také další číselnou charakteristiku rizika projektu, a to střední hodnotu ztráty (hodnoty ztrát od 0 mil. Kč/rok do 10 mil. Kč/rok vážené jejich pravděpodobnostmi).

¹⁶ Rozptyl se stanoví jako vážený aritmetický průměr druhých mocnin odchylek jednotlivých hodnot kritéria od jeho střední hodnoty. Jako váhy vystupují pravděpodobnosti těchto odchylek (pokud má kritérium spojitý charakter jako v našem případě zisk, je třeba součet nahradit integrálem) a směrodatná odchylka jako odmocnina rozptylu (viz příloha I).