

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU

Evidenčné číslo: 104004/I/2022/36114651034884100

METÓDY MERANIA TRHOVÝCH RIZÍK
KOMPARÁCIA METÓDY VALUE AT RISK A METÓDY S VYUŽITÍM
BETA KOEFICIENTU NA MODELOVOM AKCIOVOM PORTFÓLIU

Inžinierska záverečná práca

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU

METÓDY MERANIA TRHOVÝCH RIZÍK
KOMPARÁCIA METÓDY VALUE AT RISK A METÓDY S VYUŽITÍM
BETA KOEFICIENTU NA MODELOVOM AKCIOVOM PORTFÓLIU

Inžinierska záverečná práca

Študijný program: Podnikové financie

Študijný odbor: Ekonómia a manažment

Školiace pracovisko: KPF FPM - Kat. podnikových financií FPM

Vedúci záverečnej práce: prof. Dr. Ing. Anna Polednáková

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že inžiniersku záverečnú prácu som vypracovala samostatne,
a že som uviedla všetku použitú literatúru.

Dátum:

.....

(podpis študenta)

Pod'akovanie

Touto cestou by som chcela pod'akovať vedúcej mojej záverečnej práce prof. Ing. Anne Polednákovvej, Dr. za metodické vedenie, cenné rady a čas, ktorý mi pri vypracovaní tejto práce venovala.

ABSTRAKT

SÝKOROVÁ, Marianna: Metódy merania trhových rizík. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta podnikového manažmentu; Katedra podnikových financií. – Vedúci záverečnej práce: prof. Ing. Anna Polednáková, Dr. – Bratislava: FPM EU, 2022, 55 s.

Hlavnou myšlienkou predkladanej práce je oboznámenie sa s finančným rizikom a metódami jeho kvantifikácie, ich aplikácie a porovnávania. Problematika rizika sa už stáva súčasťou aj bežných operácií na trhoch a v podnikaní. Odborníci sa snažia nájsť predovšetkým čo najkomplexnejší, zároveň však univerzálny prístup k riziku. Práca sa sústreďí na popis rôznych metód kvantifikácie rizika a následnú aplikáciu vybraných metód – najvyužívanejšej Hodnoty v riziku a Metódu výpočtu s využitím Beta koeficientu. Metódy aplikujeme na hypotetické modelové portfólio. Na základe teoretických znalostí a výsledkov interpretujeme rozdiely v hodnotách a dôvody disperzie výsledkov. Taktiež sa zameriame na vyčíslenie diverzifikovateľného a nediverzifikovateľného rizika, ich význam pre investora a dopad na investície.

Kľúčové slová: riziko, trhové riziko, Hodnota v riziku, Beta koeficient

ABSTRACT

SÝKOROVÁ, Marianna: Market risk measurement methods. - University of Economics in Bratislava. Faculty of business management; Department of Corporate Finance.– Consultant: prof. Ing. Anna Polednáková, Dr. – Bratislava: FPM EU, 2022, 55 p.

The main idea of this thesis is the application and comparison of risk measurement methods. The issue of risk is already becoming part of day-to-day operations in markets and businesses. Experts are primarily concerned with finding the most comprehensive, but at the same time universal, risk measurement methods. The work will focus on description of the various methods of risk quantification, and the subsequent application of selected methods - the most used Value at Risk and the method of calculation using the Beta coefficient. We apply the methods to a hypothetical model portfolio. Based on theoretical knowledge and results, we interpret differences in values and the reasons for the dispersion of results. We will also focus on quantifying diversifiable and non-diversifiable risks, their significance for the investor and the impact on investments.

Key words: risk, market risk, Value at Risk, Beta coefficient

Obsah

Úvod.....	10
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí.....	11
1.1 Finančné riziko.....	12
1.1.1 Podstata, význam a klasifikácia rizika	13
1.1.2 Základné druhy finančného rizika	15
1.1.3 Trhové riziko ako súčasť finančného rizika.....	17
1.2 Postoj k riziku, riadenie a manažment rizika	19
1.3 Meranie a metódy merania trhového rizika	22
1.3.1 Metóda Value at Risk	22
1.3.2 Metóda merania rizika využitím Beta koeficientu.....	28
1.3.3 Alternatívne metódy merania trhového rizika	29
1.3.4 Porovnanie a výber vhodných metód merania trhového rizika	31
2 Cieľ práce	33
3 Metodika práce a metódy skúmania	34
4 Výsledky práce	35
4.1 Charakteristika predmetu skúmania	35
4.2 Výpočet Value at Risk metódou historickej simulácie	38
4.3 Výpočet Value at Risk využitím variančno-kovariančnej matice.....	39
4.4 Výpočet systematického rizika využitím Beta koeficientu	42
5 Diskusia.....	46
Záver	51
Použitá literatúra	52
Prílohy.....	56

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Chronologický vývoj nástrojov merania rizika.....	21
Tabuľka 2 Porovnanie jednotlivých metód Value at Risk.....	27
Tabuľka 3 Stručný prehľad predností a nedostatkov metód merania trhového rizika.....	31
Tabuľka 4 Value at Risk pre akcie modelového portfólia - historická simulácia	38
Tabuľka 5 Priemerná výnosnosť portfóliových aktív a portfólia	41
Tabuľka 6 Variančno-kovariančná matica.....	41
Tabuľka 7 Hodnoty smerodajnej odchýlky akcií, portfólia a trhu.....	43
Tabuľka 8 Regresná analýza akcie MSFT	43
Tabuľka 9 Regresná analýza akcie AAPL	43
Tabuľka 10 Regresná analýza akcie AMZN.....	44
Tabuľka 11 Regresná analýza modelového portfólia	44
Tabuľka 12 Beta koeficient pre jednotlivé aktíva a portfólio.....	45
Tabuľka 13 Kvantifikácia systematického a nesystematického rizika jednotlivých aktív a portfólia.....	45

Zoznam grafov

Graf 1 Rozdelenie pravdepodobnosti vývoja akcie MSFT za sledované obdobie	39
Graf 2 Rozdelenie pravdepodobnosti vývoja akcie AMZN za sledované obdobie.....	40
Graf 3 Rozdelenie pravdepodobnosti vývoja akcie AAPL za sledované obdobie	40
Graf 4 Porovnanie výšky rizika kalkulovaného vybranými metódami	48
Graf 5 Porovnanie výšky rizika jednotlivých aktív a portfólia.....	48
Graf 6 Prehľad podielov diverzifikovateľnej a nediverzifikovateľnej časti rizika pre aktíva a portfólio	50

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Postup aplikácie metódy Value at Risk pre meranie trhového rizika	24
---	----

Úvod

Subjekty pôsobiace na trhu sú sústavne a stále vo väčšej miere vystavované rôznym typom rizík. Väčšina subjektov pôsobiacich na trhu si uvedomuje, že je potrebné identifikovať a merať riziko čo najpresnejšie, aby mohli kontrolovať a správne oceniť riziká, ktorým sú vystavované. Práve z tohto dôvodu postupom času vznikli rôzne metódy merania a riadenia rizika, ktorému je podnik vystavený. Tieto metódy by podniku mali pomôcť minimalizovať, prípadne čiastočne eliminovať riziko a jeho dopady na podnik.

Cieľom tejto práce je teoreticky charakterizovať a následne analyzovať a porovnať metódy merania vybraného typu finančného rizika aplikovaného na konkrétne dáta.

Hneď v prvej kapitole sa budeme venovať teoretickému vymedzeniu problematiky. Táto kapitola je rozdelená na tri časti, pričom v prvej si charakterizujeme finančné riziko ako celok, jeho klasifikáciu a taktiež si podrobnejšie rozoberieme trhové riziko ako typ finančného rizika. V druhej časti si charakterizujeme rôzne postoje subjektov k riziku a ich dôsledky. V rámci poslednej podkapitoly teoretickej časti si definujeme a zanalyzujeme rôzne metódy merania trhového rizika ako Value at Risk, metódu merania trhového rizika pomocou Beta koeficientu a rôzne alternatívne miery vyjadrenia trhového rizika.

V druhej kapitole si vymedzíme cieľ práce a taktiež čiastkové ciele, ktoré nám k jeho dosiahnutiu napomôžu.

Tretia kapitola sa bude zaoberať metodikou práce, metódami skúmania a zdrojmi informácií použitých v tejto práci.

Štvrtou kapitolou bude praktická aplikácia dvoch variácií metódy Value at Risk, ako najvyužívanejšej metódy merania trhového rizika, a metódy pomocou Beta koeficientu na konkrétnych dátach s cieľom analýzy a komparácie mier rizika vypočítaných prostredníctvom týchto metód.

Poslednou kapitolou práce bude analýza a zhodnotenie výsledkov využitia vybraných metód merania trhového rizika v praxi.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

Riziko je pojmom, ktorý označuje neistý výsledok súvisiaci s možným nežiaducim stavom. Riziko pre podnik znamená hrozbu, nebezpečenstvo vzniku škody, potenciálny problém, možnosť zlyhania, neúspechu, straty, poškodenia, či zničenia. Riziko teda vyjadruje istú mieru neistoty, a teda pravdepodobnosť dosiahnutia výsledku rozdielného od očakávania.

S pojmom riziko úzko súvisí pojem neistota, označujúca možnosť rôznych výsledkov, ktorých pravdepodobnosť nie je kvantifikovaná.

Problém rizika v ekonomickej oblasti je veľmi starý a siaha až k počiatkom podnikania ako takého. Pojem riziko, ako aj jeho miesto, význam a rozmer, prešiel mnohými zmenami a venovali sa mu mnohí autori z rôznych pohľadov. Odborné literárne zdroje sa však zhodujú minimálne v tvrdení, že riziko je neoddeliteľnou časťou vzťahov na trhu, pričom bez podstúpenia rizika nemožno v prostredí trhu podnikáť. Podstupovať riziko však nemusí nutne znamenať iba pasívne sledovanie vývoja situácie. Práve preto by pochopenie pravej podstaty rizika pre subjekt pôsobiaci na trhu mohlo znamenať istú konkurenčnú výhodu. Okrem potenciálnej konkurenčnej výhody by sa každý subjekt trhu mal snažiť hroziace riziko rozpoznať, analyzovať a pokiaľ je možné minimalizovať mieru jeho dopadu na finančný výkon podniku.

Základný proces analýzy rizika má niekoľko fáz, pričom identifikácia a stanovenie dôležitosti rizík je jednou z najvýznamnejších. Len v prípade, že sú správne identifikované kľúčové rizikové faktory, môže sa pozornosť manažmentu upriamiť na riziká s najväčšími dopadmi na hospodárske a finančné výsledky podniku. Celý proces sa skladá z dekompozície objektu analýzy a následného samotného procesu identifikácie rizík, na čo sa používajú rôzne metódy a nástroje.

Riziko je v ekonomickej teórii veľmi široký pojem a je takmer nemožné ho posudzovať ako celok. Práve z tohto dôvodu je pre účely merania miery rizika hroziaceho konkrétnemu subjektu alebo segmentu potrebné čo najpresnejšie riziko charakterizovať. Na základe takejto charakteristiky sú riziká rozčlenené do rôznych kategórií. Autori odbornej ekonomickej literatúry uvádzajú klasifikácie z viacerých hľadísk, pričom v rámci našej práce z pohľadu správneho stanovenia pravdepodobnosti nastatia a dopadu rizika je vhodné riziká klasifikovať na základe vecného hľadiska:

- Výrobné riziká – sú také riziká, ktoré sú spojené s nedostatkom zdrojov, ktoré sú nevyhnutnou súčasťou výrobného procesu, a teda priamo ohrozujú priebeh výrobného procesu i jeho výsledky.
- Ekonomické riziká – sú také riziká, ktoré sa primárne sústreďujú na rôzne skupiny nákladových rizík v súvislosti s výrobnými vstupmi.
- Technicko-technologické riziká – sú také riziká, ktoré sú úzko späté s vedeckým pokrokom a s objavovaním nových dokonalejších produktov a postupov podniku.
- Environmentálne riziká – sú také riziká, ktoré vo vysokej miere súvisia s nákladmi na odstránenie škôd na životnom prostredí alebo s nákladmi spojenými s prijatím prísnejších environmentálnych opatrení.
- Legislatívne riziká – sú také riziká, ktoré sú spojené s legislatívnou úpravou podnikania z dôsledkov z toho vyplývajúcich.
- Politické riziká – sú také riziká, ktoré sú spôsobené makroekonomickou a sociálnou politikou vlády v oblasti rozpočtu, investícií, daní, ochrany spotrebiteľa a iné.
- Personálne riziká – sú také riziká, ktoré sú spojené s ľudským faktorom, pričom miera rizika je daná skúsenosťami, kompetenciami a zručnosťami subjektov.
- Informačné riziká – sú také riziká, ktoré sa týkajú ochrany informačných systémov pred zneužitím.
- Kreditné riziká – sú také riziká, ktoré vyplývajú z neochoty alebo neschopnosti obchodného partnera plniť svoje záväzky v danej výške a v stanovenom dátume.
- Finančné riziká – sú také riziká, ktoré sú spojené s finančnými trhmi a aktivitami na nich realizovanými.

Práve kategóriou finančných rizík sa budeme v našej práci bližšie zaoberať, a to hlavne z toho dôvodu, že ide o jeden najvýznamnejších druhov rizík a zahŕňa riziká priamo ovplyvňujúce ekonomické výsledky podniku.

1.1 Finančné riziko

Podľa autorov Markoviča a Kadlečíka (2015) finančné riziko možno definovať ako pravdepodobnosť vzniku istej finančnej straty alebo výpadku zisku, v dôsledku opačného vývoja diania na trhu v porovnaní s očakávaným vývojom. Toto tvrdenie sa zhoduje s podrobnejším opisom Jíleka (2009):

„Finančné riziko je potenciálna strata subjektu, nie ale existujúca realizovaná, či nerealizovaná finančná strata, ale strata v budúcnosti, ktorá vzniká použitím daného finančného alebo komoditného nástroja alebo portfólia. Takéto rozdelenie je dôležité, lebo má vplyv na výšku a vytvorenie opravných položiek, ktoré potom v regulovaných inštitúciách vplývajú na výšku regulačného kapitálu. Každá strata znižuje hodnotu kapitálu inštitúcie.“

Mierne odlišným opisom rizika je opis autora Rejnuša (2008), ktorý spája riziko primárne s investovaním na finančných trhoch. Definuje ho ako neistotu investora spojenú s možnosťou, že sa mu nepodari dosiahnuť predpokladaný výnos.

„Riziká sú nevyhnutnou súčasťou akejkoľvek ľudskej aktivity. Na finančných trhoch existujú finančné riziká, ktoré sú všeobecne definované, ako potenciálna finančná strata subjektu. To znamená, že nejde o už existujúcu realizovanú alebo nerealizovanú finančnú stratu, ale ide o stratu v budúcnosti vyplývajúcu z daného finančného alebo komoditného nástroja (devízy, akcie, dlhopisy, komodity, finančné deriváty), respektíve portfólia.“
(Medved', 2013)

1.1.1 Podstata, význam a klasifikácia rizika

Aby podnik mohol včas reagovať na rizikovú situáciu, musí najskôr identifikovať, aké faktory ho môžu ovplyvniť. Ich identifikáciu však komplikuje rôznorodosť rizika. Práve z tohto dôvodu sa autori v priebehu rokov pokúšali o istú rizikovú klasifikáciu. V odbornej literatúre sa preto nachádza obrovské množstvo klasifikačných teórií. K základným patria nasledujúce:

1. Klasifikácia na základe spôsobu nakladania s rizikom:
 - *Neovplyvniteľné riziká* – také riziká, kde nemožno ovplyvniť pravdepodobnosť vplyvu neistoty na ciele podniku. Do určitej miery však možno ovplyvniť rozsah vplyvu. K neovplyvniteľným rizikám patria systematické riziká a časť nesystematických rizík.
 - *Ovplyvniteľné riziká* – také riziká, ktoré možno ovplyvniť aj pravdepodobnosť vzniku rizika aj rozsah jeho vplyvu.

2. Klasifikácia na základe možnosti vplyvu:

- *Podnikateľské, nazývané aj špekulatívne riziká* – také riziká, ktoré sú spojené s podnikaním a s nádejou na lepšie výsledky a zároveň s hrozbou horších výsledkov vo vzťahu k predpokladu alebo plánu.
- *Čisté riziká* – také riziká, ktoré sa spájajú s hrozbou škody na hmotných a nehmotných aktívach podniku, na životnom prostredí, na zdraví a podobne.

V ekonomickej literatúre sa taktiež uvádza delenie finančného rizika na zložku systematickú a nesystematickú, pričom:

- *Systematické riziko* – je taká časť rizika, ktorá pôsobí zároveň na všetky obchodovateľné cenné papiere na trhu. Úroveň systematického rizika možno merať pomocou korelácie ceny akcie firmy a trhového indexu. Medzi hlavné zdroje sa radia trhové riziko, zmena úrokovej miery a inflácia.
- *Nesystematické riziko* – označuje jedinečné riziko hroziace konkrétnej firme alebo oblasti aktív podniku. Výšku nesystematického rizika ovplyvňujú dva faktory, ktorými sú chyby manažmentu firmy (strata dôležitých dodávateľov) a riziko plynúce z nepriaznivého vývoja v oblasti aktív podniku (štrajky, ceny ropy).

Medzi zdroje rizika teda možno radiť aj samotné finančné zaťaženie hospodárskeho subjektu. Meria sa ako podiel cudzieho kapitálu na celkovej výške podnikového kapitálu. Riziko je pre držiteľa akcií tým väčšie, čím je podiel cudzieho kapitálu väčší. Na základe tohto môžeme celkové riziko vyjadriť nasledovne:

$$\text{celkové riziko} = \text{systematické riziko} + \text{nesystematické riziko}$$

Táto klasifikácia postačuje na rozoznanie vlastností rizika, avšak nie je postačujúca na identifikáciu rizika a jeho hodnotenie. Práve z tohto dôvodu je dôležité vecne vymedziť rizikové kategórie na základe oblastí, ktoré môže riziko ovplyvniť. My sme toto vymedzenie uviedli hneď v úvode prvej kapitoly. Takéto zameranie podnecuje k identifikácii širšieho spektra rizík v rámci kategórie a zvyšuje šancu na zohľadnenie všetkých oblastí. Taktiež umožňuje lepší prístup k identifikácii rizika, napomáha výberu vhodného nástroja a techniky identifikácie a analýzy.

1.1.2 Základné druhy finančného rizika

Naprieč odbornou ekonomickou literatúrou sa stretneme s rôznym rozdelením finančných rizík. My si uvedieme delenie podľa Jíleka (2004), nakoľko je z pohľadu finančných rizík najobsiahlejšie, keďže zasahuje do všetkých ekonomických oblastí, ktoré sú s financiami spojené. Patrí sem:

- Úverové riziko – je riziko straty zavinenej zlyhaním partnera v plnení záväzkov, čím spôsobí dodávateľovi stratu. Samotné riziko možno rozdeliť do viacerých podkategórií:
 - priame úverové riziko – ide o riziko straty zo zlyhania partnera v prípade súvahových položiek, ako sú úver, pôžičky, dlhopisy, zmenky a iné,
 - riziko úverového rozpätia - je rizikom straty zo zlyhania partnera v prípade podsúvahových položiek, ako sú úverové prísluby, poskytnutie dokumentárnych akreditívov, poskytnuté záruky, finančné deriváty a iné,
 - riziko vyrovnaní – je rizikom straty zo zlyhania inkasa transakcií, pričom na jednej strane hodnota už bola dodaná, ale na druhej strane hodnota zatiaľ ešte nie je k dispozícii,
 - riziko úverovej angažovanosti - je rizikom straty angažovanosti sa vo vzťahu k istému subjektu, krajine a podobne,
- Riziko likvidity – je riziko, ktoré pramení z premenlivosti výnosov plynúcich z uspokojenia dopytu po likvidite. V rámci rizika likvidity rozoznávame dve skupiny:
 - riziko financovania – je rizikom straty momentálnej platobnej neschopnosti, kedy sme nútení si prostriedky požičať, čo sa spája s vyššou úrokovou mierou,
 - riziko trhovej likvidity – je rizikom straty nedostatku likvidity trhu finančných nástrojov.
- Operačné riziko – je riziko straty zo zmien súvisiacich s finančnými operáciami podniku, pričom rozlišujeme tri druhy operačných rizík:

- transakčné riziko – je rizikom straty plynúcej s uskutočňovaním operácií obsahujúcich chyby v dôsledku zložitosti týchto operácií – nesprávne účtovanie a podobne,
 - riziko operačného riadenia – je rizikom straty plynúcej z chýb pri riadení – nedovolené vykonávanie obchodov, nadlimitné obchody a podobne,
 - riziko systémov podpory – je rizikom straty plynúcej z chýb v systéme podpory – chyby v počítačových systémoch, vzťahoch v modeloch, neskoré informácie a podobne.
- Obchodné riziko – delíme na 7 podkategórií a síce:
- právne riziko – riziko straty plynúce z právnych požiadaviek partnera,
 - riziko zmeny úverového hodnotenia – je riziko straty plynúce zo sťaženej možnosti čerpať peňažné prostriedky za rozumnú cenu a za prijateľných podmienok,
 - riziko mena – ide o riziko straty z poklesu dobrého mena v očiach trhu,
 - daňové riziko – ide o riziko straty zo zmeny daňových zákonov, prípadne neočakávaného zdanenia,
 - riziko menovej konvertibility – ide o riziko straty z nemožnosti konverzie ako následku politickej alebo ekonomickej situácie,
 - riziko pohromy – ide o riziko straty plynúce z hrozby živelných pohrôm,
 - regulačné riziko – ide o riziko straty z nedostatočného plnenia, prípadne nesplnenia regulačných opatrení.
- Systémové riziko – je rizikom straty, ktorý sa objavuje pri zlyhaní v dôsledku akéhokoľvek finančného rizika ako dôsledok negatívneho dopadu – hrozby – pre ďalšie subjekty, prípadne na celý finančný systém.
- Trhové riziko – je riziko straty zo zmien trhových cien, zmien finančných a komoditných nástrojov v dôsledku nepriaznivého vývoja na trhu úrokových mier, menového kurzu, komodít a iné.

Práve poslednému spomenutému – trhovému riziku – sa budeme v našej práci venovať, preto si ho v ďalšej podkapitole samostatne podrobne opíšeme.

1.1.3 Trhové riziko ako súčasť finančného rizika

Trhové riziko môžeme definovať ako riziko, že podnikateľský subjekt zasiahne strata na základe neočakávaného pohybu cien na trhu. Trhové riziko vyplýva a pramení zo zmien úrovne volatility cien na trhu.

„Ide o riziko straty zo zmien trhových cien, ako aj zmien hodnôt finančných nástrojov alebo komoditných nástrojov v dôsledku nepriaznivých zmien trhových podmienok, t. j. nepriaznivého vývoja úrokových mier, cien akcií, cien komodít alebo menového kurzu.“ (Medved', 2013)

Trhové riziko možno merať a kvantifikovať absolútnym alebo relatívnym vyjadrením – porovnaním k vybranému trhovému indexu. Trhové riziko sa dá klasifikovať do dvoch skupín, a sice priame a nepriame riziko. Priame riziko je miera rizika priamo spojená s pohybom cien jednotlivých finančných nástrojov. Takéto riziko meriame pomocou Beta koeficientu, delty a durácie. Naopak nepriame riziko zahŕňa zvyšné riziko, ktoré predstavuje nelineárnu mieru rizika a mieru rizika zaistených pozícií. Pri meraní úrovne tohto rizika sa využíva konvexita a gama. Základnými kategóriami trhového rizika sú podľa Jíleka (2009):

- úrokové riziko – označuje riziko straty vyplývajúce zo zmien cien inštrumentov citlivých na úrokové miery,
- akciové riziko – označuje riziko straty vyplývajúce zo zmien cien inštrumentov citlivých na ceny akcií,
- komoditné – označuje riziko straty vyplývajúce zo zmien cien inštrumentov citlivých na komodity,
- menové – označuje riziko straty vyplývajúce zo zmien cien inštrumentov citlivých na menové kurzy,
- korelačné (nazývané aj bázičné) – označuje riziko straty vyvolanej porušením historickej korelácie medzi rizikovými kategóriami, menami, nástrojmi, trhmi a podobne.

Každú kategóriu charakterizujú kvalitatívne a kvantitatívne parametre. Kvalitatívnym parametrom je mena, splatnosť, durácia, komodita, trh a podobne. Kvantitatívny parameter rizika naopak hodnotu daného nástroja udáva v aktívach a pasívach.

„Veľkosť úrokového, akciového, menového a komoditného rizika je priamoúmerná rozdielu hodnôt nástrojov s rovnakým kvalitatívnym parametrom v aktívach a pasívach. Pri

rovnamej hodnote daných nástrojov s určitým kvalitatívnym parametrom v aktívach aj pasívach nie je subjekt vystavený úrokovému, akciovému, menovému alebo komoditnému riziku.“ (Medved', 2013)

Trhové riziko existuje v rozličných formách. V prípade, že príslušného podniku sa týka trhové riziko, hlavnými zdrojmi trhového rizika sú:

- finančné transakcie, do ktorých subjekt vstupuje s cieľom plniť požiadavky klienta (konkrétne nákup alebo predaj finančných aktív),
- finančné aktíva v držbe podnikateľského subjektu,
- transakcie s cieľom dosiahnutia zisku z očakávaného pohybu aktív.

Podľa Siváka (2019) v prípade finančných subjektov môžu mať finančné transakcie patriace do portfólia podliehajúce trhovému riziku podobu úverov, cenných papierov, dlhopisov alebo podsúvahových transakcií. V prípade investora môže expozícia voči trhovému riziku vyplývať z rizika možnej straty z opačného pohybu na trhu. Naopak v prípade nefinančných subjektov, ako priemyselné podniky, sa trhové riziko vzťahuje priamo na podnikové obchodné transakcie, kam zaradujeme:

- expozíciu voči zmenám úrokových mier vzťahujúcich sa na portfólio záväzkov a likvidných investícií,
- riziko zmeny menového kurzu, ktoré vplýva na výnosy alebo náklady (prípadne aktíva alebo pasíva denominované v zahraničnej mene)
- expozíciu voči cenám takých komodít, ktoré ovplyvňujú výrobné alebo prevádzkové náklady,
- riziko zmeny cien aktív alebo zmeny hodnoty investícií do cenných papierov.

Pri každom z uvedených prípadov si expozícia voči trhovému riziku vyžaduje odhad počtu zmien výnosov rizikových faktorov, ktoré na danú expozíciu vplývajú. Preto je jednotka merania trhového rizika prvým a hlavným krokom k definovaniu nástrojov, ktoré toto riziko ovplyvňujú. Meranie trhového rizika môžeme charakterizovať v dvoch hlavných krokoch:

- trhové ocenenie pozície na základe aktuálnych trhových cien - metóda Mark-to-Market,
- plánovanie očakávaných výnosov pozície na základe očakávaných cien – ide o odhad chovania sa pozície v budúcnosti na účel zistenia potenciálneho rizika. Doplňovým

tretím krokom, môže byť použitie techník stresového testovania s cieľom overenia správania sa portfólia v extrémnych podmienkach.

1.2 Postoj k riziku, riadenie a manažment rizika

Ekonomické procesy sa v turbulentnom konkurenčnom prostredí stávajú stále zložitejšími a ich vývoj je ťažko predvídateľný, čo významne ovplyvňuje úspešnosť podniku a strategické napredovanie. Podniky sú na trhu stále viac a viac ovplyvňované stúpajúcim rizikom - rastúcim vplyvom neistoty na stanovené ciele podniku. Manažéri sú preto často nútení rozhodovať o vážnych problémoch operatívne, bez akejkoľvek možnosti podrobného posúdenia súvislostí. Rozhodovanie manažérov v podnikaní je v stále väčšej miere ovplyvňované rastúcim rizikom, pričom v prípade bezprostredného rizika je rozhodnúť bez určitých pravidiel náročné a nepredvídateľné. Práve z tohto dôvodu si manažment podniku čoraz viac uvedomuje dôležitosť riadenia rizika, nakoľko správne riadenie rizika dokáže výrazne znížiť negatívne ekonomické, informačné, environmentálne a iné dopady takto ovplyvňovaných rizík.

Riadenie rizík, alebo aj Risk Management, je oblasť riadenia zameriavajúca sa na analýzu a zníženie rizika, prostredníctvom rozličných techník a metód prevencie rizík, ktoré dokážu eliminovať existujúce alebo odhaliť budúce faktory zvyšujúce riziko. Ide o sústavný, opakujúci sa proces, zložený z navzájom previazaných aktivít, ktorých cieľom je riadiť potenciálne riziko, čiže obmedziť pravdepodobnosť výskytu tohto rizika, alebo znížiť jeho vplyv. Cieľom riadenia rizík je predísť problémom a negatívnym dopadom rizika, vyhnúť sa krízovému manažmentu a zabrániť vzniku rôznych problémov.

Každý subjekt má vo vzťahu k ovplyvniteľným rizikám možnosť zaujať postoj k jednotlivému riziku. Prvou možnosťou je riziko akceptovať – teda dané riziko prijať a neurobiť voči nemu žiadne opatrenie, pretože jeho vplyv sme schopní a ochotní akceptovať. Druhou možnosťou je pokúsiť sa riziko znížiť – vykonať opatrenia, ktoré vedú k zníženiu alebo eliminácii rizika. Riziko možno znižovať nasledovnými spôsobmi:

- diverzifikácia – spôsob, pri ktorom sa riziko rozloží medzi viacero subjektov,
- manažment aktív a pasív – spôsob, pri ktorom podnik aktívne manažuje súvahu podniku s jasným cieľom vytvoriť rovnováhu medzi príjmami a výdavkami a rizikami z nich plynúcimi – vecné a časové zladžovanie,

- delenie rizika – spôsob, pri ktorom sa riziko rozdelí medzi viacerými účastníkmi podieľajúcimi sa na rizikovej činnosti,
- transfer rizika – spôsob, pri ktorom sa riziko presunie na iné subjekty, pričom ale subjekt preberajúci riziko vyžaduje kompenzáciu. Môže sa uskutočniť prostredníctvom uzatvárania dlhodobých zmlúv alebo kontraktov za vopred dohodnutých podmienok, prenájomom výrobných zariadení – leasing, outsourcing, alebo termínovanými obchodmi – hedging,
- poistenie rizika – spôsob, pri ktorom sa poisťovňa zaväzuje na základe zmluvy hradiť prípadné škody a spoločnosť sa zaväzuje k pravidelným platbám poistného, ktoré si zahŕňa do nákladov. Podskupinou je aj samopoistenie, ktoré má podobu krytia strát prostriedkami vytváraných rezervných fondov,
- zmluvne dohodnuté opatrenia – spôsob, ktorý môže nadobúdať rôzne formy dohôd (Kraľovič, Vlachynský 2006), napr. dohoda medzi vývozcom a dovozcom o mene, zahrnutie menovej doložky, zmluvné dohody o zabezpečení pohľadávok, dohoda o barterovom obchode, ustanovenia o podmienkach umožňujúcich zmenu úrokovej sadzby a iné,
- flexibilita – spôsob, pri ktorom sa stimuluje pripravenosť podniku rýchlo a bez nadmerných nákladov reagovať na trhové zmeny, pričom ide primárne o tvorbu variantov a následné využitie ich kompatibility,
- vyhýbanie sa riziku – spôsob, ktorý označujú Vrcholová a Dubnická (2008) za taktiku, ktorú je vhodné uplatňovať len veľmi uvážene a hlavne v prípadoch, kedy by realizácia podnikateľského zámeru mohla viesť v prípade jeho neúspechu k výraznému narušeniu finančnej stability, poprípade aj úpadku spoločnosti,
- iné – napríklad prevzatie osvedčených images – faktoring, forfaiting, franchising.

Manažment rizika tak podnikom poskytuje návod a metódy, ako uľahčiť takéto rozhodovanie s dôrazom na predvídanie. Podľa iných ide zase o proces, pomocou ktorého vieme identifikovať, merať a kontrolovať riziká.

„Každý ekonomicky aktívny subjekt je vystavený stálemu pôsobeniu rozmanitých rizík. Mnohé z nich uspejú v predchádzaní alebo zamedzení jednotlivých rizík, ale iné zlyhávajú. Niektoré firmy pasívne prijímajú pôsobenie rizík, iné sa snažia aktívne riadiť a monitorovať jednotlivé druhy rizík. Na základe výskytu rôznych rizík, ktoré ovplyvňujú správanie jednotlivých subjektov, vznikol termín rizikový manažment.“ (Sivák, 2014)

V procese riadenia rizika sa sústreďujeme hlavne na správne pochopenie rizika a jeho príčin, na vhodné volenie nástrojov kontroly a predvídania a taktiež na samotnú elimináciu sledovaných rizík. Z tohto potom vyplýva, že cieľová úroveň rizika je tá, ktorá je určená z rozhodnutia manažmentu. Je to miera rizika, ktorá je pre manažment akceptovateľná.

Komplexný proces riadenia rizík sa zameriava predovšetkým na správne pochopenie rizika a príčin jeho vzniku, na správnu voľbu nástrojov kontroly rizík. Sústreďuje sa taktiež na systémy predchádzania riziku, čo smeruje k čiastočnej eliminácii a minimalizácii dopadu sledovaných rizík. Manažment rizika však zodpovedá aj za identifikáciu slabých miest, stanovenie parametrov rizík, monitorovanie limitov rizík, meranie rizík a stanovenie oceňovacích modelov. Práve preto je dôležité poznamenať, že neustály rast volatility úrokových mier, mien a cien komodít dlhé roky vedie k potrebe vzniku nových finančných a analytických nástrojov na riadenie rizika. V nasledujúcej tabuľke uvádzame chronologický vývoj nástrojov merania rizika, ktoré stavia na rizikovom manažmente podľa Joriona (1997).

Tabuľka 1 Chronologický vývoj nástrojov merania rizika

Obdobie	Využívaná metóda merania rizika
1938	Durácia dlhopisov
1952	Markowitzov model - rozptyl
1963	Sharpeho model oceňovania kapitálových aktív
1966	Multifaktorový model
1973	Black-Scholesov model oceňovania opcií
1979	Binomický opčný model
1983	RAROC - Výnos očistený o riziko
1988	Rizikovovážené aktíva pre banky
1992	Stresové testovanie
1993	Value at Risk
1994	RiskMetrics
1997	CreditMetrics, CreditRisk+
1998	Integrácia úverového a trhového rizika
1998	Celopodnikový rizikový manažment

Zdroj: vlastné spracovanie podľa SIVÁK, Rudolf – GERTLER, Ľubomíra – KOVÁČ, Urban. Riziká a modely vo financiách a v bankovníctve . 3. vyd. Bratislava : Sprint 2, 2014. ISBN 978-80-89710-08-9.

1.3 Meranie a metódy merania trhového rizika

Hlavným cieľom merania trhového rizika je kvantifikovať riziko straty spôsobené zmenou určitých premenných, napr. menový kurz, úroková miera, cena akcií alebo komodít na trhu. Kedysi sa pri rozhodovaní medzi rôznymi investičnými príležitosťami rozhodovalo na základe očakávaného výnosu, čo však vôbec nezohľadňovalo riziko. Postupne sa ekonómovia začali zaoberať skutočnosťou, že pri rôznych úrovniach očakávaného výnosu investície prinášajú súvisiacu mieru rizika. Tento postupný vývoj nástrojov merania rizika sme zobrazili v tabuľke v predošlej podkapitole.

V tejto podkapitole si priblížime metódy merania rizika, ktorými je možné spoľahlivo kvantifikovať mieru trhového rizika.

1.3.1 Metóda Value at Risk

Tradičný model metódy Value at Risk stavia na technike riadenia aktív a pasív. Jedná sa o ocenenie existujúcich pozícií portfólia a následnú analýzu zmien cien vo vzťahu k výnosom z týchto pozícií. Vo všeobecnosti je prístup založený na súvahovom preceňovaní položiek portfólia.

„Základnou a najbežnejšie používanou komplexnou metódou merania trhových rizík na báze portfóliového prístupu je metóda Value at Risk, ktorá je štatistickou jednotkou merania trhového rizika portfólia podnikateľského subjektu a je založená na efekte diverzifikácie a leverage. To znamená, že v týchto modeloch sú pozície trhovovo oceňované a potom sa použije pravdepodobnostný rámec na odhad potenciálnych zmien hodnôt pozícií na základe zvoleného intervalu spoľahlivosti.“ (Sivák, 2014)

Výsledok získaný metódou VaR je hodnota kapitálu, o ktorý by mohol podnikateľský subjekt prísť v budúcnosti v dôsledku zmeny cien držaných podkladových aktív na trhu. Interpretácia vyžaduje znalosť časového horizontu, koreláciu aktív v portfóliu, odhad volatilit aktív a definíciu intervalu spoľahlivosti.

Matematicky je Value-at-Risk definovaný ako jednostranný interval spoľahlivosti možných strát hodnoty portfólia počas danej doby držania. Možno ho zapísať ako:

$$P(V_0 - V_{\Delta t} < VaR) = c$$

pričom P – pravdepodobnosť,

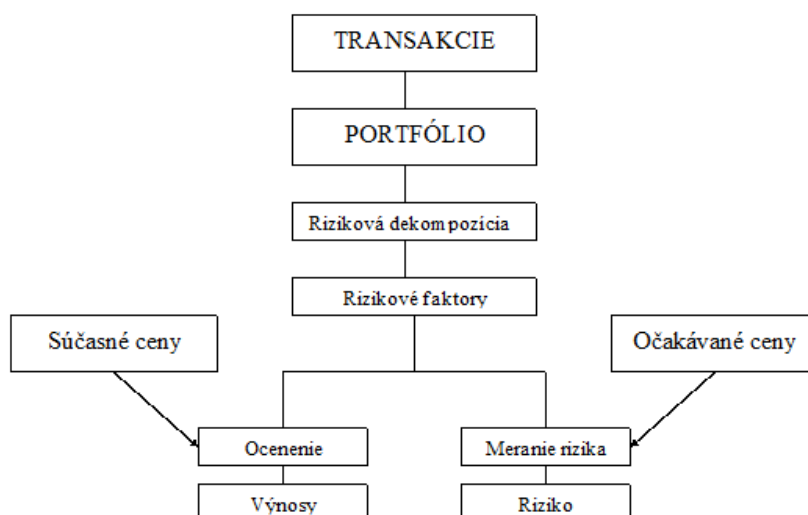
V_0 – počiatočná súčasná hodnota portfólia,
 Δt – časový horizont predpovede,
 $V_{\Delta t}^{\sim}$ – konečná súčasná hodnota portfólia (stochastická premenná),
VaR – hodnota v riziku,
 c – hladina spoľahlivosti v %.

V prípade, ak je 97% jednoduchý Value at Risk portfólia rovný 150 000 €, znamená to, že s 97% pravdepodobnosťou nepresiahne strata hodnoty v priebehu nasledujúceho dňa 150 000 €.

Proces kvantifikácie trhového rizika na základe Value at Risk metódy sa skladá z viacerých nezávislých krokov. Stavíme na skutočnosti, že trhové riziko vzniká v agregovaných portfóliových transakciách, pričom cieľom takejto agregácie je kombinácia podobných transakcií so zámerom definície zlomovej rizikovej pozície. Portfólio sa následne dekomponuje na podkladové rizikové faktory. Takúto dekompozíciu môžeme rozdeliť do dvoch fáz:

- *Ocenenie* – na základe aktuálnych cien aktív či výnosov úrokových mier po zohľadnení rizikových faktorov, ktoré ich ovplyvňujú. Výstupom je odhad predpokladaných výnosov portfólia.
- *Meranie rizika* – využíva projektované hodnoty cien aktív či výnosov úrokových mier. Jedná sa o precenenie portfólia s cieľom odhadu trhového rizika. Celý proces obnáša odhad rozsahu potenciálnej zmeny v daných rizikových faktoroch, analýzu vzťahu zmien výnosov rizikových faktorov.

Po procese dekompozície prichádza konsolidácia rizika na úrovni aktív figurujúcich v portfóliu s cieľom merania efektu diverzifikácie.



Obrázok 1 Základný postup aplikácie metódy Value at Risk pre meranie trhového rizika

Zdroj : SIVÁK, Rudolf – GERTLER, Ľubomíra – KOVÁČ, Urban. *Riziká a modely vo financiách a v bankovníctve* . 3. vyd. Bratislava : Sprint 2, 2014. s 192. ISBN 978-80-89710-08-9.

Odhad trhového rizika metódou VaR vyžaduje monitorovanie volatility a korelácií medzi zmenami výnosov rizikových faktorov. Pre proces rizikovej dekompozície je rozhodujúce získať dostatok údajov vzhľadom na štatistickú vypovedateľnosť. Tieto údaje sa následne vyselektujú len pre požadované rizikové faktory. Náročnosť rizikovej dekompozície spočíva v počte vybraných rizikových faktorov a korelácií. Ako základné skupiny rizikových faktorov boli na základe Bazilejského dohovoru (1996) stanovené:

- pevná úroková miera – jej riziko determinujú peňažné toky aktív rôznych splatností,
- menová pozícia – jej riziko determinujú peňažné toky v danej mene,
- akciové pozície – ich riziko determinujú pozície v aktívach – ich pohyb na trhoch,
- komoditné pozície – obsahujú riziko zmien ceny komodity na trhu.

Po kompletnej aplikácii a dosiahnutí výsledku ocenenia portfólia je metóda Value at Risk obvykle dopĺňaná validačnými modelmi „stress testing“, ktoré identifikujú hroziace straty v extrémnych trhových podmienkach.

V praxi poznáme tri metódy pre výpočet Value at Risk, na základe ktorých sú stanovené modely na výpočet VaR:

- analytický – metóda variančnej/kovariančnej matice,
- historický – metóda historickej simulácie,
- simulácia – metóda simulácie Monte Carlo.

Metóda variančnej/ kovariančnej matice

Metóda variančnej a kovariančnej matice používa pre odhad možných strát portfólia štatisticky volatilitné historické údaje a korelácie medzi zmenami hodnôt. Volatility a korelácie rizikových faktorov sú stanovované pre dané historické obdobia prostredníctvom historických údajov. Pri odhade vychádza priamo z rozdelenia pravdepodobnosti rizikových faktorov a očakávanej korelácie. Z toho vyplýva, že výnosy relevantných trhových faktorov disponujú multivariančným normálnym rozdelením pravdepodobnosti. V prípade, že by sme tento predpoklad využili, možno určiť rozdelenie možných ziskov a strát hodnoty portfólia, pričom rozdelenie bude tiež normálne, pretože je definované dvoma parametrami – priemerom a smerodajnou odchýlkou. Následne sa stanoví možná strata, ktorá bude dosiahnutá alebo prekročená – Value at Risk.

Postup pri výpočte hodnoty v riziku variančnej a kovariančnej metódy možno rozdeliť do piatich krokov:

- stanovenie variančnej a kovariančnej matice výnosov trhových faktorov,
- mapovanie rizika,
- výpočet štandardných odchýlok a korelácií štandardizovaných pozícií,
- výpočet hodnoty v riziku pre štandardizované pozície,
- výpočet portfóliovej hodnoty v riziku.

Metóda historickej simulácie

Táto simulácia kvantifikuje potenciálne budúce straty na základe minulých údajov. Na rozdiel od parametrických metód sa interval spoľahlivosti počíta štatisticky. Simulujú sa možné straty hroziace bez ohľadu na pravdepodobnosť a zavedenia predpokladov o rozdelení. Odhadovaná strata je skutočnou budúcou stratou. Pri historickej simulácii nie je potrebné stanoviť kovariancie a rozptyly všetkých rizikových faktorov. Historická simulácia má značný problém s nelinearitami, napríklad u opcií. Problémom metódy je fakt, že výstup v značnej miere závisí od frekvencie náhodných udalostí, preto je preferovaný veľký počet údajov.

Hlavnou výhodou odhadov rizika na základe scenárov je schopnosť skúmať správanie pravdepodobnostného rozdelenia za možnosti, že nastanú neočakávané situácie a extrémne podmienky.

Pri výpočte metódou historickej simulácie možno rozdeliť do týchto krokov:

- identifikácia finančných nástrojov a rizikových faktorov,
- selekcia vzorky historických údajov denných zmien rizikových faktorov za dané časové obdobie,
- transformácia historického časového radu výnosov rizikových faktorov na súčasnú hodnotu výnosu rizikových faktorov,
- aplikácia denných zmien údajov na vypočítanú súčasnú hodnotu výnosu rizikových faktorov s následným prehodnotením celkovej hodnoty portfólia,
- konštrukcia histogramu hodnôt portfólia a identifikácia hranice Value at Risk, ktorá je predstavená prvým percentilom pravdepodobnostného rozdelenia ziskov a strát.

„Metóda historickej simulácie VaR sa zostavuje na základe dvoch spôsobov, a to buď sú odhadované aktíva, alebo riziká v portfóliu, pričom v praxi je väčšinou využívaný práve druhý spôsob. Je to tým, že počet rizikových faktorov je nižší ako počet aktív v portfóliu, a to umožňuje zohľadniť riziko komplexnejšie.“ (Sivák, Gertler, Kováč, 2010)

Metóda simulácie Monte Carlo

Ide o flexibilnú metódu, využívanú predovšetkým pri aktívach s nelineárnym priebehom hodnôt. Simulácia výrazne pripomína historickú simuláciu, pričom najväčší rozdiel medzi nimi je vo výbere štatistického rozdelenia zachytávajúceho približné potenciálne zmeny trhových faktorov. Metóda Monte Carlo vygeneruje náhodné scenáre, kým naopak historická simulácia vychádza z historických scenárov. Obe tieto metódy na rozdiel od variančnej a kovariančnej matice predstavujú vhodné varianty aj pre nelineárne portfólio.

Za základné komponenty procesu simulácie Monte Carlo označujeme:

- náhodné generovanie obrovského množstva odhadov časových radov výnosov portfóliových aktív,
- zmeny v hodnotách výnosov portfólia sa využijú na odvodenie odhadovanej hodnoty VaR,
- transformácia súčasnej hodnoty výnosu portfólia vo vzťahu k náhodne generovanému časovému výnosu aktív.
- Metódu Monte Carlo možno rozdeliť do 4 fáz:

- oceňovanie – determinuje pohyb pravdepodobnostného rozdelenia aktíva alebo portfólia,
- citlivosť – posudzuje hrozby pri malých zmenách v portfóliových aktívach,
- Value at Risk – vyjadruje pravdepodobnosť zmeny hodnoty portfólia v čase, determinuje maximálnu stratu daného portfólia pri určitej úrovni spoľahlivosti predpovede,
- stresové hodnotenie – identifikácia neovplyvniteľných extrémnych udalostí v rámci vonkajších ekonomických podmienok a teda predstavujú stresovú záťaž kvôli zmene presnosti výpočtu.

Z nasledovného porovnania jednotlivých metód VaR vyplýva, že variančná a kovariančná matica je najjednoduchší spôsob vhodný najmä pri portfóliu s malým počtom aktív.

Tabuľka 2 Porovnanie jednotlivých metód Value at Risk

	Variančná/ kovariančná matica	Historická simulácia	Monte Carlo simulácia
Ohodnocovanie	lineárne	viacfaktorové	viacfaktorové
Rozdelenie - tvar	normálne	reálne	všeobecné
Rozdelenie - zachytenie extrémnych udalostí	nízka pravdepodobnosť	len ak sú súčasťou historických údajov	možné
Implementácia – jednoduchosť výpočtu	jednoduchý	stredne ťažký	ťažký
Implementácia – vypovedacia schopnosť	jednoduchá	jednoduchá	náročná
Implementácia – presnosť odhadu	vynikajúca	slabá, vzhľadom na obmedzenia historických údajov	dobrá s možnosťou zmien
Implementácia – základné nedostatky	nelineárnosť	zachytenie extrémnych javov	model rizika

Zdroj: vlastné spracovanie podľa SIVÁK, Rudolf – GERTLER, Ľubomíra – KOVÁČ, Urban. Riziká a modely vo financiách a v bankovníctve . 3. vyd. Bratislava : Sprint 2, 2014. s.199 ISBN 978-80-89710-08-9.

1.3.2 Metóda merania rizika využitím Beta koeficientu

Táto metóda vychádza zo skutočnosti, že investor môže o riziku premýšľať v dvoch kategóriách – systematické (nediverzifikovateľné riziko) a nesystematické (diverzifikovateľné riziko). Nakoľko trhové riziko nemožno odstrániť diverzifikáciou, a aj dobre diverzifikované portfóliá sú neustále vystavované výkyvom trhu, vzniká potreba takéto riziko kvantifikovať. Kvantifikovať ho môžeme práve prostredníctvom citlivosti daného aktíva na pohyby na trhu. Práve koeficient Beta meria volatilitu jednotlivých nástrojov porovnaní so systematickým rizikom trhu ako celku. Zo štatistického hľadiska determinuje Beta koeficient sklon priamky prostredníctvom regresie jednotlivých údajových bodov. Vo financiách predstavuje každý takýto údajový bod výnosu z daných akcií v porovnaní s výnosmi z trhu ako celku.

Koeficient Beta efektívne vyjadruje aktivitu výnosov nástroja, keď reaguje na výkyvy trhu. Beta koeficient cenného papiera sa počíta ako podiel súčinu kovariancie výnosov cenného papiera a výnosov a rozptylu výnosov trhu za určité obdobie.

Koeficient Beta sprostredkuje informáciu o tom, či je nástroj volatilný alebo rizikový v porovnaní so zvyškom trhu. V záujme zámeru užitočnosti by v rámci výpočtu Beta koeficientu mal trh, ktorý sa používa ako referenčná hodnota, súvisieť s daným nástrojom.

Beta koeficient sa používa v modeli oceňovania kapitálových aktív (CAPM), ktorý popisuje vzťah medzi systematickým rizikom a očakávaným výnosom pre aktíva.

Investor sa tak pomocou Beta koeficientu snaží odhadnúť, aké riziko predstavuje nástroj pre portfólio. Z tohto vyplýva, že nástroje, ktoré sa takmer neodchyľujú od trhu, a teda ani neprinášajú veľké riziko, nezvyšujú ani potenciál vyšších výnosov.

Za predpokladu využitia historických výnosových mier daného aktíva a historických výnosových mier subjektu reprezentujúceho trh za stanovené obdobie koeficient Beta možno vypočítať regresným prístupom – metódou najmenších štvorcov:

$$\beta = \frac{n * \sum r_i r_m - \sum r_i * \sum r_m}{n * \sum (r_m)^2 - (\sum r_m)^2}$$

pričom r_i – výnosnosť individuálneho aktíva,

r_m – výnosnosť trhu,

n – počet sledovaných rokov,

β – koeficient individuálnej akcie.

Potom platí, že:

- aktíva s Beta koeficientom väčším ako 1, sú citlivejšie na trhové výkyvy,
- aktíva s Beta koeficientom 1 silne korelujú s trhom,
- aktíva s Beta koeficientom medzi 0 a 0,99, sú menej volatilné ako trh,
- bezrizikové cenné papiere majú koeficient Beta rovné 0.

Regresné Beta faktory sú premenlivé – menia sa v závislosti na skutočnosti, aký index bol použitý ako predstaviteľ trhu, za aké časové obdobie bola robená regresia a aký bol interval pri kalkulácii výnosových mier aktív a trhu.

V prípade portfólia je koeficient Beta portfólia váženou priemernou hodnotou koeficientov Beta všetkých aktív v portfóliu. Aktíva s nízkou hodnotou Beta koeficientu môžu mať síce menšie výkyvy cien, stále však môžu byť v dlhodobom poklese. Zaradenie aktíva s klesajúcim trendom a nízkou hodnotou Beta v tomto prípade znižuje riziko portfólia iba, ak je riziko definované striktne z hľadiska volatility – nie ako potenciálna strata. Z praktického hľadiska takéto aktívum pravdepodobne nezlepší výkonnosť portfólia.

Rovnako aj aktívum s vysokým Beta koeficientom, ktoré je volatilné smerom nahor, koniec koncov zvýši riziko portfólia, ale taktiež môže zvýšiť zisky. Práve preto sa odporúča, aby investori využívajúci Beta koeficient na vyhodnotenie aktíva hodnotili riziko a jeho dopad aj z rôznych iných hľadísk.

1.3.3 Alternatívne metódy merania trhového rizika

Analýza medzery

Pôvodne vyvinutá na meranie rizika plynúceho zo zmien úrokových sadzieb. Je determinovaná rozdielom hodnôt aktív a pasív vo východiskovom bode a po zmene premennej. Riziko zo zmeny premennej je potom rovné zmene čistého úrokového výnosu.

Analýza durácie

Tradičná metóda merania rizika plynúceho zo zmeny úrokových sadzieb. Vyjadruje senzitivitu ceny aktíva na zmenu premennej – aktívum je tým citlivejšie na zmenu premennej, čím je durácia vyššia.

Analýza scenárov

Taktiež nazývaná aj ako „what if“ analýza, kedy formulujeme potenciálny vývoj trhu vo forme možných scenárov a následne analyzujeme ich výsledky. Pri formulácii sa snažíme predikovať vývoj relevantných premenných (výmenné kurzy, úrokové sadzby, ceny komodít, ...). Potom skúsime odhadnúť, ako sa budú správať hodnoty našich aktív, pasív a peňažné toky. Základom kvalitnej analýzy prostredníctvom scenárov je schopnosť správne a realisticky identifikovať vývoj situácie premenných.

Rizikové miery odvodené od Value at Risk

Nakoľko klasická hodnota v riziku nepočíta s možnými stratami v najhorších scenároch, vzniklo viacero alternatív Value at Risk, ktoré sa na tieto straty zameriavajú.

Tail Value at Risk

Predstavujúca zvykovú hodnotu v riziku, alebo aj podmienenú očakávanú stratu, ktorá preyšuje VaR. I keď táto metóda merania trhového rizika berie do úvahy možné straty preyšujúcu hodnotu v riziku, naďalej ide o rizikovú mieru, ktorá nespĺňa podmienku subadivity.

Expected Shortfall

Všeobecne najznámejšia alternatíva k Value at Risk vyjadruje očakávanú stratu alebo deficit. Jej prínos spočíva v skutočnosti, že očakávaná strata je koherentnou rizikovou mierou, a teda spĺňa podmienku subadivity.

Rizikové miery

Okrem už spomínaných a zaužívaných mier trhového rizika sa v odbornej literatúre možno stretnúť aj s menej používanými rizikovými mierami.

Pokrivené rizikové miery

Sú postavené na výpočte strednej hodnoty premennej vzniknutej pokrivením distribučnej funkcie potenciálnej straty pomocou pokrývajúcej funkcie.

Spektrálne rizikové miery

Predstavujú možnosť, ako zohľadniť subjektívny postoj k riziku a popritom zachovať podmienku koherencie. Prostredníctvom nich možno prispôbovať mieru rizika vybranému typu portfólia.

Expektily

Ide o alternatívu kvantilu – koherentnú rizikovú mieru, ktorá využíva informácie z oboch chvostov pravdepodobnostného rozdelenia straty, Pôvodný zámer bol pre regresné modely, možno ho však aplikovať pri kvantifikácii rizika, môže však zlyhať pri rizikách vyplývajúcich z nelineárnych závislostí.

1.3.4 Porovnanie a výber vhodných metód merania trhového rizika

Každá z metód uvedených v predošlých podkapitolách má isté výhody a nevýhody. Z dôvodu prehľadnosti sme sa rozhodli tieto prednosti a nedostatky prezentovať v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 3 Stručný prehľad predností a nedostatkov metód merania trhového rizika

Metóda	Prednosti	Nedostatky
Value at Risk	- nenáročnosť spätného testovania, - univerzálnosť, - umožňuje agregovať riziká viacerých portfólií, - berie do úvahy všetky typy rizík, - jednoducho pochopiteľná,	- extrahuje od očakávanej straty, - predpokladá normálne trhové podmienky, nepripúšťa výkyvy, - privysoká variantnosť metód a postupov výpočtu.
Metóda pomocou využitia Beta koeficientu	- ponúka porovnanie s trhom, - modifikácie Beta modelov vzhľadom na odvetvie, lokáciu a iné - pomerne jednoduchá implementácia a interpretácia,	- pracuje iba so systematickým rizikom, - predpoklad normálneho štatistického rozdelenia, - nestabilita vzhľadom na periodicitu dát.
Analýza durácie	- jednoduchá implementácia a interpretácia, - hodnotí zmenu hodnoty aktív, nie len zmenu čistého úrokového výnosu,	- viaže sa iba na aktíva s fixným výnosom, - ignoruje ostatné zdroje rizika, - vhodnosť len pri malých zmenách premennej.
Analýza scenárov	- široká škála výsledkov, - zrozumiteľný tvar, - extrahuje od predpokladov pravdepodobnosti,	- zložitá implementácia, - nesprávne výsledky v prípade nerealistických scenárov a zlého odhadu.
Expected Shortfall	- spojitosť vzhľadom na konvexnosť, - jednoduchá optimalizácia metódami lineárneho a konvexného programovania,	- citlivosť na chyby v odhadoch a presnosť, - náročnosť spätného testovania.

Metóda	Prednosti	Nedostatky
Expektily	- koherentnosť, - využíva informácie z oboch chvostov pravdepodobnostného rozdelenia straty.	- nie je intuitívny, náročnosť na pochopenie, - zložitá interpretácia.

Zdroj: vlastné spracovanie na základe naštudovanej literatúry¹

Na základe uvedeného sme sa s ohľadom k náročnosti jednotlivých metód a vzhľadom na vytýčený cieľ práce rozhodli aplikovať, analyzovať a porovnávať najpoužívanejšiu metódu Value at Risk a metódu s využitím Beta koeficientu.

¹ SIVÁK, Rudolf – GERTLER, Ľubomíra – KOVÁČ, Urban. *Riziká a modely vo financiách a v bankovníctve*. 3. vyd. Bratislava : Sprint 2, 2014. 346 s. ISBN 978-80-89710-08-9.

VALÁŠKOVÁ, Katarína – KOVÁČOVÁ, Mária – KUBALA, Pavol. *Podnikateľské riziko*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, 2019. 193 s. ISBN: 9788055415413.

2 Cieľ práce

Cieľom našej práce je vymedziť vhodné metódy merania konkrétneho finančného rizika, aplikovať ich na vybrané trhové aktíva a následne porovnať a interpretovať výsledky a celkovo posúdiť komplexnosť vybraných metód merania trhového rizika. Nadväzujúc na zámer dosiahnutia vytýčeného cieľa sme si stanovili viacero čiastkových cieľov, ktoré nám k dosiahnutiu vytýčeného cieľa napomôžu.

Prvým čiastkovým cieľom tejto práce je teoreticky vymedziť a charakterizovať skupinu finančných rizík, význam ich riadenia a merania, ako aj rôzne metódy merania týchto rizík so zameraním na trhové riziko. V rámci prvého podcieľa taktiež vyhodnotíme výhody a nevýhody nami vybraných metód merania trhového rizika. Na tento cieľ nadväzuje ďalší čiastkový cieľ, a síce výber najvhodnejších komplexných metód kvantifikácie rizika po zhodnotení situácie v rámci trhových rizikových faktorov, ktoré vplyvajú na volatilitu cien aktív.

Vybrané metódy merania trhového rizika následne aplikujeme na modelové portfólio a výsledky sa pokúsime čo možno najobjektívnejšie interpretovať. Tento proces spoločne s konkretizáciou používaných dát patrí k ďalšiemu čiastkovému cieľu.

Posledným čiastkovým cieľom je samotné hodnotenie výsledkov a disperzie výsledkov získaných aplikáciou vybraných metód merania trhového rizika – metódy Value at Risk a metódy pomocou využitia Beta koeficientu, na modelové portfólio za stanovených podmienok. V tomto momente by nám práca mala poskytnúť teoretické aj praktické informácie o vhodnosti aplikácie jednotlivých metód, čo priamo vedie k naplneniu vytýčeného cieľa.

3 Metodika práce a metody skúmania

Pri spracúvaní tejto práce sme použili tieto základné metódy skúmania: pozorovanie, komparácia, abstrakcia, analýza, induktívno-deduktívne a syntetické metódy využívané primárne pri formulácii čiastkových záverov.

Naprieč celou prácou sme sa držali systémového prístupu, ktorý sa stal pomyselným základným rámcom metodiky práce. Teoretická časť práce vyžadovala štúdium literatúry a využitie metódy získavania a spracúvania informácií primárne zo slovenských a českých knižných a časopiseckých zdrojov, doplnené o zahraničné knižné a časopisecké zdroje. Vo väčšej miere sme využívali aj internetové zdroje, najmä v podobe dokumentov publikovaných vzdelávacími a bankovými inštitúciami a Národnou bankou Slovenska.

Pri spracúvaní dát sme využívali rôzne matematicko-štatistické metódy a metódy z nich vychádzajúce, najmä v prostredí MS Excelu prostredníctvom matematicko-štatistických a finančných funkcií. V závere práce sme analyzovali získané výsledky a ich dopad na investora z rôznych pohľadov a vo vzťahu k rôznym premenným. Následne sme pomocou indukcie sumarizovali výsledky praktickej časti našej práce a tieto výsledky sme interpretovali najmä v nadväznosti na vytýčený cieľ práce.

Údaje o historických cenách sme čerpali z internetovej stránky www.finance.yahoo.com exportom do programu MS Excel, kde sme využívaním programových funkcií tieto údaje ďalej spracúvali do požadovanej podoby potrebnej pre výpočet a analýzu trhového rizika.

4 Výsledky práce

Cieľom praktickej časti tejto práce je kvantifikácia rizika v modelovej situácii na hypotetickom portfóliu za vopred stanovených podmienok dvomi rôznymi spôsobmi – výpočtom hodnoty v riziku (Value at Risk) a výpočtom systematického rizika ako nediverzifikovateľnej časti rizika metódou s využitím Beta koeficientu.

4.1 Charakteristika predmetu skúmania

Modelovým portfóliom v tejto práci rozumieme portfólio s investíciou 3 000,00\$ rovnomerne rozdelené medzi akcie 3 spoločností obchodovaných na elektronickom trhu NASDAQ: Microsoft Corporation (označované MSFT), Amazon.com, Inc. (označované AMZN), Apple Inc. (označované AAPL). Ide o spoločnosti z veľkej päťky spoločností v odvetví informačných technológií v USA. Ide o spoločnosti Microsoft Corporation, Amazon.com, Inc. a Apple Inc., ktoré už niekoľko rokov patria k špičke figurujúcej na burze.

Microsoft Corporation (MSFT)

Microsoft Corporation, sídliaca v Redmonde, Washington, USA je americká nadnárodná spoločnosť pre počítačové technológie, ktorá vyvíja, vyrába licencie a podporuje širokú škálu softvérových produktov pre výpočtové zariadenia. Medzi jej najznámejšie softvérové produkty radíme operačný systém Microsoft Windows, balík kancelárskeho softvéru Microsoft Office a webové prehliadače Internet Explorer a Edge. Špičku hardvérových produktov predstavujú herné konzoly Xbox a rad dotykových osobných počítačov Microsoft Surface. Microsoft má zástup aj na iných trhoch, než je len IT softvér, a to napríklad na trhu s aktívami, akými sú sieť káblovej televízie MSNBC a internetový portál MSN. Spoločnosť taktiež predáva počítačové hardvérové produkty a iné.

Spoločnosť Microsoft vstúpila na burzu 13. marca 1986 s cenou 21 USD. V deň vstupu spoločnosti na trh sa zobchodovalo viac ako 2,5 milióna akcií. Akcie Microsoftu v ten deň uzavreli na 27,75 USD. Microsoft je perfektným príkladom stabilného rastu, čo podčiarkuje aj fakt, že v posledných mesiacoch sa ceny akcie pohybujú na úrovni nad 290 USD.

Amazon.com, Inc. (AMZN)

Amazon.com, Inc., označovaná aj AMZN, sídliaca v meste Seattle je americká nadnárodná technologická spoločnosť, ktorá sa zameriava na elektronický obchod, cloud computing, digitálne streamovanie a umelú inteligenciu. Hovorí sa o nej ako o „jednej z najvplyvnejších ekonomických a kultúrnych síl na svete a je jednou z najhodnotnejších značiek sveta.

Amazon na trhu figuruje od roku 1994, pričom prvý úpis akcií na burze prebehol už pred viac ako 24 rokmi. Cena akcie bola v tom čase, úspech však neprišiel hneď - prvých šesť rokov Amazon nevykázal zisk. Odvtedy sa k Amazonu pripojilo nepreberné množstvo spoločností formou menších či väčších akvizícií, čo v spojení s originálnou stratégiou Amazon bezpochyby radí k perspektívnym spoločnostiam, ktoré sú finančne skvele riadené a konkurencieschopné. Toto dokazuje fakt, že akcie AMZN sa dlhodobo obchodujú nad úrovňou 3 000 USD.

Apple Inc. (AAPL)

Apple Inc. je americká technologická spoločnosť založená v roku 1976 v Silicon Valley, v kalifornskom meste Cupertino, USA. Hlavným programom spoločnosti je výroba a vývoj osobných počítačov Macintosh a ich programového vybavenia, výroba a vývoj smartfónov iPhone, tabletov iPad a predaj hudby, televíznych relácií a filmov prostredníctvom internetového obchodu iTunes Store.

Apple vstúpilo na burzu pred takmer 30 rokmi. Písal sa rok 1980 a cena jednej akcie pri vstupe na burzu bola 22 USD. Apple sa rokmi stal prvou americkou verejne obchodovateľnou spoločnosťou, ktorej trhová hodnota prekonala magickú métu bilión USD. Od uvedenia na burzu, na začiatku osemdesiatych rokov, posilnili akcie Applu o vyše 40 000 %. Momentálne sa akcie Apple v posledných mesiacoch obchodujú na úrovni cez 160 USD.

Pri kvantifikácii rizika využitím Beta koeficientu trh simulujeme použitím historických dát vývoja cien akciového indexu S&P 500 (označovaný GSCP), ktorý obsahuje všetky tri portfóliové aktíva.

Standard and Poor's 500 (S&P 500)

S&P 500 - skratka pre Standard and Poor's 500, je americký akciový index, ktorý zahŕňa akcie 500 najväčších spoločností kótovaných na burzách v USA. Mnoho investorov tento index považuje za najlepší indikátor amerického fondového trhu. Index zahŕňa 500 vedúcich spoločností a pokrýva asi 80% dostupnej trhovej kapitalizácie.

Index S&P 500 bol vytvorený v roku 1957 a vypočítava sa pomocou váženej priemernej hodnoty základných akcií, a preto akcie s vyšším trhovým hodnotením majú väčší vplyv na celkovú hodnotu indexu. Od roku 2005 index zohľadňuje počet akcií vo voľnom obchodovaní.

Hlavným kritériom pri výbere spoločností je trhovú kapitalizácia, zohľadňuje sa však likvidita akcií, miera rastu, druh činnosti spoločnosti. Na to, aby sa spoločnosť mohla kvalifikovať pre index, musí sídliť v USA a mať trhovú kapitalizáciu najmenej 6,1 miliárd dolárov. Verejnosť musí mať k dispozícii najmenej 50% akcií a cena akcie musí byť aspoň 1 dolár. Najmenej 50% výnosov a stálych aktív sa musí nachádzať v USA. Akcie musia byť kótované na burze NYSE alebo NASDAQ.

S&P 500 sa na burze objavil 2. januára 1957 na sume 46,20 USD. Počas prvej dekády sa hodnota indexu zvýšila na niečo málo cez 800 USD, čo odrážalo predovšetkým ekonomický rozmach po druhej svetovej vojne. Naprieč rokmi index stabilne rástol podľa očakávaní a mnohonásobne vzrástol. Cena indexu S&P 500 sa za posledný rok pohybuje nad 4 000 USD.

Pre výpočet rizika sú potrebné dáta, ktoré sme získali z webovej stránky www.finance.yahoo.com pre jednotlivé akcie za nami sledované obdobie od 31.03.2020 do 31.03.2022. Takto získané dáta obsahujú ceny akcií z 506 obchodných dní. Kompletne vstupné dáta pre všetky metódy kvantifikácie rizika nájdeme v prílohách tejto práce.

V praktickej časti tejto práce sme sa pri výpočte hodnoty v riziku priklonili k najčastejšie využíwanej hladine spoľahlivosti, a síce 95%. Veľkosť potenciálnej straty budeme merať v časovom horizonte jedného dňa. Ďalej stavíme na predpoklade, že rizikovými faktormi sú iba ceny akcie a ich vývoj.

Aby sme vyzdvihli dôležitosť prihliadať na trhovú riziko ako na celok a z rôznych pohľadov, v rámci metódy merania rizika Value at Risk sme sa rozhodli pre výpočet hneď

dvoma metódami – historickou simuláciou a variančno-kovariančnou maticou. Výsledok budeme v nasledujúcej kapitole konfrontovať s výpočtom systematickej časti rizika vypočítanej metódou s využitím Beta koeficientu.

Z dôvodu veľkého množstva vstupných údajov a náročnosti výpočtu hodnoty Value at Risk sme počítali pomocou matematicko-štatistických funkcií v programe MS Excel. Následne sme kvôli porovnateľnosti rovnako postupovali aj pri výpočte rizika metódou využitia Beta koeficientu.

4.2 Výpočet Value at Risk metódou historickej simulácie

Základ výpočtu touto metódou spočíva v stanovení výnosov daného aktíva v minulosti na základe historických dát - ak počítame jednodňové Value at Risk, analyzujeme jednodňové výnosy. Tieto vstupné dáta sú k dispozícii v Prílohe číslo 1. Z tejto časovej postupnosti sme vytvorili empirickú distribučnú funkciu, z ktorej je možné odhadnúť príslušný 95-percentný kvantil.

My sme si najskôr pre účely analýzy vypočítali príslušný kvantil pre každé aktívum portfólia samostatne, prostredníctvom funkcie PERCENTILE.EXC, zadáním hodnôt výnosnosti z 506 obchodných dní sledovaného obdobia a 95% hladine spoľahlivosti. V prípade, že by sme ku každému aktívu nášho modelového portfólia pristupovali samostatne, jednodňová hodnota v riziku by pri 95% hladine spoľahlivosti dosahovala nasledovné hodnoty.

Tabuľka 4 Value at Risk pre akcie modelového portfólia - historická simulácia

	Value at Risk (%)	Value at Risk (\$)
Akcie MSFT	-2,77%	- 27,66
Akcie AAPL	-2,97%	- 29,74
Akcie AMZN	-2,94%	- 29,43

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

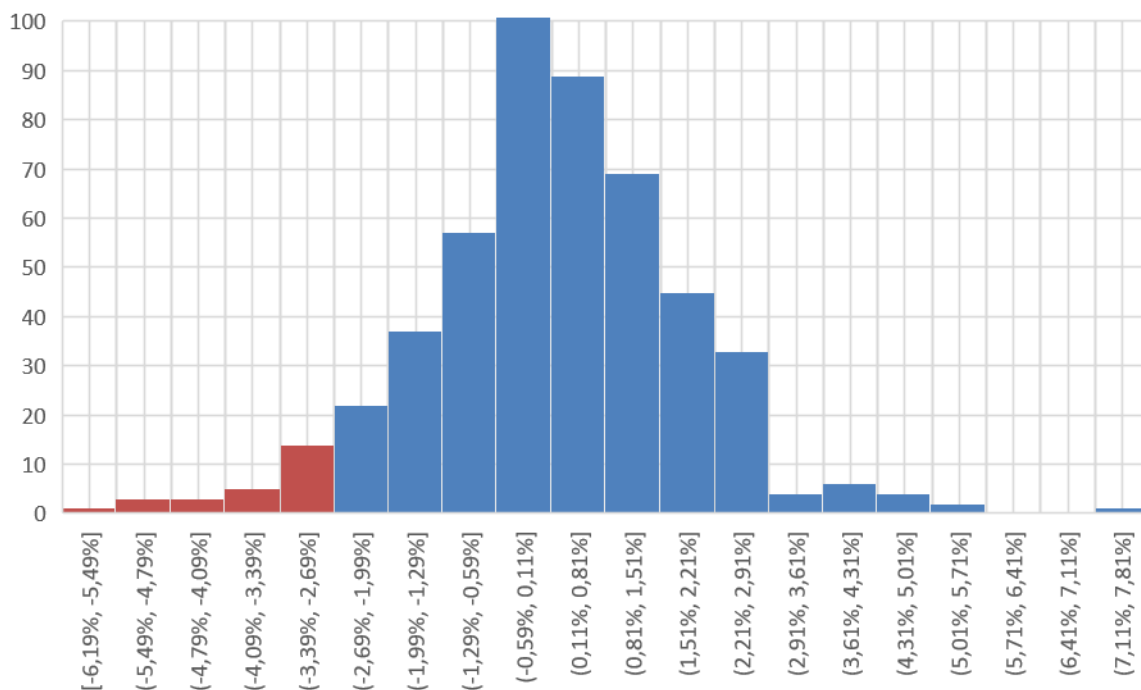
Správnosť takto získaných výsledkov si vieme jednoducho overiť zoradením výnosností zo všetkých 506 obchodných dní od najvyššej po najmenšiu, kedy 25. najnižšia hodnota² vyjadruje jednodňovú hodnotu v riziku pri 99% hladine spoľahlivosti.

² 25. najnižšia hodnota pri výpočte VaR vyplýva z logického výpočtu 95% kvantilu v rámci 506 sledovaných obchodných dní

Ako však už z predošlých kapitol vieme, k riziku treba pristupovať komplexne, a preto portfóliová hodnota v riziku nemôže byť jednoduchým súčtom hodnôt v riziku jednotlivých aktív v portfóliu. Pre výpočet Value at Risk portfólia je potrebné najskôr vypočítať výnosy portfólia v jednotlivých obchodných dňoch – súčtom výnosov jednotlivých aktív. Tieto dáta sú k dispozícii v Prílohe číslo 1. Následne môžeme pokračovať rovnako ako pri jednotlivých aktívach použitím funkcie PERCENTILE.EXC a zadaním výnosov portfólia zo všetkých 506tich obchodných dní a 95% hladiny spoľahlivosti. Výsledkom je portfóliová hodnota v riziku vo výške 80,78 dolárov, čo znamená, že na základe historickej simulácie vieme s 95% spoľahlivosťou povedať, že jednodňová strata nebude vyššia ako 80,78\$.

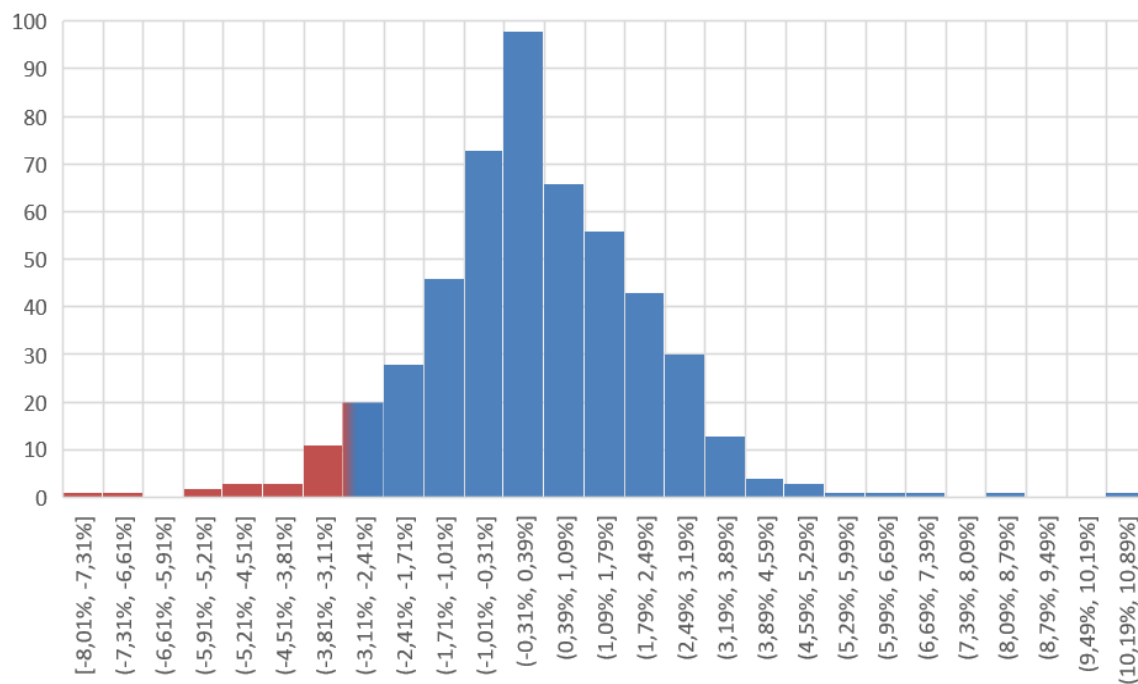
4.3 Výpočet Value at Risk využitím variančno-kovariančnej matice

Vychádzajúc zo stanoveného cieľa možno povedať, že vzhľadom na stanovený cieľ je pre účely práce pre jednotlivé akcie vhodnejšie graficky miesto časového vývoja cien jednotlivých akcií znázorniť pravdepodobnostné rozdelenie výnosov v období sledovaných dvoch rokov. Pravdepodobnostné rozdelenia akcií môžeme vidieť na grafoch číslo 1, 2, a 3.



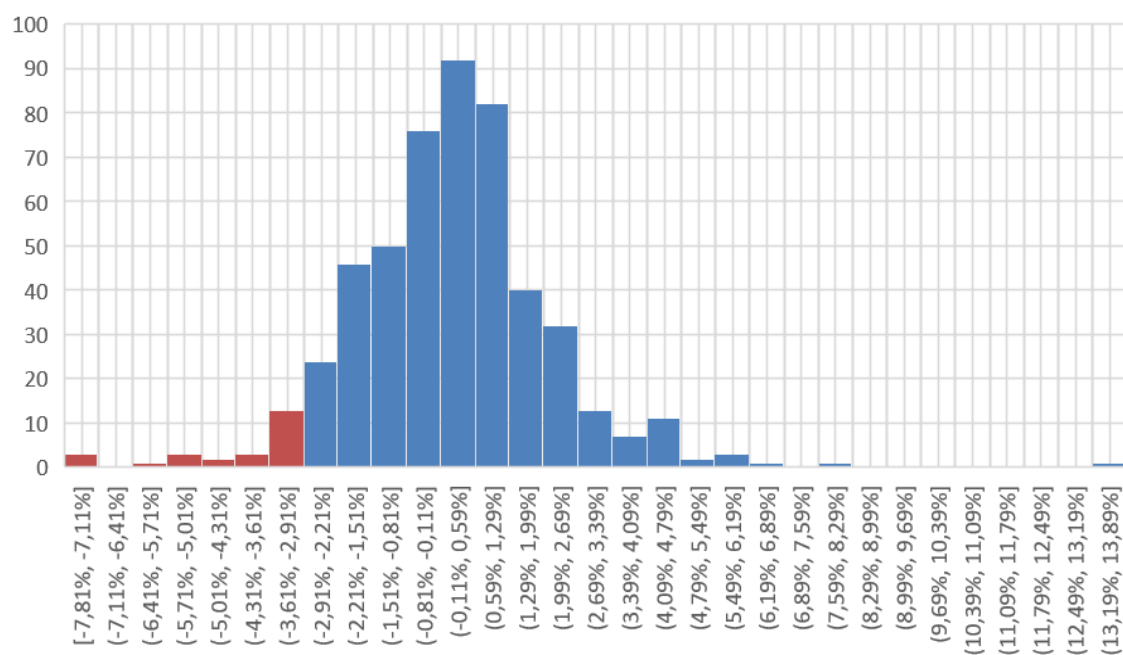
Graf 1 Rozdelenie pravdepodobnosti vývoja akcie MSFT za sledované obdobie

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com



Graf 2 Rozdelenie pravdepodobnosti vývoja akcie AMZN za sledované obdobie

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com



Graf 3 Rozdelenie pravdepodobnosti vývoja akcie AAPL za sledované obdobie

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Na základe týchto grafických znázornení pravdepodobnostných rozdelení možno konštatovať, že výnosnosti všetkých troch akcií majú normálne rozdelenie, čo je predpokladom na výpočet hodnoty v riziku prostredníctvom variančno-kovariančnej matice.

Základom výpočtu hodnoty v riziku využitím variančno-kovariančnej matice je výpočet priemerných výnosností jednotlivých aktív – jednoduchým priemerom všetkých dát z 506 obchodných dní. Pre výpočet priemernej výnosnosti portfólia sme využili funkciu MMULT zadáním transponovanej tabuľky výnosností jednotlivých aktív a ich váh v portfóliu.

Tabuľka 5 Priemerná výnosnosť portfóliových aktív a portfólia

	Priemerná výnosnosť
MSFT	0,1475%
AAPL	0,2215%
AMZN	0,1212%
PORTFÓLIO	0,1634%

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Následne vieme vypočítať hodnoty nadmerných výnosov pre jednotlivé aktíva pre všetky obchodné dni – rozdielom výnosu v daný deň a vypočítaného priemerného výnosu. Tieto dáta sú k dispozícii v Prílohe číslo 2. Pre odhad smerodajnej odchýlky sme následne zhotovili variančno-kovariančnú maticu, pričom biele bunky znázorňujú kovarianciu a šedé varianciu. Hodnoty matice si môžeme jednoducho overiť použitím funkcie VAR.P a COVARIANCE.P. Maticu sme zhotovili pomocou funkcie MMULT zadáním transponovanej tabuľky nadmerných výnosov, pričom je celú funkciu potrebné vydeliť celkovým počtom pozorovaní – v našom prípade 506.

Tabuľka 6 Variančno-kovariančná matica

	MSFT	AAPL	AMZN
MSFT	0,000288837	0,000241317	0,000233165
AAPL	0,000241317	0,000387549	0,000251878
AMZN	0,000233165	0,000251878	0,000423320

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Smerodajnú odchýlku sme odhadli využitím druhej mocniny funkcie MMULT, zadáním váh jednotlivých aktív v portfóliu a vnorenej funkcie MMULT s parametrami váh jednotlivých aktív a variančno-kovariančnou maticou.³ Výpočtom sme zistili, že

³ konkrétny zápis použitej funkcie je SQRT(MMULT(MMULT(TRANSPPOSE(tabuľka váh aktív v portfóliu);variančno-kovariančná matica); tabuľka váh aktív v portfóliu))

smerodajná odchýlka portfólia je 0,0168%. Následne sme na základe výšky celkovej investície vo výške 3 000\$ vypočítali smerodajnú odchýlku vo výške 50,52\$.

Pred zistením jednodňovej hodnoty v riziku je potrebné vyčísliť hraničný bod investície, a to využitím funkcie NORMINV, ktorá vráti inverznú funkciu k distribučnej funkcii normálneho rozdelenia pre našu hladinu pravdepodobnosti 5%, odchýlku 50,52\$ a strednú hodnotu vyjadrenú nasledovne:

$$(1 + \text{priemerná výnosnosť portfólia (0,1634\%)}) * \text{investícia (3 000,00\$)}.$$

Jednodňovou Value at Risk je teda rozdiel investície a hraničného bodu:

$$3\,000,00 - 2921,80 = 78,20\$$$

Na margo oboch metód výpočtu hodnoty v riziku treba povedať, že výsledky metód sa líšia minimálne, a preto môžeme kvantifikáciu hodnoty v riziku považovať za úspešnú a výsledky možno s istotou použiť pri komparácii:

- metóda využitím historickej simulácie - 80,78\$,
- metóda využitím variančno-kovariančnej matice - 78,20\$,

4.4 Výpočet systematického rizika využitím Beta koeficientu

Poslednou kalkuláciou rizika v tejto práci bude výpočet rizika využitím Beta koeficientu, pričom vieme, že Beta koeficient meria citlivosť aktíva na pohyby trhu – systematickú časť rizika. V rámci výpočtu Beta koeficientu sme sa rozhodli pre regresnú metódu najmä kvôli faktu, že berie do úvahy kovarianciu portfólia, rovnako ako pri výpočte hodnoty v riziku variančno-kovariančnou maticou. Takýmto spôsobom nám vstupuje do výpočtov na oboch stranách.

Pre výpočet miery systematického (trhového) rizika jednotlivých akcií a portfólia samotného sme využili nasledujúci vzorec:

$$\delta_Y = \beta_Y * \delta_X$$

kde: δ_Y = systematické riziko akcie,

β_Y = Beta koeficient akcie,

δ_X = systematické riziko trhu.

Pre porovnateľnosť sme si v programe MS Excel pomocou funkcie STDEV.P vypočítali smerodajnú odchýlku pre jednotlivé akcie, portfólio a pre trh. Výsledky uvádzame v nasledovnej Tabuľke č. 7.

Tabuľka 7 Hodnoty smerodajnej odchýlky akcií, portfólia a trhu

	Smerodajná odchýlka
TRH	1,16%
PORTFOLIO	1,68%
MSFT	1,70%
AAPL	1,97%
AMZN	2,06%

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Následne sme skonštruovali regresnú analýzu pre každé aktívum a pre portfólio samotné, pričom za variabilnú premennú Y dosádzame návratnosti daného aktíva v sledovanom období a za variabilnú premennú X dosádzame návratnosti indexu S&P 500 simulujúceho trh. Výstup nám poskytol informácie o hodnote Beta koeficientu, korelácii aktív s trhom, a tiež s koreláciou súvisiacim R-kvadrátom, ktorý vyjadruje podiel pohybov daného aktíva vysvetlených pohybmi trhu.

Tabuľka 8 Regresná analýza akcie MSFT

Regression Statistics				
Multiple R	0,767169425			
R Square	0,588548926			
Adjusted R Square	0,587732555			
Standard Error	0,010923095			
Observations	506			
ANOVA				
	df	SS	MS	F
Regression	1	0,086017408	0,086017408	720,9330044
Residual	504	0,060134262	0,000119314	
Total	505	0,14615167		
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	0,000185192	0,00048796	0,379523703	0,704458862
GSCP	1,126304872	0,041947734	26,85019561	2,9731E-99

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Tabuľka 9 Regresná analýza akcie AAPL

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,710866888
R Square	0,505331732
Adjusted R Square	0,504350248
Standard Error	0,013873326
Observations	506

ANOVA				
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
Regression	1	0,099095566	0,099095566	514,8646266
Residual	504	0,09700446	0,000192469	
Total	505	0,196100026		
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,000830632	0,000619754	1,340262235	0,180763971
GSCP	1,208898662	0,053277443	22,69062861	4,62409E-79

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Tabuľka 10 Regresná analýza akcie AMZN

Regression Statistics				
Multiple R	0,572734407			
R Square	0,328024701			
Adjusted R Square	0,326691416			
Standard Error	0,016899381			
Observations	506			
ANOVA				
	df	SS	MS	F
Regression	1	0,070262788	0,070262788	246,0275686
Residual	504	0,143936899	0,000285589	
Total	505	0,214199688		
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	4,68935E-05	0,000754935	0,06211602	0,950495065
GSCP	1,017947725	0,06489834	15,68526597	1,92242E-45

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Tabuľka 11 Regresná analýza modelového portfólia

<i>Regression Statistics</i>				
Multiple R	0,768313533			
R Square	0,590305686			
Adjusted R Square	0,5894928			
Standard Error	0,010800536			
Observations	506			
ANOVA				
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
Regression	1	0,084710688	0,084710688	726,1854876
Residual	504	0,058792399	0,000116652	
Total	505	0,143503087		

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,000354239	0,000482485	0,734197814	0,463169609
GSCP	1,117717086	0,041477074	26,947829	1,0099E-99

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Výpočet Beta koeficientu pre jednotlivé aktíva vieme skontrolovať jednoduchým prepočtom - ako podiel kovariancie výnosností daného aktíva s indexom predstavujúcim trh (použitím funkcie COVARIANCE.P) a rozptylu výnosností indexu predstavujúceho trh (použitím funkcie VAR.P). Pri výpočte Beta koeficientu portfólia využívame výnosnosti portfólia, ktoré sme získali ako vážený priemer výnosností jednotlivých aktív a ich váh v portfóliu. Vyčíslenie Beta koeficientov môžeme vidieť v Tabuľke číslo 7.

Tabuľka 12 Beta koeficient pre jednotlivé aktíva a portfólio

	β koeficient
MSFT	1,126304872
AAPL	1,208898662
AMZN	1,017947725
PORTFÓLIO	1,117717086

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Dosadením vypočítaných údajov do uvedeného vzorca sme boli schopní vyčísliť mieru trhového rizika. Z dôvodu komplexnosti interpretácií v nasledovnej kapitole v Tabuľke číslo 13 uvádzame okrem trhového rizika aj nesystematické riziko (špecifické riziko akcie/ portfólia), ktoré sme získali ako rozdiel celkového rizika a rizika trhu.

Tabuľka 13 Kvantifikácia systematického a nesystematického rizika jednotlivých aktív a portfólia

	Systematické riziko (%)	Nesystematické riziko (%)	Systematické riziko (\$)	Nesystematické riziko (\$)
MSFT	1,30	0,40	39,11	11,87
AAPL	1,40	0,57	41,98	17,08
AMZN	1,18	0,88	35,35	26,37
PORTFÓLIO	1,29	0,39	38,82	11,71

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

5 Diskusia

Problematika, ktorej sa v tejto práci venujeme je veľmi širokou témou a nie je jednoduché hodnotiť a porovnávať situáciu z pohľadov rôznych metodík výpočtu. Na mieru rizika vzťahujúcu sa k portfóliu vplýva obrovské množstvo premenných – cenový vývoj jednotlivých aktív portfólia, výnosnosť portfólia, miera diverzifikácie portfólia, korelácia jednotlivých aktív, makroekonomické faktory ovplyvňujúce trh a mnoho ďalších. Práve táto skutočnosť robí odhad rizika a investovanie samotné tak ťažkou disciplínou. Pri investíciách je dôležité okrem odhadu miery rizika pochopiť samotný zmysel rizika a jeho miesto na trhu.

V tejto kapitole sa pokúsime na základe našich výpočtov interpretovať a vysvetliť miery rizika vplývajúce na nami vytvorené portfólio v modelovej situácii. Pokúsime sa odhadnúť ich dopad na investičné portfólio a investora samotného, prípadne sformulovať predpoklady a odporúčania pre toto portfólio vo vymodelovaných podmienkach.

Výpočty z kapitoly 4 nám poskytujú množstvo informácií o riziku ako celku a rovnako o jeho zložkách. V prvom rade sme porovnávali výsledky tejto práce – vypočítané miery rizika, ktoré sme dostali na základe troch vybraných metód kvantifikácie rizika aplikovaných na našom portfóliu.

Ako vidíme na Grafe číslo 2, všetky tri vybrané metódy nám poskytnú rôzne výsledky. Výpočet nám v prípade oboch metód výpočtu hodnoty v riziku pri 95% spoľahlivosti indikuje maximálnu dennú stratu na úrovni okolo 80 dolárov. Konkrétne pri metóde historickej simulácie Value at Risk ide o hodnotu 80,75 dolárov, čo znamená, že pri daných trhových podmienkach a vybranom časovom intervale investor pri modelovom portfóliu s 95 percentnou istotou neočakáva dennú stratu vyššiu ako 80,75 dolárov. Táto metóda vo svojom výpočte stavia výlučne na doterajších výnosoch portfólia a nepredpokladá na trhu neočakávané zmeny mimo normy. Práve statickosť je hlavnou nevýhodou tejto metódy, najmä pri pohľade na občasné doterajšie výkyvy výnosností jednotlivých aktív.

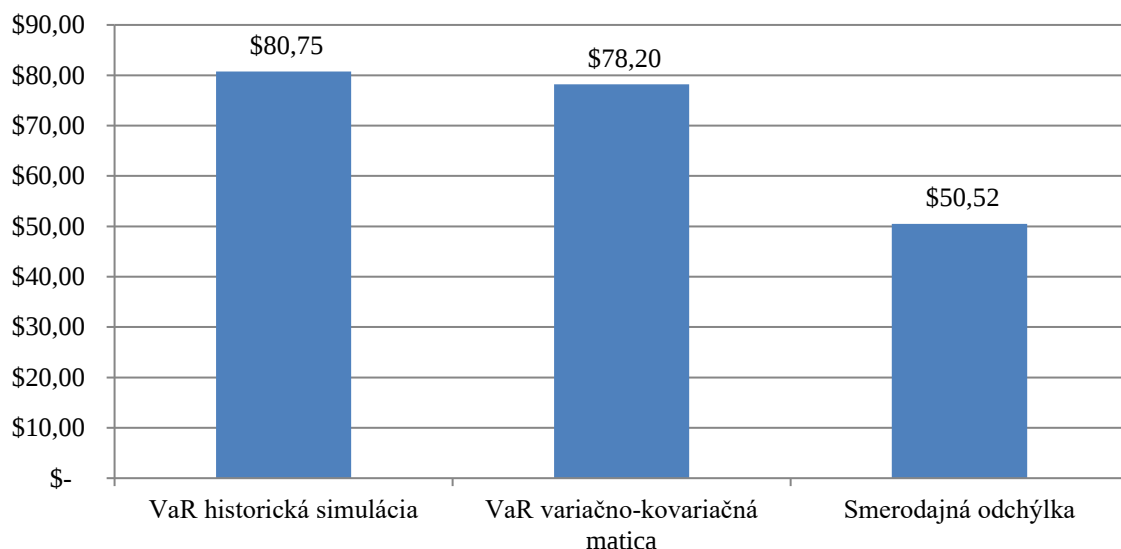
Pri pohľade na výsledky vidíme, že pri výpočte Hodnoty v riziku metódou variančno-kovariančnej matice sa pohybujeme v číslach veľmi blízkyh maximálnej dennej strate pri metóde historickej simulácie, a síce 78,20 dolárov. Túto minimálnu disperziu pripisujeme najmä rozličnosti vstupných veličín – metóda variančno-kovariančnej matice zohľadňuje okrem vývoja výnosností aktív portfólia aj kovarianciu výnosností aktív, ich

pravdepodobnostné rozdelenie, rozptyl a váhy jednotlivých aktív v portfóliu. Vzhľadom na minimálne rozdiely vo výsledkoch dvoch rôznych metód výpočtu Value at Risk môžeme túto metodiku výpočtu označiť za spoľahlivú a využiteľnú na vyjadrenie maximálnej prípustnej straty za dané obdobie – v našom prípade obdobie jedného dňa. Táto metóda je v rôznych svojich variáciách bežne využívaná v praxi a mnoho investorov práve na nej stavia svoje investičné rozhodnutia.

Naopak, pri výpočte s použitím Beta koeficientu a smerodajnej odchýlky sme zaznamenali celkové riziko vo výške 1,27%, čo zodpovedá hodnote 50,52 dolárov. Pri tejto hodnote vieme s istotou konštatovať väčší rozdiel oproti predošlým hodnotám v riziku. Tento rozdiel pripisujeme najmä faktu, že metodika využitím Beta koeficientu viaže výpočet miery rizika úzko na vývoj trhu – v našom prípade na index simulujúci trh. Táto hodnota sa z pohľadu kvantifikácie celkového rizika javí ako menej prakticky využiteľná a jej výpovedná hodnota bude pravdepodobne v porovnaní s výpovednou hodnotou Value at Risk metodiky podstatne nižšia. Posudzujeme tak najmä na základe toho, že pri rovnakých podmienkach vykazuje táto metóda až o 40% nižšiu maximálnu dennú stratu, napriek faktu, že akcie figurujúce v našom modelovom portfóliu majú pomerne vysokú koreláciu – najmä pri pohľade na rovnaké odvetvie a trh, na ktorom všetky aktíva portfólia pôsobia. Časť tohto rozdielu je spôsobený výberom indexu simulujúceho trh, pričom je ťažké zhodnotiť, či práve náš výber portfólia S&P 500 je vhodným reprezentantom trhu. Na jednej strane sú všetky tri portfóliové aktíva súčasťou tohto indexu a index je tvorený dostatočne veľkou vzorkou akcií spoľahlivých spoločností, čo odráža objektívny obraz o reálnom trhu, na ktorom portfólio a jeho aktíva samotné pôsobia, na druhej strane je medzi trhom a aktívami portfólia pomerne vysoká korelácia, čo môže ovplyvniť výpočet miery trhového rizika vplývajúceho na portfólio.

Na základe daného vieme s istotou konštatovať, že rôzne metódy výpočtu rizika, ktorému je portfólio vystavované, naozaj odrážajú rôzne pohľady, z ktorých sa na riziko pri jeho odhade dívame. Taktiež možno povedať, že vybrané metódy berú do úvahy rozdielne premenné, ktorým pripisujú odlišnú váhu. Práve tieto premenné a ich kombinácie ovplyvňujú výpočet miery rizika, ktorému je investícia vystavovaná. Vďaka tomuto je takmer nemožné, aby sme rozdielnymi metódami dospeli k rovnakému výsledku a záveru.

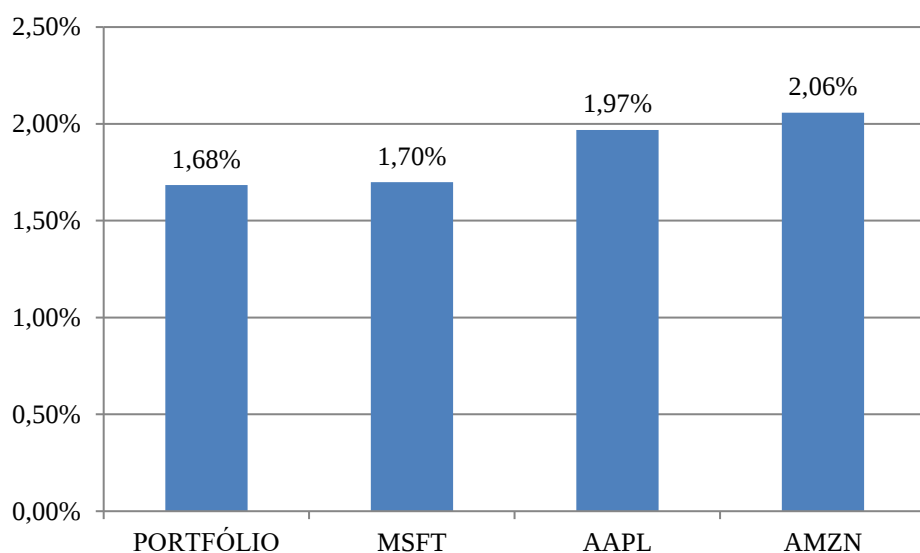
Tento fakt iba podčiarkuje myšlienku dôležitosti správneho chápania rizika samotného ako súčasti investovania.



Graf 4 Porovnanie výšky rizika kalkulovalého vybranými metódami

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Ďalšou informáciou, ktorú nám výpočty smerodajnej odchýlky poskytli je vývoj miery rizika pri diverzifikácii. Na Grafe číslo 3 vidíme, že miera rizika, ktorej je vystavené naše modelové portfólio je na úrovni 1,68%, čo je nižšia úroveň, ako riziko, ktorému je vystavené každé aktívum portfólia samostatne.



Graf 5 Porovnanie výšky rizika jednotlivých aktív a portfólia

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

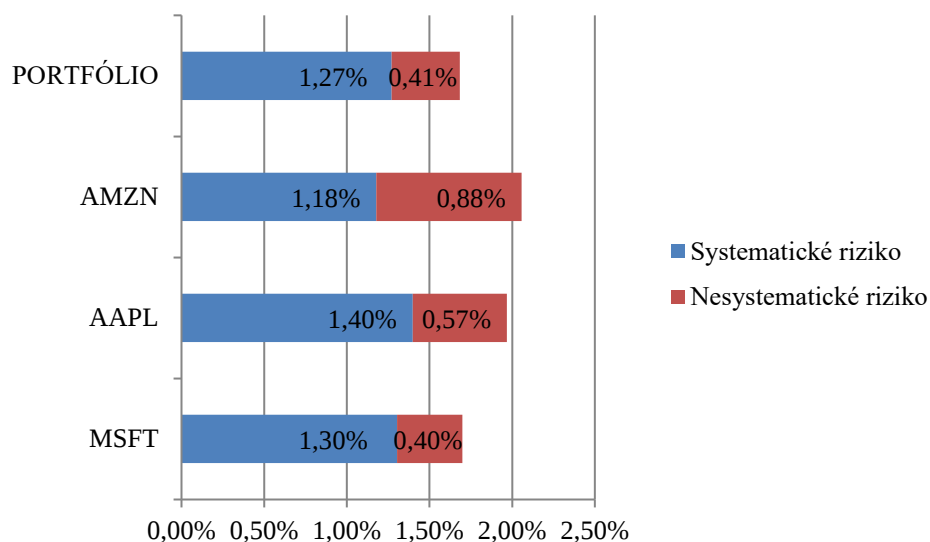
Toto iba potvrdzuje dôležitosť diverzifikácie pri investovaní. Pri skladbe portfólia je dôležité diverzifikovať čo najviac možnými smermi – medzi rôzne druhy aktív, konkrétne podniky, odvetvia alebo dokonca trhy. Iba takýmto spôsobom vieme čo najefektívnejšie rozptýliť riziko vplývajúce na portfólio. Taktiež treba podotknúť, že hoci v našom portfóliu mali všetky aktíva rovnakú váhu, pri diverzifikácii je rovnako ako výber aktív dôležitá aj váha, ktorú v portfóliu majú.

Nadväzujúc na predošlý graf je v nasledujúcom grafe znázornené, akú časť rizika tvorí pri jednotlivých aktívach alebo v rámci portfólia nesystematické = diverzifikovateľné riziko, ktoré vieme ako investor rôznymi spôsobmi znižovať. Systematickú časť, naopak poväčšine nemožno ovplyvniť, nakoľko odráža riziko trhu. Spôsob, akým je možné z časti ovplyvniť systematické riziko, sme pri modelovom nevyužili. Ide o rozšírenie investícií za hranice štátu a teda aj za hranice trhu na ktorom aktíva pôsobia. V našom prípade všetky tri portfóliové aktíva pôsobia na americkom trhu preto v tomto prípade nemáme možnosť ovplyvniť systematické riziko, či sa stáva portfólio zraniteľnejším.

Pri nami pozorovaných aktívach možno povedať, že najväčšiu časť v rámci celkovej miery rizika tvorí diverzifikovateľné riziko pri akciách AMZN, kde tvorí a takmer 43%, nasleduje AAPL s takmer 29% a najmenšiu časť rizika tvorí diverzifikovateľné riziko pri akciách spoločnosti MSFT (23%). V rámci nášho portfólia tvorí špecifické riziko 24,5% celkového rizika vplývajúceho na portfólio. Tieto čísla predstavujú pomyselnú hranicu, po ktorú je investor v tomto prípade rôznymi spôsobmi schopný ovplyvniť riziko, ktorému peniaze v podobe investície vystavuje.

Všeobecne nám vzťah týchto dvoch zložiek rizika indikuje, že správnou skladbou portfólia je investor schopný minimalizovať riziko vplývajúce na portfólio. Otázkou však zostáva, do akej miery by mal byť investor voči riziku averzný, nakoľko vieme, že nízke riziko sprevádza nižšia výnosnosť, čo je presným opakom cieľa investície. Naše modelové portfólio je vystavené pomerne nízkemu riziku, v dôsledku čoho vo výnosnosti zaostáva. Všetky portfóliové aktíva sú stabilné a pôsobia na rovnakom trhu, čo nás núti prihliadať na mieru systematického rizika. V tomto prípade by nemuselo byť problémom držanie týchto akcií samotné, ale ich kombinácia. Stabilné aktíva rovnakého zamerania by sa s cieľom optimalizácie zisku a rizika na základe odbornej literatúry a skúmania mali kombinovať s rizikovejšími a výnosnejšími aktívami. V takomto prípade by tieto aktíva korigovali portfóliové riziko a diverzifikovali investíciu. Ak by však tieto aktíva stáli osamote, ako

napríklad v rámci nášho modelového portfólia, nedá sa predpokladať, že by dokázali produkovať výnosnosť dostatočne atraktívnu pre cieľavedomého investora, takáto kombinácia by mohla byť lákavá pre investora averzného k riziku, ktorý je ochotný prijať nižší výnos na úkor nízkeho rizika.



Graf 6 Prehľad podielov diverzifikovateľnej a nediverzifikovateľnej časti rizika pre jednotlivé aktíva a portfólio

Zdroj: vlastné spracovanie na základe dát z www.finance.yahoo.com

Je nutné spomenúť, že žiadna metóda neposkytuje 100% istotu pri odhade rizika. Taktiež, ako sme už spomínali, treba myslieť na to, že nízka miera rizika ide ruka v ruke s nižšou výnosnosťou, a preto je tvorba optimálneho portfólia kompromisom medzi výnosnosťou, ktorá je pre investora atraktívna a rizikom, ktoré je ochotný znášať. Práve preto je pre investora, zdá sa, kľúčom k optimálnej investícii práve odhad rizika. Ako sme zistili existuje množstvo metód a variácií kvantifikácie rizika, a každý investor by mali byť schopný rozhodnúť, ktorá metóda je pre jeho potreby vhodná.

Na záver je dôležité podotknúť, že táto práca poskytuje iba obmedzený pohľad na metódy merania trhového rizika. Neustále vznikajú nové metódy alebo nové variácie už existujúcich metód, čo je správne, nakoľko aj v našej práci sme dokázali ako veľmi je dôležité na riziko hľadiť z viacerých pohľadov, vnímať ho ako celok a prispôbovať prístup k nemu na základe aktuálnej situácie a subjektívnych postojov a očakávaní.

Záver

Cieľom tejto práce bolo charakterizovať metódy merania trhového rizika, aplikovať ich na konkrétne dáta a následne výsledky analyzovať a porovnať.

V prvej kapitole sme sa venovali predovšetkým teoretickým definíciám problematiky. V rámci tejto kapitoly sme si charakterizovali finančné riziko ako celok, jeho klasifikáciu a taktiež sme si podrobnejšie rozobrali trhové. Ďalej sme si definovali a analyzovali rôzne metódy merania trhového rizika ako Value at Risk, metódu merania trhového rizika pomocou Beta koeficientu a rôzne alternatívne miery merania trhového rizika, pričom sme dospeli k názoru, že pre našu prácu je vhodné využiť dve variácie metódy Value at Risk, ktoré sme plánovali konfrontovať s výsledkami získanými metódou s využitím Beta koeficientu.

V druhej a tretej kapitole sme si vymedzili cieľ práce a metodiku. Pri vytýčení hlavného cieľa sme si stanovili aj čiastkové ciele, ktoré nám mali k jeho dosiahnutiu napomôcť. V rámci metodiky sme popisovali hlavne metódy skúmania a zdroje informácií.

Štvrtou kapitolou bola charakteristika objektu skúmania, kde sme si popísali modelové portfólio, na ktoré sme následne aplikovali vybrané metódy. Výpočty pomocou troch vybraných metód nám poskytli výsledky pre analýzu v poslednej kapitole práce.

V kapitole Diskusia sme sa venovali interpretáciám výsledkov, ich analýze a komparácii. Na základe týchto analýz a poznatkov získaných štúdiom odbornej literatúry sme sformovali tvrdenia a odporúčania týkajúce sa využívaných metód merania trhového rizika, štruktúry modelového portfólia využívaného v tejto práci, ako aj samotných portfóliových aktív.

Naprieč celou touto prácou sme sa pokúšali podčiarkovať dôležitosť chápania rizika a jeho merania. Taktiež sme sa snažili objasniť veľké množstvo metód a variácií merania finančného (trhového) rizika náhľadom do metodiky výpočtov a ich komparáciou. Táto práca mala viesť k záveru, že riziko je komplexná veličina, ktorú ovplyvňuje obrovské množstvo premenných. Práve preto je pri odhade rizika dôležité vždy hodnotiť z viacerých pohľadov a analyzovať čo možno najviac z týchto premenných - subjektívny postoj investora, jeho očakávania, vývoj aktív portfólia jeho skladbu, rizikové faktory, aktuálnu situáciu na trhu, jej možný vývoj a mnoho ďalších.

Použitá literatura

Knižné zdroje:

AMBROŽ, Luděk. *Měření rizika ve financích*. Praha : Ekopress, 2011. 232 s. ISBN 978-80-86929-76-7.

JÍLEK, Josef. *Finanční trhy a investování* . Praha : Grada, 2008. 648 s. ISBN: 9788024716534.

JORION, Philippe. *Value at Risk : The New Benchmark for Managing Financial Risk*. 3rd edition. California : McGraw-Hill Education, 2006. 624 s. ISBN 978-0071464956.

MARKOVIČ, Peter a kol. *Manažment finančných rizík podniku : implementácia derivátových kontraktov*. 1. vyd. Bratislava : Iura Edition, 2007. 383 s. ISBN 978-80-8078-132-3.

RYBÁROVÁ, Daniela – GRISÁKOVÁ, Nora. *Podnikateľské riziko*. 1. vyd. Bratislava : Iura Edition, 2010. 179 s. ISBN 978-80-8078-377-8.

SIVÁK, Rudolf – GERTLER, Ľubomíra – KOVÁČ, Urban. *Riziká a modely vo financiách a v bankovníctve* . 3. vyd. Bratislava : Sprint 2, 2014. 346 s. ISBN 978-80-89710-08-9.

VALÁŠKOVÁ, Katarína – KOVÁČOVÁ, Mária – KUBALA, Pavol. *Podnikateľské riziko*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, 2019. 193 s. ISBN: 9788055415413.

ZMEŠKAL, Zdeněk. - DLUHOŠOVÁ, Dana. - TICHÝ, Tomáš. *Finanční modely : Koncepty, metody, aplikace*. Praha : Ekopress, 2013. 270 s. ISBN 978-80-86929.

Časopisy:

IGLARČÍKOVÁ, Eva – PINDA, Ludovít. Miery finančného rizika Var a CVaR. In: *Ekonomika, Informatika : vedecký časopis FHI EU v Bratislave a SSHI*. Bratislava : Ekonomická univerzita v Bratislave, 2016, roč. 14, č. 2, s. 46-58. ISSN 1339-987X.

NOVÁK, Jiří – PETR, Dalibor. CAPM Beta, Size, Book-to-Market, and Momentum in Realized Stock Returns. In: *Czech Journal of Economics and Finance*. Prague : Institute of Economic Studies, Faculty of Social Sciences, Charles University in Prague, 2010, roč. 60, č. 5, s. 447-460.

VARCHOLOVÁ, Tatiana – RIMARČÍK, Marián. Metódy a modely VALUE-AT-RISK a ich aplikácia. In: *Odborný bankový časopis*. 2003, roč. 10, č. 3, s. 27-28. ISSN 1335-0900.

Internetové:

GALIBAVÝ, Oliver. *Spôsoby výpočtu koeficientu beta pri akciách a ich porovnanie*. [elektronický zdroj]. Praha, 2012. 55 s. [cit. 2021-12-03]. Dostupné na: https://is.ambis.cz/th/b6hkj/Bakalarska_praca_-_Oliver_Galbavy_-_FINAL.pdf

HAJDU, Matej. *Meranie a riadenie rizika portfólia*. [elektronický zdroj]. Košice, 2015. 48 s. [cit. 2021-11-22]. Dostupné na: <https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=FF44C990A7CA883E488C5F929FD7>
https://is.muni.cz/th/q6mle/diplomova_praca_samelova_final.pdf

KRKOŠKA, Jakub. *Analýza trhového rizika (Value-at-risk)*. [elektronický zdroj]. Bratislava, 2013. 59 s. [cit. 2021-11-24]. Dostupné na: <https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=A620642252F04BC5E41EA88602AE>

MINARIKOVÁ, Zuzana. *Komparácia metód Value-at-Risk v analýze trhového rizika*. [elektronický zdroj]. Košice, 2015. 76 s. [cit. 2021-11-23]. Dostupné na: <https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=99467F2B4D35905AF7562764CF03>

ŠTALMACH, Matej. *Value-at-Risk: nástroj na meranie trhového rizika*. [elektronický zdroj]. Bratislava, 2007. 95 s. [cit. 2021-11-23]. Dostupné na: http://www.iam.fmph.uniba.sk/studium/efm/diplomovky/2007/stalmach/diplomovka.pdf?fbclid=IwAR3Xvp1ME9QayUJbNAJpMaJUA3w0lfoZWNB3JmB5l3afoqYHbb1r_BHw6Xg

ŠTEFÁNIK, Martin. *Spektrální míry rizika v úlohách optimalizace portfolia*. [elektronický zdroj]. Praha, 2014. 45 s. [cit. 2021-11-10]. Dostupné na: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/72502/BPTX_2013_1_11320_0_348217_0_141198.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Prílohy

Príloha č. 1 – Vstupné dáta pre výpočty