

# KONCEPT MĚŘENÍ RIZIKA

JAN VENCL, VLASTIMIL JANDUS

## Abstrakt

Tento koncept vysvětluje a představuje nový indikátor určený k měření tržního rizika. Pojem riziko je podle moderní teorie portfolia pravděpodobnost, že výnos cenného papíru bude jiný, než jaký očekáváme (Gladiš 2005). Kohout zmiňuje, že riziko se obvykle vyjadřuje pomocí volatility (Kohout 2000). Důležité v Kohoutově tvrzení je slovo obvykle. Téměř ve většině publikací je právě pojem volatilita zmiňován v souvislosti s rizikem. Kohout a ani Gladiš se nespokojují s matematickou definicí rizika a domnívají se, že riziko je potřeba mnohem více specifikovat. Není potřeba zde rozebírat význam slova riziko. Každý čtenář jistě chápe, že se jedná o negativní součást akciového investování. Tento příspěvek vysvětluje a představuje nový indikátor určený k měření tržního rizika. V práci je matematicky popsán indikátor a na příkladech vypočítán a interpretován. Výstup modelu popsaného v tomto příspěvku je možné interpretovat jako absolutní hodnotu. Přičemž platí, čím vyšší hodnota, tím vyšší riziko. Je možné indikátor použít i jako vstup do sestavování složitějších modelů, popřípadě jako parametr kvantitativního screeningu.

## Klíčová slova

Riziko, dividendy, maximální pokles, portfolio, monte carlo simulace

## Klasifikace JEL

G110, C1

## Úvod

Motivací pro vytvoření vlastního indikátoru byla potřeba Investičního Klubu VŠFS hledat vhodná obchodovatelná aktiva k analýze. V empirické části příspěvku je matematicky zapsán postup výpočtu indikátoru a demonstrován jeho výpočet na indexu S&P 500. V modelové části je pak popsán příklad výpočtu pro akciové portfolio.

Zde popisovaná metoda není v souladu s teorií efektivních trhů (Fama, 1965). Vycházíme z předpokladu, že použití obou metod fundamentální i technické analýzy může přinést lepší výsledky, než pouhý náhodný výběr akcií.

Důležitý předpoklad pro správné fungování indikátoru je, že investor je rizikově averzní, preferuje menší riziko před větším rizikem. Optimální použití indikátoru je u portfolia, které je konstruováno s cílem generování příjmů a nikoliv pouhý růst kapitálové hodnoty.

Řada již existujících, a v odborné veřejnosti známých indikátorů na měření tržního rizika, využívá ve výpočtu exogenní vstupy, které jsou často statisticky odhadnuty, a existuje zde reálná možnost, že hodnota vstupu zkresluje výsledky měření. U této metody jsou použity pouze 2 vstupy. Historické ceny aktiv, ze kterých je tvořeno portfolio a peněžní toky, které toto portfolio generují. Zdrojem historických dat v této práci byla otevřená databáze.<sup>1</sup>

Je třeba vyzdvihnout přednost konstrukce indikátoru, která nevyužívá pouze vstupy jako technická analýza, ale zahrnuje i fundamentální data.

---

<sup>1</sup> Yahoo! Finance dostupné na WWW: <<http://finance.yahoo.com>>

# 1 Empirický přístup

Výpočet indikátoru je podíl očekávaného nejhoršího propadu hodnoty portfolia a očekávaných peněžních toků (dále jen „CF“) z portfolia. Zjednodušený matematický zápis je následující:

$$I = \frac{MDD}{CF}, \text{ kde}$$

*I ... je hodnota indikátoru,*

*MDD ... očekávaná hodnota maximálního drawdownu,*

*CF ... očekávaná hodnota peněžních toků ("Cash-flow").*

## 1.1 Očekávaná hodnota maximálního drawdownu

Velikost tohoto ukazatele je třeba znát v absolutních hodnotách, nikoliv relativně vyjádřenou v procentech. Nedostačujícím řešením by bylo měření maximálního poklesu hodnoty portfolia v procentech, poněvadž by tento přístup zahrnoval pouze historická data. Velikost maximálního poklesu je nutné znát pro co největší počet možných scénářů, toho lze docílit simulací náhodného vývoje.

Metoda měření teoretického největšího poklesu spočívá ve vytvoření velkého počtu simulací. Tyto simulace jsou konstruovány náhodnou změnou pořadí absolutních přírůstků. Změna pořadí je provedena pomocí generátoru pseudonáhodných čísel. V našem případě jsme použili lineární kongruentní generátor<sup>2</sup> (Gentle 1998), který je implementován v PHP<sup>3</sup>. Přírůstek lze matematicky vyjádřit rozdílem hodnot portfolia v čase  $t=0$  a  $t=-1$ . Pracujeme s předpokladem, že ve statistickém souboru historických dat je zahrnuto dostatečné množství nárůstů i poklesů. V budoucnu je tedy možné předpokládat opakování těchto hodnot, ale již se zaměřeným pořadím.

Je třeba zmínit nedostatky lineárního kongruentního generátoru. Výstupem je pseudonáhodné číslo, nikoliv náhodné. Jedná se tedy o velice dlouhou časovou řadu, která

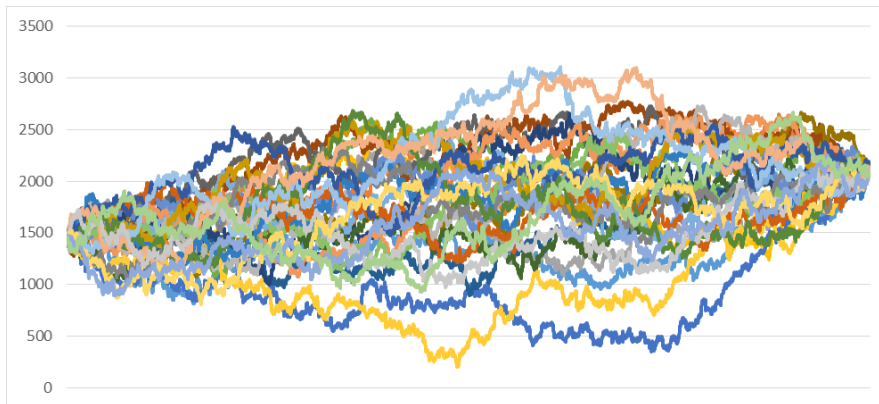
---

<sup>2</sup> Jeden z nejstarších a nejrozšířenějších generátorů pseudonáhodných čísel. Jeho využití je převážně v nízkoúrovňových programovacích jazycích.

<sup>3</sup> Programovací jazyk

má při podrobném pozorování jistou pravidelnost, nicméně pro potřeby tohoto příspěvku LKG dostačuje. Pro větší jistotu lze samozřejmě použít generátoru náhodných čísel<sup>4</sup>.

**Graf 1 - Simulace indexu S&P 500**



Zdroj: vlastní zpracování, data: Yahoo! Finance [online]

Na Grafu 1 Simulace indexu S&P je zobrazeno 30 simulací modelovaných časových řad. Je potřeba zmínit, že i když časové řady nejsou shodné, tak počáteční i konečná hodnota je u všech simulací stejná.

Výhoda použití simulací spočívá v zahrnutí i budoucí situace. Počet simulací je závislý na délce časové řady. V případě využití denních hodnot v časové řadě alespoň 15let (cca 4000 hodnot) je maximální počet neopakujících se hodnot 4000! ( $4000 \cdot 3999 \cdot 3998 \dots 3 \cdot 2 \cdot 1$ ). Dostačující je modelování alespoň 10000 simulací. V našem případě budeme pracovat s 250 000 simulacemi.

Z těchto simulací je nejprve nutné zjistit velikost MDD. Maximální pokles vysvětluje Ambrož (Ambrož 2011) jako rizikovou míru, pomocí které je možno měřit maximální pokles během zadaného období. Jestliže  $S_t$  je hodnota měřené veličiny (kurz akcie, změna burzovního indexu, směnný kurz, úroková míra, výnos do splatnosti atd.) v čase  $t$ , potom maximum drawdown  $MDD_T$  v období  $(0, T)$  je definován takto:

$$MDD_T = \max_{t \in (0, T)} (M_t - S_t), \text{ kde}$$
$$M_t = \max_{u \in (0, t)} (S_u)$$

<sup>4</sup>Webová služba Random.org poskytuje náhodné číslo, které je výstupem měření fyzikálních úkazů v atmosféře. <https://www.random.org/>

Bez matematického zápisu lze interpretovat tento ukazatel jako maximální rozdíl historicky největší hodnoty časové řady s minimem, přičemž platí, že maximum předchází minimu.

Očekávaný největší pokles je dán vztahem:

$$MDD = \frac{\sum_{i=0}^N MDD_i}{N} * 2\sigma, \text{ kde}$$

$N$  ... počet simulací,

$MDD_i$  ... maximální pokles simulace  $i$ ,

$\sigma$  ... směrodatná odchylka MDD všech simulací.

Bylo by možné využít i hladinu spolehlivosti, 95% kvantil, nebo kritizovanou metodu VaR (Beder 1995). Pro snazší aplikovatelnost této metody v praxi je vhodné použít tento matematicky jednodušší přístup, ale pro „přísnější“ využití indikátoru je samozřejmě možné postup výpočtu očekávaného MDD nahradit.

## 1.2 Očekávaná hodnota peněžních toků portfolia

Hodnota peněžních toků je druhý parametr indikátoru. Jedná se o předpokládanou hodnotu, která je odhadována na základě historických dat.

Před samotným provedením výpočtu odhadovaných peněžních toků je potřeba harmonizovat data. Výplaty jsou zpravidla vypláceny několikrát za rok. Je tedy nutné hodnoty sečíst pro každý rok: Necht'  $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5$  až  $k_N$  jsou počty kusů jednotlivých akcií zastoupené v portfoliu a  $C_1^a, C_2^a, C_3^a, C_4^a$  až  $C_P^a$  jsou jednotlivé peněžní toky akcie  $a$  vyplácené v průběhu jednoho roku. Vzorec pro peněžní toky v kalendářním roce  $y$  pak vypadá následovně:

$$CF_y = k_1(C_1^a + C_2^a \dots C_P^a) + k_2(C_1^b + C_2^b \dots C_P^b) + k_3(C_1^c + C_2^c \dots C_P^c) \dots + k_N$$

$CF_y$  je celková výplata peněžních toků portfolia v roce  $y$ . Je možné, že se matematický zápis může jevit jako nepřehledný, ale v zásadě se jedná o součet peněžních toků jednotlivých

akcií vynásobené počtem akcií. Následně se zprůměrují dílčí sumy za kalendářní rok pomocí lineárně váženého průměru. Kde nejmenší váha je u prvního roku a největší u posledního, jinak řečeno:

$$CF = \frac{\sum_{y=1}^T y * CF_y}{\sum_{y=1}^T y}$$

CF je lineárně vážený průměr peněžních toků jednotlivých let měřeného období. T je počet období. Druhá možnost, ačkoliv méně přesná, je početně jednodušší. Postačuje hodnotu ukazatele dividendových výnosů převést na nominální hodnotu a opět nominální výši výplaty sečíst za celé portfolio pro každý rok.

## **2 Aplikační část**

### **2.1 Odvození hodnot pro benchmarking**

Popisovaný koncept této metody je sice možné použít jako porovnání dvou akciových portfolií, ale efektivnější například pro sektorovou analýzu by bylo vhodnější mít k dispozici referenční hodnoty, které by byly použitelné k porovnání s jakýmkoliv portfoliem. Samozřejmě je třeba dodržet složení portfolia a to konkrétně stejný druh aktiv.

V případě využití indikátoru na jednotlivá aktiva, je potřeba být ve výběru benchmarku mnohem důslednější. Například: Uvažujme technologickou akcií. Vhodným benchmarkem je pak index technologických společností. Následně můžeme provádět analýzu celého sektoru a na základě výstupu diskutovat rizikovost akciové investice. Tento zásadový přístup k výběru benchmarku lze vynechat v případě, že tvoříme portfolio akcií a chceme pouze znát rizikovost jednotlivých titulů portfolia.

Na modelovém příkladu je demonstrován postup výpočtu referenčních hodnot. Benchmarkem je již zmíněný index S&P 500. Analyzované období zahrnuje denní uzavírací ceny od 3. 1. 2000 do 20. 11. 2015. Z naměřených hodnot MDD u 250 000 simulací byly zjištěny následující ukazatele variability.

Průměr MDD: 873.00

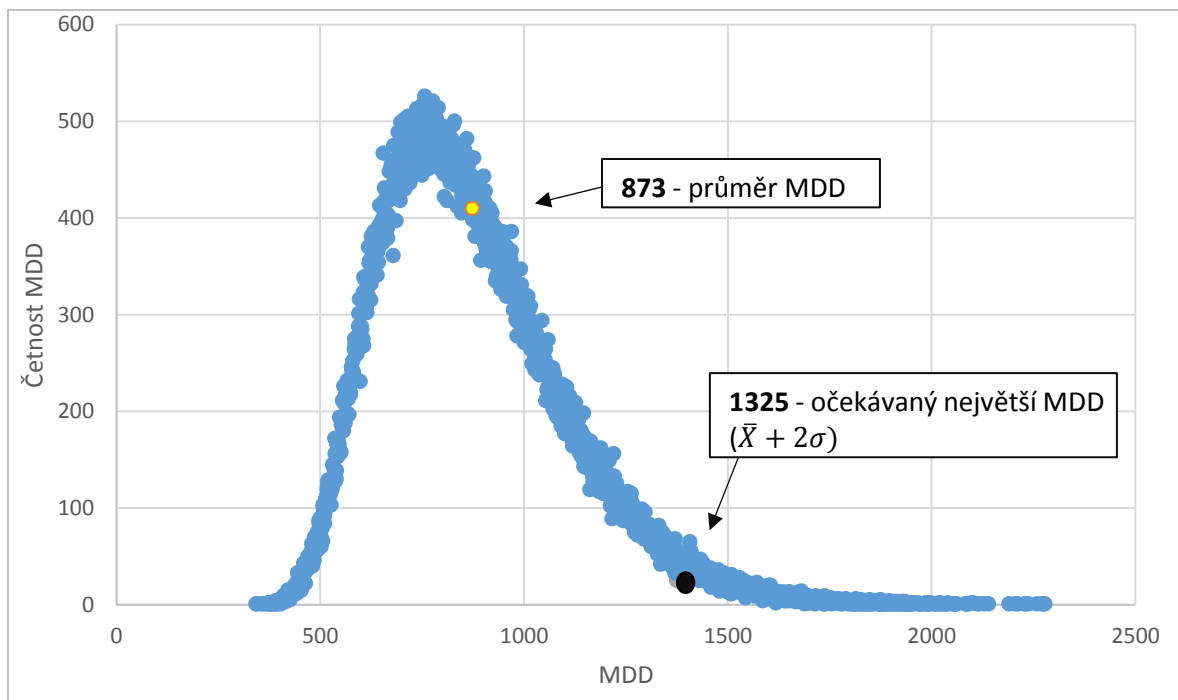
$\sigma_{MDD}$ : 226.32

Očekávaný nejvyšší MDD je tedy roven:

$$MDD = 873.00 + 2 * 226.32 = \mathbf{1325.64}$$

Na níže uvedeném Grafu 2 je znázorněna absolutní četnost MDD indexu S&P 500. Dílčí MDD simulace jsou zaokrouhleny na celá čísla. Na grafu jsou uvedeny i hodnoty průměru a očekávaného MDD.

**Graf 2 - Absolutní četnost maximálního drawdownu S&P 500**



Zdroj: Vlastní zpracování

Nyní je potřeba spočítat odhadovanou hodnotu peněžních toků a přizpůsobit data analýze. V době psaní textu ještě nejsou známy všechny hodnoty výplaty dividend za rok 2015. Proto se jako konečné období použije rok 2014.

**Tabulka 1 - Historická výše dividend S&P 500**

Rok	ROE (v %)	Dividendový výnos (v %)	S&P 500	Příjmy (v USD)	Dividendy (v USD)
2000	4.25	1.23	1320.28	56.13	16.27
2001	3.38	1.37	1148.09	38.85	15.74
2002	5.23	1.83	879.82	46.04	16.08
2003	4.92	1.61	1111.91	54.69	17.88
2004	5.58	1.60	1211.92	67.68	19.407
2005	6.12	1.79	1248.29	76.45	22.38
2006	6.18	1.77	1418.30	87.72	25.05
2007	5.62	1.89	1468.36	82.54	27.73
2008	5.48	3.11	903.25	49.51	28.05
2009	5.10	2.00	1115.1	56.86	22.31
2010	6.66	1.84	1257.64	83.77	23.12
2011	7.67	2.07	1257.6	96.44	26.02
2012	6.79	2.13	1426.19	96.82	30.44
2013	5.81	1.89	1848.36	107.3	34.99
2014	5.57	1.87	2058.9	114.74	38.57

Zdroj: NYU STERN SCHOOL OF BUSINESS dostupné online<sup>5</sup>

Při aplikování vzorce, uvedeného výše, na výpočet očekávaných peněžních toků je výstupem očekávaná hodnota peněžních toků rovna 27.51 USD. Nyní jsou známy všechny potřebné hodnoty a je možné přejít k závěrečnému výpočtu.

$$I = \frac{MDD}{CF} = \frac{1325.64}{27.51} = 48.18$$

Výsledkem měření pro hodnoty benchmarku je hodnota 48.18. Tento výstup lze interpretovat jako dobu trvání v letech, ve které je možno překonat ztrátu po očekávaném nejhorším propadu jen za pomoci výplaty dividend.

## 2.2 Analýza modelového portfolia

Pro lepší představu použitelnosti indikátoru je v textu dále vypsán postup a výpočet pro modelové portfolio. Historická data pro měření jsou v období od 3. 1. 2000 do 20. 11. 2015.

<sup>5</sup> [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/spearn.htm](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/spearn.htm)



## 2.3 Modelové portfolio

Jedná se o akciové portfolio, které je tvořeno mediálně známými společnostmi. Kritéria pro tvorbu portfolio nebyla založena na fundamentálním základě. Výběr akcií spočíval ve snadném pochopení obchodního modelu společností. Portfolio je shrnuto v níže uvedené Tabulce 2. Pro zjednodušení výpočtu portfolio zahrnuje pouze 5 kusů akcií a kapitálová hodnota portfolio je součet promptních cen.

**Tabulka 2 - Struktura portfolio**

Společnost	Ticker	Počet akcií	Cena (v USD)	Zastoupení v portfolio kde dni nákupu (3. 1. 2000)
The Coca-Cola Company	KO	1	42.43	16 %
Exxon Mobil Corporation	XOM	1	79.79	30 %
Ford Motor Co.	F	1	14.60	6 %
Microsoft Corporation	MSFT	1	54.19	21 %
American Express Company	AXP	1	72.42	27 %

Zdroj: vlastní zpracování, data: Yahoo! Finance [online]

## 2.4 Výpočet

### 2.4.1 Očekávaný největší MMD

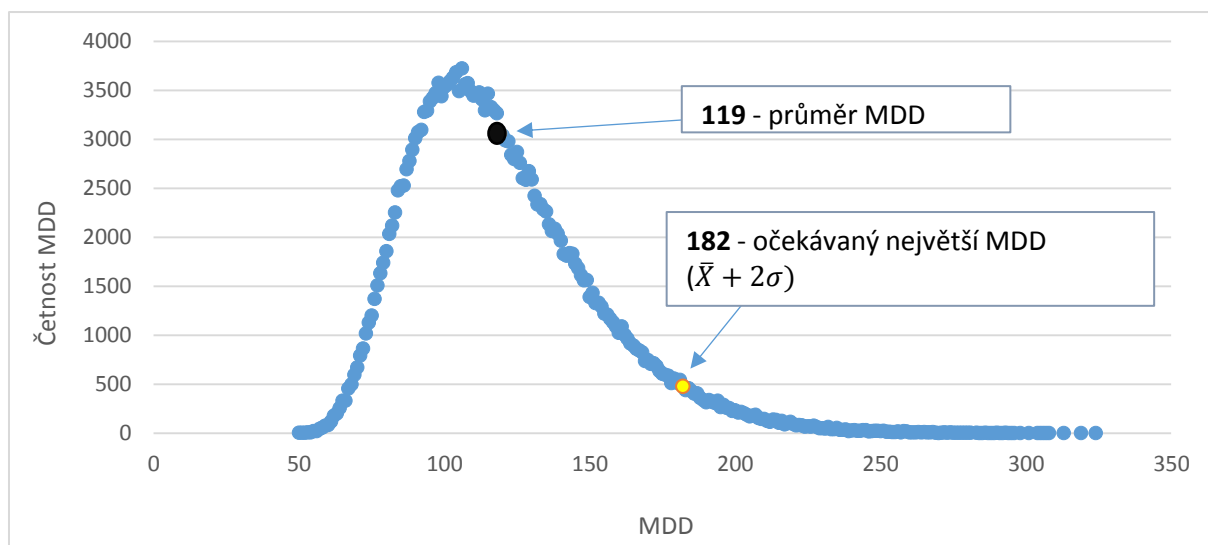
Na Grafu 3 je zobrazena četnost MDD 250 000 simulací vývoje modelového portfolio. Na základě výstupů ze statistického šetření maximálních poklesů portfolio je možné vypočítat očekávaný největší MDD. Opět se jedná o součet dvou směrodatných odchylek a aritmetického průměru.

$$\text{Průměr MDD: } 119.5101$$

$$\sigma_{MDD}: 31.3199$$

$$MDD = 119.51 + 2 * 31.32 = \mathbf{182.15}$$

**Graf 3 - Absolutní četnost maximálního drawdownu portfolia**



Zdroj: vlastní zpracování

### 2.4.2 Očekávaná výše peněžních toků (dividend)

V předcházející části příspěvku je metodicky vysvětlen postup pro přípravu historických dat. Na tabulce níže jsou sloučeny peněžní toky portfolia pro jednotlivé roky.

**Tabulka 3 - Historická výše dividend portfolia**

Rok	KO (v USD)	XOM (v USD)	F (v USD)	MSFT (v USD)	AXP (v USD)	Portfolio CF	Váha	Portfolio CF*váha
2000	0.34	0.88	1.13	0.00	0.27	2.62	1	2.62
2001	0.45	0.91	1.05	0.00	0.28	2.69	2	5.38
2002	0.40	0.92	0.40	0.00	0.35	2.07	3	6.21
2003	0.44	0.98	0.40	0.24	0.33	2.39	4	9.56
2004	0.50	1.06	0.40	3.16	0.28	5.40	5	27.00
2005	0.56	1.14	0.30	0.32	0.43	2.75	6	16.50
2006	0.62	1.28	0.25	1.28	0.54	3.97	7	27.79
2007	0.68	1.37	0.00	1.37	0.60	4.02	8	32.16
2008	0.76	1.55	0.00	1.55	0.72	4.58	9	41.22
2009	0.82	1.66	0.00	1.66	0.72	4.86	10	48.60
2010	0.88	1.74	0.00	1.74	0.72	5.08	11	55.88
2011	0.94	1.85	0.00	1.85	0.72	5.36	12	64.32
2012	1.02	2.18	0.20	2.18	0.78	6.36	13	82.68
2013	1.12	2.46	0.40	2.46	0.86	7.30	14	102.20
2014	1.32	2.70	0.50	2.70	0.98	8.20	15	123.00
							Σ 120	Σ 645.12

Zdroj: vlastní zpracování, data: Yahoo! Finance [online]

Nyní je potřeba vypočítat lineárně vážený průměr. Roku 2000 je přiřazena váha 1, roku 2014 váha 15. Hodnotu Portfolio CF je potřeba vynásobit příslušnou vahou daného roku. Upravená hodnota peněžních toků je zobrazena v posledním sloupci tabulky. Následně stačí pouze dosadit sumu vah a sumu upravených peněžních toků do vzorce.

$$CF = \frac{\sum_{y=1}^T y * CF_y}{\sum_{y=1}^T y} = \frac{645.12}{120} = \mathbf{5.37}$$

Ze vzorce výše byla vypočtena očekávaná hodnota CF 5.37 USD. Z Tabulky 3 je patrné, že CF má rostoucí trend. Výsledná hodnota je přibližně na hladině roku 2011, ale je potřeba si uvědomit, že od krize 2007 se na trzích odehrává přehnaný optimismus. Vůbec není na škodu přistupovat k výpočtu pesimisticky, protože budoucí hodnoty CF lze pouze velmi složitě odhadnout.

## 2.5 Výsledná hodnota indikátoru

V předchozích podkapitolách je popsán a na příkladu ukázán výpočet proměnných vzorce pro výpočet samotného indikátoru. Všechny hodnoty jsou známé a je možné přistoupit k samotnému výpočtu.

$$I = \frac{MDD}{CF} = \frac{182.14}{5.37} = \mathbf{33.92}$$

Naměřená hodnota indikátoru je 33.92. V porovnání s hodnotou benchmarku 48.17 je portfolio z prezentovaného indikátoru méně rizikové. V zásadě se jedná o „přidanou hodnotu investora“. Nastane-li nejhorší očekávaný scénář, tak peněžní toky budou umořovat tuto ztrátu 33.92 let. V případě benchmarku 48.18 let. Na výstup je třeba nahlížet, jako na dobu, během které se kompenzuje ztráta poklesu kapitálové hodnoty pomocí peněžních toků vygenerovaných portfoliem CP.

Alternativní interpretace je, že v případě nejvyššího poklesu kapitálové hodnoty portfolia investor realizuje ztrátu ve výši součtu CF za předcházejících 33.92 let.

## Závěr

Bylo už napsáno velké množství metodiky měření rizik. Důležité je vidět za rizikovou mírou i konkrétní možnost ztráty a ne jenom pokles hodnoty tržních cen. Není možné aplikovat jednu jedinou metodu pro měření rizik. Je nutné nahlížet i na fundamentální faktory. Právě kombinace vyplácených peněžních toků a tržní ceny je pomyslný most mezi přesností technické analýzy a racionalitou fundamentální.

Tento přístup lze použít na všechna portfolia, jehož komponenty jsou obchodovatelná aktiva, která generují peněžní toky (fondy kolektivního investování vyplácející dividendu, dluhopisy, akcie, popřípadě strukturované produkty).

Autoři vidí velké využití indikátoru při tvorbě portfolií, která jsou vytvořena za cílem generování příjmu. Indikátor lze využít také k tzv. „stock screeningu“<sup>6</sup>.

Přínos použití indikátoru tkví v tom, že výstup není závislý na statistických vlastnostech časových řad obchodovatelných aktiv. Vývoj obchodovaných akcií i vývoj indexu, není lineární, je nestacionární a rozdělení četností se mění v čase, a právě proto je vhodnější nahlížet na riziko z jiného pohledu než numerické vyjádření rizika pomocí konvenčních metod založených na rozptylu.

Příspěvek vznikl v rámci projektu „*Globální systém identifikátorů finančních entit, jeho úloha a význam pro finanční stabilitu a bezpečnost finančních transakcí*“, podpořeného z prostředků účelové podpory na specifický vysokoškolský výzkum na Vysoké škole finanční a správní, z. ú..

---

<sup>6</sup> Proces výběru cenných papírů k analýze na základě filtrování a řazení podle hodnoty ukazatele.

## Použitá literatura a další zdroje

- [1] Alexander, C. 2008. *Market risk analysis*. Hoboken, NJ: Wiley, v. < 2-4 >.
- [2] Ambrož, L. 2011. *Měření rizika ve financích*. Praha: Ekopress.
- [3] Fama, E. F. 1965. The Behavior of Stock-Market Prices. *The Journal of Business*, Vol. 38, No. 1. (Jan., 1965), pp. 34-105
- [4] Gentle, J. E. 1998. *Random Number Generation and Monte Carlo Methods*. Springer-Verlag New York, Inc
- [5] Gladiš, D. 2011. *Naučte se investovat*. Praha: Grada.
- [6] Glasserman, P. 2004. *Monte Carlo methods in financial engineering*. New York: Springer.
- [7] Kohout, P. 2013. *Investiční strategie pro třetí tisíciletí*. Praha: Grada.
- [8] Styblo, B. T. 1995. *VAR: Seductive but Dangerous*. [online]. [cit. 2015-11-21]. Dostupné na WWW: <http://www.rondvari.com/Var%20Seductive%20but%20Dangerous.pdf>.
- [9] Yahoo! Finance 2015. [online]. [cit. 2015-11-21]. Dostupné na WWW: <http://finance.yahoo.com>.

## Kontakt

Bc. Jan Vencl  
Investiční klub VŠFS  
Estonská 500/3  
101 00 Praha 10-Vršovice  
Česká republika  
vencl@investicniklub.eu

Ing. Vlastimil Jandus  
Investiční klub VŠFS  
Estonská 500/3  
101 00 Praha 10-Vršovice  
Česká republika  
jandus@investicniklub.eu