

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Libor Kučera

Investiční strategie

Katedra pravděpodobnosti a matematické statistiky

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jan Hurt, CSc.

Studijní program: Matematika, Finanční a pojistná matematika

2010

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu doc. RNDr. Janu Hurtovi, CSc. za vedení diplomové práce a za čas strávený při konzultacích.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne 29.7.2010

Libor Kučera

Obsah

1 Úrokové míry	6
1.1 Časová struktura úrokových měr	6
1.1.1 Diskontované bezkupónové dluhopisy	6
1.1.2 Výnosy z dluhopisů	7
1.1.3 Krátkodobé úrokové míry	7
1.1.4 Forwardové úrokové míry	7
1.2 Modely krátkodobých úrokových měr	8
1.2.1 Model Ho a Lee	9
1.2.2 Vašíčkův model	10
1.3 Finanční aktiva závislá na úrokové míře	11
1.3.1 Kupónové dluhopisy	11
1.3.2 Dluhopisy s plovoucím kupónem	11
1.3.3 Swapy	12
1.4 Řízení aktiv s pevným výnosem	12
1.4.1 Durace	12
1.4.2 Durace portfolia	13
2 Fundamentální analýza	15
2.1 Dividendové diskontní modely	16
2.1.1 Jednostupňové dividendové diskontní modely	17
2.1.2 Vícestupňové dividendové diskontní modely	18
2.1.3 Úspěšnost dividendových diskontních modelů	20
2.2 Metody založené na poměru P/E	21
2.2.1 Normální poměr P/E	22
2.2.2 Běžný poměr P/E	22
2.2.3 Nevýhody spojené s použitím poměru P/E	23
2.2.4 Úspěšnost strategií založených na poměru P/E	24
2.3 Metody založené na poměru P/BV	25
2.3.1 Důležité faktory ovlivňující poměr P/BV	25
2.3.2 Úspěšnost strategií založených na poměru P/BV	26

3	Technická analýza	28
3.1	Grafické formace	28
3.1.1	Reversní grafické formace	29
3.1.1.1	Vrchol, dno	29
3.1.1.2	Dvojitý vrchol a dno	30
3.1.1.3	Hlava a ramena	32
3.1.1.4	Obdélník	33
3.1.1.5	Vzestupný a sestupný klín	35
3.1.2	Konsolidační grafické formace	36
3.1.2.1	Vlajky	36
3.1.2.2	Praporky	38
3.1.3	Trendy, trendové linie, hladiny podpory a odporu	40
3.1.3.1	Trendové linie	41
3.1.3.2	Trendový kanál	43
3.1.3.3	Hladiny podpory a odporu	45
3.1.3.4	Procenta návratu	47
3.2	Technické indikátory kapitálového trhu	48
3.2.1	Klouzavé průměry	48
3.2.1.1	Jednoduchý klouzavý průměr	49
3.2.1.2	Vážený klouzavý průměr	51
3.2.1.3	Exponenciální klouzavý průměr	52
3.2.2	Pásmová analýza	53
3.2.2.1	Procentní pásma	53
3.2.2.2	Bollingerova pásma	56
3.2.3	Oscilátory	57
3.2.3.1	Momentum	58
3.2.3.2	Rate of Change	59
3.2.3.3	Relative Strength Index (RSI)	60
3.2.4	Cenově objemové a objemové indikátory	63
3.2.4.1	On Balance Volume (OBV)	63
3.2.4.2	Price-Volume trend (PVT)	65
	Literatura	67

Název práce: Investiční strategie

Autor: Libor Kučera

Katedra (ústav): Katedra pravděpodobnosti a matematické statistiky

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Jan Hurt, CSc.

Abstrakt: V předložené práci pojednáváme o úrokových měrách a uvádíme základní modely krátkodobých úrokových měř. Dále pak popisujeme finanční aktiva závislá na úrokové míře. Představujeme pojem durace a výpočet durace portfolia obligací. V další části se zabýváme fundamentální analýzou. Uvádíme její základní dělení a představujeme některé nástroje fundamentální analýzy. V poslední části se zabýváme technickou analýzou. Nejprve představíme grafické formace, jež se nejčastěji používají při obchodování, dále pak popisujeme technické indikátory jejichž použití ilustrujeme na reálných datech z Burzy cenných papírů Praha.

Klíčová slova: Úroková míra, fundamentální analýza, technická analýza.

Title: Investment strategy

Author: Libor Kučera

Department: Department of Probability and Mathematical Statistics

Supervisor: doc. RNDr. Jan Hurt, CSc.

Abstract: In this thesis we study interest rates and we introduce short rates models. Then we study interest rate dependent financial assets. Next we introduce duration and duration of portfolio of bonds. In the next part we focus on fundamental analysis. We mention its basic parts and we introduce tools used in fundamental analysis. In the last part we focus on technical analysis. We start with chart formations and then we describe indicators. We show application of indicators on data from real market.

Keywords: Interest rate, fundamental analysis, technical analysis.

Kapitola 1

Úrokové míry

1.1 Časová struktura úrokových měr

V této podkapitole popíšeme modely úrokových měr, které zachycují časovou hodnotu peněz. Tyto modely jsou důležité pro oceňování finančních derivátů, jejichž podkladovým aktivem jsou právě úrokové míry. Jedná se o finanční kontrakty, které se používají k obchodování a k řízení rizika vyplývajícího z časové hodnoty peněz.

1.1.1 Diskontované bezkupónové dluhopisy

Klasické *diskontované bezkupónové dluhopisy* (bondy) jsou jednoduché finanční kontrakty, které zachycují časovou hodnotu peněz. Diskontovaný bezkupónový dluhopis se splatností v čase T (s maturitou T), obligace s maturitou T , je kontrakt, který zaručuje jeho držiteli výplatu jedné peněžní jednotky (budeme uvažovat 1 Kč) v čase T (pro jednoduchost uvažujeme bezkupónové dluhopisy, tzv. zero-coupon bonds, tj. dluhopisy, které nevyplácejí kupónové platby, podrobněji viz 1.3.1). Cenu obligace s maturitou T v čase $t \leq T$ značíme $P(t, T)$. Tato cena odpovídá množství peněz, které jsme v čase $t \leq T$ ochotni zaplatit za 1 Kč vyplacenou v čase T .

Množina $\{P(0, T) : T > 0\}$ cen dluhopisů v čase $t = 0$ pro různé maturity T kompletně popisuje časovou hodnotu peněz v čase 0. Tuto množinu nazýváme *časovou strukturou úrokových měr*.

Pro pevné t , je funkce $T \rightarrow P(t, T)$ obvykle hladká, neboť např. cena dluhopisu maturujícího za 9 let bude podobná ceně dluhopisu maturujícího za 10 let. Na druhou stranu pro pevné T funkce $t \rightarrow P(t, T)$ náhodně kolísá. Z konstrukce ceny diskontovaného bezkupónového dluhopisu vyplývá, že $P(T, T) = 1$.

1.1.2 Výnosy z dluhopisů

Investujeme-li 1 Kč v čase t k nákupu obligací s maturitou T , můžeme jich nakoupit $1/P(t, T)$. V čase T pak inkasujeme $1/P(t, T)$ Kč. Uvažujme-li během časového intervalu $[t, T]$ konstantní úrokovou míru r , dostaneme za 1 Kč investovanou v čase t částku $e^{r(T-t)}$ Kč v čase T . Vidíme tedy, že nákup obligací s maturitou T v čase t , vede ke konstantní úrokové míře

$$Y(t, T) = -\frac{\log(P(t, T))}{T - t} \quad (1.1)$$

během časového intervalu $[t, T]$. Tuto konstantní úrokovou míru nazýváme *výnosem za časový interval $[t, T]$* . Množina všech výnosů obsahuje stejné informace jako časová struktura úrokových měr.

1.1.3 Krátkodobé úrokové míry

V předchozím odstavci jsme viděli, že výnos $Y(t, T)$ může být interpretován jako konstantní úroková míra platná v časovém intervalu $[t, T]$. Na hodnotu

$$r_t = \lim_{T \downarrow t} Y(t, T) = -\frac{\partial}{\partial T} \log(P(t, T))|_{T=t} \quad (1.2)$$

pak nahlížíme jako na úrokovou míru v čase t (nebo v nekonečně malém časovém intervalu $[t, t + dt]$). Hodnotu r_t nazýváme *krátkodobou úrokovou mírou* (short rate) v čase t . Z definice je jasně patrné, že krátkodobá úroková míra obecně neobsahuje všechny informace o časové hodnotě peněz.

1.1.4 Forwardové úrokové míry

Nechť $0 < t < S < T$ a uvažujme následující strategii. V čase t prodáme jednu obligaci s maturitou S , za niž inkasujeme $P(t, S)$ Kč. Tyto peníze použijeme ihned k nákupu $P(t, S)/P(t, T)$ obligací s maturitou T . V čase S (maturita první obligace) musíme vyplatit 1 Kč držiteli obligace s maturitou S . V čase T (maturita druhé obligace) pak obdržíme $P(t, S)/P(t, T)$ Kč.

Podíváme-li se na výše uvedenou strategii podrobněji, vidíme, že hodnota 1 Kč investované v čase S vzroste na $P(t, S)/P(t, T)$ Kč v čase T . Pokud budeme uvažovat konstantní úrokovou míru r během časového intervalu $[S, T]$, vzroste 1 Kč v čase S na $e^{r(T-S)}$ Kč v čase T . Tato konstantní úroková míra je potom rovna

$$-\frac{\log(P(t, T)) - \log(P(t, S))}{T - S}. \quad (1.3)$$

Tuto hodnotu označujeme jako *forwardovou úrokovou míru pro* $[S, T]$ *určenou v čase* t . Pro limitu $S \uparrow T$ výrazu (1.3) pak dostáváme

$$f(t, T) = -\frac{\partial}{\partial T} \log(P(t, T)), \quad (1.4)$$

tedy *forwardovou úrokovou míru pro čas* T , *stanovenou v čase* t . Poznamenejme, že krátkodobá úroková míra je speciálním případem forwardové úrokové míry a platí vztah $f(t, t) = r_t$. Snadno nahlédneme, že

$$P(t, T) = \exp \left\{ - \int_t^T f(t, s) ds \right\}, \quad (1.5)$$

z čehož vyplývá, že množina všech forwardových úrokových měr obsahuje všechny informace o časové struktuře úrokových měr.

1.2 Modely krátkodobých úrokových měr

Jak jsme viděli v části 1.1.1, $P(t, T)$ je náhodná funkce dvou proměnných vázaná na časovou dynamiku danou filtrací $\{\mathcal{F}_t, t \geq 0\}$. Hodnota $P(t, T)$ je v čase t známa.

V následujícím textu budeme postupovat dle [7]. Budeme uvažovat model, kde úlohu bezrizikového dluhopisu plní referenční aktivum B_t představované 1 Kč v čase 0 a akumulovaným výnosem z půjčování na nekonečně krátké období. Úlohu úrokové sazby má okamžitá úroková míra r_t představená v odstavci 1.1.3. Hodnota referenčního aktiva splňuje

$$dB_t = r_t B_t dt, \quad B_0 = 1, \quad B_t = \int_0^t r_s ds. \quad (1.6)$$

Pokud chceme mít v čase T jednotkové množství referenčního aktiva, potřebujeme v čase t množství $B_t B_T^{-1}$. Můžeme proto psát

$$P(t, T) = \mathbb{E} \left[B_t B_T^{-1} | \mathcal{F}_t \right] = \mathbb{E} \left[\exp \left\{ - \int_t^T r_s ds \right\} | \mathcal{F}_t \right]. \quad (1.7)$$

Difúzní model pro $\{r_t\}$ je popsán rovnicí

$$dr_t = \theta(t, r_t) dt + \delta(t, r_t) dW_t, \quad t \in [0, T], \quad (1.8)$$

kde $\theta(t, r)$ a $\delta(t, r)$ jsou funkce z $\mathbb{R}_+ \times \mathbb{R}$ do \mathbb{R} . Při jednoznačné řešitelnosti rovnice (1.8) jsou difúzní procesy Markovskými procesy a proto můžeme (1.7) psát jako

$$P(t, T) = \mathbb{E} \left[\exp \left\{ - \int_t^T r_s ds \right\} | r_t \right]. \quad (1.9)$$

V dalších dvou odstavcích představíme dva modely krátkodobých úrokových měr. Jedná se o model Ho a Lee a Vašíčkův model.

1.2.1 Model Ho a Lee

U *modelu Ho a Lee* předpokládáme (viz. [7]), že dynamika krátkodobé úrokové míry (1.8) je dána rovnicí

$$dr_t = \theta(t)dt + \delta dW_t, \quad t \in [0, T], \quad (1.10)$$

kde $\theta(t)$ je funkce $\theta : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}$ a $\delta \in \mathbb{R}$ je konstanta. Nyní spočítáme

$$P(t, T) = \mathbb{E} \left[\exp \left\{ - \int_t^T r_s ds \right\} \middle| r_t = x \right]. \quad (1.11)$$

Nechť $r_t = x$. Potom použitím rovnice (1.10) píšeme

$$r_s = x + \int_t^s \theta(u)du + \delta(W_s - W_t), \quad (1.12)$$

pro $s \geq t$. Integrál $\int_t^T r_s ds$ můžeme přepsat do tvaru

$$\int_t^T r_s ds = x(T-t) + \int_t^T (T-u)\theta(u)du + \delta \int_0^{T-t} (W_{t+u} - W_t)du. \quad (1.13)$$

Jak je vidět z vyjádření (1.13), $\int_t^T r_s ds$ má normální rozdělení, a proto platí

$$P(t, T) = \exp \left\{ - \mathbb{E} \int_t^T r_s ds + \frac{1}{2} \text{Var} \int_t^T r_s ds \right\}. \quad (1.14)$$

Nejprve spočteme střední hodnotu integrálu $\int_t^T r_s ds$. Z definice Wienerova procesu víme, že $\mathbb{E}(W_{t+u} - W_u) = 0$, a proto můžeme psát

$$\mathbb{E} \int_t^T r_t ds = x(T-t) + \int_t^T (T-s)\theta(s)ds. \quad (1.15)$$

Nyní spočítáme rozptyl integrálu $\int_t^T r_s ds$. Označme $\bar{W}_u := W_{t+u} - W_t$. Opět použitím definice Wienerova procesu vidíme, že $\mathbb{E}\bar{W}_u\bar{W}_s = \min\{u, s\}$. Nyní spočítáme $\mathbb{E}(\int_0^{T-t} \bar{W}_u du)^2$:

$$\mathbb{E} \left(\int_0^{T-t} \bar{W}_u du \right)^2 = \mathbb{E} \int_0^{T-t} \int_0^{T-t} \bar{W}_u \bar{W}_s dud s = \int_0^{T-t} \int_0^{T-t} \mathbb{E}\bar{W}_u \bar{W}_s dud s. \quad (1.16)$$

Vnitřní integrál na pravé straně rovnice (1.16) rozdělíme na 2 integrály a to od 0 do s a od s do $T-t$. Hodnotu každého integrálu pak spočítáme samostatně:

$$\begin{aligned} \int_0^{T-t} \int_0^s \mathbb{E}\bar{W}_u \bar{W}_s dud s &= \int_0^{T-t} \frac{s^2}{2} ds = \frac{(T-t)^3}{6}, \\ \int_0^{T-t} \int_s^{T-t} \mathbb{E}\bar{W}_u \bar{W}_s dud s &= \int_0^{T-t} s(T-t-s) ds = \frac{(T-t)^3}{6}. \end{aligned} \quad (1.17)$$

Použitím rovnic (1.14)(1.15) a (1.17) tedy dostáváme

$$P(t, T) = \exp \left\{ -x(T-t) - \int_t^T (T-s)\theta(s)ds + \sigma^2 \frac{(T-t)^3}{6} \right\}.$$

1.2.2 Vašíčekův model

Model navržený Oldřichem Vašíčkem uvažuje dynamiku krátkodobých úrokových měr (viz. [7]) vyjádřenou vztahem

$$dr_t = (\theta - ar_t)dt + \sigma dW_t, \quad (1.18)$$

kde θ, a a σ jsou kladné konstanty. Uvažujme nyní funkci $f(r_t, t) = r_t e^{at}$. Pak podle Itôovy formule platí

$$df(r_t, t) = ar_t e^{at} dt + e^{at} [(\theta - ar_t)dt + \sigma dW_t] = e^{at} [\theta dt + \sigma dW_t]. \quad (1.19)$$

Integrací od 0 do t pak dostáváme

$$\begin{aligned} f(r_t, t) &= r_t e^{at} = r_0 + \frac{\theta}{a}(e^{at} - 1) + \sigma \int_0^t e^{as} dW_s \\ r_t &= e^{-at} r_0 + \frac{\theta}{a}(1 - e^{-at}) + \sigma \int_0^t e^{-a(t-s)} dW_s. \end{aligned} \quad (1.20)$$

Nyní nás stejně jako v modelu Ho a Lee bude zajímat

$$P(t, T) = \mathbb{E} \left[\exp \left\{ - \int_t^T r_s ds \right\} \middle| r_t = x \right]. \quad (1.21)$$

Nechť $r_t = x$. Potom

$$r_s = e^{-as} x + \frac{\theta}{a}(1 - e^{-a(t-s)}) + \sigma \int_t^s e^{a(u-s)} dW_u. \quad (1.22)$$

Integrací od t do $T-t$ dostáváme

$$\begin{aligned} \int_t^T r_s ds &= \int_0^{T-t} r_{s+t} ds \\ &= \frac{\theta}{a}(T-t) + \frac{1}{a}(1 - e^{-a(T-t)})(x - \frac{\theta}{a}) + \frac{\sigma}{a} \int_0^{T-t} (1 - e^{-a(T-t-s)}) d\bar{W}_s, \end{aligned} \quad (1.23)$$

kde $\bar{W}_u := W_{t+u} - W_t$. Pro určení ceny $P(t, T)$ potřebujeme spočítat $\mathbb{E} \int_0^t r_s ds$ a $\text{Var} \int_0^t r_s ds$:

$$\mathbb{E} \int_t^T r_s ds = \frac{\theta}{a}(T-t) + \frac{1}{a}(1 - e^{-a(T-t)})(x - \frac{\theta}{a}) \quad (1.24)$$

$$\text{Var} \int_t^T r_s ds = \frac{\sigma^2}{a^2} \int_0^{T-t} (1 - e^{-a(T-t-s)})^2 ds. \quad (1.25)$$

Použitím rovnic (1.14), (1.24) a (1.25) pak píšeme cenu dluhopisu jako

$$P(t, T) = \exp \left\{ -\frac{\theta}{a}(T-t) - \frac{1}{a}(1 - e^{-a(T-t)})\left(x - \frac{\theta}{a}\right) + \frac{\sigma^2}{2a^2} \int_0^{T-t} (1 - e^{-a(T-t-s)})^2 ds \right\}.$$

1.3 Finanční aktiva závislá na úrokové míře

V této části představíme několik běžně obchodovaných finančních aktiv závislých na úrokové míře.

1.3.1 Kupónové dluhopisy

V praxi se s diskontovanými bezkupónovými dluhopisy neobchoduje příliš často. Dluhopisy nemají výplatu pouze v době maturity, ale často vyplácejí pravidelné menší platby i před maturitou. Takovéto kontrakty nazýváme *kupónové dluhopisy*. Například 10-ti letý dluhopis s 5% roční kupónovou platbou a nominální hodnotou 100 Kč vyplácí každý rok 5 Kč až do maturity a 100 Kč v čase maturity (po 10 letech).

Obecněji, předpokládejme, že dluhopis vyplácí kupónové platby ve výši k Kč v časech $T_1 < \dots < T_n = T$ a v čase T vyplácí nominální hodnotu k Kč. Potom se na držení tohoto dluhopisu můžeme dívat jako na držení k diskontovaných bezkupónových dluhopisů s maturitou T_i pro $i = 1, \dots, n$ a jednohé obligace s maturitou T . Proto je cena takového dluhopisu v čase 0 rovna

$$P(0, T) + k \sum_{i=1}^n P(0, T_i). \quad (1.26)$$

Poznamenejme nakonec, že ceny diskontovaných bezkupónových dluhopisů můžeme vyjádřit pomocí cen kupónových dluhopisů. V praxi se tohoto postupu běžně používá k získání cen diskontovaných bezkupónových dluhopisů z tržních dat.

1.3.2 Dluhopisy s plovoucím kupónem

Kromě kupónových dluhopisů s pevným kupónem existují i dluhopisy, které před maturitou pravidelně vyplácejí platby, jejichž výše závisí na úrokové míře, která se v čase mění. Úrokovou míru $L(S, T)$ pro časový interval $[S, T]$ stanovenou v čase S definujeme jako

$$L(S, T) = -\frac{P(S, T) - 1}{(T - S)P(S, T)}.$$

Můžeme se na ni dívat jako na výnos z investování do obligace s maturitou T v čase S přepočtený na jednu časovou jednotku. *Dluhopis s plovoucím kupónem* je cenný papír s platbami v časech $T_1 < \dots < T_n = T$ a s výplatou nominální hodnoty v čase T . Platba C_i v čase T_i je rovna

$$(T_i - T_{i-1})L(T_{i-1}, T_i) = \frac{1}{P(T_{i-1}, T_i)} - 1.$$

Tato platba přesně odpovídá výnosu, který bychom obdrželi v čase T_i , kdy bychom nakoupili jedu obligaci s maturitou T_i v čase T_{i-1} . Nominální hodnota dluhopisu ve výši 1 Kč je vyplacena v čase T .

Cena dluhopisu s plovoucím kupónem je v čase 0 rovna

$$P(0, T) + \sum_{i=1}^n (P(0, T_{i-1}) - P(0, T_i)) = P(0, 0) = 1,$$

což odpovídá jeho nominální hodnotě.

1.3.3 Swapy

Swap je kontrakt, který zajišťuje výměnu peněžního toku, kde jednotlivé platby závisí na pohyblivé úrokové míře, za peněžní tok, kde jsou jednotlivé platby pevně stanoveny. Uvažujme například, že platby probíhají v časech $0 < T_1 < \dots < T_n$. V čase T_i zaplatíme částku $(T_i - T_{i-1})L(T_{i-1}, T_i)$ Kč a obdržíme částku k Kč. Jinými slovy, vyměníme výnos z investování 1 Kč do obligace s maturitou T_i v čase T_{i-1} za pevný výnos k Kč. Nákup takového swapu tedy odpovídá prodeji dluhopisu s plovoucím kupónem a nákupu kupónového dluhopisu s kupónem k Kč v každém časovém okamžiku T_i . Proto je cena swapu v čase 0 rovna rozdílu ceny kupónového dluhopisu a dluhopisu s plovoucím kupónem, tedy

$$P(0, T_n) + k \sum_{i=1}^n P(0, T_i) - 1.$$

1.4 Řízení aktiv s pevným výnosem

V této části představíme pojem *durace*. Uvedeme její výpočet pro dluhopisy a zmíníme se o *duraci portfolia* dluhopisů. Podrobněji se touto problematikou zabývá např. [6].

1.4.1 Durace

Uvažujme nyní kupónový dluhopis (blíže viz 1.3.1) s konstantním kupónem k , nominální hodnotou 1 a maturitou T . Cena tohoto dluhopisu v čase 0,

označme ji PV , je dle (1.26) rovna

$$PV = P(0, T) + k \sum_{i=1}^n P(0, T_i). \quad (1.27)$$

Předpokládejme nyní konstantní úrokovou míru r během časového intervalu $[0, T]$. Potom je cena dluhopisu v čase 0 rovna

$$PV = e^{-rT} + k \sum_{i=1}^n e^{-rT_i}. \quad (1.28)$$

Porovnáme-li citlivost cen dluhopisů s delší a kratší maturitou na změnu úrokové míry, vidíme, že dluhopisy s delší maturitou jsou mnohem citlivější. Závislost na době do maturity je však pouze hrubou mírou citlivosti ceny dluhopisu na změnu úrokové míry.

Podstatně přesnější informaci o citlivosti na změnu úrokové míry nám poskytne míra nazývaná *durace*. Durace cenného papíru s pevně stanovenými platbami (např. kupónového dluhopisu) je váženým průměrem časů, ve kterých jsou platby uskutečňovány. Váhovými koeficienty jsou relativní hodnoty příslušných plateb v čase 0.

Označíme-li duraci D , můžeme použitím rovnice (1.28) psát

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n T_i k e^{-rT_i} + T e^{-rT}}{PV}. \quad (1.29)$$

Výraz (1.29) je váženým průměrem časů jednotlivých plateb, a proto vychází durace D v jednotkách času.

Jak jsme již zmínili v úvodu, durace měří citlivost ceny na změnu úrokové míry. Nyní se budeme zabývat derivací ceny dluhopisu v čase 0 podle r :

$$\frac{\partial PV}{\partial r} = -k \sum_{i=1}^n e^{-rT_i} T_i - e^{-rT} T = -D \cdot PV. \quad (1.30)$$

Z rovnice (1.30) vyplývá, že změna ceny dluhopisu je rovna součinu durace a ceny dluhopisu v čase 0 se záporným znaménkem.

1.4.2 Durace portfolia

Uvažujme nyní portfolio tvořené několika dluhopisy s různými maturitami. Budeme se zabývat durací tohoto portfolia.

Předně uvažujme stejnou konstantní úrokovou míru pro všechny dluhopisy. Durace portfolia je potom váženým součtem durací jednotlivých dluhopisů s váhami úměrnými cenám jednotlivých dluhopisů.

Uvažujme například portfolio tvořené dluhopisy A a B . Označme PV_i^l současnou hodnotu platby z dluhopisu l v čase T_i a PV^l současnou hodnotu dluhopisu l . Durace dluhopisů A a B pak můžeme zapsat jako

$$D^A = \frac{\sum_{i=1}^n T_i PV_i^A}{PV^A} \quad D^B = \frac{\sum_{i=1}^n T_i PV_i^B}{PV^B}.$$

Potom platí

$$PV^A D^A + PV^B D^B = \sum_{i=1}^n T_i (PV_i^A + PV_i^B).$$

Označíme-li $P = PV^A + PV^B$, píšeme duraci portfolio jako

$$D = \frac{PV^A D^A}{P} + \frac{PV^B D^B}{P}.$$

Pro portfolio tvořené m dluhopisy s cenami PV^l v čase 0 a duracemi D^l můžeme při značení $P = PV^1 + \dots + PV^m$ duraci portfolio spočítat jako

$$D = \frac{PV^1 D^1}{P} + \dots + \frac{PV^m D^m}{P}.$$

Předpokládejme, že v budoucnu musíme vyplatit v různých časech několik obligací a chceme sestavit takové portfolio dluhopisů, pomocí něhož v budoucnu tyto obligace zaplatíme. Využitím durace portfolio se můžeme bránit proti rizikům vyplývajícím ze změn úrokové míry. Kromě nákupu portfolio se stejnou současnou hodnotou jako má portfolio obligací, které musíme splatit, sestavíme portfolio i se stejnou durací jako má portfolio obligací. Pokud totiž bude současná hodnota i durace obou portfolio stejná, bude hodnota obou portfolio na případnou změnu úrokové míry reagovat stejně. Např. pokud úroková míra vzroste, poklesne hodnota portfolio dluhopisů stejně tak jako hodnota portfolio obligací.

Kapitola 2

Fundamentální analýza

Fundamentální analýza je nejrozsáhlejším a nejkompexnějším přístupem k objasnění kurzových pohybů cen akcií. Její snahou je nalezení tzv. správné *vnitřní hodnoty akcie*.

Vnitřní hodnota akcie představuje cenu akcie, za kterou by se měla z fundamentálního hlediska obchodovat (viz [10]). Měla by odrážet všechny významné firemní charakteristiky současnosti (zisky, dividendy, aktiva, zadluženost, životní cyklus, atd.), ale i očekávání budoucnosti.

Fundamentální analýza se snaží určit vnitřní hodnotu akcie pomocí zkoumání kurzotvorných faktorů a informací, které jsou přístupné veřejnosti. Jedná se o ekonomická, účetní a statistická data, stejně jako politické a demografické faktory. Fundamentální analýza stanovuje na základě porovnání vnitřní hodnoty akcie s aktuální cenou na trhu, zda je daná akcie nadhodnocená, podhodnocená, či správně oceněná.

Záběr fundamentální analýzy je značně široký, proto se obvykle provádí na 3 úrovních.

Globální fundamentální analýza. Cílem *globální fundamentální analýzy* je prozkoumat vliv ekonomiky na vnitřní hodnotu analyzované akcie. K popisu stavu ekonomiky slouží takové faktory, jako jsou HDP, inflace, peněžní nabídka, pohyb mezinárodního kapitálu, politické a ekonomické šoky, atd.

Na základě empirických pozorování byly potvrzeny následující vztahy. Velice silný negativní vztah byl pozorován mezi pohybem úrokových sazeb a cenami akcií. Negativní vztah (tentokrát však ne tak silný) byl pozorován i mezi inflací a kurzy akcií. Mezi HDP a cenami akcií byl potvrzen pozitivní vztah. Problémem ovšem je, že v krátkém až střednědobém časovém horizontu plní akciové kurzy funkci jakéhosi předbíhajícího indikátoru, neboť předbíhají vývoj reálné ekonomiky o 3 až 9 měsíců.

Odvětвовá fundamentální analýza. Cílem *odvětvové fundamentální analýzy* je prozkoumat vliv faktorů charakteristických pro odvětví, v němž daná společnost působí, na vnitřní hodnotu akcie. Zisky společnosti, stejně tak jako kurz akcií, ovlivňují z tohoto pohledu zejména velikost konkurence v daném odvětví a závislost tohoto odvětví na ekonomickém cyklu.

Pro společnosti působící v odvětví neutrálním ve vztahu k hospodářskému cyklu, stejně tak jako pro společnosti s monopolním postavením na trhu, je typická stabilita ve vývoji zisků a akciových kurzů. Z tohoto důvodu je prognóza zisků a cen akcií u těchto společností v krátkodobém horizontu poměrně přesná. S rostoucí konkurencí stoupá i obtížnost odhadu zisků společnosti. V cyklických odvětvích se zisky, stejně tak jako ceny akcií, pohybují v souladu s hospodářským cyklem, přičemž tento o několik měsíců předbíhají.

Z dlouhodobého hlediska je odvětvová fundamentální analýza důležitá pro identifikaci růstových odvětví, pro něž jsou typické inovační procesy a vysoký stupeň využívání moderních technologií.

Firemní fundamentální analýza. *Firemní fundamentální analýza* se pokouší určit vnitřní cenu akcie na základě informací o společnosti. Základními vstupy jsou rozvaha, výkaz zisků a ztrát a pohyby cash-flow dané společnosti, tedy dokumenty běžně dostupné široké veřejnosti. Pro stanovení vnitřní hodnoty akcie se používají metody, jež postupem času vytvořila finanční teorie, a jimiž se budeme podrobněji zabývat v následujícím textu.

Pokud je námi vypočtená vnitřní cena akcie vyšší než její aktuální kurz, svědčí to o jejím pravděpodobném podhodnocení trhem a vyplatí se takovou akcii nakupovat. V opačném případě, tj. je-li vnitřní cena akcie nižší než její aktuální kurz, je rozumné danou akcii nenakupovat, popř. ji prodat.

Ke kalkulaci vnitřní ceny akcie byla odvozena celá řada modelů. Nejpoužívanějšími z nich se budeme v následujících kapitolách zabývat podrobněji.

2.1 Dividendové diskontní modely

Jedny z nejpropracovanějších a nejvíce používaných modelů pro určení vnitřní ceny akcie jsou *dividendové diskontní modely* (DDM). Základní myšlenkou těchto modelů je to, že vnitřní cena akcie by se v současnosti měla rovnat součtu současných hodnot budoucích peněžních toků spojených s držbou, popř. prodejem, akcie. Dividendové diskontní modely rozdělujeme na modely s konečnou dobou držby, u nichž po určitém čase dochází k prodeji akcie, a na modely s nekonečnou dobou držby, kdy pro výpočet vnitřní ceny akcie uvažujeme pouze vyplácené dividendy.

Při výpočtu současné hodnoty budoucích peněžních toků používáme

k diskontování požadovanou výnosovou míru i . V této výnosové míře by měla být obsažena informace o takových faktorech, jakými jsou předpokládaná inflace, riziko spojené s investicí do dané společnosti, riziko likvidity, hladina úrokových měr, apod. Pro její stanovení můžeme použít např. CAPM model popsany v [6].

Při výpočtu vnitřní hodnoty akcie vždy pracujeme s dividendami vypláčenými v budoucnosti. Z toho vyplývá problém s predikcí těchto dividend. Vykazuje-li výše dividend jisté známky kontinuálního růstu, popř. poklesu, měl by být tento růst, popř. pokles, uvažován i při predikci budoucích dividend. Tuto hodnotu musíme stanovit nejlépe na základě historických údajů o výši vypláčených dividend. V dalším textu budeme uvažovanou *míru růstu dividend* označovat jako g .

Při použití modelu s konečnou dobou držby počítáme s budoucím příjmem z prodeje akcie. Jelikož však odhad této ceny je prakticky nemožný na střední až dlouhé období, uvažujeme tento typ modelů pouze na krátké časové horizonty (1 až 3 roky).

2.1.1 Jednostupňové dividendové diskontní modely

U *jednostupňových dividendových diskontních modelů* uvažujeme konstantní míru růstu dividend g po celé období držení akcie. Platí tedy, že dividend D_j vypláčená v j -tém roce je rovna $D_0(1+g)^j$, kde D_0 je dividend vypláčená v tomto běžném roce. Tento model můžeme použít jak pro konečnou, tak pro nekonečnou dobu držby akcie.

Jednostupňový DDM s konečnou dobou držby

Vnitřní hodnotu akcie V_0 v běžném roce spočítáme jako

$$V_0 = \sum_{n=1}^N \frac{D_n}{(1+i)^n} + \frac{P_N}{(1+i)^N} = \sum_{n=1}^N \frac{D_0(1+g)^n}{(1+i)^n} + \frac{P_N}{(1+i)^N},$$

kde N ... počet let držby akcie,

i ... požadovaná výnosová míra z akcie,

P_N ... prognózovaná prodejní cena akcie v N -tém roce držby.

Jednostupňový dividendový diskontní model je vhodné použít jen pro krátkodobý časový horizont ($N = 1$ až 3 roky). Pro delší časový horizont klesá přesnost odhadu P_N a tím i přesnost celého modelu.

Jednostupňový DDM s nekonečnou dobou držby

Jednostupňový DDM s nekonečnou dobou držby, známý též jako *Gordonův model*, je mezi analytiky velmi oblíbený. Vnitřní cenu akcie spočítáme v tomto případě jako současnou hodnotu všech dividend inkasovaných v budoucnosti. Předpokládáme-li, že $g < i$, což je z ekonomického hlediska rozumný předpoklad, můžeme vnitřní hodnotu akcie V_0 vyjádřit jako:

$$V_0 = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{D_n}{(1+i)^n} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{D_0(1+g)^n}{(1+i)^n} = \frac{D_0(1+g)}{i-g} = \frac{D_1}{i-g}. \quad (2.1)$$

Pro použití Gordonova modelu je zapotřebí splnění několika poměrně silných předpokladů. Míra růstu dividend g by měla být v budoucnosti neměnná, stejně tak jako požadovaná výnosová míra i . To jsou dosti silné a v praxi jen těžko splnitelné předpoklady. Společnost během své existence prochází různými obdobími životního cyklu. Během těchto období se výrazně liší míra dosahovaného zisku, stejně tak jako míra růstu dividend. Dále je zapotřebí znalost výše běžné dividendy D_0 , popř. výše dividendy D_1 vyplácené v následujícím období. Z důvodu uvažované nekonečné držby akcie naopak odpadá nutnost odhadování budoucí prodejní ceny P_N .

Tento model nelze použít pro ohodnocení akcií nadprůměrně růstových společností, u nichž míra růstu dividend g převyšuje požadovanou výnosovou míru i . Další nevýhodou tohoto modelu je jeho vysoká citlivost na vstupní data. Tato vlastnost je ostatně společná pro všechny dále představované modely. Gordonův model ztrácí svůj smysl také při ohodnocování společností, které žádnou dividendu nevyplácejí.

2.1.2 Vícestupňové dividendové diskontní modely

U *vícestupňových dividendových diskontních modelů* se ke kalkulaci vnitřní ceny akcie používá dvou a více měr růstu dividend. Pomocí těchto modelů můžeme zachytit takové skutečnosti, jakými jsou například vysoká míra růstu zisků a dividend během prvních několika let a následný pokles a stabilizace tohoto růstu v dalším období (tento pokles můžeme modelovat skokově nebo lineárně). Běžně se používají dvou a třístupňové modely.

Dvoustupňový skokový DDM

U *dvoustupňového skokového dividendového diskontního modelu* rozdělujeme celou dobu držby akcie do dvou období, jimž přísluší rozdílná míra růstu

dividend (v dalším textu se budeme zabývat pouze případem nadprůměrného růstu v prvním období a jeho následným poklesem v následujícím období). Důležitým faktorem je délka těchto období. První období je spojeno s nadprůměrným růstem zisků a dividend a jeho délku uvažujeme vždy jako konečnou. Druhé období můžeme uvažovat jako konečné i jako nekonečné. U konečného období jsme však vystaveni nutnosti predikce budoucí prodejní ceny akcie. V praxi se tedy spíše uvažuje nekonečná délka druhého období. Matematicky můžeme vnitřní hodnotu akcie vyjádřit jako

$$V_0 = \sum_{n=1}^T \frac{D_0(1+g_1)^n}{(1+i)^n} + \frac{D_0(1+g_1)^T(1+g_2)}{(1+i)^T(i-g_2)},$$

kde $g_1 \dots$ míra růstu dividend v prvním období,
 $g_2 \dots$ míra růstu dividend v druhém období,
 $T \dots$ délka prvního období.

Podobně jako dvoustupňový skokový dividendový diskontní model je sestaven i třístupňový dividendový diskontní model (uvažujeme 3 období a 3 různé míry růstu dividend) a třístupňový lineární diskontní model (uvažujeme 3 období a 2 míry růstu dividend, přičemž ke změně míry růstu dochází lineárně během druhého období). Proto uvedeme pouze jejich matematický zápis pro stanovení vnitřní ceny akcie.

Třístupňový skokový DDM

U *třístupňového dividendového diskontního modelu* uvedeme opět pouze variantu pro nekonečnou dobu držby akcie. Existuje i varianta tohoto modelu pro konečnou dobu držby akcie, ale v praxi se téměř nepoužívá. Vnitřní cenu V_0 spočítáme jako

$$V_0 = \sum_{n=1}^T \frac{D_0(1+g_1)^n}{(1+i)^n} + \sum_{n=T+1}^M \frac{D_0(1+g_1)^T(1+g_2)^{n-T}}{(1+i)^n} + \frac{D_0(1+g_1)^T(1+g_2)^{M-T}(1+g_3)}{(1+i)^M(i-g_3)},$$

kde $g_i \dots$ míra růstu dividend v i -tém období, $i = 1, 2, 3$
 $M - T \dots$ délka druhého období.

Třístupňový lineární DDM

V *třístupňovém lineárním dividendovém diskontním modelu* uvažujeme dvě různé míry růstu dividend g_1 a g_2 a tři časová období. Pro první období

délky T používáme míru růstu dividend g_1 . Během druhého období délky $M - T$ dochází k lineárnímu poklesu míry růstu z g_1 na g_2 . Pro časový okamžik t ležící mezi T a M můžeme spočítat příslušnou míru růstu g_t jako $g_t = g_1 - \frac{t-T}{M-T}(g_1 - g_2)$. Ve třetím období používáme míru růstu dividend g_2 . Vnitřní cenu akcie V_0 tedy určíme jako

$$V_0 = \sum_{n=1}^T \frac{D_0(1+g_1)^n}{(1+i)^n} + \sum_{n=T+1}^M \frac{D_{n-1}(1+g_n)}{(1+i)^n} + \frac{D_M(1+g_3)}{(1+i)^M(i-g_3)},$$

kde $g_n \dots$ míra růstu dividend v n -tém období, $T < n < M$.

Hlavní výhodou použití vícestupňových DDM je použití více měr růstu dividend. Můžeme tak například lépe ohodnotit akcie společnosti, jež v současné době dosahuje nadprůměrného růstu zisku a tedy i dividend a u níž se dá předpokládat, že po určité době dojde ke zpomalení tohoto růstu na úroveň, která bude dlouhodobě udržitelná.

2.1.3 Úspěšnost dividendových diskontních modelů

Jednou z nejznámějších studií, která se zabývá úspěšností strategií založených na dividendových diskontních modelech, je dle [9] práce ekonomů E. H. Sorensen a D. A. Williamson (Some Evidence on the Value of the Dividend Discount Model, *Financial Analyst Journal* č. 41, 1985). V této práci se zkoumá vzorek 150 akcií z indexu Standard and Poor's 400 (S&P 400) z prosince 1980. Tyto akcie byly rozděleny do 5 skupin na základě rozdílu mezi tržní cenou akcie a vnitřní hodnotou akcie spočtené pomocí jedноступňového, dvoustupňového a třístupňového lineárního DDM. U všech těchto modelů byla uvažována nekonečná držba akcie. Studie porovnávala roční výnosy jednotlivých skupin s výnosem celkového indexu S&P 400 v období leden 1981 až leden 1983. Výsledky této studie ukázaly, že akcie ve skupině nejvíce podhodnocených akcií produkovaly v průměru o 16% vyšší výnos než celý index, zatímco akcie ve skupině nejvíce nadhodnocených akcií produkovaly výnos v průměru o 15% nižší. Z použitých tří modelů byl nejúspěšnější třístupňový lineární DDM, po něm následoval dvoustupňový skokový DDM a jako nejméně úspěšný se ukázal být Gordonův model.

Jak bylo uvedeno výše, lze DDM modely v praxi poměrně úspěšně používat. Nesmíme však zapomínat na citlivost těchto modelů na jejich vstupy. I zde platí obecně známá pravda, že model je tak kvalitní, jak kvalitní jsou jeho vstupy.

2.2 Metody založené na poměru P/E

Jedním ze základních ukazatelů, hojně používaných ve fundamentální analýze je ukazatel *poměru P/E* (price to earnings). S tímto ukazatelem se můžeme setkat v mnoha studiích, a dokonce bývá denně publikován v odborném tisku spolu s kurzy akcií obchodovaných na burze.

Jak již název napovídá, jedná se o poměr ceny (kurzu) akcie a zisku připadajícího na jednu akcii. Ve výpočtech operujeme s veličinou čistého zisku. Hodnota poměru P/E nám tedy říká, na kolikanásobek zisku si investor cení příslušné akcie, neboli kolik korun je investor ochoten zaplatit za jednu korunu zisku dané společnosti.

Jednou z příčin poměrně vysoké popularity poměru P/E mezi ekonomy, analytiky a investory je jednoduchost jeho výpočtu a snadná použitelnost. Můžeme ho totiž použít jak ke srovnání jednotlivých akcií mezi sebou, tak pro porovnání s vnitřní cenou akcie. Nutno však podotknout, že v případě porovnávání akcií několika společností, by měly tyto společnosti působit v podobném odvětví a používat stejné účetní principy. Další podstatnou výhodou tohoto ukazatele je to, že do jeho hodnoty můžeme zahrnout řadu důležitých firemních charakteristik, jako jsou riziko, růst, rentabilita, ziskovost, zadluženost, atd. Hodnota P/E poměru je tedy určena stejnými parametry jako vnitřní hodnota akcie vypočtená pomocí dividendového diskontního modelu, nicméně požadavky na vstupní data mohou být v závislosti na druhu ukazatele P/E poměru značně eliminovány, což je pro nás výhodné.

Podstanou nevýhodou poměru P/E je jeho nepoužitelnost v situaci, kdy daná společnost vykáže ztrátu.

Oblíbenou investorskou taktikou je nakupovat akcie společností s nízkou hodnotou poměru P/E a naopak nekupovat akcie firem s vysokým poměrem P/E . Většina investorů totiž předpokládá, že u akcií s nízkou hodnotou poměru P/E je podceněn očekávaný výnosový potenciál, a že by v budoucnu mohly, v rozporu s očekáváním trhu, přinést nadprůměrně vysoký výnos.

Posouzení podhodnocenosti, resp. nadhodnocenosti, akcií pomocí poměru P/E by se mělo provádět v rámci jedné ekonomiky a nejlépe v rámci jednoho odvětví. Výše poměru P/E je poměrně značně ovlivněna globálními a odvětvovými faktory, jakými jsou například způsob účtování, výše daní, systematické riziko, růstové příležitosti, inovační objevy, apod.

V praxi se používá několik druhů poměru P/E , lišících se především svou konstrukcí a vypovídací schopností. Nejpoužívanějšími z nich se budeme zabývat v následujícím textu.

2.2.1 Normální poměr P/E

Ukazatel *normálního poměru* P/E vychází z Gordonova dividendového diskontního modelu (2.1). Ten je třeba transformovat na model ziskový při respektování předpokladu, že čistý zisk společnosti je rozdělen pouze na dvě části. První část zisku je vyplacena akcionářům ve formě dividend, značíme ji p , a je rovna poměru vyplácené dividendy a zisku společnosti připadajícího na jednu akcii, tj. $p = D/E$. Druhá část zisku je zadržena na úrovni společnosti, značíme ji b , a můžeme ji spočítat jako $b = 1 - p = 1 - D/E$. Pokud platí tento předpoklad o rozdělení zisku, můžeme dividendu D_t vyplácenou akcionářům v roce t zapsat jako $D_t = p \cdot E_t$. Dosadíme-li toto vyjádření do modelu (2.1) a užijeme-li toho, že se vnitřní hodnota akcie V_0 rovná aktuální ceně správně oceněné akcie P_0 , můžeme uvedený model zapsat jako

$$V_0 = P_0 = \frac{D_1}{i - g} = \frac{p \cdot E_1}{i - g}, \quad (2.2)$$

kde $E_1 \dots$ očekávaný zisk v příštím roce.

Vydělením obou stran rovnice veličinou očekávaného zisku v příštím roce E_1 , dostaneme konečnou podobu ukazatele normálního poměru P/E , který značíme jako $(P/E)_N$:

$$(P/E)_N = P_0/E_1 = \frac{p}{i - g}. \quad (2.3)$$

Na závěr ohodnocovacího procesu je zapotřebí srovnat vypočtenou vnitřní hodnotu akcie $V_0 (= (P/E)_N \times E_1)$ s aktuálním kurzem dané akcie na trhu. Je-li tento kurz nižší než námi vypočtená vnitřní hodnota, je pravděpodobné, že daná akcie je trhem podhodnocena a je tedy výhodné tuto akcii koupit. Pokud je naopak aktuální kurz vyšší, jedná se pravděpodobně o nadhodnocenou akcii a je rozumné tuto akcii nenakupovat, popř. ji prodat.

Uvedený ukazatel normálního poměru P/E se těší značné oblibě. Ta je zapříčiněna především jeho jednoduchou interpretací, vypovídající schopností, jednoduchostí výpočtu a nenáročností na vstupní data. Hojně se proto vyskytuje v mnoha ekonomických článcích a studiích.

2.2.2 Běžný poměr P/E

Ukazatel *běžného poměru* P/E je dán poměrem aktuálního akciového kurzu a posledního zveřejněného zisku na akcii. Tento ukazatel bývá zpravidla uváděn v kurzovních lístcích.

Matematicky můžeme ukazatel běžného poměru P/E vyjádřit jako

$$(P/E)_B = \frac{P_t}{E_0}, \quad (2.4)$$

kde P_t ... aktuální kurz akcie.

Ukazatel běžného poměru P/E slouží jako srovnávací ukazatel při ohodnocovacím procesu. Porovnáváme s ním například vypočtenou hodnotu normálního poměru P/E (2.2.1), ale i další podobné ukazatele (blíže viz [9]). Z tohoto hlediska je tedy jeho funkce nezastupitelná.

2.2.3 Nevýhody spojené s použitím poměru P/E

Hodnota poměru P/E (jakéhokoliv druhu) je ovlivňována nejen firemními, ale i odvětvovými a globálními faktory. Při porovnávání hodnot poměru P/E akcií společností působících v jiných odvětvích, nebo v různých zemích s odlišnými globálními faktory, je nutné počítat s tím, že výsledek tohoto srovnání bude těmito faktory značně zkreslený.

Mezi globální faktory, které mají největší vliv na hodnotu poměru P/E , patří očekávaná míra růstu HDP a krátkodobé a dlouhodobé úrokové míry. Zatímco mezi mírou růstu HDP a poměrem P/E je silná pozitivní korelace (+0,77 viz. [9]), mezi očekávanými úrokovými měrami a poměrem P/E je korelace záporná (u krátkodobých úrokových měr -0.88 a u dlouhodobých úrokových měr -0.18).

Srovnání hodnot poměru P/E mezi zeměmi tedy není příliš vhodné. Porovnáváme-li přesto takovéto akcie, je nezbytné vzít v úvahu případné rozdíly ve výše uvedených globálních faktorech.

Jednotlivá odvětví se liší různou citlivostí na hospodářský cyklus, nestejnou tržní strukturou, mírou regulace, fází životního cyklu odvětví, nabízejí se jim více či méně lákavé perspektivy budoucího růstu, rozdílně reagují na změny makroekonomických veličin, apod. Specifika jednotlivých odvětví pak mohou implikovat i rozdílnou úroveň poměru P/E mezi odvětvími. Proto porovnání poměrů P/E mezi odvětvími se zcela odlišnými charakteristikami bez respektování těchto odlišností nemůže přinést hodnotné a použitelné výsledky.

Opatrně musíme postupovat dokonce i při porovnávání společností působících ve stejném odvětví. Různé společnosti mohou mít svá unikátní specifika, jež se promítají do fundamentálních firemních faktorů, jakými jsou např. míra růstu zisku nebo dividend, rentabilita vlastního jmění, požadovaná výnosová míra, dividendový výplatní poměr, zisková marže, apod. Tyto faktory bychom měli mít při porovnávání poměrů P/E u společností působících ve stejném odvětví vždy na paměti.

2.2.4 Úspěšnost strategií založených na poměru P/E

Investiční strategie založené na poměru P/E patří u analytiků mezi velice oblíbené a rozšířené. Často se setkáváme se strategiemi využívajícími určité anomálie, jež se vyskytuje na akciových trzích, nazývané *efekt nízkého poměru P/E* . Další strategie se pokouší na základě vypočteného poměru P/E o identifikaci správně a špatně ohodnocených akcií.

Jednou z nejpoužívanějších strategií je nákup akcií společností s nízkou hodnotou poměru P/E . Jak ukázaly mnohé studie, jsou portfolia složená z akcií společností s nízkou hodnotou poměru P/E schopna investorovi opakovaně zabezpečit nadprůměrný výnos. Pro tuto anomálii na trhu se vžil pojmenování *efekt nízkého poměru P/E* .

Studie D. Dremana (The New Contrarian Investment Strategy, New York, Random House, 1982), jejíž výsledky jsou shrnuty ve [9], se zabývala měřením výnosů produkovaných v různých časových periodách vybraným vzorkem 1250 akcií s různou hodnotou poměru P/E . Pro kalkulaci výnosů byla použita data z let 1968 – 1977. Vybrané akcie byly rozděleny do 10 portfolií v závislosti na hodnotě jejich poměru P/E . S ohledem na vývoj poměrů P/E byla jednotlivá portfolia pravidelně převrstvována. Jednoznačně nejvyšších výnosů ve všech sledovaných obdobích dosahovalo portfolio, ve kterém byly obsaženy akcie s nejnižšími hodnotami poměru P/E . S ohledem na výsledky Dremanovy studie lze tedy považovat strategii založenou na nákupu akcií s nízkými hodnotami poměru P/E za úspěšnou.

Jednou z nejčastějších příčin efektu nízkého poměru P/E je skutečnost, že analytici se při svých analýzách příliš intenzivně zabývají minulostí a v důsledku toho nadhodnocují budoucí růst výnosového potenciálu u společností, které v minulosti dosahovaly dobrých výsledků. Při svých úvahách tito analytici totiž často vycházejí z myšlenky, že společnosti, které doposud dosahovaly dobrých výsledků, budou v tomto trendu pokračovat i v budoucnosti. Často tak opomínají fakt, že veličina zisku je v důsledku nejrůznějších faktorů velice proměnlivá. Další z uváděných příčin je možná propojenost s jinými anomáliemi na trhu, jakými jsou *efekt velikosti* a *efekt zanedbaných firem*.

Z výše uvedeného je evidentní, že efekt nízkého poměru P/E je skutečností, kterou lze využít jako účinný analytický nástroj. Je však nutné respektovat jistou nesymetričnost ve vztahu mezi poměrem P/E a budoucím akciovým výnosem. U některých akcií může totiž nízká hodnota poměru P/E zcela správně odrážet situaci dané společnosti.

2.3 Metody založené na poměru P/BV

Druhým nejoblíbenějším poměrovým ukazatelem je mezi fundamentálními analytiky a investory *poměr P/BV* (price to book value). Jedná se o poměr kurzu ceny akcie a účetní hodnoty společnosti na akcii, přičemž jako účetní hodnota je brána hodnota vlastního jmění. Hodnota poměru P/BV tedy podává informaci o tom, na kolik korun si investoři cenní jedné koruny vlastního jmění společnosti, která emitovala danou akcii. Ukazatel poměru P/BV by měl vždy více či méně přesně odrážet současná očekávání analytiků a investorů ohledně budoucích firemních zisků.

Důvodů pro značnou oblibu poměru P/BV je hned několik. Především je to jeho snadná kalkulace, neboť výpočet účetní hodnoty je nenáročný a snadno průkazný (jedná se o rozdíl mezi účetní hodnotou aktiv a účetní hodnotou všech závazků). Zároveň můžeme tohoto ukazatele použít k ohodnocení akcie i v situaci, kdy zkoumaná společnost nevyplácí dividendy, tedy v situaci, kdy není možné použít dividendové diskontní modely. Podobně lze poměru P/BV použít v situaci, kdy daná společnost vykáže ztrátu a není tedy možné použít modely operující s poměrem P/E . Metody využívající poměru P/BV lze tedy považovat za cennou alternativu k dividendovým diskontním modelům a modelům založených na poměru P/E .

Na druhé straně je poměr P/BV díky veličině účetní hodnoty vlastního jmění ve jmenovateli značně citlivý na účetní metodiku a praktiky aplikované ve zkoumané společnosti. Případnou změnou těchto metod dojde i ke změně hodnoty ukazatele. Srovnání mezi společnostmi, jež používají rozdílných účetních metodik, tedy není vhodné. Obdobně je tomu u srovnávání společností mezi zeměmi s rozdílnými účetními standardy.

2.3.1 Důležité faktory ovlivňující poměr P/BV

Východiskem pro odvození poměru P/BV je opět Gordonův model (2.1). Odvození poměru P/BV z tohoto modelu je však vhodné pouze pro stabilní společnosti, jejichž růst je srovnatelný nebo nižší než růst ekonomiky, v níž operují. U nadprůměrně růstových společností je použití poměru P/BV možné tehdy, použijeme-li místo Gordonova modelu dvoustupňový dividendový diskontní model (2.1.2).

Matematicky tedy poměr P/BV vyjádříme jako

$$V_0 = P_0 = \frac{D_1}{i - g} = \frac{p \cdot E_1}{i - g} = \frac{p \cdot BV_1 \cdot ROE}{i - g}, \quad (2.5)$$

kde ROE ... rentabilita vlastního jmění, která je dána podílem čistého zisku a účetní hodnoty vlastního jmění.

Nyní podělíme obě dvě strany rovnice (2.5) veličinou očekávané účetní hodnoty vlastního jmění na akcii BV_1 a dostaneme požadované vyjádření poměru P/BV :

$$P_0/BV_1 = \frac{p \cdot ROE}{i - g}. \quad (2.6)$$

Z analytického hlediska je velmi důležitý vztah mezi poměrem P/BV a rozdílem mezi veličinou rentability vlastního jmění ROE a veličinou požadované výnosové míry i . Čím většího kladného rozdílu je mezi veličinami ROE a i dosaženo, tím větší je hodnota poměru P/BV . Se snižujícím se rozdílem uvedených veličin klesá i hodnota poměru P/BV . Pokud je rozdíl roven nule, je poměr P/BV roven jedné.

2.3.2 Úspěšnost strategií založených na poměru P/BV

Vztahy mezi výnosem akcií a poměrem P/BV se zabývá poměrně velké množství studií. Na základě těchto vztahů investoři konstruují své strategie. Dále je pečlivě sledován vztah mezi poměrem P/BV a rentabilitou vlastního jmění.

Investoři ve svých strategiích velmi často využívají jevu, který je možné opakovaně sledovat na akciových trzích. Jedná se o *efekt nízkého poměru P/BV* . Podobně jako tomu bylo u efektu nízkého poměru P/E , jsou akcie s nízkou hodnotou poměru P/BV schopny dlouhodobě přinášet nadprůměrný výnos.

Nejnámější prací zabývající se efektem nízkého poměru P/BV je studie E. F. Fama a K. R. French (The Cross-Section of Expected Returns, Journal of Finance č. 47, 1992), jejíž výsledky jsou uvedeny v [9]. Autoři rozdělili vybrané akcie z amerického trhu do 10 portfolií podle jejich hodnoty poměru P/BV . Pro každé portfolio pak vypočetli měsíční výnosy v období od roku 1963 do roku 1990. Portfolio akcií s nejnižšími hodnotami poměru P/BV dosahovalo v uvedeném období v průměru jasně nejvyššího výnosu. Výsledky studie tedy jednoznačně podpořily existenci efektu nízkého poměru P/BV na akciovém trhu.

Je však třeba upozornit na to, že ne všechny akcie s nízkou hodnotou poměru P/BV jsou podhodnocené. U velké řady z nich totiž nízká hodnota tohoto ukazatele pouze reálně odráží situaci, v níž se daná společnost nachází. Tyto společnosti se mohou potýkat s nemalými problémy, či být dokonce na pokraji úpadku. V tomto případě nelze očekávat budoucí nadprůměrný výnos. Stejně tak ve skupině akcií s vysokou hodnotou poměru P/BV lze nalézt jak správně oceněné akcie, tak akcie nadhodnocené. K identifikaci správně oceněných akcií je proto zapotřebí sledovat kromě poměru P/BV i ukazatel ROE (rentabilita vlastního jmění). Nárůst ROE totiž vede k růstu poměru

P/BV a naopak při poklesu ROE klesá i poměr P/BV . Roste-li ukazatel ROE, znamená to, že roste rizikově přizpůsobený výnos akcionáře z vložených prostředků a investoři jsou za takovouto akcii ochotni zaplatit vyšší cenu. Obráceně je tomu při poklesu ukazatele ROE.

Studie A. Domodarana (Damodaran on Valuation: Security Analysis for Investment and Corporate Finance, str. 230-241, 1994), jejíž výsledky jsou také shrnuty v [9], zkoumá výnos akcií z NYSE v období let 1982 – 1991 v závislosti na hodnotách ukazatelů poměru P/BV a ROE. Domodaran vybral ze vzorku čtvrtinu akcií s nízkou hodnotou poměru P/BV a zároveň vysokou hodnotou ROE (podhodnocené akcie) a čtvrtinu akcií s vysokou hodnotou poměru P/BV a zároveň nízkou hodnotou ROE (nadhodnocené akcie). Tato studie potvrdila, že portfolio podhodnocených akcií dosahovalo ve sledovaném období v průměru vyšších výnosů než tržní index S&P a mnohem vyšších výnosů než portfolio nadhodnocených akcií. Uvedená studie tedy jasně podpořila strategii spočívající v identifikaci špatně ohodnocených akcií pomocí ukazatelů poměru P/BV a ROE.

Kapitola 3

Technická analýza

Technická analýza se zabývá předpovědí budoucích pohybů cen aktiv pomocí zkoumání historických tržních dat, především cen a objemů obchodů. Výsledkem tohoto zkoumání je pak signál k nákupu nebo prodeji aktiva, popř. k žádné akci.

Techničtí analytici se snaží na grafech cen akcií identifikovat grafické formace jakými jsou např. hlava a ramena, dvojité dno, dvojitý vrchol, studují vývoj indikátorů, jakými jsou klouzavé průměry a oscilátory, a snaží se najít pomocné formace jako hladiny podpory a odporu, trendové kanály, vlajky, apod.

V dalším textu budeme symbolem C_t označovat uzavírací cenu aktiva (uvažujme pro další text pouze akcie) v den t a V_t objem akcií zobchodovaný v den t .

3.1 Grafické formace

Grafické formace jsou obrazce vzniklé na grafu ceny akcie. Analýza grafických formací spočívá v identifikaci daného obrazce v grafu a vyvození závěru z jeho existence. Grafické formace dělíme na:

- Reversní formace (signalizující zvrát v trendu ceny akcie).
- Konsolidační formace (signalizující pokračování předchozího trendu po jeho dočasném přerušení).
- Trendové linie a kanály a hladiny podpory a odporu.

Výsledkem použití grafických formací je predikce budoucího vývoje ceny akcie. Je-li tedy výsledkem očekávání budoucího růstu ceny zkoumané akcie, můžeme to považovat za signál k nákupu. Je-li naopak výsledkem očekávání poklesu ceny akcie, je to signál k prodeji.

Podstatným problémem využití grafických formací je samotné rozpoznání konkrétního obrazce. Obecné definice grafických formací mají následující nedostatky:

- Jde spíše o velmi nepřesný a nejednoznačný popis situace na trhu.
- Popsané obrazce jsou ideály, které ve skutečnosti jen málokdy vzniknou.
- Identifikace konkrétní grafické formace je velmi intuitivní záležitostí. Mnohé formace jsou si podobné a tedy vzájemně zaměnitelné, takže je jednotliví analytici mohou interpretovat odlišně.
- Veškerá analýza je založena na pozorování grafu.

Přes veškeré výše uvedené problémy je zkoumání grafických formací nejstarší a zároveň nezanedbatelnou složkou technické analýzy. Proto zde stručně uvedeme základní typy a použití grafických formací (podrobněji je o grafických formacích pojednáno ve [10]). K definici příslušné grafické formace je přiřazen vysvětlující obrázek, který znázorňuje vývoj ceny akcie a objemu obchodů s touto akcií v čase. Na vodorovné ose je tedy vynesena čas, na svislé ose jsou vyneseny cena a objem, oboje v příslušném měřítku.

Pro každou grafickou formaci platí pravidlo, že čím delší dobu trvá vytvoření formace, tím spolehlivější je generovaný signál.

3.1.1 Reversní grafické formace

Reversní formace jsou grafické formace, které signalizují změnu v trendu ceny akcie, tj. obrat růstu ceny akcie v pokles, resp. obrat poklesu v růst.

3.1.1.1 Vrchol, Dno

Základními reversními grafickými formacemi jsou *vrchol a dno* (top and bottom). Vznikají velmi často a během krátkého časového období, nejčastěji ze dne na den. Častokrát bývají součástí složitějších grafických formací.

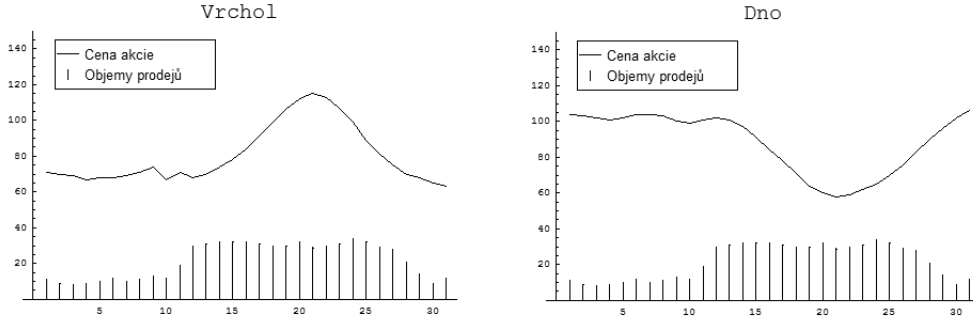
Vrchol *Vrchol* utvořený během období $\langle t_0, T \rangle$, kde $T - t_0 \geq 2$: Uzavírací cena roste, dosáhne svého maxima na uvedeném intervalu a poté klesá ke své počáteční výši. Objemy jsou po celé sledované období vysoké.

$$\exists t_0 < t_1 < T \quad C_{t_0} < \dots < C_{t_1} > \dots > C_T \quad C_{t_0} \approx C_T, \\ V_{t_0}, V_{t_0+1}, \dots, V_T \quad \text{jsou neobvykle vysoké.}$$

Dno Dno utvořené během období $\langle t_0, T \rangle$, kde $T - t_0 \geq 2$: Uzavírací cena klesá, dosáhne svého minima na uvedeném intervalu a poté roste ke své počáteční úrovni. Objemy jsou po celé sledované období vysoké.

$$\exists t_0 < t_1 < T \quad C_{t_0} > \dots > C_{t_1} < \dots < C_T \quad C_{t_0} \approx C_T.$$

$$V_{t_0}, V_{t_0+1}, \dots, V_T \quad \text{jsou neobvykle vysoké.}$$



Obrázek 3.1: Vrchol a dno

Použití: Po dokončení formace vrcholu (dna) bude cena akcie ještě klesat (stoupat) po období délky k . Základní reverzní formace se však mohou vytvořit samostatně nebo jako součást větších grafických formací (např. hlava a ramena, viz. 3.1.1.3). V čase T tedy nelze přesně určit délku období k , v němž bude cena akcie pokračovat ve změněném trendu.

$$\text{Vrchol v čase } T \quad \Rightarrow \quad \exists k \quad C_T > C_{T+1} > \dots > C_{T+k}.$$

$$\text{Dno v čase } T \quad \Rightarrow \quad \exists k \quad C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}.$$

3.1.1.2 Dvojitý vrchol a dno

Grafické formace dvojitý vrchol a dno jsou speciální kombinací základních grafických formací vrcholu a dna.

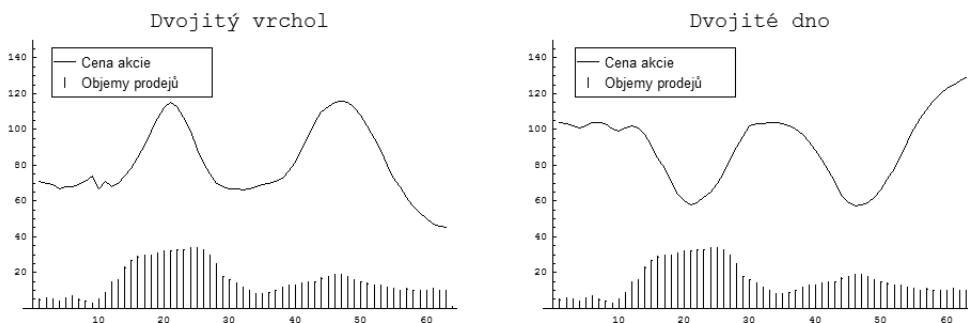
Dvojitý vrchol (M)

$$\exists t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < T : \quad C_{t_1} \approx C_T < C_{t_3} < C_{t_2} \approx C_{t_4},$$

$$V_{t_1} < V_{t_1+1} < \dots < V_{t_2}, \quad V_{t_3} < V_{t_3+1} < \dots < V_{t_4}, \quad V_{t_2} \gg V_{t_4}.$$

Dvojité dno (W)

$$\begin{aligned} \exists t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < T : \quad C_{t_1} \approx C_T > C_{t_3} > C_{t_2} \approx C_{t_4}, \\ V_{t_2} < V_{t_2+1} < \dots < V_{t_3}, \quad V_{t_4} < V_{t_4+1} < \dots < V_T, \quad V_{t_3} \ll V_T. \end{aligned}$$



Obrázek 3.2: Dvojitý vrchol a dvojité dno

Použití: Po vytvoření grafické formace bude cena akcie pokračovat ve změněném trendu nejméně o vzdálenost mezi vrcholy a dny formace.

$$\begin{aligned} \text{Dvojitý vrchol v čase } T \Rightarrow \exists k : \quad C_T > C_{T+1} > \dots > C_{T+k} \\ (C_{T+k} - C_T) \geq (C_{t_4} - C_{t_3}). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dvojité dno v čase } T \Rightarrow \exists k : \quad C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k} \\ (C_T - C_{T+k}) \geq (C_{t_3} - C_{t_4}). \end{aligned}$$

Dvojité vrcholy a dna jsou vysoce populárními grafickými formacemi. Jejich výskyt je však velmi vzácný. Signály generované těmito formacemi jsou tím důvěryhodnější, čím déle trvá vytvoření dané formace. Vrcholy (resp. dna) by od sebe měly být dostatečně vzdáleny. Pokud leží příliš blízko sebe, jedná se většinou o tzv. konsolidační oblast. Proto se u těchto formací požaduje minimální časový rozestup 1 měsíc mezi vrcholy (resp. dny) a vertikální vzdálenost mezi vrcholy a dnem by měla být alespoň 15% ceny při vrcholu (resp. mezi dny a vrcholem by měla být 15% z ceny při dně):

$$t_4 - t_2 \geq 22 \quad (22 \text{ pracovních dní}) \quad \& \quad \frac{C_{t_3}}{C_{t_4}} \leq 0,85, \quad \text{resp.} \quad \frac{C_{t_3}}{C_{t_4}} \geq 1,15.$$

3.1.1.3 Hlava a ramena (Head and shoulders)

Formace hlava a ramena jsou opět speciální kombinací základních reverzních formací dna a vrcholu.

Hlava a ramena - vrchol Levé rameno se obvykle formuje na konci rozsáhlého vzestupu ceny. Poté, co ceny klesnou z vrcholu levého ramena, nastává oživení, ceny opět vzrostou k novému maximu (vyššímu) a klesnou zhruba k předchozímu minimu za levým ramenem, čímž se vytvoří hlava. Ceny pak opět vzrostou, ale nedosáhnou již maxima hlavy a poté poklesnou. Tím vznikne pravé rameno zakončující formaci.

Linie krku spojuje dna mezi rameny a hlavou. Je-li po vytvoření pravého ramena překročena směrem dolů, potvrzuje se zvrát ve směru trendu.

Velké objemy obchodů doprovázejí rostoucí část levého ramene, poté klesají a opět rostou s rostoucí částí hlavy, pak znovu klesají, aby nakonec rostly s rostoucí částí pravého ramene (tento růst je však nižší než oba předchozí).

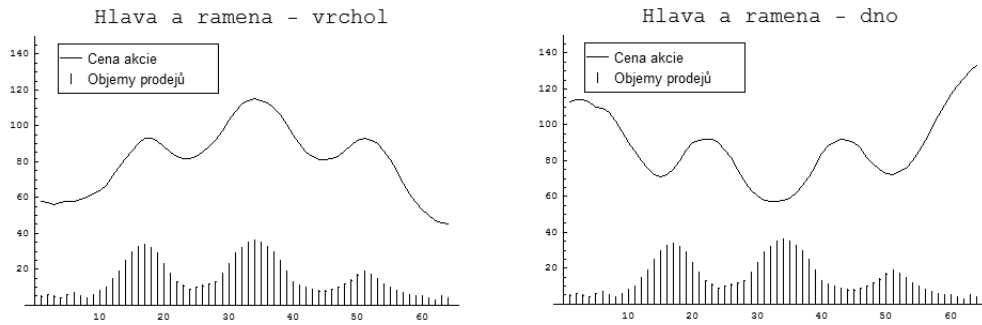
$$\begin{aligned} \exists t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5 < T : \\ C_{t_1}, C_{t_3}, C_{t_5} \text{ jsou lokální maxima } C_t, & \quad C_{t_3} > C_{t_1} \approx C_{t_5}, \\ C_{t_2}, C_{t_4} \text{ jsou lokální minima } C_t, & \quad C_{t_2} \approx C_{t_4}, \\ V_{t_1}, V_{t_3}, V_{t_5} \text{ jsou lokální maxima } V_t, & \quad V_{t_3} > V_{t_1} > V_{t_5}, \\ V_{t_2}, V_{t_4} \text{ jsou lokální minima } V_t, & \quad V_{t_2} \approx V_{t_4}. \end{aligned}$$

Hlava a ramena - dno Vývoj ceny akcie je opačný než u formace Hlava a ramena - vrchol.

Objemy rostou při každém oživení cen. Největší objemy však doprovázejí zakončení pravého ramene. Při poklesech ceny se objemy snižují. Pokud je po vytvoření této formace překročena linie krku při relativně nízkých objemech, může se jednat o falešný signál a lze očekávat další cenová minima.

$$\begin{aligned} \exists t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5 < T : \\ C_{t_1}, C_{t_3}, C_{t_5} \text{ jsou lokální minima } C_t, & \quad C_{t_3} < C_{t_1} \approx C_{t_5}, \\ C_{t_2}, C_{t_4} \text{ jsou lokální maxima } C_t, & \quad C_{t_2} \approx C_{t_4}, \\ V_{t_1}, V_{t_3}, V_{t_5} \text{ jsou lokální minima } V_t, & \quad V_{t_3} < V_{t_1} < V_{t_5}, \\ V_{t_2}, V_{t_4} \text{ jsou lokální maxima } V_t, & \quad V_{t_2} \approx V_{t_4}. \end{aligned}$$

U obou formací tvoří cena C_{t_3} hlavu a ceny C_{t_1} a C_{t_5} tvoří ramena. Přímka procházející cenami C_{t_2} a C_{t_4} se nazývá linie krku.



Obrázek 3.3: Hlava a ramena - vrchol, hlava a ramena - dno

Použití: (1) Pokud na grafu ceny akcie identifikujeme formaci hlava a ramena - vrchol a zároveň platí $C_{t_5} > C_{t_5+1} > \dots > C_T$, $C_T < C_{t_4}$, potom

$$\exists k : C_T > C_{T+1} > \dots > C_{T+k}, \quad (C_T - C_{T+k}) \geq (C_{t_3} - C_{t_5}).$$

Poklesne-li tedy cena akcie pod linii krku, bude klesat i nadále, a to minimálně o vzdálenost maxima hlavy a maxima ramen.

(2) Pokud na grafu ceny akcie identifikujeme formaci hlava a ramena - dno a zároveň platí $C_{t_5} < C_{t_5+1} < \dots < C_T$, $C_T > C_{t_4}$, potom

$$\exists k : C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}, \quad (C_{T+k} - C_T) \geq (C_{t_5} - C_{t_3}).$$

Vzroste-li tedy cena akcie nad linii kru, bude růst i nadále, a to minimálně o vzdálenost minima hlavy a minima ramen.

Formace hlava a ramena patří mezi nejběžnější a nejspolehlivější grafické formace. Většina těchto formací nebývá úplně symetrická. Linie krku může být rostoucí i klesající. Může se tedy stát, že u grafické formace hlava a ramena - vrchol leží pravé dno výše než levý vrchol. Podobně je tomu u formace hlava a ramena - dno.

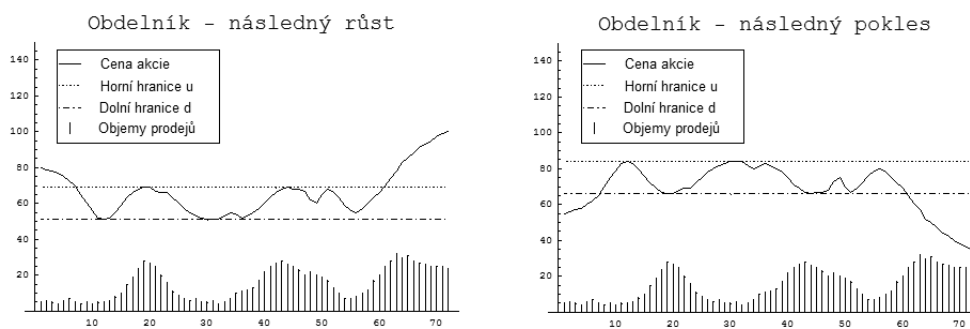
3.1.1.4 Obdélník

Obdélník (rectangle) je reverzní grafickou formací nazývanou také jako obchodní oblast (trading area). Obdélník vznikne, je-li shodná nabídka akcie za určitou cenu (horní hranice) s poptávkou za určitou nižší cenu (dolní hranice). V okamžiku, kdy cena akcie dosáhne dolní hranice, jsou investoři ochotni akcie za tuto cenu kupovat. Tím se zvyšuje cena akcie až do okamžiku, kdy dosáhne horní hranice. V tomto okamžiku jsou investoři ochotni

prodávat a cena akcie tím klesá až k dolní hranici. Tento průběh se opakuje až do okamžiku, kdy buď strana nabídky nebo strana poptávky umožní průchod jedné z hranic. Uzavře-li cena mimo rozpětí, naznačuje tak směr nového trendu.

$$\begin{aligned} \exists t_0 < T, \exists u > d > 0: \quad d \leq C_t \leq u \quad \forall t \in \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\} \\ \exists I, J \in \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\}, \quad I, J \neq \emptyset \\ \forall t_i \in I: C_{t_i} \approx u, \quad \forall t_j \in J: C_{t_j} \approx d, \end{aligned}$$

kde $u \dots$ konstanta udávající výši horní hranice pohybu ceny,
 $d \dots$ konstanta udávající výši dolní hranice pohybu ceny.



Obrázek 3.4: Obdelník a následný růst, obdelník a následný pokles

Použití: Budoucí směr trendu je dán směrem, v němž cena akcie opustí dané rozpětí, a vývojem objemů. Je-li objem obchodů relativně vyšší při růstech ceny než při poklesech, bude cena pravděpodobně růst. Je-li naopak objem obchodů relativně vyšší při poklesech ceny než při růstech, pak bude cena pravděpodobně klesat.

Nechť R je sjednocení všech podintervalů intervalu $\langle t_0, T \rangle$, na nichž je C_t rostoucí a S je sjednocení všech podintervalů intervalu $\langle t_0, T \rangle$, na nichž je C_t klesající. Potom:

$$\begin{aligned} \text{Utvoření formace obdelník v čase } T, \quad C_T > u, \quad \sum_{t \in R} V_t \gg \sum_{t \in S} V_t \\ \Rightarrow \exists k: \quad C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Utvoření formace obdelník v čase } T, \quad C_T < d, \quad \sum_{t \in R} V_t \ll \sum_{t \in S} V_t \\ \Rightarrow \exists k: \quad C_T > C_{T+1} > \dots > C_{T+k}. \end{aligned}$$

Podobně jako u grafických formací vrchol a dno, nelze v čase T určit konstantu k , tj. délku období, v němž bude cena akcie následovat nově započatý trend.

Obdélníků lze využívat i při krátkodobých spekulacích: nakupovat, pokud cena akcie dosáhne dolní hranice a prodávat, pokud dosáhne horní hranice.

3.1.1.5 Vzestupný a sestupný klín

Klíny (wedges) patří mezi grafické formace, které se snaží průběh ceny akcie uzavřít do relativně přesně definovaného geometrického útvaru. Opustí-li následně cena akcie tento útvar při požadované změně objemu, lze do budoucna očekávat pohyb ceny ve směru opuštění této formace.

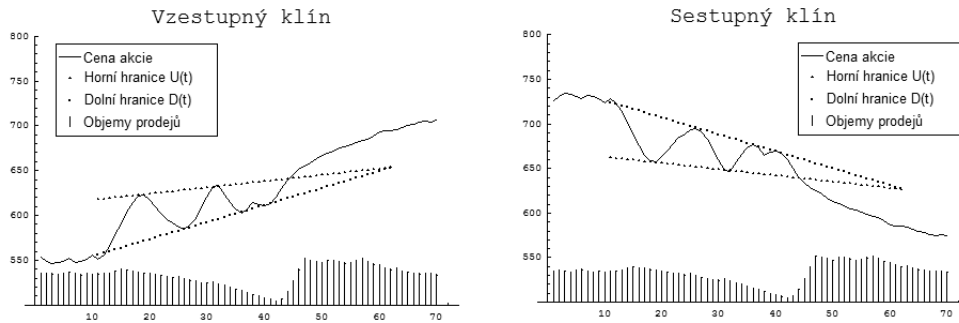
Vzestupný klín Cena kolísá mezi horní a dolní hranicí, které jsou obě rostoucí.

$$\begin{aligned} &\exists t_1 < T < t_2, \exists u > d > 0, \exists b_d > b_u > 0 : \\ &U(t) = u + b_u(t - t_1), D(t) = d + b_d(t - t_1), \forall t \in \langle t_1, t_2 \rangle \\ &\forall t \in \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\} : D(t) \leq C_t \leq U(t) \\ &\exists I, J \subset \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\}, I, J \neq \emptyset : \\ &\forall t_i \in I : C_{t_i} \approx U(t_i), \forall t_j \in J : C_{t_j} \approx D(t_j) \\ &V_{t_1} > V_{t_1+1} > \dots > V_T, \end{aligned}$$

kde u ... konstanta udávající počátek horní hranice pohybu ceny, $U(t_1) = u$,
 d ... konstanta udávající počátek dolní hranice pohybu ceny, $D(t_1) = d$,
 b_u ... absolutní hodnota směrnice horní hranice pohybu ceny,
 b_d ... absolutní hodnota směrnice dolní hranice pohybu ceny.

Sestupný klín Cena kolísá mezi horní a dolní hranicí, které jsou obě klesající.

$$\begin{aligned} &\exists t_1 < T < t_2, \exists u > d > 0, \exists b_u > b_d > 0 \\ &U(t) = u - b_u(t - t_1), D(t) = d - b_d(t - t_1), \forall t \in \langle t_1, t_2 \rangle \\ &\forall t \in \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\} : D(t) \leq C_t \leq U(t) \\ &\forall t_i \in I : C_{t_i} \approx U(t_i), \forall t_j \in J : C_{t_j} \approx D(t_j) \\ &V_{t_1} > V_{t_1+1} > \dots > V_T. \end{aligned}$$



Obrázek 3.5: Vzestupný klín, sestupný klín

Použití: Po opuštění formace by se měla cena akcie pohybovat v nastaveném trendu minimálně o počáteční výšku klínu.

Utvoření formace vzestupný klín v čase T , $C_{T+1} < C_T \approx D(T)$, $V_T \ll V_{T+1}$
 $\Rightarrow \exists k : C_T > C_{T+1} > \dots > C_{T+k}, (C_T - C_{T+k}) \geq (u - d)$.

Utvoření formace sestupný klín v čase T , $C_{T+1} > C_T \approx U(T)$, $V_T \ll V_{T+1}$
 $\Rightarrow \exists k : C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}, (C_{T+k} - C_T) \geq (u - d)$.

Klíny vznikají poměrně často. K opuštění formace dochází většinou ve třetí třetině klínu, tj. $T \in \langle t_1 + \frac{2}{3}(t_2 - t_1), t_2 \rangle$. Formace by se měla utvářet nejméně po dobu tří týdnů.

3.1.2 Konsolidační grafické formace

Konsolidační grafické formace signalizují pokračování původního trendu ceny akcie. Konsolidační oblast můžeme definovat jako období postranního pohybu ceny akcie, které přerušilo původní trend.

3.1.2.1 Vlajky

Vlajky (flags) představují dočasné přerušení původního trendu (růstu nebo poklesu) ceny akcie. Během formace cena mírně koriguje předchozí vývoj a po opuštění formace v tomto vývoji opět pokračuje. Hranice pohybu ceny během této formace je ohraničena dvěma rovnoběžkami, které mohou mít mírný sklon. Před vznikem formace jsou objemy neobvykle vysoké, během formace klesají, ale po opuštění formace opět prudce vzrostou.

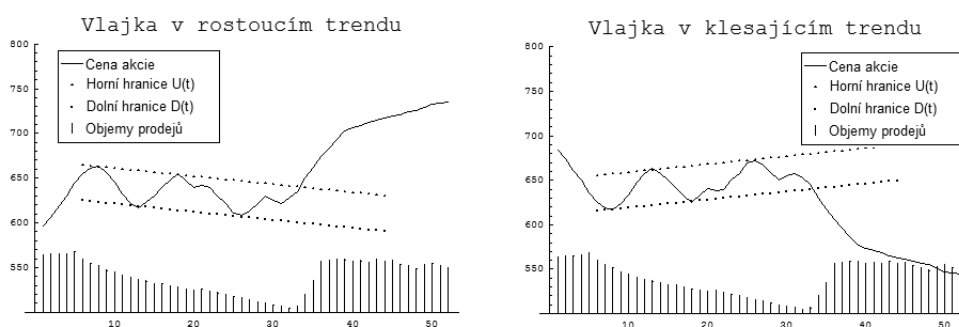
Vlajka v rostoucím trendu

$$\begin{aligned} &\exists t_1 < T, \exists b, d > 0, \forall t \in \langle t_1, T \rangle : D(t) = C_{t_1} - b(t - t_1), U(t) = D(t) + d \\ &\forall t \in \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\} : D(t) \leq C_t \leq U(t) \\ &\exists I, J \subset \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\}, I, J \neq \emptyset : \\ &\forall t_i \in I : C_{t_i} \approx U(t_i), \forall t_j \in J : C_{t_j} \approx D(t_j) \\ &\exists l \geq 2 : V_{t_1-l}, \dots, V_{t_1-1} \text{ byly velmi vysoké, } C_{t_l} < C_{t_{l+1}} < \dots < C_{t_1}, \\ &V_{t_1} > V_{t_1+1} > \dots > V_T, \end{aligned}$$

Vlajka v klesajícím trendu

$$\begin{aligned} &\exists t_1 < T, \exists b, d > 0, \forall t \in \langle t_1, T \rangle : D(t) = C_{t_1} + b(t - t_1), U(t) = D(t) + d \\ &\forall t \in \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\} : D(t) \leq C_t \leq U(t) \\ &\exists I, J \subset \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\}, I, J \neq \emptyset : \\ &\forall t_i \in I : C_{t_i} \approx U(t_i), \forall t_j \in J : C_{t_j} \approx D(t_j) \\ &\exists l \geq 2 : V_{t_1-l}, \dots, V_{t_1-1} \text{ byly velmi vysoké, } C_{t_l} > C_{t_{l+1}} > \dots > C_{t_1} \\ &V_{t_1} > V_{t_1+1} > \dots > V_T. \end{aligned}$$

kde $d \dots$ konstanta udávající výšku vlajky (vzdálenost horní a dolní hranice),
 $b \dots$ konstanta udávající absolutní hodnotu směrnice horní a dolní hranice pohybu ceny, b je velmi malá,
 $l \dots$ konstanta udávající délku období před vznikem formace, v němž se cena akcie pohybovala v příslušném trendu (rostoucím nebo klesajícím) a během něhož byly objemy obchodů extrémně vysoké.



Obrázek 3.6: Vlajka v rostoucím trendu, vlajka v klesajícím trendu

Použití: Vlajky se obvykle objevují v polovině prudkého růstu nebo poklesu ceny. Z tohoto důvodu lze očekávat, že se cena akcie bude po opuštění

formace vlajky pohybovat v tomtéž směru přibližně o stejnou vzdálenost, jako se pohybovala před vznikem této formace.

Utvoření formace klesající vlajka v čase T , $C_{t+1} > C_t \approx U(T)$, $V_{T+1} \gg V_T$
 $\Rightarrow \exists k \ C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}$, $(C_{T+k} - C_T) \approx (C_{t_1} - C_{t_1-l})$.

Utvoření formace rostoucí vlajka v čase T , $C_{t+1} < C_t \approx D(T)$, $V_{T+1} \gg V_T$
 $\Rightarrow \exists k \ C_T > C_{T+1} > \dots > C_{T+k}$, $(C_T - C_{T+k}) \approx (C_{t_1-l} - C_{t_1})$.

3.1.2.2 Praporky (Pennants)

Grafická formace praporek představuje, stejně jako formace vlajka, dočasné přerušeni v rychlém růstu nebo poklesu ceny. Vývoj cen i objemů je podobný, hranice pohybů ceny jsou však odlišné. Během formace cena mírně koriguje předchozí vývoj a po opuštění formace v něm opět pokračuje. Hraniční přímky se, narozdíl od vlajky, sbíhají, horní hranice klesá a dolní hranice stoupá. V rostoucím trendu směřuje cíp praporku nahoru (horní hranice mírně klesá, dolní hranice silněji roste), v klesajícím trendu směřuje dolů (horní hranice silněji klesá, dolní hranice mírně roste).

Objemy obchodů jsou velmi vysoké před vznikem praporku, během formace se snižují na relativně nízkou úroveň a po opuštění formace opět prudce vzrůstají.

Praporek v rostoucím trendu

$\exists t_1 < T$, $\exists u > d > 0$, $\exists b_d > b_u > 0$, $\forall t \in \langle t_1, T \rangle$:

$$D(t) = d + b_d(t - t_1), U(t) = u - b_u(t - t_1), U(T) = D(T) > \frac{u + d}{2},$$

$$\forall t \in \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\} : D(t) \leq C_t \leq U(t),$$

$$\exists I, J \subset \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\}, I, J \neq \emptyset :$$

$$\forall t_i \in I : C_{t_i} \approx U(t_i), \forall t_j \in J : C_{t_j} \approx D(t_j),$$

$$\exists l \geq 2 : V_{t_1-l}, \dots, V_{t_1-1} \text{ byly velmi vysoké, } C_{t_1} < C_{t_1+1} < \dots < C_{t_1},$$

$$V_{t_1} > V_{t_1+1} > \dots > V_T,$$

kde $u \dots$ konstanta udávající počátek horní hranice pohybu ceny, tj. $U(t_1) = u$

$d \dots$ konstanta udávající počátek dolní hranice pohybu ceny, tj. $D(t_1) = d$

$b_u, b_d \dots$ konstanta udávající absolutní hodnotu směrnice horní resp. dolní hranice pohybu ceny

$l \dots$ konstanta udávající délku období před vznikem formace praporku, v němž byla posloupnost cen monotónní a objemy velmi vysoké

Praporek v klesajícím trendu

$\exists t_1 < T, \exists u > d > 0, \exists b_u > b_d > 0, \forall t \in \langle t_1, T \rangle :$

$$D(t) = d + b_d(t - t_1), U(t) = u - b_u(t - t_1), U(T) = D(T) < \frac{u + d}{2},$$

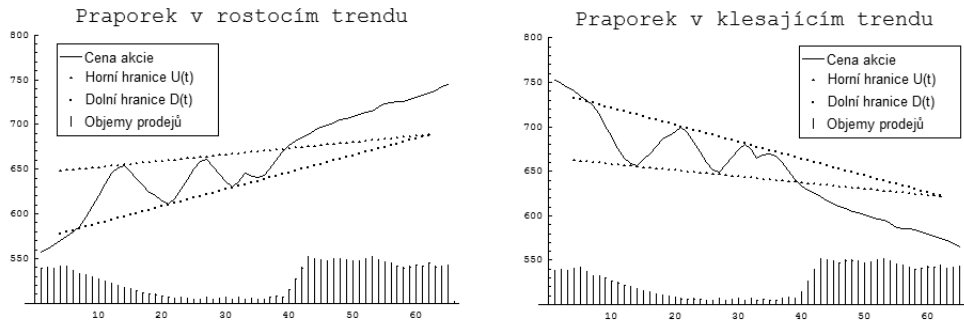
$$\forall t \in \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\} : D(t) \leq C_t \leq U(t),$$

$$\exists I, J \subset \{t_1, t_1 + 1, \dots, T\}, I, J \neq \emptyset :$$

$$\forall t_i \in I : C_{t_i} \approx U(t_i), \forall t_j \in J : C_{t_j} \approx D(t_j),$$

$$\exists l \geq 2 \quad V_{t_1-l}, \dots, V_{t_1-1} \text{ byly velmi vysoké, } C_{t_l} > C_{t_{l+1}} > \dots > C_{t_1},$$

$$V_{t_1} > V_{t_1+1} > \dots > V_T.$$



Obrázek 3.7: Praporek v rostoucím trendu, praporek v klesajícím trendu

Použití: Praporeky se stejně jako vlajky objevují přibližně v polovině trendu ceny akcie. Cena by se tedy po opuštění formace měla pohybovat ve směru předchozího trendu přibližně o stejnou vzdálenost jako před vytvořením formace.

Utvoření formace praporek v zestupném trendu v čase T ,

$$C_{T+1} \gg C_T \approx U(T) = D(T), V_{T+1} \gg V_T \\ \Rightarrow \exists k \quad C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}, (C_{T+k} - C_T) \approx (C_{t_1} - C_{t_1-l}).$$

Utvoření formace praporek v klesajícím trendu v čase T ,

$$C_{T+1} \ll C_T \approx D(T) = V(T), V_{T+1} \gg V_T \\ \Rightarrow \exists k \quad C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}, (C_T - C_{T+k}) \approx (C_{t_1-l} - C_{t_1}).$$

3.1.3 Trendy, trendové linie, hladiny podpory a odporu

V následující části se budeme zabývat technikami, které se pokoušejí identifikovat trend v pohybu ceny. Pomocí tohoto trendu pak můžeme generovat signály k nákupu nebo prodeji dané akcie. Kromě identifikace trendu se budeme zabývat i nalezením tzv. trendových kanálů a hladin podpory a odporu.

V grafické analýze rozlišujeme tři typy trendů:

- *Rostoucí trend*: Je charakterizován rostoucí posloupností lokálních maxim a lokálních minim ceny akcie C_t .
- *Klesající trend*: Je charakterizován klesající posloupností lokálních maxim a lokálních minim ceny akcie C_t .
- *Postranní trend*: Je charakterizován postranním pohybem ceny akcie.

Mějme dva různé časové okamžiky t_1 a t_2 , kde $t_1 < t_2$. Definujme množinu obchodních dnů $Q = \{t_1, t_1 + 1, \dots, t_2\}$ a její podmnožiny I a J , kde I je množina lokálních maxim a J je množina lokálních minim ceny akcie C_t . Pak můžeme trendy popsat následovně:

Rostoucí trend

$$\forall i_1, i_2 \in I, i_1 < i_2, \forall j_1, j_2 \in J, j_1 < j_2 : C_{t_{i_1}} < C_{t_{i_2}}, C_{t_{j_1}} < C_{t_{j_2}}.$$

Klesající trend

$$\forall i_1, i_2 \in I, i_1 < i_2, \forall j_1, j_2 \in J, j_1 < j_2 : C_{t_{i_1}} > C_{t_{i_2}}, C_{t_{j_1}} > C_{t_{j_2}}.$$

Postranní trend

Nejedná se ani o rostoucí trend, ani o klesající trend.

Dále se trendy dělí z časového hlediska, a to na krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé. Délky trvání jednotlivých trendů se v literatuře dosti liší, [10] definuje krátkodobý trend, jako trend trvající méně než tři měsíce, střednědobý trend tři až šest měsíců a dlouhodobý trend šest měsíců až jeden rok.

K identifikaci trendů a jejich zvrátů se nejčastěji používají trendové linie.

3.1.3.1 Trendové linie

Trendovou linii sestrojíme proložením přímky lokálními maximy, resp. minimy ceny akcie.

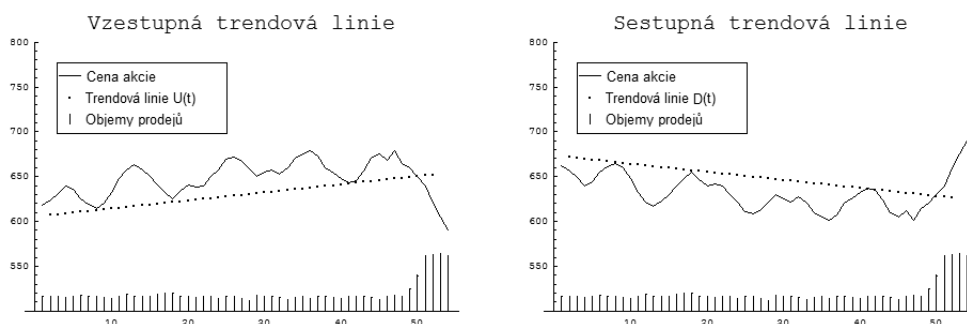
Mějme dva různé časové okamžiky t_1 a t_2 , kde $t_1 < t_2$, množinu obchodních dnů $P = \{t_1, t_1 + 1, \dots, t_2\}$ a její podmnožiny lokálních maxim I a minim J , kde $|I| > 2, |J| > 2$.

Vzestupná trendová linie *Vzestupná trendová linie* je přímka spojující první a poslední lokální minimum posloupnosti cen akcie v rostoucím trendu. Můžeme ji popsat rovnicí

$$VTL(t) = C_{j_{min}} + t \frac{C_{t_{j_{max}}} - C_{t_{j_{min}}}}{t_{j_{max}} - t_{j_{min}}}, \quad t \in \langle t_1, t_2 \rangle, \quad j_{min} = \min_{j \in J} j, \quad j_{max} = \max_{j \in J} j.$$

Sestupná trendová linie *Sestupná trendová linie* je přímka spojující první a poslední lokální maximum posloupnosti cen akcie v klesajícím trendu. Můžeme ji popsat rovnicí

$$STL(t) = C_{i_{min}} - t \frac{C_{t_{i_{min}}} - C_{t_{i_{max}}}}{t_{i_{max}} - t_{i_{min}}}, \quad t \in \langle t_1, t_2 \rangle, \quad i_{min} = \min_{i \in I} i, \quad i_{max} = \max_{i \in I} i.$$



Obrázek 3.8: Vzestupná a sestupná trendová linie

Použití: Označme $P = \{t_1, t_1 + 1, \dots, T - 1\}$ množinu obchodních dní. Trendové linie využívají k rozhodnutí o nákupu resp. prodeji dvě pravidla: tříprocentní pravidlo prolomení trendové linie a pravidlo času při prolomení trendové linie.

Tříprocentní pravidlo prolomení trendové linie

Jestliže je cena akcie v čase T o 3% nižší než rostoucí trendová linie nebo vyšší než klesající trendová linie a zároveň poslední dva obchodní dny rostou objemy obchodů, pak lze očekávat, že cena akcie bude pokračovat ve směru prolomení alespoň o maximální vzdálenost ceny od trendové linie, jíž bylo dosaženo před prolomením.

Existence vzestupné trendové linie na intervalu $\langle t_1, T - 1 \rangle$,

$$C_T < 0,97.VTL(T), V_{T-2} < V_{T-1} < V_T \\ \Rightarrow \exists k : C_T > C_{T+1} > \dots > C_{T+k}, (C_T - C_{T+k}) \geq \max_{t \in P}(C_t - VTL(t)).$$

Existence sestupné trendové linie na intervalu $\langle t_1, T - 1 \rangle$,

$$C_T > 1,03.STL(T), V_{T-2} < V_{T-1} < V_T \\ \Rightarrow \exists k : C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}, (C_{T+k} - C_T) \geq \max_{t \in P}(STL(t) - C_t).$$

Pravidlo času při prolomení trendové linie

Jestliže je cena akcie alespoň dva poslední obchodní dny nižší než rostoucí trendová linie nebo vyšší než klesající trendová linie a zároveň v těchto dnech rostou objemy obchodů, pak lze očekávat, že cena akcie bude pokračovat ve směru prolomení alespoň o maximální vzdálenost ceny od trendové linie, jíž bylo dosaženo před prolomením.

Existence vzestupné trendové linie na intervalu $\langle t_1, T - 1 \rangle$,

$$VTL(T - 1) > C_{T-1} > C_{T-2}, V_{T-2} < V_{T-1} < V_T \\ \Rightarrow \exists k : C_T > C_{T+1} > \dots > C_{T+k}, (C_T - C_{T+k}) \geq \max_{t \in P}(C_t - VTL(t)).$$

Existence sestupné trendové linie na intervalu $\langle t_1, T - 1 \rangle$,

$$C_{T-2} > C_{T-1} > STL(T - 1), V_{T-2} < V_{T-1} < V_T \\ \Rightarrow \exists k : C_T < C_{T+1} < \dots < C_{T+k}, (C_{T+k} - C_T) \geq \max_{t \in P}(STL(t) - C_t).$$

K sestrojení trendové linie nám postačuje existence pouze dvou lokálních extrémů. [10] však uvádí, že k potvrzení hodnověrnosti trendové linie je zapotřebí vznik ještě třetího lokálního extrému. Obecně s vyšším počtem lokálních extrémů blízko trendové linie roste význam této trendové linie.

Dalším faktorem ovlivňujícím významnost trendové linie je časové období, po které se cena akci držela nad (v případě rostoucí), popř. pod (v případě klesající) trendovou linií. Čím delší toto časové období je, tím vyšší

význam daná trendová linie má.

Posledním důležitým faktorem je sklon trendové linie. Obecně platí, že čím menší úhel svírá trendová linie s vodorovnou osou, tím vyšší je její význam. Trendové linie s vyšším sklonem bývají totiž často proraženy při postranních pohybech ceny, tedy při vzniku tzv. konsolidační formace. U trendových linií s menším sklonem je citlivost na tyto krátkodobé cenové pohyby menší.

3.1.3.2 Trendový kanál

Trendový kanál (trend Channel) je cenové pásmo ohraničené dvěma přímkami, *trendovou linií* a tzv. *kanálovou linií*, v němž se cena po určité období pohybuje. Kanálová linie spojuje opačné extrémy než linie trendová, tj. v případě rostoucí trendové linie spojuje lokální maxima a v případě klesající trendové linie lokální minima ceny akcie.

Mějme dva různé časové okamžiky t_1 a t_2 , kde $t_1 < t_2$, množinu obchodních dnů $P = \{t_1, t_1 + 1, \dots, t_2\}$ a její podmnožiny lokálních maxim a minim I a J , kde $|I| > 2, |J| > 2$.

Vzestupný trendový kanál

Nechť C_t má na P rostoucí trend, pak definujeme trendovou linii vzestupného trendového kanálu jako

$$VTL(t) = C_{j_{min}} + t \frac{C_{t_{j_{max}}} - C_{t_{j_{min}}}}{t_{j_{max}} - t_{j_{min}}}, \quad t \in \langle t_1, t_2 \rangle \quad j_{min} = \min_{j \in J} j, \quad j_{max} = \max_{j \in J} j$$

a kanálovou linii vzestupného trendového kanálu jako

$$VKL(t) = C_{i_{min}} + t \frac{C_{t_{i_{max}}} - C_{t_{i_{min}}}}{t_{i_{max}} - t_{i_{min}}}, \quad t \in \langle t_1, t_2 \rangle \quad i_{min} = \min_{i \in I} i, \quad i_{max} = \max_{i \in I} i.$$

Potom platí

$$\forall t \in T \quad VTL(t) \leq C_t \leq VKL(t) \quad \text{a} \quad \frac{C_{t_{j_{max}}} - C_{t_{j_{min}}}}{t_{j_{max}} - t_{j_{min}}} \approx \frac{C_{t_{i_{max}}} - C_{t_{i_{min}}}}{t_{i_{max}} - t_{i_{min}}}.$$

Sestupný trendový kanál

Nechť C_t má na P klesající trend, pak definujeme trendovou linii sestupného trendového kanálu jako

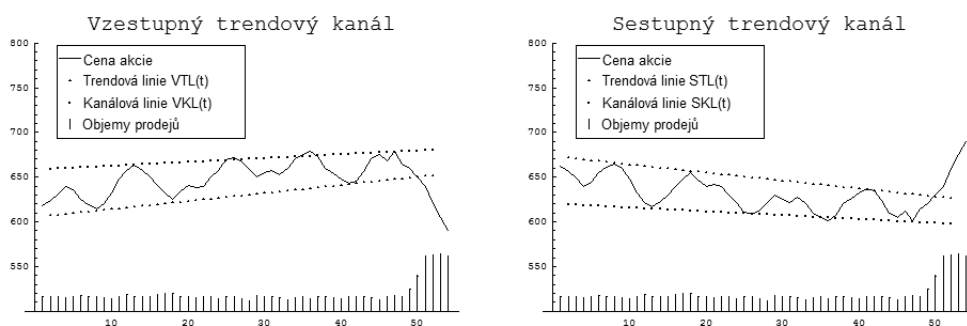
$$STL(t) = C_{i_{min}} - t \frac{C_{t_{i_{min}}} - C_{t_{i_{max}}}}{t_{i_{max}} - t_{i_{min}}}, \quad t \in \langle t_1, t_2 \rangle \quad i_{min} = \min_{i \in I} i, \quad i_{max} = \max_{i \in I} i$$

a kanálovou linii sestupného trendového kanálu jako

$$SKL(t) = C_{j_{min}} - t \frac{C_{t_{j_{min}}} - C_{t_{j_{max}}}}{t_{j_{max}} - t_{j_{min}}}, \quad t \in \langle t_1, t_2 \rangle \quad j_{min} = \min_{j \in J} j, \quad j_{max} = \max_{j \in J} j.$$

Potom platí

$$\forall t \in T \quad VTL(t) \leq C_t \leq VKL(t) \quad \text{a} \quad \frac{C_{t_{i_{min}}} - C_{t_{i_{max}}}}{t_{i_{max}} - t_{i_{min}}} \approx \frac{C_{t_{j_{min}}} - C_{t_{j_{max}}}}{t_{j_{max}} - t_{j_{min}}}.$$



Obrázek 3.9: Vzestupný a sestupný trendový kanál

Použití vzestupného trendového kanálu

Nechť na intervalu $\langle t_1, T \rangle$ existuje vzestupný trendový kanál.

- Krátkodobé spekulace uvnitř trendového kanálu: Pokud cena akcie dosáhne horní hranice rostoucího trendového kanálu, je vhodné akcií prodat a spekulovat tak na pokles její ceny.

$$C_T \approx VKL(T) \Rightarrow \text{signál k prodeji akcie.}$$

- Varovný signál změny trendu: Roste-li cena akcie po doteku trendové linie ke kanálové linii, ale nedosáhne jí (vrchol je výrazně pod kanálovou linií), může to být známka zhoršení síly rostoucího trendu a je pravděpodobné, že trendová linie bude následně prolomena. Doporučuje se tedy danou akcií prodat.
- Akcelerace dosavadního trendu: Vzroste-li cena akcie nad úroveň kanálové linie, lze očekávat akceleraci dosavadního rostoucího trendu. V tomto okamžiku je vhodné přikoupit danou akcií.

$$C_{T-1} \leq VKL(T-1), \quad C_T > VKL(T) \Rightarrow \text{signál k nákupu akcie.}$$

Použití sestupného trendového kanálu

Nechť na intervalu $\langle t_1, T \rangle$ existuje sestupný trendový kanál.

- Krátkodobé spekulace uvnitř trendového kanálu: Pokud cena akcie dosáhne spodní hranice klesajícího trendového kanálu, je vhodné akci nakoupit a spekulovat tak na růst její ceny.

$$C_T \approx SKL(T) \Rightarrow \text{signál k nákupu akcie.}$$

- Varovný signál změny trendu: Klesá-li cena akcie po doteku trendové linie ke kanálové linii, ale nedosáhne jí (dno je výrazně nad kanálovou linií), může to být známka zhoršení slabosti klesajícího trendu a je pravděpodobné, že trendová linie bude následně prolomena. Doporučuje se tedy danou akci nakoupit.
- Akcelerace dosavadního trendu: Klesne-li cena akcie pod úroveň kanálové linie, lze očekávat akceleraci dosavadního klesajícího trendu. V tomto okamžiku je vhodné prodat danou akci.

$$C_{T-1} \geq VKL(T-1), C_T < VKL(T) \Rightarrow \text{signál k prodeji akcie.}$$

3.1.3.3 Hladiny podpory a odporu

Podpora (support) je taková cenová úroveň ceny akcie, při níž je poptávka po akci natolik vysoká, že zastaví pokles ceny a obvykle ještě otočí pohyb ceny směrem vzhůru.

Odpor (resistance) je taková úroveň ceny akcie, při níž je nabídka akcie natolik vysoká, že zastaví růst ceny a obvykle ještě otočí pohyb ceny směrem dolů.

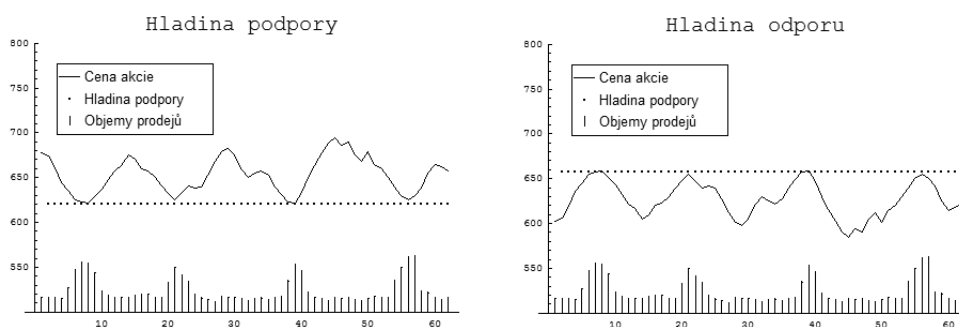
Hladiny podpory a odporu (support and resistance levels) jsou dočasnými konstantními hranicemi pohybu ceny. V případě rostoucího trendu zvyšují hladiny podpory i odporu svojí úroveň. Hladina podpory je konstantní, zatímco hladina odporu je prolomena růstem ceny. Tato prolomení se mohou opakovat, dokud nedojde ke zvratu v rostoucím trendu. V případě klesajícího trendu hladiny podpory i odporu snižují své úrovně. Hladina odporu je konstantní, zatímco hladina podpory je prolomena poklesem ceny. Tato prolomení se opakují, dokud nedojde ke zvratu v klesajícím trendu.

Hladina podpory

Mějme $t_1, t_2, t_1 < t_2$, označme $P = \{t_1, t_1 + 1, \dots, t_2\}$ množinu obchodních dní a na ní definujme množinu lokálních minim J . Nechť $\exists d > 0$ takové, že $\forall t \in P, C_t \geq d, \forall j \in J C_{t_j} \approx d$. Pak $D(t) = d, t \in \langle t_1, t_2 \rangle$ nazýváme hladinou podpory.

Hladina odporu

Mějme $t_1, t_2, t_1 < t_2$, označme $P = \{t_1, t_1 + 1, \dots, t_2\}$ množinu obchodních dní a na ní definujme množinu lokálních maxim I . Nechť $\exists u > 0$ takové, že $\forall t \in P \ C_t \leq u, \forall i \in I \ C_{t_i} \approx u$. Pak $U(t) = u, t \in \langle t_1, t_2 \rangle$ nazýváme hladinou odporu.



Obrázek 3.10: Hladina podpory, hladina odporu

Použití:

- Zvrat v trendu: V případě rostoucího trendu nastává zvrat v trend klesající, drží-li se cena na hladině odporu. V této situaci se obvykle vytvoří některá z reverzních formací a poté dojde ke změně v trendu. U klesajícího trendu nastává zvrat trendu v rostoucí, pokud cena akcie není schopná prolomit hladinu podpory. V této situaci opět dochází k vytvoření reverzní formace a ke změně směru trendu. Důležité ovšem je, že zvrat v trendu není signalizován prvním nezdarem prolomit hladinu podpory nebo odporu, ale je nutné, aby se utvořila celá reverzní formace.
- Změna funkce hladiny: Často se stává, že hladiny podpory a odporu změní po prolomení svoji funkci, tj. z hladiny podpory se stane hladina odporu a naopak. Pravděpodobnost změny této funkce se zvyšuje, pokud jsou objemy obchodu na dané hladině velmi vysoké, popř. pokud se kolem dané hladiny obchodovalo po dlouhé období. Dalším možným faktorem ovlivňujícím pravděpodobnost změny funkce hladin je četnost obchodování poblíž dané hladiny v nedávné minulosti. Ideální je, jsou-li splněny všechny tři uvedené podmínky současně.

3.1.3.4 Procenta návratu

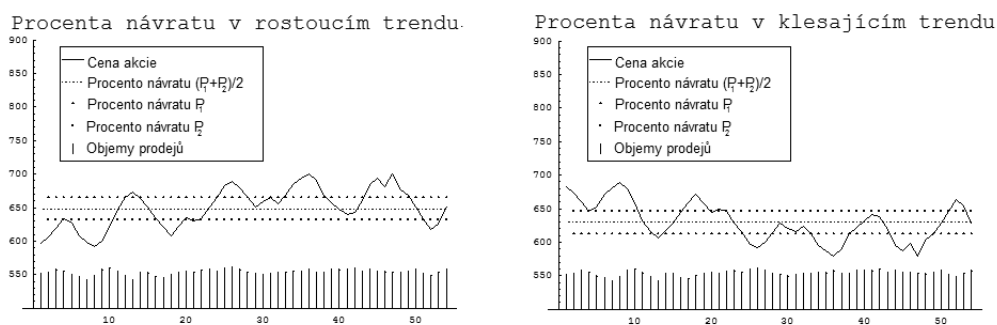
Jestliže cena akcie měla delší období buď rostoucí nebo klesající trend, pak jsou *procenta návratu* (percentage retracements) definována jako přímky ve výši jedné a dvou třetin vertikálního pohybu ceny během období tohoto trendu.

Procenta návratu v rostoucím trendu

Nechť $\exists t_1, t_2, t_1 < t_2$ takové, že C_t má na $\langle t_1, t_2 \rangle$ rostoucí trend. Pak přímky $P_1 = C_{t_2} - \frac{1}{3}(C_{t_2} - C_{t_1})$ a $P_2 = C_{t_2} - \frac{2}{3}(C_{t_2} - C_{t_1})$ nazýváme procenta návratu v rostoucím trendu.

Procenta návratu v klesajícím trendu

Nechť $\exists t_1, t_2, t_1 < t_2$ takové, že C_t má na $\langle t_1, t_2 \rangle$ klesající trend. Pak přímky $P_1 = C_{t_2} + \frac{1}{3}(C_{t_2} - C_{t_1})$ a $P_2 = C_{t_2} + \frac{2}{3}(C_{t_2} - C_{t_1})$ nazýváme procenta návratu v klesajícím trendu.



Obrázek 3.11: Procenta návratu v rostoucím a klesajícím trendu

Použití:

- Pokračování v původním trendu: Vrátili-li se cena akcie přibližně o 33 až 50% svého předchozího pohybu v trendu a poté opět pokračuje v předchozím trendu až k oněm překročeným 33% (prvnímu procentu návratu - přímka $P_1(t)$), lze očekávat, že v tomto trendu bude pokračovat.

čovat i po prolomení této hranice.

Nechť $\exists t_1 < t_2 < t_3 < T$, že C_t má na $\langle t_1, t_2 \rangle$ rostoucí trend,

$$C_{t_2} > \dots > C_{t_3}, \frac{P_1 + P_2}{2} < C_{t_3} < P_1, C_{t_3} < \dots < C_T \approx P_1 \\ \Rightarrow \text{signál k nákupu.}$$

Nechť $\exists t_1 < t_2 < t_3 < T$, že C_t má na $\langle t_1, t_2 \rangle$ klesající trend,

$$C_{t_2} < \dots < C_{t_3}, \frac{P_1 + P_2}{2} > C_{t_3} > P_1, C_{t_3} > \dots > C_T \approx P_1 \\ \Rightarrow \text{signál k prodeji.}$$

- Zvrat v trendu: Vrátili se cena akcie o více jak 66% svého předchozího pohybu v trendu (tj. překročí-li i druhé procento návratu), můžeme očekávat zvrat v původním trendu.

Nechť $\exists t_1 < t_2 < T$, že C_t má na $\langle t_1, t_2 \rangle$ rostoucí trend ,

$$C_{t_2} > \dots > C_T \approx P_2 \Rightarrow \text{signál k prodeji.}$$

Nechť $\exists t_1 < t_2 < T$, že C_t má na $\langle t_1, t_2 \rangle$ klesající trend ,

$$C_{t_2} < \dots < C_T \approx P_2 \Rightarrow \text{signál k nákupu.}$$

3.2 Technické indikátory kapitálového trhu

Technický indikátor je funkce, která ke každému obchodnímu dni přiřadí reálné číslo konstruované na základě znalosti cen a objemů obchodů dané akcie v minulosti.

Podle dat, z kterých konstruujeme daný indikátor dělíme technické indikátory na cenové, objemové a cenově objemové. Samostatnou skupinu pak tvoří indikátory celkového trhu, které reflektují stav příslušného trhu v daném okamžiku.

Tyto indikátory se používají jako součást obchodních systémů, které na základě vývoje těchto indikátorů generují nákupní popř. prodejní signály.

V následujícím textu uvedeme podrobněji některé indikátory spolu s jejich matematickou definicí a příkladem použití. Použití pak ilustrujeme na reálných datech, totiž na kurzech akcie společnosti ČEZ v období 21.1.2002 až 11.6.2004.

3.2.1 Klouzavé průměry (Moving Averages)

Klouzavé průměry ceny akcie jsou základním technickým indikátorem. Slouží k vyhlazení prudkých výkyvů ceny a jsou vhodným nástrojem k identifikaci

trendů. Nevýhodou je jejich zpoždění za aktuálním vývojem dat, které závisí na délce klouzavého průměru.

Obecně se klouzavé průměry konstruuji jako lineární kombinace určitého počtu cenových kurzů akcie (popř. funkcí této ceny) v minulosti. Součet koeficientů této lineární kombinace je vždy roven jedné.

Odborná literatura (např. [10]) uvádí, že by se neměl používat obchodní systém založený pouze na klouzavých průměrech. Klouzavé průměry jsou určeny spíše k odhalení trendu ceny akcie než ke generování příslušných signálů. Je tedy vhodné používat klouzavé průměry v kombinaci s dalšími cenovými indikátory. Podrobněji zde popíšeme jednoduchý, vážený a exponenciální klouzavý průměr.

3.2.1.1 Jednoduchý klouzavý průměr

Jednoduchý klouzavý průměr délky n (simple moving average) definujeme jako vážený aritmetický průměr posledních n pozorování. Všechna pozorování mají stejnou váhu $1/n$.

$$SMA_t(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} C_{t-i} \quad \forall t \geq n.$$

Použití: Generování nákupních a prodejních signálů spočívá v hledání okamžiků, kdy cena akcie protne klouzavý průměr, popř. kdy se protnou dva klouzavé průměry různé délky.

- Překřížení klouzavého průměru a ceny akcie: Toto pravidlo se používá spíše v kratším časovém horizontu (nižší hodnota n). Pokud cena akcie přeroste přes svůj klouzavý průměr, je to signál k nákupu dané akcie. Pokud cena akcie klesne pod svůj klouzavý průměr, je to signál k prodeji.

$$\begin{aligned} C_{T-1} \leq SMA_{T-1}(n), C_T > SMA_T(n) &\Rightarrow \text{signál k nákupu.} \\ C_{T-1} \geq SMA_{T-1}(n), C_T < SMA_T(n) &\Rightarrow \text{signál k prodeji.} \end{aligned}$$

- Překřížení dvou klouzavých průměrů: Použití je obdobné jako v prvním případě s tím rozdílem, že místo ceny akcie používáme její krátkodobý klouzavý průměr. Touto metodou eliminujeme některé falešné obchodní signály vzniklé volatilitou ceny akcie, jelikož nám klouzavý průměr vyhlazuje průběh ceny v čase. Tato metoda se používá ve střednědobém časovém horizontu. Pokud krátkodobý klouzavý průměr přeroste přes dlouhodobý, je to pro nás signálem k nákupu dané

akcie. Obrácený pohyb signálem k prodeji.

$$SMA_{T-1}(n_1) \leq SMA_{T-1}(n_2), SMA_T(n_1) > SMA_T(n_2)$$

\Rightarrow signál k nákupu.

$$SMA_{T-1}(n_1) \geq SMA_{T-1}(n_2), SMA_T(n_1) < SMA_T(n_2)$$

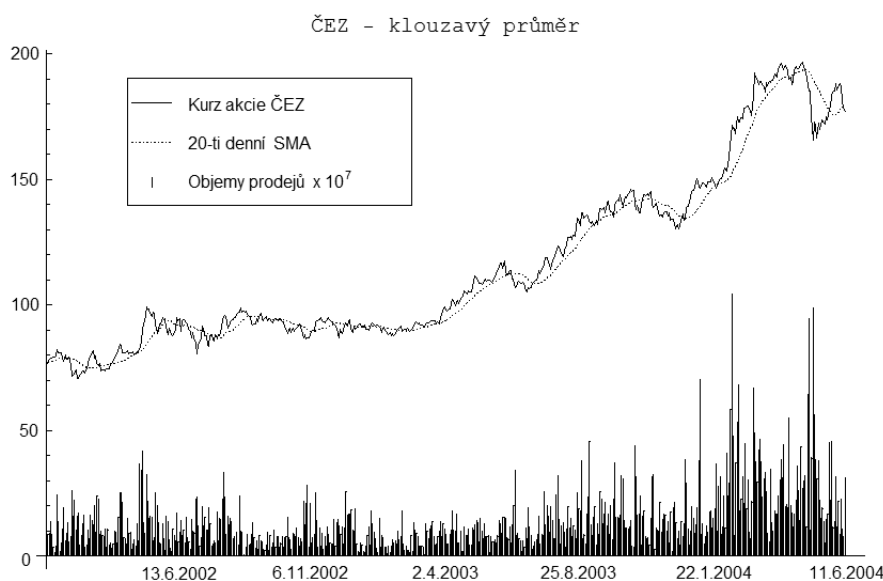
\Rightarrow signál k prodeji.

- Překřížení klouzavého průměru indikátoru a indikátoru samotného: Princip použití i nákupní signály jsou obdobné jako v prvním případě pouze s tím rozdílem, že místo ceny akcie používáme některý z technických indikátorů (např. Momentum, Stochastics, apod.).

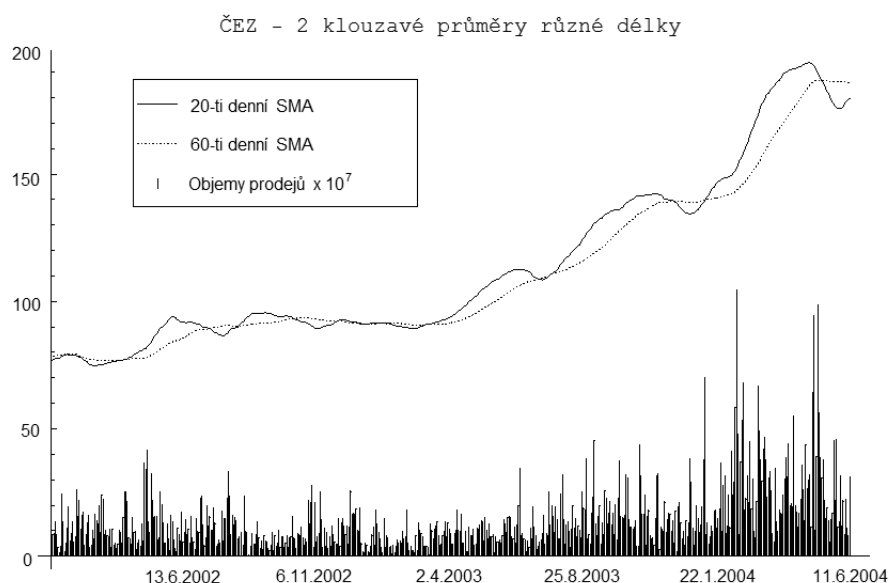
Použití jednoduchého klouzavého průměru je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázcích (3.12) a (3.13).

Nejdříve jsme generovali nákupní signály, pokud cena akcie přerostla přes svůj 20-ti denní jednoduchý klouzavý průměr, a prodejní signály, pokud pod něj poklesla. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 76 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 52,63%.

Stejný postup jsme opakovali pro překřížení 20-ti denního a 60-ti denního jednoduchého klouzavého průměru. Celkem bylo generováno 16 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 51,18%.



Obrázek 3.12: Cena akcie a 20-ti denní jednoduchý klouzavý průměr



Obrázek 3.13: 20-ti a 60-ti denní jednoduchý klouzavý průměr

3.2.1.2 Vážený klouzavý průměr

Vážený klouzavý průměr (weighted MA) je typem aritmetického průměru s lineárním rozložením vah, přičemž největší váhu mají současná data a směrem do minulosti váhy klesají.

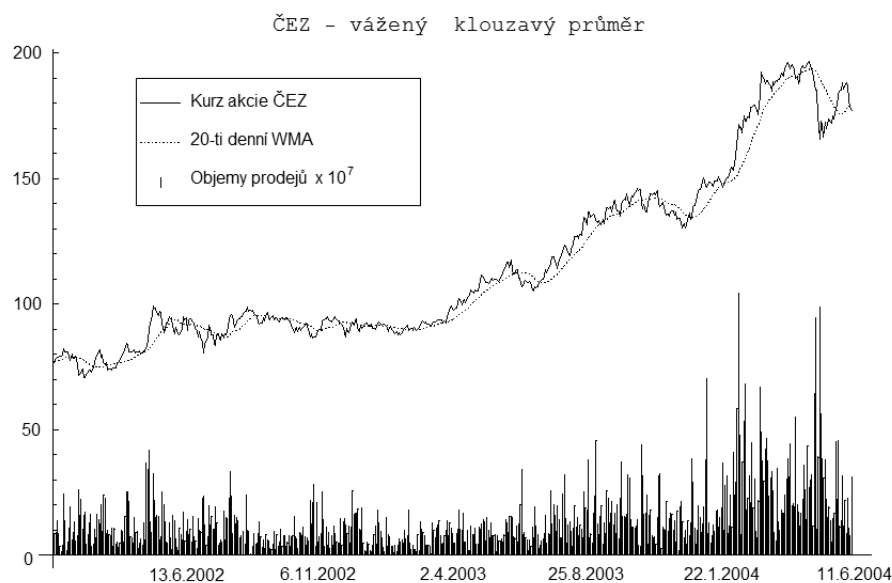
$$\begin{aligned}
 WMA_t(n) &= \frac{1}{\sum_{i=1}^n i} (na_t + (n-1)a_{t-1} + \dots + 2a_{t-n+2} + a_{t-n+1}) = \\
 &= \frac{2}{n(n+1)} \sum_{i=0}^{n-1} (n-i)a_{t-i}, \quad \forall t \geq n.
 \end{aligned}$$

Použití: Obdobné jako u jednoduchého váženého průměru.

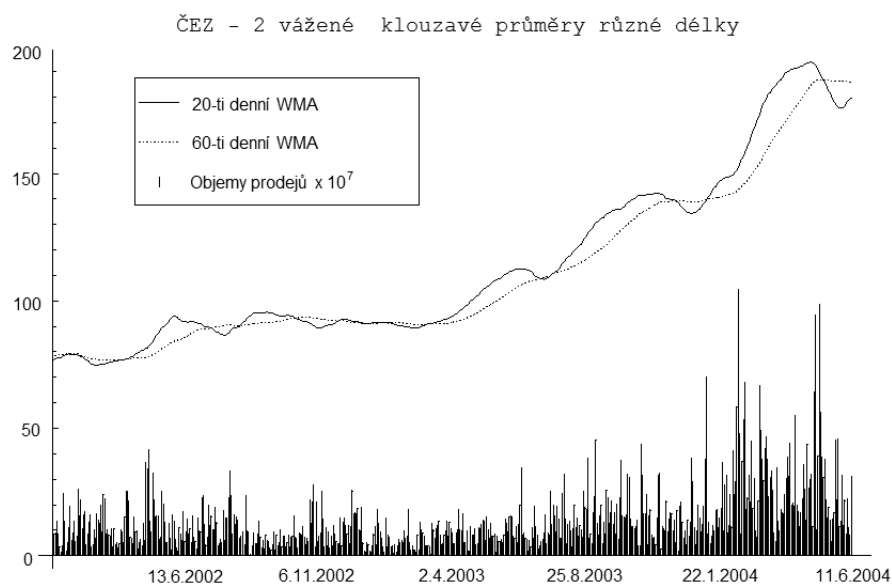
Použití váženého klouzavého průměru je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázcích (3.14) a (3.15).

Nejdříve jsme generovali nákupní signály, pokud cena akcie přerostla přes svůj 20-ti denní vážený klouzavý průměr, a prodejní signály, pokud pod něj poklesla. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 78 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 45,78%.

Stejný postup jsme opakovali pro překřížení 20-ti denního a 60-ti denního váženého klouzavého průměru. Celkem bylo generováno 16 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 51,18%.



Obrázek 3.14: Cena akcie a 20-ti denní vážený klouzavý průměr



Obrázek 3.15: 20-ti a 60-ti denní vážený klouzavý průměr

3.2.1.3 Exponenciální klouzavý průměr

Exponenciální klouzavý průměr (exponential MA) je typem váženého klouzavého průměru. Největší váha je přiřazena současným datům a směrem do minulosti váhy klesají. Největší výhodou exponenciálního klouzavého průměru je to, že bere v potaz všechna minulá data až do současnosti.

Rekurentní vyjádření:

$$\begin{aligned}EMA_t(\alpha) &= \alpha C_t + (1 - \alpha)EMA_{t-1}(\alpha), \\EMA_1(\alpha) &= C_1,\end{aligned}$$

kde $\alpha \dots$ vyrovnávací konstanta, $\alpha \in (0, 1)$ (obvykle $\alpha = 2/(n + 1)$).

Vyrovňovací konstanta α určuje, jak rychle klesá váha minulých dat. Pro vyšší hodnoty α je pokles vah rychlejší.

Explicitní vyjádření:

$$EMA_t(\alpha) = \sum_{i=0}^{t-2} \alpha(1 - \alpha)^i C_{t-i} + (1 - \alpha)^{t-1} C_1.$$

Použití: Obdobné jako u jednoduchého váženého průměru.

V praxi se exponenciální klouzavé průměry používají nejen k modelování ceny akcie, ale i k modelování jiných indikátorů. Speciálním případem je tzv. *trigger indikátor*. Jedná se o exponenciální klouzavý průměr s parametrem $\alpha = 1/5$.

Použití exponenciálního klouzavého průměru je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázcích (3.16) a (3.17).

Nejdříve jsme generovali nákupní signály, pokud cena akcie přerostla přes svůj 20-ti denní exponenciální klouzavý průměr, a prodejní signály, pokud pod něj poklesla. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 82 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 85,1%.

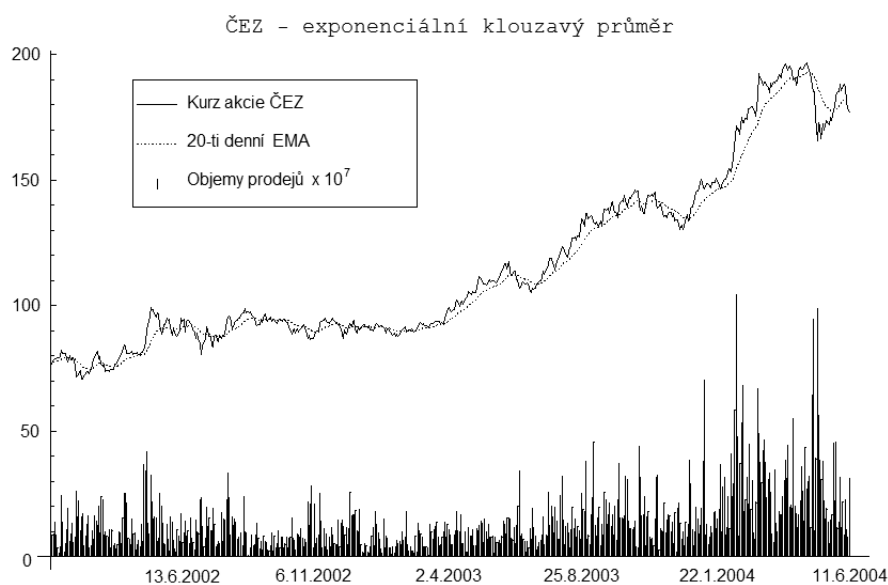
Stejný postup jsme opakovali pro překřížení 20-ti denního a 60-ti denního exponenciálního klouzavého průměru. Celkem bylo generováno 18 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 41,1%.

3.2.2 Pásmová analýza (Obálky)

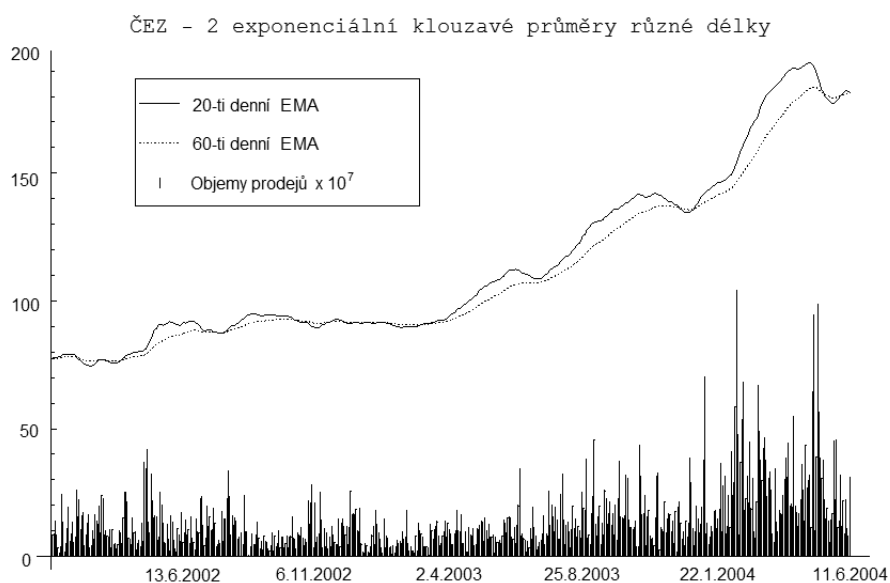
Pásmová analýza je technikou využívající klouzavé průměry. Pomocí klouzavých průměrů se utvoří určité cenové pásmo a zkoumá se chování ceny akcie v tomto pásmu. Postup je obvykle takový, že se sestrojí klouzavý průměr ceny akcie a od něho se odvodí horní a dolní hranice pásma (např. přičtením nebo odečtením daného procenta klouzavého průměru).

3.2.2.1 Procentní pásma

Procentní pásma (percentage bands) jsou nejjednodušší formou pásmové analýzy. Dolní i horní hranici tvoří násobek příslušného klouzavého průměru. Výhodou tohoto typu pásma je jeho snadná konstrukce, nevýhodou



Obrázek 3.16: Cena akcie a 20-ti denní exponenciální klouzavý průměr



Obrázek 3.17: 20-ti a 60-ti denní exponenciální klouzavý průměr

je naopak téměř konstantní šířka pásma. Ta totiž téměř nerespektuje volatilitu ceny akcie a v období s vyšší volatilitou dává příliš mnoho obchodních signálů, zatímco v období s nízkou volatilitou nedává signály téměř žádné.

Horní hranici pásma v čase t vypočteme jako

$$H_t(k) = (1 + k)SMA_t(n),$$

kde $SMA_t(n)$... klouzavý průměr délky n vypočtený v čase t ,
 k ... konstanta udávající šířku pásma, $k \in (0, 1)$.

Podobně dolní hranici pásma v čase t vypočteme jako

$$D_t(k) = (1 - k)SMA_t(n).$$

Použití:

- Přiblížení ceny k hranici pásma:
Cena je poblíž dolní hranice pásma $C_t \approx D_t(k) \Rightarrow$ nákup akcie.
Cena je poblíž horní hranice pásma $C_t \approx H_t(k) \Rightarrow$ prodej akcie.

Tento popis obchodních signálů je dosti nepřesný. Jeho úspěšné použití závisí na zkušenostech investora s danou akcií. K přiblížení ceny akcie k hraničním pásmům dochází totiž poměrně často a ne vždy je toto přiblížení následováno korekcí ceny.

- Překročení hranice a návrat zpět do pásma:
Cena překročí dolní hranici a vrátí se zpět do pásma

$$C_{t-1} < D_{t-1} \text{ a } C_t > D_t \Rightarrow \text{ nákup.}$$

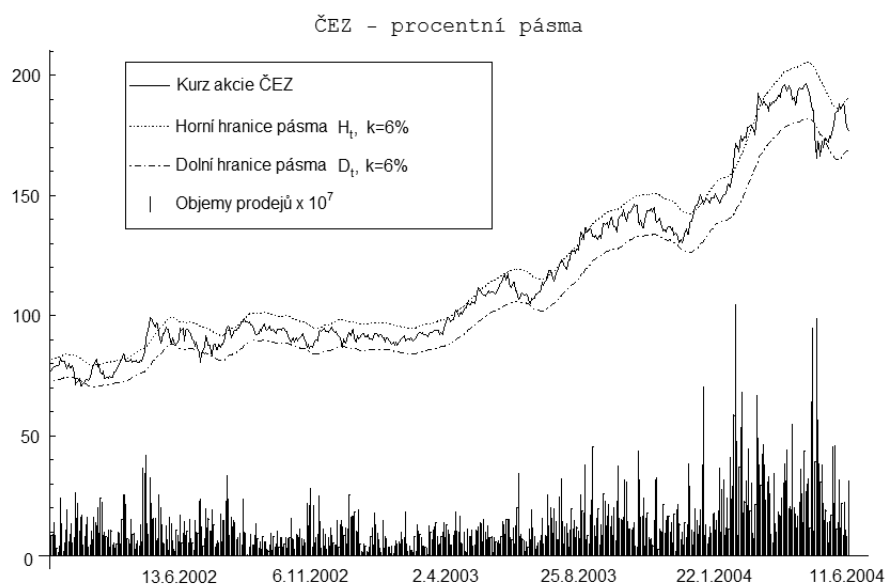
Cena překročí horní hranici a vrátí se zpět do pásma

$$C_{t-1} > H_{t-1} \text{ a } C_t < H_t \Rightarrow \text{ prodej.}$$

Použití procentního pásma je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázku (3.18).

Horní hranici pásma jsme stanovili jako 106% ceny akcie a dolní hranici jako 94% ceny akcie. Nejdříve jsme generovali nákupní signály, pokud cena akcie přerostla přes horní hranici pásma, a prodejní signály, pokud poklesla pod spodní hranici pásma. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 8 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 28,08%.

Poté jsme generovali nákupní signály, pokud se cena akcie přiblížila k horní hranici pásma na méně než 10%, a prodejní signály, pokud se cena akcie přiblížila k dolní hranici pásma na méně než 10%. Celkem bylo generováno 12 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 28,61%.



Obrázek 3.18: Cena akcie a 6% cenové pásmo

3.2.2.2 Bollingerova pásma

Bollingerova pásma (Bollinger bands) jsou vylepšením procentních pásem. Odstraňují jeho hlavní nevýhodu, a to necitlivost na změnu volatility ceny akcie. Šířka pásma je v tomto případě rovna násobku výběrové směrodatné odchylky. Obecně se pro konstrukci Bollingerova pásma používá jednoduchého klouzavého průměru.

Horní hranici Bollingerova pásma spočítáme jako

$$H_t(k) = SMA_t(n) + kStd_t(n) = SMA_t(n) + k \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (C_{t-i} - SMA_t(n))^2},$$

kde $Std_t(n)$... výběrová směrodatná odchylka ceny C_t počítaná za období délky n ,

k ... konstanta udávající šířku pásma jako násobek výběrové směrodatné odchylky.

Podobně dolní hranici pásma spočítáme jako

$$D_t(k) = SMA_t(n) - kStd_t(n) = SMA_t(n) - k \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (C_{t-i} - SMA_t(n))^2}.$$

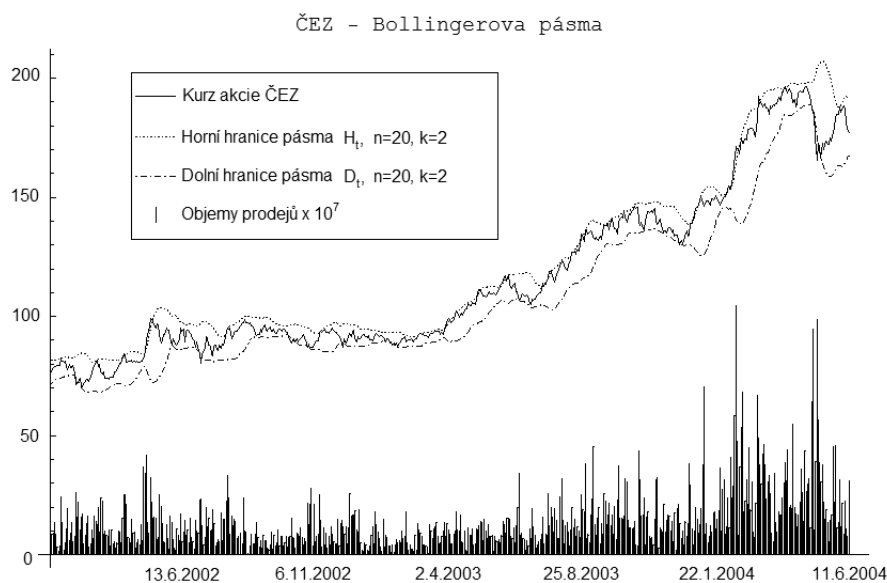
Vlastnosti indikátoru:

- Ostré cenové změny se obvykle vyskytují poté, co dojde ke zúžení pásma, tj. po snížení volatility ceny akcie.
- Pohyb cen uvnitř pásma značí pokračování v trendu.
- Cenový pohyb, který vzniká na jedné hranici pásma, má tendenci směřovat ke druhé hranici pásma.

Použití: Obdobné jako u procentních pásem.

Použití Bollingerova pásma je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázku (3.19).

Horní hranici pásma jsme stanovili jako součet ceny akcie dvounásobku výběrové směrodatné odchylky a dolní hranici jako rozdíl ceny akcie a dvounásobku výběrové směrodatné odchylky. Nákupní signály jsme generovali, pokud cena akcie přerostla přes horní hranici pásma, a prodejní signály jsme generovali, pokud cena poklesla pod spodní hranici pásma. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 10 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 56,28%.



Obrázek 3.19: Cena akcie a Bollingerovo pásmo ($n = 20$, $k = 2$)

3.2.3 Oscilátory

Oscilátory jsou skupina indikátorů, které měří změnu ceny za určité časové období. Jejich sestavení je obvykle jednoduché a lze je snadno in-

terpretovat. Sleduje se jejich trend za určité časové období, extrémny a divergence od cen. Podobně jako u klouzavých průměrů i zde platí, že čím kratší je zvolená délka pozorovacího období, tím rychleji indikátory reagují a generují častěji obchodní signály.

3.2.3.1 Momentum

Momentum je nejjednodušším typem oscilátoru. Porovnává dnešní cenu akcie s cenou před zvoleným počtem obchodních dní. Toto porovnání cen může být absolutní nebo relativní.

Absolutní:

$$MOM_t(n) = C_t - C_{t-n} \quad \forall t \geq n + 1,$$

kde $n \dots$ počet obchodních dní mezi porovnávanými cenami.

Relativní:

$$MOM_t(n) = \frac{C_t}{C_{t-n}} 100 \quad \forall t \geq n + 1.$$

Vlastnosti:

- Absolutní momentum: Hodnoty indikátoru se pohybují kolem nuly. Doporučená hodnota parametru n je 10. Pro vyšší hodnoty dostáváme vyrovnanější křivku a méně signálů, pro nižší hodnoty je indikátor citlivější a dává více signálů.
- Relativní momentum: Hodnoty indikátoru se pohybují kolem 100.

Použití:

- Vývoj ceny a absolutního momenta:

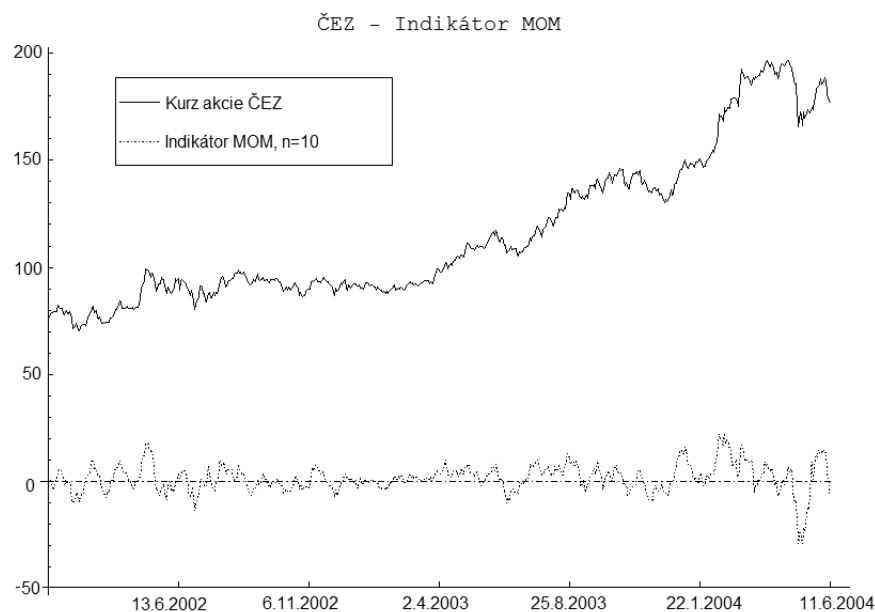
$$C_t > C_{t-1}, MOM_{t-1}(n) \leq 0, MOM_t(n) > 0 \Rightarrow \text{nákup.}$$

$$C_t < C_{t-1}, MOM_{t-1}(n) \geq 0, MOM_t(n) < 0 \Rightarrow \text{prodej.}$$

- Relativní momentum: Použití je podobné jako u indikátoru Rate of Change (ROC), jehož popis následuje.

Použití oscilátoru momentum je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázku (3.20).

Pro cenu akcie ČEZ jsme spočetli absolutní momentum s parametrem $n = 10$. Nákupní a prodejní signály jsme generovali podle postupu uvedeného výše. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 52 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 52,36%.



Obrázek 3.20: Cena akcie a oscilátor MOC (n=10)

3.2.3.2 Rate of Change (ROC)

Indikátor ROC je obdobou předchozího indikátoru momentum. Udává relativní změnu dnešní ceny akcie k ceně akcie před zvoleným počtem obchodních dní.

$$ROC_t(n) = \frac{C_t - C_{t-n}}{C_{t-n}} 100 \quad \forall t \geq n + 1,$$

kde n ... počet obchodních dní mezi porovnávanými cenami.

Vlastnosti: Hodnoty indikátoru se pohybují kolem 0. Obvyklé hodnoty parametru n jsou:

- $n = 12$... pro krátkodobé obchodování,
- $n = 25$... pro střednědobé obchodování,
- $n = 255$... pro dlouhodobé obchodování.

Použití:

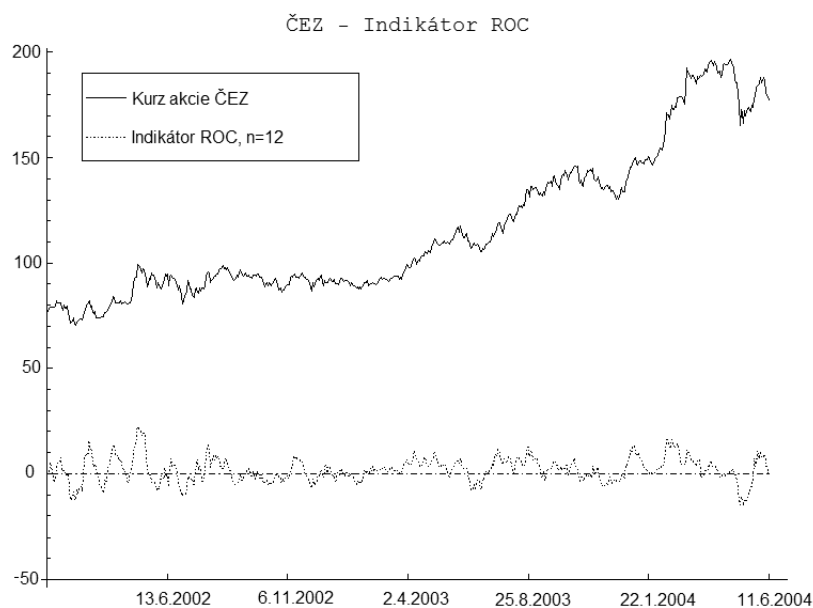
- Vývoj indikátoru počítaného z ceny akcie:

$ROC_t(n)$ klesá a nabývá velmi nízkých záporných hodnot
 \Rightarrow trh je přeprodáný \Rightarrow nákup.

$ROC_t(n)$ roste a nabývá velmi vysokých kladných hodnot
 \Rightarrow trh je překoupený \Rightarrow prodej.

Použití oscilátoru ROC je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázku (3.21).

Pro cenu akcie ČEZ jsme spočetli oscilátor ROC s parametrem $n = 12$. Nákupní signály jsme generovali, pokud indikátor ROC poklesl pod hodnotu -5 , a prodejní signály jsme generovali, pokud vzrostl nad hodnotu 5 . Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 18 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 48,36%.



Obrázek 3.21: Cena akcie a oscilátor ROC, ($n=12$)

3.2.3.3 Relative Strength Index (RSI)

Indikátor RSI je složitěji konstruovaný oscilátor, který by měl odstraňovat tři hlavní nedostatky běžných oscilátorů (Momentum, ROC):

- Hodnoty běžných oscilátorů jsou častokrát chybně ovlivněny vývojem minulých dat, která jsou součástí jejich výpočtu. Vypočtené hodnoty indikátoru pak mohou dávat nepřesné informace.
- Dalším problémem oscilátorů je volba vhodné horní a dolní hranice, jejichž překročení se používá ke generování obchodních signálů.
- K sestrojení oscilátorů je zapotřebí dlouhých a hustých časových řad.

Oscilátor RSI byl sestrojen pro obchodování na postranních trzích. V současnosti se používá pro identifikaci trendů a generování nákupních a především pak prodejních signálů. Patří mezi pomalejší indikátory a je méně citlivý na

drobné výkyvy trhu. Jeho výhodou je i to, že eliminuje nesmyslné pohyby ceny akcie způsobené chybějícími hodnotami (narozdíl např. od Momenta).

$$RSI_t(n) = 100 - \frac{100}{1 + \frac{U(n)}{D(n)}} \quad \forall t > n,$$

$$\text{kde } U(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} [C_{t-i} - C_{t-i-1}]^+, \quad D(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} [C_{t-i} - C_{t-i-1}]^-.$$

n ... parametr udávající délku sledovaného období,

$U(n)$... jednoduchý klouzavý průměr kladných cenových změn,

$D(n)$... jednoduchý klouzavý průměr záporných cenových změn.

Někdy se při výpočtu $U(n)$ a $D(n)$ používá namísto jednoduchého klouzavého průměru exponenciální klouzavý průměr.

Vlastnosti:

- Doporučená délka sledovaného období $n \in \{10, 14, 25\}$.
- $RSI_t(n) \in (0, 100)$.
- S kratší délkou sledovaného období roste volatilita indikátoru $RSI_t(n)$ a tím roste i počet obchodních signálů generovaných tímto indikátorem.
- Vysoké hodnoty indikátoru značí, že kladné cenové změny převládají nad změnami zápornými. Obráceně je tomu pro nízké hodnoty indikátoru.

Použití:

- Pokud hodnota indikátoru RSI vzroste nad horní hranici h , akcie je zřejmě překoupena a je to tedy pro nás signálem k prodeji. Pokud naopak indikátor RSI klesne pod dolní hranici d , je akcie přeprodána a je to tedy pro nás signálem k nákupu. Obvykle $h = 70, d = 30$.
- Extrémní hodnoty indikátoru (RSI je blízko 0 nebo 100) ohlašují blíží se vrchol, resp. dno a následně i změnu trendu. Tato změna by však měla být potvrzena i dalšími indikátory.
- Grafické formace na grafu indexu RSI : Jejich použití je obdobné jako u formací vzniklých na grafu ceny akcie.

- Linie podpory a odporu: Tyto důležité hranice jsou na grafu RSI často identifikovatelné dříve než na grafu ceny akcie.
- Analýza divergencí: Porovnává se průběh ceny akcie a indikátoru RSI. Obecně se používá pravidlo, že pokud se indikátor RSI vyvíjí opačně než cena akcie, dojde v nejbližší době ke změně trendu.

C_t nerostoucí, $RSI_t(n)$ rostoucí \Rightarrow změna v rostoucí trend.

C_t neklesající, $RSI_t(n)$ klesající \Rightarrow změna v klesající trend.

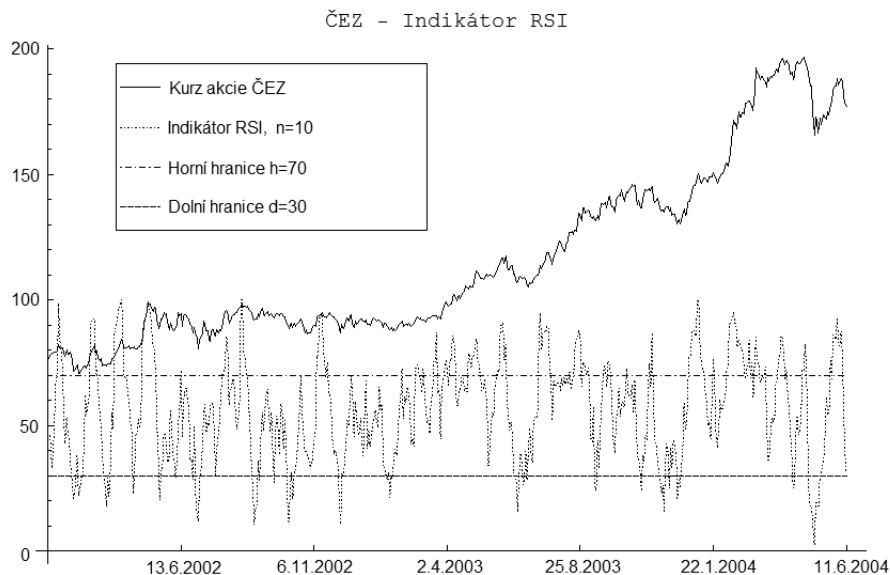
- Středová linie 50: Překročení indikátoru RSI hodnoty 50.

$RSI_{t-1}(n) \leq 50, RSI_t(n) > 50 \Rightarrow$ nákup akcie.

$RSI_{t-1}(n) \geq 50, RSI_t(n) < 50 \Rightarrow$ prodej akcie.

Použití oscilátoru RSI je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázku (3.22).

Pro cenu akcie ČEZ jsme spočetli oscilátor RSI s parametrem $n = 10$. Nákupní signály jsme generovali, pokud indikátor ROC poklesl pod hodnotu 30, a prodejní signály jsme generovali, pokud vzrostl nad hodnotu 70. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 28 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 49,77%.



Obrázek 3.22: Cena akcie a oscilátor RSI ($n=10$)

Dalšími hojně používanými oscilátory jsou např. Stochastika (Stochastic Oscillator), MACD a další. Podrobněji o nich pojednává např. [10].

3.2.4 Cenově objemové a objemové indikátory

Nezbytnou informací pro úspěšné použití technické analýzy jsou objemy obchodů V_t během obchodních dní. Těchto objemů se používá ke konstrukci *cenově objemových indikátorů*, zároveň je však vývoj objemů jakousi doplňující informací k celé řadě jiných indikátorů a jimi dávaných obchodních signálů.

Mezi objemy obchodů a cenou akcie platí dva základní vztahy, kterých se využívá k předpovědi budoucího trendu:

C_t je rostoucí , V_t je rostoucí	\Rightarrow	býčí trend,
C_t je rostoucí , V_t je klesající	\Rightarrow	medvědí trend,
C_t je klesající , V_t je rostoucí	\Rightarrow	medvědí trend,
C_t je klesající , V_t je klesající	\Rightarrow	býčí trend.

Objemu se používá jako jakéhosi měřítka síly resp. slabosti trhu:

V_t roste, C_t roste nebo klesá	\Rightarrow	zůstane zachován současný trend,
V_t klesá, C_t roste nebo klesá	\Rightarrow	zastavení nebo zvrát v trendu.

Při vzniku vrcholu nebo dna na grafu ceny akcie dochází k prudkým nárůstům objemů obchodování. Toho se dá využít právě k identifikaci vrcholu, resp. dna na grafu ceny akcie.

Ukončení fáze nákupu (Blowoffs): Po delším období růstu ceny dochází k prudkým nárůstům objemů a k následnému poklesu ceny. Příčinou je dosažení určité hraniční ceny, za niž jsou obchodníci ochotni akci prodávat a realizovat tak zisk vzniklý předchozím nákupem akcie za nižší cenu. Dochází tak k převisu nabídky nad poptávkou a ceny akcie klesají. V důsledku tohoto poklesu ceny začínají prodávat i další obchodníci, čímž stoupnou objemy obchodů a ještě se urychlí pokles ceny.

Ukončení fáze prodeje (Selling climaxes): Pohyb cen je opačný než u předchozího, vývoj objemů je totožný. Po delším období poklesu ceny dochází k nárůstu objemů a k prudkému nárůstu ceny.

3.2.4.1 On Balance Volume (OBV)

Indikátor OBV je z hlediska konstrukce jedním z nejjednodušších objemových indikátorů a proto je jeho použití poměrně rozšířené.

Při použití indikátoru OBV se vychází z předpokladu, že změny OBV předcházejí změnám ceny. Jestliže roste (klesá) indikátor OBV, měla by následně

růst (klesat) i cena akcie. Naopak, změní-li se cena akcie bez příslušného předchozího pohybu indikátoru OBV, jedná se často o nepodložený pohyb ceny a pravděpodobně dojde v nejbližší době k jeho korekci.

Rekurentní definice OBV:

$$\begin{aligned}
 OBV_t &= OBV_{t-1} + \frac{C_t - C_{t-1}}{|C_t - C_{t-1}|} V_t, & \text{pro } C_t \neq C_{t-1}, \\
 OBV_t &= OBV_{t-1}, & \text{pro } C_t = C_{t-1}, \\
 OBV_1 &= k, & k \in \mathbb{N} \text{ libovolné.}
 \end{aligned}$$

Explicitní definice OBV:

$$OBV_t = \sum_{s: C_s > C_{s-1}} V_s - \sum_{s: C_s < C_{s-1}} V_s.$$

Vlastnosti:

- Jak vyplývá z definice indikátoru OBV, je tvar křivky OBV_t velmi podobný tvaru křivky ceny akcie. Této vlastnosti se využívá při analýze divergencí.
- Absolutní výše indikátoru pro nás není podstatná, proto může být k libovolné.
- Stejně jako u grafu ceny akcie můžeme definovat trend indikátoru OBV. Rozeznáváme opět rostoucí, klesající a postranní trend.

Použití:

- Změna trendu indikátoru:

$$\begin{aligned}
 \text{Změna trendu } OBV_t \text{ na rostoucí} &\Rightarrow \text{nákup akcie.} \\
 \text{Změna trendu } OBV_t \text{ na klesající} &\Rightarrow \text{prodej akcie.}
 \end{aligned}$$

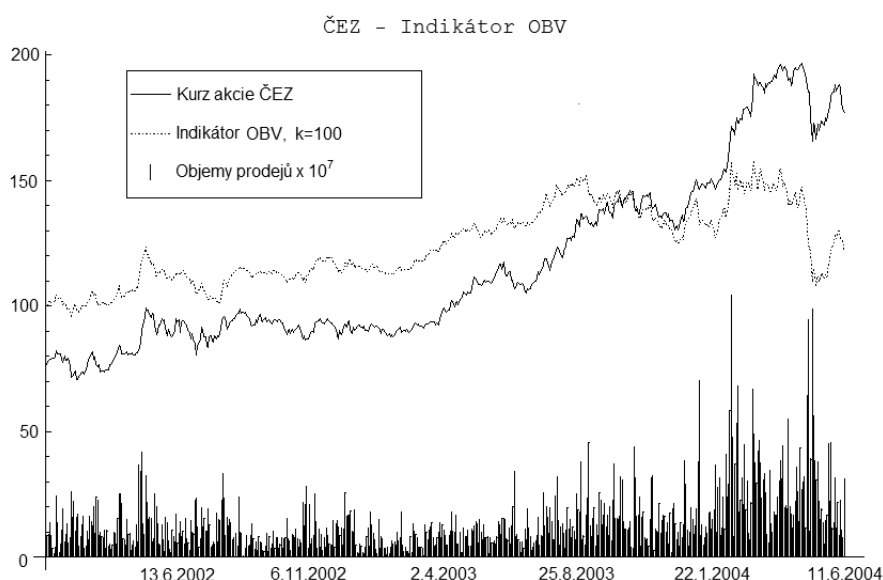
- Analýza divergencí:

$$\begin{aligned}
 OBV_{t-n} \leq OBV_t, C_{t-n} > C_t &\Rightarrow \text{nákup akcie.} \\
 OBV_{t-n} \geq OBV_t, C_{t-n} < C_t &\Rightarrow \text{prodej akcie.}
 \end{aligned}$$

Vzhledem ke stavu před n obchodními dny cena akcie klesla (vzrostla) a zároveň indikátor OBV_t neklesl (nevzrostl).

Použití indikátoru OBV je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázku (3.23).

Spočetli jsme indikátor OBV s počáteční hodnotou $k = 100$. Ke generování nákupních a prodejních signálů jsme použili výše uvedenou analýzu divergencí. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 26 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 56,55%.



Obrázek 3.23: Cena akcie a indikátor OBV

3.2.4.2 Price-Volume trend (PVT)

Indikátor PVT je svou konstrukcí podobný indikátoru OBV. Rozdíl je v tom, že se (při rekurentním vyždření) přičítá pouze poměrná část objemů obchodů v závislosti na relativní změně ceny akcie vzhledem k její ceně na konci minulého obchodního dne.

Rekurentní definice PVT:

$$PVT_t = PVT_{t-1} + \frac{C_t - C_{t-1}}{C_{t-1}} V_t,$$

$$PVT_1 = 0.$$

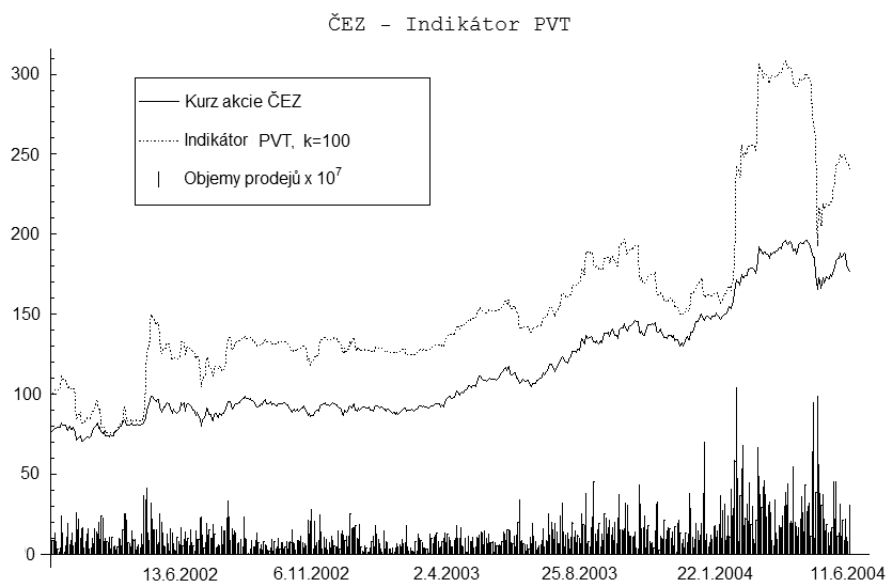
Explicitní definice PVT:

$$PVT_t = \sum_{s: C_s > C_{s-1}} \frac{C_s - C_{s-1}}{C_{s-1}} - \sum_{s: C_s < C_{s-1}} \frac{C_s - C_{s-1}}{C_{s-1}}.$$

Použití: Použití indikátoru PVT je obobné jako u indikátoru OBV.

Použití indikátoru PVT je ilustrováno na datech o společnosti ČEZ na obrázku (3.24).

Spočetli jsme indikátor PVT s počáteční hodnotou $k = 100$. Ke generování nákupních a prodejních signálů jsme použili analýzu divergencí popsanou v 3.2.4.1. Celkem bylo v období od 21.1.2002 do 11.6.2004 generováno 22 signálů k nákupu a prodeji. Celkový výnos z uvedené strategie činil 59,59%.



Obrázek 3.24: Cena akcie a indikátor PVT

Literatura

- [1] Bielecki, T.R., Rutkowski, M.: Credit Risk: Modelling, Valuation and Hedging. Springer 2002.
- [2] Camia, F.: Stochastic processes for finance. Přednáška VU Amsterdam 2009/2010.
- [3] Cipra, T.: Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii. SNTL. Praha 1986.
- [4] Dupačová, J., Hurt, J., Štěpán, J.: Stochastic Modeling in Economics and Finance. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht 2002.
- [5] Hull, J.C.: Options, Futures, and other Derivative Securities. 4th ed., Prentice-Hall. Upper Saddle Rive 2000.
- [6] Luenberger, D. G.: Investment Science. Oxford University Press. New York 1998.
- [7] Mandl, P.: Stochastické finanční modely. Přednáška UK MFF 2008/2009.
- [8] Shaw, W.: Modeling Financial Derivatives with Mathematica. Cambridge University Press. Cambridge 1998.
- [9] Veselá, J.: Analýza trhu cenných papírů. Vysoká škola ekonomická v Praze. Praha 2002.
- [10] Víšková, H.: Technická analýza akcií. HZ Systém. Praha 1997.