

Automatický obchodní systém založený na rozpoznávání svíčkových formací

Roman Mikulenčák*

Abstrakt

Práce se zabývá automatickým obchodním systémem s rozpoznáváním svíčkových formací pomocí lineární klasifikace s adaptivním trénováním vah. Obsahuje popis algoritmické podstaty, implementace programu a experiment včetně obchodního systému. Srovnává vybranou strategii s jinými přístupy.

Klíčová slova: Obchodní systém — trh cenných papírů — lineární klasifikace — svíčkové formace — predikce — předpověď vývoje kurzu

Přiložené materiály: [Demonstrační video](#) — [Zdrojové kódy a výsledky experimentů](#) — [Související bakalářská práce](#)

*xmikul46@stud.fit.vutbr.cz, Faculty of Information Technology, Brno University of Technology

1. Představení

V této práci se zabývám možností využít automatického rozpoznávání svíčkových formací (sekce 1.1) pomocí lineární klasifikace (sekce 2.2) pro predikci budoucího kurzu. Vytvořil jsem a popsal podstatu obchodního systému a jeho trénování. Tento systém jsem vylepšil o automatické adaptivní trénování. Dále jsem ho srovnal s jinými známými systémy. Na závěr jsem uvedl srovnání a výsledky testování.

Za pomocí svíčkových formací japonští obchodníci obchodují již několik století. Nejde tedy o novou věc, mnoho obchodníků sleduje očima graf a obchoduje na základě jeho vizuální analýzy. Jde o vyhledávání podobných, opakujících se vzorců, které předpovídají další pohyb trhu [1, 2, 3, 4]. Podobný systém navrhuji autoři článku [3]. Tento přístup jsem se rozhodl prozkoumat blíže a ověřit, do jaké míry dokáže lineární klasifikátor svíčkových formací předpovídat vývoj trhu.

Můj přístup k řešení je inovativní tím, že simuluje vlastní chování a vypočítává minulý zisk s daným nastavením. Vybírá pak takové nastavení, které v minulosti přineslo nejvíce zisku, a proto je nejvhodnější pro budoucí rozhodování.

Automatický obchodní systém jsem vytvořil v programu MetaTrader. Je to program, který je využíván bezpočtem světových brokerů a traderů. Je proto ihned

možné ho spustit v praxi, na reálném účtu s reálnými penězi a aktuálními daty.

Různých obchodních strategií je celá řada a využívají různé techniky. Volně šiřitelné a publikované obchodní strategie lze nalézt například na webovém serveru mql4.com¹. Využívají rozdíly průměrných cen, rozhodování na základě různých agregovaných indikátorů (strategie MACD-STOCH Trader²) nebo umělou inteligenci (strategie ArtificialIntelligence³). Většinou ale mají nevýhodu toho, že se musí ručně testovat a optimalizovat parametry i v průběhu krátkého časového období.

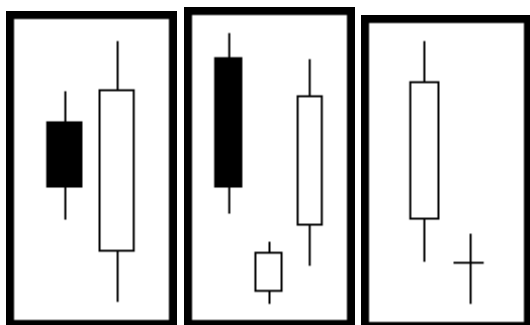
¹<http://codebase.mql4.com/>

²<http://codebase.mql4.com/6175>

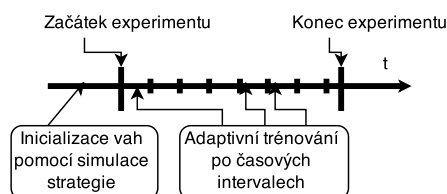
³<http://codebase.mql4.com/755>



Obrázek 1. Svíčkový graf trhu EURUSD, získáno programem MetaTrader.



Obrázek 2. Svíčkové formace. Převzato z [6].



Obrázek 3. Časová osa experimentu.

1.1 Svíčkové formace

Svíčkový graf (obrázek 1) se skládá z jednotlivých svíček s knoty na obou koncích [5], které ukazují pohyb ceny za určitou časovou jednotku. Na obrázku 4 si popíšeme svíčky: vpravo je svíčka s bílým tělem poukazující na vzestup ceny trhu, černá pak na pokles. Střední část svíčky neboli tělo se nazývá real body. Černé tělo (black real body) reprezentuje svíčku, jejíž uzavírací hodnota (close) byla níže, než otevírací hodnota (open). Bílé tělo svíčky (white real body) naopak reprezentuje situaci, kdy bylo close výše než open. Periodou samozřejmě myslíme časový úsek, který svíčka zobrazuje. Tenká vertikální čára nad tělem nebo pod tělem se nazývá horní stín a spodní stín (upper/lower shadow) a reprezentují extrémní high a low cen dané periody [6, 4].

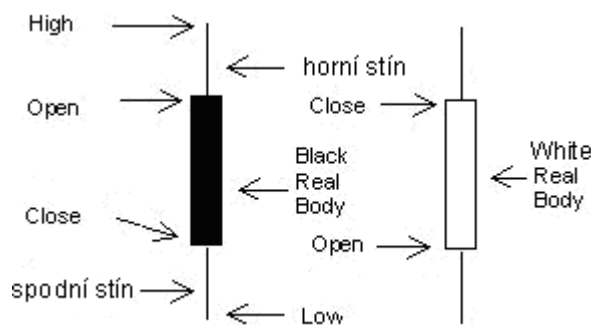
Často opakující se posloupnost tří svíček značící změnu trendu trhu se nazývá svíčková formace. Tyto svíčkové formace se používají pro podporu rozhodování, proto se je budeme snažit rozpoznávat. Svíčkové formace se často v obměnách opakují, ale nikdy nejsou totožné. Proto je nutné je generalizovat a zobecnit (sekce 2.2) [2, 3, 4]. Příklad svíčkových formací můžeme vidět na obrázku 2.

2. Algoritmický přístup

V této kapitole je rozepsaná algoritmická podstata klasifikátoru a trénování vah. Obchodní systém se řídí podle vývojového diagramu 5, jednotlivé složky jsou detailněji popsány níže.

2.1 Důležitost času

na obrázku 3 můžeme vidět časovou osu experimentu. Klasifikátor se natrénuje na minulém vývoji trhu a pak



Obrázek 4. Popis jednotlivých svíček. Převzato z [6].

rozpoznává v reálném čase. Pokud rozpozná podobnou formaci, vstoupí do obchodu.

Všechny hodnoty jsou závislé na čase, a proto jsem zavedl proměnou t pro aktuální čas. Pro historii je používána $t - i$.

2.2 Vstupy klasifikátoru

Protože svíčkové formace nikdy nejsou identické, je nutné vstupy do klasifikace zobecnit. Pro tento účel jsem se rozhodl, že budu vypočítávat poměr velikosti těla svíčky ku celkové délce svíčky včetně stínů od maxima po minimum (1) a poměr posunutí těla svíčky vůči celkové délce (2). Hodnoty $Open_t$, $Close_t$, $High_t$, Low_t jsou na obrázku 4. Výsledné hodnoty d_t , p_t , s_t , m_t jsou vstupy klasifikátoru.

Většina svíčkových formací je složena ze tří svíček, u kterých rozhoduje hlavně délka těla, pozice těla vůči stínům a směr svíčky (Obrázek 4). Tyto tři parametry jsem se rozhodl vkládat do lineární klasifikace.

Délka těla (d_t) je rozměr od otevírací ceny ($open$) po zavírací cenu ($close$) a může nabývat hodnot $\langle 0, 1 \rangle$.

$$d_t = \frac{|Open_t - Close_t|}{|High_t - Low_t|} \quad (1)$$

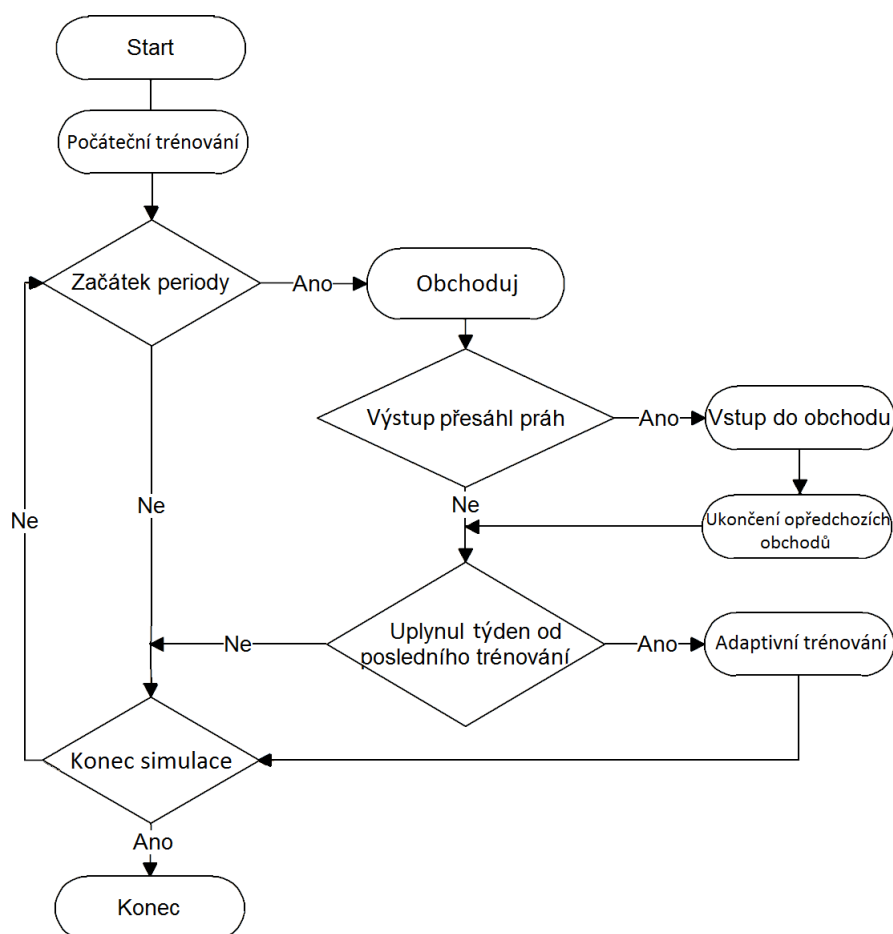
Pozice těla (p_t) je rozměr od maximální ceny ($high$) po střed těla svíčky a může nabývat hodnot $\langle 0, 1 \rangle$.

$$p_t = \frac{High_t - Close_t + \frac{|Open_t - Close_t|}{2}}{|High_t - Low_t|} \quad (2)$$

Směr svíčky (s_t) je záporné nebo kladné číslo 1 podle toho jestli je větší vstupní cena nebo zavírací. Graficky se u svíčkových grafů tato hodnota znázorňuje jako černé, nebo bílé tělo svíčky.

$$s_t = \begin{cases} 1 & \text{pro } 0 < (Open_t - Close_t) \\ -1 & \text{pro } 0 > (Open_t - Close_t) \end{cases} \quad (3)$$

Pro určení správného směru, v kterém se bude trh ubírat, je také důležité určení směru trendu. Pro tento účel využívám rozdíl dvou jednoduchých klouzavých průměrů (m_t). Klouzavý průměr měří průměrnou cenu



Obrázek 5. Vývojový diagram obchodního systému.

finančního instrumentu za určité časové období. Klouzavý průměr tak vyhlazuje průběh ceny a díky tomu tak můžeme pozorovat aktuální trend [7].

$$m_t = \frac{\sum_{i=0}^{14} PriceMid_{t-i}}{15} - \frac{\sum_{i=0}^4 PriceMid_{t-i}}{5} \quad (4)$$

Hodnota $PriceMid_t$ se spočítá jako střední hodnota maxima a minima ceny v časovém úseku.

$$PriceMid_t = \frac{High_t + Low_t}{2} \quad (5)$$

2.3 Váhy klasifikátoru

Váhy $w_0 \dots w_9$ jsou určeny trénováním a po většinu doby obchodování jsou statické. Při trénování (sekce 2.6) se nastavují a rozhodují o tom, jakou měrou bude daný parametr rozhodovat o výsledném výstupu. Po několika testech jsem ale zjistil, že klasifikátor bude nutné trénovat i v průběhu běhu adaptivním trénováním (sekce 2.7).

2.4 Výstup

Výstupy spočítám jako skalární součin vektoru vstupů a vah [8]. Vstupy d_t, p_t, s_t, m_t jsou parametry svíček a rozdíl klouzavých průměrů.

Na základě výstupu se rozhoduje, zda se bude vstupovat do obchodu. Pokud tento výstup přesáhne prahy, vstoupím do obchodu jak můžeme vidět na vývojovém diagramu 5. Prahy jsou dva: pro kladný a pro záporný směr a jsou stejné v absolutní hodnotě. Podle toho se rozhoduje, zda nakoupit nebo prodat. Obchod může být ziskový nebo ztrátový. Tím je pro trénování jasně dané, jestli je správně rozpoznána zisková svíčková formace a jestli došlo ke změně trendu a ziskovému obchodu.

Svíčkové formace, které ukazují na stoupavou tendenci se velmi často podobají těm, které ukazují klesající tendenci. Proto jsem klasifikaci rozdělil do dvou částí:

- Rozpoznání svíčkové formace y_{ft} , kde jsou parametry svíčky délka těla a pozice těla

$$y_{ft} = \sum_{i=0}^2 w_i d_{t-i} + \sum_{i=0}^2 w_{i+3} p_{t-i} \quad (6)$$

- Rozpoznání stoupavosti nebo klesavosti y_{st} . V té je směr svíček s_t a rozdíl klouzavých průměrů m_t , který poukazuje na dosavadní trend trhu. Výsledek této části může být pouze číslo 1 nebo

-1. Proto nepřidává žádnou váhu, pouze obrací výsledek klasifikátoru formace.

$$y_{st} = \begin{cases} 1 & \text{pro } 0 < w_9 m_t + \sum_{i=0}^2 w_{6+i} s_{t-i} \\ -1 & \text{pro } 0 > w_9 m_t + \sum_{i=0}^2 w_{6+i} s_{t-i} \end{cases} \quad (7)$$

Tyto části spojmú jednoduchým součinem 8. Na základě výstupu y_t se bude rozhodovat nákup, prodej nebo čekání na lepší pozici v čase t .

$$y_t = y_{ft} \cdot y_{st} \quad (8)$$

K tomuto tvaru rovnice jsem dospěl na základě testování, které je popsáno a vysvětleno blíže v bakalářské práci [9].

Pro jednoduchost výpočtu je nevhodnější mít výstup v intervalu od -1 do 1. Toho docílím normalizací. Zjistím maximum za určitou dobu, jeho hodnotou budu normalizovat výstup. V rovnici 9 je výpočet konstanty, kterou se bude násobit výstup klasifikátoru. Přitom $y_{t-1} \dots y_{t-99}$, jsou výsledky klasifikátoru před začátkem testování.

$$N = \frac{1}{\max\{|y_{t-1}|, |y_{t-2}| \dots |y_{t-99}|\}} \quad (9)$$

2.5 Ukončení obchodu

Dosud jsem mluvil pouze o rozhodování pro vstup do obchodu, ale důležité je i to, kdy se má obchod uzavřít [10]. Pro strategii založenou na trénování, kde je potřeba mít jasně dané jestli byl obchod ziskový nebo ztrátový, je vhodné použití statických "stoploss" a "takeprofit". Ty se uvádějí v bazických bodech (bts) [11]. To znamená, že se obchod ukončí po dosažení požadovaného zisku (takeprofit) respektive ztráty (stoploss). Tyto konstanty byly po několika experimentech stanoveny na 30 bts.

2.6 Inicializace vah

Pro výchozí hodnoty vah jsem zvolil jednoduché prohledávání všech kombinací, s krokem 0.15, minimální hodnotou -1 a maximální 1. Toto trénování je již zabudované v programu MetaTrader.

Probíhá simulace ve zvoleném časovém intervalu pro nastavené parametry, která již počítá s poplatky pro brokera, cenou akcií, pohybem trhu aj. Simulace prochází čas a každou periodu spočítá výstup klasifikátoru y_t a zkontroluje, jestli nepřesáhla práh pro nákup nebo prodej. Pokud dojde ke vstupu do obchodu, simulace bude tento obchod udržovat dokud nedosáhne stoploss nebo takeprofit. Ze všech simulací

jsou vybrány váhy s největším ziskem pro uplynulé období. Tato kritériální funkce se velmi podobá mnou naprogramované funkci 2.7.1, kromě proměnné pro zapomínání *Forget*, která dává větší důraz na obchody uzavřené blíže k aktuálnímu času.

2.7 Adaptivní trénování vah

Při testování strategie jsem vyzoroval, že i dobře natrénovaná strategie funguje pouze krátkou dobu. Příbližně týden vykazuje zisky nebo kolísá kolem počátečního kapitálu. Ale po delší době téměř v každém testovacím vzorku strategie už nedokáže s takto nastavenými parametry vykazovat zisk. Díky tomu pozorování jsem došel k závěru, že bude nutné trénovat klasifikátor co nejčastěji.

Pro trénování vah v průběhu simulace využívám algoritmus hledání maxima funkce. Tento algoritmus upravuje váhy na základě nalezeného lokálního maxima funkce CalculateProfit 2.7.1. Algoritmus se postupně pro každou váhu (w_i) posune o konstantní krok a vypočítá novou hodnotu funkce. Pokud je nová hodnota funkce větší, váha se nastaví jako nový výchozí bod. Celý cyklus se opakuje, dokud se nová a stará hodnota funkce nerovnájí pro všechny váhy.

2.7.1 Funkce hodnotící váhy

Podstata funkce CalculateProfit spočívá v procházení nejbližší historie vývoje ceny trhu. Testuje jestli klasifikátor (*Classifier(w,t)*) s testovanými vahami ($w[]$) přesáhl hodnotu prahu (*Threshold*). Pokud ano, zapamatuje si čas (t), ve kterém k tomu došlo. Dále testuje, jestli v otevřených obchodech (*Orders[]*) nedošlo ke změně, nebo-li jestli obchod nedosáhl (*StopLoss*) nebo (*TakeProfit*) a neuzavřel se. Pokud k tomu dojde, připočítá se zisk nebo ztráta k celkovému zisku (*profit*) a odečte poplatek. Tento zisk nebo ztráta je ještě snižována proměnnou (*Forget*)

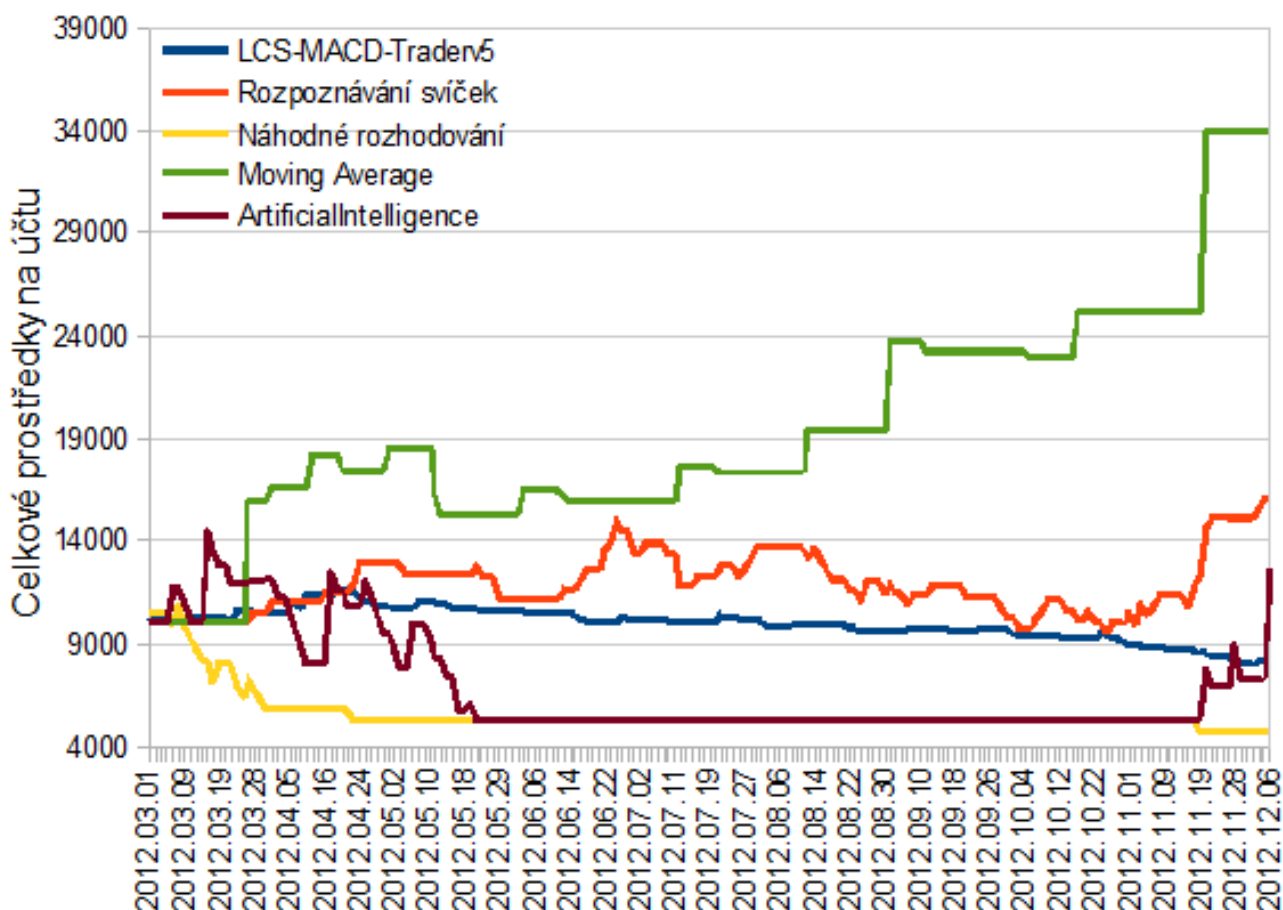
$$Forget = (1 - 0.9)0.9^{\frac{t}{100}}, \quad (10)$$

která upřednostňuje obchody provedené v nedávné době oproti vzdálenější historii, aby trénování mohlo více reflektovat změnu trhu. Poté se posune v čase, dokud nedojde do aktuálního času. Jako výsledek funkce vrátí celkový zisk za uplynulé období (*profit*).

3. Srovnání s ostatními strategiemi

Vyvíjený automatický systém jsem porovnal s dalšími strategiemi (graf 6). Všechny strategie byly testovány s výchozím stavem 10 000 dolarů na účtu.

Pro srovnání jsem vytvořil jednoduchou strategii, která se rozhoduje na základě pseudonáhodných čísel.



Obrázek 6. Graf zisku strategií na trhu AAPL v období 1.1.2012 až 1.3.2013.

Ta tvoří spodní hranici (lower bound). Pokud by obchodní systém klesl pod ni, dá se o něm prohlásit, že je nefunkční.

Další srovnávanou strategií je ukázková strategie Moving Average, která je součástí instalace MetaTraderu. Jedná se o jednoduchý princip, kdy je podmíněn vstup do obchodu na základě průtnutí aktuální ceny s průměrnou cenou.

Ze stránek mql4.com, které jsou hlavní dokumentací k programu MetaTrader, jsem stáhl volně šiřitelnou, uživateli nejlépe hodnocenou strategii ArtificialIntelligence⁴. Strategie funguje na principu perceptronu, s trénováním vah pomocí optimalizace parametrů v MetaTraderu. Podle návodu jsem ji natrénoval a spustil simulaci na stejných datech jako ostatní. Tato strategie má 4 hodnoty vah a hodnotu *stoploss*, které se natrénují pomocí Optimalizace MetaTrader. Po dobu běhu strategie jsou tyto hodnoty statické.

Podobně tak jsem i stáhl a nastavil strategii MACD-STOCH Trader⁵. Tato strategie je založená na konvergenci divergenci klouzavých průměrů [12].

Překvapivě nejvyšší zisk vykázala strategie Moving Average, která skončila s poměrně velkým ziskem.

Strategie ArtificialIntelligence, která je vytvořena pro dlouhodobé obchodování, by měla na tomto trhu vydělat mnohem více. Vykazovala zisk pouze po dobu asi 20 dní. Proto je její výsledek zklamání. Strategie MACD-STOCH vykazovala zisk po dobu asi dvou měsíců.

Zkoumaná strategie založená na svíčkových formacích dosáhla vyššího zisku než ostatní strategie, kromě strategie Moving Average, která po celou testovací dobu vykazovala vyšší zisk.

4. Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit predikční obchodní systém. Na základě nastudované literatury jsem se rozhodl obchodovat pomocí svíčkových formací a jejich rozpoznávání pomocí lineární klasifikace. Tento automatický obchodní systém jsem vytvořil. Z několika testovaných klasifikátorů jsem vybral ten s nejlepšími výsledky. Vylepšil jsem ho o zpětné trénování v průběhu simulace. Vytvořený obchodní systém jsem porovnal s jinými predikčními systémy.

Mohu konstatovat, že strategie založená na rozpoznávání svíčkových formací do jisté míry dokáže předpovídat vývoj trhu. Ale protože vývoj ceny trhu už ze své podstaty obsahuje hodně šumu a chaosu, není

⁴<http://codebase.mql4.com/755>

⁵<http://codebase.mql4.com/6175>

možné zaručit nebo garantovat zisk. Z provedených testů můžeme vidět, že má strategie byla konkurenceschopná. V některých případech byla dokonce nejlepší z testovaných systémů.

Další vývoj by se měl ubírat směrem odhadu uzavření obchodu. Stávající systém ukončení obchodu pomocí hodnoty *takeprofit* nedokáže plně využít potenciál trhu. Vhodnější by bylo snaha o nalezení optimální chvíle pro ukončení obchodu. Tím by se však změnila podstata celého obchodního systému a bylo by nutné přepracovat princip trénování, samotné obchodování a uzavírání obchodů.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu doc. Dr. Ing. Janu Černockému, za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této práce.

Literatura

- [1] Ludvík TUREK. *Technická analýza*. Praha: Czechwealth, 2010.
- [2] David Štýbr. *Začínáme investovat a obchodovat na kapitálových trzích*. GRADA Publishing, 2011.
- [3] Yoshihiro Izumi, Tokiyo Yamaguchi, Shingo Mabu, Kotaro Hirasawa, and Jingle Hu. Trading rules on the stock markets using genetic network programming with candlestick chart. In Gary G. Yen, Lipo Wang, Piero Bonissone, and Simon M. Lucas, editors, *Proceedings of the 2006 IEEE Congress on Evolutionary Computation*, pages 8531–8536, Vancouver, 6-21 July 2006. IEEE Press.
- [4] Karsten Martiny. Unsupervised discovery of significant candlestick patterns for forecasting security price movements. In Ana L. N. Fred, Joaquim Filipe, Ana L. N. Fred, and Joaquim Filipe, editors, *KDIR*, pages 145–150. SciTePress, 2012.
- [5] Alesander Elder. *Tradingem k bohatství*. Impossible, s.r.o., 1993.
- [6] WWW stránky. Candlestick - tajemství grafů "made in japan". http://www.financnik.cz/komodity/fin_obchod/candlestick-svickove-grafy.html, 2005-03-07 [cit. 2013-02-21].
- [7] Radim KUČERA. *Technická analýza a její využití na mezinárodním měnovém trhu*. Master's thesis, Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, 2010.
- [8] Jan Černocký. *Ikr klasifikace a rozpoznávání*. (přednáška), 2012-03-09.
- [9] Roman Mikulenčák. *Elektronické obchodování s cennými papíry*. Master's thesis, Vysoké Učení Technické, Fakulta Informačních Technologií, 2013.
- [10] Lukáš Putna. *Predikce vývoje kurzu pomocí umělých neuronových sítí*. Master's thesis, Vysoké učení technické v Brně, FIT, 2011.
- [11] Adam Hayes. Basis point (bps). <http://www.investopedia.com/terms/b/basispoint.asp>, 2015-03-15.
- [12] imacd. <http://docs.mql4.com/indicators/imacd>.