

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

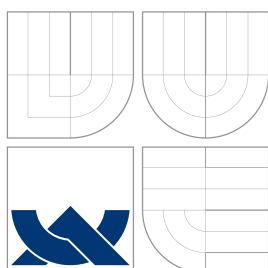
ANALÝZA OBCHODNÍCH VÝSLEDKŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

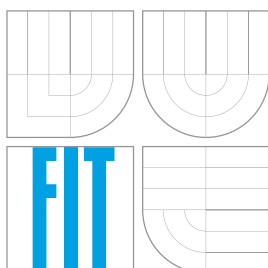
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN JAKUBÍK

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

ANALÝZA OBCHODNÍCH VÝSLEDKŮ

ANALYSIS OF MARKET RESULTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN JAKUBÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV ROZMAN, Ph.D.

BRNO 2013

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou analýzy obchodních výsledků získaných obchodováním na burze. V úvodní části je vysvětlena problematika automatických obchodních systémů a modelů pro určení velikosti pozice obchodního instrumentu. Další část se zabývá tvorbou automatického obchodního systému a tvorbou knihovny pro jednotlivé modely. Získané poznatky jsou analyzovány v testovací části práce. Na závěr získané poznatky aplikujeme na automatické vyhodnocení rizika pro obchodní systém.

Abstract

This thesis deals with the analysis of trading results generated by trading on the stock exchange. Introductory section explains the issue of expert advisors and position sizing models. The next section deal creation expert advisor and creation of library for position sizing models. Knowledges are analyzed in the test part of the work. Finally, we apply knowledges to automatic evaluation of risk to the trading system.

Klíčová slova

automatický obchodní systém, forex, technický indikátor, řízení pozice, velikost pozice, analýza rizik

Keywords

expert advisor, forex, technical indicator, money management, position sizing, risk analysis

Citace

Martin Jakubík: Analýza obchodních výsledků, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2013

Analýza obchodních výsledků

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Jaroslava Rozmana, Ph.D.

.....

Martin Jakubík

14. května 2013

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Jaroslavovi Rozmanovi za odbornou pomoc při vypracování této práce.

© Martin Jakubík, 2013.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Úvod	3
1 Automatické obchodné systémy a riadenie rizika	4
1.1 Prístupy k obchodovaniu	4
1.2 Automatické obchodné systémy	4
1.2.1 Rozdelenie podľa rozhodovacích mechanizmov	5
1.2.2 Rozdelenie podľa prístupu k implementačným detailom	6
1.2.3 Predstavenie obchodnej platformy MetaTrader	6
1.3 Riadenie rizika za pomoci position sizing modelov	8
1.3.1 Uplatnenie modelov na menových trhoch	9
1.3.2 Predstavenie modelov pre určovanie veľkosti pozície	10
2 Tvorba obchodného systému a knižnice funkcií	14
2.1 Návrh implementácie automatického obchodného systému	14
2.1.1 Použité technické indikátory	14
2.2 Implementácia automatického obchodného systému	15
2.2.1 Potrebné funkcie pre implementáciu AOS	15
2.3 Implementácia knižnice pre position sizing modely	16
2.3.1 Štruktúra knižnice v programe MetaTrader	16
2.3.2 Jednotlivé kroky implementácie	17
3 Tvorba aplikácie pre analýzu obchodných výsledkov	18
3.1 Použité technológie	18
3.2 Koncept aplikácie	18
3.3 Funkčnosť aplikácie	19
4 Testovanie a analýza obchodných výsledkov	23
4.1 Úvod do analýzy výsledkov	23
4.1.1 Typy výsledných equity kriviek systému	23
4.1.2 Štatistické údaje o obchodnom systéme	25
4.2 Obchodné výsledky bez použitia modelov	27
4.2.1 Výsledky automatického obchodného systému	27
4.2.2 Výsledky manuálne obchodovaného systému	28
4.3 Obchodné výsledky s použitím rôznych modelov	29
4.3.1 Fixný risk	29
4.3.2 Fixný pomer	30
4.3.3 Kellyho kritérium	30

5 Automatické vyhodnotenie rizika pre obchodný systém	31
5.1 Určenie objektívnych cieľov	31
5.2 Ohodnotenie obchodného systému	32
5.2.1 Vlastné ohodnotenie obchodného systému	33
5.3 Aplikovanie automaticky určeného rizika na testované obchodné systémy . .	34
6 Záver	36
A Slovník pojmov	39
B Obrázky z aplikácie	41
C Tabuľky a grafy výsledkov	43
D Obsah CD	53

Úvod

Pôvod slova burza pochádza z latinského "bursa", čo v preklade znamená kožený mešec. Prvá burza bola založená v roku 1531 v Antverpách. Volala sa "Beurs" a išlo o prvú burzu cenných papierov určenú pre obchod so zmenkami, zlatými a striebornými mincami. Najdôležitejšia zmena v obchodovaní na burze nastala s rozvojom počítačových sietí a elektronických systémov v 70. a 80. rokoch. Informačné technológie a ich rast v 90. rokoch mali za následok vznik on-line obchodovania [5].

Pojmy súvisiace s menovými pármami a obchodovaním nájdete v prílohe A.

Začiatkom 21. storočia začali *brokerské* spoločnosti ponúkať založenie obchodného účtu s nízkymi počiatočnými vkladmi. Tento krok mal za následok výrazne zvýšenie záujmu z radov laickej verejnosti.

Toto množstvo finančne nevzdelaných užívateľov so sebou prináša častokrát nezodpovedný prístup k obchodovaniu. Táto bakalárska práca má za úlohu poskytnúť užívateľovi možnosť analyzovať obchodné výsledky podľa rôznych štatistických ukazovateľov. Aplikovaním týchto poznatkov možno efektívnejšie kontrolovať riziko a prispôsobiť veľkosť obchodnej pozície.

V úvodnej kapitole sa oboznámime s problematikou automatických obchodných systémov. Predstavíme si niekoľko modelov pre určovanie veľkosti kapitálu pre vstup do obchodnej pozície tzv. *position sizing* modely.

Implementáciu možno rozdeliť na 2 časti. Prvá časť obsahuje nástroje naprogramované v obchodnej platforme *MetaTrader*. Jedná sa o vytvorenie knižnice pre *position sizing* modely a implementáciu automatického obchodného systému. Testované systémy budú pracovať na menovom trhu - Forex. Testovacie dáta do platformy *MetaTrader 4* boli získané od *brokera* Alpari UK. Druhá časť implementácie obsahuje vlastnú aplikáciu pre analýzu obchodných výsledkov, ktoré boli získané pomocou vyššie spomenutej platformy.

Konkrétne výsledky budú skúmané podľa rôznych kritérií. Na základe vlastností výslednej *equity krivky* obchodného systému bude optimalizovaný risk pre splnenie objektívnych cieľov obchodníka.

Kapitola 1

Automatické obchodné systémy a riadenie rizika

1.1 Prístupy k obchodovaniu

Obchodovanie na finančných trhoch môžeme podľa prístupu k exekúcií obchodných príkazov rozdeliť na 2 základné skupiny [14]:

- **Mechanické obchodovanie** – obchodník má dopredu presne dané pravidlá pre riadenie pozície. Počas obchodovania je systém odtienený od emočnej stránky obchodníka. Obchodné príkazy generuje automatický obchodný systém, alebo systém ponúka signály, ktorých exekúcia je na obchodníkovi.
- **Diskréčne obchodovanie** – oproti mechanickému obchodovaniu dôležitú úlohu zohráva skúsenosť obchodníka. Systém má presne definované pravidlá, ale obchodník neexekuje každý obchodný signál. Pri rozhodovaní o vstupe do obchodu rozhodujú taktiež faktory ako volatilita trhu a vyhlasovanie dôležitých ekonomických správ týkajúcich sa konkrétneho trhu. Výhodou tohto prístupu je skutočnosť, že cit pre trh, ktorý si obchodník vytvoril, nie je možné naprogramovať. Nevýhodou je samozrejme obetovanie značného času venovaného testovaniu a obchodovaniu nanečisto. Obchodník v plnej miere zodpovedá za svoje obchody. Dlhšie obdobie poznačené stratami môže degradovať psychickú odolnosť obchodníka. Vede to k uskutočneniu obchodov nespĺňajúcich podmienky vstupu a zvýšenie rizika stratového obchodovania.

1.2 Automatické obchodné systémy

Automatický obchodný systém (ďalej *AOS*) pomáha obchodníkovi v exekúcií obchodných príkazov. Obsahuje všetky potrebné pravidlá, na základe ktorých generuje nákupné alebo predajné signály. Obchodník by mal rozumieť základným princípom, na akých konkrétny *AOS* funguje. V prípade zmeny podmienok na trhu môže chrániť obchodný kapitál vypnutím systému.

AOS možno kategorizovať podľa viacerých kritérií. Jedným z kritérií je rozdelenie podľa rozhodovacích mechanizmov, na základe ktorých systémy generujú obchodné príkazy [2].

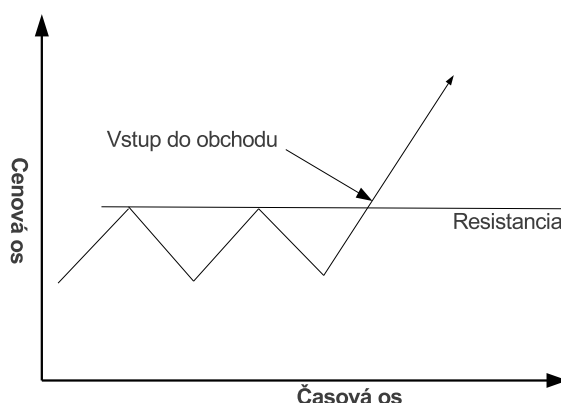
1.2.1 Rozdelenie podľa rozhodovacích mechanizmov

Obchodné systémy založené na správach

Vychádzajú z predpokladu, že počas vyhlásenia ekonomických správ nastáva zvýšená volatilita a veľké cenové pohyby. *Brokeri* zvyknú počas vyhlasovania správ zvyšovať *spread*. Pri nesprávne zvolenej výstupnej technike z pozície môže byť tento štýl obchodovania veľmi stratový.

Systémy založené na prelome

Systémy založené na prelome vychádzajú z predpokladu pokračovania trendu po prelomení určitej úrovne na cenovom grafe. Po prekročení tejto hranice často dochádza k zvýšeniu volatility a rýchlemu cenovému pohybu konkrétneho *finančného inštrumentu* (obr. 1.1). Nevýhodou tohto prístupu sú tzv. falošné prelomy, kedy cenová hranica prekročí určitú významnú hranicu, avšak následne dôjde k otočeniu smeru ceny.



Obrázek 1.1: Demonštruje cenový graf fiktívneho *finančného inštrumentu*. Ukážka princípu prelomenia cenovej hranice. Resistancia je logická cenová hranica, ktorá zabráňuje prekona- niu tejto hranice. Po jej prelome je veľká šanca na prudký vývoj ceny v smere prelomenia.

Systémy založené na protismerných obchodoch

Hlavnou podstatou je v tomto prípade ochrana kapitálu. Otvárajú sa 2 protismerné ob- chodné pozície. Stratový obchod je uzavretý a ziskový ponechaný pre dosiahnutie väčších profitov. Niektorý *brokeri* nepodporujú súčasný nákup a predaj rovnakého *finančného inštrumentu*.

Tradičné obchodné systémy

Tradičné obchodné systémy obchodujú na 1 časovom grafe a využívajú rôzne indikátory technickej analýzy. Po splnení daných kritérií otvárajú pozíciu. Niektoré majú v sebe me- chanizmy pre posúvanie hranice na uzatvorenie ziskových obchodov alebo naopak uzavretie v prípade straty.

Pokročilejšie systémy

Pokročilejšie systémy umožňujú simultánne obchodovanie viacerých obchodných párov a analýzu viacerých časových pásiem. Obsahujú zložitejšie výstupné techniky. Do tejto kategórie patria aj adaptívne systémy. V priebehu behu dokážu optimalizovať svoje parametre pre aktuálne podmienky na trhu.

1.2.2 Rozdelenie podľa prístupu k implementačným detailom

Systémy ukrývajúce implementáciu (tzv. black-box)

Užívateľ si zakúpi produkt, pričom nevie, na akom princípe presne pracuje. Ponúkajú vysokú úspešnosť obchodov (často viac ako 95 %). Táto úspešnosť je dosiahnutá vďaka množstvu drobných ziskov, ktoré sú kompenzované občasnými obrovskými stratami. Z dlhodobého hľadiska bývajú tieto typy systémov odsúdené na stratu finančných prostriedkov.

Systémy s dostupným kódom (tzv. white-box)

Z týchto systémov presne určíme myšlienku obchodného plánu, pretože máme k dispozícii zdrojový kód.

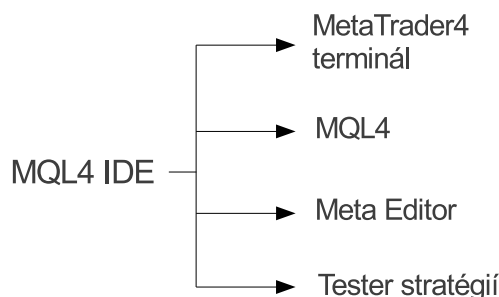
1.2.3 Predstavenie obchodnej platformy MetaTrader

Pre proces obchodovania na forexovom trhu existuje viacero softwarových riešení. Do úvahy prichádzal produkt od spoločnosti Metaquotes - *MetaTrader* vo verzii 4. Ďalšiou možnosťou bola platforma *NinjaTrader*. Pre obchodnú platformu *MetaTrader* som sa rozhodol na základe väčšej užívateľskej základne a taktiež kvôli predchádzajúcim skúsenostiam s touto platformou.

Táto obchodná platforma je určená pre operačný systém Windows.

Komponenty MetaTraderu

Platforma *MetaTrader* je plnohodnotný obchodný nástroj. Okrem zadávania obchodných príkazov ponúka množstvo funkcionality [1].



Obrázek 1.2: Komponenty obchodnej platformy *MetaTrader*.

- **MetaTrader terminál**

Veľmi dobre pripravený pracovný nástroj, ktorý umožňuje obchodovanie na finančných trhoch (Forex, CFD, Futures). Jedná sa o modul pre exekúciu obchodných príkazov. Tie môžu byť generované obchodníkom, alebo automatickým obchodným systémom. Súčasťou je množstvo kvalitných grafov pre rôzne *finančné instrumenty*.

- **Jazyk MQL4** Programovací jazyk, ktorý vychádza predovšetkým z jazyka C. Je to prostriedok pre tvorbu AOS, vlastných skriptov a knižníc.
- **MetaEditor** Prostredie pre tvorbu systémov, skriptov a knižníc v jazyku MQL4. Umožňuje aj kompiláciu zdrojových mql súborov.
- **Tester stratégií** Nástroj pre automatické testovanie obchodných systémov. Vybereme obchodný systém a menový pár, na ktorom bude test prebiehať a taktiež vymedzenie časového horizontu. Výsledok je zobrazený graficky vo forme *equity krivky*. Taktiež nechýba základná štatistika ako napr. priemerný zisk na obchod, percentuálne vyjadrenie ziskových a stratových obchodov, absolútny zisk atď.

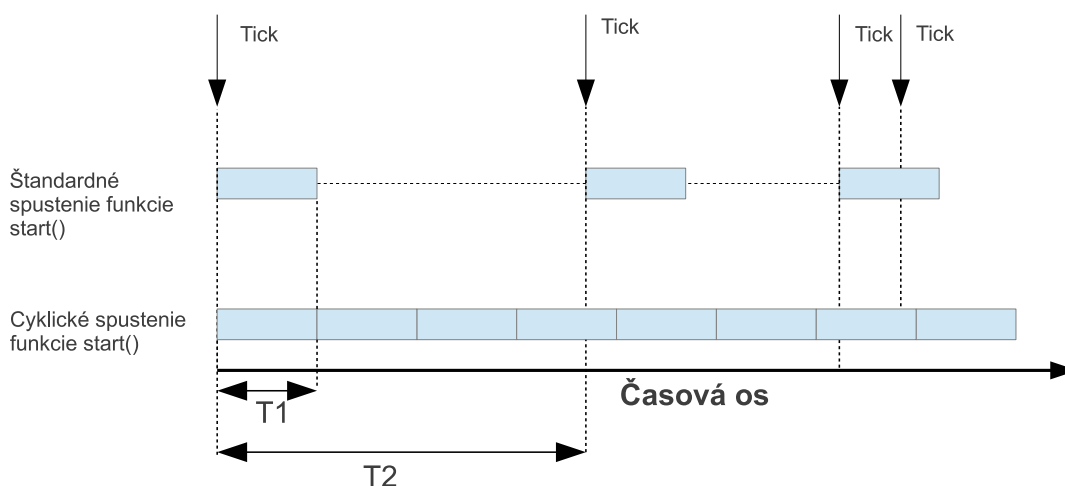
Tester stratégií v platforme *MetaTrader* obsahoval určité nedostatky. Pre testovanie stratégie totiž využíva rozdiel medzi nákupnou a predajnou cenou a sklz v plnení podľa aktuálnych podmienok na trhu. Preto rovnaký obchodný systém spustený 2-krát za sebou môže mať rozdielne výsledky.

Absencia pokročilejších funkcií a nekonzistentnosť výsledkov ma motivovala k naprogramovaniu aplikácie, ktorá nedostatky testera stratégií odstraňuje. Bližší popis aplikácie bude predstavený v kapitole 3.

Základné funkcie AOS

Automatický obchodný systém v platforme *MetaTrader* je tvorený 3 špeciálnymi funkciami: `init()`, `start()`, `deinit()`. Povinná je iba funkcia `start()`. Tieto funkcie sa vyskytujú aj pri tvorbe skriptov a vlastných technických indikátorov. Pre naše potreby budeme využívať popis vzťahujúci sa k automatickým obchodným systémom. Funkcie sú špecifické, pretože sú volané automaticky podľa určitých kritérií [9].

- **init()** – pred prvým spustením funkcie `start()`. Využíva sa predovšetkým na inicializáciu potrebných premenných, prípadne zavolanie metód. Funkcia je taktiež volaná pri zapnutí klientskeho terminálu, zmeny periódy grafu a rekompilácií programu.
- **start()** – v momente príchodu nového ticku. Tick predstavuje zmenu ceny menového páru. V prípade príchodu ticku v momente vykonávania funkcie `start()` bude tick ignorovaný (obr. 1.3). Po vykonaní funkcie `start` sa vracia kontrola riadenia klientskému terminálu a funkcia čaká na ďalší tick. Vykonanie tela tejto funkcie zabere približne 10-100 milisekúnd. Priemerná doba medzi príchodom 2 tickov je 5 sekúnd. Odporúčený pomer medzi vzdialenosťou 2 tickov a dĺžkou vykonania funkcie je 1000:1 [3]. Volanie funkcie `start()` kontrolujeme pomocou tlačítka na zapnutie a vypnutie automatického obchodného systému.
- **deinit()** – pri ukončovaní programu. Situácia nastáva pri nahradení automatického obchodného systému iným. Ak spúšťame AOS v prostredí testera stratégií, funkcia sa vykoná po spracovaní posledného ticku.



Obrázek 1.3: Vykonanie funkcie `start()` a výhoda oproti cyklickému vykonávaniu. Čas $T1$ predstavuje dĺžku vykonania funkcie `start()`. Čas $T2$ predstavuje rozpätie medzi príchodom 2 tickov. Posledný znázornený tick bude ignorovaný, pretože prišiel v dobe vykonávania funkcie `start()`.

1.3 Riadenie rizika za pomoci position sizing modelov

Pri vstupe do obchodnej pozície sú dôležité 2 parametre.

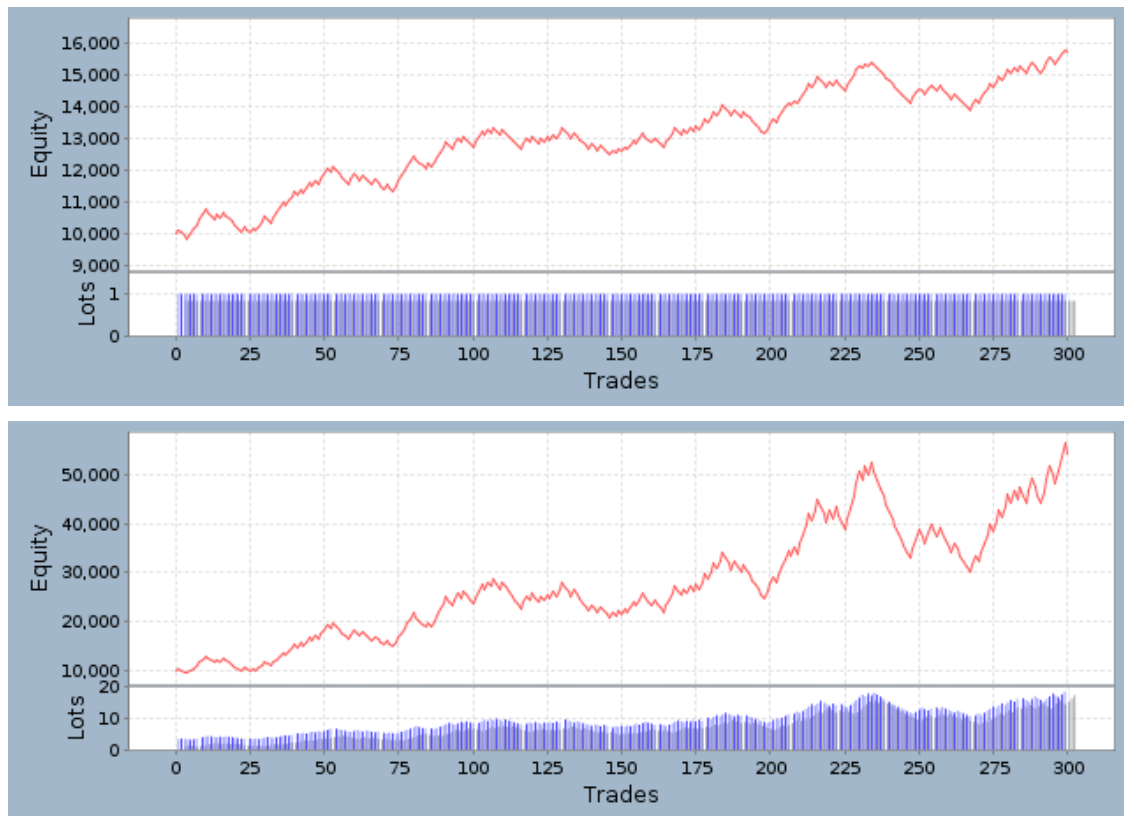
- Aktuálna trhovú cenu finančného inštrumentu.
- Veľkosť pozície.

Vstup na základe cenového vývoja je daný vstupnými pravidlami obchodného systému. Veľkosť pozície je ovplyvnená finančnými prostriedkami a odolnosťou obchodníka voči riziku.

Veľmi častou chybou je neuvážené zvyšovanie obchodov v dobe stratového obchodovania. Toto chovanie má psychologický základ. Človek nerád pripúšťa svoju chybu a toto chovanie vedie k predčasnemu vyčerpaniu finančných prostriedkov.

V prípade ziskového obchodovania je chybou nevyužiť potenciál, ktorý nám obchodný systém ponúka. Na tento účel existujú tzv. *position sizing* modely. Ich úlohou je určiť veľkosť obchodnej pozície nasledujúceho obchodu na základe predchádzajúcich výsledkov.

Na obrázku nižšie môžeme vidieť rozdiel obchodného systému s konštantnou a premennou veľkosťou pozície 1.4.



Obrázek 1.4: Obchodné výsledky systému s konštantnou veľkosťou pozície (hore) a premenlivou veľkosťou pozície (dole). Pre fixnú veľkosť pozície 1 *lot* bol zisk redukovaný na hodnotu menej ako 16 000 \$. Pri premenlivej veľkosti pozície bol koncový stav účtu viac ako 55 000 \$. Model mal v tomto prípade nastavený parameter - risk 7% zostatku obchodného účtu na 1 obchod. Väčšie poklesy účtu sú kompenzované vyšším celkovým ziskom v prípade použitia *position sizing* modelu.

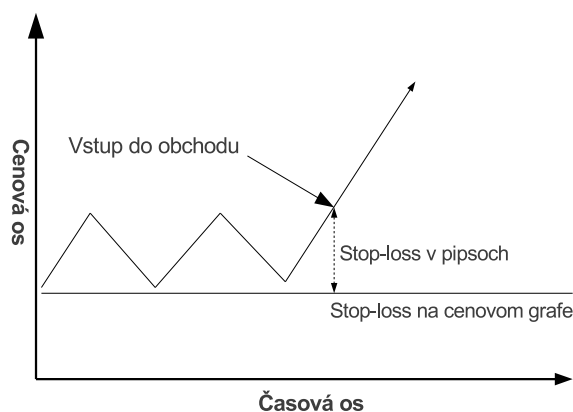
1.3.1 Uplatnenie modelov na menových trhoch

Jednotlivé *position sizing* modely sú primárne vysvetľované pre akciové obchodovanie. V prvom kroku získame podľa parametrov konkrétného modelu veľkosť riskovanej sumy. Riskovanú sumu vydělíme cenou akcie a dostávame počet akcií. Cena akcie môže klesnúť na nulovú hodnotu.

$$P = \frac{R}{C} \quad (1.1)$$

- **P** – Výsledný počet kusov akcie.
- **R** – Celková riskovaná suma pre daný obchod.
- **C** – Cena 1 akcie.

Pri obchodovaní menových párov musíme urobiť miernu úpravu. Pridáme parameter *stop-loss*. Tento parameter sa udáva v jednotkách *pips*och. Podľa menového páru dokážeme určiť dolárovú hodnotu pre pohyb 1 *pips* pri veľkosti pozície 1 *lot*.



Obrázek 1.5: Vyjadrenie úrovne *stop-loss* na cenovom grafe.

Dosadením potrebných hodnôt môžeme určiť veľkosť pozície.

$$P = \frac{R}{S \times C} \quad (1.2)$$

- **P** – Veľkosť pozície v *lotoch*.
- **R** – Celková riskovaná suma pre daný obchod.
- **S** – Hodnota *stop-loss* v *pipsoch*.
- **C** – Hodnota cenového pohybu o 1 *pips* pri veľkosti pozície 1 *lot*.

1.3.2 Predstavenie modelov pre určovanie veľkosti pozície

Všetky modely pochádzajú od Van Tharp-a [15]. Ako základnú jednotku pre veľkosť pozície budeme používať *loty*. Pri desatinnom vyjadrení v *lotoch* zaokrúhľujeme na *mikroloty* tj. 0.01 *lotu*. Jednotlivé modely sú mierne upravené pre potreby obchodovania na menových trhoch. Úprava zahŕňa parameter maximálnej straty na obchod (*stop-loss*) vyjadrený v *pipsoch*.

Fixná veľkosť

Pri zvolení tejto metódy vstupujeme do obchodu vždy s konštantným počtom *lotov*. Treba zobrať na vedomie rôzne hodnoty 1 *lotu* pri rôznych menových pároch.

Konštantná hodnota

Cieľom je určiť si pevnú sumu, s ktorou chceme vstúpiť do obchodnej pozície a maximálnu prípustnú stratu na 1 obchod vyjadrenú v *pipsoch*. Na základe týchto hodnôt vypočítame množstvo prípustných *lotov*.

Tieto 2 modely zaraďujeme medzi základné. S postupným nárastom účtu nezvyšujeme ani neznižujeme obchodné pozície.

Jednotky za fixnú sumu peňazí

Tento model udáva množstvo jednotiek s ktorými vstupujeme do obchodu podľa aktuálneho stavu obchodného účtu. Dochádza k zvyšovaniu veľkosti pozície o 1 *lot* pre každých X dolárov na obchodnom účte. Nastavenie veľkosti zmeny pozície nemusí byť striktne ekvivalentné 1 *lotu*.

$$V = \frac{Z}{H} \times L \quad (1.3)$$

- **V** – Veľkosť nasledujúceho obchodu. Udáva sa v *lotoch*.
- **Z** – Veľkosť aktuálneho zostatku obchodného účtu.
- **H** – Hranica v dolároch. Každý násobok tejto hodnoty na obchodnom účte znamená zväčšenie pozície.
- **L** – Veľkosť kroku. V prípade 1 *lotu* dosadíme 1.

Príklad: máme počiatočný kapitál 20 000 \$. Pre každých 10 000 \$ zvýšime veľkosť pozície o 1 *lot*. Na začiatku teda obchodujeme s 2 *lotmi*. Keď obchodný účet dosiahne zhodnotenie na sumu 30 000 \$, pridáme ďalší *lot*. Podobne sa postupuje aj s uberaním *lotov* v prípade poklesu pod určitú hladinu.

Percento z marginu

Pri obchodovaní sa často využíva *margin* (vratná záloha). Predstavuje množstvo prostriedkov, ktoré musí obchodník vložiť do obchodu aby mohol nakúpiť 1 investičnú jednotku. V našom prípade je to množstvo prostriedkov pre obchodovanie 1 *lotu*. Znamená to možnosť obchodovať s väčším množstvom prostriedkov, ako v skutočnosti vlastníme.

Príklad: Máme kapitál 20 000 \$. Potrebný *margin* pre vstup do obchodu je 10 %. Veľkosť obchodovateľnej sumy je teda 200 000 \$. Obchodník pri alokácii 5 % dostupného *marginu* vstupuje do obchodu s pozíciou o veľkosti 10 000 \$.

Percento volatility

Volatilita predstavuje rozdiel medzi vrcholom a dnom cenového grafu pre daný deň. Na základe volatility vypočítame hodnotu cenového rozpätia pre daný deň pri veľkosti pozície 1 *lot*. Určíme si risk napríklad 2 % z nášho účtu. Na základe cenového rozpätia a nášho risku zvolíme množstvo prostriedkov pre vstup do danej pozície. Tento model chráni kapitál otvorením menšej pozície pri vysokej volatilite a naopak zvýšeným pozície pri nízkej volatilite.

Príklad: kapitál predstavuje 50 000 \$. Sme ochotný riskovať 5 % účtu na 1 obchod, tj 2500 \$. Priemerná denná volatilita je 500 \$. Otvoríme pozíciu s 5 *lotmi*. Pri volatilite 100 \$ by sme mohli otvoriť pozíciu o veľkosti až 25 *lotov*.

Fixný risk

Veľkosť obchodnej pozície je odvodená od riskovanej sumy na 1 obchod. Riskovaná suma je vyjadrená ako určité percento z aktuálneho zostatku obchodného účtu.

$$N = \frac{R \times U}{S} \quad (1.4)$$

- **N** – Veľkosť nasledujúceho obchodu. Udáva sa v *lotoch*.
- **R** – Percentuálne vyjadrenie risku na 1 obchod.
- **U** – Aktuálny zostatok obchodného účtu.
- **S** – Veľkosť riskovanej sumy pre zadaný *stop-loss* pri veľkosti pozície 1 *lot*

Kellyho kritérium

Pre výpočet tohto modelu musíme poznať percentuálnu úspešnosť obchodného systému, priemernú veľkosť ziskového obchodu a priemernú veľkosť stratového obchodu.

$$\text{Kelly} = W - \frac{1 - W}{R} \quad (1.5)$$

- **W** – predstavuje úspešnosť systému vyjadrenú v %.
- **R** – predstavuje tzv R-faktor. Je to pomer medzi riskom a ziskom. Hodnota 1,5 znamená risk 1 jednotky pri potenciálnom zisku 1,5 jednotky

Model je považovaný za rizikový a obchodník Van Tharp odporúča risk o hodnote 80 % z výsledku, ktorý nám určí Kellyho vzorec. Vhodnejšie nasadenie je pri vyššej percentuálnej úspešnosti systému.

Fixný pomer

Tento model zdokonaľuje vyššie predstavený model *Jednotky za fixnú sumu peňazí*. Kľúčový parameter je *delta*. Parameter *delta* určuje dolárovú hranicu zisku na 1 obchodovaný *lot* pre zvýšenie pozície o 1 *lot*. Veľkosť potrebnej sumy pre zvýšenie pozície o 1 *lot* sa s rastúcim obchodným účtom zvyšuje. V prípade tohto modelu neplatí priama úmera medzi stavom obchodného účtu a riskovanými finančnými prostriedkami.

Účet	Delta	Počet jednotiek
25000 \$	0 \$	1
27500 \$	2500 \$	2
32500 \$	5000 \$	3
40000 \$	7500 \$	4
50000 \$	10000 \$	5
62500 \$	12500 \$	6
77500 \$	15000 \$	7

Tabulka 1.1: Závislosť veľkosti pozície od aktuálneho stavu účtu. Parameter *delta* je nastavený na 2500 \$. Jednotka predstavuje veľkosť rizika na 1 obchod.

Z údajov v tabuľke vidíme postupné zvyšovanie riskovanej sumy. Za 1 jednotku môžeme dosadiť ľubovoľnú sumu. Vzorec pre výpočet množstva jednotiek je prevzatý z [10].

$$N = 0.5 \times \left[\sqrt{1 + \frac{8 \times P}{\text{delta}}} + 1 \right] \quad (1.6)$$

- **N** – Výsledný risk v jednotkách. Jednotka predstavuje určitú dolárovú hodnotu.
- **P** – Čistý zisk obchodného systému
- **delta** – Parameter pre určenie skoku

Zvýšenie účinnosti tohto modelu dosiahneme pri dodržaní týchto zásad:

- **maximálny pokles účtu** – Pre relevantnejšie výsledky poprehadzujeme poradie obchodov. Maximálny pokles potom závisí na sekvencii za sebou idúcich strát. Tento postup opakujeme v 100 iteráciách. Cieľom je z dostupnej vzorky obchodov získať maximálny možný pokles účtu.
- **hodnota delta na základe maximálneho poklesu účtu** – Parameter delta bude predstavovať zlomok maximálneho poklesu účtu.

Výhodou tohto modelu je možnosť aplikovať ho na menšie obchodné účty. Parameter odvodený od maximálneho historického poklesu účtu chráni kapitál. Nevýhodou ostáva závislosť na historických údajoch, ktoré nemusia korešpondovať s ďalším vývojom. Maximálny pokles účtu môže časom nadobudnúť nové hodnoty. Dôležité je určiť si maximálnu hranicu simultáne otvorených obchodov. Model počíta s rizikom pri 1 otvorenom obchode v konkrétnom čase.

Kapitola 2

Tvorba obchodného systému a knižnice funkcií

2.1 Návrh implementácie automatického obchodného systému

Pri výbere prostriedkov pre tvorbu *AOS* som zvolil kombináciu technických indikátorov.

2.1.1 Použité technické indikátory

Pri výbere indikátorov pre *AOS* je nevyhnutné poznať základné zaradenie a charakteristiku každého indikátora.

- **trendové indikátory** – najvyššiu účinnosť dosahujú v období, keď cenová hladina prekonáva lokálne minimá alebo maximá.
- **oscilátory** – sú vhodné pre obchodovanie v určitej cenovej hladine. Cena sa pohybuje v určitých mantineloch a v tejto hladine osciluje.

Pre vlastný *AOS* som zvolil kombináciu oscilátora a filtrovanie obchodov pomocou trendového indikátora.

- **MA** – kľzavý priemer zaraďujeme medzi trendové indikátory. Ukazuje priemernú hodnotu za zvolenú periódu. Keď spojíme hodnotu MA vo všetkých bodoch, dostaneme krivku kľzavého priemeru. Výhodou je aktuálne zobrazenie vývoja ceny. Nevýhodou ostáva, že pri zmene sa MA mení dva krát. Zmení sa aj aktuálna hodnota, ale aj staršia hodnota [11].

$$MA = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{N} \quad (2.1)$$

- P – cena, ktorú priemerujeme.
- N – perióda, z ktorej MA počítame.

- **Williams %R** – jednoduchý a efektívny oscilátor. Meria kapacitu nakupujúcich a predávajúcich za konkrétnu periódu. Williams %R meria zatváraciu cenu ku rozpätiu za zvolené obdobie. Hodnotu 0 % nadobúda, ak aktuálna zatváracia cena prekoná navysššiu hodnotu za zvolenú periódu.

Hodnotu 100 % nadobúda, ak aktuálna zatváracia cena poklesne pod najnižšiu hodnotu za zvolenú periódu [11].

$$\%R = 100 \times \frac{H_r - C}{H_r - L_r} \quad (2.2)$$

- r - perióda zvolená obchodníkom.
- H_r - najvyššia hodnota vybraného obdobia.
- L_r - najnižšia hodnota vybraného obdobia.
- C - posledná zatváracia cena.

2.2 Implementácia automatického obchodného systému

Táto časť sa zaoberá konkrétnou implementáciou systému v prostredí platformy *MetaTrader*.

2.2.1 Potrebne funkcie pre implementáciu AOS

OrderSend

Funkcia pre vstup do obchodu.

```
int OrderSend(string symbol, int cmd, double volume, double price,  
int slippage, double stoploss, double takeprofit, string comment = NULL,  
int magic = 0, datetime expiration = 0, color arrow_color = CLR_NONE)
```

Pre nás sú zaujímavé nižšie uvedené parametre.

- symbol - konkrétny menový pár.
- cmd - typ operácie. Máme na výber nákup, predaj, limitný nákup a limitný predaj.
- volume - veľkosť pozície v *lotoch*. Tento parameter je dosadený pomocou knižnice na *position sizing* modely.
- price - predajná cena, nákupná cena, priemerná cena. Pri predaji menového páru vyberáme pre obchodníka nevýhodnejšiu cenu. V tejto cene je potom zahrnutý *spread* pre *brokera*.
- slippage - maximálny prípustný sklz v plnení pozície.
- stoploss - cena menového páru, pri ktorom sa vystupuje v prípade nepriaznivého vývoja pozície.
- takeprofit - cena menového páru, pri ktorom sa vystupuje zo ziskovej pozície.
- magic - identifikátor obchodu.

OrderClose

Funkcia pre výstup z obchodu.

```
bool OrderClose(int ticket, double lots, double price, int slippage,
color Color=CLR_NONE)
```

- ticket - konkrétny menový pár.
- lots - typ operácie. Máme na výber nákup, predaj, limitný nákup a limitný predaj.
- volume - veľkosť pozície v *lotoch*. Tento parameter je dosadený pomocou knižnice na *position sizing* modely.
- price - predajná cena, nákupná cena, priemerná cena. Vyberáme pre obchodníka neýhodnú cenu, v ktorej je zahrnutý *spread*.
- slippage - maximálny prípustný sklz v plnení pozície.

Funckie pre technické indikátory

iMA Funkcia pre výpočet klzavého priemeru. Určíme periódu, pre ktorú bude prebiehať výpočet.

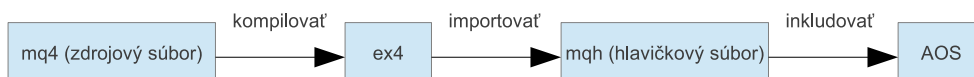
iWPR Funkcia pre Williamsov %R oscilátor. Určíme periódu, pre ktorú bude prebiehať výpočet. Ostatné hodnoty ako menový pár a časový rámec cenového grafu sú získane automaticky.

2.3 Implementácia knižnice pre position sizing modely

Používanie jednotlivých modelov pre určovanie veľkosti pozíci si vyžiadalo implementáciu vlastnej knižnice. Dôvod je odtienenie užívateľa od implementačných detailov.

2.3.1 Štruktúra knižnice v programe MetaTrader

Použitie knižnice od zdrojového súboru až po pridanie v *AOS* môžeme vidieť na nasledujúcom obrázku (obr. 2.1). Pre užívateľa je dôležitý hlavičkový súbor, ktorý sa pridáva do *AOS*. V tomto súbore sa nachádzajú deklarácie funkcií pre jednotlivé modely.



Obrázek 2.1: Architektúra knižnice pre PositionSizing modely

2.3.2 Jednotlivé kroky implementácie

V zdrojovom súbore `PositionSizing.mq` implementujeme metódy reprezentujúce konkrétne *position sizing* modely. Ukážka konkrétnej metódy 2.1.

```
double kellyCriterion(double winPercent,double rrr,double stopLoss)
{
    // Sum in % of AccountBalance to risk in trade
    double kelly = winPercent/100 - (1-(winPercent/100))/rrr;

    kelly = kelly * AccountBalance();
    return(lotRounder(sumAndStopToLot(kelly, stopLoss)));
}
```

Tabulka 2.1: Implementácia metódy pre *position sizing* model *Kellyho kritérium*.

Návratová hodnota metód je v *lotoch* alebo v dolárovom vyjadrení. V prípade dolárovej hodnoty je nevyhnutný prepočet na *loty*. Túto funkcionality poskytuje metóda `sumAndStopToLot(double sum, double stopLoss)`. Vstupné parametre sú *stop-loss* a riskovaná suma.

Ďalšie obmedzenie predstavuje konkrétny výsledok v *lotoch*. Ak nespĺňa formát daný platformou, tak táto suma nie je automaticky upravená a obchod je zamietnutý. Riešenie poskytuje metóda `lotRounder`. Z obchodnej platformy *brokera* zistí najmenšiu jednotku *lotu* a zaokrúhli výslednú hodnotu. U väčšiny *brokerov* je najmenšiou jednotkou 0.01 *lotu*. Po kompilácii zdrojových kódov v `PositionSizing.mq` získame súbor `PositionSizing.ex4`. Následne súbor importujeme do hlavičkového súboru `PositionSizing.mqh`. Hlavičkový súbor obsahuje deklarácie metód a komentáre potrebných parametrov pre jednotlivé metódy reprezentujúce *position sizing* modely.

V poslednom kroku treba hlavičkový súbor inkludovať do konkrétneho *AOS*. Funkcionality knižnice možno využiť v ľubovoľnom *AOS*.

Kapitola 3

Tvorba aplikácie pre analýzu obchodných výsledkov

3.1 Použité technológie

Java Pre implementáciu testovacej aplikácie som zvolil tento programovací jazyk. Motiváciou pre jeho použitie bola využiteľnosť aplikácie na rôznych operačných systémoch [6].

Swing Na tvorbu grafického užívateľského prostredia bola využitá knižnica Swing. Táto knižnica je štandardnou súčasťou *Java Standard Edition*.

Maven Nástroj pre automatizáciu buildovania aplikácie. Pri pridaní novej knižnice stačí pridať závislosť do tzv. *pom.xml* súboru, ktorý sa postará o stiahnutie príslušnej knižnice v danej verzii.

JFreeChart knižnica pre tvorbu grafov v Jave. Všetky grafy v tejto aplikácii boli vytvorené pomocou tejto knižnice [7]. Aplikácia je v prvých sekundách pomalšia, kým nedôjde k inicializácii potrebných grafov.

3.2 Koncept aplikácie

Táto aplikácia bola vytvorená ako rozšírenie pre základné body bakalárskej práce. Aplikácia ponúka základné grafické aj textové vyobrazenie dát konkrétneho systému. Odstraňuje určité nedostatky a rozširuje funkčnosť testera stratégií z platformy *MetaTrader*.

Nevýhodou tejto aplikácie ostáva absencia ďalších dodatočných informácií o priebehu jednotlivých obchodov. Neberieme teda do úvahy otvorené stratové pozície, ale iba uzatvorené obchodné pozície. Z tohto dôvodu sa môže stať, že bude možné otvoriť ďalšiu obchodnú pozíciu, aj keď by mala byť odmietnutá.

Výhodou aplikácie je možné rozšírenie pre analýzu obchodných výsledkov nielen menových párov ale aj akcií a komodít. Okrem štatistík ponúka možnosť modelovať na konkrétnej vzorke obchodov zmenu rizika a sledovať dopad týchto zmien.

Mnoho pojmov vyskytujúcich sa v oblasti finančnej analýzy nemá slovenské ustálené spojenie. Preto má aplikácia iba anglické názvoslovie.

3.3 Funkčnosť aplikácie

Predstavíme si základné komponenty aj s popisom jednotlivých funkcií.

Spracovanie údajov

Ak chceme získať obchodné výsledky, musíme si ich z obchodnej platformy vyexportovať. Aplikácia ponúka zatiaľ 3 rôzne zdroje obchodných výsledkov. Väčšina forexových *brokerov* ponúka pre obchodovanie platformu *MetaTrader*. Spracovanie týchto výsledkov preto berem ako nevyhnutnosť. Okrem klasických výsledkov z *MetaTrader* je možnosť využiť spracovanie výsledkov z testera stratégií, ktorý je taktiež súčasťou *MetaTrader*. Ďalším zdrojom sú fiktívne výsledky vytvorené generátorom obchodov, ktorý je súčasťou tejto aplikácie.

V budúcnosti je možné rozšírenie o podporu iných obchodných platforiem. Data boli vytvorené pomocou *brokera* Alpari UK. Keďže aplikácia má demonštratívny charakter, nie je zaručené bezchybné spracovanie výsledkov od iných *brokerov*. Záleží na formáte dát, ktoré máme k dispozícii.

MetaTrader

O samotné parsovanie sa stará trieda *MetaTraderResults*. Ukážka vstupného súboru (obr. 3.1).

Ticket	Open Time	Type	Size	Item	Price	S / L	T / P	Close Time	Price	Commission	Taxes	Swap	Profit
300949174	2013.03.01 10:55	sell	1.00	eurCHF	1.22375	1.22600	0.00000	2013.03.01 11:46	1.22362	0.00	0.00	0.00	13.87
300949865	2013.03.01 11:00	sell	1.00	gbpusd	1.51678	1.50768	0.00000	2013.03.01 11:50	1.50475	0.00	0.00	0.00	1 203.00
300982910	2013.03.01 15:30	sell	1.00	audcad	1.05189	1.05044	1.04774	2013.03.01 18:03	1.05044	0.00	0.00	0.00	140.98
301039174	2013.03.04 09:19	sell	1.00	eurCHF	1.22618	1.22713	0.00000	2013.03.04 21:51	1.22558	0.00	0.00	0.00	63.76
301061743	2013.03.04 14:01	buy	1.00	audCHF	0.95630	0.95586	0.96230	2013.03.05 05:37	0.96230	0.00	0.00	6.80	637.96
301061832	2013.03.04 14:03	sell	1.00	cadJPY	90.846	90.946	0.000	2013.03.04 19:56	90.628	0.00	0.00	0.00	233.50
301061848	2013.03.04 14:03	sell	1.00	gbpJPY	140.669	140.880	140.557	2013.03.04 14:52	140.804	0.00	0.00	0.00	-144.31
301061950	2013.03.04 14:05	sell	1.00	euraud	1.28104	1.27600	1.26800	2013.03.05 10:55	1.27600	0.00	0.00	8.46	516.01

Obrázek 3.1: Závislosť medzi ziskovosťou systému a veľkosťou ziskových obchodov.

Každý riadok predstavuje 1 obchod. Množina obchodov je usporiadaná podľa času vstupu do konkrétneho obchodu. Pri parsovaní bolo treba brať na vedomie skutočnosť, že výsledky bývajú graficky zobrazené podľa času uzatvorenia obchodu. Obchod, ktorý sme otvárali ako posledný, môžeme uzavrieť ako prvý, pričom ostatné obchody sú stále otvorené a aktívne. Preto je veľmi dôležité vedieť dodržať túto časovú os. Táto skutočnosť bola zakomponovaná aj do samotného výpočtového algoritmu. V programe sa o túto funkčnosť stará trieda *SummaryUpdater*.

MetaTrader tester stratégií

Parsovanie zabezpečuje trieda *MetaTraderStrategyResults*. Ukážka vstupného súboru (obr. 3.2).

Každý riadok predstavuje obchodný pokyn. Jednotlivé obchody sú identifikované prostredníctvom stĺpca *Order*. Položky *Time* a *Price* plnia rozdielne funkcie pri otvorení obchodu a pri uzatvorení obchodu.

243	2012.07.04 20:00	buy	122	2.19	1.25472	1.25072	1.28472		
244	2012.07.05 12:00	s/l	122	2.19	1.25072	1.25072	1.28472	-881.26	8692.32
245	2012.07.30 22:00	buy	123	1.99	1.22638	1.22238	1.25638		
246	2012.08.01 10:00	close	123	1.99	1.23076	1.22238	1.25638	868.44	9560.75
247	2012.08.08 18:00	buy	124	2.19	1.23593	1.23193	1.26593		
248	2012.08.09 14:00	s/l	124	2.19	1.23193	1.23193	1.26593	-881.26	8679.50

Obrázek 3.2: Závislosť medzi ziskovosťou systému a veľkosťou ziskových obchodov.

Závažný nedostatok v prípade výsledkov z testera stratégií je absencia hodnoty *rolovania* (vysvetlenie pojmu v prílohe A) vo vyexportovaných výsledkoch. Táto situácia nastane pri obchode číslo 122. Rozdiel medzi nákupnou a predajnou cenou je 40 pipsov. Veľkosť pozície je 2.19 *lotu*. Z týchto údajov by mala byť veľkosť straty $40 \times 2.19 \times 10 = 876$ \$. Skutočná strata je 881.26 \$. Tento rozdiel predstavuje *rolovanie*, ktoré nie je explicitne uvedené vo výsledkoch.

Štatistiky

Dôležitý prvok aplikácie sú textové štatistiky. Približujú nám vlastnosti systému aj bez grafickej reprezentácie výsledkov. Zakomponované sú všetky štandardné ukazovatele obchodných výsledkov.

Grafické zobrazenie dát

Na tento účel veľmi dobre poslúžila knižnica JFreeChart. Najdôležitejším grafom je priebeh obchodných výsledkov. Kombinuje v sebe klasický čiarový graf spolu so stĺpcovým grafom. Čiarový graf zachytáva závislosť medzi zostatkom obchodného účtu a jednotlivými obchodmi. Stĺpcový graf určuje veľkosť obchodnej pozície v *lotoch* pre konkrétny obchod. Aplikácia poskytuje aj ďalšie zaujímavé grafy.

Ziskovosť v pomere k dĺžke obchodu

Každý obchod prezentuje bod, kde horizontálna súradnica učuje dĺžku obchodu a vertikálna súradnica veľkosť zisku alebo straty. Ukážka grafu je k dispozícii v prílohe B.1. Tento ukazateľ nám dovoľuje bližšie analyzovať distribúciu ziskov v pomere k trvaniu obchodu. Pri prekročení určitej dĺžky obchodu nie je rentabilné zostávať v danej pozícii.

Ziskovosť podľa dni v týždni

Mnoho obchodníkov sa zameriava iba na absolútne hodnoty ako pokles účtu a zisk. Týmto prístupom sa oberajú o možnosť skúmať fundamentálnu podstatu svojich výsledkov. Veľmi dobrou ukážkou je práve rozdelenie obchodov podľa dní v týždni. Pri niektorých systémoch môžeme dospieť k názoru, že napríklad piatok je pre náš obchodný prístup stratový. Následne preskúmame cenové pohyby v tomto dni. Keďže *forex* je cez víkend zatvorený, piatok je ideálny deň pre uzatváranie pozícií veľkých hráčov na trhu. To môže niekedy vyústiť k nepredvídateľným cenovým výkyvom. Ukážka grafu je k dispozícii v prílohe B.2.

Ziskovosť podľa hodín

Z výsledkov môžeme zistiť napríklad pokles koncentrácie po určitej hodine. Ukážka grafu je k dispozícii v prílohe **B.3**.

Ziskovosť podľa obchodného inštrumentu

Pri tomto ukazateľu veľmi rýchlo zistíme, na aké menové páry by sme sa mali orientovať a naopak, ktoré nám spôsobujú stratové obchody. Ukážka grafu je k dispozícii v prílohe **B.4**.

Všetky tieto analýzy na základe vyššie spomenutých grafov musíme brať s rezervou. Základnou podmienkou pre kvalitnú analýzu je dostatočne obsiahla reprezentatívna vzorka uzavretých obchodov. Pri nedostatočnom počte obchodov môže zopár obchodov významne skresľovať výsledné hodnoty.

Prehadzovanie obchodov

Zaradenie tohto prvku má hlavne psychologickú podstatu. Rovnaké výsledky obchodov v prehádzanom poradí môžu mať na našu psychiku značný vplyv. Pri vysokom riziku môžu odhaliť možnosť bankrotu nášho systému z dôsledku kulminácie stratových obchodov tesne za sebou. Vhodné použitie je na zistenie maximálneho poklesu účtu pri rôznych kombináciach sekvencií obchodov. Na druhej strane strácame možnosť časovej analýzy, pretože výsledky sme síce zmenili ale časová os obchodov ostáva pôvodná. Rozdelenie obchodov podľa dní a hodín nebude odrážať skutočnosť.

Využitie position sizing modelov

Jeden zo základných pilierov aplikácie. Analýza obchodných výsledkov nám slúži predovšetkým na vhodné určenie výkonnosti systému. Na základe týchto údajov môžeme modelovať a sledovať chovanie systému pri zmene rizika.

Pri prepočítavaní veľkosti pozície sú niektoré parametre konštantné a niektoré menia svoju hodnotu. Konštantný je rozdiel medzi otváraciou a uzatváraciou cenou v *pipsoch* a hodnota *stop-loss*. Premennou ostáva veľkosť pozície v *lotoch*, celkový profit alebo strata pozície a aktuálny zostatok účtu. V momente zmeny rizika dochádza k prepočítaniu veľkosti obchodnej pozície. Výpočet veľkosti pozície možno rozdeliť na 3 kroky:

- Podľa konkrétneho *position sizing* modelu určíme veľkosť riskovanej sumy v dolároch.
- Vypočítame dolárovú hodnotu *stop-lossu* pri veľkosti pozície 1 *lot*. K tomuto účelu slúži rozdiel medzi otváraciou a uzatváraciou cenou, veľkosť pozície pred zmenou rizika a veľkosť pôvodnej straty alebo zisku **3.1**.

$$SS = \left(\frac{\frac{|P|}{|D| \times K}}{S} \right) \times SL \quad (3.1)$$

- **SS** – Veľkosť *stop-lossu* v dolárovom vyjadrení.
- **P** – Veľkosť zisku alebo straty. Preto počítame s absolútnou hodnotou.
- **D** – Rozdiel medzi nákupou a predajnou cenou v absolútnej hodnote.

- **K** – Koeficient pre úpravu hodnoty. Rozdiel medzi nákupnou a predajnou cenou prevedieme do *pipsov*. Pre menové páry obchodujúce voči japonskému jenu má konštanta hodnotu 100 (Pohyb z 95.35 na 95.45 má veľkosť 10 *pipsov*). Pre ostatné hlavné menové páry má hodnotu 10 000 (Pohyb z 1.2305 na 1.2325 má veľkosť 20 *pipsov*).
 - **S** – Veľkosť pôvodnej pozície v *lotoch*.
 - **SL** – Veľkosť *stop-lossu* v *pipsoch*.
- Výsledná veľkosť pozície v *lotoch* bude podiel riskovanej sumy a dolárovej hodnoty *stop-lossu*.

V aplikácii sa nachádza implementácia týchto modelov: *Fixná suma*, *Konštantná hodnota*, *Fixný risk*, *Kellyho kritérium* a *Fixný pomer*. Nevýhodou v tomto prípade je obmedzená možnosť spätne porovnať výsledky s výstupom z testera stratégií platformy *MetaTrader*. V momente zmeny rizika dochádza k prepočítaniu veľkosti na základe rozdielu nákupnej a predajnej ceny. Ako bolo spomenuté, nemáme možnosť zahrnúť hodnotu rolovania do našich výsledkov. Rozdiely vo výsledných hodnotách sú podstatne presnejšie ako spustenie toho istého obchodného systému v platforme *MetaTrader* viackrát za sebou. Hlavnou devízou tejto aplikácie je konštantnosť výsledkov.

Generátor fiktívnych obchodov

Aby sme neboli obmedzení konkrétnou vzorkou obchodných systémov, aplikácia ponúka aj automatické generovanie obchodov. Ako vstupné parametre zadáme počet obchodov, hodnotu ziskového obchodu, hodnotu stratového obchodu a úspešnosť systému. Práve podľa zadanej úspešnosti systému sú generované pseudonáhodné čísla. Výstupnú množinu obchodov môžeme opäť analyzovať a uplatňovať na ňu rôzne modely.

Ukladanie výsledkov

Doplňujúcu funkčnosť predstavuje serializácia a deserializácia výsledkov. Zaujímavú kombináciu parametrov si uložíme do súboru vo formáte XML.

Kapitola 4

Testovanie a analýza obchodných výsledkov

Testovacia množina obchodov pozostáva z:

- výsledkov *AOS* na historických dátach
- výsledkov manuálneho obchodovania

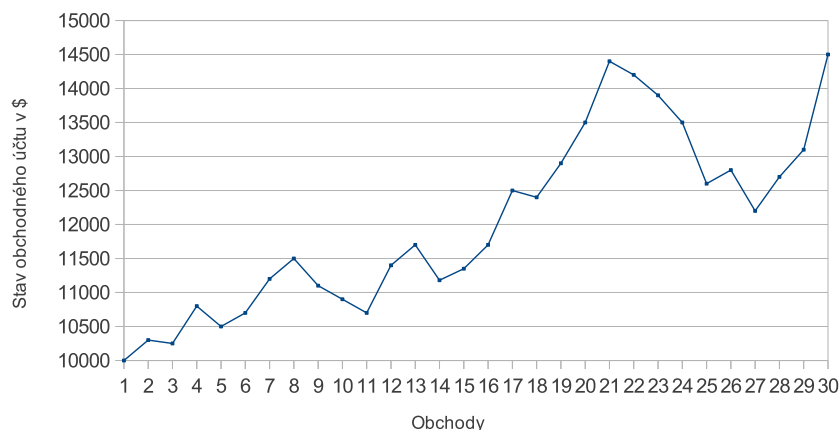
4.1 Úvod do analýzi výsledkov

Pred samotným testovaním si bližšie predstavíme teoretické základy potrebné pre pochopenie problematiky testovania obchodných systémov.

4.1.1 Typy výsledných equity kriviek systému

Equity krivka predstavuje grafickú reprezentáciu zmeny hodnoty obchodného účtu počas určitej časovej periódy. Keďže tento pojem nemá ustálený slovenský názov, budeme používať sčasti prebratý názov z anglického jazyka. *Equity krivky* môžu mať rozdielne grafické vyobrazenie [13]. Pre lepšie pochopenie som k niektorým typom grafov priložil vizuálne predstavenie konkrétneho typu. Množina fiktívnych dát je pri všetkých grafoch rovnaká.

Jednoduchá equity krivka Prezentuje obchodné výsledky na báze obchod za obchodom. Horizontálna os sa nepoužíva na vyobrazenie času, ale označuje čísla konkrétnych uzatvorených obchodov (obr. 4.1). Tento typ *equity krivky* je použitý aj v našej aplikácii.

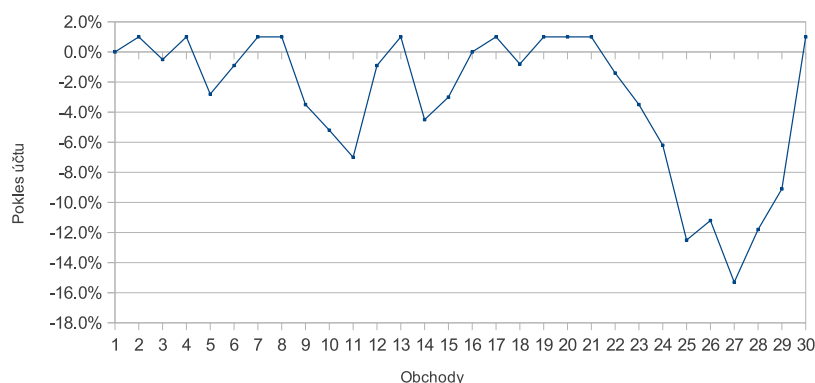


Obrázek 4.1: Ukážka jednoduchej *equity krivky*.

Detailná equity krivka Ponúka detailnejší pohľad dovnútra obchodného systému. Tento graf zobrazuje pri každom uzavretom obchode aktuálnu hodnotu obchodného účtu. Do tejto hodnoty sa započítavajú aj aktuálne otvorené pozície. Predstavuje reálnejší pohľad pre analýzu systému, ako jednoduchá *equity krivka*. Použitie tohto typu nebolo možné, pretože *MetaTrader* ponúka iba sumár uzavretých obchodov.

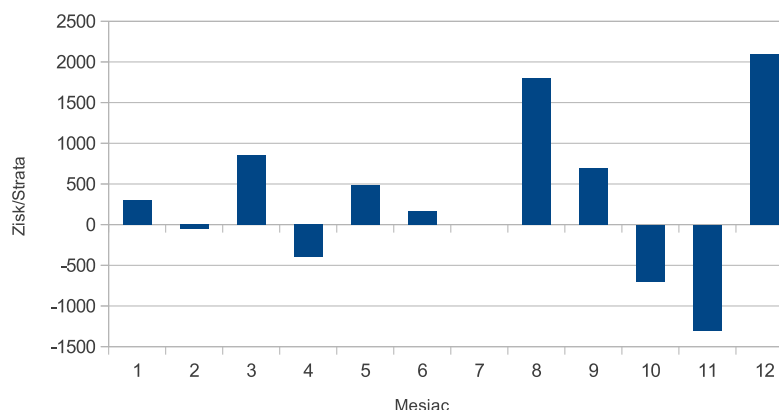
Equity krivka pre časovú periódu Zobrazuje hodnotu obchodného účtu pre špecifikovanú časovú periódu. Takisto sa do tejto krivky započítavajú aj otvorené obchody. Nie sú zobrazené jednotlivé obchody, ale súhrn obchodných výsledkov v určitom čase.

Podvodná equity krivka Ponúka pesimistický pohľad na výkonnosť systému v čase. Každý bod nad nulovou hranicou predstavuje novú maximálnu úroveň *equity krivky*. Záporné hodnoty medzi dvoma vrcholmi predstavujú pokles účtu oproti poslednému vrcholu. Môžeme teda pozorovať poklesy a dĺžku ich trvania (obr. 4.2).



Obrázek 4.2: Ukážka podvodnej *equity krivky*. Nové maximá sú značené vo forme 1% a poklesy podľa úrovne poklesu.

Priemerná mesačná equity krivka Je založená na vyobrazení celkového zisku alebo straty pre konkrétny mesiac. Slúži teda ako súhrnná štatistika. Nemusí sa jednať o mesačný súhrn (obr. 4.3). Na podobnom princípe môžeme aplikovať tento typ aj pre týždenný alebo ročný súhrn aktuálneho zostatku účtu.



Obrázek 4.3: Ukážka mesačnej distribúcie ziskov a strát. Zobrazenie predstavuje zisk alebo stratu v konkrétnom mesiaci.

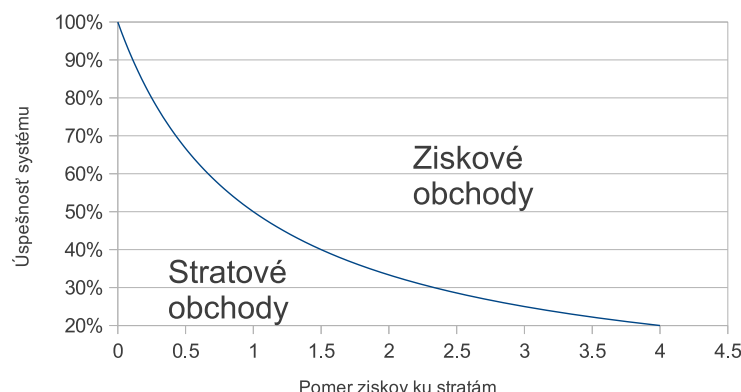
4.1.2 Štatistické údaje o obchodnom systéme

Pri analýze systému vychádzame z dostupnej vzorky obchodov. Predstavíme si základné a najviac používané štatistické ukazatele [12] .

Absolútny profit Predstavuje nárast obchodného účtu. Je to rozdiel medzi súčtom ziskových obchodov a súčtom stratových obchodov.

Percentuálna úspešnosť Pomer počtu ziskových obchodov ku stratovým.

Pomer ziskov ku stratám Z obchodných výsledkov vypočítame priemernú veľkosť ziskového obchodu a stratového obchodu. Pomer medzi priemerným ziskovým a priemerným stratovým obchodom predstavuje výsledok. Hodnota menšia ako 1.0 nepredstavuje zákonite stratový systém. Úspešnosť systému 60 % nám zabezpečí aj pri pomere 1:1 ziskové obchodovanie. Hranicu určuje nasledujúci obrázok (obr. 4.4). Hodnoty nad krivkou sú ziskové.



Obrázek 4.4: Závislosť medzi percentuálnou úspešnosťou systému a veľkosťou ziskových obchodov.

Maximálny pokles účtu Existuje viacero sporných definícií. Pri určovaní vychádzame z 3 bodov. Určíme aktuálne lokálne maximum. Lokálne minimum predstavuje minimálnu hodnotu medzi predchádzajúcim lokálnym maximom a hodnotou, ktorá prekonáva predošlé maximum. Je to rozdiel medzi lokálnym maximom a lokálnym minimom, pokiaľ nevznikne nové maximum. Rozdiel medzi predchádzajúcim maximom a minimom predstavuje daný pokles.

Ak je tento pokles väčší, ako ktorýkoľvek doteraz zaznamenaný, našli sme nový maximálny pokles účtu. Tento pokles môžeme evidovať

- v hodnote konkrétnej meny – pri poklese z 40 jednotiek na 10 jednotiek predstavuje maximálny pokles 30 jednotiek.
- v percentuálnom vyjadrení – pri rovnakých podmienkach bude pokles vyjadrený hodnotou 75 %.

Nevýhodou maximálneho poklesu je práve jedna výsledná hodnota. Ďalšie poklesy môžu predstavovať podobné výsledky. Na druhej strane môže byť tento pokles jediný, a ostatné budú dosahovať iba zlomok z tejto hodnoty. Maximálny pokles sa takisto využíva na určenie robustnosti systému. Pokiaľ je menší ako 10 % z celkového zisku systému, disponujeme veľmi kvalitným systémom. Tento postup má samozrejme svoje úskalía. Pri nízkych výnosoch môžeme súhlasiť. Pri zisku 900 % z počiatočného vkladu by maximálny pokles podľa predošlého tvrdenia mohol byť 90 %. Takýto pokles je samozrejme neprijateľný. Aplikovanie tohto pravidla nie je vhodné za každých okolností.

Priemerný pokles účtu Výpočet prebieha podobne ako pri maximálnom poklese účtu. Každý pokles zaznamenáme a nakoniec vypočítame aritmetický priemer z týchto čiastkových poklesov. V praxi sa zvykne využiť pomer medzi priemerným a maximálnym poklesom.

Profit faktor Určuje množstvo peňazí, ktoré priemerne získame za každý stratený dolár. Konkrétny výpočet má tvar:

$$Profit\ Faktor = \frac{Priem.zisk \times Zisk.obchody(v\%)}{Priem.strata \times Strat.obchody(v\%)} \quad (4.1)$$

Pomer medzi najväčším ziskom a priemerným ziskom Slúži k určeniu relevantnosti extrémnych hodnôt vybočujúcich zo štatistickej vzorky. Ak je maximálny zisk viac ako 4-krát väčší ako priemerný zisk, nemali by sme mu prikladať príliš veľkú váhu. Pravdepodobne sa jedná o šťastie a určitú odchýlku. Na druhej strane, keď je maximálny zisk menej ako 3-krát veľký ako priemerný zisk, máme vyšší potenciál výskytu takýchto obchodov aj v budúcnosti. Dôležitejšie je venovať úsilie analýze stratových obchodov.

Kontinuálny počet strát v rade Na základe tohto ukazateľa môžeme definovať približnú distribúciu ziskov ale aj strát. Je to veľmi dobrý pomocník pri skúmaní cyklicky sa opakujúcich ziskov v našom systéme.

4.2 Obchodné výsledky bez použitia modelov

Cieľom práce nie je vytvoriť ideálny obchodný systém a následne analyzovať jeho parametre. Zmyslom je analýza výsledkov, ktorých *equity krivka* má členitý reliéf. Preto boli z obchodnej platformy *MetaTrader* vyexportované výsledky, ktoré ponúkajú pestrú paletu obchodov. Testovanie prebiehalo na automatickom obchodnom systéme a manuálne obchodovanom systéme. Tieto systémy pracujú na rozdielnom princípe a rozdielnych menových pároch.

Z kapacitných dôvodov nie je možné zahrnúť do tejto práce všetky testované systémy. Z niekoľko stoviek kombináci bola vybratá reprezentatívna vzorka, na ktorej bližšie demonštrujeme dosiahnuté výsledky. Tieto systémy pracovali na iných princípoch aj nad rozdielnym časovým obdobím.

4.2.1 Výsledky automatického obchodného systému

Automatický obchodný systém, ktorý bol testovaný na menovom páre EUR/USD. Testy prebiehali od 1.6.2006 až do 1.6.2012. Časový rámec grafu bol 30 minút. Systém sa nachádza v zdrojových súboroch aj s konkrétnymi parametrami. Veľkosť obchodnej pozície bol 1 *lot*. Veľkosť maximálnej straty bola nastavená na 70 *pips*ov. Presné štatistiky nájdeme v tabuľke 4.1.

Počiatočný kapitál (v \$)	10000
Počet obchodov	592
Absolútny zisk (v \$)	81722
Priemerný obchod (v \$)	138.04
Štandardná odchýľka (v \$)	757.11
Maximálny pokles (v \$)	20878
Maximálny pokles (v %)	41.38
Pomer ziskov a strát	1.03
Percentuálna úspešnosť systému (v %)	59.62
Profit faktor	1.529

Tabulka 4.1: Štatistiky pre automatický systém.

Priebeh *equity krivky* môžeme vidieť na obrázku C.11. Množina obchodov v tomto systéme nám zaručuje relevantnosť výsledkov. Počas testovacieho obdobia systém prekonal 1 výrazný pokles. Priemerný obchod dosahuje menej ako 20 % štandardnej odchýľky.

4.2.2 Výsledky manuálne obchodovaného systému

Tento obchodný systém zahŕňa obchodovanie veľkého množstva menových párov. Systém bol manuálne obchodovaný na základe cenových formácií v cenovom grafe. Veľkosť pozície pre každý obchod bol 1 *lot*. Obchodovanie prebiehalo od 1.3.2013 do 25.3.2013. Veľkosť maximálnej straty bola približne 20 *pipsov*. Presné štatistiky nájdeme v tabuľke 4.2.

Počiatočný kapitál (v \$)	10000
Počet obchodov	78
Absolútny zisk (v \$)	5172
Priemerný obchod (v \$)	66.31
Štandardná odchýľka (v \$)	332.85
Maximálny pokles (v \$)	2048.67
Maximálny pokles (v %)	13.64
Pomer ziskov a strát	1.809
Percentuálna úspešnosť systému (v %)	48.71
Profit faktor	1.718

Tabulka 4.2: Štatistiky pre manuálny systém.

Priebeh *equity krivky* môžeme vidieť na obrázku C.1. Počet obchodov je 78. Tento počet nemôžeme považovať za hodnotnú štatistickú vzorku. Maximálny pokles je pre obchodníka s menším účtom na prijateľnej úrovni. Systém dosahuje veľmi dobré zhodnotenie prekračujúce hodnotu 50 %.

4.3 Obchodné výsledky s použitím rôznych modelov

Pri testovaní na rôznych modeloch nebudeme vypisovať podrobné údaje o každom systéme. Využijeme grafické zobrazenie dát pri rôznych úrovňach riskovaného kapitálu. Testovaciu vzorku tvoria:

- Automatický obchodný systém 4.2.1
- Manuálne obchodovaný systém 4.2.2

Tieto systémy budú postupne testované týmito *position sizing* modelmi:

- *Fixný risk* 1.3.2
- *Fixný pomer* 1.3.2
- *Kellyho kritérium* 1.3.2

Pre všetky systémy a modely sme zhotovili 3 rôzne grafy závislosti:

- **Koncový stav účtu a rôzne hladiny risku.** Každý model má iné parametre pre zmenu úrovne risku. Tento graf ako jediný obsahuje priamky spájajúce jednotlivé body. Vyjadruje totiž sekvenčne zmenu rizika a nemôže nadobúdať 2 rôzne hodnoty (vertikálna os) pre 1 konkrétne riziko (horizontálna os).
- **Koncový stav účtu a maximálny pokles účtu.** Najväčší celkový zisk nie je synonymom pre kvalitný systém. Preto sledujeme aj maximálnu stratu v závislosti na celkovom zisku.
- **Koncový stav účtu a pomer medzi maximálnym poklesom účtu a priemerným poklesom účtu.** Hodnota je užitočná v prípade ak maximálny pokles účtu bola odchýlka od celkového priebehu *equity krivky*.

4.3.1 Fixný risk

Testy prebiehali pri zvyšovaní rizika o 1 %. Pri risku viac ako 20 % z aktuálneho zostatku účtu boli systémy stratové. Z tohto dôvodu sme s hodnotami za touto hranicou nepočítali.

Manuálne obchodovaný systém Systém dosahoval aj bez zvýšeného rizika maximálny pokles prekračujúci hranicu 10 %. Pri určení maximálneho poklesu účtu sme schopný zistiť koncový stav účtu (príloha C.3). Maximálnej hodnoty dosahoval účet pri risku približne 14 % (príloha C.2). Pri takomto risku systém vykazuje maximálny pokles účtu až 93 %. Najvyšší zisk systém dosiahol v bode, keď pomer maximálneho poklesu a priemerného poklesu mal hodnotu približne 3.4 (príloha C.4).

Automatický obchodný systém Maximálnej hodnoty dosahoval účet pri risku približne 9 % (príloha C.12). Podobne ako v predchádzajúcom systéme je maximálny zisk dosiahnutý pri maximálnom poklese účtu približne 96 % (príloha C.13). Zmenila sa ideálna hodnota medzi maximálnym a priemerným poklesom účtu pre optimalizáciu koncového stavu účtu (príloha C.14).

4.3.2 Fixný pomer

Pri tomto modeli sa udáva dôležitý parameter *delta*, ktorý nám určuje hodnotu skoku. Táto hodnota bola u testovaných systémoch rozdielna.

Manuálne obchodovaný systém Pri tomto systéme platí pravidlo vyšších možných ziskov pri zmenšení hodnoty skoku. Účet môže expandovať s rýchlejšie sa zvyšujúcim počtom obchodovaných *lotov*. Hodnota skoku bola nastavená na 100 % (príloha C.5). Najvýhodnejší pomer maximálneho poklesu a priemerného poklesu účtu je 3.2 (príloha C.7). Maximálny pokles vyše 80 % generuje najvyšší koncový stav účtu (príloha C.6).

Automatický obchodný systém Podobne ako pri manuálnom systéme dosahuje tento systém najlepšie výsledky pri čo najnižšej hodnote skoku *delta*. Hodnota skoku bola nastavená na 1000 % (príloha C.15). Najvýhodnejší pomer maximálneho poklesu a priemerného poklesu účtu sa zmenil. Ideálna hodnota je približne 3.7 (príloha C.17). Maximálny dosiahnutý pokles účtu bol téměř 85 % (príloha C.16).

4.3.3 Kellyho kritérium

Vzorec pre výpočet tohto modelu vyžaduje ziskovosť systému a pomer medzi priemerným ziskovým a priemerným stratovým obchodom. Neudávame ďalšie parametre. Obchodník Van Tharp odporúča hodnotu približne 80 % z výsledku. Testovanie prebiehalo s využitím celej percentuálnej stupnice, pričom skok predstavoval zmenu o 5 %.

Manuálne obchodovaný systém Pri použití 70 % z hodnoty výsledku rizika systém dosiahol svoje maximum. Zvýšenie hodnoty viedlo k deštruktívnym účinkom na koncový stav účtu (príloha C.8). Ďalšie hodnoty nájdeme v prílohe C.9 a C.10.

Automatický obchodný systém Pri tomto systéme je odchýlka od odporúčanej hodnoty *Kellyho kritéria* veľmi veľká. Najvyšší zisk dosiahol systém pri použití iba 45 % z hodnoty *Kellyho kritéria* (príloha C.18). Najvýhodnejší pomer maximálneho poklesu a priemerného poklesu účtu je 2.7 (príloha C.20). Najvyšší koncový stav účtu bol dosiahnutý pri maximálnom poklese účtu o viac ako 96 % (príloha C.19).

Z týchto výsledkov môžeme vyvodiť niekoľko záverov. Použitie *Kellyho kritéria* predstavuje príliš agresívny prístup k obchodovaniu. Zaujímavé výsledky na druhej strane poskytuje *Fixný risk*. Pre konzervatívneho obchodníka je vhodný model *Fixný pomer*. Veľkosť pozície pri tomto modeli neexpanduje tak rýchlo, ako hodnota obchodného účtu.

Kapitola 5

Automatické vyhodnotenie rizika pre obchodný systém

V predchádzajúcej časti sme si predstavili základné ukazatele pri analýze obchodného systému. Pre ľudí, ktorí tejto problematike nevenujú úsilie, je vhodnejšia určitá forma automatizácie.

Na základe predchádzajúcich výsledkov kategorizujeme obchodný systém. Vyhodnocovanie rizika môže prebiehať 2 spôsobmi:

- Testovanie výsledkov obchodného systému pri použití rôznych *position sizing* modelov s rôznymi parametrami. Užívateľ si nastaví jednotlivé hodnoty, ktoré požaduje od výsledného upraveného systému. Zo všetkých možných kombinácií je vybraná tá, ktorá spĺňa užívateľove požiadavky. Tento postup má však svoje úskalía. Riziko je v tomto prípade preoptimalizované na konkrétnu množinu obchodov. Drobné odchýlky v budúcnosti výsledkoch neprijemne ovplyvnia obchodný účet.
- Kategorizácia obchodného systému na základe obchodných výsledkov. V tomto prípade nie je nutné testovanie rôznych modelov s rôznymi parametrami. Veľkosti obchodných pozícií upravíme na konštantnú hodnotu pomocou modelu *Fixná veľkosť*. Podľa štatistických ukazovateľov systému ohodnotíme konkrétny obchodný systém. Táto metodika má oproti predchádzajúcej jednu výhodu. Dokážeme určiť robustnosť systému bez nutnosti dodatočných testov. Nie je však možné zaručiť podobný vývoj výsledkov aj v budúcnosti. Miera preoptimalizácie sa vďaka všeobecnejšej klasifikácii znižuje na rozumnú úroveň.

5.1 Určenie objektívnych cieľov

Obchodník by sa mal na začiatku zamerať na určenie cieľov. Niekomu vyhovuje vysoké riziko a záujem o maximalizáciu absolútneho profitu aj napriek vyšším čiastočným stratám. Ďalší obchodník nemusí disponovať dostatočnou averziou voči riziku a vyhovuje mu minimalizácia rizika za cenu nižšieho zisku. Vymedzenie cieľov je preto v obchodovaní kľúčové. Po vytvorení a otestovaní obchodného systému môžeme tieto ciele konfrontovať s výsledkami na historických dátach.

5.2 Ohodnotenie obchodného systému

Nie je jednoduchý cieľ získať relevantné ohodnotenie obchodného systému. V prvom rade si musíme určiť naše očakávania od kvalitného systému. V predchádzajúcej časti sme načrtli nutnosť pravidelnej distribúcie ziskov. V momente, keď je výsledná krivka systému veľmi členitá, je náročné uplatniť niektorý z *position sizing* modelov. Najvýhodnejší je obchodný systém, ktorého krivka má čo najmenšie odchýlky od priemernej hodnoty.

Hodnotiace metódy od najjednoduchších a veľmi nepresných až po sofistikovanejšie zoradené vzostupne [15]:

- **Úspešnosť systému v %** – Nepresná hodnotiacia metóda. Vysoká úspešnosť nezaručí ziskové obchodovanie. Tento prípad môže nastať, ak je priemerná strata v nepriaznivom pomere k priemernému zisku.
- **Očakávanie** – Odstraňuje predošlý nedostatok a zahŕňa úspešnosť systému aj pomer ziskov a strát. V prípade 2 podobných hodnôt je uprednostnený systém s vyššou percentuálnou úspešnosťou.
- **Očakávanie násobené počtom obchodov** – Vylepšuje predchádzajúcu metódu. Očakávanie vynásobíme počtom obchodov, ktoré priemerne urobíme za mesiac. Takto sme schopný približne určiť priemernú mesačnú distribúciu ziskov a strát.
- **Maximálna možnosť straty** – Využíva simuláciu výsledkov. Jednotlivé obchody usporiadame v ľubovoľno poradí a skúmame, aký je vplyv tejto zmeny na maximálny pokles obchodného účtu.
- **Využitie štatistiky na ohodnotenie systému** – Veľmi dobrá hodnotiacia metóda, ktorú vyvinul Van Tharp. Skúma pomer očakávaného zisku na 1 obchod a odchýlky aktuálneho stavu účtu od priemernej hodnoty 1 obchodu. Výsledok nazval $SQN^{\text{®}}$ - *System Quality Number*.

$$SQN^{\text{®}} = \left(\frac{Exp}{StdDev} \right) \times \sqrt{C} \quad (5.1)$$

- **Exp** – Očakávaný zisk na 1 obchod. Celkový zisk je vydelený počtom obchodov. Autor odporúča výslednú hodnotu vydeliť priemernou stratou na 1 obchod.

$$Exp = \frac{\frac{Priem.zisk}{Priem.strata} \times Zisk.obchody(v\ \%)}{Priem.strata} \quad (5.2)$$

- **StdDev** – Štandardná odchýlka. Menšia hodnota znamená stabilnejší systém.
- **C** – Počet uskutočnených obchodov. V prípade, ak počet obchodov je viac ako 100, autor odporúča pracovať práve s hranicou 100 obchodov. Pri veľmi veľkom počte obchodov totiž dochádza ku skresleniu ukazateľa $SQN^{\text{®}}$.

Hodnotu $SQN^{\text{®}}$ je potreba nejakým spôsobom kategorizovať. Autor tohto postupu vytvoril nasledujúcu stupnicu (obr. 5.1).

$SQN^{\text{®}}$	Ohodnotenie systému
< 1.0	Obtiažne na obchodovanie
1.01 - 2.00	Priemerný systém (štatisticky významná hodnota je 1.7)
2.01 - 3.00	Dobrý systém
3.01 - 5.00	Excelentný systém
5.01 - 7.00	Superb systém (niekoľko ich existuje)
7.01	Svätý grál

Tabulka 5.1: Slovné vyjadrenie konkrétnych hodnôt $SQN^{\text{®}}$.

Narozdiel od prechádzajúcich klasifikácií ponúka hodnota $SQN^{\text{®}}$ presnejšie určenie výkonnosti systému.

5.2.1 Vlastné ohodnotenie obchodného systému

Ohodnotenie systému pomocou $SQN^{\text{®}}$ čísla prináša so sebou určité úskalia. Pri zvýšení rizika použitím niektorého *position sizing* modelu je táto hodnota degradovaná. V momente, keď veľkosť obchodných pozícií prestáva byť konštantná, narastá aj hodnota štandardnej odchýlky vo výsledkoch. Z tohto dôvodu je výsledná hodnota nižšia. Rozhodol som sa pre zavedenie vlastnej metodiky ohodnotenia obchodného systému.

Z dostupných štatistických ukazateľov som vybral *profit faktor* a priemerný pokles účtu. *Profit faktor* skúma množstvo získaných prostriedkov za každý investovaný dolár. Priemerný pokles účtu informuje o členitosti *equity krivky*. Samotný pomer týchto 2 ukazateľov nepri-náša požadované výsledky. Riešenie je priradiť *profit faktor* väčšiu váhu ako priemernému poklesu. Výsledný vzorec má tvar:

$$PFD = \frac{P^2}{\sqrt{D}} \quad (5.3)$$

- **PFD** – Výsledná hodnota.
- **P** – Profit faktor.
- **D** – Priemerný pokles účtu.

Pre túto metódu zvolíme pracovný názov *PFD* (odvodený od pojmu *profit faktor* a anglického pomenovania pre pokles - *drawdown*). Porovnanie $SQN^{\text{®}}$ čísla a mojej metódy (*PFD*) pomocou fiktívnych výsledkov môžeme vidieť v nasledujúcej tabuľke (tabuľka 5.2).

Počet obchodov	500	Počet obchodov	500
Úspešnosť systému (v %)	54	Úspešnosť systému (v %)	54
Pomer ziskov a strát	1.6	Pomer ziskov a strát	1.6
Použitý model	-	Použitý model	Fixný risk
Parameter modelu	-	Parameter modelu	3 %
Počiatočný stav účtu (v \$)	10000	Počiatočný stav účtu (v \$)	10000
Koncový stav účtu (v \$)	30200	Koncový stav účtu (v \$)	2853379
Maximálny pokles účtu (v %)	7.28	Maximálny pokles účtu (v %)	20.32
SQN [®] číslo	0.98	SQN [®] číslo	0.55
PFD	3.25	PFD	1.45

Tabuľka 5.2: Porovnanie SQN[®] čísla a vlastnej metódy PFD na fiktívnych výsledkoch vygenerovaných mojou aplikáciou. Vľavo je tabuľka pre základný systém. Vpravo je tabuľka systému, ktorý používa *position sizing* model.

Podľa čísla SQN[®] sa jedné o podpriemerný systém, pričom PFD ho považuje za kvalitný. Túto kvalitu potvrdzuje aj výsledok po použití *position sizing* modelu *Fixný risk*. Hodnota 3 % z aktuálneho zostatku obchodného účtu nebola zvolená náhodne. Podľa PFD som túto hodnotu (3.25) použil ako parameter pre *Fixný risk*. Maximálny pokles účtu je vzhľadom na celkový zisk v dobrom pomere.

5.3 Aplikovanie automaticky určeného rizika na testované obchodné systémy

Vychádzajme z predpokladu, že hodnota, ktorú vyprodukuje PFD, bude slúžiť ako parameter pre *position sizing* model *Fixný risk*. Nebude dôležitý výber modelu, ale iba výber konkrétneho parametru určujúceho riziko. V ďalších tabuľkách (tabuľka 5.3 a tabuľka 5.4) si ukážeme, aké výsledky sme dosiahli pri testovaní skutočných obchodných systémov.

Počet obchodov	592	Počet obchodov	592
Úspešnosť systému (v %)	59.62	Úspešnosť systému (v %)	59.62
Pomer ziskov a strát	1.03	Pomer ziskov a strát	1.03
Použitý model	-	Použitý model	Fixný risk
Parameter modelu	-	Parameter modelu	1 %-
Počiatočný stav účtu (v \$)	10000	Počiatočný stav účtu (v \$)	10000
Koncový stav účtu (v \$)	91722	Koncový stav účtu (v \$)	29838
Maximálny pokles účtu (v %)	41.38	Maximálny pokles účtu (v %)	26.09
SQN [®] číslo	0.57	SQN [®] číslo	0.51
PFD	0.75	PFD	1.08

Tabuľka 5.3: Porovnanie SQN[®] čísla a vlastnej metódy PFD na AOS. Vľavo je tabuľka pre základný systém. Vpravo je tabuľka systému, ktorý využíva *position sizing* model.

Automatický obchodný systém mal vysoký maximálny pokles účtu aj pri použití veľkosti pozície 1 *lot*. Z tohto dôvodu hodnotíme pozitívne zmenšenie pôvodnej pozície kvôli snahe o zmenšenie poklesov účtu. V prípade menej stabilného systému s vysokým maximálnym

poklesom účtu dokáže *PF**D* odporúčiť zníženie rizika pre obchodovanie. Hodnota *SQN*[®] čísla je menšia ako hodnota *PF**D*.

Počet obchodov	78	Počet obchodov	78
Úspešnosť systému (v %)	48.71	Úspešnosť systému (v %)	48.71
Pomer ziskov a strát	1.81	Pomer ziskov a strát	1.81
Použitý model	-	Použitý model	Fixný risk
Parameter modelu	-	Parameter modelu	2 %
Počiatočný stav účtu (v \$)	10000	Počiatočný stav účtu (v \$)	10000
Koncový stav účtu (v \$)	15172	Koncový stav účtu (v \$)	15996
Maximálny pokles účtu (v %)	13.63	Maximálny pokles účtu (v %)	19.47
<i>SQN</i> [®] číslo	1.76	<i>SQN</i> [®] číslo	1.53
Moje hodnotenie	1.61	Moje hodnotenie	1.16

Tabuľka 5.4: Porovnanie *SQN*[®] čísla a vlastnej metódy *PF**D* na manuálne obchodovanom systéme. Vľavo je tabuľka pre základný systém. Vpravo je tabuľka systému, ktorý využíva *position sizing* model.

Pri tomto systéme nastal jeden problém s množstvom obchodov v obchodných výsledkoch systému. Po určení rizika zaokrúhleného na 2 % nemohol kvôli obmedzenej vzorke dát (78 obchodov) účet dostatočne expandovať. Výsledkom je väčší maximálny pokles účtu pri nepatrnom zvýšení koncového stavu účtu.

Z týchto testov vyplýva, že hodnota *PF**D* môže byť vhodným parametrom pri určovaní rizika ľubovoľného obchodného systému. Dôležitou podmienkou je dostatočne kvalitná vzorka obchodných výsledkov. Pri malej vzorke obchodov a 1 nízkej strate v týchto výsledkoch, poskytuje *PF**D* skreslené hodnoty.

Kapitola 6

Záver

Obchodovanie na finančných trhoch je komplexná záležitosť, ktorá sa skladá z množstva menších celkov. Táto práca sa zaoberá primárne jedným z týchto aspektov. Týmto aspektom je určovanie veľkosti obchodnej pozície za pomoci tzv. *position sizing* modelov.

Čitateľ sa v úvodnej kapitole dozvie základné informácie o automatických obchodných systémoch. V tejto kapitole sú popísané aj princípy funkčnosti jednotlivých modelov. Implementácia *AOS* a knižnice pre modely je vytvorená v jazyku *MQL4*, ktorý je štandardnou súčasťou obchodnej platformy *MetaTrader*. Počas testovania boli zistené určité nedostatky tejto platformy, ktoré ma motivovali k naprogramovaniu vlastného prostredia pre analýzu výsledkov.

Vstupnú množinu tvoria obchodné výsledky *AOS* aj manuálne obchodovaného systému. Na samotné testovanie sú vybraté 3 *position sizing* modely, pri ktorých som menil ich parametre. Aplikovaním modelov na obchodné výsledky je možné pozorovať zmeny výsledkov v závislosti od konkrétneho modelu a jeho rizika. Výstupnou množinou je grafická aj štatistická reprezentácia dosiahnutých výsledkov.

V záverečnej kapitole sú obchodné systémy kategorizované na základe štatistických ukazateľov. Cieľom tejto kapitoly je automaticky ohodnotiť robustnosť systému a na jej základe odporúčiť vhodný model s nastavením rizika. Dostupné riešenie je výpočet *SQN*[®] čísla systému podľa Van Tharpa. Táto hodnota má však svoje nedostatky, ktoré sa prejavujú pri zmene rizika obchodného systému. Preto som vytvoril vlastný vzorec pre ohodnotenie obchodného systému.

Analýza obchodných výsledkov je veľmi dôležitá súčasť, ktorá dopĺňa mozaiku úspešného obchodovania na finančných trhoch. Kvalitná analýza je úzko spätá s dostatočne rozsiahlou vzorkou obchodov.

Všetky základné body práce boli splnené. Dôležitým rozšírením je desktopová aplikácia pre presnejšiu analýzu výsledkov.

Práca má priestor pre ďalšie pokračovanie. Vlastná aplikácia by mohla vytvoriť prepojenie so živými alebo historickými dátami pre konkrétny finančný inštrument. V prípade týchto dát by sa nemusel užívateľ spoliehať iba na výsledky, ktoré mu poskytuje *broker*. Mal by možnosť využiť ďalšie modely, ktoré si vyžadujú presnejšie informácie o konkrétnom obchode. Týmto spôsobom možno významne rozšíriť funkčnosť o nové prvky analýzi.

Literatura

- [1] Automated Trading with MetaTrader 4. [cit. 2013-04-20], [online].
URL http://www.metaquotes.net/en/metatrader4/automated_trading
- [2] Best Forex Trading: What are the Common Types of Expert Advisors? [cit. 2013-04-27], [online].
URL <http://www.ikonfx.com/forexblog/forex-expert-advisor/>
- [3] General Characteristics of Complex Programs. [cit. 2013-04-27], [online].
URL <http://book.mql4.com/special/index>
- [4] Glosář. [cit. 2013-04-25], [online].
URL <http://www.financnik.cz/wiki/glosar>
- [5] Historie burz. [cit. 2013-04-27], [online].
URL <http://www.penize.cz/15865-historie-burz>
- [6] Java Platform, Standard Edition 7 API Specification. [cit. 2013-04-10], [online].
URL <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/>
- [7] JFreeChart API Documentation. [cit. 2013-04-10], [online].
URL <http://www.jfree.org/jfreechart/api.html>
- [8] Rolování. [cit. 2013-04-27], [online].
URL <https://www.patria-forex.cz/obchodniInfo/rolovani.html>
- [9] Special Functions. [cit. 2013-04-27], [online].
URL <http://book.mql4.com/programm/special>
- [10] Bryant, M. R.: Fixed Ratio Position Sizing. [cit. 2013-04-27], [online].
URL <http://www.adaptrade.com/Articles/article-frps.htm>
- [11] Elder, A.: *Tradingem k bohatství*. Impossible, 2006, ISBN 80-239-7048-8, 305 s.
- [12] Jones, R.: *The Trading Game*. Wiley, první vydání, 1999, ISBN 978-0471316985, 256 s.
- [13] Jurik, M.: *Computerized Trading: Maximizing Day Trading and Overnight Profits*. New York Institute of Finance, první vydání, 1999, ISBN 978-0735200777, 432 s.
- [14] Podhájský, P.: Mechanický vs. diskrétní přístup k obchodování. [online]. [cit. 2013-05-04].
URL http://www.financnik.cz/komodity/fin_obchod/mechanicke-vs-diskrecni-obchodovani.html

- [15] Tharp, V.: *Definitive Guide To Position Sizing*. International Institute of Trading Mastery, 2008, ISBN 978-0935219098, 400 s.

Příloha A

Slovník pojmov

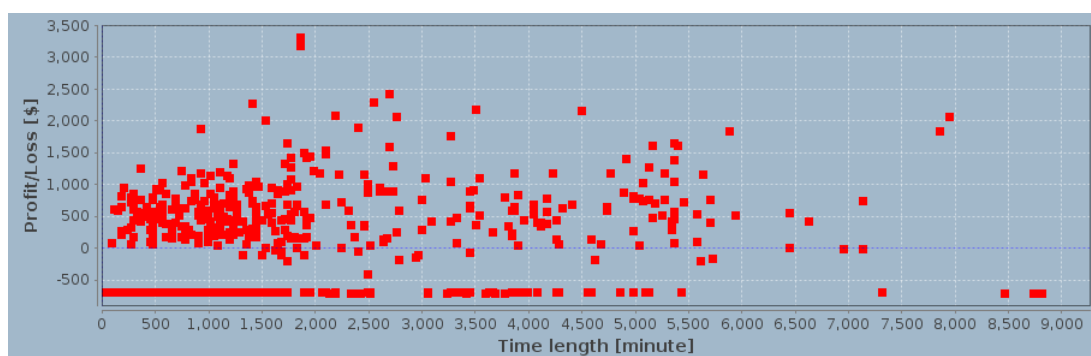
Kvôli dostupnosti dát sa budeme pri analýze obchodných výsledkov zameriavať na prostredie obchodovania s menovými pármí. Bližšie si priblížime niektoré pojmy dôležité pre prostredie menových párov ale aj všeobecné burzové výrazy [4].

- **AOS** – Automatický obchodný systém. Umožňuje obchodovanie bez dodatočného zásahu užívateľa. V anglickej literatúre sa vyskytuje slovné spojenie expert advisor.
- **broker** – Sprostredkovateľ pre nákup a predaj finančných produktov.
- **equity krivka** – Krivka nášho obchodného systému. Vertikálna os reprezentuje aktuálny zostatok na účte. Horizontálna os jednotlivé obchody, alebo časové obdobia.
- **forex** – Medzinárodný devízový trh určený na obchodovanie s menovými pármí. Nemá centralizovanú burzu. Je to systém vzájomne prepojených bánk, poisťovní, investičných spoločností, atď.
- **leverage** – Prostredie menových párov neposkytuje tak veľké pohyby ako napríklad akcie. Tento fakt je kompenzovaný finančnou pákou. Jej hodnota nám určuje aké veľké množstvo prostriedkov môžeme ovládať s naším kapitálom. Pri kapitále 1000 \$ a finančnej páke 20:1 je pre obchodovanie dostupných 20 000 \$
- **lot** – Základná jednotka pre objem obchodu. *Lot* predstavuje 100 000 jednotiek konkrétnej meny. Podobný ekvivalent pre obchodovanie komodít je 1 kontrakt. Pre spopularizovanie tohto typu obchodovania boli zavedené aj menšie jednotky. *Minilot* predstavuje 0,1 *lotu*. *Mikrolot* dokonca 0,01 *lotu*. Výhodou minilotov nie je iba možnosť obchodovať menšie pozície, ale taktiež dôslednejšie kontrolovať risk. Ak máme systém, ktorý nám určuje obchodovať s 1,5 lotoma a nemali by sme na výber menšie jednotky, museli by sme zaokrúhliť veľkosť obchodnej pozície smerom nadol na 1 *lot*.
- **margin** – Vratná záloha pomocou ktorej môžeme obchodovať 1 *lot*. Tento pojem je prepojený s vyššie vysvetlenou finančnou pákou. Čím vyššia páka, tým menší je potrebný margin na obchodovanie 1 *lotu*. Nepotrebuje teda kapitál o veľkosti 100 000 USD. Ak je požadovaný margin 10 000 USD pre 1 *lot*, tak so sumou 100 000 USD môžeme obchodovať až 10 *lotov*.
- **menový pár** – Konkrétny obchodný inštrument. Obchodovanie na forexe prebieha vo forme nákupu jednej meny a predaja druhej.

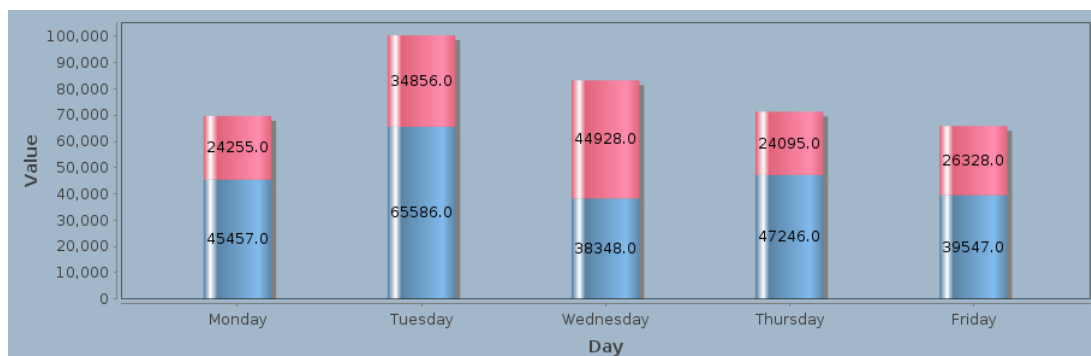
- **MetaTrader** – Obchodná platforma určená pre obchodovanie primárne menových párov. Väčšina forexových brokerov ponúka pre obchodovanie práve túto platformu.
- **money-management** – Riadenie pozície. Veľmi často je tento pojem zamienený s *position sizingom*. Pri money managemente sa zaoberáme hlavne pomerom medzi úspešnosťou systému a RRR faktorom.
- **obchodná pozícia** – Obchod určitého finančného inštrumentu. V našom prípade nákup alebo predaj určitého menového páru.
- **pip** – Základná jednotka určujúca pohyb na cenovom grafe konkrétneho menového páru. Pri hlavných menových pároch predstavuje pohyb ceny o veľkosti 0,0001. Pri obchodovaní s japonským jenom je hodnota 1 *pipsu* 0,01. Zmena menového kurzu z 1,2520 na 1,2550 predstavuje posun o 30 *pipsov*. Ak je menový pár kotovaný voči doláru, tak pohyb 1 *pip* pri veľkosti pozície 1 *lot* predstavuje zmenu o 10\$ na obchodnom účte. Pri overení naozaj platí vzťah $1 \text{ lot} \times 1 \text{ pip} (100\,000 \times 0,0001) = 10 \$$.
- **position sizing** – Určovanie veľkosti pozície na základe tzv. modelov. Tieto modely predstavujú často triviálne vzorce. Konkrétny model nám určí veľkosť nasledujúcej obchodnej pozície na základe predchádzajúcich výsledkov.
- **rolovanie anglicky rollover** – Úrok, ktorý získavame alebo platíme za obchodnú pozíciu držanú cez noc. Každá mena má konkrétnu úrokovú sadzbu. Obchodovanie na forexe predstavuje nákup jednej meny a predaj druhej. Ak má nakupovaná mena vyšší úrok ako predávaná mena, pripíše sa nám na obchodný účet kladný úrok. V opačnom prípade úrok zaplatíme z obchodného účtu. Rolovanie je počítané iba v prípade, ak je pozícia otvorená v 23h SEČ [8].
- **RRR** – Anglicky risk reward ratio alebo tiež *R-faktor*. Vyjadruje pomer medzi priemerným ziskom a priemernou stratou. Hodnota 2.45 predstavuje priemerný zisk 2.45 jednotky pri priemernej strate 1 jednotky.
- **slippage** – Sklz v plnení obchodnej pozície. Znamená to rozdiel medzi cenou, za ktorú sme vstupovali do obchodu a skutočne získanou cenou.
- **spread** – Rozdiel medzi nákupnou a predajnou cenou. Obchodník sa snaží nájsť si brokera, ktorý mu ponúka čo najnižší *spread*.
- **stop-loss** – Dopredu definovaná hranica na cenovom grafe, pri ktorej uzatvárame obchod. Hlavný cieľ je ochrana nášho kapitálu.
- **tick** – Najmenšia jednotka zobrazujúca pohyb na cenovom grafe konkrétneho menového páru. Pri module tester stratégií v platforme MetaTrader prichádza nový *tick* v závislosti na použítom časovom grafe. V prípade 30 minútového grafu prichádza *tick* periodicky každých 30 minút.
- **time frame** – Časová mierka grafu. Nová úsečka sa vykreslí za dobu určenú zvolenou časovou periódou.

Příloha B

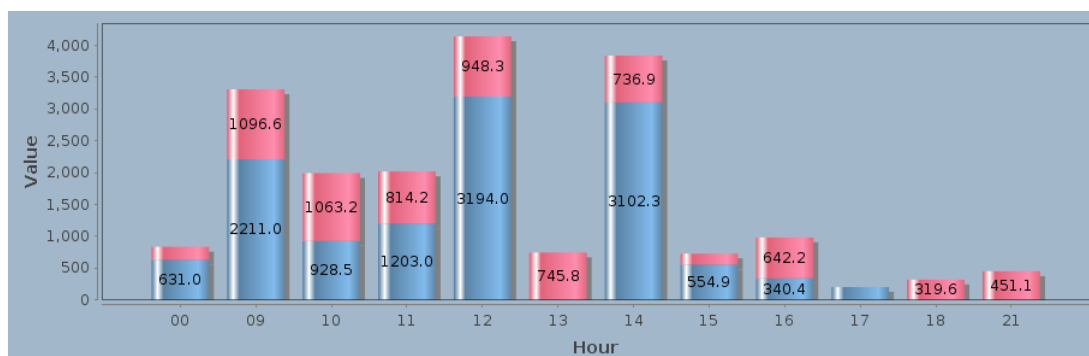
Obrázky z aplikácie



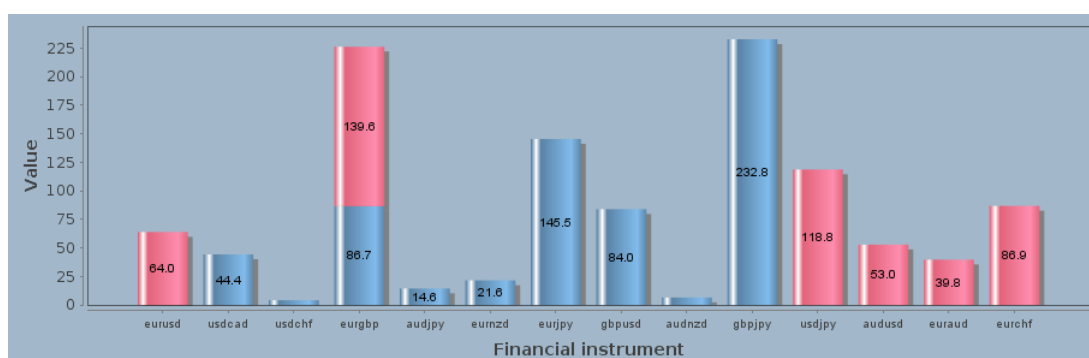
Obrázek B.1: Závislost ziskov a strát od dĺžky trvania obchodu v minútách.



Obrázek B.2: Rozdelenie ziskov a strát podľa dní. Započítaváme deň, v ktorom sme daný obchod otvorili.



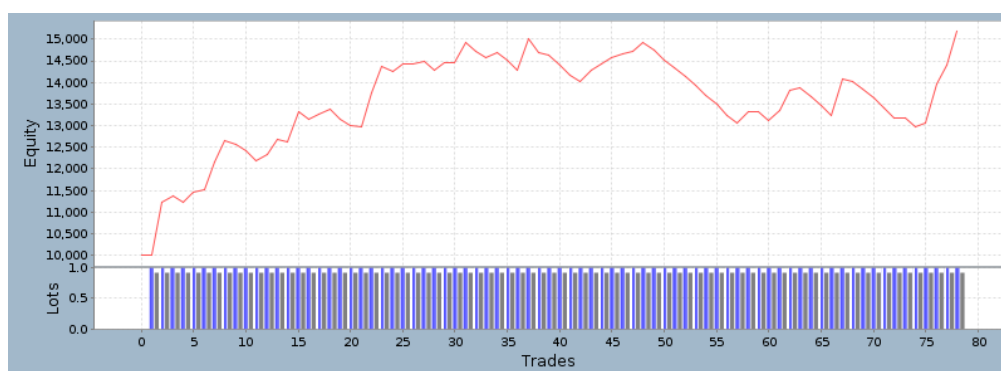
Obrázek B.3: Rozdelenie ziskov a strát podľa času, kedy bol obchod otvorený.



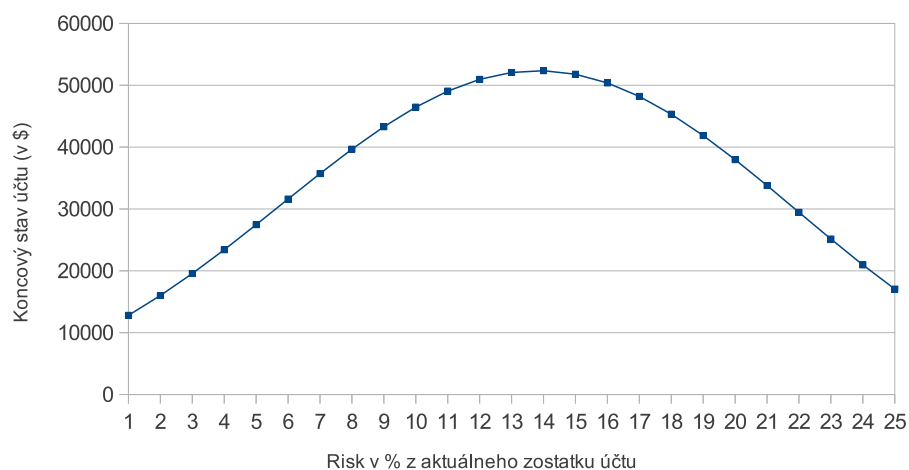
Obrázek B.4: Rozdelenie ziskov a strát podľa obchodovaného menového páru.

Příloha C

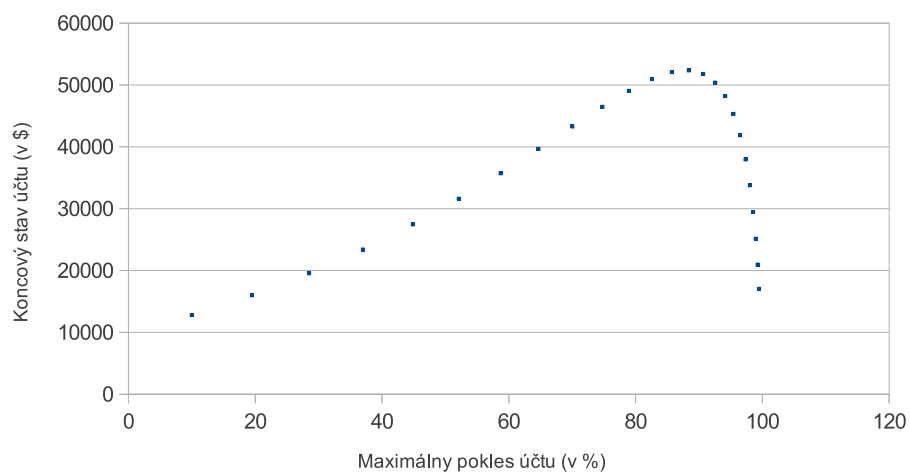
Tabulky a grafy výsledkov



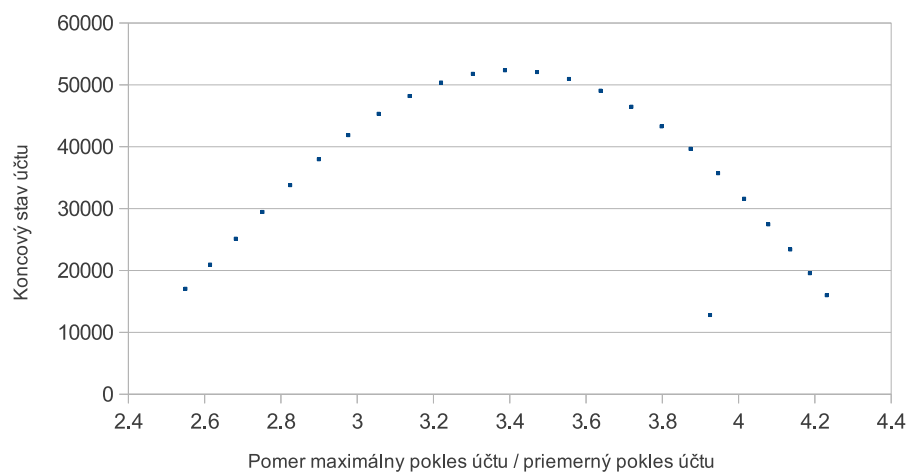
Obrázek C.1: Manuálně obchodovaný systém s fixnou velikostí pozice 1 *lot*.



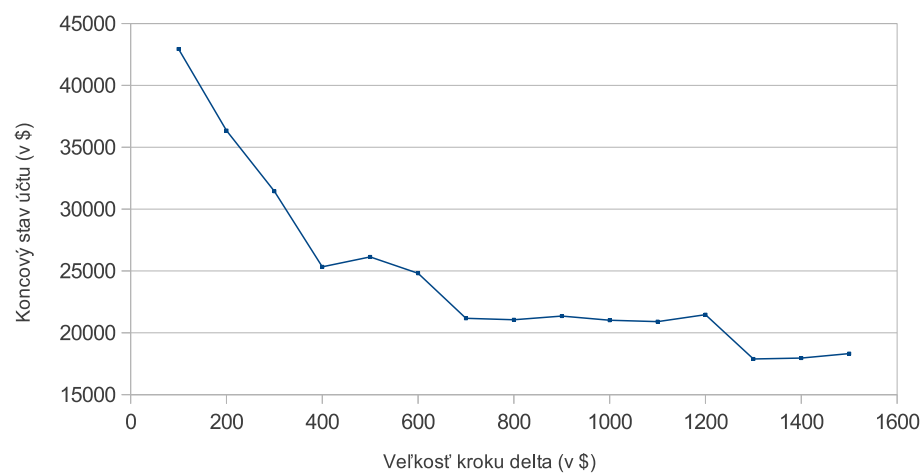
Obrázek C.2: Manuálně obchodovaný systém. Použitý model *Fixný risk*. Graf zobrazuje závislost koncového stavu účtu od procentuálního risku obchodního účtu na 1 obchod.



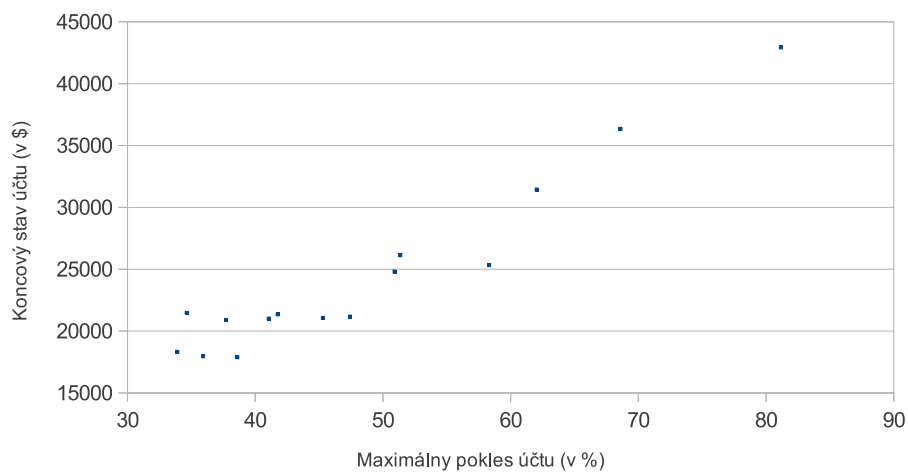
Obrázek C.3: Manuálne obchodovaný systém. Použitý model *Fixný risk*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od maximálneho poklesu účtu.



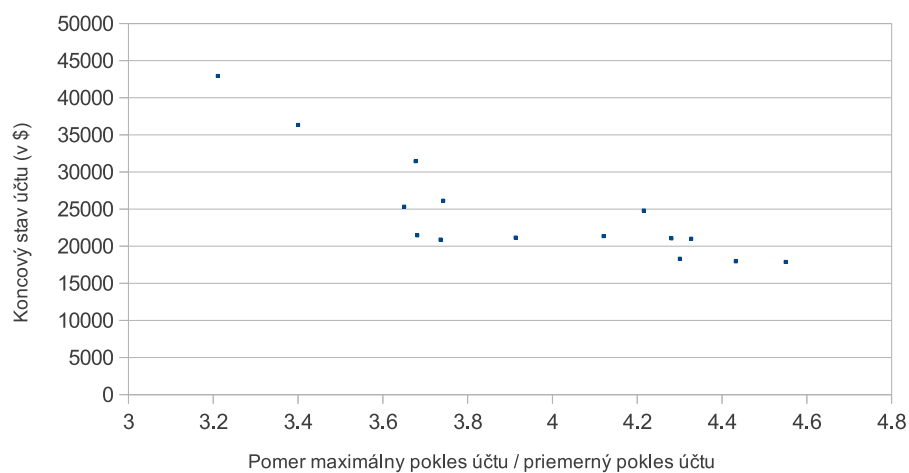
Obrázek C.4: Manuálne obchodovaný systém. Použitý model *Fixný risk*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od pomeru medzi maximálnym poklesom účtu (v %) a priemerným poklesom účtu (v %).



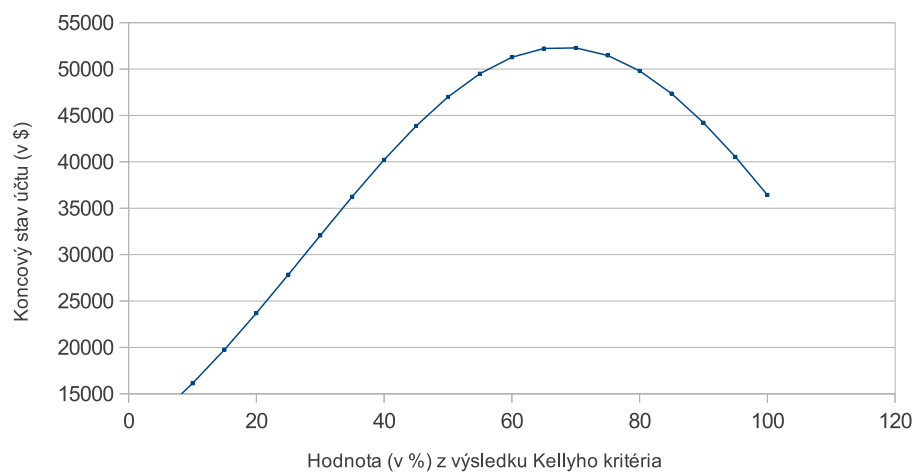
Obrázek C.5: Manuálne obchodovaný systém. Použitý model *Fixný pomer*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od zvoleného parametru *delta*.



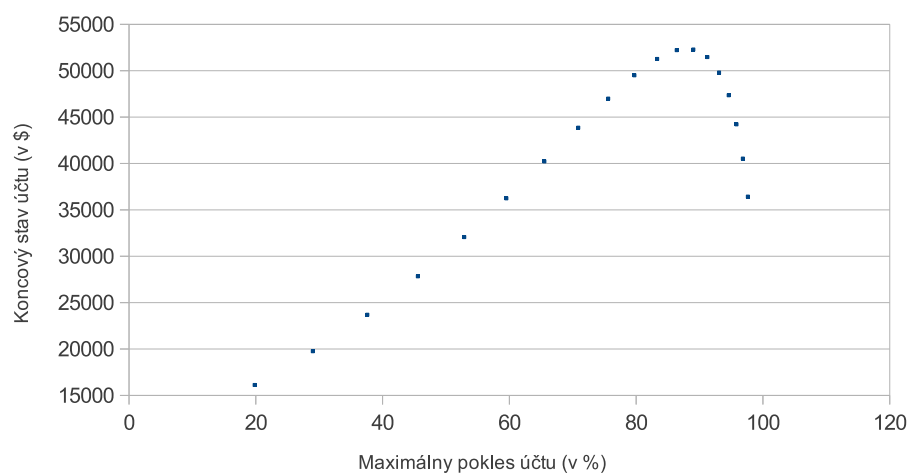
Obrázek C.6: Manuálne obchodovaný systém. Použitý model *Fixný pomer*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od maximálneho poklesu účtu.



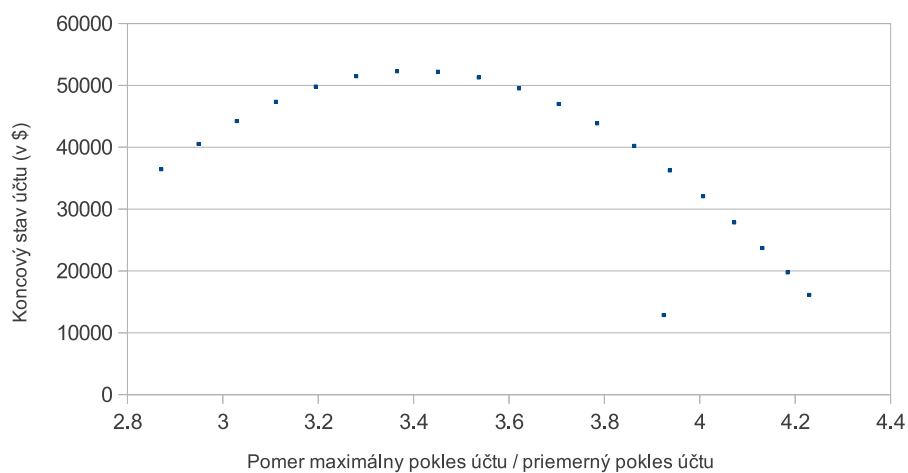
Obrázek C.7: Manuálne obchodovaný systém. Použitý model *Fixný pomer*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od pomeru medzi maximálnym poklesom účtu (v %) a priemerným poklesom účtu (v %).



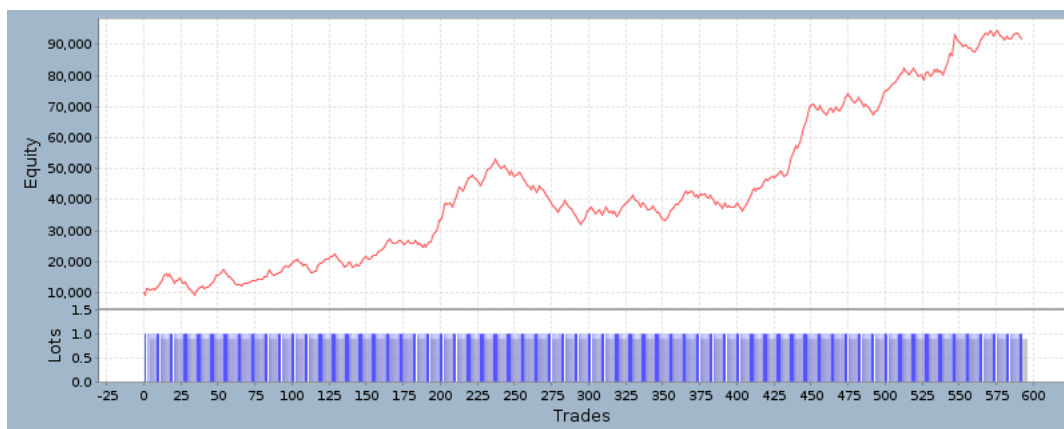
Obrázek C.8: Manuálne obchodovaný systém. Použitý model *Kellyho kritérium*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od zvoleného percenta z výsledku *Kellyho kritéria*.



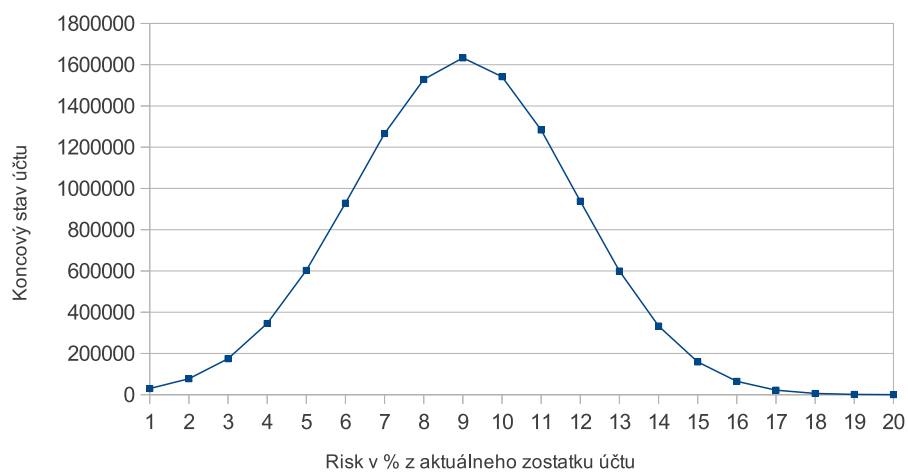
Obrázek C.9: Manuálne obchodovaný systém. Použitý model *Kellyho kritérium*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od maximálneho poklesu účtu.



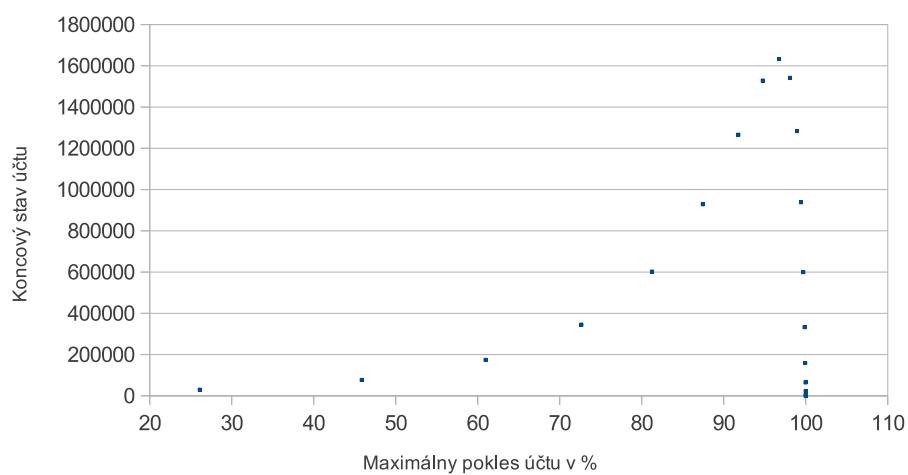
Obrázek C.10: Manuálne obchodovaný systém. Použitý model *Kellyho kritérium*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od pomeru medzi maximálnym poklesom účtu (v %) a priemerným poklesom účtu (v %).



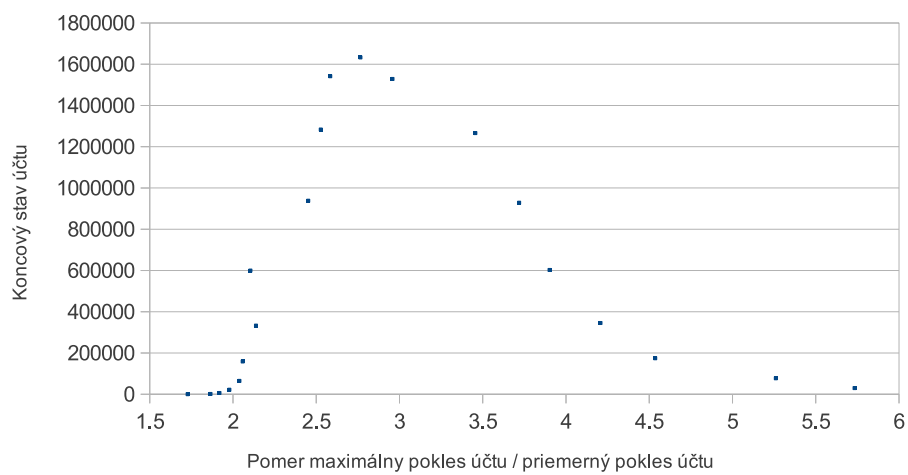
Obrázek C.11: Automatický obchodný systém s fixnou veľkosťou pozície.



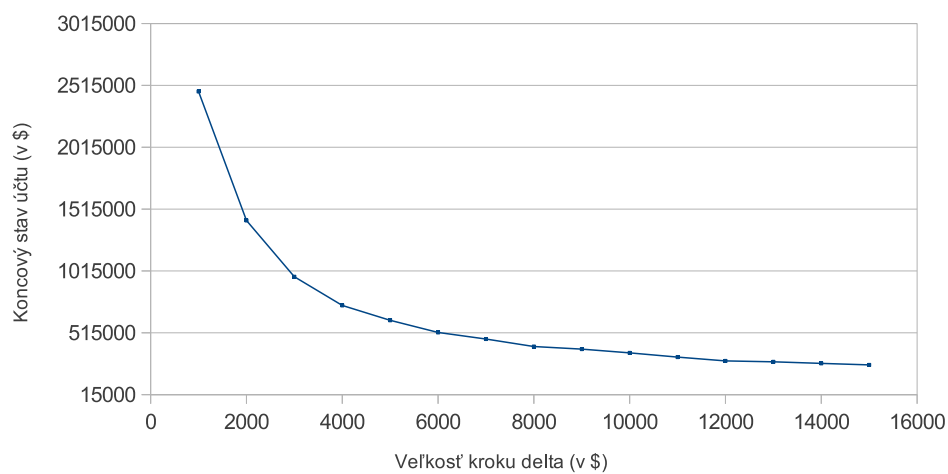
Obrázek C.12: Automatický obchodný systém. Použitý model *Fixný risk*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od percentuálneho risku obchodného účtu na 1 obchod.



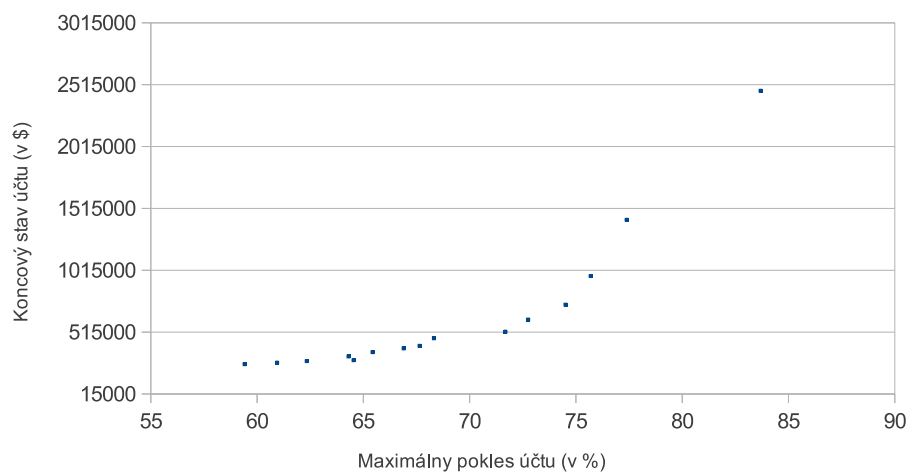
Obrázek C.13: Automatický obchodný systém. Použitý model *Fixný risk*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od maximálneho poklesu účtu.



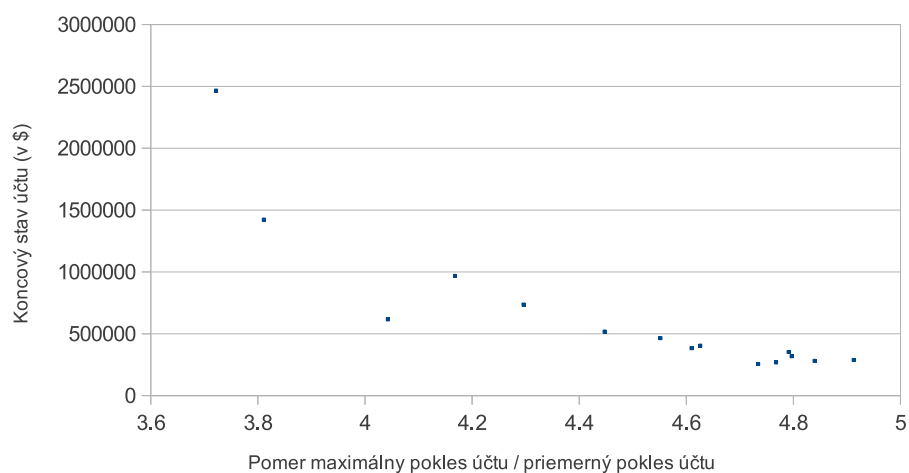
Obrázek C.14: Automatický obchodný systém. Použitý model *Fixný risk*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od pomeru medzi maximálnym poklesom účtu (v %) a priemerným poklesom účtu (v %).



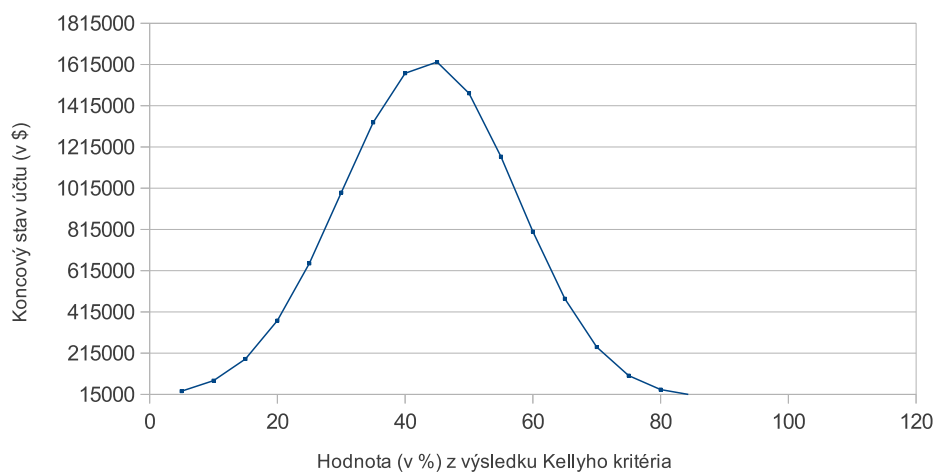
Obrázek C.15: Automatický obchodný systém. Použitý model *Fixný pomer*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od zvoleného parametru *delta*.



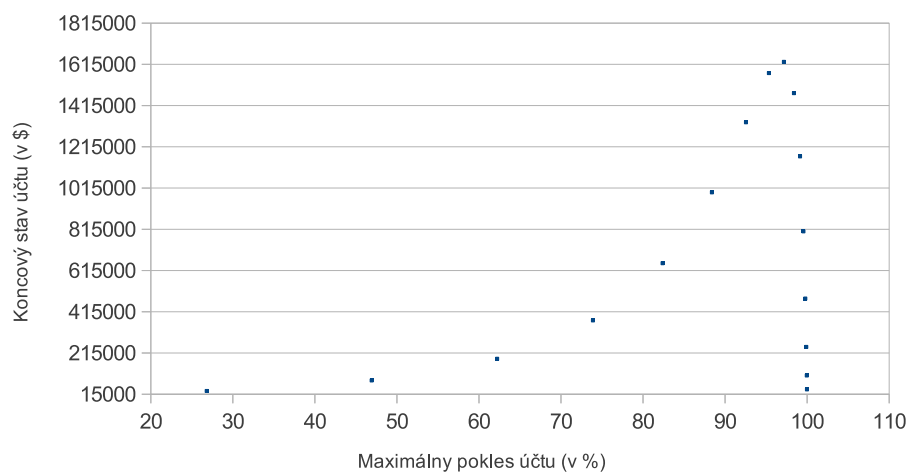
Obrázek C.16: Automatický obchodný systém. Použitý model *Fixný pomer*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od maximálneho poklesu účtu.



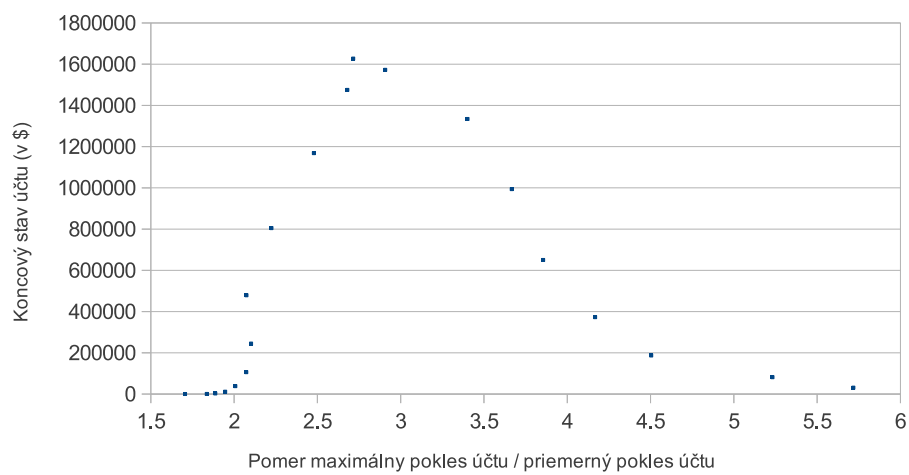
Obrázek C.17: Automatický obchodný systém. Použitý model *Fixný pomer*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od pomeru medzi maximálnym poklesom účtu (v %) a priemerným poklesom účtu (v %).



Obrázek C.18: Automatický obchodný systém. Použitý model *Kellyho kritérium*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od zvoleného percenta z výsledku *Kellyho kritéria*.



Obrázek C.19: Automatický obchodný systém. Použitý model *Kellyho kritérium*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od maximálneho poklesu účtu.



Obrázek C.20: Automatický obchodný systém. Použitý model *Kellyho kritérium*. Graf zobrazuje závislosť koncového stavu účtu od pomeru medzi maximálnym poklesom účtu (v %) a priemerným poklesom účtu (v %).

Příloha D

Obsah CD

/src-app	zdrojové súbory aplikácie
/src-mql	zdrojové súbory <i>AOS</i> a knižnice pre <i>position sizing</i> modely
/src-tex	zdrojové súbory technickej správy
/lib	JAR súbory aplikácie, spúšťací skript pre Linux aj Windows
/install-java	inštalčné súbory pre Java 1.7 spolu s vývojovým prostredím Netbeans
/install-mt	inštalčný súbory pre obchodnú platformu <i>MetaTrader</i>
xjakub17.pdf	technická správa
manual.pdf	manuál k aplikácii
metatrader.pdf	manuál k obchodnej platforme <i>Metatrader</i>
readme.txt	nápoveda k obsahu CD