

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky

Ekonomická a finančná matematika



Stratégie obchodovania s futures aplikované na historické dáta

Diplomová práca

Diplomant: Ondrej Kupča

Vedúci diplomovej práce: Mgr. Igor Melicherčík, PhD.

Bratislava 2008

Čestné prehlásenie

Čestne prehlasujem, že túto diplomovú prácu som vypracoval samostatne len s použitím uvedenej citovanej literatúry.

V Bratislave, apríl 2008

.....

Pod'akovanie

Týmto chcem poďakovať diplomovému vedúcemu Mgr. Igorovi Melicherčíkovi, PhD. za konštruktívne rady, veľmi ochotnú a ústretovú spoluprácu a za čas, ktorý venoval početným konzultáciám.

Abstrakt

Kupča, Ondrej: Stratégie obchodovania s futures aplikované na historické dáta [diplomová práca]. Univerzita Komenského, Bratislava. Fakulta matematiky, fyziky a informatiky; Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky. Vedúci diplomovej práce: Mgr. Igor Melicherčík PhD.; Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky, Univerzita Komenského, Bratislava. Bratislava: FMFI UK, 2008. 85 strán

Finančné deriváty sú v dnešnej dobe veľmi rozšírenými finančnými nástrojmi, ktoré sa obchodujú na najvýznamnejších burzách sveta. Táto diplomová práca sa venuje konštrukciám špekulatívnych stratégií obchodovania s eurodollar futures. Hlavnou náplňou tejto práce je spojenie fundamentálnych postupov riadenia portfólia s vyššou matematikou, konkrétne s modelovaním stochastických procesov. Takto vybudované stratégie, ktoré v sebe zahŕňajú koncept transakčných nákladov, aplikujeme na historické dáta.

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Úvod | 7 |
| 1 Základná charakteristika forwardov, future kontraktov a ich obchodovania na burze | 9 |
| 1.1 Čo je to finančný derivát? | 9 |
| 1.2 Forwardy | 9 |
| 1.3 Futures | 11 |
| 1.4 Proces obchodovania s futures na burze | 13 |
| 1.5 Eurodollar futures | 16 |
| 2 Ho & Lee model | 20 |
| 2.1 Popis modelu | 20 |
| 2.2 Proces kalibrácie parametrov | 22 |
| 2.3 Generovanie očakávanej úrokovej miery | 23 |
| 3 Stratégie obchodovania | 25 |
| 3.1 Popis dát | 25 |
| 3.2 Všeobecný popis stratégií | 27 |
| 3.2.1 Architektúra programu | 27 |
| 3.2.2 Spoločné znaky a základná logika stratégií | 28 |
| 3.2.3 Ukazovatele efektivity portfólia | 32 |
| 3.2.4 Proces kalibrácie parametrov stratégií | 35 |
| 3.2.5 Konštrukcia indexu efektivity stratégie | 36 |
| 3.3 Špecifikácia stratégií a dosiahnuté výsledky | 39 |
| 3.3.1 Prvá stratégia | 40 |
| 3.3.2 Druhá stratégia | 42 |
| 3.3.3 Tretia stratégia | 44 |
| 3.3.4 Štvrtá stratégia | 46 |
| 3.3.5 Piata stratégia | 48 |

| | | |
|--------|---|-----------|
| 3.3.6 | Modifikovaná piata stratégia | 50 |
| 3.3.7 | Šiesta stratégia | 52 |
| 3.3.8 | Modifikovaná šiesta stratégia | 54 |
| 3.3.9 | Siedma stratégia | 56 |
| 3.3.10 | Modifikovaná siedma stratégia | 58 |
| 3.4 | Zhrnutie výsledkov | 60 |
| | Záver | 62 |
| | Literatúra | 63 |
| | Prílohy | 64 |

Úvod

Finančné deriváty patria v dnešnej dobe k neoddeliteľným súčasťam finančných trhov. Vďaka ich rôznorodosti a širokej škále využitia sa vo svete obchodníkov tešia veľkej popularite. Jedným z členov veľkej rodiny finančných derivátov sú aj futures kontrakty.

Počiatok obchodovania s futures sa spája so založením Chicago Board of Trade v polovici 20. storočia. Už v tejto dobe sa začal organizovať trh s obilím, na ktorom sa využívali akési dohody s plnením záväzkov posunutým do budúcnosti. Od tohto okamihu naberali tieto druhy finančných nástrojov na obľúbenosti a trhy, ktoré s nimi obchodovali, sa neustále rozrastali. V dnešnej dobe je trh s futures naozaj obrovský. Obchodovanie s týmto druhom derivátov sa realizuje na najväčších burzách sveta, ktorými sú napríklad spomínaná Chicago Board of Trade (CBOT), Chicago Mercantile Exchange (CME), London International Financial Futures and Options Exchange (LIFE), Singapore Futures Exchange (SGX) či Euronext a ďalšie.

V našej diplomovej práci sa budeme venovať jednému z množstva typov futures kontraktov, konkrétne eurodollar futures. Ako si pri ich bližšom popise v kapitole 1 objasníme, futures sú vo všeobecnosti vďačným nástrojom pre špekulatívne obchodovanie. Za desiatky rokov ich existencie vzniklo pomerne veľa publikácií, ktoré sa venovali tejto problematike. V našej práci sa aj my pokúsime definovať stratégie, ktoré by boli dlhodobovo výnosné. Ich konštrukciu založíme práve na vzájomnom vzťahu medzi cenou eurodollar futures a podkladovým aktívom, ktorým je úroková miera. Na predikciu vývoja úrokovej miery využijeme možnosti, ktoré nám ponúka do značnej miery vybudovaný matematický aparát zaoberajúci sa modelovaním stochastických procesov. Jedným z týchto modelov je aj model Ho & Lee, ktorý z matematického hľadiska popíšeme v kapitole 2.

V kapitole 3 si bližšie popíšeme historické dáta, na ktorých budeme naše stratégie testovať, spôsob kalibrácie stratégií a následne aj základné myšlienky jednotlivých stratégií spolu s výsledkami, ktoré sme dosiahli ich aplikáciou na spomínané dáta.

Výsledky každej zo stratégií pritom budeme priebežne porovnávať s preddefinovaným benchmarkom. Na záver uvedieme aj ich stručné vzájomné porovnanie.

Celkovo predstavíme 10 stratégií, ktoré budú zoradené od tých najjednoduchších po najzložitejšie. Uvedená štruktúra pritom odzrkadľuje postupný vývoj našej práce.

1 Základná charakteristika forwardov, future kontraktov a ich obchodovania na burze

1.1 Čo je to finančný derivát?

Finančný derivát (*derivative*) je finančný nástroj, ktorého cena je odvodená od ceny iného finančného nástroja. Ako príklad nám môže poslúžiť opcia. Opcia je finančným derivátom, pretože jej cena (hodnota) je odvodená od ceny akcie. Podobne, úrokový swap je derivátom, pretože jeho hodnota priamo závisí od konkrétnej hodnoty jednej alebo viacerých úrokových sadzieb. Aktívum, na ktoré je derivát takýmto spôsobom naviazaný, vo všeobecnosti nazývame podkladovým aktívom (*underlying*).

Keďže tieto príklady sú do značnej miery všeobecné, skúsme si pojem finančného derivátu bližšie ozrejmiť na príklade tzv. európskej call opcie na akciu. Európska call opcia je právo (ale nie povinnosť) držiteľa takejto opcie v dohodnutom čase (čase expirácie) kúpiť danú akciu (podkladové aktívum) za vopred dohodnutú cenu (*strike price*). Predstavme si, že sme držiteľmi takejto opcie na akciu IBM, ktorá nám dáva právo o 2 mesiace kúpiť danú akciu za \$100. Pokiaľ hodnota akcie počas týchto 2 mesiacov stúpne na \$110, určite právo na jej kúpu za \$100 radi využijeme. Naopak, ak hodnota akcie klesne, toto právo bude pre nás bezcenné. Ako sami vidíme, hodnota danej opcie je spätá s cenou akcie a preto sa označuje ako jej derivát (v preklade z angl. *derivative* = odvođenina).

1.2 Forwardy

Forwardom označujeme dohodu dvoch strán o kúpe alebo predaji aktíva za presne stanovenú cenu (doručovaciu cenu) v presne stanovený čas v budúcnosti. Strana, ktorá sa zaväzuje v daný čas maturity (expirácie) kontraktu aktívum za danú cenu kúpiť, je v tzv. *dlhej pozícii*. A naopak, strana, ktorá sa zaväzuje toto aktívum predať, je v tzv. *krátkej pozícii*.

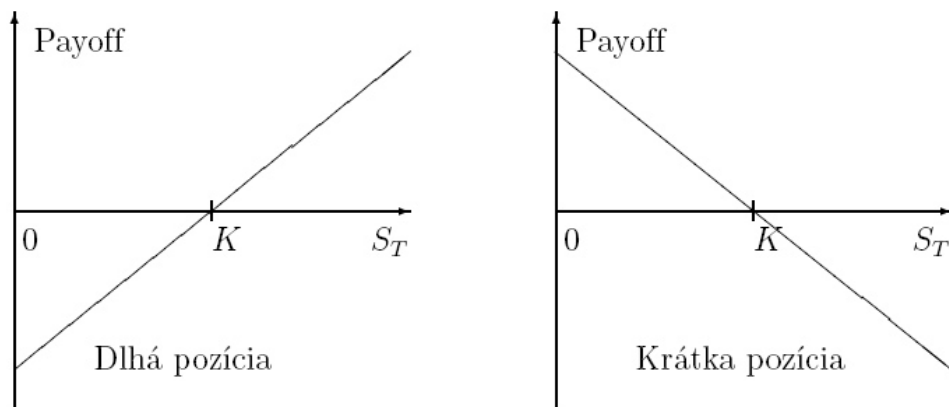
Cena forwardového kontraktu nie je náhodná. Je určovaná na princípe "no arbi-

trage", čo znamená, že v okamihu uzatvárania forwardového kontraktu musí byť jeho hodnota nulová. Inak povedané, voľba krátkej pozície musí byť rovnocenná voľbe pozície dlhej. V praxi môžeme uzavrieť forwardový kontrakt, v ktorom sa zaviažeme v čase expirácie protistrane predať určité aktívum aj v prípade, že toto aktívum v súčasnej dobe nevladíme. Je nám jasné, že pokiaľ cena daného aktíva v čase expirácie (maturity kontraktu) nečakane vzrastie, pri vysporiadaní takéhoto kontraktu prerobíme, pretože budeme nútený toto aktívum kúpiť za aktuálnu cenu na trhu a protistrane ho budeme musieť predať za dohodnutú doručovaciu cenu, ktorá bude nižšia ako trhová. Samozrejme, môže nastať aj presne opačná situácia, pri ktorej cena aktíva nečakane poklesne a my zarobíme na tom, že za takúto nižšiu cenu dané aktívum kúpime na trhu a protistrane ho predáme za dohodnutú doručovaciu cenu, ktorá bude v takomto prípade vyššia.

Doručovaciu cenu, ktorá pri uzatváraní kontraktu spĺňa princíp "no arbitrage", budeme nazývať forwardovou cenou. Inými slovami, je to cena dohodnutá na čas maturity tak, aby mal forwardový kontrakt v čase jeho uzatvárania nulovú hodnotu. Forwardová cena a doručovacia cena sa v tomto okamihu z daného dôvodu rovnajú a sú totožné s cenou, ktorú obe strany očakávajú v čase expirácie. Rovnosť doručovacej a forwardovej ceny ale nemusí platiť počas celej životnosti kontraktu, pretože forwardová cena sa plynutím času z dôvodu zmeny ceny podkladového aktíva môže meniť, zatiaľ čo doručovacia cena ostáva rovnaká. Len pre úplnosť poznamenajme, že v čase maturity sa forwardová cena rovná reálnej cene aktíva na trhu, keďže už niet žiadnych pochybností o jej vývoji a naše očakávania sa rovnajú jej aktuálnej hodnote.

Pokiaľ označíme doručovaciu cenu ako K a cenu podkladového aktíva v maturite ako S_T , potom hodnotu nášho forwardového kontraktu v maturite môžeme vyjadriť v závislosti od zvolenej pozície ako $S_T - K$ pre dlhú, resp. $K - S_T$ pre krátku pozíciu. Znázornením týchto hodnôt prostredníctvom grafu v závislosti od S_T dostávame tzv. payoff diagramy. Z daných grafov možno ľahko vyčítať, že pokiaľ sa nachádzme v dlhej pozícii, forwardový kontrakt je pre nás tým výhodnejší, čím

je cena podkladového aktíva S_T vyššia.



1.3 Futures

Futures sú finančné nástroje, ktoré rovnako ako forwardy radíme do veľkej rodiny finančných derivátov. Týmto termínom označujeme opäť dohodu dvoch strán (predávajúci a kupujúci) o kúpe alebo predaji podkladového aktíva v určitom stanovenom čase v budúcnosti za presne stanovenú cenu. Ako na prvý pohľad vidíme, kontrakty futures sú takmer identické forwardovým kontraktom, majú však popri viacerých rovnakých vlastnostiach svoje špecifiká, ktorými sa od nich odlišujú. Rovnako ako forwardové kontrakty aj kontrakty futures môžu byť vysporiadané fyzickým doručením podkladového aktíva (*physically settled*) alebo hotovostne, t.j. prepočítaním na peňažnú čiastku rovnú trhovej cene fyzicky vysporiadávaného derivátu v čase maturity (*cash settled*). Rozdiely týchto finančných nástrojov možno zhrnúť do niekoľkých bodov.

1. Futures sú štandardizované forwardy. Samotný rámec forwardového kontraktu ponúka prakticky nekonečne veľa možných kombinácií druhu podkladového aktíva (od pšenice, oleja, mäsa cez eurodolárové depozity či zlato, až po menové kurzy, úrokové miery alebo akciové indexy) a jeho množstva, času vysporiadania a pod. Preto sú forwardy obchodované najmä prostredníctvom bankových subjektov, ktoré pri ich uzatváraní individuálne dohodnú všetky náležitosti, akými sú okrem iných aj nominálna čiastka kontraktu, či bude kontrakt vy-

sporiadaný fyzickým doručením podkladového aktíva alebo hotovostne a v prípade fyzického doručenia komoditného aktíva aj presné miesto doručenia a jeho kvalitu. Futures sú obchodované na burze, v dôsledku čoho sú všetky tieto podmienky pevne stanovené kvôli zabezpečeniu dostatočnej likvidity. Nevýhodou je, že investor si musí vybrať z obmedzeného počtu možných kontraktov. Táto zdanlivá nevýhoda je ale vyvážená vysokou likviditou búr, ktoré sú schopné obchodníkovi v prakticky každom okamihu priradiť pri uzavretí future kontraktu protistranu, ktorú on sám poznať nepotrebuje. Dôležitým aspektom pri future kontraktach je zo strany burzy vhodné stanovenie veľkosti kontraktu (množstva dodaného podkladového aktíva). Tá musí odhadnúť potenciálnych záujemcov o daný kontrakt a nastaviť jeho objem primerane k potrebám cieľovej skupiny obchodníkov. Príliš malá veľkosť kontraktu by mohla spôsobiť nežiadúce vysoké transakčné náklady plynúce z potreby uzatvárania väčšieho množstva kontraktov, zatiaľ čo príliš veľké kontrakty by mohli z trhu vyradiť investorov s menšími expozíciami. Z tohto dôvodu sú veľkosti kontraktov na burzách diverzifikované v závislosti od druhu podkladového aktíva a pod. Ako príklad môžeme spomenúť rozdiely vo veľkostiach kontraktov medzi finančnými a komoditnými futures, ktoré sú konkrétne pre Treasury bond futures v porovnaní s futures na poľnohospodárske produkty rádovo až 10 násobne väčšie.

2. Rozdiel medzi forwardovými a future kontraktami je aj v čase dodania podkladového aktíva. Kým u forwardov je dátum dodania presne stanovený, pre určité druhy futures je stanovený len časový interval (celý mesiac alebo časť mesiaca), v rámci ktorého si strana v krátkej pozícii môže zvoliť konkrétny deň dodania. Mesiace dodania sa taktiež môžu odlišovať v závislosti od druhu kontraktu (napr. pre menové futures marec, jún, september, december zatiaľ čo pre pšeničné futures marec, máj, júl, september, december a pod.). Burza okrem času dodania stanovuje aj prvý a posledný možný deň obchodovania s daným kontraktom, ktorý zväčša niekoľko dní predchádza dátumu prvého možného doručenia podkladového aktíva.

3. Ďalším rozdielom, ktorý možno v praxi pozorovať, je dôvod uzatvárania kontraktov. Zatiaľ čo pri forwardovom kontrakte plynú obom stranám jasné záväzky v budúcnosti predáť, resp. kúpiť podkladové aktívum, a teda jeho účelom je reálne naplnenie dohody, pri futures kontraktoch tomu tak nie je. Je pravdou, že nimi môžu obchodníci zaisťovať svoje portfólia voči neočakávaným a nežiadúcim fluktuáciám trhovými cenami daných finančných nástrojov alebo komodít. V drvivej väčšine prípadov sú však tieto kontrakty uzatvárané zo špekulatívnych dôvodov, a to s jediným cieľom - dosiahnutie zisku. Stručne povedané, futures kontrakt možno v ktoromkoľvek okamihu ukončiť takzvaným "uzavretím pozície", a tak sa vyhnúť plneniu dohody (doručeniu podkladového aktíva). Technickému zabezpečeniu a spôsobu obchodovania s futures spolu s vysvetlením, prečo sú tieto kontrakty také atraktívne pre špekulatívne obchodovanie, sa budeme venovať v ďalšom výklade. V tomto momente azda len doplníme, že práve v súvislosti so snahou búrz zamedziť príliš veľkým zmenám na trhu z dôvodu špekulácií, sú stanovené pre niektoré druhy futures viaceré limity na obchodovanie s týmito kontraktami, ako napríklad denný limit pre pohyb ich cien alebo limit na maximálny počet kontraktov, ktoré môže obchodník držať. Po prekročení denného limitu pohybu ceny burza obchodovanie s daným kontraktom na zvyšok dňa pozastaví.

1.4 Proces obchodovania s futures na burze

Zatiaľ čo pri forwardových kontraktoch protistrany čelia súčasne trhovému aj kreditnému riziku ², pri future kontraktoch čelí obchodník len riziku trhovému. Toto je zabezpečené systémom implementovaným na burzách, v ktorom si protistrany priebežne vyrovnávajú platbami svoje zisky alebo straty vyplývajúce z ich pozícií vždy za daný deň, v ktorom nastali. Týmito platbami sa prakticky na záver každého

²trhovým rizikom nazývame riziko plynúce z neočakávaného pohybu cien podkladových aktív na trhu, kreditným rizikom (v literatúre označovaným aj názvom "default risk", alebo skrátene len "default") riziko spojené s neschopnosťou protistrany vysporiadať svoje záväzky

obchodovateľného dňa trhovú hodnotu future kontraktu vynuluje, čím sa eliminuje kreditné riziko.

Samotný proces obchodovania prebieha sprostredkovateľskou formou cez brokerske spoločnosti³. Protistrany navzájom uzatvoria kontrakt prostredníctvom svojich brokerov. Tento obchod je ale prakticky zložený z dvoch obchodov uzavretých s protistranou nazývanou "clearinghouse"⁴, ktorá je buď vlastnená burzou, alebo je jej dcérskou spoločnosťou. Tá vstupuje do celého procesu obchodu formou akejsi centrálnej protistrany, čo znamená, že pôvodné subjekty uzatvárajúce kontrakt nie sú navzájom vystavené kreditnému riziku. Toto riziko sa presúva na vzťah "subjekt vs. clearinghouse", pričom je zo strany burzy eliminované priebežnými marginálnymi platbami. Vzhľadom k tomu, že clearinghouse vždy uzatvára protichodné transakcie, nikdy na seba nepreberá trhovú riziko.

Ako sme spomínali v predošlej podkapitole, kontrakty futures sú vyhľadávanými finančnými nástrojmi pre špekulatívne obchodovanie. Prečo je tomu tak? Pred samotným uzavretím kontraktu si broker od obchodníka vypýta depozit označovaný ako "otvárací margin" (*initial margin*)⁵, ktorý uloží na "margin účet" (*margin account*). Výška otváracieho marginu je stanovená burzou. Pre jednoduchý future kontrakt môže byť rovný len zlomku trhovej hodnoty podkladového aktíva. Pokiaľ obchodník používa future na zaistenie fyzicky existujúcej pozície v danom podkladovom aktíve, je tento otvárací margin častokrát ešte menší. Aj to je jeden z dôvodov častej voľby tohto finančného nástroja pre špekulatívne obchodovanie. Vo všeobecnosti sa výška initial margin stanovuje tak, aby pokryla maximálnu možnú čistú medzidennú stratu vyplývajúcu z našej pozície, ktorú by sme mohli odôvodnene očakávať.

Samotný proces dorovnávaného medzidenných ziskov a strát prebieha nasledovne. Každý deň sa vypočíta zisk alebo strata vyplývajúca z medzidenného pohybu ceny

³ subjekty, ktoré majú zaplatené "miesto" = licenciu na burze

⁴ spoločnosť poskytujúca finančné služby od času uzavretia dohody o obchode (transakcii) až po jeho vysporiadanie, nevyhnutná pre urýchlenie obchodovania a zkompletizovania celej transakcie.

⁵ môže byť buď hotovosť alebo vhodný cenný papier

podkladového aktíva a pozície, v akej sa pre daný future kontrakt nachádzame. Ak sa cena pohla pre nás nepriaznivým smerom, a teda sme vyrobili medzidennú stratu, náš broker prevedie zodpovedajúci objem hotovosti z nášho margin účtu na clearinghouse. Ak sme naopak na zmene ceny podkladového aktíva zarobili, clearinghouse prevedie danú čiastku na nášho brokera, ktorý ju vloží na náš margin účet. Každodenný cash-flow clearinghousu je pritom nulový, pretože akonáhle od jednej strany hotovosť obdrží, prepošle ju druhej strane, s ktorou má uzavretú protichodnú pozíciu. Týmto procesom sa svojim spôsobom future kontrakty vysporiadávajú na dennej báze, narozdiel od forwardových kontraktov, ktoré sa vysporiadávajú až v čase maturity, čím sa u futures prakticky odstraňuje kreditné riziko. Vyššie spomínané medzidenné straty (resp. zisky) môžeme ľahko vypočítať pomocou vzorca

$$(\text{nominál}) * (\text{dnešná vysporiadacia cena} - \text{zobchodovaná cena})$$

platného pre deň uzavretia kontraktu, respektíve

$$(\text{nominál}) * (\text{dnešná vysporiadacia cena} - \text{včerajšia vysporiadacia cena})$$

platného pre každý nasledujúci deň. Termínom vysporiadacia cena (*settlement price*) pritom označujeme cenu oficiálne stanovovanú burzou pre účely následných výpočtov ziskov a strát. Vzorce pre jej výpočet sú rôzne a závisia od toho, do akej miery bolo obchodovanie aktívne pred uzavretím burzy. Zväčša je vysporiadacia cena počítaná ako priemer cien transakcií, ktoré sa uskutočnili tesne pred ukončením obchodovania pre daný deň.

Pokiaľ sa znovu zamyslíme nad celým procesom obchodovania, rýchlo prídeme na to, že samotná existencia initial margin nie je postačujúcim nástrojom na zabezpečenie plynulého obchodovania na burze. Ako sme už spomínali, výška initial margin vo všeobecnosti zodpovedá najväčšej novej racionálne očakávateľnej medzidennej strate plynúcej zo zmeny hodnoty kontraktu v závislosti na pohybe ceny podkladového aktíva. Ak si ale predstavíme situáciu, že takáto zmena nastane v priebehu viacerého po sebe nasledujúcich dní, samotný initial margin nám tieto straty nemusí vykryť. S podobnými situáciami je samozrejme treba počítať.

Z týchto dôvodov burzy zaviedli ďalší mechanizmus spätý s takzvaným "udržiavacim marginom" (*maintenance margin*), ktorý je vypočítaný ako pomerná časť initial marginu pre danú pozíciu (napr. 75%). Pokiaľ by mal náš zostatok na margin účte klesnúť pod danú hodnotu, broker bude od nás požadovať prostredníctvom tzv. výzvy na dodatkovú úhradu (*margin call*) vklad potrebný na dorovnanie zostatku na počiatočnú výšku (initial margin). V prípade neschopnosti zaplatiť potrebnú čiastku (*variation margin*) broker okamžite uzavrie všetky naše otvorené pozície (alebo ich pomernú časť vzhľadom k výške variation marginu).

Pre úplnosť doplníme, že depozit na margin účte je kolaterálom. To znamená, že právne je stále majetkom klienta, avšak broker ho má v držbe a môže ho kedykoľvek použiť na vyrovnanie záväzkov plynúcich z klientovej future pozície.

1.5 Eurodollar futures

Pokiaľ by sme mali človeku neznalému finančných nástrojov odpovedať na otázku, čo možno rozumieť pod pojmom "Eurodollar" futures, naša odpoveď by sa dala zhrnúť do nasledujúcej vety: eurodollar future je future na 3-mesačný eurodolárový depozit¹ o nominálnej hodnote 1 milión USD, pričom samotným pojmom eurodolárový depozit označujeme dolárový vklad uložený v zahraničnej banke mimo územia USA.

Inými slovami, uzavretím eurodollar futures kontraktu sa obchodník v dlhej pozícii zaväzuje v čase expirácie dodať protistrane 1 mil USD do depozitu na obdobie 3 mesiacov, zatiaľ čo obchodník v krátkej pozícii sa zaväzuje po daných 3 mesiacoch vrátiť nominálnu hodnotu depozitu spolu s dohodnutým úrokom.

Zo samotnej definície tohto finančného derivátu môžeme jasne vidieť, že jeho hodnota závisí od 3-mesačnej úrokovej sadzby v čase expirácie kontraktu, konkrétne

¹Pojem "eurodolár" sa traduje od čias studenej vojny, kedy krajiny bývalého sovietskeho bloku museli platiť za importovaný tovar americkými dolármi, resp. prijímali platby za export v amerických dolároch. Boli neochotné nechávať ich dolárové vklady v bankách lokalizovaných v USA kvôli riziku zmrazenia či zadržania. Namiesto toho začali ukladať tieto depozity do európskych bánk. Pretože išlo o doláre držané v Európe, stali sa známymi ako eurodoláre. Dostupné z: www.riskglossary.com, [2008 – 01 – 13]

3-mesačného BBA LIBOR-u.² Pre úplnosť azda stručne pripomeňme, že eurodollar futures sú, podobne ako všetky futures, burzou obchodované ekvivalenty forwardových kontraktov (v tomto prípade tzv. *FRAs = forward rate agreements*). Zatiaľ čo FRAs ponúkajú veľké možnosti upravenia kontraktu špeciálne podľa potrieb obchodníka, futures im konkurujú vďaka štandardizácii kontraktov väčšou likviditou a menšími transakčnými nákladmi, pričom narozdiel od FRAs eliminujú kreditné riziko mechanizmom marginového účtu založenom na princípe medzidenného vysporiadania ziskov a strát³, plynúcich z otvorenej pozície v danom kontrakte.

V dnešnej dobe patria eurodollar futures k najviac obchodovaným futures na svete. Ako finančný nástroj boli zavedené v roku 1982 chicagskou burzou (*Chicago Mercantile Exchange = CME*). Najväčší objem kontraktov sa aj dnes obchoduje práve na tejto burze popri burzách *Singapore Futures Exchange (SGX)* a *Euronext*. Chicagske a singapúrske kontrakty sú identické, hotovostne vysporiadované. Medzi týmito burzami existuje spoločný program uzatvárania pozícií (*offset program*), čím sa stávajú ich kontrakty zameniteľnými. Podobným spôsobom sú vysporiadované aj európske kontrakty. Tie ale navyše z historických dôvodov regulácií ponúkajú aj možnosť fyzického vysporiadania (reálne dodanie podkladového aktíva v čase expirácie). Táto možnosť je však len zriedkakedy využívaná. Napriek malým rozdielom európskych kontraktov a faktu, že tieto nemôžu byť offsetované chicagskymi ani singapúorskymi, ceny európskych kontraktov veľmi úzko kopírujú ceny zvyšných dvoch búrz.

Ako sme už spomenuli, hodnota eurodollar futures kontraktu závisí od úrokovej sadzby 3-mesačného LIBORu v čase expirácie kontraktu. Na burze je však jeho hodnota kótovaná formou ceny a nie formou forwardovej úrokovej sadzby na depozit. Dôvodom pre takúto kotáciu boli práve podmienky, v akých eurodollar futures

²LIBOR = *London interbank offered rate*, označuje úrokovú sadzbu, za ktorú sú banky ochotné vzájomne si požičiavať eurodoláre, euroyeny a pod. Tieto sadzby sú stanovované každý obchodný deň o 11:00 londýnskeho času britskou bankárskou asociáciou (*British Bankers Association = BBA*). Dostupné z: *www.riskglossary.com*, [2008 – 01 – 13]

³v praxi označovaných ako *PnL = Profit and Loss*

uzreli svetlo sveta. V roku 1982 boli hotovostne vysporiadavané finančné futures novinkou. V tých časoch boli uzatvárané tvárou v tvár obchodníkmi, ktorým bolo bližšie obchodovanie s dobytkom, a teda boli zvyknutí rozmýšľať v pojmoch cien a nie úrokových sadziieb. Z tohto dôvodu burza definovala "cenu" eurodollar futures kontraktu v závislosti od jeho úrokovej sadzby, ktorú možno vyjadriť nasledovne:

$$(1) \quad Price = (100 - r)$$

Ak je teda napríklad eurodollar future kótovaný na 95.4, táto cena je ekvivalentným vyjadrením anualizovanej úrokovej sadzby vo výške 4.6%. Jedna stotina ceny (0.01) predstavuje "zakladný bod" alebo "tick", pričom ceny sú kótované s presnosťou 1/2 bodu (0.005), resp. pred expiráciou kontraktov s presnosťou 1/4 bodu. V peňažnom vyjadrení predstavuje jeden bod hodnotu \$25. V praxi to znamená, že ak cena zo dňa na den klesne o 4 body (napr. z 95.45 na 95.41), obchodník v dlhej pozícii zaznamená medzidennú stratu vo výške \$100 na jeden kontrakt. Každého pozornejšieho čitateľa môže v tejto chvíli napadnúť otázka: prečo je hodnota jedného základného bodu vyčíslená práve na \$25? Odpoveď je jednoduchá. Stačí si len uvedomiť, že to, čo nás skutočne zaujíma, je hodnota kontraktu v maturite. Ak označíme symbolom $L_{T,T+3M}$ hodnotu trojmesačného LIBOR-u v čase maturity T , potom hodnota kontraktu H v tomto čase sa dá vyjadriť ako:

$$H = \frac{10^6}{1 + 0,25 \frac{L_{T,T+3M}}{100}}$$

Daný zápis možno s využitím Taylorovho rozvoja⁴ do prvého rádu aproximovať výrazom:

$$(2) \quad \begin{aligned} H &= 10^6 \left(1 + 0,25 \frac{L_{T,T+3M}}{100} \right)^{-1} \approx 10^6 \cdot 1^{-1} + 10^6 \left(0,25 \frac{L_{T,T+3M}}{100} (-1) \cdot 1^{-2} \right) = \\ &= 10^6 \left(1 - 0,25 \frac{L_{T,T+3M}}{100} \right) = 10000(100 - 0,25L_{T,T+3M}) \end{aligned}$$

⁴Samotný Taylorov rozvoj do 1. rádu má tvar: $f(x + \delta) \approx f(x) + f'(x) \cdot \delta$, kde v našom prípade $\delta = 0,25 \frac{L_{T,T+3M}}{100}$. Berieme pri tom do úvahy fakt, že δ je číslo blízke nule (čo je v tomto prípade splnené).

Vieme, že cena kontraktu pred časom maturity závisí hlavne od očakávanej sadzby 3 mesačného LIBOR-u platnej v čase maturity a od intenzity obchodovania s daným futures na burze. Ak cenu kontraktu označíme ako P , využitím vzťahu 1 vo vyjadrení 2 dostávame:

$$(3) \quad H = 10000(100 - 0,25(100 - P))$$

Z poslenej rovnosti možno poľahky vidieť, že ak cena kótovaná burzou poklesne o jeden bod, reálny zisk (resp. strata) z otvorenej pozície v danom futures kontrakte predstavuje \$ 25.

Na trhu sa obchodujú kontrakty, ktoré expirujú každé tri mesiace (marec, jún, september, december) v priebehu najbližších desiatich rokov a kontrakty, ktoré majú dátum expirácie stanovený na nadchádzajúce 4 mesiace, nepokryté pravidelnou štvrtročnou expiráciou. Namieste je azda podotknúť, že za deň vysporiadania sa spravidla považuje tretia streda v mesiaci expirácie daného kontraktu. Keďže podkladové depozity sú považované za okamžité vklady (*spot deposits*), majú dvojdňovú valutu vysporiadania⁵. Obchodovanie s eurodollar futures sa teda ukončuje dva londýnske obchodné dni pred dňom vysporiadania.

Celkovo je obchodníkovi v každom okamihu k dispozícii 44 kontraktov. V prílohe č.1 uvádzame náhľady kontraktov obchodovaných na burze dňa 05.03.2008 spolu s ich ocenením a niektorými ďalšími trhovými údajmi aktuálnymi k danému okamihu zhotovovania týchto náhľadov.

⁵Pri obchodovaní vlastné vysporiadanie prebehne v okamihu, keď aktívum (nástroj, ktorý je obchodovaný) skutočne zmení svojho majiteľa alebo je vyplatený. V praxi ale dochádza k chybám a k udalostiam, na ktoré prostitrany nemajú dosah a pri ktorých transakcia vysporiadania v zamýšľaný deň zlyhá. Preto sa vždy rozlišuje deň vysporiadania (*settlement date*) a deň valuty transakcie (*value date*), pričom settlement date predstavuje deň skutočného vysporiadania a value date plánovaný deň vysporiadania transakcie.

2 Ho & Lee model

V časti 1.5 sme si priblížili pojem eurodollar futures. Ako sme uviedli, cena tohto typu kontraktu je určitým spôsobom spätá s vývojom úrokovej miery, konkrétne 3-mesačného LIBOR-u. Túto závislosť budeme využívať aj v našich stratégiách a očakávania o vývoji ceny budeme zakladať na predikcii úrokovej sadzby LIBOR platnej v čase expirácie kontraktov. Z matematického hľadiska môžeme považovať vývoj úrokových sadzieb ako stochastický, náhodný, proces.

V súčasnosti existuje viacero modelov, ktoré sa snažia takéto procesy matematicky popísať. Jedným z nich je aj Ho & Lee model.

2.1 Popis modelu

Nasledovný text je voľným zhrnutím niekoľkých kapitol diplomovej práce [6].

Model Ho & Lee popisuje vývoj forwardovej úrokovej miery nasledovným procesom:

$$(4) \quad d_t f(t, T) = \sigma d\tilde{W}_t + \sigma^2(T - t)dt$$

v rizikovo neutrálnom svete. V reálnom svete má rovnica 4 tvar:

$$(5) \quad d_t f(t, T) = \sigma dW_t + (\sigma\gamma + \sigma^2(T - t)) dt$$

kde $d\tilde{W}_t = dW_t + \gamma dt$, pričom $d\tilde{W}_t$ a dW_t sa vzťahujú na Brownov pohyb v rizikovo neutrálnom svete, resp. reálnom svete. Konštanty σ a γ označujú volatilitu budúcej úrokovej miery a trhovú cenu rizika.

Označme $P(t, T)$ diskontný faktor (diskontný dlhopis) v čase t a s dobou splatnosti (maturitou) T . Potom platí vzťah:

$$(6) \quad P(t, T) = \exp\left(-\int_t^T f(t, u) du\right)$$

Zintegrovaním rovnice 5 dostaneme vyjadrenie pre forwardovú úrokovú mieru:

$$(7) \quad f(t, T) = f(0, T) + \sigma W_t + t\sigma\gamma + \sigma^2 Tt - \frac{1}{2}\sigma^2 t^2$$

Dosadením rovnice 7 do vzťahu 6 a následným upravením dostávame:

$$(8) \quad P(t, T) = \exp - \left(\int_0^T f(0, u) du - \int_0^t f(0, u) du \right) \cdot \exp \left(-\sigma(T-t)(W_t + t\gamma) - \frac{1}{2}\sigma^2 tT(T-t) \right)$$

S využitím 6 dostávame:

$$(9) \quad P(t, T) = \frac{P(0, T)}{P(0, t)} \exp \left(-\sigma(T-t)(W_t + t\gamma) - \frac{1}{2}\sigma^2 tT(T-t) \right).$$

Označme symbolom $N(t, T)$ veličinu danú vzťahom:

$$(10) \quad N(t, T) = \log \left(\frac{P(0, T)}{P(t, T)P(0, t)} \right) = \sigma(T-t)(W_t + t\gamma) + \frac{1}{2}\sigma^2 tT(T-t)$$

$N(t, T)$ má normálne rozdelenie so strednou hodnotou $t\sigma\gamma(T-t) + \frac{1}{2}\sigma^2 tT(T-t)$ a disperziou $\sigma^2(T-t)^2 t$. Označme ďalej symbolom Z_i veličinu danú vzťahom:

$$(11) \quad Z_i = \frac{N_i(t_i, T)}{(T-t_i)\sqrt{t_i}} - \sigma\gamma\sqrt{t_i} - \frac{1}{2}\sigma^2\sqrt{t_i}T$$

kde $N_i(t_i, T)$ je veličina popísaná rovnicou 10 v čase i , pričom $t_i = (\text{počet dní od času } i-1 \text{ po } i)/365$. Z tohto vzťahu vidíme, že t_i nadobúda hodnotu $\frac{1}{365}$, resp. po víkende alebo sviatkoch (t.j. dňoch, v ktorých sa neobchoduje) hodnoty $\frac{2}{365}, \frac{3}{365}$ alebo $\frac{4}{365}$. S využitím faktu, že veličina Z_i je normálne rozdelená so strednou hodnotou 0 a disperziou σ^2 môžeme zformulovať nasledovné rovnosti, ktoré využijeme pre odhady parametrov σ a γ :

$$(12) \quad \frac{1}{n} \sum_{j=i-n+1}^i Z_j = 0$$

$$(13) \quad \frac{1}{n-1} \sum_{j=i-n+1}^i Z_j^2 = \sigma^2$$

kde n (lookback period) označuje dĺžku časového radu historických údajov, ktoré použijeme pri kalibrácii parametrov. Dosadením 11 do 12 a následnou úpravou dostávame:

$$\sum_{j=i-n+1}^i \frac{N_j(t_j, T)}{(T-t_j)\sqrt{t_j}} - \sigma\gamma \sum_{j=i-n+1}^i \sqrt{t_j} - \frac{1}{2}\sigma^2 T \sum_{j=i-n+1}^i \sqrt{t_j} = 0$$

Z tejto rovnosti vieme vyjadriť parameter γ :

$$(14) \quad \gamma = \frac{\sum_{j=i-n+1}^i \frac{N_j(t_j, T)}{(T-t_j)\sqrt{t_j}}}{\sigma \sum_{j=i-n+1}^i \sqrt{t_j}} - \frac{1}{2}\sigma T$$

Pre vyjadrenie odhadu parametra σ využijeme vzťah 13, do ktorého dosadíme Z_i a γ zo vzťahov 11 a 14:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=i-n+1}^i \left(\frac{N_j(t_j, T)}{(T-t_j)\sqrt{t_j}} - \sigma \sqrt{t_j} \left(\frac{\sum_{k=i-n+1}^i \frac{N_k(t_k, T)}{(T-t_k)\sqrt{t_k}}}{\sigma \sum_{k=i-n+1}^i \sqrt{t_k}} - \frac{1}{2}\sigma T \right) - \frac{1}{2}\sigma^2 \sqrt{t_j} T \right)^2$$

Po konečnej úprave dostávame:

$$(15) \quad \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=i-n+1}^i \left(\frac{N_j(t_j, T)}{(T-t_j)\sqrt{t_j}} - \frac{\sqrt{t_j} \sum_{k=i-n+1}^i \frac{N_k(t_k, T)}{(T-t_k)\sqrt{t_k}}}{\sum_{k=i-n+1}^i \sqrt{t_k}} \right)^2.$$

2.2 Proces kalibrácie parametrov

Na kalibráciu parametrov sme použili historické údaje USD Libor. Ako aproximáciu okamžitej úrokovej miery, ktorá nie je pozorovateľnou veličinou, sme použili USD Libor s maturitou 1 mesiac. Zvolili sme $T = 0,5$ (6 mesiacov). Pri výpočte $N(t, T)$ využívame vzťah:

$$P(t, T) = \frac{1}{1 + (T-t)L_\delta(t)}$$

kde $L_\delta(t)$ je hodnota LIBOR-u v čase t na obdobie $\delta = (T-t)$. Pre konkrétne i teda postup výpočtu veličiny $N_i(t_i, T)$ vyzerá nasledovne:

- Výpočet $P(0, t_i) = \frac{1}{1+t_i L1m_i}$
- Výpočet $P(0, T) = \frac{1}{1+TL6m_i}$
- Výpočet $P(t_i, T) = \frac{1}{1+(T-t_i)L6m_{i+1}}$ *
- Výpočet $N_i(t_i, T) = \log \left(\frac{P(0, T)}{P(t_i, T)P(0, t_i)} \right)$

*pre správnosť by sme nemali počítať s presne 6 mesačnou sadzbou LIBOR-u, ale so 6 mesačnou - 1 pracovný deň. Predpokladáme však, že rozdiel medzi týmito dvoma úrokovými sadzbami je prakticky zanedbateľný, a teda využívame priamo 6 mesačnú sadzbu, čím sa vyhneme zbytočnej interpolácii.

kde $L1m_i$ je hodnota 1-mesačného LIBOR-u v čase i (analogicky $L6m_i$).

Ako môžeme vidieť, po zvolení parametra n (lookback period) nám teraz už nič nebráni použiť na výpočet odhadov parametrov σ a γ explicitné vzorce 14 a 15.

2.3 Generovanie očakávanej úrokovej miery

V stratégiách obchodovania s futures, popísaných v ďalších kapitolách tejto diplomovej práce, sa budeme pri voľbe pozície rozhodovať na základe nášho očakávania vývoja podkladového aktíva, ktorým je v prípade eurodolar futures úroková miera, konkrétne 3-mesačný LIBOR. Aby sme boli schopný naše očakávania formulovať, musíme si odvodiť vzťah, pomocou ktorého budeme očakávanú sadzbu 3m LIBOR-u generovať.

Ako je uvedené v časti 2.2 na strane 22, medzi diskontným dlhopisom $P(t, T)$ a LIBOR-om $L_\delta(t)$ platí nasledovný vzťah:

$$(16) \quad L_\delta(t) = \frac{1}{T-t} \left(\frac{1}{P(t, T)} - 1 \right)$$

kde $L_\delta(t)$ je hodnota LIBOR-u v čase t na obdobie $\delta = (T-t)$ a $P(t, T)$ je diskontný dlhopis v čase t s maturitou T . Po dosadení vzťahu 9 pre $P(t, T)$ uvedeného na strane 21 do 16 dostávame:

$$(17) \quad L_\delta(t) = \frac{1}{T-t} \left(\frac{P(0, t)}{P(0, T)} \exp(\sigma(T-t)W_t + t\sigma\gamma(T-t) + \frac{1}{2}\sigma^2 tT(T-t)) - 1 \right).$$

Vzhľadom k tomu, že nás zaujíma očakávaná hodnota $L_\delta(t)$, pričom táto veličina je stochastická, zrátame si jej strednú hodnotu nasledovne:

$$(18) \quad \begin{aligned} E(L_\delta(t)) &= \\ &= E \left[\frac{1}{(T-t)} \left(\frac{P(0, t)}{P(0, T)} \exp(\sigma(T-t)W_t + t\sigma\gamma(T-t) + \frac{1}{2}\sigma^2 tT(T-t)) - 1 \right) \right] = \\ &= \frac{1}{T-t} \left(\frac{P(0, t)}{P(0, T)} \exp(t\sigma\gamma(T-t) + \frac{1}{2}\sigma^2 tT(T-t)) E[\exp(\sigma(T-t)W_t)] - 1 \right). \end{aligned}$$

S využitím faktu, že pre Brownov pohyb platí: $W_t \sim N(0, t) \Rightarrow \sigma(T - t)W_t \sim N(0, \sigma^2(T - t)^2t)$, a poznatkov z pravdepodobnosti dostávame:

$$(19) \quad E[\exp(\sigma(T - t)W_t)] = \exp\left(\frac{1}{2}\sigma^2(T - t)^2t\right).$$

Konečne po dosadení 19 do 18 môžeme sformulovať nasledovný vzťah:

$$(20) \quad E[L_\delta(t)] = \frac{1}{T - t} \left(\frac{P(0, t)}{P(0, T)} \exp(t\sigma\gamma(T - t) + \frac{1}{2}\sigma^2tT(T - t) + \frac{1}{2}\sigma^2(T - t)^2t) - 1 \right)$$

Pomocou vzorca 20 budeme "dnes" (= v čase 0) počítať očakávaný LIBOR v čase t na obdobie $\delta = T - t$ ⁶, pričom parametre σ a γ budeme kalibrovať priebežne⁷. Hodnoty $P(0, t)$ a $P(0, T)$ vypočítame pomocou vzťahu 16 s využitím lineárnej interpolácie historických dát LIBOR-u pre konkrétne t a T .

⁶v našom prípade $t =$ čas expirácie kontraktov, $\delta = 3$ mesiace $= 0,25$

⁷o výhodách priebežnej kalibrácie, podložených aplikovaním na historické dáta a porovnaním výsledkov s presnosťou predikcií modelu nakalibrovaného na fixnej polovici dát, sa môžeme bližšie dočítať v práci [6]

3 Stratégie obchodovania

V tejto časti diplomovej práce sa zameriame na vysvetlenie konštrukcie vlastných stratégií obchodovania s eurodollar futures, ako aj na bližšiu charakteristiku výpočtov, ktoré sú pre všetky navrhnuté stratégie spoločné. Následne si priblížime hlavné myšlienky týkajúce sa nami sledovaných ukazovateľov efektivity a zhrnieme problematiku kalibrácie vstupných parametrov stratégií.

V ďalších samostatných podkapitolách potom uvedieme základné znaky navrhnutých stratégií a vyhodnotíme výsledky dosiahnuté ich aplikáciou na historické dáta.

3.1 Popis dát

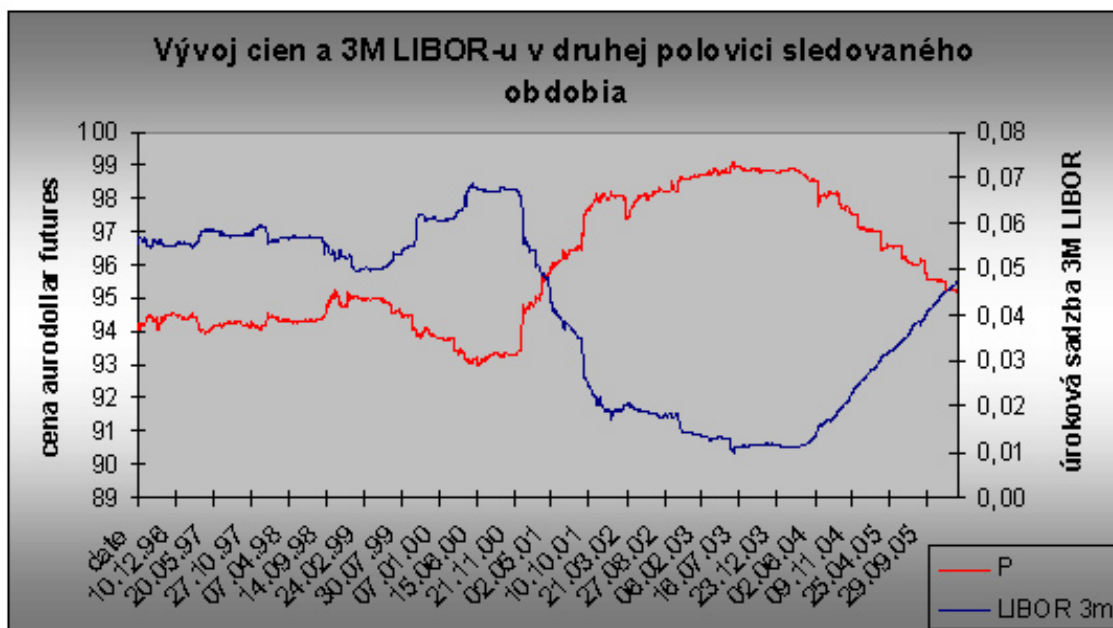
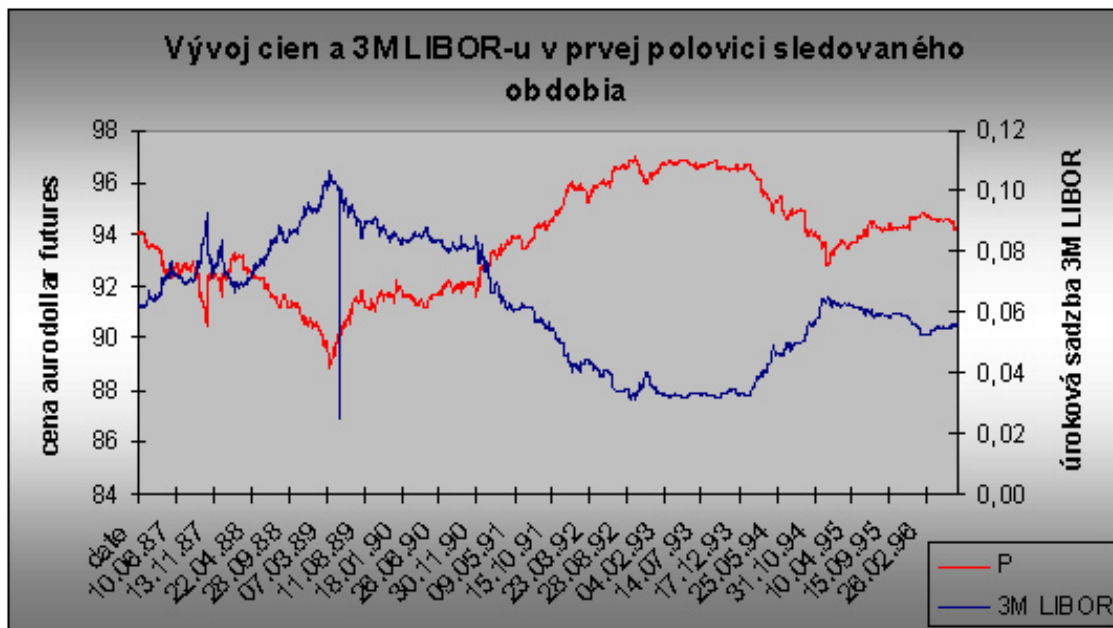
Ako sme už niekoľko krát v predchádzajúcich kapitolách spomínali, táto diplomová práca sa venuje konštrukciám stratégií, ktoré sú následne aplikované na historické dáta. Takýmto spôsobom overíme, aké výsledky je možné reálne dosiahnuť používaním týchto stratégií v praxi.

Pozrime sa teraz na štruktúru dát, ktoré pri našej práci budeme využívať. V nasledovnej tabuľke uvádzame vzorku dát pre niekoľko po sebe nasledujúcich dní.

| Date | Libor1M | Libor3M | Libor6M | NearED | NearED+1 | ExpED1 | ExpED2 |
|---------|---------|---------|---------|--------|----------|-----------|----------|
| 5.I.87 | 6,375 | 6,250 | 6,250 | 94,020 | 94,020 | 16.III.87 | 15.VI.87 |
| 6.I.87 | 6,375 | 6,250 | 6,188 | 94,030 | 94,030 | 16.III.87 | 15.VI.87 |
| 7.I.87 | 6,375 | 6,250 | 6,188 | 94,070 | 94,060 | 16.III.87 | 15.VI.87 |
| 8.I.87 | 6,250 | 6,125 | 6,125 | 94,080 | 94,070 | 16.III.87 | 15.VI.87 |
| 9.I.87 | 6,125 | 6,125 | 6,063 | 94,100 | 94,100 | 16.III.87 | 15.VI.87 |
| 12.I.87 | 6,188 | 6,125 | 6,125 | 94,050 | 94,040 | 16.III.87 | 15.VI.87 |
| 13.I.87 | 6,297 | 6,234 | 6,188 | 94,030 | 94,020 | 16.III.87 | 15.VI.87 |

V prvom stĺpci je uvádzaný dátum, ku ktorému môžeme v danom riadku nájsť zodpovedajúce údaje o úrokových sadzbách jedno-, troj- a šesť-mesačného LIBOR-u (stĺpce Libor1M, Libor3M a Libor6M) a kótované ceny dvoch najbližšie expirujúcich kontraktov (stĺpce NearED a NearED+1) spolu s dátumami ich expirácií (stĺpce ExpED1 a ExpED2). K dispozícii máme kompletne údaje za obdobie 5.január 1987 až 7.marec 2006, vrátane.

Z dôvodov potrebnej kalibrácie parametrov stratégií, ktoré bližšie upresníme v časti 3.2.4, tieto dáta rozdelíme na dve rovnako veľké časti, pričom prvú polovicu dát budeme využívať na kalibráciu vstupných parametrov našich stratégií a na druhej polovici dát budeme následne overovať efektivitu nakalibrovaných stratégií a vzájomne porovnávať dosiahnuté výsledky. Porovnanie vývoja ceny eurodollar futures a 3-mesačnej LIBOR sadzby v sledovanom období znázorňujú nasledovné grafy.



3.2 Všeobecný popis stratégií

Ako zo samotného názvu tejto časti vyplýva, jej cieľom bude zhrnutie všetkých spoločných črt nami navrhovaných stratégií a vysvetlenie hlavných dôvodov niektorých postupov, ktoré sme sa rozhodli pri konštrukcii stratégií zohľadniť.

3.2.1 Architektúra programu

Po technickej stránke všetky výpočty prebiehajú pod systémom MATLAB. Všetky procedúry a funkcie, ktoré budeme pri našej práci využívať, sme si sami naprogramovali⁸.

Historické dáta máme uložené vo formáte MS_Excel (*.xls). Z daného súboru ich načítame do matice pomocou zadaných funkcionalít systému MATLAB pre importovanie dát z externých zdrojov. Následne ich pomocou inicializačných procedúr spracujeme, a zároveň zdefinujeme všetky premenné, ktoré budeme neskôr potrebovať pri vyhodnocovaní úspešnosti jednotlivých stratégií. Naš program má štruktúru podobnú pyramíde, teda všetky čiastkové výpočty (ako napríklad interpolácia "krivky" úrokových mier⁹, kalibrácia jednotlivých parametrov Ho & Lee modelu, generovanie očakávanej úrokovej miery v čase expirácie kontraktu a pod.) sú definované ako samostatné procedúry a následne vhodne spájané do väčších celkov. Výsledkom je potreba spustenia jedinej procedúry, ktorá pre zvolenú stratégiu so zadanými vstupnými parametrami zabezpečí všetky požadované výpočty na nami určenej časti dát a výsledky ukazovateľov efektivity tejto stratégie spoločne s hodnotami vstupných parametrov zapíše do textového súboru.

⁸systém MATLAB podporuje definovanie vlastných procedúr a funkcií pomocou skriptových súborov, ktoré nazýva *m-files*. S takto definovanými procedúrami možno ďalej pracovať podobným spôsobom, ako je to bežne zaužívané v programovacích jazykoch.

⁹krivku v našom prípade predstavujú údaje o jedno-,troj- a šesť-mesačných sadzbách LIBOR, pričom kvôli jednoduchosti využívame obyčajnú lineárnu interpoláciu

3.2.2 Spoločné znaky a základná logika stratégií

Eurodollar futures nie sú v dnešnej dobe na trhu žiadnou novinkou. Za 25 rokov ich existencie mali obchodníci dostatočne veľa času na osvojenie si týchto nástrojov a zaiste si každý investor v priebehu tohto obdobia vybudoval vlastnú stratégiu, ako s týmto druhom finančných derivátov narábať.

Pri ich bližšej špecifikácii sme už spomínali, že vo všeobecnosti sa s futures kontraktami obchoduje za dvojakým účelom, ktorým je buď zaistenie budúcej investície proti neočakávaným stratám v dôsledku náhlych zmien na trhu (*hedging*), alebo špekulatívne obchodovanie za účelom zisku.

Naša diplomová práca sa venuje hlavne problematike špekulatívneho obchodovania. Existuje mnoho ciest, ktorými sa možno pri konštrukcii špekulatívnych stratégií vydať. Značná časť sa sústreďuje najmä na odhad vývoja cien v krátkodobom horizonte. Viaceré práce sa snažia popisovať súvislosti medzi vývojom rôznych ukazovateľov (resp. cien finančných nástrojov) na trhu¹⁰ a cenou futures alebo dokonca formulovať očakávania o jej budúcej úrovni len s využitím jej historického vývoja za posledné obdobie. Typickým príkladom je takmer symbolická myšlienka: "zajtra bude na trhu rovnaká situácia, ako bola dnes", a teda ak dnes cena futures rástla, očakávame, že bude rásť aj zajtra (a naopak, ak dnes klesala, očakávame pokles aj v nasledujúcom obchodnom dni).

Zvykne sa hovoriť: "v jednoduchosti je krása". V mnohých prípadoch je až zarážajúce, že v dnešnom pretechnizovanom svete plnom rôznych sofistikovaných procesov často tie najjednoduchšie postupy prinášajú najlepšie výsledky. Tejto myšlienky sa budeme pridržiavať aj my pri konštruovaní vlastných stratégií. Narozdiel od predchádzajúcich diplomových prác [4] a [5], ktoré pristupovali k danej problematike spôsobom: "ak sa dnes stalo a), zajtra sa stane b)", my sa pokúsime založiť

¹⁰v práci [5] autor formuluje očakávania medzidenného vývoja ceny futures na základe forwardovej úrokovej sadzby (vychádzajúcej z predpokladu *no arbitrage* tiež označovanej ako *no free lunch* a aktuálnej sadzby LIBOR-u), ktorú jednoduchou úpravou prevedie na "teoretickú hodnotu" futures kontraktu a následne porovná s aktuálne kótovanou cenou

naše očakávania o vývoji ceny futures na základe modelovania stochastického procesu vývoja úrokových mier a generovania očakávanej úrokovej sadzby v nami určených časových bodoch. Na tento účel použijeme jednofaktorový Ho & Lee model popísaný v časti 2.

V kapitole 1.4 sme objasnili fungovanie účtu marží a celý proces obchodovania s futures kontraktami. Poďme si teraz priblížiť niekoľko detailov, ktoré sme zahrnuli do našich stratégií, aby sme sa čo možno najviac priblížili realnej situácii na trhoch a postupom, ktoré sú bežne využívané pri obchodovaní v praxi.

Uvažujme s počiatočným stavom nášho majetku \$1 000 000. Pomernú časť majetku použijeme na investovanie do futures kontraktov, zvyšná časť celkového imania bude slúžiť ako krytie prípadných strát plynúcich z precenenia futures kontraktov¹¹. Tento pomer budeme zachovávať pri každom prerozdelení kapitálu a pre naše účely sme ho stanovili na 10% investícií a 90% krytia. Výška otváracieho marginu (*initial margin*) je pre eurodollar futures stanovená na \$1000 za kontrakt. Ak teda investujeme 10% z počiatočného majetku, náš východzí stav bude pozostávať zo 100 uzavretých kontraktov a \$900 000 hotovosti.

Zavedme si nasledovné označenia:

$P(t)$ - cena futures kontraktu kótovaná v čase t

$B(t)$ - objem hotovosti v čase t , slúžiacej ako krytie strát z investícií

$MA(t)$ - objem peňažných prostriedkov na účte marží v čase t

$PC(t)$ - počet otvorených kontraktov v čase t

$dP(t)$ - medzidenná zmena ceny futures kontraktu

Poďme si teraz pomocou niekoľkých jednoduchých vzorcov popísať, ako sa vývoj cien futures kontraktov na trhu odráža na hodnote našich investícií, a teda aj na hodnote nášho majetku.

¹¹rozumej krytie strát plynúcich z medzidenných zmien ceny futures kontraktu

Medzidennú zmenu ceny futures kontraktu vypočítame ako

$$dP(t) = P(t) - P(t - 1)$$

Táto zmena sa premietne do výšky účtu marží v závislosti od druhu pozícií, ktoré máme v kontraktoch otvorené. V časti 1.5 sme si tieto vzťahy už objasnili. Pripomeňme, že ak cena zo dňa na deň klesne o 1 bod (napr. z 95.45 na 95.44), obchodník v dlhej pozícii zaznamená medzidennú stratu vo výške \$25 na jeden kontrakt, a naopak. Ak máme teda v kontraktoch otvorenú dlhú pozíciu, náš medzidenný zisk/stratu môžeme vyjadriť rovnicou

$$MA(t) = MA(t - 1) + PC(t - 1) * dP(t) * 2500$$

Vidíme, že v prípade dlhej pozície je pri poklesne ceny o 1 bod $dP = -0.01$, čo predstavuje celkovú stratu o výške \$25*počet kontraktov. V našich stratégiách budeme pre jednoduchosť obchodovať vždy len s najbližšie expirujúcimi kontraktami a zo samotnej podstaty špekulatívneho obchodovania budeme mať otvorený vždy len jeden druh pozície¹².

Ako sme spomenuli na začiatku tejto kapitoly, pomer investovaných prostriedkov a krytia budeme zachovávať pri každom prerozdelení kapitálu. Na mieste je otázka, kedy takéto prerozdelenie nastáva. Existuje niekoľko situácií spoločných pre všetky naše stratégie. V práci [4] autorka prichádza k záveru, že je výhodnejšie zisk z otvorených kontraktov investovať, a teda navýšiť ich počet (otvoriť ďalšie kontrakty rovnakého druhu). Ak teda objem prostriedkov na účte marží prevýši \$1000 na kontrakt, prebytok investujeme do nákupu nových kontraktov takým spôsobom, aby nám na účte marží po navýšení počtu kontraktov ostalo presne \$1000 na jeden kontrakt, čo je výška otváracieho marginu. Tento prípad by sme mohli popísať nasledovnými vzorcami. Ak platí podmienka

$$MA(t) > 1000 * PC(t - 1)$$

¹²keďže otvorené protichodné pozície v rovnakých kontraktoch by boli nezmyselné

potom zistíme celkový objem nášho majetku (označme si ho dočasne ako $K(t)$ =celkový kapitál v čase t)

$$K(t) = B(t - 1) + MA(t)$$

a prerozdélíme ho v danom pomere 1:9, teda

$$MA(t) = \frac{1}{10} * K, B(t) = \frac{9}{10} * K$$

Objem peňažných prostriedkov, ktoré nám po prerozdelení ostanú na účte marží zodpovedá počtu otvorených kontraktov

$$PC(t) = MA(t)/1000$$

Týmto spôsobom sme v podstate navrhli otvorenú pozíciu o počet kontraktov rovný rozdielu $PC(t) - PC(t - 1)$.

Podobná situácia prerozdelenia nastane aj v prípade medzidennej straty, ktorá spôsobí pokles prostriedkov na margin účte pod 0.75 násobok otváracieho marginu na kontrakt (teda klesne pod maintenance margin v prepočte na jeden kontrakt). Táto podmienka by sa dala zapísať jednoduchou nerovnosťou

$$MA(t) < 750 * PC(t - 1)$$

Autorka práce [4] v takomto prípade navrhuje dorovnať hotovosť na účte marží do výšky otváracieho marginu, teda \$1000 na kontrakt, z doposiaľ neinvestovaných prostriedkov. Pokiaľ by sme disponovali postačujúcim obnosom neinvestovaných prostriedkov, počet otvorených kontraktov by tak ostal rovnaký. My sme sa ale rozhodli, že v tomto prípade budeme financie na dorovnanie čerpať aj spôsobom zníženia počtu otvorených pozícií, teda prebehne rovnaké prerozdelenie majetku, ako sme popísali vyššie. Dôvodom je skutočnosť, že sa chceme čo možno najviac pridržať nami stanovenej investičnej stratégie v podobe rozloženia majetku pomerom medzi investovanou a neinvestovanou časťou. Výsledkom je zníženie otvorenej pozície o $PC(t - 1) - P(t)$ kontraktov.

Z dôvodu značne zvýšenej volatility cien eurodollar futures pred expiráciou kontraktov budeme našu otvorenú pozíciu uzatvárať už 2 dni pred posledným obchodovateľným dňom pre dané kontrakty. Vyhneme sa tak potenciálnym stratám zapríčineným prehnaným pohybom cien v dôsledku zvýšenej špekulatívnej aktivity subjektov na trhu.

Jedným z prínosov našej práce je aj zahrnutie transakčných nákladov vo výške \$10 za zmenu pozície v prepočte na jeden kontrakt. Treba ale podotknúť, že zmena dlhej pozície na krátku v sebe zahŕňa uzavretie (*offset*) dlhej pozície (\$10) a otvorenie krátkej pozície (ďalších \$10), čo dokopy predstavuje transakčné náklady o výške \$20 na kontrakt.

3.2.3 Ukazovateľ efektivity portfólia

Pod pojmom stratégie obchodovania s futures môžeme rozumieť akési postupy riadenia portfólia. Naše portfólio bude z dôvodu špekulatívneho obchodovania obsahovať len eurodollar futures a z dôvodu jednoduchosti budeme mať otvorenú vždy len pozíciu v najbližšie expirujúcom kontrakte. Naším jediným cieľom je dosiahnuť zisk plynúci zo zmien ceny daného kontraktu vhodnou voľbou pozície, ktorú v ňom máme otvorenú.

Ak si teraz predstavíme, že sme na mieste investora, akým spôsobom vyhodnotíme výkonnosť určitej stratégie? Jedným z ukazovateľov, ktorý budeme pre vyhodnocovanie výkonnosti jednotlivých stratégií sledovať, je výška konečného kapitálu. Tento ukazovateľ ale sám o sebe nemá príliš veľkú výpovednú hodnotu o skutočnej výkonnosti stratégie. Prečo? Predstavme si, že naše portfólio dlhodobo prináša vzhľadom k aktuálnym trhovým podmienkam nadštandardný výnos, až zrazu jedného dňa zaznamená jeho trhovú hodnotu prudký prepád. Z pohľadu konečného kapitálu by daná stratégia vyzerala ako neefektívna a nevhodná. Kde je ale zachytený práve ten druh informácie, že portfólio, ktoré sme s pomocou zvolenej stratégie riadili, bolo počas prevažnej časti predchádzajúceho obdobia ziskové? Na mieste je teda otázka, ako je možné zachytiť okrem konečného stavu nášho imania aj

samotný vývoj investície počas celého sledovaného obdobia. Za týmto účelom sme sa inšpirovali prácou [7] a zaviedli sme niekoľko ďalších ukazovateľov, ktoré nám poskytnú komplexnejší pohľad pri riešení daného problému. V nasledujúcom zozname uvádzame ich názov spolu so skratkou, ktorú budeme v ďalšom texte používať, a stručným popisom.

Maximum drawdown (MaxDD) - maximálny pokles trhovej hodnoty investície (udávané v percentách)

Length of maximum drawdown (LMaxDD) - dĺžka obdobia, počas ktorého investícia zaznamenala najväčší percentuálny prepád (udávané v dňoch)

Maximum drawdown length (MaxDDL) - maximálne obdobie, počas ktorého trhovú hodnotu investície poklesla a následne sa vrátila späť na pôvodnú hodnotu (udávané v dňoch)

Dlhodobý priemer výnosností (Long-run average of effectivity = LRAE) - priemer 5-dňových výnosností portfólia¹³ od začiatku investovania až po posledný sledovaný deň

Konečný kapitál (KK) - výška konečného kapitálu, t.j. celkový kapitál na konci sledovaného obdobia (udáva sa v \$)

Úspešnosť (success = S) - percentuálny podiel dní (z celkového počtu dní v sledovanom období), počas ktorých naša investícia prinášala zisk. Inými slovami povedané, úspešnosť o výške $0.62 = 62\%$ znamená, že v 62 prípadoch zo 100 sme správne odhadli vývoj ceny kontraktu (udávané v percentách)

¹³každý piaty deň sa pozrieme na veľkosť percentuálneho nárastu/poklesu trhovej hodnoty portfólia za posledných 5 obchodovateľných dní. Pre jednoduchosť sme v našej práci využili aritmetický priemer. V závislosti od preferencií možno použiť aj vážený priemer s exponenciálne rozloženými váhami a pod. Voľba piatich dní pritom nie je náhodná. Zodpovedá dĺžke štandardného obchodovacieho týždňa.

Počet rozhodnutí o zmene pozície (Number of decisions = NoD) - počet našich rozhodnutí o zmene pozície¹⁴ (bezrozmerná veličina=absolútne číslo)

Keďže týchto ukazovateľov je relatívne veľa a na prvý pohľad môže byť aj pre pozorného čitateľa problematické vidieť medzi nimi súvislosti a hodnotu informácie, ktorá je v nich obsiahnutá, skúsme si ich význam zhrnúť do niekoľkých riadkov.

Zatiaľ čo konečný kapitál nám poskytuje informáciu o konečnom stave nášho majetku, MaxDD nám hovorí, aký najväčší prepad zaznamenali naše investície. LMaxDD poskytuje informáciu o dĺžke trvania tohto prepadu. Málokto investor zrejme znesie prepad jeho investícií napríklad o 30% ich hodnoty v priebehu štyroch po sebe nasledujúcich dní. Informačnou hodnotou do tejto oblasti prispieva aj MaxDDL, ktorý vyjadruje schopnosť stratégie reagovať na zmeny na trhu. Je teda akýmsi sitom pri výbere stratégií podľa miery trepezlivosti investora. V podstate udáva maximálny počet dní, za ktorý je stratégia schopná vyrovnať sa so zmenami na trhu.

Pomocou týchto ukazovateľov môžeme do značnej miery premietnuť investorovu mieru averzie k riziku do preferencií jednotlivých stratégií. Konzervatívny, rizikovo averzný investor bude radšej voliť stratégiu, ktorá mu prinesie menší výnos (konečný kapitál bude menší), ale nebude taká riziková (MaxDD aj MaxDDL bude menší) pred stratégiou s väčším konečným kapitálom, ale aj väčším rizikom.

V popise jednotlivých ukazovateľov sme úspešnosťou nazvali podiel ziskových dní k celkovému počtu dní v sledovanom období. Každého investora istotne poteší informácia, že v rámci bežného obchodovacieho týždňa (5 dní) prináša jeho investícia priemerne počas štyroch dní čistý zisk. V danom prípade by náš ukazovateľ nadobúdal hodnotu $0.8 = 80\%$. Čím je toto percento vyššie, tým sme so stratégiou spokojnejší. Takto definovaná úspešnosť však neposkytuje kompletný obraz o skutočnom správaní sa našej stratégie v závislosti od trhového vývoja. Prečo? Ak pri sledovaní futbalového zápasu ponúkne réžia v polčase štatistiku s údajom, že naše

¹⁴ak sa sme sa rozhodli uzavrieť, otvoriť alebo zmeniť pozíciu z dlhej na krátku, zväčšíme NoD o 1. Tento ukazovateľ v sebe nezahŕňa počet kontraktov, ktorých sa dané zmeny dotkli.

oblíbené družstvo držalo loptu na kopačkách počas 76% hracieho času, isto budeme spokojní. Tiež by sme boli radi, keby bol tento údaj čím väčší. Ako sa ale zmení jeho výpovedná hodnota, keď doplníme túto čiastkovú informáciu o priebežný stav zápasu 2:5 v náš neprospech? Takýto komplexnejší pohľad získame pri hodnotení stratégie práve doplnením úspešnosti či už o konečný kapitál, alebo o dlhodobý priemer výnosností (LRAE). Posledne spomínaný ukazovateľ je navyše zaujímavý pre investorov, ktorí radi "bežia na dlhšie trate". Údava im, aký priemerný týždenný výnos môžu pri troche trpezlivosti z danej investície očakávať.

Skupinu sledovaných ukazovateľov dopĺňa počet rozhodnutí a zmene pozícií. Možno predpokladať, že väčšina investorov bude preferovať práve stratégie, pri ktorých nie sú nútení zbrklo meniť pozíciu, ktorú majú v kontraktoch otvorenú (a teda uprednostňujú čím menší počet rozhodnutí o zmene pozície).

3.2.4 Proces kalibrácie parametrov stratégií

Ako zo samotného názvu našej práce vyplýva, všetky nami navrhnuté stratégie budeme testovať na historických dátach. Podľa podkapitoly 3.1 rozdelíme naše dáta na dve polovice, pričom prvú využijeme práve na kalibráciu vstupných parametrov stratégií a na druhej takto nakalibrované stratégie otestujeme a vzájomne porovnáme. Čím budú stratégie zložitejšie, tým budú mať viac vstupných parametrov. Vymenovanie, ako aj význam vstupných parametrov uvedieme neskôr (pochopiteľne pre každú stratégiu osobitne, keďže budú sledovať pri rozhodovaní rôzne myšlienkové postupy).

Každý vstupný parameter môže prakticky nadobúdať konečne veľa hodnôt z určitej racionálne zvolenej množiny. Naša kalibrácia spočíva v masívnej simulácii, a teda v aplikovaní stratégie na prvú polovicu dát s takmer všetkými možnými kombináciami jej vstupných parametrov ¹⁵, pričom každú z týchto kombinácií zaznamenáme do textového súboru spolu s prislúchajúcimi výslednými hodnotami nami

¹⁵samozrejme kvôli náročnosti výpočtov a akceptovateľnému výpočtovému času s ich rozumným krokováním

definovaných ukazovateľov. Získané údaje ďalej spracujeme pomocou MS EXCEL a zo všetkých kombinácií vyberieme pre každú stratégiu tú "najlepšiu". Zaiste každého čitateľa v tejto chvíli napadne, čo v našom ponímaní znamená "najlepšia" kombinácia vstupných parametrov. Túto otázku zodpovieme v nasledovnej podkapitole.

3.2.5 Konštrukcia indexu efektivity stratégie

Keďže sme sa rozhodli pri vyhodnocovaní efektívnosti stratégií sledovať viacero ukazovateľov, naskytl sa nám zaujímavý problém pri výbere tej "najlepšej". Prečo? Musíme totiž určitým spôsobom zachytiť naše preferencie ohľadom jednotlivých ukazovateľov. Už sme spomenuli v časti 3.2.3, že každý investor bude pociťovať pomerne veľký MaxDD (percentuálny prepád investície) ako negatívny znak stratégie. Z definície ukazovateľov je očividné, že pre jednu skupinu bude predstavovať rast hodnoty ukazovateľa pozitívnu informáciu pre investora (napr. konečný kapitál, dlhodobý priemer výnosnosti portfólia, úspešnosť), zatiaľ čo pre druhú skupinu tomu bude opačne (MaxDD, MaxDDL, LMaxDD, NoD, ...). Ako ale zohľadniť informáciu, že sme ochotní tolerovať 5% nárast hodnoty MaxDD pri súčasnom 3% náraste výnosnosti stratégie? Aby sme mohli medzi sebou jednotlivé realizácie stratégií porovnávať, bolo by žiadúce zhrnúť všetky ukazovatele do jediného čísla - skonštruovať index efektivity (výkonnosti) stratégie. Čím by bol tento index väčší, tým by bola daná stratégia z nášho pohľadu lepšia. Naskytá sa teda myšlienka akéhosi váženého súčtu ukazovateľov. Existuje však jedna podstatná prekážka, kvôli ktorej tento postup nie je priamo zrealizovateľný, a síce jednotlivé ukazovatele sú udávané v rôznych jednotkách. Nemožno sčítavať dni s percentami a s absolútnymi číslami.

V bežnej praxi sa efektívnosť portfólia porovnáva s akýmsi dopredu stanoveným benchmarkom. Ak dosahuje naše portfólio vyšší výnos ako je výnos benchmarku, sme spokojní. V našom prípade môže v úlohe benchmarku veľmi dobre poslúžiť voľba dlhej pozície. Ide o najjednoduchšiu stratégiu, akú možno navrhnúť - investujeme náš kapitál do kontraktov, v ktorých budeme mať otvorenú dlhú pozíciu, a po celý čas nič nerobíme. Jedinými zásahmi bude prerolovanie kontraktov = nákup

”nových” pri expirácii ”starých” a navyšovanie/znižovanie otvorených pozícií z dôvodu medzidenných ziskov/strát. Táto stratégia je natoľko jednoduchá, že nemá žiaden vstupný parameter, a teda ak ju aplikujeme na historické dáta, dostávame len jedinú kombináciu výsledných hodnôt ukazovateľov. Pomerom hodnoty ukazovateľa ľubovoľnej realizácie stratégie s hodnotou rovnakého ukazovateľa pre stratégiu dlhej pozície dostaneme informáciu, koľkonásobne je naša stratégia v porovnaní s voľbou dlhej pozície v danom ukazovateli lepšia (pre skupinu ukazovateľov ”čím menší - tým lepší” bude tento pomer obrátený). Zároveň tak získame z jednotlivých ukazovateľov bezrozmerné veličiny, ktoré možno navzájom sčítať. Ostáva už len zvoliť váhy sčítancov, ktoré by odzrkadľovali investorove preferencie a náš index efektivity stratégie je hotový. Ak použijeme skratky ukazovateľov uvedené v časti 3.2.3, konštrukciu indexu môžeme vyjadriť vzťahom:

$$(21) \quad \begin{aligned} index = & w_1 \frac{MaxDD_{lp}}{MaxDD} + w_2 \frac{LMaxDD_{lp}}{LMaxDD} + w_3 \frac{MaxDDL_{lp}}{MaxDDL} + \\ & + w_4 \frac{LRAE}{LRAE_{lp}} + w_5 \frac{KK}{KK_{lp}} + w_6 \frac{S}{S_{lp}} + w_7 \frac{NoD_{lp}}{NoD} \end{aligned}$$

Ukazovateľa s dolným indexom ”lp” prislúchajú hodnotám ukazovateľov pre dlhú pozíciu (hodnoty ukazovateľov benchmarku). Bez dolného indexu sme označili ukazovateľa stratégie, pre ktorú index efektivity počítame. Pre váhy w_i , prislúchajúce jednotlivým ukazovateľom, platí:

$$w_i \geq 0 \quad \forall i, \quad \sum_i w_i = 1$$

Samotná kalibrácia stratégie môže s využitím nami zostrojeného indexu prebiehať viacerými spôsobmi. Spomeňme dva najlogickejšie a aj technickým prevedením najjednoduchšie.

Prvou možnosťou je pre každú uloženú kombináciu vstupných parametrov danej stratégie vypočítať z prislúchajúcich hodnôt ukazovateľov index efektivity. Zo všetkých realizácií potom vyberieme tú, ktorej zodpovedá najväčší index.

Druhou možnosťou je stanoviť hranice pre ukazovateľa, ktoré považujeme za kľúčové pre naše rozhodovanie a sme ochotní tolerovať hodnoty týchto ukazovateľov

len v určitých presne stanovených medziach. Z realizácií stratégie, ktoré spĺňajú nami stanovené kritériá potom vyberieme tú, ktorej zodpovedá z danej množiny najväčší index efektivity. Je to teda akýsi dvojfázový proces kalibrácie, pričom:

1. - v prvej fáze stanovíme hranice hodnôt vybraných ukazovateľov a vyberieme všetky také realizácie, ktoré dané obmedzenia spĺňajú
2. - v druhej fáze spočítame pre zúženú množinu realizácií index efektivity a vyberieme tú realizáciu, ktorej zodpovedá najväčšia hodnota indexu

Pri našej práci sme využili práve 1. spôsob kalibrácie. Je na mieste podotknúť, že pri rôznych voľbách váh w_i môže proces kalibrácie vybrať rôzne realizácie ako tie "najúspešnejšie". Tento logický fakt sa nám potvrdil aj pri samotnej práci s dátami. Pozitívnu informáciou v tomto smere je, že ani jedna z našich stratégií nie je na zmenu váh výrazne citlivá. Premietnutím do čísiel možno konštatovať, že zmenou váh jednotlivých ukazovateľov v rozmedzí 5% väčšina nakalibrovaných vstupných parametrov zostáva nezmenená. V nasledujúcej prehľadnej tabuľke uvádzame nami zvolené váhy ukazovateľov.

| i | w_i | ukazovateľ |
|---|-------|------------|
| 1 | 0,10 | MaxDD |
| 2 | 0,05 | LMaxDD |
| 3 | 0,15 | MaxDDL |
| 4 | 0,25 | LRAE |
| 5 | 0,05 | KK |
| 6 | 0,35 | S |
| 7 | 0,05 | NoD |

V rámci práce s dátami sme vyskúšali voľbu viacerých kombinácií váh. Pri každej zmene váh sme pritom podrobili stratégie celému procesu kalibrácie a výsledky nakalibrovaných stratégií, aplikovaných na druhú polovicu dát, sme následne vyhodnocovali. Tento postup je do značnej miery náročný na čas. Z tohto dôvodu sme vyskúšali len 6 rôznych kombinácií váh, pričom sme si stanovili podmienku minimálne 5% zastúpenia každého ukazovateľa v indexe. Uvedené váhy dosiahli zo skupiny 6 testovaných najlepšie výsledky.

3.3 Špecifikácia stratégií a dosiahnuté výsledky

Ako sme pomocou matematickej formulácie popísali v kapitole 2 a neskôr uviedli aj v časti 3.2.2, naše očakávania o vývoji ceny eurodollar futures budeme zakladať na predikcii očakávanej 3-mesašnej LIBOR sadzby platnej v čase expirácie kontraktu.

Rozdielom v jednotlivých stratégiách je práve definovanie rôznych podmienok, pomocou ktorých sa v rôznych časových okamihoch rozhodneme využiť matematický model a na základe porovnania vygenerovanej očakávanej úrokovej miery s reálnou sadzbou na trhu stanoviť typ pozície, ktorú budeme mať v kontraktoch otvorenú. Presnejšie, nebudeme porovnávať očakávanú a aktuálnu úrokovú mieru ale očakávanú a aktuálnu hodnotu kontraktu, ktoré z týchto sadzieb vyplývajú. Pripomeňme, že tieto vzťahy sme definovali rovnicami 2 a 3 uvedenými v časti 1.5. Ak bude očakávaná hodnota vyplývajúca z modelu vyššia ako reálna hodnota na trhu, domnievame sa, že aktuálna hodnota kontraktu bude rásť, a teda zvolíme dlhú pozíciu. Naopak, ak sú naše očakávania nižšie, predpokladáme, že aj aktuálna hodnota kontraktu na trhu bude klesať. Z toho dôvodu zaujmeme krátku pozíciu.

Prostredníctvom tabuliek a grafov uvedieme v ďalších podkapitolách výsledné hodnoty ukazovateľov a priebehy nakalibrovaných stratégií aplikovaných na druhú polovicu dát. Pre porovnanie poskytneme pri všetkých stratégiách tieto údaje v dvoch verziách:

- s uvažovaním transakčných nákladov (TN) \$10 za zmenu pozície
- bez zahrnutia transakčných nákladov (\$0 za zmenu pozície)

Výsledky stratégií porovnáme s benchmarkom, ktorým je v našom prípade voľba dlhej pozície (bližšie popísanej v časti 3.2.5). Okrem priebehov stratégií (v zmysle objemu celkového kapitálu) v prílohe č.2 ku každej stratégii znázorňujeme aj ďalšie 4 grafy, ktoré poskytujú dodatočné informácie o výkonnosti a správaní sa stratégie v sledovanom období.

Podotýkame, že pri všetkých stratégiách platia postupy a mechanizmy popísané v podkapitole 3.2, ako napríklad pravidlá prerozdelenia majetku a pod.

3.3.1 Prvá stratégia

Popis stratégie

Začali sme najjednoduchšou alternatívou. Vychádzajme z predpokladu, že nebudú definované žiadne reštrikcie. Na dennej báze budeme generovať očakávanú hodnotu kontraktu a porovnávať ju s aktuálnou hodnotou kontraktu na trhu.

Vstupné parametre stratégie

Táto stratégia má jediný vstupný parameter, ktorým je $n =$ dĺžka časového radu historických údajov, ktoré budeme používať pri priebežnej kalibrácii parametrov modelu Ho & Lee (tzv. lookback period¹⁶). Nakalibrovaný parameter¹⁷ má hodnotu $n = 32$. Index efektivity dosiahol na 1. polovici dát úroveň 1.351.

Výsledky stratégie

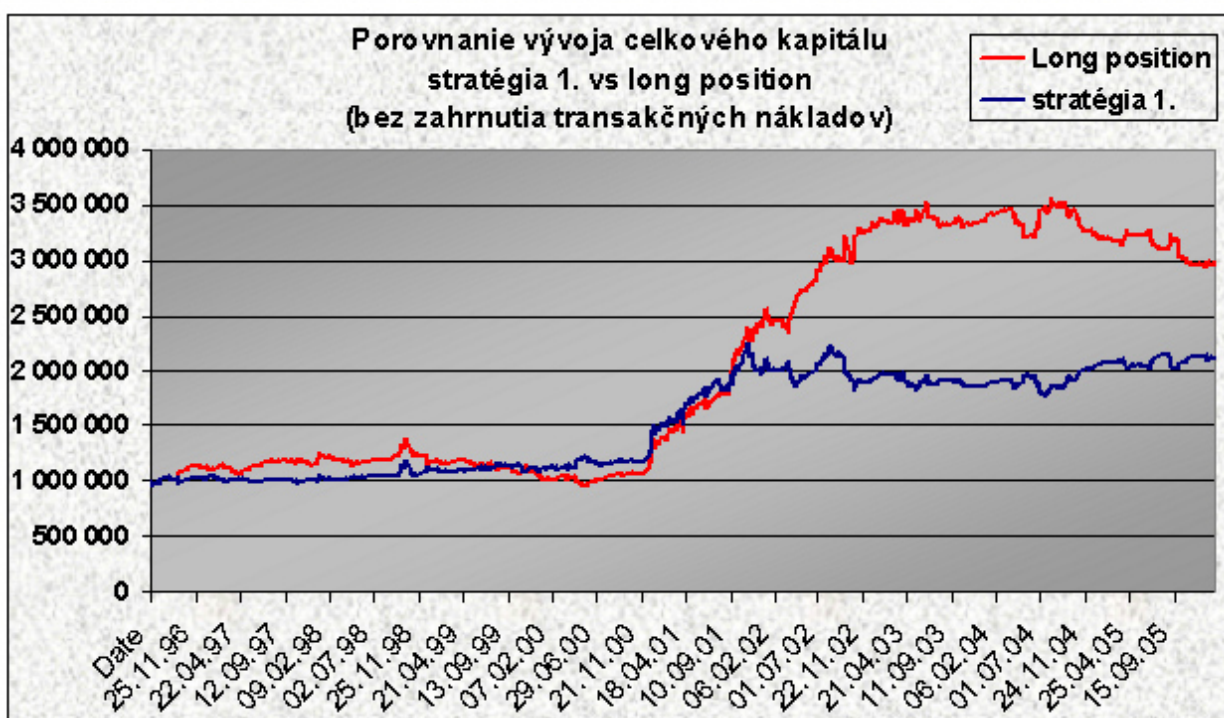
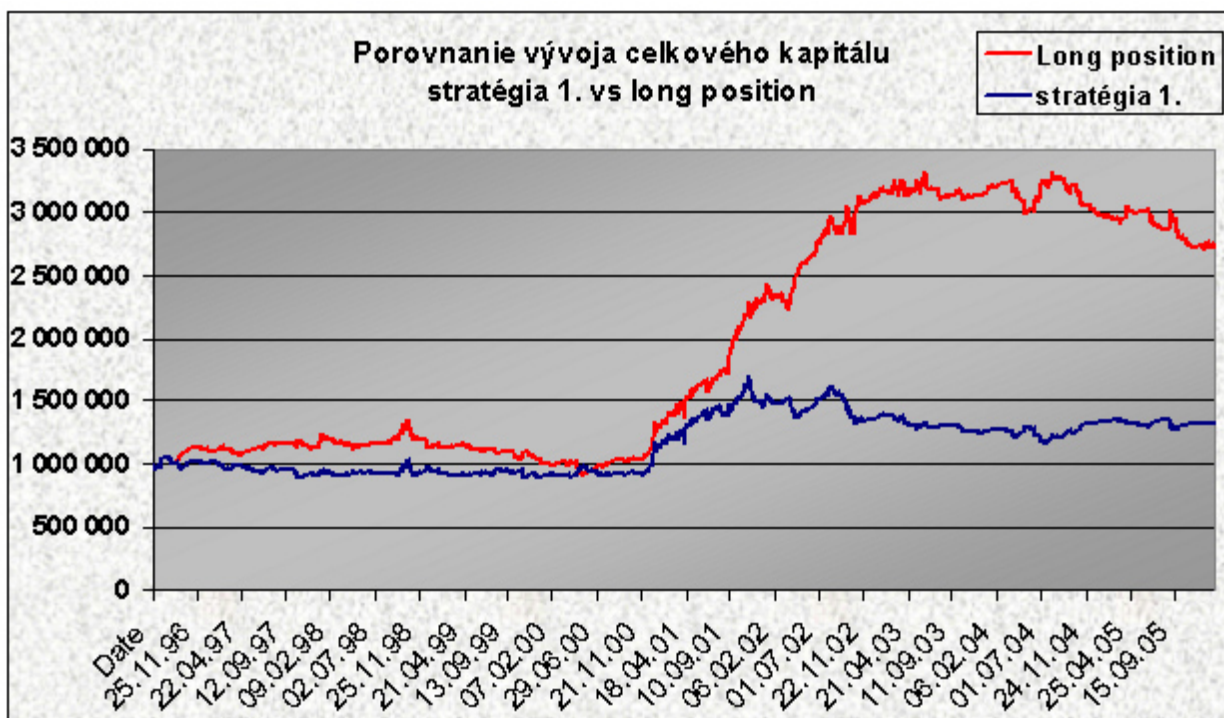
| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|----------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia 1. | 0,7102 | 8,092% | 5 | 1092 | 0,072% | 1 329 541 | 62,176% | 271 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia 1. | 0,8156 | 8,084% | 5 | 1 050 | 0,171% | 2 131 158 | 62,176% | 271 |

Ako môžeme z tabuliek vidieť, negatívom tejto stratégie je príliš častá zmena pozícií, čo má za následok vysoké transakčné náklady. Pri konštrukcii ďalších stratégií sa teda budeme snažiť počet rozhodnutí o zmene pozícií znížiť.

Všimnime si, že v prípade nulových transakčných nákladov sa našej stratégii darilo v zmysle konečného kapitálu, ako aj priemeru 5-dňových výnosností podstatne lepšie. Zahrnutie transakčných nákladov teda do značnej miery aj pri voľbe rovnakých vstupných parametrov mení náš pohľad na výkonnosť danej stratégie.

¹⁶pre pochopenie významu parametra z matematického hľadiska pozri kapitolu 2, stranu 21

¹⁷proces kalibrácie parametrov stratégií je popísaný v časti 3.2.4



3.3.2 Druhá stratégia

Popis stratégie

Táto stratégia logicky vychádza z prvej. Jediným rozdielom je obmedzenie využívania generátora úrokových mier a teda aj obmedzenie príliš častých zmien pozície. Toto obmedzenie je realizované podmienkou, ktorá povoľuje zmenu pozície len v okamihu rolovania kontraktov, teda v okamihu nákupu nových kontraktov pri expirácii starých. V tomto prípade sa nejedná o zmenu pozície v pravom zmysle slova, v akom sme ju definovali v časti 3.2.2. Priamo pri nákupe nových kontraktov totiž môžeme zohľadniť naše očakávania a zaujmeme hneď želanú pozíciu. Svojim spôsobom možno túto stratégiu prirovnať k stratégii voľby dlhej pozície. Tá vždy pri expirácii kontraktov otvára nové kontrakty s preddefinovanou voľbou dlhej pozície, kým stratégia 2. v danom okamihu volí pozíciu na základe modelom vygenerovanej úrokovej miery a teda očakávanej hodnoty nového kontraktu.

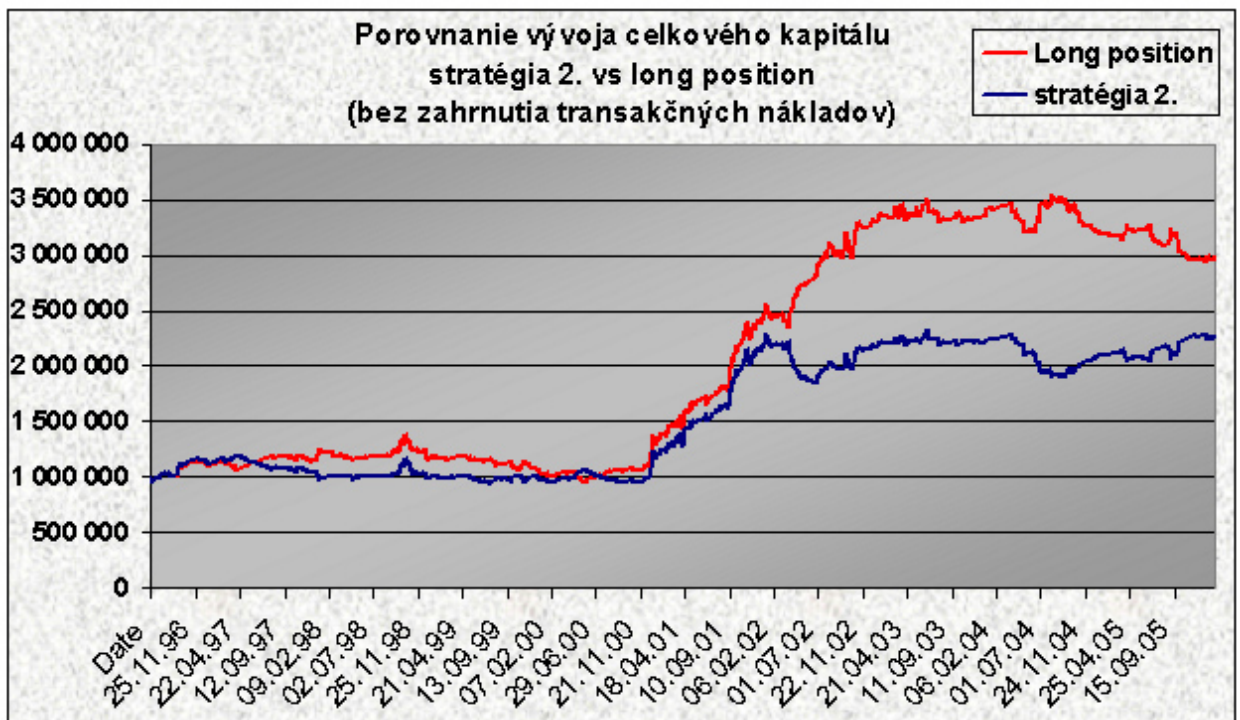
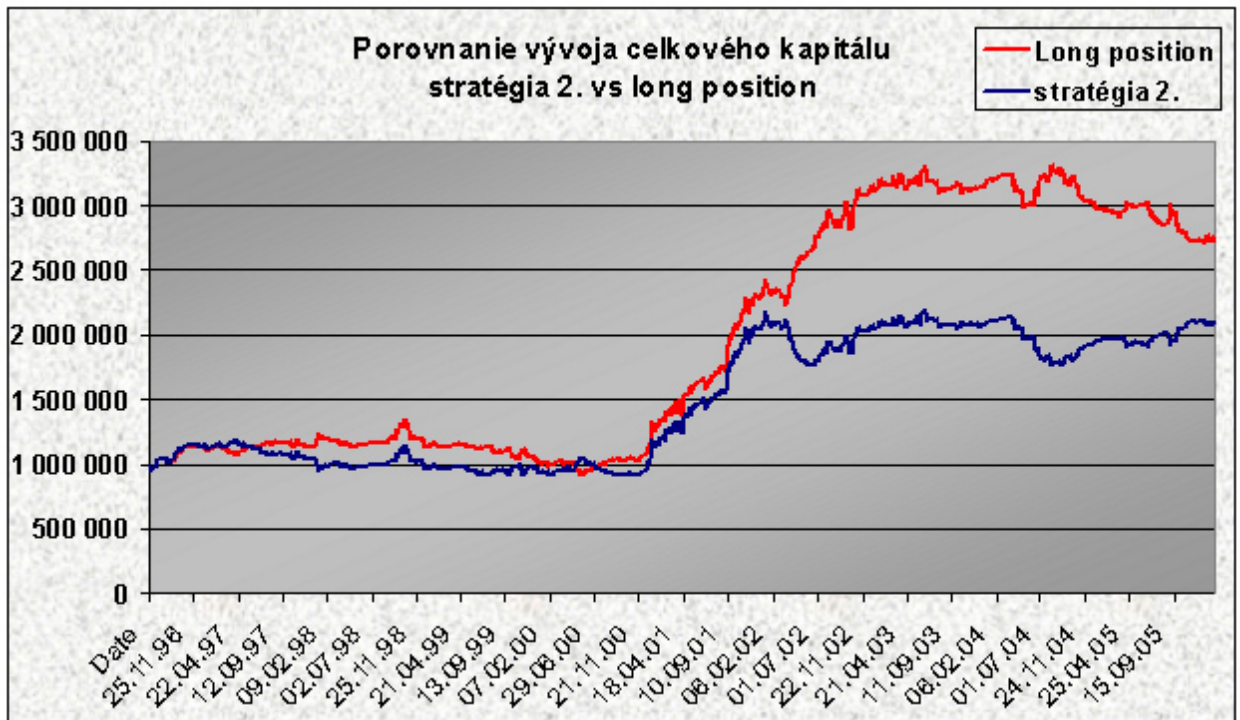
Vstupné parametre stratégie

Stratégia 2. má taktiež jediný vstupný parameter, ktorým je $n =$ (lookback period). Nakalibrovaný parameter má hodnotu $n = 72$. Maximálna hodnota indexu efektivity dosiahnutá na 1. polovici dát je 0.984.

Výsledky stratégie

| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|----------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia 2. | 0,8769 | 8,092% | 5 | 936 | 0,170% | 2 099 949 | 61,548% | 77 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia 2. | 0,8762 | 8,084% | 5 | 936 | 0,187% | 2 277 996 | 61,548% | 77 |

Z uvedených tabuliek si všimnime, že NoD stratégie nadobúda rovnakú hodnotu ako NoD benchmarku. Táto zhoda je potvrdením správnej aplikácie obmedzenia na voľbu pozície.



3.3.3 Tretia stratégia

Popis stratégie

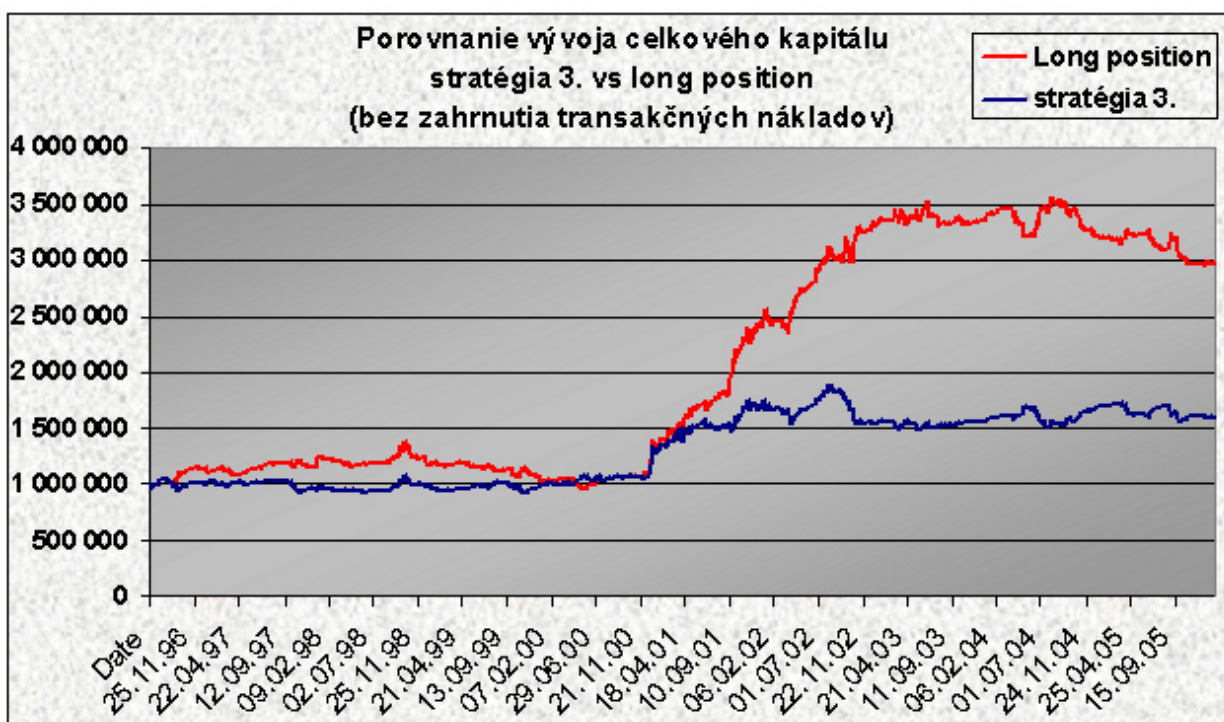
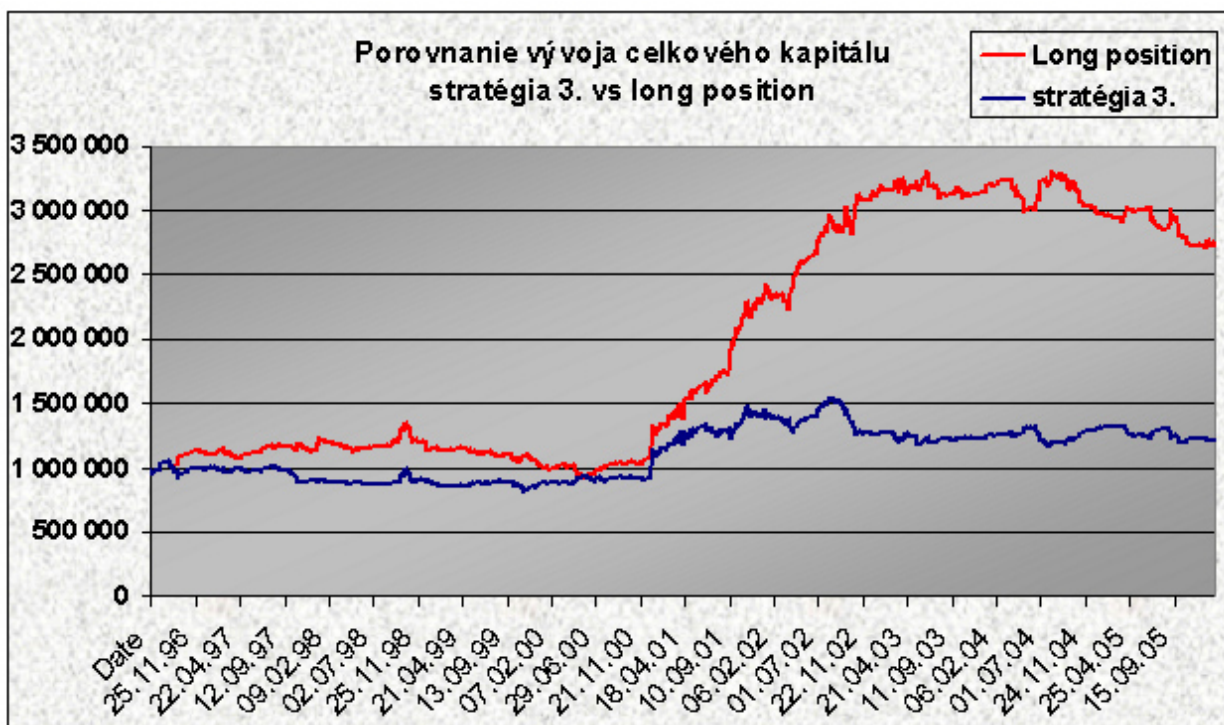
Ďalšou možnosťou, akou obmedziť príliš častú zmenu pozície, je definovanie periódy, počas ktorej nebudeme do voľby pozície zasahovať. Ak by sme teda zvolili periódu rovnú 10, v praxi by to znamenalo, že každý desiaty obchodovateľný deň nakalibrujeme náš matematický model a na základe vygenerovanej úrokovej miery sformulujeme očakávania a zvolíme príslušnú pozíciu. Tú počas nadchádzajúcej periódy nebudeme viac meniť. V tejto stratégii uvažujeme len periódy o maximálnej dĺžke jedného mesiaca. V prípade expirácie starých kontraktov a otváraní nových volíme poslednú nenulovú pozíciu, teda pozíciu, ktorá predchádzala preddefinovanému uzavretiu kontraktov dva dni pred ich expiráciou (samozrejme s výnimkou prípadu, pri ktorom by sa deň nákupu nových kontraktov zhodoval s dňom periódy).

Vstupné parametre stratégie

Ako priamo z popisu stratégie vyplýva, okrem "štandardného" parametra n nám pribudol ďalší parameter, ktorý sme nazvali periódou. Nakalibrované parametre nadobúdajú hodnoty $n = 22$ a $perióda = 4$. Index efektivity dosiahol na 1. polovici dát úroveň 1.699.

Výsledky stratégie

| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|----------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia 3. | 0,6477 | 8,168% | 0 | 1093 | 0,056% | 1 222 785 | 62,301% | 173 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia 3. | 0,7735 | 8,084% | 5 | 864 | 0,113% | 1 609 892 | 62,301% | 173 |



3.3.4 Štvrtá stratégia

Popis stratégie

V predchádzajúcej stratégii sme definovali parameter periódy, ktorý sme obmedzili na maximálnu hodnotu jedného mesiaca. Ako sme mali možnosť z nakalibrovaného parametra vidieť, najlepší výsledok na prvej polovici dát bol dosiahnutý pri hodnote $perióda=4$. Táto perióda sa nám zdala príliš krátka a zmeny pozície príliš časté, čo bol práve prípad, ktorému sme sa chceli pomocou vhodnej reštrikcie modelu vyhnúť. Začali sme teda uvažovať nad tým, aké výsledky by sa dali dosiahnuť pri stanovení rádovo väčších periód. To nás viedlo k myšlienke povolenia hodnôt periódy nad 1 mesiac.

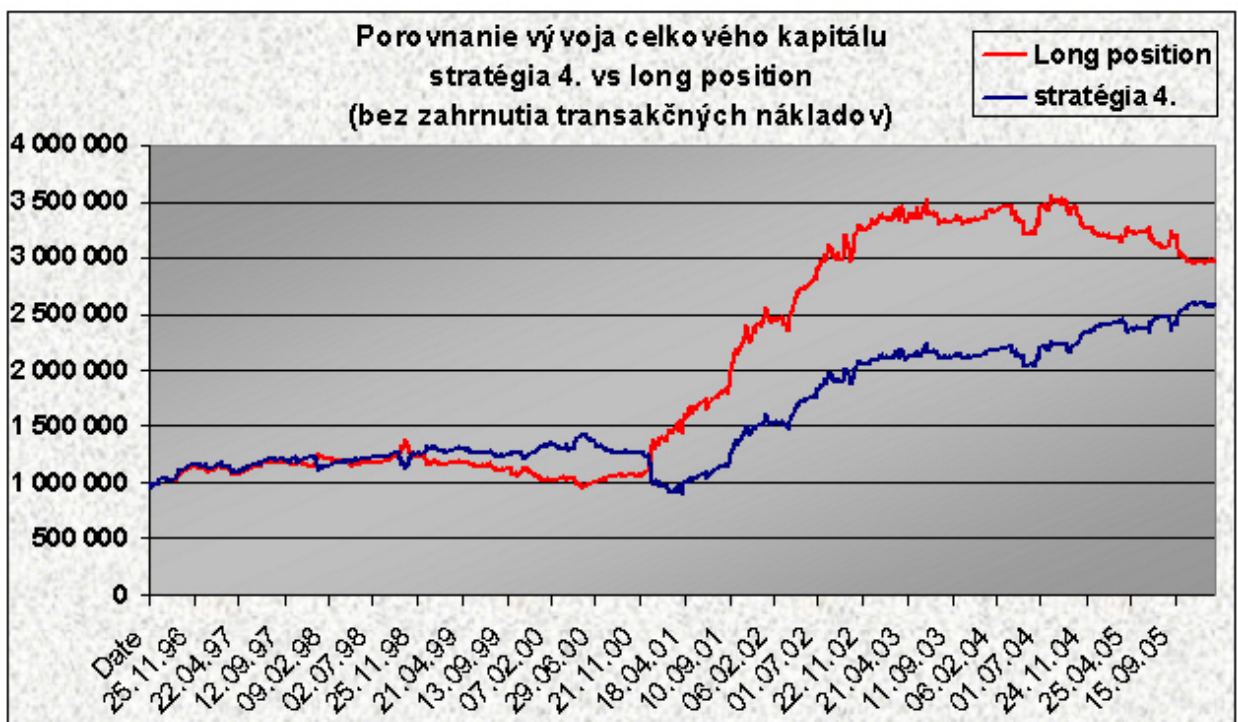
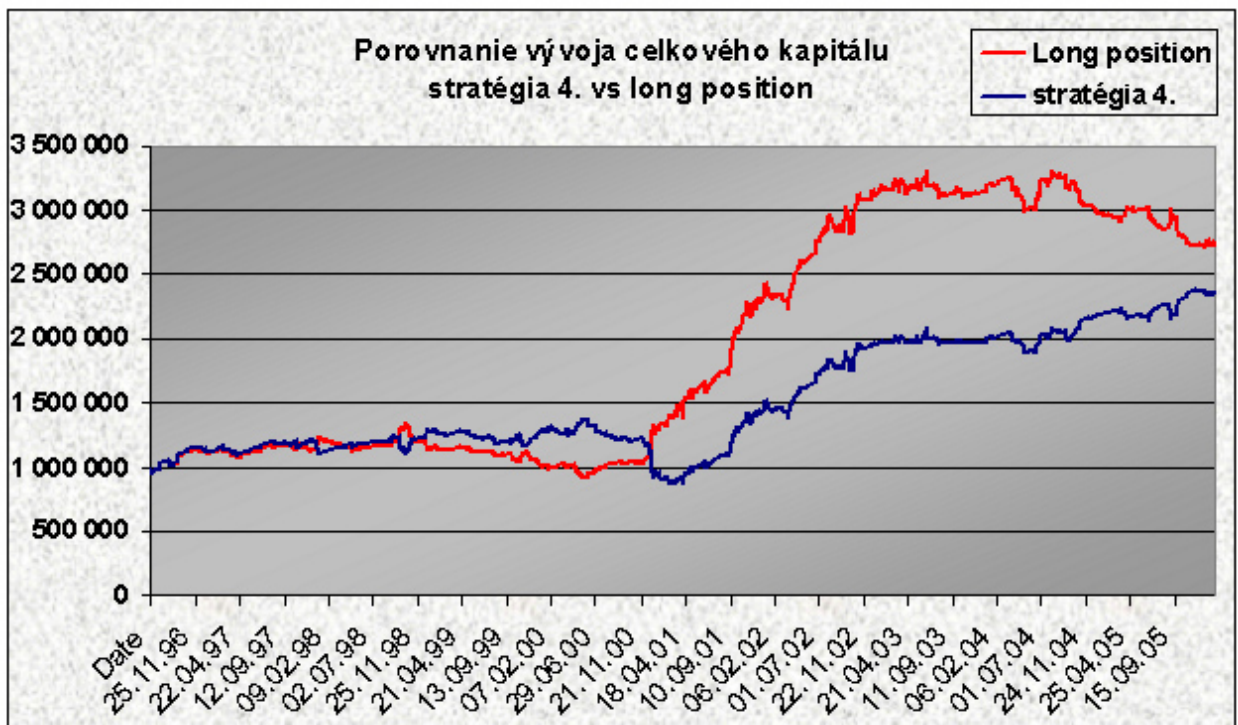
Vstupné parametre stratégie

Keďže táto stratégia je až na zmenu obmedzení hodnôt, ktoré môžu vstupné parametre nadobúdať, identická s predchádzajúcou stratégiou 3., k parametrom n a $perióda$ nepribudol žiaden nový. Nakalibrované parametre nadobúdajú hodnoty $n = 232$ a $perióda = 90$. Index efektivity dosiahol na 1. polovici dát úroveň 1.518.

Výsledky stratégie

| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|----------------------|------------------|---------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia 4. | 1,0156 | 16,847% | 5 | 368 | 0,195% | 2 361 800 | 64,561% | 84 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia 4. | 1,0118 | 16,831% | 5 | 363 | 0,215% | 2 598 605 | 64,561% | 84 |

Pozorný čitateľ si zaiste všimne, že v zmysle indexu efektivity je táto stratégia zatiaľ prvou, ktorá prekonala benchmark. Zdôraznime pritom takmer 4,4% vyššiu úspešnosť stratégie nad benchmarkom.



3.3.5 Piata stratégia

Popis stratégie

V prvých štyroch stratégiách sme sa snažili využívať generátor úrokových mier v určitých presne stanovených, dopredu známych, časových okamihoch. Málokto investor je ale do takej miery trpezlivý, že by bol schopný napríklad mesiac sedieť so založenými rukami a čakať, kým nepríde daný deň periódy určený na voľbu pozície. Je totiž logické, že s veľkosťou časového intervalu "čakania" rastie aj pravdepodobnosť nastatia výraznejších trhových zmien. Preto sme sa pokúsili nasledovné stratégie formulovať na základe akéhosi princípu "stop-loss", ktorého hlavným prínosom by malo byť flexibilnejšie reagovanie stratégie na zmeny na trhu.

Piata stratégia pripúšťa zmenu pozície v prípade, ak sme za posledných k dní boli ziskový menej ako α krát¹⁸.

Vstupné parametre stratégie

Parametrami stratégie sú:

n - lookback period

k - počet dní, za ktoré sledujem úspešnosť/neúspešnosť zvolenej pozície

α - minimálny počet "úspešných" dní

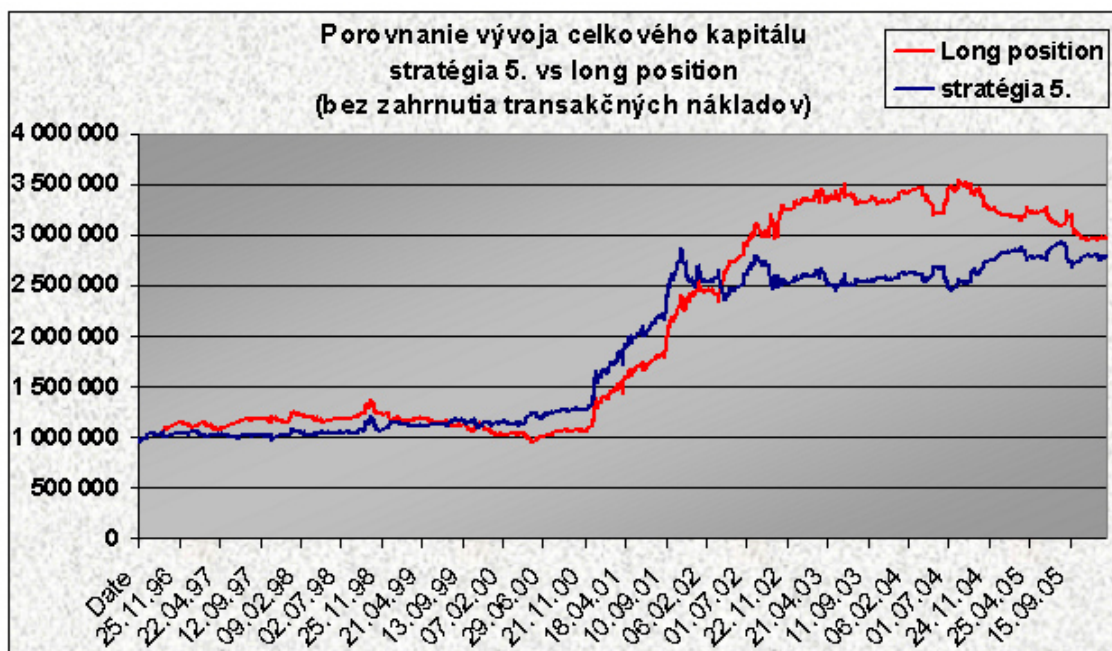
Nakalibrované parametre nadobúdajú hodnoty $n = 32$, $k = 2$, $\alpha = 0$. Pozíciu teda budeme voliť vtedy, ak naša investícia nebola za posledné dva dni ani raz zisková. Pripomeňme, že voľba pozície v našom ponímaní nemusí mať nevyhnutne za následok aj zmenu pozície. Na základe výsledkov z modelu sa totiž môžeme rozhodnúť zaujať opätovne takú istú pozíciu, akú sme mali otvorenú aj do okamihu novej voľby. Nakalibrovanej stratégii zodpovedá na 1. polovici dát hodnota indexu efektivity rovná 1.576.

¹⁸Ziskový v zmysle medzidennej zmeny cien v súvislosti so zvolenou otvorenou pozíciou. Slovným spojením "menej ako α krát" pritom nerozumieme ostrú nerovnosť, ale nerovnosť typu menší, nanajvýš rovný (\leq)

Výsledky stratégie

| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|---------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia 5. | 0,8435 | 8,092% | 5 | 1050 | 0,169% | 2 099 289 | 62,594% | 176 |

| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|---------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia 5. | 0,9166 | 8,084% | 5 | 837 | 0,230% | 2 801 505 | 62,594% | 176 |



3.3.6 Modifikovaná piata stratégia

Popis stratégie

V modifikovaných stratégiách sme sa rozhodli skĺbiť oba prístupy, ktoré sme doteraz pri rozhodovaní využívali. Prvým prístupom je pevná voľba konkrétnych dní, resp. períód, v ktorých budeme prehodnocovať otvorenú pozíciu. Druhý prístup sa riadi spomínaným princípom "stop-loss".

Modifikovaná piata stratégia teda bude pripúšťať zmenu pozície s *periódou* daného počtu dní. Ak ale počas tejto periódy nastane situácia, že naša investícia bola za posledných k dní zisková nanaajvýš α krát, pristúpi k opätovnej voľbe pozície.

Vstupné parametre stratégie

Parametrami stratégie sú:

n - lookback period

perióda - preddefinovaný počet dní

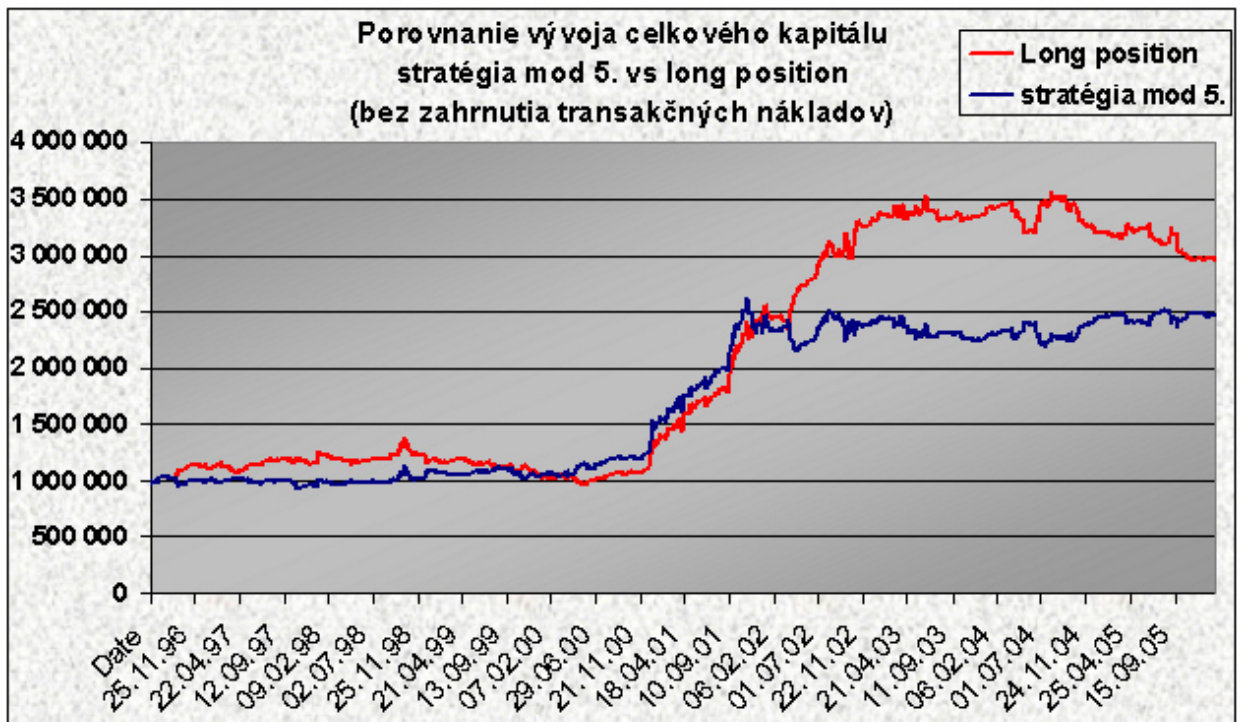
k - počet dní, za ktoré sledujem úspešnosť/neúspešnosť zvolenej pozície

α - minimálny počet "úspešných" dní

Nakalibrované parametre nadobúdajú hodnoty $n = 32$, *perióda*=20, $k = 2$ a $\alpha = 0$. Hodnota indexu efektivity na 1. polovici dát je rovná 1.712.

Výsledky stratégie

| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|-------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia mod 5. | 0,8293 | 8,092% | 5 | 1050 | 0,156% | 1 969 961 | 62,385% | 151 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia mod 5. | 0,8676 | 8,084% | 5 | 1050 | 0,204% | 2 479 373 | 62,385% | 151 |



3.3.7 Šiesta stratégia

Popis stratégie

Táto stratégia opäť pracuje na základe princípu "stop-loss". Na dennej báze sleduje, či naše "dnešné" celkové imanie nie je horšie ako jeho priemer za posledných k dní vrátane($\beta = 1$)/okrem($\beta = 0$) dnešného dňa. Ak je tomu tak, pristúpi k voľbe pozície a na základe výsledkov matematického modelovania ju buď ponechá, alebo zmení na opačnú.

Vstupné parametre stratégie

Parametrami stratégie sú:

n - lookback period

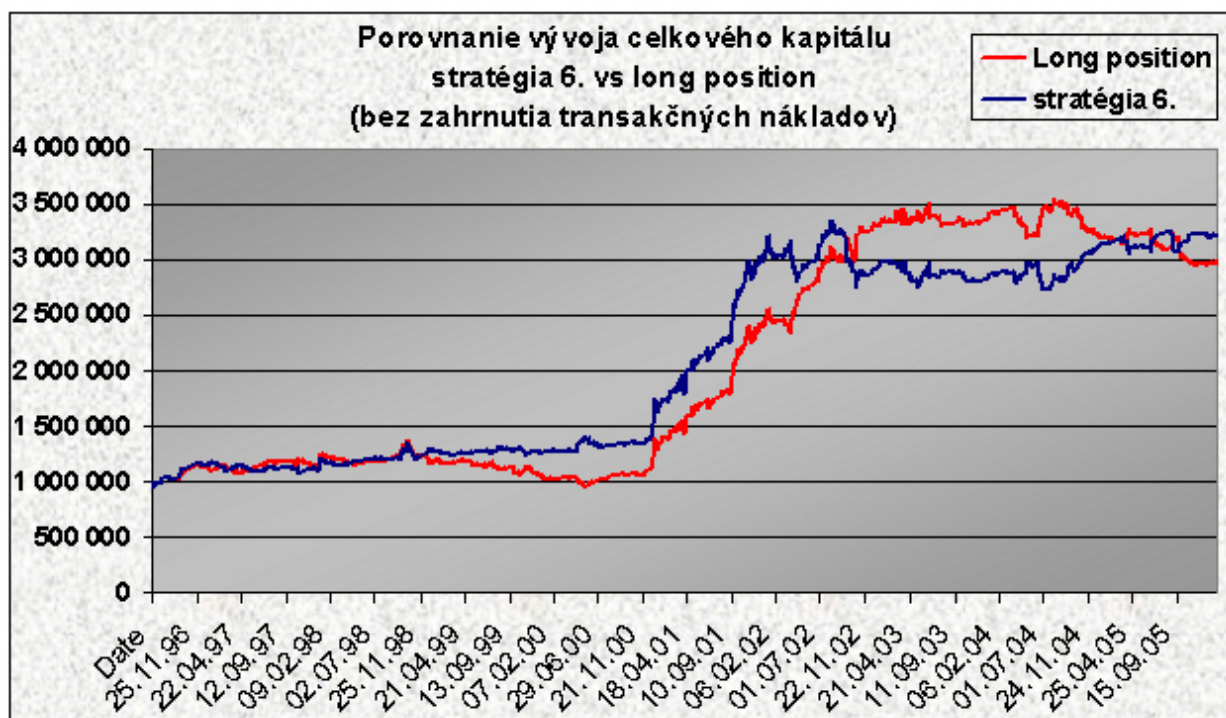
k - počet dní, ktoré vstupujú do výpočtu priemeru

β - voľba započítavania/nezapočítavania aktuálneho dňa do priemeru

Nakalibrované parametre nadobúdajú hodnoty $n = 32$, $k = 55$, $\beta = 0$. K modelovaniu a voľbe pozície teda budeme pristupovať v dni, v ktorom aktuálny stav celkového imania poklesne pod jeho priemer za posledných 55 dní, pričom do tohto priemeru nebudeme započítavať aktuálny deň. Na prvej polovici dát dosiahla stratégia hodnotu indexu efektivity 1.437.

Výsledky stratégie

| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|----------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia 6. | 0,8340 | 8,092% | 5 | 864 | 0,182% | 2 228 830 | 62,971% | 228 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia 6. | 0,9496 | 8,084% | 5 | 864 | 0,260% | 3 235 454 | 62,971% | 218 |



3.3.8 Modifikovaná šiesta stratégia

Popis stratégie

Tak, ako sme načrtli v modifikovanej piatej stratégii, aj modifikovaná šiesta stratégia je spojením periodickej voľby pozície a voľby vyplývajúcej z porušenia podmienky bližšie popísanej v stratégii č.6. Inými slovami zhrnuté, voľbu pozície na základe matematického modelu budeme realizovať pravidelne so stanovenou *periódou*. Ak ale aktuálna hodnota celkového imania klesne pod dlhodobý priemer za posledných k dní, pristúpime k opätovnej voľbe pozície.

Vstupné parametre stratégie

Parametrami stratégie sú:

n - lookback period

perióda - dĺžka periódy v dňoch

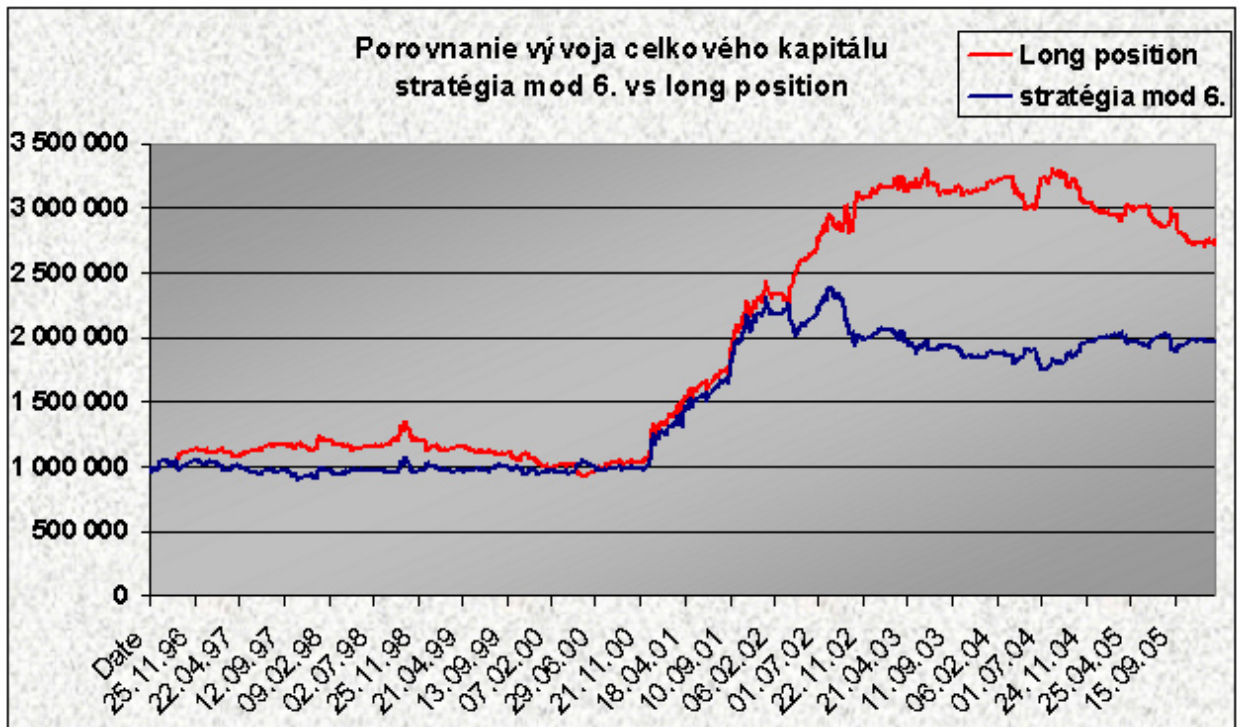
k - počet dní, ktoré vstupujú do výpočtu priemeru

β - voľba započítavania/nezapočítavania aktuálneho dňa do priemeru

Nakalibrované parametre nadobúdajú hodnoty $n = 32$, *perióda*=60, $k = 51$, $\beta = 1$. K modelovaniu a voľbe pozície teda budeme pristupovať periodicky štvrťročne a okrem tejto preddefinovanej periódy aj v každom dni, v ktorom aktuálny stav celkového imania poklesne pod jeho priemer za posledných 51 dní, pričom do tohto priemeru budeme započítavať aj aktuálny deň. Hodnota indexu efektivity nakalibrovannej stratégie dosahovala na prvej polovici dát úroveň 1.428.

Výsledky stratégie

| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|-------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia mod 6. | 0,8416 | 8,092% | 5 | 864 | 0,156% | 1 975 273 | 62,887% | 234 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia mod 6. | 0,9224 | 8,084% | 5 | 864 | 0,239% | 2 932 990 | 62,971% | 232 |



3.3.9 Siedma stratégia

Popis stratégie

Poslednými stratégiami našej diplomovej práce je stratégia č.7 spolu s jej modifikovanou verziou. Vo svojej podstate sa opäť snaží pozastaviť prípadnú stratovosť našej investície, tentokrát na základe stanovenia dolnej hranice akceptovateľných percentuálnych výnosov/strát za posledných k dní.

Vstupné parametre stratégie

Parametrami stratégie sú:

n - lookback period

k - počet dní, ktoré vstupujú do výpočtu výnosnosti

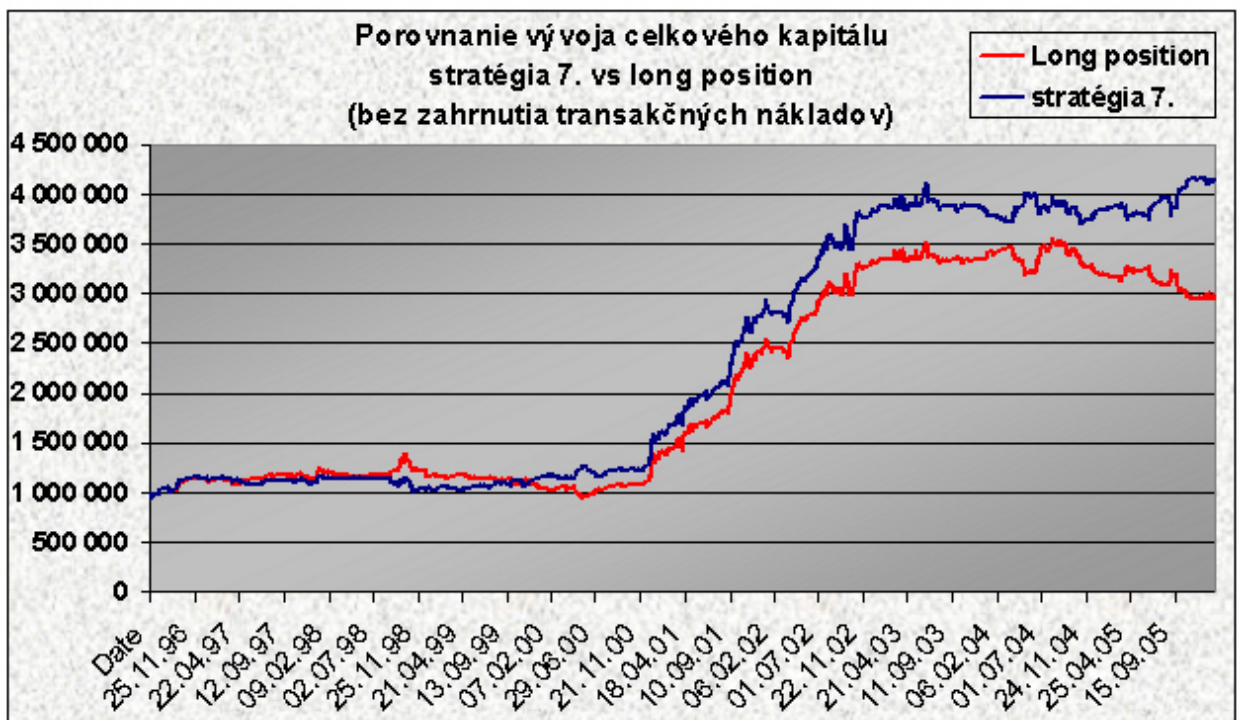
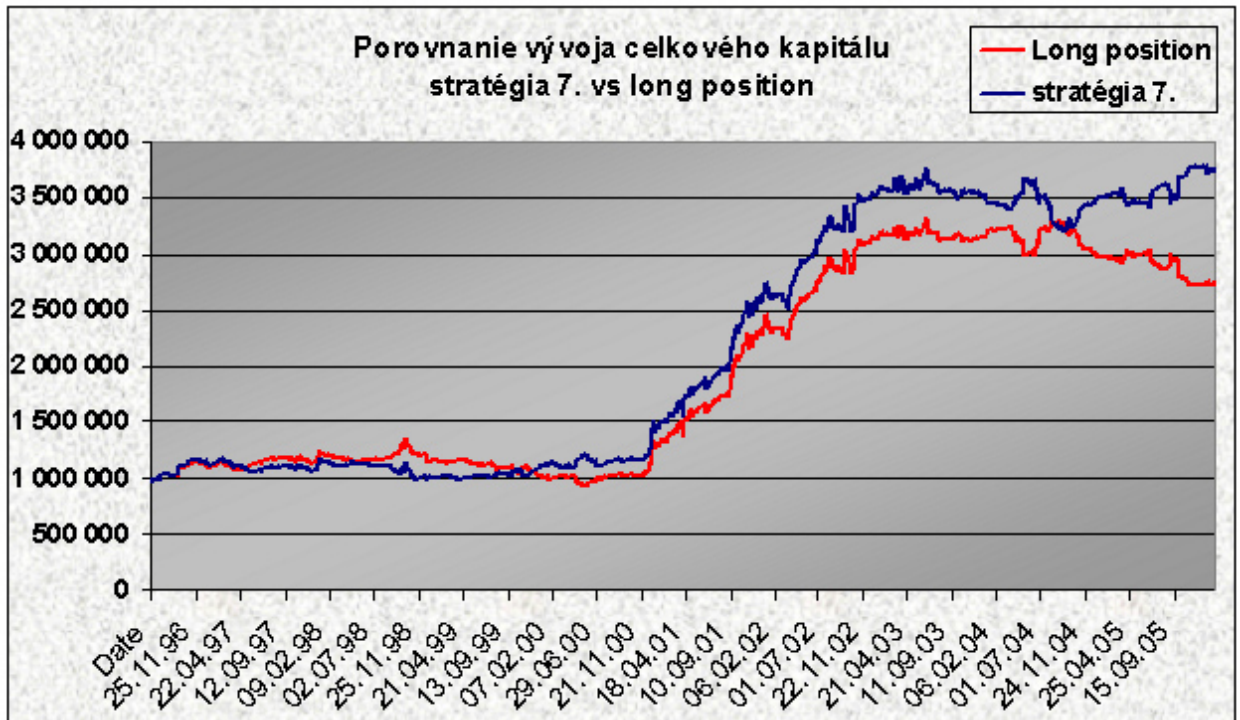
β - voľba započítavania/nezapočítavania aktuálneho dňa do výnosnosti

γ - percentuálna hranica výnosu/straty

Nakalibrované parametre nadobúdajú hodnoty $n = 12$, $k = 35$, $\beta = 1$ a $\gamma = -0.05 = -5\%$. K modelovaniu a voľbe pozície teda budeme pristupovať v okamihu, v ktorom zaznamenáme väčší ako 5% pokles hodnoty investície za posledných 35 dní. Maximálna hodnota indexu efektivity na 1. polovici dát je 1.738.

Výsledky stratégie

| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|----------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia 7. | 1,0952 | 8,092% | 5 | 597 | 0,293% | 3 769 916 | 63,222% | 95 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia 7. | 1,0902 | 8,084% | 5 | 587 | 0,313% | 4 156 458 | 63,180% | 92 |



3.3.10 Modifikovaná siedma stratégia

Popis stratégie

Posledná stratégia je spojením stratégie č.7 s periodickou voľbou pozície.

Vstupné parametre stratégie

Parametrami stratégie sú:

n - lookback period

perióda - dĺžka preddefinovanej periódy v dňoch

k - počet dní, ktoré vstupujú do výpočtu výnosnosti

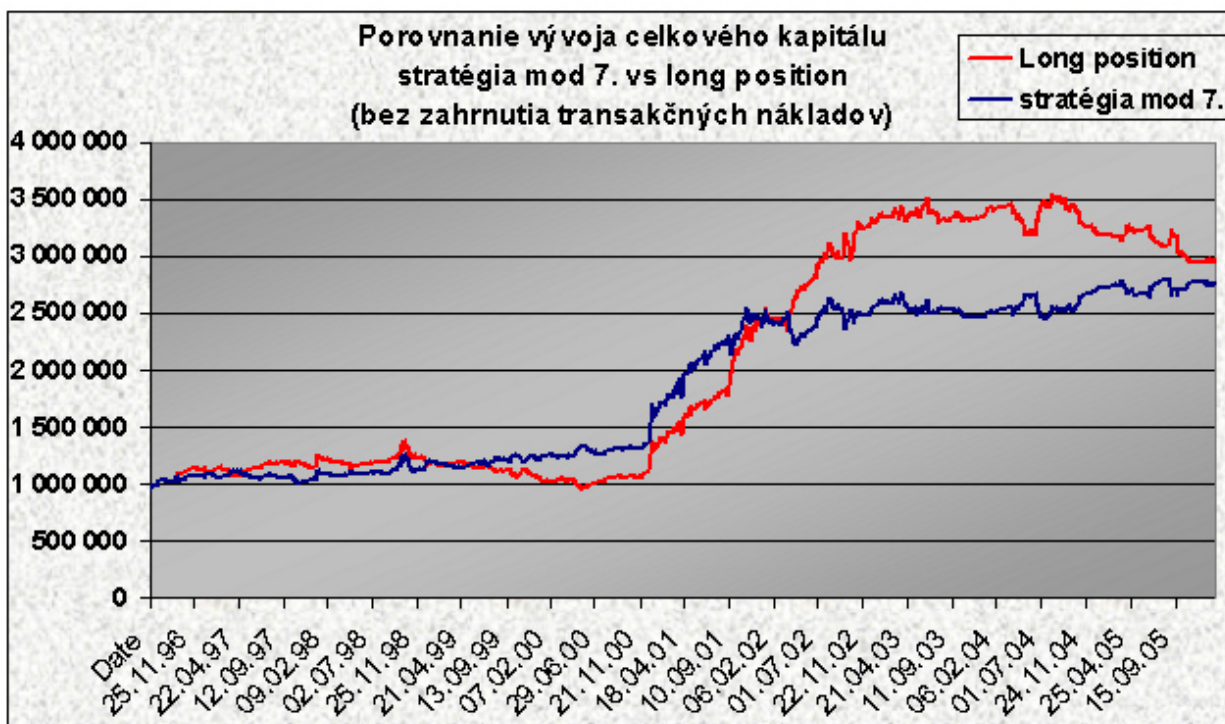
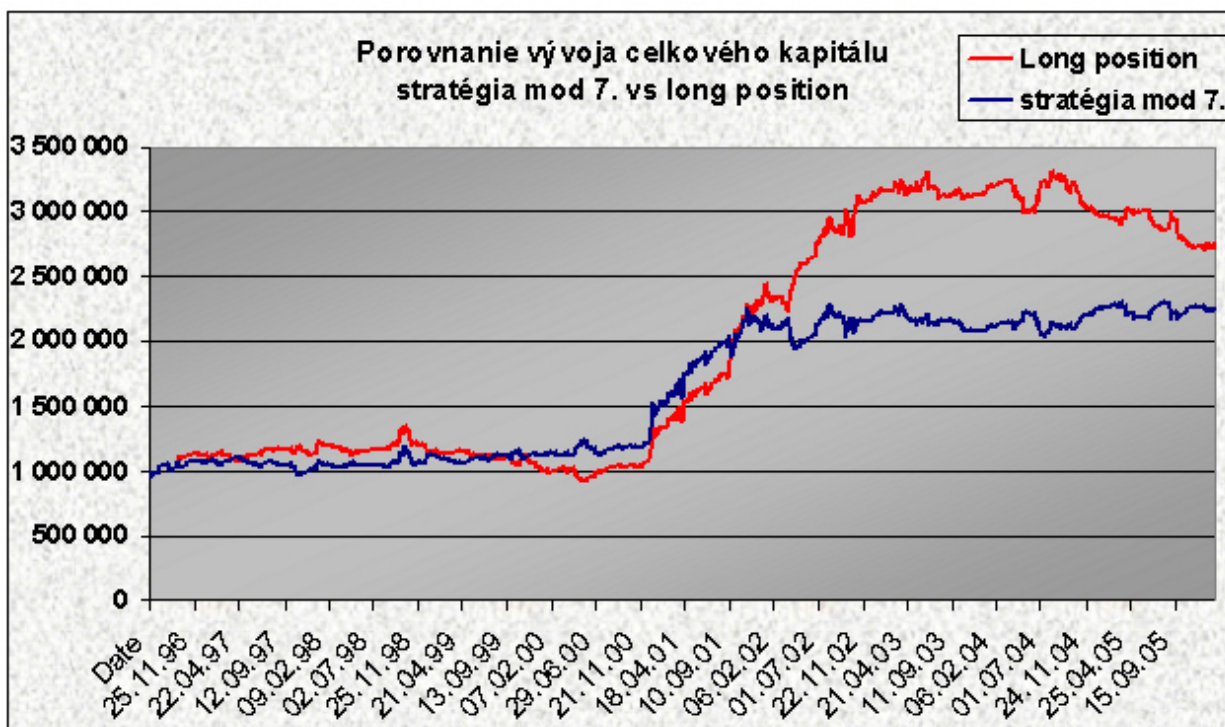
β - voľba započítavania/nezapočítavania aktuálneho dňa do výnosnosti

γ - percentuálna hranica výnosu/straty

Nakalibrované parametre nadobúdajú hodnoty $n = 32$, *perióda* = 8, $k = 1$, $\beta = 1$ a $\gamma = -0.005 = -0.5\%$. K modelovaniu a voľbe pozície teda budeme pristupovať každý ôsmy obchodný deň, a tiež v okamihu, v ktorom zaznamenáme väčší ako 0.5% medzidenný pokles hodnoty investície. Hodnota indexu efektivity na 1. polovici dát dosiahla úroveň 1.739.

Výsledky stratégie

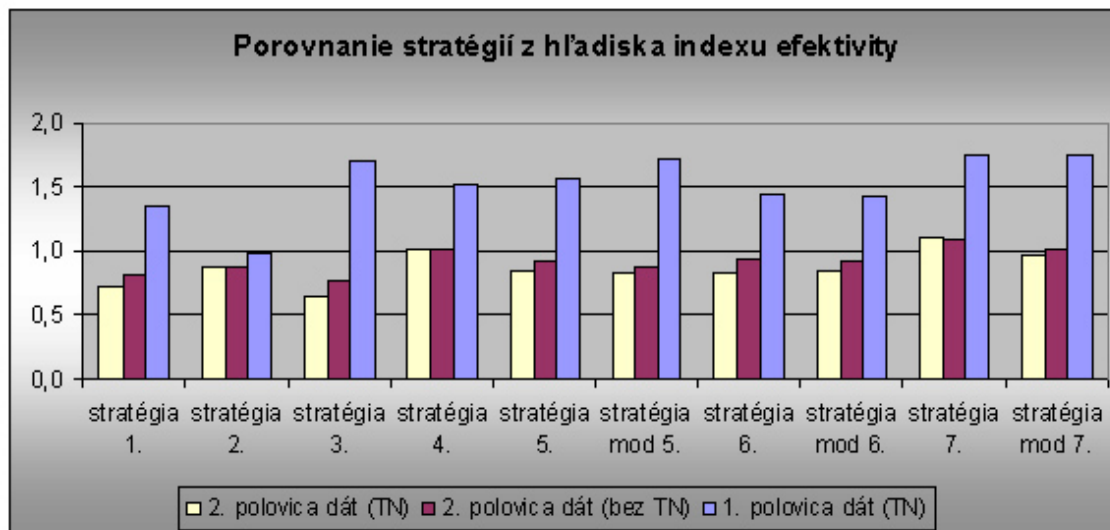
| vrátane TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
|-------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----|
| long position | 1,0000 | 8,092% | 5 | 589 | 0,229% | 2 718 542 | 60,167% | 77 |
| stratégia mod 7. | 0,9672 | 8,092% | 5 | 490 | 0,184% | 2 265 426 | 62,971% | 139 |
| bez TN | index efektivity | MaxDD | LMaxDD | MaxDDL | LRAE | konečný kapitál | úspešnosť | NoD |
| long position | 1,0000 | 8,084% | 5 | 557 | 0,246% | 2 949 672 | 60,167% | 77 |
| stratégia mod 7. | 1,0179 | 8,084% | 5 | 427 | 0,228% | 2 783 287 | 62,971% | 139 |



3.4 Zhrnutie výsledkov

Z jednotlivých grafov priebehov stratégií sme mohli vidieť, že väčšina prezentovaných stratégií dosahovala pri zohľadnení transakčných nákladov slabšie výsledky ako benchmark. Jedinou výrazne lepšou stratégiou bola siedma stratégia. Ak by sme sa ale rozhodli upustiť od konceptu zahŕňajúceho transakčné náklady, mohli by sme konštatovať, že viaceré stratégie boli v porovnaní s voľbou dlhej pozície vhodnými alternatívami (napr. stratégia 5, 6, mod.6, 7, mod.7).

Z hľadiska definovaného indexu efektivity boli pri zvolených váhach ukazovateľov stratégie č.4 a č.7 úspešnejšie ako benchmark. Pri nulových transakčných nákladoch podobné výsledky dosiahla aj modifikovaná siedma stratégia. Pre lepšiu názornosť uvádzame nasledovný graf. Pre každú stratégiu ilustrujeme index efektivity dosiahnutý na prvej polovici dát (pri uvažovaní transakčných nákladov) spolu s porovnaním indexu zodpovedajúcemu aplikovaniu stratégie na druhú polovicu dát so zahrnutým konceptom transakčných nákladov (TN)/bez transakčných nákladov (bez TN).



Ako zo samotnej konštrukcie indexu efektivity vyplýva, voľbe dlhej pozície zodpovedá hodnota indexu rovná 1. Všetky stratégie s hodnotami indexov väčšími ako 1 v tomto zmysle považujeme za úspešnejšie ako benchmark.

Je na mieste podotknúť, že dané hodnoty indexu závisia od voľby váh prislúchajúcich k jednotlivým sledovaným ukazovateľom. Nami zvolené váhy slúžia skôr na

ilustráciu daného koncepčného riešenia vyhodnocovania efektivity stratégie (alebo vo všeobecnosti portfólia ako takého). Problematika vhodnej voľby váh, ktoré by verne odrážali preferencie investora, je totiž pri bližšom pohľade veľmi obširna a mohla by byť námetom pre ďalšiu samostatnú diplomovú prácu.

Keďže každému čitateľovi je zaiste zrozumiteľnejšia grafická interpretácia výsledkov ako pomerne veľké tabuľky s niekoľkými desiatkami čísiel, rozhodli sme sa pre prehľadnosť ďalšie podklady poskytujúce komplexnejšiu informáciu o výkonnosti jednotlivých stratégií uviesť v prílohe č.2. Ku každej stratégii znázorňujeme grafy medzidenných a kumulatívnych nadvýnosov stratégií nad benchmarkom (v absolútnom vyjadrení), ako aj priebehy rozdielov efektivity stratégie a benchmarku za sledované obdobie.

Súhrnom teda možno konštatovať, že sme pri hľadaní dlhodobovo výnosných stratégií, ktoré by boli aj pri zohľadnení transakčných nákladov výkonnejšie ako voľba dlhej pozície, boli nakoniec úspešní. Jednoznačným favoritom sa stala siedma stratégia, ktorá pristupuje k prehodnocovaniu zvolenej pozície na základe prekročenia nami stanovenej dolnej hranice výnosnosti portfólia za určené časové obdobie.

Záver

V našej diplomovej práci sme predstavili celkovo 10 stratégií špekulatívneho obchodovania s eurodollar futures. Ich efektívnosť sme porovnávali s voľbou dlhej pozície, ktorá nám slúžila ako benchmark. Aby sme sa čo najviac priblížili reálnej situácii na trhu, rozhodli sme sa v tejto práci zohľadniť viacero aspektov.

Prvým bola myšlienka vopred stanoveného pomeru medzi investovanými prostriedkami a krytím. Tento pomer sme dôsledne zachovávali pri všetkých stratégiách. Svojim spôsobom je stanovenie daného pomeru jednou zo základných dlhodobých investičných stratégií.

Druhým dôležitým aspektom bolo zohľadnenie transakčných nákladov súvisiacich so zmenami pozície. Ako dobre vieme, v dnešnej dobe nič nie je zadarmo a aj naše aktivity na trhu sú zaťažené určitými nákladmi. Zo vzájomného porovnania dosiahnutých výsledkov je jasne vidieť, že odbúranie konceptu transakčných nákladov dokáže do značnej miery skreslovať obraz o výkonnosti jednotlivých stratégií.

Hlavný prínos našej práce vidíme vo využití matematického modelovania stochastických procesov a vybudovaní stratégií založených práve na poznatkoch tohto odvetvia matematiky. Spojením určitých fundamentálnych postupov riadenia portfólia s vyššou matematikou sme tak vytýčili nový rámec, ktorý nám otvára veľké množstvo ďalších možností nápomocných pri prijímaní rôznych investičných rozhodnutí. Model Ho & Lee je pritom jeden z najjednoduchších modelov stochastických procesov. Nepochybne by bolo veľmi zaujímavé porovnať dosiahnuté výsledky našich stratégií aplikovaním ďalších matematických modelov, akými sú napríklad Vašíček alebo CIR model.

V neposlednom rade spomeňme nami navrhovanú a názorne aplikovanú koncepciu spoločného indexu efektivity stratégie. Takto vybudovaný index v sebe dokáže zahrnúť prakticky ľubovoľné množstvo ukazovateľov, ktoré môžu byť navyše udávané v rôznych jednotkách. Zároveň poskytuje dostatočný priestor na zohľadnenie investorových preferencií pomocou zodpovedajúcej voľby váh prislúchajúcich jednotlivým ukazovateľom.

Referencie

- [1] Hull, John C. :
Options, futures and other derivatives,
Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall, 2003.
- [2] Melicherčík I. , Olšárová L. , Úradníček V. :
Kapitoly z finančnej matematiky 1.,
Bratislava : FMFI UK, 2005.
- [3] Melicherčík I. , Olšárová L. :
Kapitoly z finančnej matematiky 2.,
Bratislava : FMFI UK, 2005.
- [4] Némethová, L. :
Stratégie obchodovania s futures,
Diplomová práca. FMFI UK Bratislava, 2006.
- [5] Barlák, J. :
Stratégie obchodovania s futuritami založené na skúmaní historických dát,
Diplomová práca, FMFI UK, 2007.
- [6] Zahorec, N. :
Generovanie scenárov úrokových mier pomocou Ho & Lee modelu,
Diplomová práca, FMFI UK, 2007.
- [7] Hajduková, B. :
Kalibrácia modelu na riadenie portfólia,
Diplomová práca, FMFI UK, 2006.
- [8] www.riskglossary.com
- [9] www.wikipedia.org

Príloha č.1

V nasledujúcich náhladoch zo systému Bloomberg môžeme nájsť zoznam kontraktov obchodovaných ku dňu 5.marec.2008 spolu ich identifikátormi, maturitou, BID/ASK spreadmi a záverečnými cenami predošlého obchodného dňa.

```

<HELP> for explanation.
Enter # <G0> to scroll contracts. Run EXCH for realtime authorized exchanges
COMB
Contract Table
90DAY EURO$ FUTR
Exchange Web Page Pricing Date: 3/ 5/08
Chicago Mercantile Exchange Delayed prices
Grey date = options trading
ComdtyCT
Delayed monitoring enabled
Price Display: 2
--LATEST AVAILABLE-- 2
1 1307879 59059 2 Previous
l Scroll Last 1Change Time Bid 1 Ask 1 1 1 1
1EDH8 Mar08 97.1100d -.0175 7:58 97.1075 97.1100 1768634 6903 97.1275
2EDJ8 Apr08 97.290 97.400 17585 0 97.340
3EDK8 May08 97.425 97.550 1231 0 97.490
4EDM8 Jun08 97.545 -.040 8:00 97.545 97.550 1797644 15504 97.585
5EDN8 Jul08 0 0 97.655
6EDQ8 Aug08 50 0 97.720
7EDU8 Sep08 97.725d -.025 7:59 97.720 97.725 1517078 9713 97.750
8EDZ8 Dec08 97.730d -.020 7:53 97.725 97.730 1500398 11756 97.750
9EDH9 Mar09 97.650d -.025 7:59 97.645 97.650 986647 7656 97.675
10EDM9 Jun09 97.475 -.030 7:59 97.475 97.480 837340 2009 97.505
11EDU9 Sep09 97.260 -.030 8:00 97.260 97.265 785544 1944 97.290
12EDZ9 Dec09 97.020d -.030 7:59 97.010 97.020 584230 2231 97.050
13EDH0 Mar10 96.790d -.040 6:11 96.790 96.795 294180 714 96.830
14EDM0 Jun10 96.580d -.025 5:08 96.560 96.570 219415 349 96.605
15EDU0 Sep10 96.365d -.030 5:26 96.350 96.365 194419 270 96.395
16EDZ0 Dec10 96.170d -.030 5:27 96.140 96.175 154988 6 96.200
17EDH1 Mar11 96.000d -.040 5:09 95.970 96.010 100074 1 96.040
Australia 61 2 9777 8600 Brazil 5511 3048 4500 Europe 44 20 7330 7500 Germany 49 69 9204 1210 Hong Kong 852 2977 6000
Japan 81 3 3201 8900 Singapore 65 6212 1000 U.S. 1 212 318 2000 Copyright 2008 Bloomberg Finance L.P.
H213-25-1 05-Mar-2008 08:10:25

```

Bloomberg
TERMINAL

<HELP> for explanation. ComdtyCT
 Enter # <G0> to scroll contracts. Run EXCH for realtime authorized exchanges
 Session: **COMB** **Contract Table**
90DAY EURO\$ FUTR Delayed monitoring enabled
 Exchange Web Page Pricing Date: **3/ 5/08** Price Display: **2**
 Chicago Mercantile Exchange Delayed prices --LATEST AVAILABLE-- **2**
 Grey date = options trading 11307879 59061 Previous

| ↓ Scroll | Last | Change | Time | Bid | Ask | OpenInt | TotVol | Close |
|---------------|---------|--------|------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 1)EDM1 Jun11 | 95.815d | -.065 | 1:57 | 95.805 | 95.845 | 104728 | 1 | 95.880 |
| 2)EDU1 Sep11 | 95.660d | -.065 | 2:01 | 95.645 | 95.690 | 71273 | 1 | 95.725 |
| 3)EDZ1 Dec11 | 95.505d | -.065 | 2:01 | 95.475 | 95.535 | 79326 | 1 | 95.570 |
| 4)EDH2 Mar12 | | | | 95.350 | 95.430 | 64443 | 0 | 95.450 |
| 5)EDM2 Jun12 | | | | 95.230 | 95.305 | 65558 | 0 | 95.330 |
| 6)EDU2 Sep12 | | | | | | 50292 | 0 | 95.215 |
| 7)EDZ2 Dec12 | | | | | | 34032 | 0 | 95.095 |
| 8)EDH3 Mar13 | | | | | | 11855 | 0 | 95.000 |
| 9)EDM3 Jun13 | | | | | | 7698 | 0 | 94.910 |
| 10)EDU3 Sep13 | | | | | | 9970 | 0 | 94.825 |
| 11)EDZ3 Dec13 | | | | | | 9118 | 0 | 94.730 |
| 12)EDH4 Mar14 | | | | | | 12582 | 0 | 94.655 |
| 13)EDM4 Jun14 | | | | | | 6484 | 0 | 94.585 |
| 14)EDU4 Sep14 | | | | | 95.000 | 3521 | 0 | 94.515 |
| 15)EDZ4 Dec14 | | | | | | 3160 | 0 | 94.440 |
| 16)EDH5 Mar15 | | | | | | 1425 | 0 | 94.385 |
| 17)EDM5 Jun15 | | | | | | 879 | 0 | 94.325 |

Australia 61 2 9777 8600 Brazil 5511 3048 4500 Europe 44 20 7330 7500 Germany 49 69 9204 1210 Hong Kong 852 2977 6000
 Japan 81 3 3201 8900 Singapore 65 6212 1000 U.S. 1 212 318 2000 Copyright 2008 Bloomberg Finance L.P.
 H213-25-1 05-Mar-2008 08:10:42

Bloomberg
 TERMINAL

<HELP> for explanation. ComdtyCT
 Enter # <G0> to scroll contracts. Run EXCH for realtime authorized exchanges
 Session: **COMB** **Contract Table**
90DAY EURO\$ FUTR Delayed monitoring enabled
 Exchange Web Page Pricing Date: **3/ 5/08** Price Display: **2**
 Chicago Mercantile Exchange Delayed prices --LATEST AVAILABLE-- **2**
 Grey date = options trading 11307879 59076 Previous

| Last | Change | Time | Bid | Ask | OpenInt | TotVol | Close |
|---------------|--------|------|-----|-----|---------|--------|--------|
| 1)EDU5 Sep15 | | | | | 2741 | 0 | 94.270 |
| 2)EDZ5 Dec15 | | | | | 1304 | 0 | 94.210 |
| 3)EDH6 Mar16 | | | | | 2097 | 0 | 94.170 |
| 4)EDM6 Jun16 | | | | | 1965 | 0 | 94.125 |
| 5)EDU6 Sep16 | | | | | 833 | 0 | 94.080 |
| 6)EDZ6 Dec16 | | | | | 1006 | 0 | 94.030 |
| 7)EDH7 Mar17 | | | | | 1007 | 0 | 94.015 |
| 8)EDM7 Jun17 | | | | | 518 | 0 | 93.985 |
| 9)EDU7 Sep17 | | | | | 382 | 0 | 93.950 |
| 10)EDZ7 Dec17 | | | | | 225 | 0 | 93.900 |

Australia 61 2 9777 8600 Brazil 5511 3048 4500 Europe 44 20 7330 7500 Germany 49 69 9204 1210 Hong Kong 852 2977 6000
 Japan 81 3 3201 8900 Singapore 65 6212 1000 U.S. 1 212 318 2000 Copyright 2008 Bloomberg Finance L.P.
 H213-25-1 05-Mar-2008 08:10:47

Bloomberg
 TERMINAL

Príloha č.2

