

Prediction Possibilities of Future Price Development of Liquid Investment Instruments and Quantification of a Percent Advantage

Možnosti predikce budoucího vývoje cen likvidních investičních instrumentů a kvantifikace procentuální převahy

Bohumil Stádník¹

Abstract

Predikce budoucího vývoje ceny likvidních investičních instrumentů je středem zájmu investorů, spekulantů, správců aktiv investičních fondů, bank, pojišťoven i jiných subjektů. Situace ohledně možnosti predikce není zcela vyjasněna i vzhledem k tomu, že vývoj tržních cen likvidních investičních instrumentů je již v prvním přiblížení velmi blízký náhodnému procesu, který je problematické přesně identifikovat. Empirických dat není v mnoha případech dostatek. Například pro sestavení konzistentního pravděpodobnostního rozdělení cen pro měsíční a časově delší období nemáme k dispozici dostatečně dlouhý historický záznam. Stejně tak pro testování úspěšnosti samotné predikce, například technické analýzy na vyšší hladině statistické významnosti je k dispozici relativně málo situací.

Za účelem pochopení procesů, které se na finančních trzích odehrávají, byla vytvořena řada modelů.

Jak lze využít stávající modely k posouzení možnosti predikce a co z nich pro možnost predikce vyplývá, pojednává tento příspěvek.

Key words

Finanční trh, predikce budoucího vývoje cen, modely finančních trhů, investiční instrument, volatilita, dynamické modelování, náhodná procházka, gaussovský, normální proces, pravděpodobnostní rozdělení, S&P 500

JEL Classification: G1, G10, G12, G14

1. Úvod

Predikce budoucího vývoje ceny likvidních investičních instrumentů je středem zájmu investorů, spekulantů, správců aktiv investičních fondů, bank, pojišťoven i jiných subjektů.

Situace ohledně možnosti predikce není zcela vyjasněna i vzhledem k tomu, že vývoj tržních cen likvidních investičních instrumentů je již v prvním přiblížení velmi blízký náhodnému procesu (především náhodné procházce), který je problematické přesně identifikovat. Empirických dat není v mnoha případech dostatek. Například pro sestavení konzistentního pravděpodobnostního rozdělení cen pro měsíční a časově delší období nemáme k dispozici dostatečně dlouhý historický záznam. Stejně tak pro testování úspěšnosti samotné

¹ First and last name of the author(s) incl. academic degrees, affiliation, e-mail.

predikce, například technické analýzy na vyšší hladině statistické významnosti, je k dispozici poměrně málo situací.

Za účelem pochopení procesů, které se na finančních trzích odehrávají, byla vytvořena řada modelů. Jak lze stávající modely k posouzení možnosti predikce využít a co z nich pro možnost predikce vyplývá, není snadno zodpověditelnou otázkou, jelikož, vzhledem k výše uvedeným skutečnostem, nemáme ani mnoho důkazů o správnosti příslušného modelu. V případě správného a úplného modelu bychom pak měli být schopni možnosti predikce dobře posoudit.

Při úvahách o zlepšení možnosti predikce je nutné nejprve nadefinovat určité pojmy, kterými můžeme kvantifikovat naše predikční schopnosti a dále rozpoznat situace, kdy můžeme zlepšenou predikci očekávat. Situace lze následně diskutovat se stávajícími modely finančních trhů, s přihlédnutím k jeho věrohodnosti. Tuto strukturu sleduje i následující text.

2. Procentuální převaha

Pro ujednání přístupu k dané problematice budeme definovat pojem procentuální převaha (dále též jen převaha).

V případě investování máme na mysli snahu získat profit při správném odhadu budoucího směru vývoje investičního instrumentu.

Převahou je myšlena převaha našich schopností vystihnout budoucí směr vývoje lépe, než kdybychom budoucí směr vývoje pouze hádali a následně by o něm rozhodoval čistě náhodný proces, například hod mincí.

Jedná se tedy o převahu pravděpodobnosti úspěšné predikce nad pravděpodobností, která je 50%. Příkladem takové převahy může být například situace, kdy naše pravděpodobnost úspěchu při jedné investici není jen 50%, ale například 55%. Jsme-li na finančním trhu, kde se zisk jednoho investora rovná ztrátě jiného investora nebo součtu ztrát několika jiných investorů (například organizované trhy s futures kontrakty, pak naše pravděpodobnost úspěchu 55% znamená, že některý jiný investor má pravděpodobnost zisku při jedné investici jen 45% nebo například pět investorů má pravděpodobnost 49%.

Oněch 5% procent je tedy naše procentuální převaha v pravděpodobnosti, se kterou dosahujeme zisků při investování, oproti tomu, kdyby o našem zisku nebo ztrátě rozhodoval hod mincí.

Taková převaha má však svůj význam pouze při mnoha uskutečněných investicích. Správně by se mělo konstatovat, že jestliže máme procentuální převahu například 10%, pak ze 100 investic bude velmi zhruba 60 ziskových a 40 ztrátových. Při zvyšujícím počtu investic se bude odchylka od pravděpodobnostního výsledku procentuálně zmenšovat. Při 1000 investicích můžeme již konstatovat, že poměr ziskových a ztrátových investic bude blízký 6/4 a teoreticky při nekonečném počtu investic lze konstatovat, že přesně 60% bude ziskových a přesně 40% ztrátových.

2.1 Co přináší procentuální převaha v praxi?

Co nám však taková výhoda může v praxi přinést?

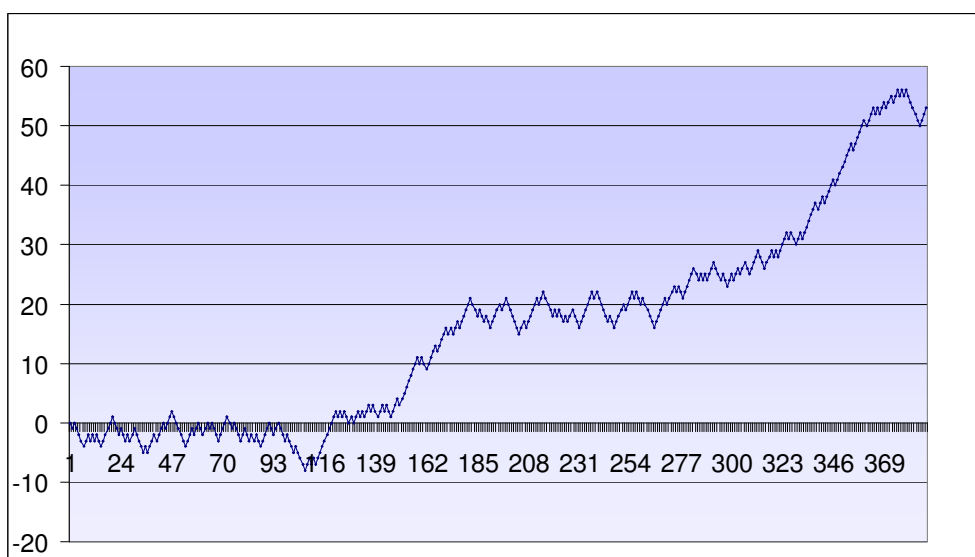
Úvahy o procentuální převaze mají svůj význam, neboť téměř žádný investor na finančním trhu neinvestuje jen jednou, ale naprostá většina provádí celou řadu po sobě jdoucích investic. Ať už se jedná o investora, který obchoduje po určité období například s jedním typem kontraktu na dodávku ropy nebo o investora, který sleduje finanční trhy komplexně a nejprve nakoupí akcie, pak dluhopisy, pak EUR nebo nějaký jiný investiční instrument.

Udělejme si pro názornost následující příklad.

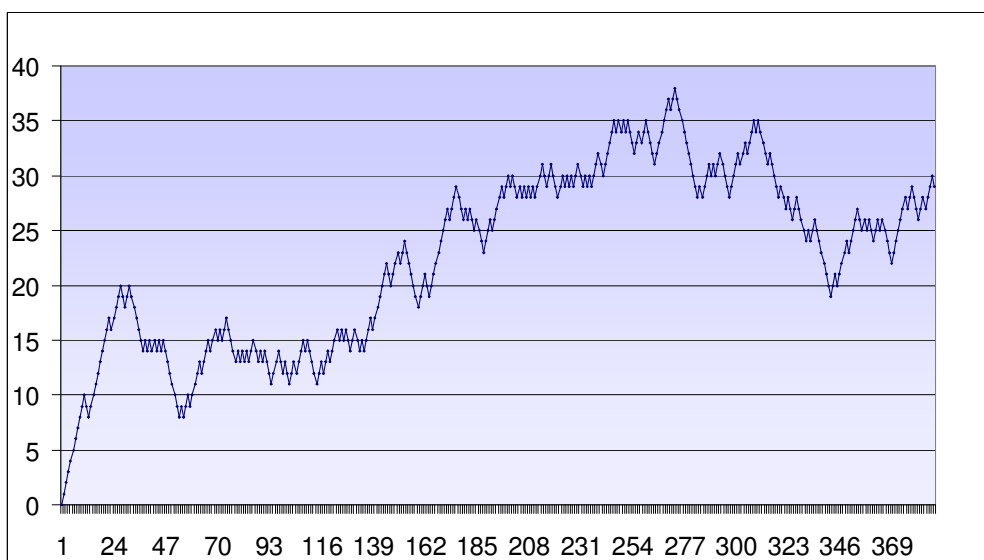
Dejme tomu, že máme investora, který se rozhodne pro investování na finančním trhu tak, že každý den po otevření trhu zainvestuje určitou částku a na konci dne investici ukončí. Takový způsob je vcelku běžný a označuje se jako Intraday Trading.

Předpokládejme dále, že jestliže zainvestuje úspěšně, jeho zisk bude ke konci dne roven 1 jednotce (finanční částky) a jestliže zainvestuje chybně, jeho ztráta bude rovna také 1 jednotce. Dále předpokládejme, že pravděpodobnost, že jeho investice bude zisková je 52%, což je tedy jen o 2% vyšší než kdyby o jeho úspěchu rozhodoval hod mincí. Následující tři obrázky 2.1, 2.2, 2.3 jsou “typické” příklady vývoje zisku investora s procentuální výhodou 2% „nad hodem mincí“. Jedná se o náhodný proces – nesymetrickou náhodnou procházku, s pravděpodobnostním rozdělením binomického typu, kdy úspěšný den představuje +1 jednotku a ztráta -1 jednotku. Kdyby pravděpodobnost zisku byla 50%, střední hodnota by byla rovna 0.

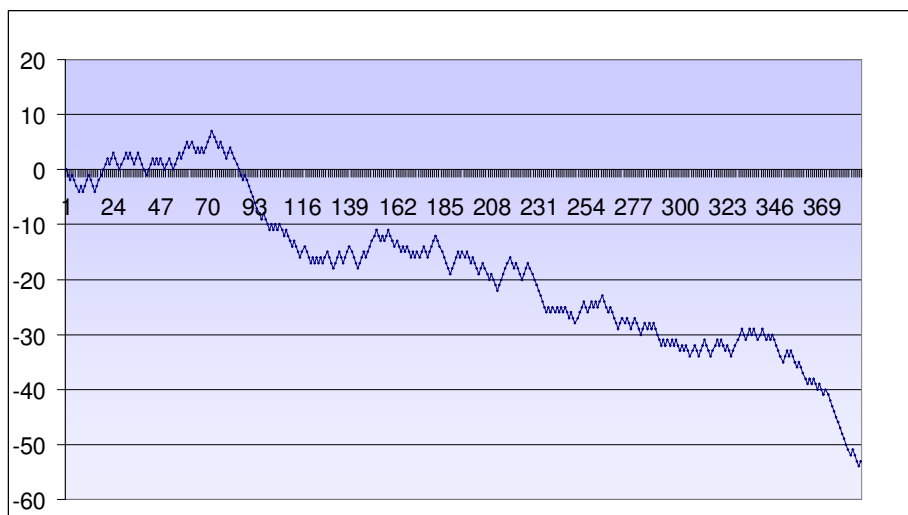
Obrázky 2.4 a 2.5 představují typický vývoj zisku investora, který investuje s pravděpodobnostmi 65 a 91%. Vývoj však může vyhlížet jakýmkoliv jiným způsobem.



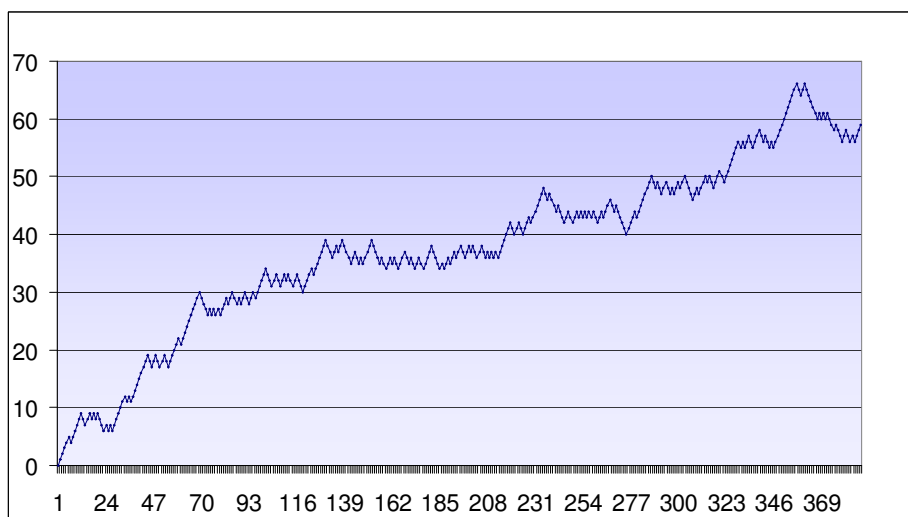
Obr. 2.1 Možný vývoj zisku investora s úspěšností 52%, (převaha 2%), vlastní zpracování



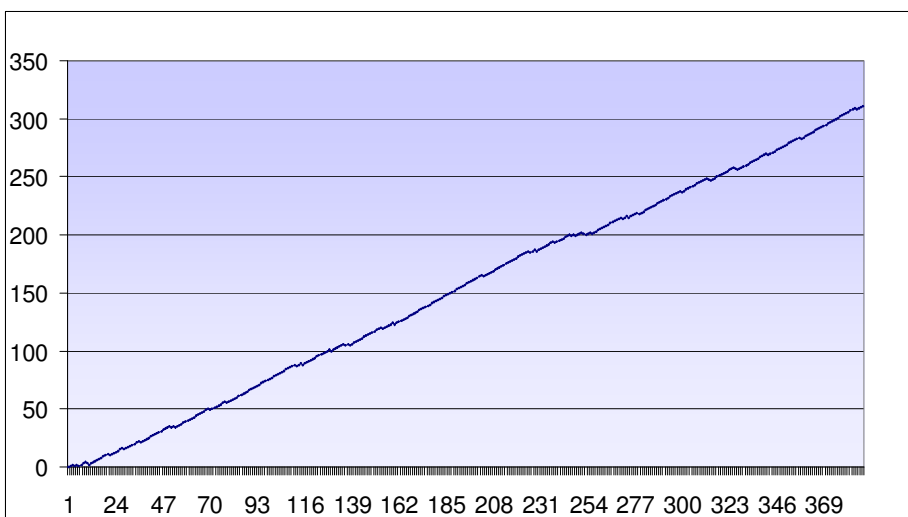
Obr. 2.2 Možný vývoj zisku investora s úspěšností 52%, (převaha 2%), vlastní zpracování



Obr.2.3 Možný vývoj zisku investora s úspěšností 52%, (převaha 2%), vlastní zpracování



Obr.2.4 Možný vývoj zisku investora s úspěšností 65%, (převaha 15%), vlastní zpracování



Obr.2.5 Možný vývoj zisku investora s úspěšností 91%, (převaha 41%), vlastní zpracování

Existuje nenulová pravděpodobnost, že investor, jehož pravděpodobnost úspěšnosti investice je 50%, tedy nulová procentuální převaha, dosáhne během 400 po sobě jdoucích investic pokaždé zisku. Pravděpodobnost takového vývoje během 400 po sobě jdoucích

investicí je však rovna zhruba jen $4 \cdot 10^{-119}$. V praxi bychom takový vývoj zisku našli jeden mezi $0.25 \cdot 10^{119}$ vývoji zisků.

2.2 Neexistence 51% algoritmu

V souvislosti s možností predikce a procentuální převahy je vhodné zmínit záležitost, která v sobě zahrnuje řadu důležitých věcí pro posouzení problému. Jedná se o algoritmus (přesný postup), který by zajišťoval generování zisku při investování.

Kdyby takový algoritmus existoval, zajišťující například, aby na dvě naše úspěšné investice připadla jedna nevydařená, tedy abychom dosahovali zisku v průměru v 67% ze všech investic, zcela jistě by stál za studium, neboť by dlouhodobě zaručoval obrovské zisky.

Na finančním trhu však není všeobecně známý a prokázaný algoritmus (legální), který by poskytoval pravděpodobnost dosažení zisku alespoň 51%, či více. Kdyby nějaký takový algoritmus byl možný, pravděpodobně by již byl vymyšlen a dostatečně známý. Každý obchodník by si jej snažil osvojit a využít k získání zisku. V konečném výsledku by každý obchodník na finančním trhu, kde se zisk jednoho rovná ztrátě druhého nebo součtu ztrát druhých obchodníků, měl být ve výsledku ziskový. Taková situace však nemůže nastat a tak je vlastně existence takového algoritmu zpochybněna, aby finanční trhy mohly zachovat svoji funkčnost.

Zdá se, že známý algoritmus alespoň pro 51% neexistuje a lze konstatovat, že pravděpodobnost úspěšné investice musí být velmi blízká jen 50%.

2.3 Protichůdné názory

Fakt, že se za určitou cenu obchoduje a že za ní chce v jednom okamžiku velký počet obchodníků nakoupit i prodat, nasvědčuje tomu, že není v takový okamžik všeobecně jasné (nesní všeobecná shoda), kam se následně bude vyvíjet cena. Při velkém počtu investorů na jedné i druhé straně obchodu nelze předpokládat, že jedna skupina je skupinou čistě „úspěšných“ investorů a druhá skupinou „neúspěšných“. Spíše lze předpokládat, že obě skupiny investorů jsou stejnoměrně zastoupení v obou skupinách. Mají-li však protichůdné názory na budoucí vývoj ceny, je zřejmé, že není jednoduché dojít ke správné předpovědi a čím je těžší udělat předpověď, tím více se oddalujeme dobré předpovědi a blížíme náhodnému jevu.

3. Modely finančních trhů a logika přístupu k možné predikci

3.1 Modely

V následujícím textu si připomeneme některé modely finančních trhů, ze kterých lze usuzovat na možnosti predikce.

Nejznámější a stále diskutovaný model efektivních trhů (dále též jen TE) předpokládá, že kurzotvorné informace jsou „generátorem“ náhodných kroků. Jestliže tímto způsobem generované kroky mají určitou délku, která kolísá kolem určité střední hodnoty, musí být výsledné pravděpodobnostní rozdělení normálního, popřípadě binomického typu (dále jen gaussovské). TE dále rozlišuje tři formy efektivitu: slabou, střední a silnou. Liší se v rychlosti zohlednění kurzotvorné informace do ceny. Ve výsledku je však pravděpodobnostní rozdělení u všech třech forem gaussovské a proces, který popisuje vývoj ceny je náhodná procházka.

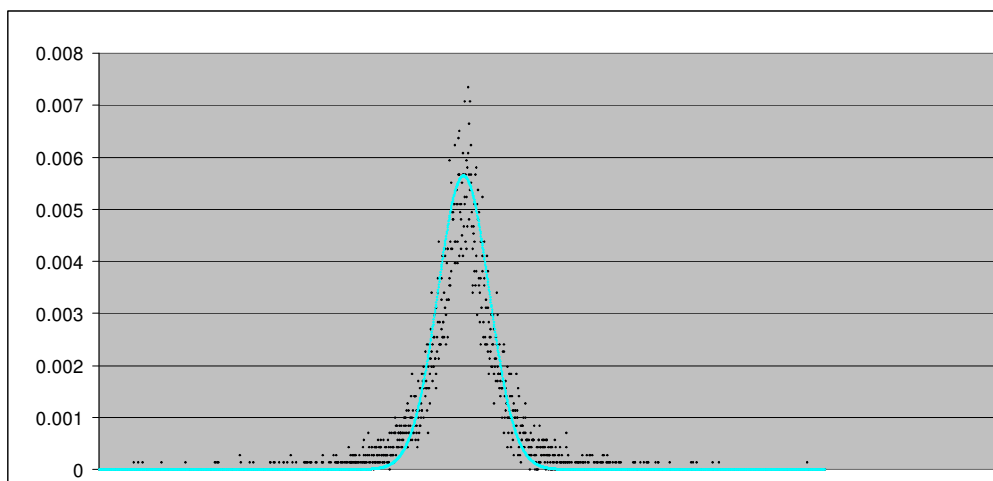
Z empirických studií vyplývá, že pravděpodobnostní rozdělení investičních instrumentů není gaussovské (obr. 3.1), jelikož je odchýlené od normality (ostroť s fat tails) a tudíž vývoj není náhodnou procházkou.

Skupinou modelů, které vysvětlují pravděpodobnostní rozdělení odchýlené od normálního typu jsou jednak modely, které připouštějí dynamické procesy, například Model dynamického

finančního trhu (dále též jen MD), anebo modely, které vysvětlují odchylky od normality například pomocí specifickým způsobem se měnící volatilitou (modely se stochastickou volatilitou).

MD zavádí dva typy náhodných kroků. Prvním typem jsou náhodné kroky „základní“, které tvoří základní náhodnou procházku, generovanou primárním střetem nabídky a poptávky. Délka kroků je dána minimální možnou změnou ceny (market tick) a jestliže základní náhodná procházka není pod vlivem zpětných vazeb, má pravděpodobnostní rozdělení gaussovské.

Druhým typem jsou kroky „informací“, které též popisuje TE a které mají v MD specifický charakter podle významu informace. Informace mohou buď generovat strmé cenové skoky s minimálním objemem obchodů (podle TE jim odpovídá silná a středně silná forma efektivity), anebo méně strmé kroky, které vznikají změnou pravděpodobnosti směru „základního kroku“ (podle TE jim odpovídá slabá forma efektivity). MD dále zavádí zpětné vazby, které ovlivňují pravděpodobnost směru zmíněných náhodných kroků pod vlivem minulého vývoje, anebo současné situace.



Obr. 3.1 Rozdělení denních výnosů (1970-2010) S&P500, normální křivka (line), zpracování: vlastní

Technická analýza není samostatným modelem, spíše přímo nástrojem pro predikci, jejíž úspěšnost lze posuzovat.

Behavioral finance popisuje určité situace, které částečně souvisí se zpětnými vazbami a hovoří o nich i MD.

V souladu se všemi modely můžeme pro následující úvahy předpokládat, že vývoj tržní ceny je složen z kroků „základních“ a kroků „informací“ a dále, že vývoj může být pod vlivem zpětných vazeb.

3.2 Logika přístupu k posouzení možnosti predikce

Pro následující úvahy je vhodné ujednotit některé pojmy a logické postupy, které budeme dále používat a které plynou z empirických pozorování a modelů.

Náhodnou procházkou rozumíme pro naše účely nespojitý proces, který tvoří sekvence kroků, kdy pravděpodobnost směru následného kroku je nezávislá na krocích předchozích, délka kroku je buď konstantní, anebo kolísá kolem určité střední hodnoty, pravděpodobnostní rozdělení má binomické koeficienty, je gaussovské.

Jestliže je vývoj náhodnou procházkou, pak je rozdělení gaussovské.

Dále z logiky vyplývá:

- Jestliže vývoj není náhodnou procházkou, pak rozdělení může, anebo nemusí být gaussovské. Rozdělení může vyhlížet jako gaussovské, i když proces není náhodná procházka, ale nějaký jiný proces, který ve výsledku rozdělení gaussovské vytvoří.
- Jestliže je rozdělení gaussovské, vysvětlením může být náhodná procházka, ale i jiný proces, i kauzální.
- Jestliže rozdělení není gaussovské, vysvětlením nemůže být náhodná procházka.

Na možnost zlepšení predikce lze usuzovat jednak při odhalení závislosti v pravděpodobnosti směru následných kroků (dále též jen závislosti) na předchozích událostech, ale i při jiném způsobu odhalení směru budoucího kroku, popřípadě jeho zvýšené pravděpodobnosti.

Na tomto místě je vhodné zmínit, že žádnou strategií při vkládání nákupních/prodejních pokynů (popřípadě stop-loss, profit-taking pokynů) nelze získat výhodu při investování, jestliže je vývoj cen náhodnou procházkou.

4. V jakých případech lze získat procentuální převahu

V následujícím textu budeme diskutovat příležitosti (situace) pro zvýšení procentuální převahy. Příležitosti (situace) definujeme následovně:

- odhalení závislosti „základních“ kroků
- odhalení závislosti kroků „informací“
- odhad směru kroků „informací“ vlivem slabé efektivity
- možnost odhadnout obsah kurzotvorné informace před zveřejněním
- odhalení závislosti ve vývoji volatility
- manipulace s tržní cenou nákupy/prodeji
- Insider trading

4.1 Objevení závislosti „základních“ kroků

Jestliže pravděpodobnostní rozdělení není gaussovské, vysvětlením nemůže být náhodná procházka a lze předpokládat prakticky pouze dvě vysvětlení. Prvním je závislost v pravděpodobnosti směru náhodných kroků, ze které přímo vyplývá možnost predikce. Situaci lze chápat jako zvýšení pravděpodobnosti směru náhodného kroku, oproti náhodné procházce, jestliže nastala určitá situace. Je tedy nutné, aby systém obsahoval paměť. Druhým možným vysvětlením je vysvětlit odchylky od gaussovského procesu (dále jen odchylky od normality) tím, že rozdělení je mixem několika gaussovských rozdělení, například mixem více náhodných procházek. Kdyby se následně podařilo vyloučit mix rozdělení, lze přímo konstatovat, že závislost v procesu existuje.

V následujících kapitolách se budeme zabývat možnostmi závislosti ve vývoji cen a současně problematikou modelů s měnící se volatilitou.

4.1.1 Modelování odchylek od normality

Nyní se budeme zabývat možnostmi, které se nabízejí při požadavku namodelovat obdobné rozdělení jako je na obr.3.1 (dále jen požadované rozdělení), tedy rozdělení, odchýleného od gaussovského a obsahujícího fat tails a ostrost.

Možnosti, které se nabízejí:

1. Dynamický model s pamětí (např. MD), dynamický model pracuje s možností závislosti pravděpodobnosti směru budoucího vývoje na minulosti, popřípadě aktuální situaci.
2. Modely s měnící se volatilitou.

Modely s měnící se volatilitou lze pracovní rozdělit dle možné příčiny změn volatility pro účely simulace na modely s:

- Mění se délkou kroků (jedná se o pracovní označení).
- Mění se aktivitou (jedná se o pracovní označení).
- Kombinací obou dvou výše uvedených.

Na tomto místě je nutné uvést, že efekt měnící se volatility (i pravidelně) může způsobit i čistý náhodný proces, jakým je náhodná procházka.

Požadované rozdělení budeme modelovat pomocí simulační aplikace, která umožňuje generovat rozdělení z volitelného počtu náhodných procházek pro dané rozdělení, přičemž charakter náhodných procházek (délka kroku, počet kroků, pravděpodobnost směru kroku) lze dynamicky měnit.

4.1.1.1 Model dynamického finančního trhu (MD)

MD uvažuje přítomnost zpětných vazeb, které mohou ovlivňovat základní náhodnou procházku. Předpokládá, že většina investorů sleduje minulý a současný vývoj a jsou pak těmito informacemi ovlivněni při budoucím investičním rozhodnutí, např. ohledně nákupu nebo prodeje určitého investičního instrumentu. Následný samotný nákup nebo prodej je již konkrétní zásah do vývoje ceny, který uzavře zpětnovazební smyčku a může například odchýlit pravděpodobnost směru následného kroku od 50%. Tímto procesem se vlastně realizuje zpětná vazba mezi budoucími a minulými kroky ve vývoji ceny investičních instrumentů a můžeme konstatovat, že jestliže alespoň jeden aktivní investor sleduje historická data, pak na finančním trhu existuje zpětná vazba.

Existuje celá řada studií, kolik % investorů používá technickou analýzu, či jiný prostředek pro predikci budoucího vývoje a následný způsob investování, a tak na základě minulosti ovlivňuje budoucí vývoj. MD definuje více zpětnovazebních situací, přičemž základními jsou:

Setrvačnost trendů

Jedná se o tendenci prodlužování krátkodobých i dlouhodobých trendů, které mohou prvotně vzniknout například procesem náhodného příchodu pokynů. Obchodníci pak vkládají pokyny pod vlivem trendové formace a způsobují svým postupem prodloužení či stabilizaci trendu. Zpětná vazba spočívá v pozorování trendu v minulých (historických datech) a pod tímto vlivem zásah do budoucího vývoje (obr. 4.5 červeně).

Zpětná vazba vlivem převládajících trendů souvisí s již výše zmiňovaným modelem Feedback (setrvačného chování ceny při jejím vzestupu či poklesu) v rámci konceptu Behavioral finance.

Setrvačnost ceny - klidová

Jedná se o tendenci setrvávání ceny na předešlé hodnotě, jestliže na finanční trh nepřišla žádná relevantní informace a současně není aktivován proces setrvačnosti trendů (obr. 4.5 zeleně). Na finančních trzích často dochází k tendenci návratu k předešlé hodnotě, jestliže došlo k odchýlení například v důsledku procesu náhodného příchodu pokynů do centrální objednávkové knihy (popřípadě do OTC trhu).

Techniky obchodování

Většina obchodních technik, zejména na denní bázi je zpětnovazební proces. Velmi používaná technika úrovnového obchodování je přímo založena na existenci vztahu mezi minulým (včerejším vývojem) a budoucím zásahem do finančního trhu. Například při úrovnovém obchodování na denní bázi je podstatných několik úrovní. První úroveň je hodnota, na které cena uzavírala předchozí den, další úrovně jsou především úrovně dané metodami technické analýzy, kdy se jedná o úroveň opuštění např. trendového kanálu, či úrovně resistance, popřípadě odporu, které již vývoj ceny v nedávné době „testoval“. Úrovně často souvisejí s psychologickými „kulatými“ čísly.

Investoři mnohdy postupují způsobem, který lze popsat následovně. Jestliže cena od otevření ještě neprolomila některou z úrovní, lze očekávat její návrat k uzavírací hodnotě z předešlého dne. Pokud cena úroveň prolomila, lze očekávat její pokračování ve směru prolomení. Prolomení se často zachycuje umístěním STOP-LOSS pokynů, kterými se takto otevírají pozice ve směru očekávání.

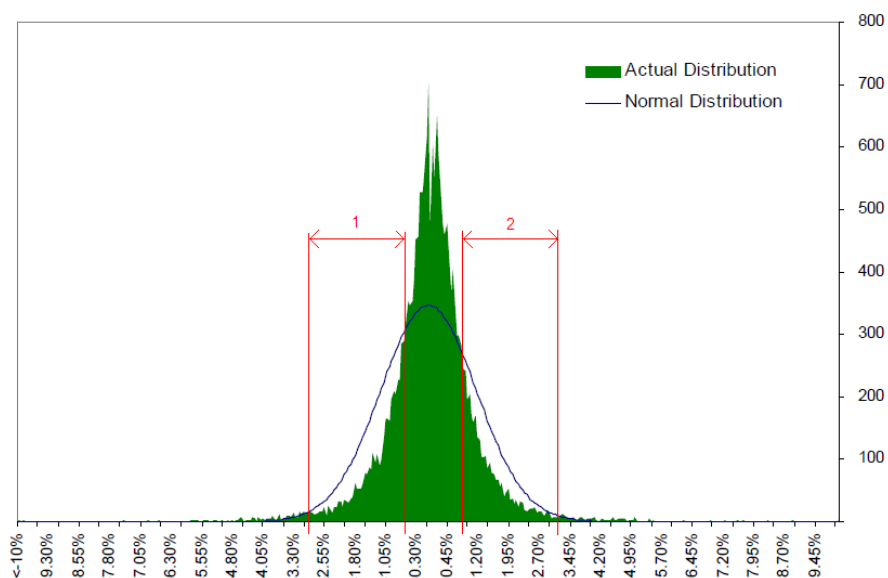
Tendence vracení se k závěrečné předchozí zavírací hodnotě vyústila i v několik metod používaných při tradingu, např. Monday Gap, která tvrdí, že jestliže se objeví mezera ve vývoji ceny v pondělí, bude vždy vývojem uzavřena. Pro účely tvorby modelu je podstatná skutečnost, že někteří obchodníci přizpůsobují své obchodování tomuto předpokladu a uzavírání gap pak podporují.

Mezi techniky obchodování patří i technická analýza.

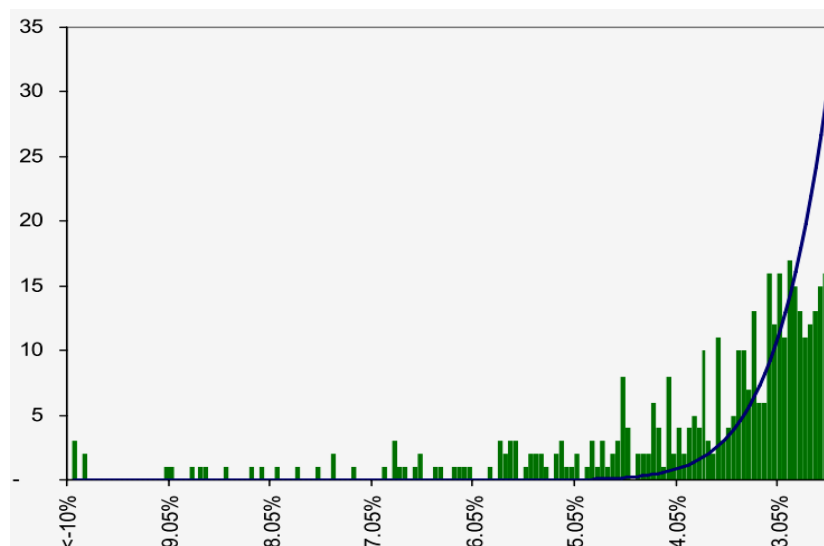
Podle MD je celkový výsledný průběh dán základní náhodnou procházkou, zpětnými vazbami a příchodem kurzotvorných informací, způsobujících kroky „informací“.

Jestliže se budeme pomocí MD snažit namodelovat pravděpodobnostní rozdělení podle obr. 4.1, 4.2 s využitím výše popsaných zpětných vazeb, poměrně snadno obdržíme simulované pravděpodobnostní rozdělení podle obr. 4.3, 4.4.

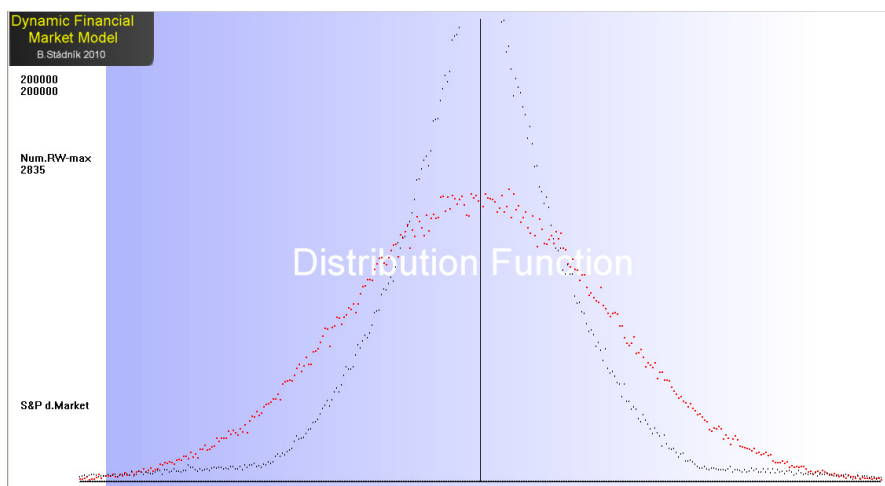
Při simulaci S&P 500 pravděpodobnostního rozdělení na denní bázi pomocí simulační aplikace se pravděpodobnost směru náhodného kroku pohybovala v rozmezích zhruba 50.00% $\pm 0.76\%$.



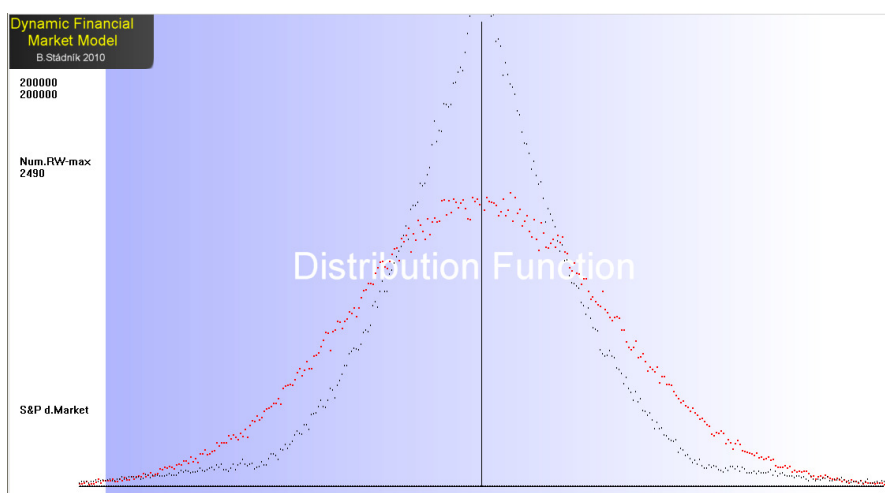
Obr. 4.1 Pravděpodobnostní rozdělení denních výnosů S&P 500 (1927-2008),
zdroj: Cook Pine Capital LLC, Study of Fat Tail Risk



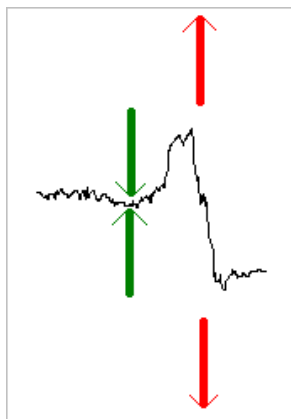
Obr.4.2 Pravděpodobnostní rozdělení denních výnosů S&P 500 (1927-2008), detail levého chvostu, zdroj: Cook Pine Capital LLC, Study of Fat Tail Risk



Obr.4.3 Simulace rozdělení S&P 500 (pomocí zhotovené simulační aplikace). Pravděpodobnost směru budoucího kroku se odchýlila od 50.00 do 50.60% (v okrajové oblasti) a od 50.00 do 50.30% ve středové oblasti rozdělení, vlastní zpracování



Obr.4.4 Simulace rozdělení S&P 500 (pomocí zhotovené simulační aplikace). Pravděpodobnost směru budoucího kroku se odchýlila od 50.00 do 50.76% (v okrajové oblasti) a od 50.00 do 50.24% ve středové oblasti rozdělení, vlastní zpracování



Obr. 4.5 Zpětné vazby, vlastní zpracování

4.1.1.2 Modely s měnící se volatilitou

4.1.1.2.1 Modely s měnící se délkou kroků a jejich interpretace

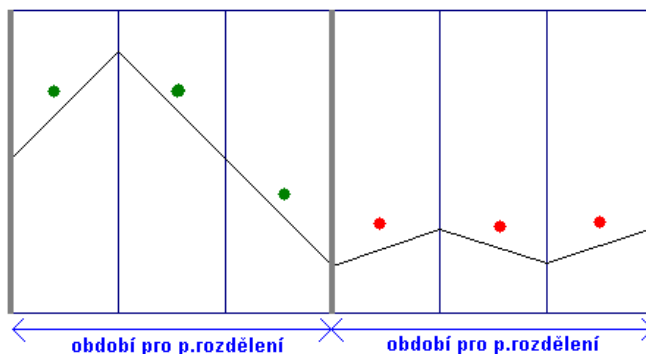
Při modelování požadovaného rozdělení předpokládáme, že průběh ceny vzniká z mnoha kroků, mezi kterými lze rozeznat různé skupiny, obsahující kroky o zhruba stejné délce, přičemž zhruba stejně dlouhé kroky přicházejí vždy v určité sekvenci. Sekvence tedy obsahuje kroky o zhruba stejné délce a různé sekvence se liší délkou kroků, které obsahují. Na obr. 4.6 jsou znázorněny dvě různé sekvence ve dvou různých obdobích, která se zahrnují do rozdělení. Výsledné rozdělení je pak mixem dvou normálních rozdělení.

Na obr. 4.7 je průběh, který neobsahuje různé sekvence, nýbrž stejné sekvence, obsahující kroky o různé délce. Výsledné rozdělení vznikne skládáním (ne mixem) kroků o různé délce.

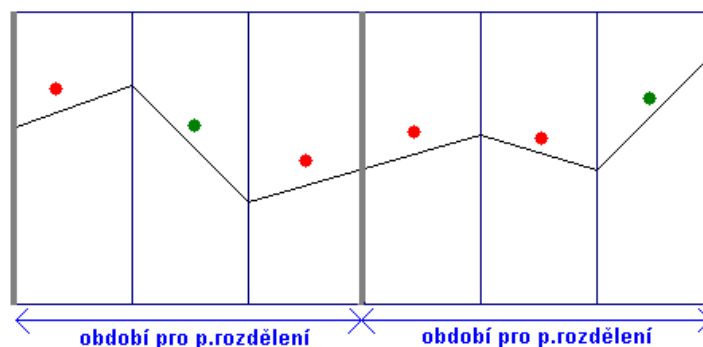
Průběh podle obr. 4.6 vede za určitých podmínek ke vzniku požadovaného rozdělení, průběh z obr. 4.7 k tomuto cíli nevede, nýbrž vede k rozdělení dle obr. 4.12.

Určité podmínky vychází ze skutečnosti, že chceme-li namodelovat požadované rozdělení, nemůžeme použít libovolně dlouhé kroky podle obr. 4.6, neboť bychom takto mohli namodelovat též rozdělení dle obr. 4.8, obr. 4.9, které není příliš v souladu s empirickým pozorováním a tudíž s rozdělením požadovaným.

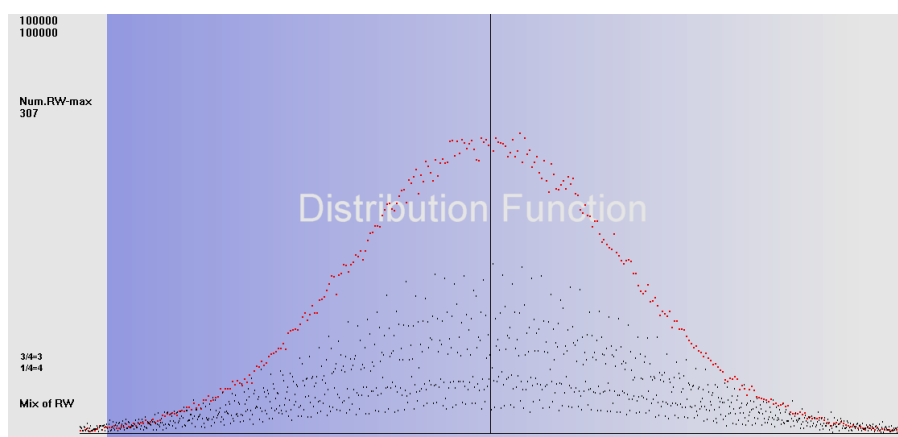
Musíme použít takové kroky, kdy je možné delší kroky velikostně poskládat z určitého množství menších. Pak můžeme opravdu namodelovat námi požadované rozdělení, které je znázorněno na obr. 4.10



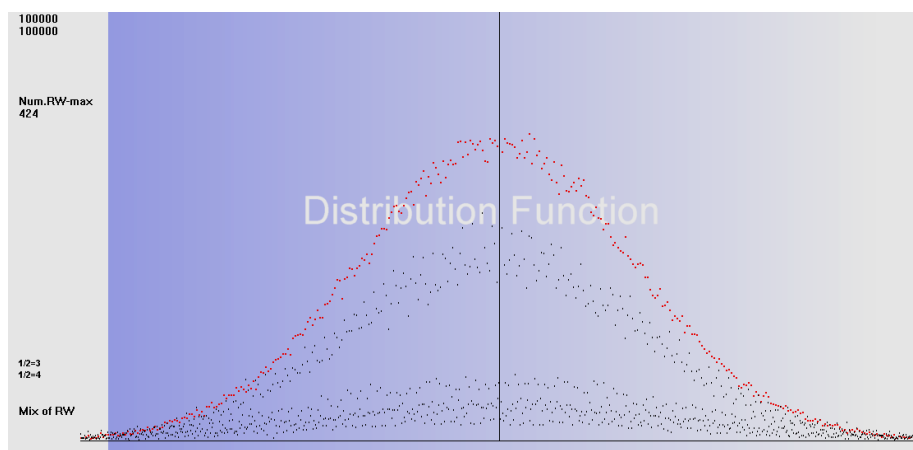
Obr.4.6 Model s měnící se délkou počtu kroků, vlastní zpracování



Obr.4.7 Model s měnící se délkou počtu kroků, vlastní zpracování

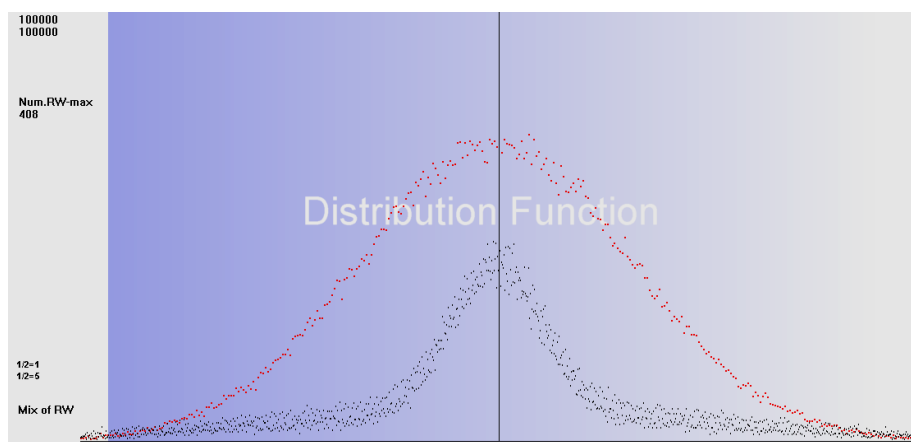


Obr. 4.8 Namodelované pravděpodobnostní rozdělení v modelu s měnící se délkou kroků, normální rozdělení-červeně, vlastní zpracování

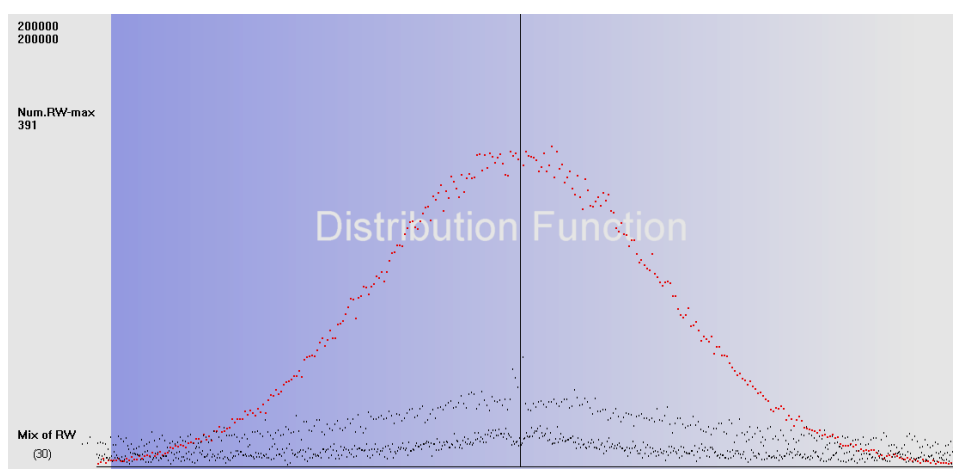


Obr.4.9 Namodelované pravděpodobnostní rozdělení v modelu s měnící se délkou kroků, normální rozdělení-červeně, vlastní zpracování

V případě mixu velkého počtu různých skupin, s určitou střední hodnotou může dojít k rozdělení na obr.4.9, které však taktéž není v souladu s empirickým pozorováním a nejedná se o rozdělení, které chceme namodelovat.

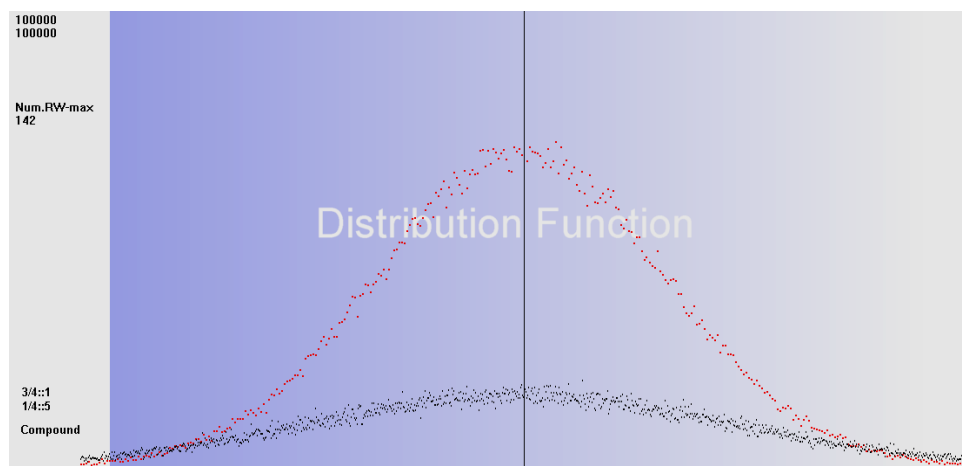


Obr.4.10 Namodelované pravděpodobnostní rozdělení v modelu s měnící se délkou kroků, normální rozdělení-červeně, vlastní zpracování



Obr.4.11 Namodelované pravděpodobnostní rozdělení v modelu s měnící se délkou kroků, normální rozdělení-červeně, vlastní zpracování

Je pozoruhodné, že celkové rozdělení podle obr. 4.8, obr.4.9, obr. 4.11 v praxi není prakticky pozorováno, i když v případě empirických rozdělení dle obr. 4.1, 4.2 by se v prvním přiblížení mohlo v oblasti okrajových i středových pásem o skládání kroků s délkou, kdy není možné složit delší krok z kratších, jednat.



Obr.4.12 Namodelované pravděpodobnostní rozdělení v modelu s měnící se délkou kroků, normální rozdělení-červeně, vlastní zpracování

Interpretace

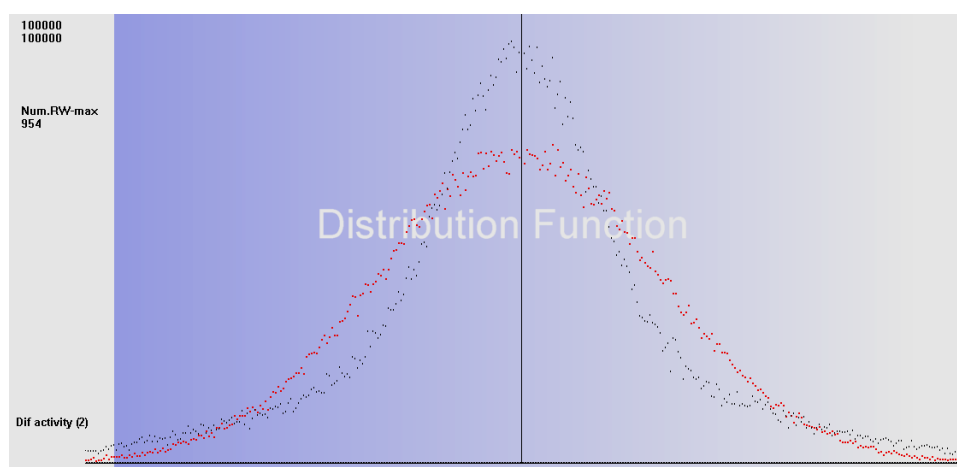
Možným odůvodněním rozdělení podle obr.4.1, které je v praxi pozorováno, by bylo střídání sekvencí kroků, kdy jedna sekvence je složena základní náhodnou procházkou (vzniká náhodným příchodem pokynů např. v centrální objednávkové knize) o krocích o velikosti 1 tick, odpovídající nejmenší možné změně ceny a druhá sekvence by mohla obsahovat delší kroky, generované například příchodem kurzotvorných informací, které jsou složeny z kroků o velikosti 1 tick, stejně jako všechny ostatní pozorovatelné skupiny o delších krocích. Složením všech kroků o větší délce z kroků o velikosti 1 tick se vyhneme nereálným rozdělením podle obr.4.8, obr.4.9, obr.4.11.

Dalším problémem je, jestli skutečně dvě různé sekvence střídavě přicházejí a není spíš odrazem skutečnosti situace podle obr. 4.7, kdy se do základní náhodné procházky vkládají delší kroky způsobené příchodem neočekávaných kurzotvorných informací, pak by ale výsledné rozdělení mělo být v souladu s obr. 4.12, které však nestačí pro vysvětlení pozorovaných odchylek, ale mohlo by zachycovat jen dílčí proces.

V prvním přiblížení lze tedy měnit se délky kroků podle určitých pravidel považovat za příčinu vzniku odchylek od normálního rozdělení. Obtížněji lze však tímto způsobem vysvětlit odchylky například v minutových rozděleních získaných během jednoho dne, kdy se prokazatelně nemění velikost kroků během minutového intervalu.

4.1.1.2.2 Modely s měnící se aktivitou a jejich interpretace

Mění se aktivitou rozumíme pro účely našeho modelování situaci, kdy se mění počet kroků náhodné procházky za období pro rozdělení. Při modelování požadovaného rozdělení budeme nejprve modelovat dvě různé aktivity, které vyústí v rozdělení podle obr.4.13.



Obr.4.13 Namodelované pravděpodobnostní rozdělení v modelu s měnící se aktivitou, normální rozdělení-červeně, vlastní zpracování

Při větším množství různých aktivit pak ale dospíváme k rozdělení podle obr.4.14, které není v souladu s požadovaným.

Interpretace

Předpokládáme, že vyšší aktivita na finančním trhu souvisí s větším množstvím zobchodovaných investičních nástrojů, tedy s větším objemem obchodů, což je vyvoláno příchodem většího množství obchodních pokynů za sledované období. Větší množství pokynů by mělo způsobit větší počet kroků v ceně během období.

Na finančním trhu dochází spíše ke kolísání aktivity okolo určité střední hodnoty, takže model dle obr. 4.13, i když velmi dobře modeluje požadované rozdělení, nelze příliš interpretovat na reálný finanční trh.

Reálné situaci odpovídá střídání většího množství různých aktivit, které kolísají kolem určité střední hodnoty, a tudíž situace vede k rozdělení dle obr. 4.14. V prvním přiblížení nelze tedy měnící se aktivitu považovat za příčinu vzniku odchylek od normálního rozdělení.

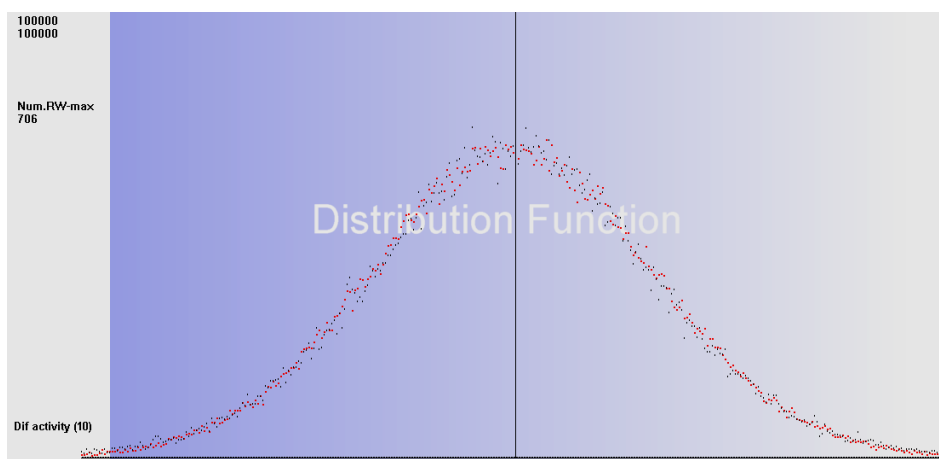
4.2 Porovnání dynamických modelů s modely s měnící se volatilitou

Modely s měnící se volatilitou v období, pro které sledujeme pravděpodobnostní rozdělení, lze za určitých podmínek použít pro vysvětlení jeho pozorovaných deformací (odchylek od normality s fat tails a ostrostí).

Měnící se volatilitu, např. dle obr.4.17, lze na reálných finančních trzích skutečně pozorovat. Mnohdy je však obtížné určit, zda-li je příčinou vyšší volatility zvýšená obchodní aktivita, vyšší počet příchodů kurzotvorných informací, náhodná procházka, popřípadě kombinace všech těchto jevů.

Jestliže budeme uvažovat náhodnou procházku, příslušné deformace nevysvětlíme.

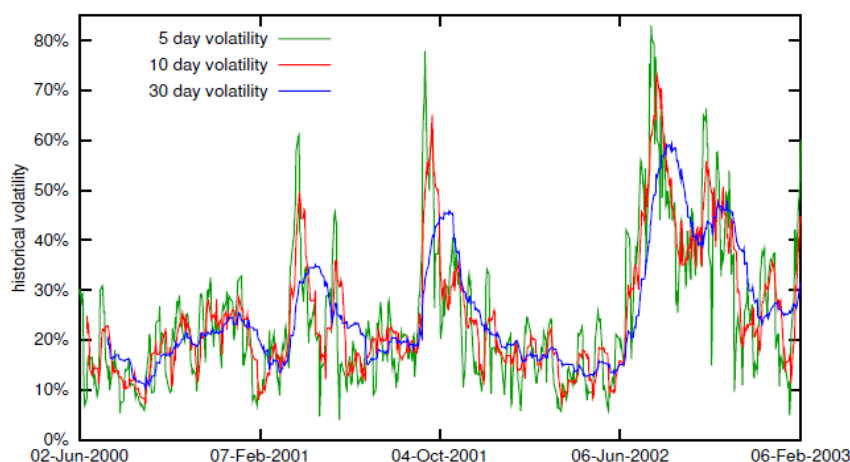
Stejně tak obtížné je vysvětlení pomocí střídání období s různou obchodní aktivitou, jestliže neuvažujeme například pouze dvě různá období. Praxe spíše nasvědčuje tomu, že na finančních trzích se aktivita ve smyslu množství uskutečněných obchodů mění zhruba spojitě a takový proces k odchylkám od normality nevede.



Obr.4.14 Namodelované pravděpodobnostní rozdělení v modelu s měnící se aktivitou, normální rozdělení-červeně, vlastní zpracování



Peter Jäckel



FTSE 100 realised volatility.

Obr. 4.17 Měnící se volatilita na kontraktu FTSE 100, zdroj: Peter Jaeckel
STOCHASTIC VOLATILITY MODELS: PAST, PRESENT AND FUTURE

V případě měnící se volatility v důsledku měnící se délky kroků lze za předpokladů, že delší kroky lze zhruba poskládat s kratších kroků, namodelovat pozorované odchylky. Taková situace by na finančních trzích mohla svoji interpretaci najít v podobě mixu základního náhodného procesu s příchodem kurzotvorných informací. V praxi však dochází spíše k situaci podle obr. 4.7 než 4.6 a taková situace ke vzniku odchylek od normality nevede.

Lze shrnout, že modely s měnící se volatilitou mají obecně problémy s interpretací na reálný finanční trh.

Dalším argumentem proti modelům s měnící se volatilitou je fakt, že odchylky od normality jsou pozorované i v situacích, kdy se volatilita prokazatelně nemění, popřípadě za kratší období, anebo mezi příchodem kurzotvorných informací.

Testem pro rozhodnutí, zdali jsou odchylky od normality způsobené měnící se volatilitou, anebo dynamickými procesy, by mohla být například studie Hurstova koeficientu příslušné časové řady. V případě, že výsledný proces je mixem více normálních procesů, měly by hodnoty Hurstova koeficientu rovny 0.5. Současné studie hodnot Hurstova koeficientu časových řad spíše ukazují na hodnoty vyšší než 0.5, které gaussovskými procesy nelze vysvětlit.

Jako nejschůdnější cesta pro namodelování odchylek od normality s jasnou interpretací se v prvním přiblížení zdají být dynamické modely finančního trhu s pamětí.

4.3 Odhalení závislosti kroků „informací“

Odhalení závislosti směru kroků „informací“ by znamenalo zlepšení predikce vývoje tržních cen, daného příchodem nových kurzotvorných informací. TE, stejně jako MD předpokládá rozdělení kroků „informací“ gaussovské. Vycházíme-li z předpokladu, že všechny dostupné informace a očekávání jsou na likvidních trzích v ceně zohledněny, měla by logicky být pravděpodobnost směru budoucího kroku 50%/50%.

4.4 Odhad směru kroků „informací“ vlivem slabé efektivity

Možnost predikce však nelze vyloučit i když je proces náhodná procházka, kroky nezávislé a pravděpodobnostní rozdělení gaussovské. Jedná se o případ kroků „informací“ a záležitost by se dala přirovnat k situaci, kdy při hodu mincí zjistíme výsledek hodu, který rozhodne o směru kroku, ještě před jeho uskutečněním. TE takovou situaci označuje jako slabá forma efektivity. MD obdobnou situaci popisuje zvýšením pravděpodobnosti směru sekvence kroků. V obou případech lze vylepšit predikci, procentuální výhoda však vzhledem k simulacím v rámci MD nepřesahuje zhruba 1%.

4.5 Možnost odhadnout obsah kurzotvorné informace před zveřejněním

Je možné, že existují investoři, kteří dokáží předvídat ekonomický vývoj lépe než většina ostatních. Jejich očekávání je tudíž přesnější než všeobecné očekávání a tak dokáží o trochu lépe předvídat obsah ekonomických kurzotvorných informací, které na finanční trh v budoucnu přijdou. Jedná se zejména o pravidelné zveřejňování ekonomických indikátorů jako jsou například indikátory nezaměstnanosti, vývoje ekonomiky, atd. V USA například CPI, PPI, ukazatele GDP. Jejich schopnosti souvisí pravděpodobně s citlivějším vnímáním ekonomické situace. Může se například podařit, že odhad CPI je přesnější než všeobecně očekávaná hodnota, vzniklá průměrováním názorů většího množství analytiků. Když se pak takový údaj zveřejní a je podle očekávání zmiňovaného investora a tudíž odlišný od všeobecného očekávání, dojde k pohybu ceny, na které může takový investor profitovat.

4.6 Odhalení závislosti ve vývoji volatility

Odhalení závislosti ve vývoji volatility by umožnilo zlepšení predikce vývoje ceny u investičních instrumentů, jejichž cena je závislá na volatilitě, například u opcí. Závislost lze předpokládat v případě platnosti modelů s měnící se volatilitou (se stochastickou volatilitou).

4.7 Manipulace s tržní cenou nákupy/prodeji

Při manipulacích s tržní cenou nákupy/prodeji dochází pomocí nákupů a prodejů ve větších objemech ke změnám tržní ceny požadovaným způsobem. Jedná se vlastně o odhad budoucího směru kroku, díky vlastnímu přičinění. Takový postup, vyjma například intervencí ze strany centrálních bank za účelem oslabení/posílení domácí měny, bývá nelegální. Z hlediska získání procentuální převahy zde narážíme na problematiku realizace zisku při uzavírání pozic, jelikož realizace vede k pohybům tržní ceny zpět k výchozím hodnotám. Lze však konstatovat, že určité strategie takového postupu k získání procentuální převahy opravdu vedou. Její velikost je obtížné posoudit. Z pravděpodobnostních charakteristik ji nelze odhadnout, jelikož za předpokladů, že manipulátoři volí „tvorbu“ kroků náhodně, neprojeví se jejich činnost na pravděpodobnostním rozdělení.

4.8 Insider trading

Jde o dostatečně známou záležitost, o které nebudeme nyní podrobně pojednávat. Jedná se vlastně o případ zjištění obsahu kurzotvorné informace (4.4) před zveřejněním a její využití k dosažení zisku, ale způsobem, který je považován za nelegální. V případě zjištění například CPI před zveřejněním na základě vlastních výzkumů, nedopouštíme se při jejím využití k získání profitu nelegální činnosti, v případě zjištění hospodářských výsledků firmy z firemních zdrojů před zveřejněním, může se jednat o nelegální činnost. TE hovoří o neveřejných informacích v rámci nejsilnější formy tržní efektivity.

5. Závěr

Možnost zlepšení predikce je spatřována v následujících případech (viz. podrobně kapitola 4):

- odhalení závislosti „základních“ kroků
- odhalení závislosti kroků „informací“
- odhad směru kroků „informací“ vlivem slabé efektivity
- možnost odhadnout obsah kurzotvorné informace před zveřejněním
- odhalení závislosti ve vývoji volatility
- manipulace s tržní cenou nákupy/prodeji
- insider trading

Možnost zlepšení predikce nabízí zejména odhalení závislosti „základních“ kroků a odhad směru kroků „informací“ vlivem slabé efektivity.

Odhalení závislosti „základních“ kroků je podporované empiricky pozorovaným pravděpodobnostním rozdělením cen investičních instrumentů, které je odchýlené od normality. Jelikož vznik odchylek od normality lze vysvětlit dvojím způsobem, je nutné pro podporu závislosti vyloučit vznik odchylek od normality mixem více pravděpodobnostních rozdělení, které by mohla způsobovat specifickým způsobem se měnící volatilita. Takové modely však mají problémy s interpretací na reálný finanční trh (viz. podrobně kapitola 4.1.1.2). Dalším argumentem proti modelům s měnící se volatilitou je fakt, že odchylky od normality jsou pozorované i v situacích, kdy se volatilita prokazatelně nemění, popřípadě za kratší období, anebo mezi příchodem kurzotvorných informací.

Dalším testem pro rozhodnutí, zdali jsou odchylky od normality způsobené měnící se volatilitou, anebo dynamickými procesy, by mohla být například studie Hurstova koeficientu příslušné časové řady. V případě, že výsledný proces je mixem více normálních procesů, měly by hodnoty Hurstova koeficientu být rovny 0.5. Současné studie hodnot Hurstova koeficientu časových řad spíše ukazují na hodnoty vyšší než 0.5, které gaussovskými procesy nelze vysvětlit.

Jako nejschůdnější cesta pro namodelování odchylek od normality s jasnou interpretací se zdají být dynamické modely finančního trhu s pamětí, z čehož by vyplynula existence závislosti pravděpodobnosti směru „základních“ kroků.

Získaná procentuální převaha však vzhledem k výsledkům získaných simulačními aplikacemi nepřesahuje 1%, což při omezeném počtu investic nemá praktický význam.

Odhad směru kroků „informací“ vlivem slabé efektivity popisuje teorie efektivních trhů a souvisí se slabou formou efektivity. Model dynamického finančního trhu obdobnou situaci popisuje zvýšením pravděpodobnosti směru sekvence kroků. Tímto způsobem lze vylepšit predikci, procentuální výhoda však vzhledem k simulacím v rámci Modelu dynamického finančního trhu opět nepřesahuje zhruba 1%.

Při manipulacích s tržní cenou nákupu/prodeji dochází pomocí nákupů a prodejů ve větších objemech ke změnám tržní ceny požadovaným způsobem. Takový postup, vyjma například intervencí ze strany centrálních bank za účelem oslabení/posílení domácí měny, bývá nelegální. Z hlediska získání procentuální převahy zde narážíme na problematiku realizace zisku při uzavírání pozic, jelikož realizace vede k pohybům tržní ceny zpět k výchozím hodnotám. Lze však konstatovat, že určité strategie takového postupu k získání procentuální převahy opravdu vedou. Její velikost však nelze z pravděpodobnostních charakteristik odhadnout.

Jiné možnosti, jako odhalení závislosti kroků „informací“, popřípadě možnost odhadnout obsah kurzotvorné informace je méně reálné, ale nelze ji zcela vyloučit.

Seznam literatury

- [1] ANH, VO; INOUE, AKIHIKO: Financial markets with memory I, Dynamic models, Stochastic Analysis and Applications 23(2), p. 275-300
- [2] CAMPBELL; LO; MAC KINLEY: The Econometrics of Financial Markets, Princeton, 1997
- [3] CHAVEESUK, R.; SRIVAREE-RATANA, CH.; SMITH, A. E.: Alternative Neural Network Approaches to Corporate Bond Rating, Journal of Engineering Valuation and Cost Analysis, 1999
- [4] DIVIŠ, KAREL; TEPLÝ, PETR: Informační efektivnost burzovních trhů ve střední Evropě (Market efficiency of capital markets in the Central Europe), příspěvek na konferenci Rozvoj české společnosti v EU dne 22.10.2004
- [5] FAMA, EUGENE: The Behavior of Stock-Market Prices, The Journal of Business, Vol. 38, No.1.(Jan.,1966), p. 34-105
- [6] FANTA, J.: Psychologie, algoritmy a umělá inteligence na kapitálových trzích, 1. vyd., Praha, Grada publishing, spol. s r. o., 2001. 168 s. ISBN 80-247-0024-7
- [7] FEYNMAN R.P.: Feynmanovy přednášky z fyziky 1/3, Praha, 2001
- [8] FELLER, V.: Введение в теорию вероятностей и ее приложения, Nakladatelství zahraniční literatury, Moskva, 1952

- [9] HERLEMONT, DANIEL: Risk Management Study of Managed Futures, 2004
- [10] HORSKÁ, HELENA: Český akciový trh-jeho efektivnost a makroekonomické souvislosti, Working Paper 7/2003, Praha 2003
- [11] ŠTĚCHA, JAN, HAVLENA VLADIMÍR: Teorie dynamických systémů, Praha, 1993
- [12] KENDALL, MAURICE, The Analytics of Economic Time Series, Part 1: Prices, článek z roku 1953
- [13] KOTEK, ZDENĚK; VYSOKÝ, PETR, ZDRÁHAL ZDENĚK: Kybernetika, SNTL-Nakladatelství technické literatury, Praha, 1990
- [14] LILLO, F.; FARMER, J. D.: The Long Memory of the Efficient Market, Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics, 8-3 ,2004,
- [15] MALKIEL, B.G.: A Random Walk Down Wall Street, New York, 1996
- [16] MANDELBROT, BENOIT: Fractals and Scaling in Finance, London, 1997
- [17] MANDELBROT, BENOIT: Fraktály, Praha, 2003
- [18] MURPHY, J.J.: Technical analysis of the financial markets. New York, 1999
- [19] MUSÍLEK, PETR: *Finanční trhy a investiční bankovníctví*, Praha , ETC Publishing, 1999.,852 s. ISBN 80-86006-78-6
- [20] NAGARATNAM, JEYASREEDHARAN; LAKSHAM, ALLEN; NIHAL, YATAWARA: Extreme daily, weekly and monthly returns using data from the Australian Stock Market, 2009, 22 nd Sydney conference on Finance
- [21] NETUKA, MARTIN: Nelinearita výnosu cenných papírů, diplomová práce, Fakulta sociálních věd Univerzity Karlovy, 1997
- [22] SCHILLER: From Efficient Market Theory to Behavioral Finance, Yale University
- [23] SREČKO, DEVJAK; GRUM, ANDRAŠ: Third Moment of Yield Probability Distributions on Slovenien Financial Markets, 2006
- [24] ŠTĚCHA, JAN, HAVLENA VLADIMÍR: Teorie dynamických systémů, Praha, 1993
- [25] STÁDNÍK, BOHUMIL: Expected Probability Distributions of Financial Market Instruments and Empirical Proofs (Dynamic Financial Market Model), sborník příspěvků konference Evropské finanční systémy, 27.5.-28.5, 2010, Brno, 2010
- [26] STÁDNÍK, BOHUMIL: Explanation of S&P500, Indu, Euro Bund or EUR/USD returns probability distribution deviation from a Gaussian Curve, sborník příspěvků konference The Asian Business&Management Conference,7.-10. říjen 2010, Osaka, 2010
- [27] STÁDNÍK, BOHUMIL: Model dynamického finančního trhu, disertační práce, VŠE, Fakulta financí a účetnictví, Praha 2011
- [28] VESELÁ JITKA: Analýzy trhu cenných papírů, II.díl: Fundamentální analýza, VŠE v Praze, 2003
- [29] Zdroje Cook Pine Capital LLC: Study of Fat Tail Risk, 2008