

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga
Finančni modeli s temelji na teoriji agentov
(Agent-Based Finance)

Ime in priimek: Anja Kozlovič

Študijski program: Matematika v ekonomiji in financah

Mentor: doc. dr. Arjana Brezigar Masten

Koper, september 2015

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Anja KOZLOVIČ

Naslov zaključne naloge: Finančni modeli s temelji na teoriji agentov

Kraj: Koper

Leto: 2015

Število listov: 59

Število slik: 17

Število tabel: 4

Število prilog: 1

Število strani prilog: 9

Število referenc: 19

Mentor: doc. dr. Arjana Brezigar Masten

Ključne besede: teorija agentov, finančni modeli, prilagajanje agentov, simulacije, lastnosti agentov

Izvleček:

V svoji zaključni nalogi se ukvarjam z vprašanjem, kako dobra je teorija agentov pri opisovanju realnih dogodkov na finančnih trgih. V teoriji znanosti velja, da je neka teorija ali empirija dovolj dober del znanstvenega aparata, če ji uspe zadovoljivo opisati ne samo naravnih oz. pričakovanih dogodkov, ampak tudi izredne dogodke. Iz tega razloga sem se odločila, da teorijo agentov preizkusim s simulacijami, ki opisujejo izreden dogodek na finančnih trgih, in sicer pok borznega balončka, ki se je zgodil v letih 2007-2008. Prvi del zaključne naloge je sestavljen iz splošne predstavitve teorije agentov; sledi krajša predstavitev programa *Altrema Adaptive Modeler*, ki sem ga uporabljala pri simulacijah. V drugem delu zaključne naloge je opisan finančni model, na podlagi katerega sem preizkusila, ali teorija agentov drži tudi v praksi. Po predstavljenih podatkih, ki sem jih potrebovala za simulacije, sledi opis rezultatov dobljenih s simulacijami. Na podlagi rezultatov simulacij ugotavljam, da teorija agentov zelo dobro razloži finančne modele, saj uspešno pojasni ekstremen dogodek na finančnih trgih.

Key words documentation

Name and SURNAME: Anja KOZLOVIČ

Title of final project paper: Agent-Based Finance

Place: Koper

Year: 2015

Number of pages: 59

Number of figures: 17

Number of tables: 4

Number of appendices: 1

Number of appendix pages: 9

Number of references: 19

Mentor: Assist. Prof. Arjana Brezigar Masten, PhD

Keywords: agent-based finance, agents, financial models, adaptation, simulations, properties of agents

Abstract: In my final project paper I deal with the question of how good is the agency theory in describing real events in the financial markets. From the scientific theory we know, that a theory is considered as good if it describes well enough not only natural or expected events, but also extraordinary events. For this reason I decided to do some simulations based on agency theory, which describe an extraordinary event in the financial markets. I decided to do simulations on stock market bubble, which happened in 2007-2008. In the first part I deal with general presentation of agent theory; after that I briefly present a program, called *Altrema Adaptive Modeler*, which was used for simulations. In the second part of my final project paper I describe the selected model, pursuant to which I tested whether the agency theory holds also in practice. Then I present data, which were used for simulations and after that I present the results of simulations. Based on the results of simulations I note that the agency theory explains the financial models very well, because successfully explains an extreme event on financial markets.

Zahvala

Zahvalila bi se mentorici, doc. dr. Arjani Brezigar Masten za pomoč in koristne nasvete. Poleg tega se zahvaljujem tudi mag. Radu Pezdirju za spodbudo, pomoč, čas, potrpežljivost in nasvete pri pisanju zaključne naloge. Rada bi se zahvalila tudi svojim bližnjim, ki so mi v času študija pomagali in me spodbujali.

Kazalo vsebine

1	Uvod	1
2	Splošno o teoriji agentov	2
2.1	Temeljna vprašanja	3
2.2	Teorija agentov v numeričnih metodah v ekonomiji	6
2.3	Sistematika prilagajanja	7
2.4	Mehanizmi prilagajanja	9
3	Osnovne značilnosti programa Adaptive Modeler	11
3.1	Dogovori in terminologija	11
3.2	Lastnosti agentov v Adaptive Modeler-ju	13
3.2.1	Omejitve programa	15
3.3	Delovanje programa Adaptive Modeler	15
3.3.1	Sistem trgovanja	16
4	Splošno o obravnavanem finančnem modelu	18
4.1	Simulacija borznega indeksa v času finančne krize 2007-2008 s pomočjo teorije agentov	18
5	Simulacije	20
5.1	Opis podatkov	20
5.1.1	The Standard & Poor's 500 Index	20
5.1.2	Opisne statistike	20
5.2	Predstavitev rezultatov dobljenih s simulacijami	24
5.2.1	Značilnosti modela	24
5.2.2	Rezultati simulacij	26
6	Zaključek	38
7	Literatura	39

Kazalo tabel

1	Opisne statistike za Open	22
2	Opisne statistike za High	22
3	Opisne statistike za Low	23
4	Opisne statistike za Close	23

Kazalo slik

1	Agent preslika zaznave v akcije.	7
2	OHLC diagram	12
3	OHLC diagram v praksi	13
4	Izvajanje cikla v modelu	16
5	Case–Shiller indeks za obdobje 1980-2012	19
6	Gibanje indeksa v letih 2007-2008	21
7	Prikaz gibanja cene indeksa, napovedi in signalov	27
8	Porazdelitev premoženja	28
9	Gibanje prodajnih in nakupnih naročil	29
10	Pozicija celotne populacije	30
11	Povprečna velikost genoma	31
12	Pravilna in napačna napoved sprememb cen indeksa	32
13	Gibanje FDA in FDS	33
14	Porazdelitev parametra beta	34
15	Gibanje Sharpe razmerja	35
16	Distribucija volatilnosti agentovega premoženja	36
17	Gibanje donosnosti	37

Kazalo prilog

A Podatki za S & P Index za leti 2007 in 2008

Seznam kratic

tj. to je

npr. na primer

oz. oziroma

itd. in tako dalje

S&P The Standard & Poor's 500 Index

1 Uvod

V svoji zaključni nalogi bom preverila, kako dobra je teorija agentov pri opisovanju realnih dogodkov na finančnih trgih. Teorijo agentov bom preizkusila z izvajanjem simulacij v izbranem finančnem modelu in na ta način ugotovila, ali je teorija agentov dobro zajela dogajanje v realnosti. V prvem delovnem poglavju bom predstavila teoretični vidik izbrane tematike: predstavila bom temeljna vprašanja, s katerimi se srečujemo v teoriji agentov; nadaljevala bom z vlogo teorije agentov v numeričnih metodah v ekonomiji; zaključila pa z opisom sistematike in mehanizmov prilagajanja. V drugem poglavju bom predstavila program, s katerim bom izvajala simulacije, to je *Altrevia Adaptive Modeler*. Nadaljevala bom s splošno razlago finančnega modela, ki ga bom simulirala: odločila sem se za simulacijo borznega indeksa v času finančne krize 2007-2008, saj lahko na tem primeru preizkusimo, ali teorija agentov deluje tudi takrat, ko na finančnih trgih nastopijo izredne situacije (npr. finančne krize). V četrtem delovnem poglavju bom najprej predstavila podatke za Standard & Poor's 500 Index, s katerimi bom izvajala simulacije, na koncu tega poglavja bom predstavila rezultate, ki sem jih dobila s simulacijami: opisala bom model, ki sem ga definirala v *Altrevia Adaptive Modeler*, nato pa grafično razložila dobljene rezultate in jih komentirala.

2 Splošno o teoriji agentov

Teorija agentov je nekoliko novejša teorija, ki se še razvija in je v praksi precej uporabna. Ukvarja se predvsem z vprašanjem, kaj sploh je agent in z uporabo matematičnih formul, s pomočjo katerih so predstavljene in razložene lastnosti agentov. [6]

Obstaja več utemeljitev, zakaj je uporaba teorije agentov smiselna: ponuja vpogled v negotovost prihodkov, ki jih agenti lahko pričakujejo v prihodnosti; dotika se agentovih namer, ki so odvisne od zastavljenih ciljev; pozornost posveča tveganju, saj so agenti med seboj različni tudi glede na naklonjenost oz. nenaklonjenost k tveganju. [5]

Finančni modeli s temelji na teoriji agentov je skupina modelov, ki se ukvarja z analizo akcij in interakcij med več posamezniki in organizacijami. Cilj tovrstnih modelov je analiza učinkov na sistem kot celoto. Finančni model s temelji na teoriji agentov je lahko sestavljen iz:

- populacije agentov, ki predstavljajo investitorje;
- znanih cen;
- tržnega mehanizma, ki zagotavlja ravnotežje (oz. mehanizma, ki počisti trg).

[1]

V preteklosti se je izkazalo, da je model finančnih metod s temelji na teoriji agentov zmožen pojasniti obnašanje finančnih trgov bolje, kot so to v preteklosti pojasnjevali tradicionalni finančni modeli. Finančni trgi so bili pojasnjeni z uporabo analitične matematike in ekonometričnih modelov, ki so največkrat temeljili na predpostavki o racionalnih udeležencih na trgih. Kljub temu empirične lastnosti finančnega trga ne morejo biti v celoti pojasnjene z modeli, ki so bili v uporabi v preteklosti. V resnici se cene na trgih oblikujejo v sodelovanju z veliko raznolikimi agenti, ki se skozi čas učijo glede na to, kaj se je dogajalo v preteklosti in glede na to, kaj lahko pričakujejo v prihodnosti. [1]

Agenti, ki nastopajo na trgu imajo različne metode, s katerimi sprejemajo odločitve in različne lastnosti kot je npr. naklonjenost oziroma nenaklonjenost k tveganju ter časovni horizont. Ker so opisani agenti med seboj zelo različni iz tega sledi, da potrebujemo za končne cene, ki se oblikujejo na trgu, model sestavljen iz več heterogenih (različnih; imajo različna trgovalna pravila) agentov in virtualnega (umetnega) trga. [1]

Finančni modeli s temelji na teoriji agentov predpostavljajo, da se sodelujoči agentje skozi čas učijo, razvijajo in sprejemajo določena pravila, saj si želijo biti konkurenčni na trgu. Analize so pokazale, da je sisteme, kjer sta zaznana razvoj in adaptacija, možno pojasniti z delovanjem finančnega trga. Ponavadi je obnašanje agentov v vedi, ki se ukvarja z numeričnimi metodami v ekonomiji (ang. *computational finance*) opisano z matematičnimi formulami. Na tak način je možno raziskati matematične lastnosti metod, ki jih uporabljamo v teoriji agentov. Toda, agenti, ki nastopajo na finančnem trgu izkazujejo velike razlike, ki se kažejo v obliki sodelovanja, interpretacije dostopnih informacij, strukture zaupanja, naklonjenosti k tveganju, časovnem horizontu in odločitvenimi pravili. Oblikovanje cene na trgu je na ta način odvisno od razlik med agenti in od organizacije specifičnega trga, v katerem agenti delujejo. Take razlike so lažje predstavljene s pomočjo algoritmičnega okvirja. Agenti v taki predstavitvi manipulirajo z dostopnimi informacijami v kombinaciji z logiko odločanja, matematičnimi formulami in raznimi drugimi algoritmi, ki opisujejo obnašanje agenta. [2]

V nadaljevanju tega poglavja bom v prvem razdelku opisala nekaj temeljnih vprašanj, ki se pojavljajo v teoriji agentov; nadaljevala bom z matematičnim opisom pametnih agentov v numeričnih metodah v ekonomiji: v tem delu bom predstavila nekaj funkcij, ki jih lahko definiramo v finančnih modelih s temelji na teoriji agentov. Nato se bom posevtila prilagajanju agentov: najprej bom opisala sistematiko prilagajanja - kako se agenti prilagajajo določeni situaciji, kakšne vrste prilagajanja poznamo; v povezavi s tem bom uporabljala preslikavo v funkcijo, s katero lahko matematično razložimo prilagajanje agentov. Poglavje se bo zaključilo z opisi mehanizmov prilagajanja; tukaj gre za globljo razlago že prej omenjene sistematike prilagajanja, saj bom predstavila, na kakšen način se prilagajanje pravzaprav izvaja in, kako agenti pri tem delujejo.

2.1 Temeljna vprašanja

Pri oblikovanju trga, ki temelji na agentnih metodah, je potrebno najprej odgovoriti na veliko bazičnih vprašanj. V nadaljevanju bom predstavila nekaj vprašanj, s katerimi se srečujemo v agentnih metodah:

- Velik problem se pojavlja med kratkoročnimi in dolgoročnimi preferencami, slednji prinaša več realizma po ceni dodatne kompleksnosti v procesu učenja.
- Veliko modelov se osredotoča na problem določitve cen. Pri tem je uporabljenih veliko metod, ki jih lahko razvrstimo v štiri kategorije; prvi mehanizem uporablja počasno prilagajanje cen, kjer trg ni nikoli pravzaprav v ravnovesju. Prvi tak primer je Day and Huang (1990). V takem primeru ustvarjalec trga napove ceno, agentje pa predložijo, koliko bi pri taki ceni povpraševali in, koliko prodali.

Ponudbe so nato seštete: če je prisotno presežno povpraševanje, se cena zviša; če pa se pojavi presežna ponudba, se cena zniža. Cena je pogosto spremenjena na podlagi fiksnega dela presežnega povpraševanja:

$$p_{t+1} = p_t + \alpha(D(p_t) - S(p_t)),$$

kjer je

1. t čas;
2. $D(p_t)$ označuje povpraševanje po finančnem instrumentu, ko je njena vrednost enaka p_t v času t ;
3. $S(p_t)$ označuje ponudbo (koliko so pripravljeni prodati), ko je vrednost finančnega instrumenta enaka p_t v času t ;
4. α je parameter, za katerega velja, da $\alpha > 0$, sicer enačba nima smisla.

Prednost in hkrati slabost take metode je, da trg ni nikoli v ravnovesju. V praksi zelo težko najdemo trge, ki so v ravnovesju. To bi pomenilo, da nimajo tako presežnega povpraševanja kot tudi ne presežne ponudbe. To je prednost take metode, saj se zelo približa dejanskim razmeram na trgu. Prav tako pa je dejstvo, da trg ni v ravnovesju, lahko tudi slabost. V taki situaciji namreč obstaja presežno povpraševanje ali presežna ponudba, zaradi katere trg ne doseže optimalne cene, pri kateri bi bilo povpraševanje enako ponudbi. Ker pa trgi v teoriji na dolgi rok konvergirajo k ravnovesju, se bo cena spreminjala toliko časa, dokler ne bo zadoščeno pogoju o ravnovesju. V predstavljenem modelu je velika odvisnost od parametra α , zato taki trgi zapravijo veliko časa pri cenah, ki so daleč od tistih, ki bi ustvarile ravnovesje na trgu.

Drugi primer metode za določanje cen je mehanizem čiščenja trga po vsakem obdobju, ki se lahko izvede numerično ali s pomočjo teoretičnih poenostavitvev.

Opisani metodi vzameta nasprotna ekstrema; v prvi metodi trg ni nikoli v ravnovesju, v drugi pa se trg "očisti" (pride v ravnovesje) po vsakem obdobju. Metodi, ki jih bom opisala v naslednjih vrsticah pa sta nekje vmes in sta bolj realistična. Najbolj realističen mehanizem iz tržne perspektive je simulacija, v kateri agenti objavljajo svoje ponudbe glede nakupa ali prodaje delnice (oziroma blaga). Primera take metode sta Chiarella and Iori (2002) ter Farmer et al. (2005). Ta metoda je zelo realistična in omogoča natančno analizo trgovalnega mehanizma. Edina slaba stran te metode je ta, da morajo biti institucionalne podrobnosti vgrajene v tržni arhitekturi in učnih značilnostih agentov.

Zadnji tržni mehanizem, ki se ga lahko uporablja, je predpostavka, da agentje naključno trčijo eden v drugega in med seboj trgujejo, če imajo od tega koristi.

Tak mehanizem bi bil realističen v situacijah, kjer ni formalnih trgov; poleg tega bi bilo ta model nesmiselno uporabiti na mestih, kjer so trgovalne institucije dobro definirane, in je funkcija, ki pomaga kupcem najti prodajalce, ne slučajna. [3]

Poleg opisanih tržnih mehanizmov, ki se jih uporablja za določitev tržnih cen je pomembna še hipoteza slučajnega sprehoda oz. *random walk hypothesis*. Osnovna ideja hipoteze slučajnega sprehoda je, da cene delnic sledijo naključnemu in nepredvidljivemu prehodu. Cene delnic so enako porazdeljene in nedovisne med sabo, kar pomeni, da cenovnega trenda delnice oz. trga v prihodnosti ni mogoče napovedati s pomočjo preteklih gibanj cen [18]. Nasprotniki hipoteze slučajnega sprehoda menijo, da je finančni trg predvidljiv do določene mere; mislijo, da se cene gibajo v trendu in, da lahko informacije o preteklih gibanjih cen pomagajo napovedati, kakšne bodo cene v prihodnosti. [19] To pomeni, da na določitev cen na finančnem trgu zelo vpliva tudi trend in ne samo ponudba oz. povpraševanje po določenem finančnem instrumentu.

- Eden izmed največjih problemov zasnove trga je, kako so informacije predstavljene agentom in, kako jih le-ti interpretirajo. Teoretično je težka naloga, v kateri je potrebno spremeniti veliko število časovnih serij v načrt trgovanja. Raziskovalci so pogosto prisiljeni definirati množico spremenljivk in funkcionalno strukturo, ki se jo nato uporabi pri spreminjanju definiranih podatkov v trgovalne strategije.
- Kako se agentje učijo eden od drugega, je še eno pomembno osnovno vprašanje. Temu ponavadi pravimo socialno učenje. Agentje lahko delujejo povsem individualno, učijo se skozi čas in so v interakciji z drugimi agenti le v primeru skupne cene in informacij. Toda, izkaže se, da je včasih koristno biti v interakciji z drugimi agenti in na ta način prenašati informacije med posamezniki iz generacije v generacijo.
- Zadnji osnovni problem je kreacija uporabnih benchmarkov. Benchmark je potrebno kreirati, da lahko na ta način ugotovimo, kako uspešni smo bili z definiranim modelom; to služi kot neke vrste kontrola. Primer tovrstnega benchmarka bi lahko bila konvergenca k ravnovesju z racionalnimi pričakovanji.

2.2 Teorija agentov v numeričnih metodah v ekonomiji

Finančni modeli s temelji na teoriji agentov vključujejo enega ali več agentov, ki med sabo delujejo, da bi dosegli zastavljene cilje. Predpostavili bomo, da lahko agentovo okolje označimo kot prostor stanj: $S = \{s_1, s_2, \dots\}$. Na taka stanja lahko agent vpliva le delno. Vpliv na določenega agenta je izveden skozi končno množico $A = \{a_1, a_2, \dots\}$ akcij, ki jih agent lahko izvede. Agent je lahko na ta način predstavljen kot funkcija $action : S \rightarrow A$, ki slika iz množice prostora stanj v množico akcij.

Obnašanje agentov v prostoru stanj lahko modelirano tudi kot funkcijo: $env : S \times A \rightarrow \rho(A)$, ki slika trenuten prostor stanj in agentove akcije v prostor stanj. Definijsko območje funkcije env je vedno *singleton* (množica z natanko enim elementom) v primeru, ko je okolje točno določeno.

Ponavadi agenti opazujejo prostor stanj zgolj delno, kar pomeni, da so akcije agentov odvisne od množice P , ki je sestavljena iz podmnožice prostora stanj in količin, ki so lahko izpeljane iz prostora stanj. Med take količine spadajo: informacije o finančnem instrumentu; stanje, v katerem se trg nahaja (npr. ekspanzija, recesija); pričakovani dobički v prihodnosti glede na pretekle izkušnje ...

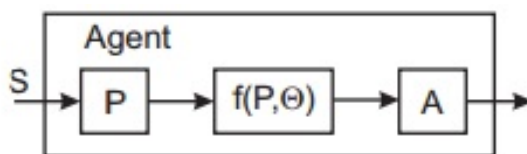
V taki predstavitvi agentje nimajo v lasti vseh možnih informacij o svojem okolju. Kljub temu lahko pridobijo manjkajoče informacije s pomočjo komunikacije z ostalimi agenti (npr. kupijo določene informacije), toda znano je, da noben v določenem času nima vseh informacij, ki bi si jih želel. Posledica tega je, da so agenti omejeno racionalni; njihove akcije so racionalne samo v določeni meri, saj so omejeni z dostopnimi informacijami in časom, ki jim je na voljo pri sprejemanju odločitev.

Glede na značilnosti posameznega agenta lahko definiramo funkcijo $see : S \rightarrow P$. Funkcija see preslika agentove zaznave iz okolja v množico akcij, ki jih agent nato izvede. V še bolj formalni obliki lahko funkcijo see označimo kot funkcijo f in jo nekoliko preoblikujemo, ter dobimo:

$$f(P, \Theta) : P \rightarrow A,$$

kjer je Θ množica parametrov, od katerih je funkcija f odvisna. Število parametrov in njihove lastnosti so odvisne od dejanskih vrednosti, ki povezujejo množici P in A . Na ta način je lahko agentova funkcija definirana s pomočjo množice P , ki označuje agentove zaznave, množice A , ki označuje akcije agenta in funkcije $f(P, \Theta)$ (funkcija, ki slika iz množice zaznav v množico akcij). Grafičen prikaz lahko vidimo na Sliki 1.

Trgovci, ki nastopajo na finančnem trgu, si zastavijo določene cilje in temu primerne akcije, ki jih nato izvajajo, da bi jih le-te pripeljale bližje zastavljenim ciljem. S pomočjo



Slika 1: Agent preslika zaznave v akcije.

agentov, ki imajo zastavljene cilje in so v določeni meri racionalni, lahko funkcijo f napišemo nekoliko bolj natančno. Za specifikacijo funkcije f sta pomembni dve množici:

- množica I označuje pričakovane dobičke oz. namene določenega agenta
- množica G označuje cilje, ki jih skuša agent uresničiti. Ti cilji se pogosto razvijejo iz namenov določenega agenta.

Primer: če je namen agenta trgovati s sredstvi, ki imajo nizko stopnjo tveganja, potem je cilj takega agenta minimiziranje stopnje tveganja.

Inteligentni agenti se prilagajajo dani situaciji, učijo se iz preteklih informacij in izkušenj, da bi na ta način razvili pravila in strategije, ki bi jim omogočale doseg zastavljenih ciljev. Posledično imajo agenti, ki jih označujemo za inteligentne, bogatejšo notranjo kognitivno strukturo (običajno z izrazom kognitivna struktura označujemo predznanje v smislu strukture spoznanj iz preteklosti; zanima nas lahko količina, ekstenzivnost ali kakovost predznanja [8]) in več notranje samostojnosti kot običajni agenti, ki so ponavadi analizirani v ekonomiji.

[2]

2.3 Sistematika prilagajanja

Za agente, ki nastopajo v finančnih modelih je pomembna lastnost prilagajanje, zato bom v naslednjih vrsticah opisala sistematiko prilagajanja s pomočjo splošnega modela agenta, ki smo ga definirali v prejšnjem poglavju. S pomočjo prilagajanja lahko namreč bolje razumemo lastnosti agentov in njihov vpliv na celotno obnašanje sistema, v katerem delujejo. Agenti se prilagajajo na različne načine: npr. s spremembo zastavljenih ciljev, s spremembo namenov in strategij, itd.

V splošnem prilagajanje označuje vse spremembe v sistemu (pri agentih in njihovem okolju) na način, da postane primerno v neki situaciji ali namenu.

V prejšnjem poglavju smo definirali splošen model agenta, ki ima pet komponent:

1. množica zaznav P ;
2. množica akcij A ;
3. funkcijo $f(P, \Theta)$ med zaznavami in akcijami;
4. množica ciljev G ;
5. množica namenov I .

V naslednjih vrsticah bom na kratko opisala hierarhično sistematiko prilagajanja v teoriji agentov, kjer adaptivne lastnosti agentov postajajo močnejše in bolj kompleksne na vsakem nivoju hierarhije:

- **Šibko prilagajanje:** v tovrstni obliki adaptacije agent določi svoj prihodek s pomočjo zaznav, ki pripadajo statični funkciji $f(P)$. Taka preslikava (med množicama P in A) je določena na začetku in ostane enaka ves čas agentovega življenja. To pomeni, da agent ni prilagodljiv, ker se ne spreminja.
- **Srednje šibko prilagajanje:** tako prilagajanje dovoljuje spremembe v preslikavi med zaznavami in akcijami. Lahko se zgodi, da je funkcija parametrizirana v $f(P, \Theta)$; parametri se prilagodijo ali pa se spremeni razred funkcij, v katere pripada funkcija f (npr. linearna preslikava se spremeni v kvadratno). Pri srednje šibkem prilagajanju predpostavljamo, da se množici P in A skozi čas ne spreminjata. Primer srednje šibkega prilagajanja je trgovec, ki svoj portfelj oblikuje glede na tržne razmere.
- **Srednje močno prilagajanje:** na tej stopnji agent lahko spremeni svoje cilje (G). Cilj je lahko predstavljen s pomočjo ciljne funkcije, ki priredi koristnost različnim okoljskim stanjem. Cilji so lahko spremenjeni tako, da spremenimo omenjene ciljne funkcije. Agent, ki spremeni svoj odnos do tveganja in naloži določeno mejo volatilnosti izbranim sredstvom, izkazuje srednje močno prilagajanje.
- **Strogo prilagajanje:** agent lahko spremeni svoje namene in upravljanje strategij za doseg zastavljenih ciljev. Če se spremenijo zastavljeni cilji, to implicira, da se morajo spremeniti tudi nameni agenta, s katerimi skuša priti do cilja. Poleg tega lahko v tovrstni adaptaciji srečamo tudi spremembo množice A , ki predstavlja akcije agenta. Strogo adaptacijo srečujemo v kompleksnih sistemih: npr. trgovec želi trgovati z izvedenimi finančnimi instrumenti oz. *derivatives* (to so *futures* pogodbe, opcije, *swaps*) namesto z navadnimi delnicami; to je primer stroge adaptacije.

Opazimo lahko, da je zgornja klasifikacija postopna; agent, ki izkazuje srednje šibko prilagajanje, lahko izkazuje tudi šibko prilagajanje; agent, ki izkazuje strogo prilagajanje, lahko izkazuje tudi vse ostale tipe adaptacije.

Za prilagodljive agente so najbolj pomembni naslednji tipi prilagajanj: srednje šibko, srednje močno in strogo.

[2]

2.4 Mehanizmi prilagajanja

V teoriji agentov je pomembna tematika tudi vprašanje mehanizmov prilagajanja. Tukaj gre za globljo razlago, kako do prilagajanj pravzaprav prihaja; iz tega se nato razvije agentovo specifično obnašanje, ki ga lahko modeliramo kot je opisano v prejšnjem razdelku tega poglavja. Način, s katerim agenti prilagodijo svoje obnašanje, da bi dosegli zastavljene cilje, opisujemo z mehanizmi prilagajanja; agenti delujejo med sabo, reagirajo glede na obnašanje drugih agentov, posnemajo akcije ostalih agentov, učijo se iz preteklih dejanj in izkušenj, inovativno učenje... V naslednjih vrsticah bom na kratko opisala, kakšne mehanizme prilagajanja poznamo:

- Za prilagoditev obnašanja lahko agentje preprosto prevzemajo opazovane podatke, akcije ali rešitve. Preslikava je lahko na ta način dobljena s kopiranjem ukrepov oziroma akcij opazovanega agenta. Agenti, ki delujejo na različnih stopnjah lahko ponotranjijo pravila, ravnanja, cilje ali namene ostalih agentov. Seveda mora obstajati možnost opazovanja komponent in ravnanj ostalih agentov, v nasprotnem tovrstna adaptacija ni izvedljiva.
- Reakcije so različni odgovori na določene dogodke ali spremembe. Primer prilagajanja z reakcijo je trgovec, ki proda svoje sredstvo, ko cena le-tega pade pod določeno vrednost.
- Pretekle izkušnje imajo pomembno vlogo v procesu odzivnega učenja. Agenti, ki se koherentno (povezano) prilagajajo odzivnemu učenju, uporabljajo prejete povratne informacije, ko sprejemajo odločitve. Odzivno učenje je tehnika, ki se jo lahko uporablja za spreminjanje (s temelji na izkušnjah) parametrov.
- Generativno učenje označuje inovativno učenje. Tak tip učenja je usmerjen predvsem k določenemu cilju. Primer generativnega učenja je finančna institucija, ki razvija nov finančni produkt, ta pa je baziran na novih tržnih pogojih v fiskalnem sistemu.

- Razvojna prilagoditev spremeni nekatere komponente med nekaj zaporednimi generacijami. Taka prilagoditev se lahko uporablja za srednje šibko, srednje strogo in strogo prilagoditev, s predpostavko, da obstaja mehanizem, ki deduje lastnosti med generacijami.

[2]

3 Osnovne značilnosti programa Adaptive Modeler

Program *Altrevia Adaptive Modeler* je prosto dostopen na spletni strani <http://altreva.com/>, poleg tega pa lahko na spletni strani najdemo uporabniški priročnik, ki nam pomaga pri začetnem delu s programom.

Program deluje kot simulacija finančnega trga, ki temelji na bazi agentov, da bi na ta način predvideli gibanja cen v realnem svetu. Tehnologija, ki se nahaja v ozadju programa je utemeljena na teoriji agentov. *Adaptive Modeler* je program, ki v dinamičnem okolju simulira delovanje in interakcije heterogenih agentov. Heterogeni agenti so agenti, ki so med seboj različni, kar pomeni, da imajo različna trgovalna pravila, na podlagi katerih se odločajo.

[1]

Aplikacija torej naredi finančni model s temelji na teoriji agentov, kjer uporabnik predhodno izbere, s kakšnimi vrednostnimi papirji bo trgoval; take vrednostne papirje srečamo tudi na realnem trgu.

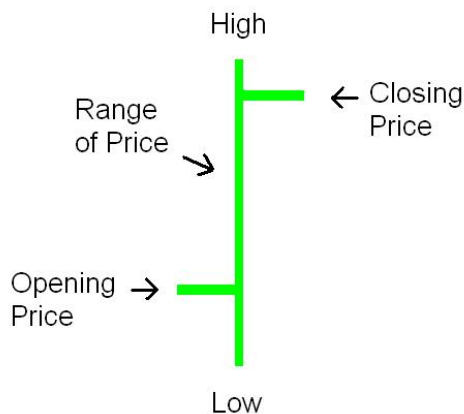
Model je sestavljen iz več tisoč trgovskih agentov (vsak izmed njih ima svoja pravila, na podlagi katerih se odloča o trgovanju) in virtualnega trga. *Adaptive Modeler* nato razvija model korak za korakom medtem, ko se lahko tržne cene in ostali dejavniki spreminjajo.

[1]

3.1 Dogovori in terminologija

- **Vrednostni papirji in delnice:** pojem vrednostni papirji oz. *securities* so v Adaptive Modeler-ju označeni kot finančni instrumenti ali sredstva, ki jih uporabljamo za napovedovanje. Finančna sredstva so lahko delnice, državne obveznice, future pogodbe, tuje valute (*forex pair*). Izraz delnice oz. *shares* se uporablja za enote vrednostnih papirjev in so odvisni od tipa vrednostnega papirja (delnice, denarne enote, pogodbe).
- **Podatki o trgu:** *Adaptive Modeler* sprejema *OHLC bars* (open-high-low-close

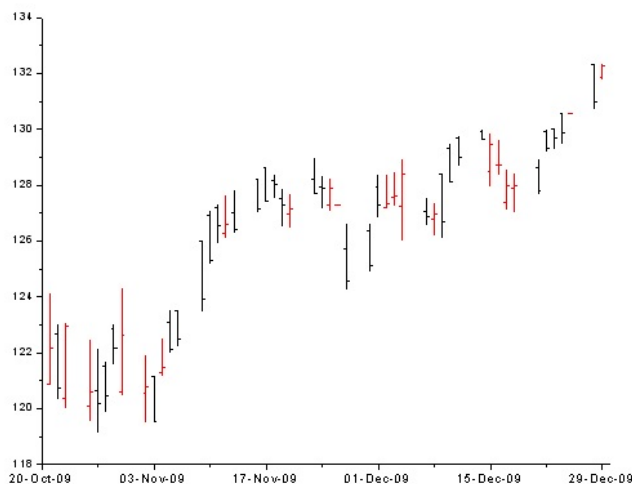
diagram oz. OHLC bars je tip diagrama, ki tipično označuje premike cene nekega finančnega instrumenta skozi čas; vsaka vertikalna črta na diagramu označuje cenovni razpon - najvišje in najnižje cene v določeni časovni enoti, npr. enem dnevu ali eni uri [4]). Oznaka "bar" je uporabljena tudi za označitev posameznega koraka, ko izvajamo simulacije. Na Sliki 2 in Sliki 3 lahko vidimo grafičen prikaz OHLC grafa.



Slika 2: OHLC diagram

Vir: <http://www.asxmarketwatch.com/2-the-bar-chart-and-why-we-use-it/>, datum ogleda 21.07.2015.

Na Sliki 2 opening price označuje ceno delnice ob odprtju, closing price označuje ceno delnice ob zaprtju, range of price označuje raven cen. Raven cen je definirana kot *Visokacena – Nizkacena*. Ceno delnice lahko opazujemo v obdobju ene ure, enega dneva, enega tedna, itd.



Slika 3: OHLC diagram v praksi

Vir: <http://www.originlab.com/doc/Origin-Help/OHLC-Bar-Chart>, datum ogleda 21.07.2015.

Na Sliki 3 je prikazano gibanje cen finančnega instrumenta v času s pomočjo OHLC diagrama.

- **Valuta:** program ne uporablja simbolov za valute, ko obravnavamo denarne zneske. Valuta zneskov kot so: začetni kapital, stroški, cene, itd ni specificirana in je zato lahko interpretirana kot bazna valuta po lastni izbiri. Vsi denarni zneski v Adaptive Modeler-ju so obravnavani v obliki ene same valute (izjema je modeliranje cen tujih valut).
- **Datumi:** Adaptive Modeler uporablja standardno US konvencijo za pisanje datumov (mm/dd/yy) za prikazovanje datumov na uporabniškem zaslonu in za izvoz podatkov.

[1]

3.2 Lastnosti agentov v Adaptive Modeler-ju

V programu Adaptive Modeler lahko o vsakem agentu, ki sodeluje na trgu, izvemo določene informacije:

- **Starost:** število "barov" (enote časa v programu), ki so bile razvite od takrat, ko je bil agent kreiran.
- **Gotovina:** znesek gotovine, ki jo ima agent;

- **Delnice:** število delnic, ki jih poseduje agent (število je negativno v primeru *short* pozicije);
- **Premoženje:** celotno premoženje agenta (vrednost gotovine in delnic);
- **Pozicija:** vrednost delnic v premoženju kot celoti (negativno v primeru *short* pozicije);
- **Kumulativni prihodek:** prihodek agenta v celem življenju (odkar je bil kreiran);
- **Donos ustreznosti vzreje oz. Breeding fitness return:** to je donos v zadnjih n barih od eksponentne drseče sredine, kjer lahko n postavimo med minimalno starostjo vzreje in vrednostjo 250 barov;
- **Donos ustreznosti nadomestitve oz. Replacement fitness return:** povprečen prihodek "per bar" odkar je bil agent kreiran;
- **Čas trgovanja:** povprečno število "barov" med transakcijami (indikator agentovega trgovalnega horizonta);
- **Volatilnost:** volatilnost agentovega premoženja (indikator absolutnega tveganja agentove investicije/trgovalnega stila);
- **Beta:** korelacija med agentovim bogastvom in ceno vrednostnega papirja (indikator relativnega tveganja agentove investicije/trgovalnega stila);
- **Generacija:** koliko generacij je že bilo pred obravnavanim agentom;
- **Potomci agenta:** število potomcev, ki jih je izbrani agent naredil;
- **Velikost genoma:** velikost genoma (trgovalno pravilo), izraženo v število "genov";
- **Globina genoma:** število hierarhičnih stopenj v genomu.

Možno je, da se agentova Starost včasih spremeni na 1; to pomeni, da je bil agent zamenjan z nekim drugim agentom (stari agent je zapustil trg). Poleg tega postanejo določene lastnosti agentov vidne šele, ko opazovani agent doseže določeno starost. [1]

3.2.1 Omejitve programa

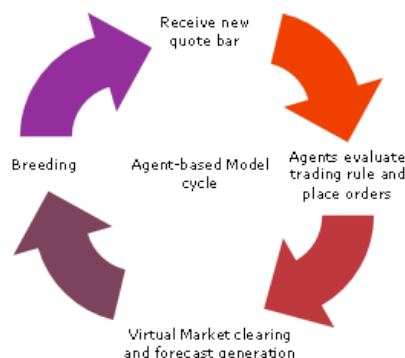
Adaptive Modeler ima naslednje omejitve pri kreiranju modelov:

- Maksimalno število simuliranih agentov: 2000,
- Maksimalna velikost genoma (trgovalna pravila določenega agenta): 1024,
- Maksimalna globina genoma: 20,
- Maksimalno število "barov" na model: 20000,
- Maksimalno število shranjenih "barov": 20000.

[1]

3.3 Delovanje programa Adaptive Modeler

Finančni model s temelji na teoriji agentov je primarno sestavljen iz populacije agentov in virtualnega trga, na katerem lahko agenti trgujejo z določenim vrednostnim papirjem. Agent je neodvisen osebek, ki predstavlja trgovca oz. investitorja, z nekim premoženjem (gotovina in/ali vrednostni papirji), ter s svojo trgovalno strategijo. Po inicializaciji (ko zaženemo program) se začne razvijti model, ki za vsak prejet *quote bar* (bar je časovna enota v programu, quote pa označuje ceno pri dani ponudbi ali povpraševanju po določenemu instrumentu; bolj v splošnem lahko rečemo, da označuje zadnjo ceno, pri kateri se je trgovalo z vrednostnim papirjem - *last sale* [7]) izvede cikel, ki je prikazan na Sliki 4: [1]



Slika 4: Izvajanje cikla v modelu

Vir: http://altreva.com/Adaptive_Modeler_Users_Guide.htm#_Toc408226355, datum ogleda 31. 07. 2015.

Na Sliki 4 je prikazan cikel, ki se izvaja v finančnih modelih s temelji na teoriji agentov. Ko agent prejme *quote bar*, se lahko odloči, ali bo podal na trg novo naročilo ali pa bo ostal neaktiven. Odločitev sprejme na podlagi svojih trgovanih strategij. Ko vsi agenti podajo svoje odločitve, virtualen trg postavi ravnotežno ceno, izvrši dana naročila ter postavi napoved cene za naslednjo časovno enoto. V zadnjem koraku se izvede *breeding* (to je proces kreiranja novih potomcev agenta, ki nastanejo iz najboljše delujočih agentov in na ta način zamenjajo slabše delujoče agente). [1]

3.3.1 Sistem trgovanja

Pomemben del finančnih modelov s temelji na teoriji agentov je tudi trgovni sistem, ki je sestavljen iz treh komponent:

- **Simulator trgovanih signalov:** po vsaki generirani napovedi simulator trgovanih signalov oceni, kateri signal je potrebno generirati. V splošnem velja, da v primerih, ko je napoved višja (nižja) od zadnje cene, se izvrši signal za nakup (prodajo);
- **Trgovni simulator:** izvede simulacijo trgovanja na podlagi trgovanih signalov in pomembnejših parametrov iz sistema trgovanja (npr. začetni kapital, posredniška provizija). Ko je dovoljen trgovni simulator, se avtomatsko izvrši *long* pozicija (nakup), če je bil pred tem generiran signal nakupa (*Long signal*) ter obratno: izvrši *short* pozicijo (prodaja), če je bil pred tem generiran signal prodaje (*Short signal*);
- **Statistične simulacije:** ocenjujejo, kakšen bi lahko bil donos glede na različne temeljne dejavnike. Orodji tovrstnih simulacij, ki sta že vključeni v programu

Altrev Adaptive Modeler sta: Zgodovinska simulacija (HS) in simulacija Monte Carlo (MCS).

[1]

4 Splošno o obravnavanem finančnem modelu

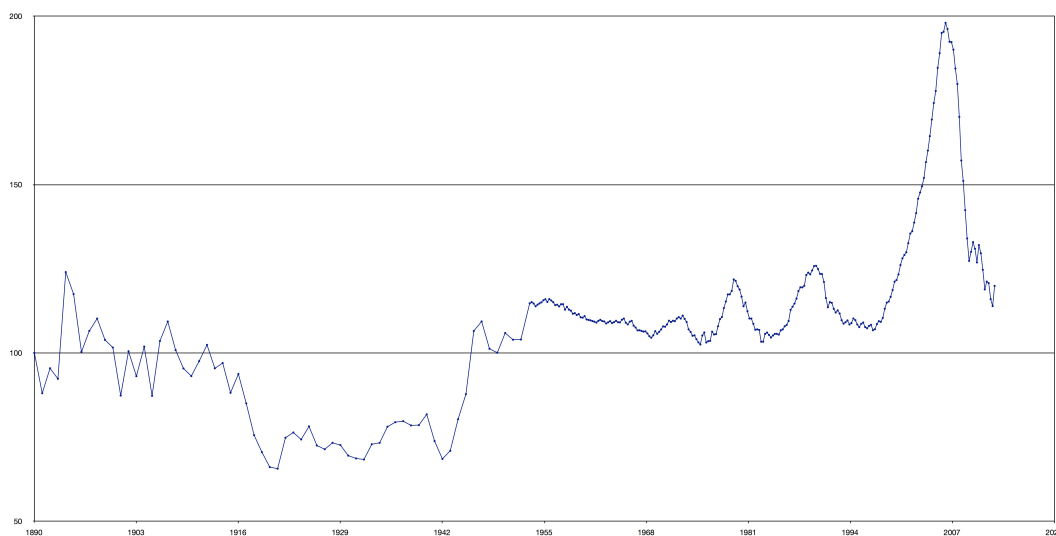
Sedaj, ko smo nekoliko spoznali ozadje teorije agentov in osnovne lastnosti programa za simulacije, je na vrsti predstavitev izbranega finančnega dogodka, ki ga bom s simulacijami preizkusila. Odločila sem se za obravnavo finančne krize 2007-2008, ki je prizadela večino svetovnega gospodarstva. Po kratki predstavitvi tega izrednega finančnega dogodka bodo v naslednjem poglavju predstavljene simulacije s temelji na teoriji agentov.

4.1 Simulacija borznega indeksa v času finančne krize 2007-2008 s pomočjo teorije agentov

Teorijo agentov bom preizkusila s simulacijo ekstremnega dogodka na borzi ("borzni balonček"), saj nas prav ob izrednih primerih najbolj zanima, kako v takih primerih reagira teorija agentov. Zanima nas predvsem, kako je teorija agentov zadela realno stanje, kakšna so bila odstopanja in napovedi.

V obdobju pred finančno krizo 2007-2008 so banke kreirale veliko količino denarja s pomočjo posojil, ki so bila dostopna po nizki obrestni meri, zato je bilo povpraševanje po posojilih veliko. Velik delež izdanih posojil je bil vložen v trg nepremičnin, v katerem so poleg gospodinjestev sodelovala tudi podjetja, ki delujejo na borzi. [13] [10]

Zaradi povečanega povpraševanja na trgu nepremičnin je sledil dvig cen nepremičnin - nepremičninski balonček se je "napihoval" in nato "počil" (Slika 5), kar je povzročilo padec večine svetovnih borz, saj je v nepremičninskem "balončku" delovalo veliko borznih podjetij. Padec je doživel tudi S & P Index, ki ga bom s simulacijami natančneje analizirala. Za analizo S & P Indeksa sem se odločila, ker izbrani indeks zajema signifikantna podjetja, ki delujejo na trgu; na ta način pa lahko najboljše razložim dogajanje na finančnih trgih v letih 2007-2008. [13] [10]



Slika 5: Case-Shiller indeks za obdobje 1980-2012

Vir: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Case-Shiller_data_from_1890_to_2012.png, datum ogleda 18.08.2015.

Na Sliki 5 je prikazano gibanje Case-Shiller indeksa za obdobje 1980-2012 (the S & P Case-Shiller indeks označuje skupino indeksov, ki sledijo spremembam v cenah nepremičnim v Združenih državah Amerike [14]). Vidimo, da je indeks v letu 2007 dosegel rekordno visoko vrednost - nepremičninski "balonček se je napihnil" in nato strmo padel, kar označujemo kot "pok".

5 Simulacije

5.1 Opis podatkov

Pred začetkom simulacij sem morala poiskati podatke, na podlagi katerih sem nato izvajala simulacije s programom *Altrevia Adaptive Modeler*.

Na internetni strani <http://finance.yahoo.com> sem poiskala podatke za Standard & Poor's 500 Index, in sicer za leti 2007 in 2008. To je obdobje, ko je večino svetovnega gospodarstva prizadela gospodarska kriza, kar se je opazilo tudi z zlomom borze v letu 2008. Na podlagi tega sem se odločila za analizo zloma borze v letih 2007-2008.

5.1.1 The Standard & Poor's 500 Index

Poznamo več načinov, s katerimi merimo nivo cen na delniškem trgu: The Dow Jones Industrial Average, Nasdaq Composite Index, Wilshire 5000, The Standard & Poor's Index. Omenjeni indeksi se med sabo nekoliko razlikujejo (nekateri analizirajo samo manjša in novejša podjetja, nekateri se odločajo za analizo najpomembnejših podjetij v panogi, nekateri upoštevajo cene in število delnic na trgu, nekateri tržni delež ...). Odločila sem se, da bom pri simulacijah uporabljala The Standard & Poor's Index, ki ga bom na kratko predstavila. Kot že ime pove, indeks S & P 500, temelji na vrednosti 500 podjetij; izbrana podjetja veljajo za največja v gospodarstvu Združenih držav Amerike. Vsako izmed podjetij, ki nastopa v indeksu, prejme utež, ki je enaka njegovi tržni vrednosti. To pomeni, da je S & P *value-weighted* indeks (to pomeni, da imajo večjo težo oz. so bolj pomembna pri obravnavi tista podjetja, ki so večja in imajo večji tržni delež). [9]

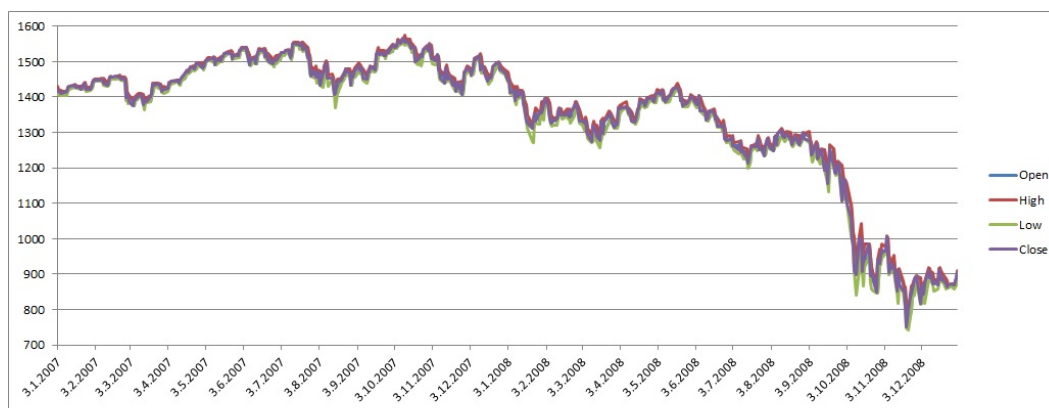
5.1.2 Opisne statistike

Podatki za S & P Index vsebujejo dnevne podatke za leti 2007 in 2008. Vsak dnevni podatek vsebuje štiri informacije, saj so ti štirje podatki potrebni za obdelavo v *Adaptive Modeler*-ju:

1. **Open:** označuje ceno indeksa na začetku trgovalnega dne (cena ob odprtju);

2. **High**: označuje najvišjo ceno, ki jo je dosegel indeks na izbran dan;
3. **Low**: označuje najnižjo ceno, ki jo je dosegel indeks na izbran dan;
4. **Close**: označuje ceno ob koncu trgovanja dne (cena ob zaprtju).

Kako se je gibal cena indeksa v letih 2007 in 2008 je prikazano na grafu na Sliki 6:



Slika 6: Gibanje indeksa v letih 2007-2008

Opazimo, da so se cene indeksa na dnevni ravni pri Open, High, Low in Close gibale enakomerno in ni prihajalo do večjih odstopanj. Prvi manjši padec cene indeksa je opazen v mesecu marcu leta 2007, nato se je cena indeksa spet povečala in doživela manjši padec v avgustu-septembru 2007. Ob koncu leta 2007 je cena začela počasi padati, opazni so bili manjši dvigi cene; toda cena delnice ni več poskočila nad 1400 USD vse do sredine leta 2008, ko je bil zaznan skok cene nad 1400 USD. Nato je cena delnice začela močno padati in dosegla do konca leta vrednost 752,44 USD. Na ta način lahko opazimo "balonček": cena indeksa se je "napihovala" (kar označujemo z izrazom "balonček") do sredine leta 2008, v mesecu septembru 2008 pa je doživela močan padec ("balonček je počil"), kar označuje zlom borze.

Za vsako izmed danih kategorij o indeksu (Open, High, Low, Close) imamo v bazi 504 opazovanj; za vsako izmed štirih kategorij sem izračunala osnovne statistike, ki so prikazane v spodnjih tabelah:

Povprečje: 1348,9868
Standardna napaka: 8,399
Standardna deviacija: 188,558
Varianca: 35554,068
Minimum: 755,84
Maksimum: 1564,98

(enota: USD)

Tabela 1: Opisne statistike za Open

Iz Tabele 1 opazimo, da se je cena indeksa ob odprtju od začetka leta 2007 do konca leta 2008 precej spreminjala; to dokazuje velika razlika med minimalno in maksimalno vrednostjo indeksa, ter precej velika standardna deviacija, kar kaže na precejšnjo razpršenost obravnavanih podatkov.

Povprečje: 1359,975258
Standardna napaka: 8,210549037
Standardna deviacija: 184,3263687
Varianca: 33976,21021
Minimum: 801,200012
Maksimum: 1576,089966

(enota: USD)

Tabela 2: Opisne statistike za High

Iz Tabele 2 opazimo, da se je najvišja cena indeksa na določen dan v letih 2007-2008 prav tako kot Open cena, precej spreminjala. Na to kaže standardna deviacija, maksimum in minimum. Velja pa, da so spremembe najvišjih cen za odtenek manjše kot cene ob odprtju (Tabela 1).

Povprečje: 1335,941886
Standardna napaka: 8,645392949
Standardna deviacija: 194,0885903
Varianca: 37670,3809
Minimum: 741,02002
Maksimum: 1555,459961

(enota: USD)

Tabela 3: Opisne statistike za Low

Iz Tabele 3 opazimo, da je bila prisotna precej velika razlika med minimalno in maksimalno vrednostjo, ki jo je dosegel indeks glede na zabeleženo minimalno ceno v določenem trgovanem dnevu. Razpršenost je tu še nekoliko večja v primerjavi z razpršenostjo pri cenah ob odprtju.

Povprečje: 1348,102996
Standardna napaka: 8,442121902
Standardna deviacija: 189,5251666
Varianca: 35919,78879
Minimum: 752,440002
Maksimum: 1565,150024

(enota: USD)

Tabela 4: Opisne statistike za Close

Iz Tabele 4, kjer so prikazane opisne statistike cen pri zaprtju na določen trgovalni dan, opazimo, da so spremembe, ki jih je indeks doživeljal, podobne spremembam cen pri odprtju. To je smiselno, saj velja, da je cena ob zaprtju v času t enaka ceni pri odprtju v času $t + 1$, kjer t označuje enoto časa (v našem primeru je to dan).

5.2 Predstavitev rezultatov dobljenih s simulacijami

5.2.1 Značilnosti modela

Pred začetkom simulacij je potrebno določiti nekatere parametre, ki definirajo naš model. Pri simulacijah sem nekatere nastavitve ves čas pustila nespremenjene, zato jih bom na kratko predstavila, saj se pojavljajo skozi ves čas simuliranja:

- **Parametri finančnega modela s temelji na teoriji agentov:**

- velikost populacije je število agentov, ki nastopa v finančnem modelu; število nastavimo na 2000;
- inicializacija objekta: definiramo začetne značilnosti agentov; predpostavljamo, da je na začetku premoženje enakovredno razdeljeno med sodelujoče agente (vsak prejme enako) - vrednost premoženja nastavimo na 100 000 enot. Poleg tega definiramo še začetno pozicijo agenta, znaša naj 0 %; začetna pozicija ima pomemben vpliv na model, saj lahko povzroči neuravnoteženost modela (zato je najbolje, da začetno pozicijo nastavimo na 0 %);
- minimalna pozicijska enota je določen delež premoženja, ki ga agent vlaga (oz. minimalni delež premoženja, ki nastopi v trgovanju) - minimalno pozicijsko enoto nastavimo na tipično vrednost, ki znaša 20 % ;
- provizija: virtualni strošek za prodajo oz. nakup, ki se zaračuna delujočim agentom na virtualnem trgu - nastavimo na tipično fiksno vrednost, ki jo uporablja program, to je 10 enot;
- napoved: specificiramo, ali naj bo napoved bazirana na cenah virtualnega trga (ravnotežna cena na virtualnem trgu, bazirana na naročilih agenta) ali na najboljši ceni agenta (cena, ki jo dobimo z naročili samo glede na skupino najbolje delujočih agentov). Tukaj definiramo, da bo napoved specificirana glede na *Virtual Market Price*, saj je *Best Agents Price* vedno izračunana in dostopna, tudi, če je ne uporabljamo pri napovedih;
- zaokroževanje: nastavimo, kako naj program zaokrožuje (nastavimo na dve decimalni mesti) in kakšne spremembe cen naj zaznava (nastavimo na 0,01);
- naključno seme: to je številka (lahko tudi vektor), ki se uporablja za inicializacijo naključnega številskega generatorja [17]. *Adaptive Modeler* uporablja kvazi naključni generator števil; naključna števila se uporabljajo npr. za začetno ustvarjanje trgovalnih pravil (genomov).

- **Parametri genoma:** vsebujejo kontrolo za konstrukcijo trgovalnih pravil - genomov. Optimalne vrednosti parametrov (maksimalna velikost genoma, maksimalna globina genoma, minimalna začetna globina genoma, maksimalna začetna globina genoma) so odvisne od več faktorjev in zahtevajo določeno mero eksperimentiranja, zato te vrednosti pustim privzete. Genome lahko kreiramo z izbiro množice genov (informacij). Poleg tega zahtevamo kreacijo edinstvenih genomov, saj se to izkaže za najboljše (želimo imeti heterogene agente);
- **Parametri evolucije:** vplivajo na izločanje slabših agentov (tistih, ki dosegajo slabše rezultate) in na razvoj novih. Parametre določimo na naslednji način: 80 barov je minimalna vrednost za delovanje agenta; to velja za vse agente (določimo vrednost na 100 %); velikost skupine staršev naj znaša 5 % (to so agenti, ki nadaljujejo s trgovanjem in veljajo za najboljše ter so starši novim agentom); verjetnost mutacij nastavimo na tipično vrednost 10 % (to pomeni, da 10 % novih potomcev lahko doživi mutacijo oz. motnjo, kar pomeni, da se lahko razvijejo v odlične ali pa zelo slabe trgovce; veljajo torej za posebne in se razlikujejo od povprečnih agentov).
- **Parametri trgovalnega sistema:**
 - dovoljujemo *short* pozicije: trgovalni sistem zavzame *short* pozicijo, če je napoved nižja od zadnje cene pri zaprtju;
 - pomembna raven napovedi: če je absolutna sprememba napovedane cene znotraj določenega območja, je napoved signifikantna (značilna); pomembno raven napovedi nastavimo na tipično vrednost od 0 % do 10 %;
 - generiranje *cash* signalov, ko je napoved izven razpona: vsaka *long* oz. *short* pozicija se mora zapreti, ko je absolutna napovedna cena izven (nad ali pod) pomembne ravni napovedi (ali 0 %);
 - FDA filter je indikator, ki meri odstotek barov, za katere je bila smer *bar-to-bar* spremembe cene napovedana pravilno. Smiselno je, da je ta odstotek čim večji. Za potrebe simulacij ga trenutno ne vklopimo, ker so v tem primeru trgovalni signali generirani samo takrat, ko je FDA večji ali enak vrednosti, ki jo določimo ob kreaciji modela;
 - začetni kapital trgovalnega simulatorja, ko se model začne; nastavimo na 100 000 enot;
 - trgovalni simulator: če ga omogočamo, trgovalni simulator trguje od takrat, ko se model začne. Lahko pa tudi specificiramo, kdaj naj se trgovalni simulator prižge (po koliko barih). Nastavimo, da je trgovalni simulator skozi prižgan (med evolucijo modela ga lahko prižigamo oz. ugašamo);

- fiksne provizije za brokerja: znesek za nakup oz. prodajo, ki ga uporablja trgovalni simulator in statistične simulacije. Nastavimo na tipično vrednost 10;
- variabilne provizije za brokerja: odstotek od vrednosti transakcije, ki je aplicirana s strani trgovalnega simulatorja in statističnih simulacij. Nastavimo na 0 %;
- povprečen razpon ponudbe oz. povpraševanja: povprečna pričakovana razlika med povpraševano in ponujeno ceno za finančni instrument na realnem trgu, ki je izražena kot odstotna vrednost cene. Nastavimo na 0,04 %;
- povprečni padec oz. skok cene: to je razlika med ponujeno oz. povpraševano in dejansko ceno, zaradi lažje obravnave nastavimo na 0 %.

[1]

5.2.2 Rezultati simulacij

Podatke za S & P Index sem analizirala z apliciranjem privzetega stila Standard, saj menim, da bo ta najbolje predstavil ključne značilnosti teorije agentov. Stil oz. *Style* je zbirka nastavitvev uporabniškega vmesnika, ki uporabniku predstavi ključne grafe in vrednosti simulacij. [1].

Na podlagi simulacij, ki sem jih naredila in jih nato grafično analizirala, lahko trdimo, da teorija agentov zelo dobro razloži finančne modele. Izbrala sem si precej ekstremen dogodek na finančnih trgih in ugotovila, da ga je teorija agentov precej dobro pojasnila. To pa je bil tudi cilj mojega dela, saj je pomembno, da teorija dobro pojasni ekstremne dogodke in ne zgolj rutinskih. Uporabnost določene teorije se namreč oceni z aplikacijo na ekstremnih dogodkih, saj na ta način ugotovimo, ali je teorija uporabna oz. neuporabna tudi v praksi.

V nadaljevanju bom predstavila nekatere ključne rezultate, ki sem jih dobila s simulacijami finančnega modela s temelji na teoriji agentov:



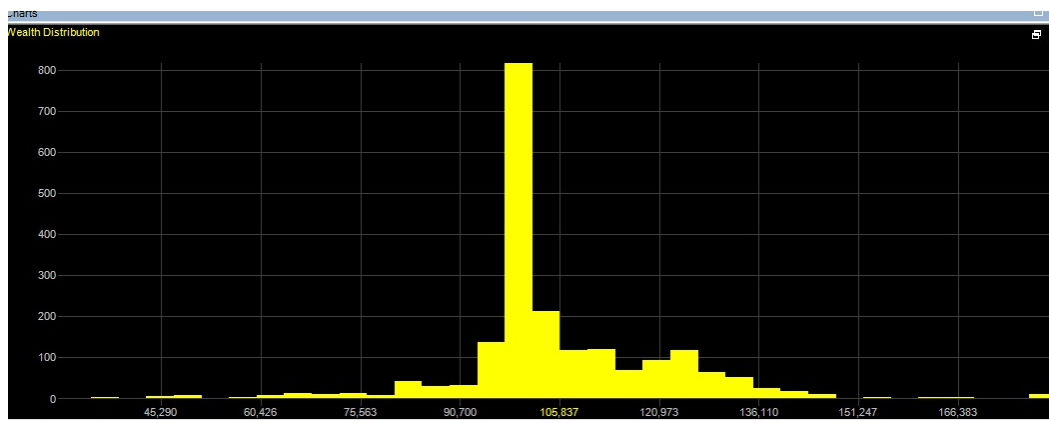
Slika 7: Prikaz gibanja cene indeksa, napovedi in signalov

Vir: lastni izračuni.

Na Sliki 7 je z rumeno barvo označena cena indeksa, z rdečo napoved in z belo signali (signali za prodajo oz. nakup). Opazimo, da je *Forecast* oz. napoved precej dobro sledil dejanski ceni, vse do začetka meseca marca 2008, ko se je napoved precej razlikovala od dejanske cene: napoved je bila precej nižja kot so bile resnične cene. Nato se je napoved dvignila in spet začela bolj slediti ceni. Nekoliko manjša odstopanja so se pojavila sredi aprila 2008 in koncu maja 2008. Od junija 2008 je napoved sledila dejanski ceni (manjša odstopanja so se pojavila v juliju in avgustu 2008) vse do septembra 2008, ko je bila napovedana cena zelo nizka v primerjavi z dejansko. Dejanska cena je resnično padla, toda ne za toliko, kolikor je predvidevala napoved. Ekstremen padec napovedi je lahko rezultat dejstva, da so agenti prenehali trgovati in se umaknili s trga, saj so slutili, da prihaja čas "poka balončka". Kljub temu pa je sledil dvig napovedi, ki je sovpadala z dejansko ceno (agenti so spet začeli trgovati in vstopili na trg, kar je povzročilo dvig napovedi); za odtenek večja sprememba med napovedjo in dejansko ceno se je zgodila med koncem novembra 2008 in sredino decembra 2008. Odstopanja od napovedi in dejansko ceno je možno pojasniti z nekoliško zmedo na trgu, saj so bili agenti negotovi glede prihodnosti; slutili so, da s trgom ni vse v najlepšem redu, zato niti sami niso vedeli, kaj storiti - to lahko razložimo s pomanjkanjem informacij o situaciji na trgu, saj agenti ne morejo posedovati prav vseh podatkov, ki so pomembni za odločanje.

Poleg tega lahko na Sliki 7 vidimo tudi generiranje signalov, ki označujejo, kdaj bi se morala izvesti *short* oz. *long* pozicija. V večini primerov so signali pravilno zastavljeni: potem, ko se je generiral signal *short*, je cena delnice padla (kar je pravilen signal, saj želimo vrednostni papir prodati preden le-temu pade cena).

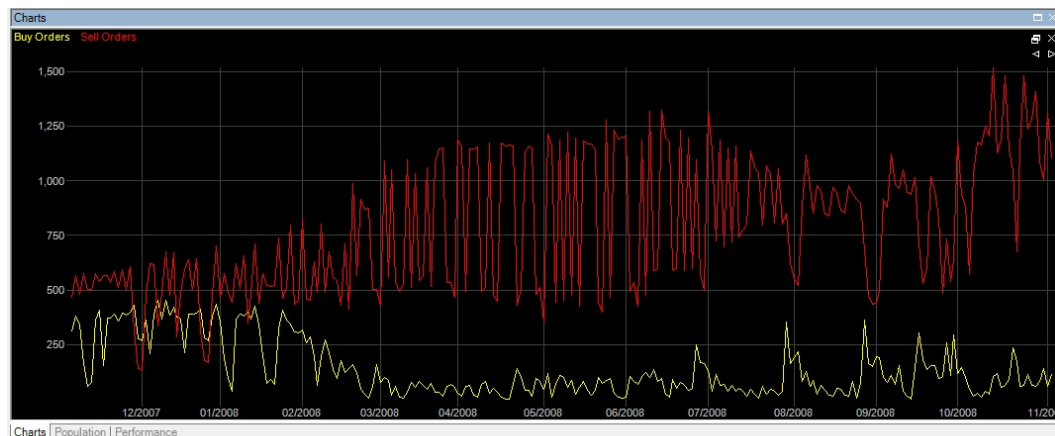
Glede na razliko med napovedano in dejansko ceno lahko trdimo, da v veliko primerih teorija agentov dobro napoveduje cene in generira pravilne signale nakupa oz. prodaje. Večja odstopanja od dejanske in napovedane cene je rezultat pomanjkanja informacij o situaciji na trgu; agenti niso vedeli, kaj pričakovati, zato so se mogoče odločili za prekinitev trgovanja, kar se je pokazalo kot precejšnja razlika med dejansko in napovedano ceno.



Slika 8: Porazdelitev premoženja

Vir: lastni izračuni.

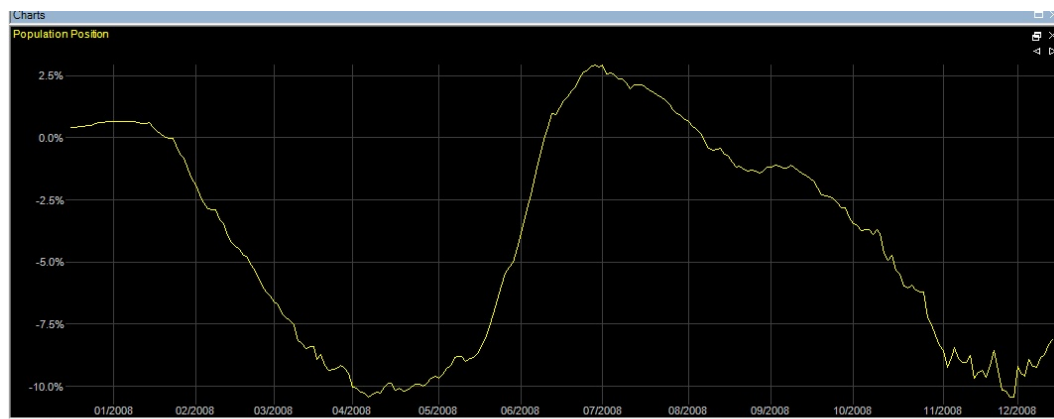
Na Sliki 8 lahko vidimo, kako se je po končanih simulacijah porazdelilo premoženje sodelujočih 2000 agentov: vidimo, da je bogastvo precej razpršeno. Vsak izmed agentov je na začetku trgovanja prejel 100 000 enot denarja. Ob koncu je znašala povprečna vrednost premoženja 105 837 enot, s standardno deviacijo 15 137 enot, minimalno vrednostjo 35 662 enot in maksimalno vrednostjo 214 914 enot. Če na finančnem trgu ne bi bilo zaznanega ekstremnega dogodka, bi se premoženje agentov porazdeljevalo standardno normalno. To pomeni, da je "pok balončka" vplival na premoženje sodelujočih agentov, kar je skladno s teorijo (padec cen oz. "pok balončka" povzroči, da nekateri agenti veliko izgubijo, manjši delež agentov pa si poveča premoženje; to pojasni veliko razliko med minimalno in maksimalno vrednostjo premoženja).



Slika 9: Gibanje prodajnih in nakupnih naročil

Vir: lastni izračuni.

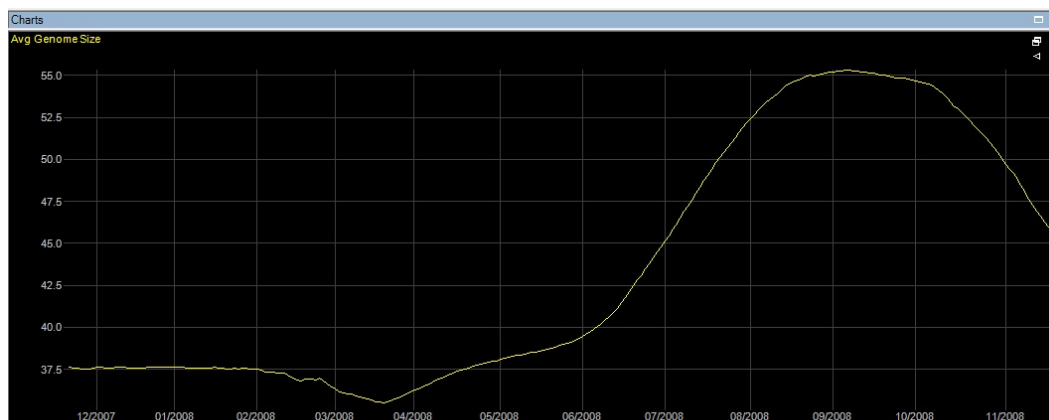
Na Sliki 9 je prikazano, kakšne ponudbe po nakupih (to je število nakupnih naročil na virtualnem trgu preden trg preide v ravnovesje [1]) in prodajah (to je število prodajnih naročil na virtualnem trgu preden trg preide v ravnovesje [1]), so bile zaželenje s strani sodelujočih agentov. Opazimo, da so močno prevladovala prodajna naročila, kar pomeni, da je večina agentov želela svoje naložbe v indekse prodati. To pa je značilno za obdobje recesije, ko se hočejo agenti znebiti svojih naložb, saj v prihodnosti pričakujejo še večji padec vrednosti svojih naložb. Zaradi tega cene indeksa počasi, ampak vztrajno padajo, kar povzroči "pok balončka". Teorija agentov na ta način dobro pojasni gibanje prodajnih in nakupnih naročil.



Slika 10: Pozicija celotne populacije

Vir: lastni izračuni.

Na Sliki 10 je prikazano, kakšna je bila pozicija (ali so več prodajali ali kupovali) celotne populacije. Iz slike je razvidno, da je pozicija populacije doživela večji padec v aprilu 2008, ko je pozicija populacije znašala -10 %: to pomeni, da je bilo v celotni populaciji 10 % več prodaj kot nakupov. V mesecu juliju 2008 je zabeležen največji skok - takrat je pozicija znašala 2,5 %, kar pomeni, da je bilo za 2,5 % več nakupov kot prodaj. Nato je sledil nekoliko bolj počasen padec, ki je dosegel dno ob koncu decembra 2008, ko je pozicija populacije znašala približno -10 %. Teorija agentov zadovoljivo pojasni dejstvo, da so za obdobje krize na finančnih trgih značilni večji deleži prodaje kot nakupov, saj se agenti bojijo še večjega padca cen, zato skušajo svoje vrednostne papirje prodati, preden jim cena še dodatno pade.



Slika 11: Povprečna velikost genoma

Vir: lastni izračuni.

Na Sliki 11 je prikazano, kako se je spreminjala povprečna velikost genoma (to je povprečna velikost genoma v celotni populaciji agentov). Velikost genoma je velikost agentovih trgovalnih pravil v celotnem številu vozlišč (vozlišče je gen v genomu, npr. funkcija ali vrednost). Velikost genoma je indikator kompleksnosti trgovalnih pravil, ki se lahko spreminjajo zaradi operacij *breeding* kot so npr. mutacije. [1]

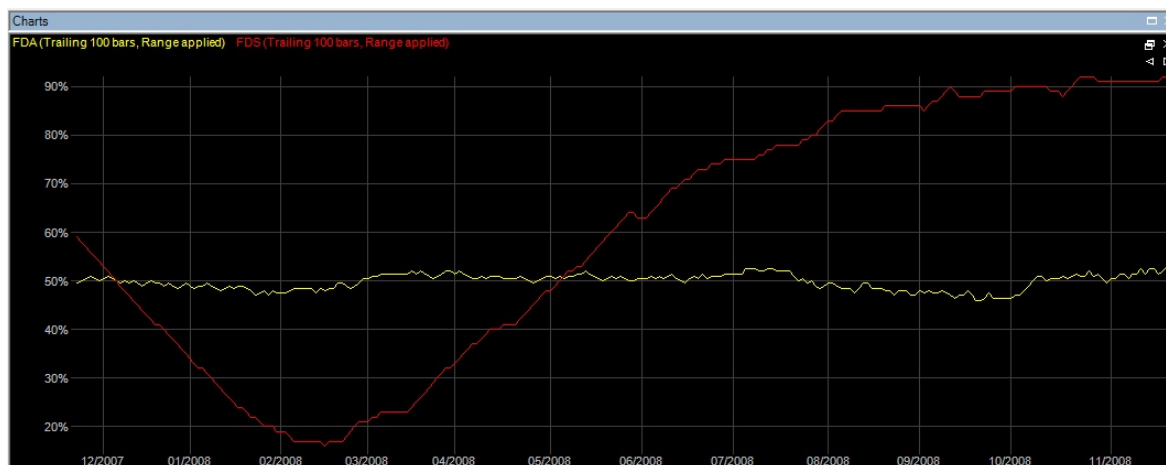
Ob koncu leta 2007 je povprečna velikost genoma znašala 37,5, ki je do meseca septembra 2008 vztrajno rasla in takrat dosegla vrednost 55. Nato je povprečna velikost genoma nekoliko padla, kar je pojasnjeno z nekoliko umiritvijo dogajanja na finančnih trgih (kompleksnost trgovalnih pravil se je nekoliko zmanjšala). Povprečna velikost genoma je bila torej največja v času "poka balončka", kar pomeni, da so bila v tistem času trgovalna pravila najbolj kompleksna oz. zapletena. To je v skladu s teorijo, saj je za razumevanje ekstremnih dogodkov na finančnih trgih potrebno več raznolikega znanja (oz. kompleksnosti) v primerjavi z umirjenim delovanjem finančnih trgov.



Slika 12: Pravilna in napačna napoved sprememb cen indeksa

Vir: lastni izračuni.

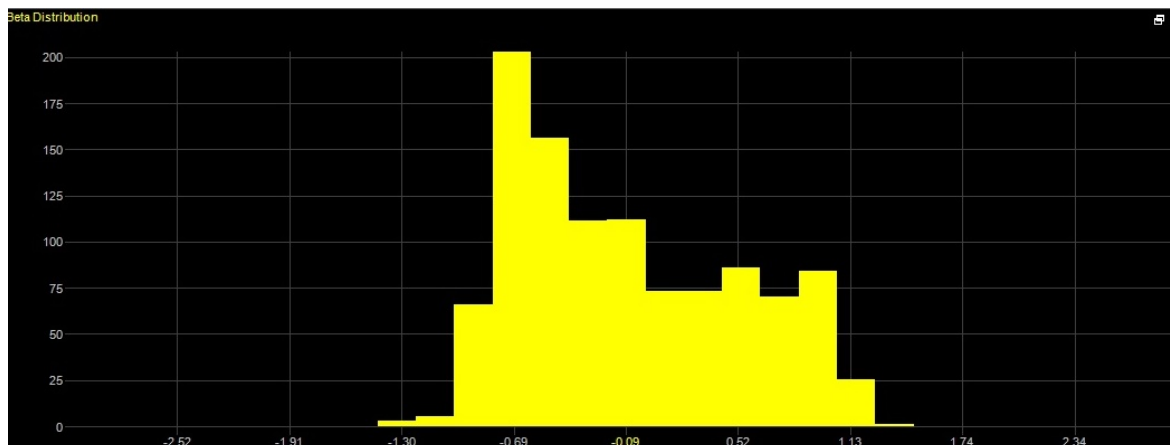
Na Sliki 12 je prikazana cena indeksa: z modro barvo je označena pravilna napoved cene indeksa, z rdečo pa napačna napoved cene indeksa. Opazimo, da je bila napoved spremembe cen pravilna v več ključnih trenutkih: ob koncu meseca septembra in začetku meseca oktobra 2008. Prav tako je bilo pravilno napovedano, da je cena indeksa ob koncu leta 2008 doživela najnižjo raven. V grobem lahko trdimo, da je bila napoved spremembe cen v primerih, ko je cena padla, pravilna, kar potrjuje, da je teorija agentov uporabna v praksi, saj zadane ključne spremembe na finančnih trgih.



Slika 13: Gibanje FDA in FDS

Vir: lastni izračuni.

Na Sliki 13 je prikazano gibanje dveh indikatorjev: FDA - označen z rumeno barvo (indikator, ki meri odstotek barov, za katere je bila smer *bar-to-bar* spremembe cene napovedana pravilno [1]) in FDS - označen z rdečo (indikator, ki meri, kako pomembna je bila napoved [1]). Vidimo, da je indikator FDA pravilno napovedal 50 % barov, ko je bila prisotna sprememba cene. Delež pravilno napovedanih barov se je nekoliko zmanjšal v avgustu in septembru 2008 - takrat je borza v realnosti zadela dno. Glede na indikator FDS lahko trdimo, da so bile napovedi do meseca maja 2008 nepomembne (pred mesecem majem 2008 so se cene gibale med 1300 USD in 1500 USD), nato pa se je trg začel približevati dnu - nastopil je "pok balnočka", zato je razumljivo, da so bile napovedi precej bolj pomembne v primerjavi s preteklostjo, saj se trg ni več gibal umirjeno, ampak zelo nepredvidljivo, kar je razlog za dvig pomembnosti napovedi. Teorija agentov torej dobro pojasni gibanje FDA in FDS indikatorjev, saj se približa dejanski situaciji na trgih v času recesije.



Slika 14: Porazdelitev parametra beta

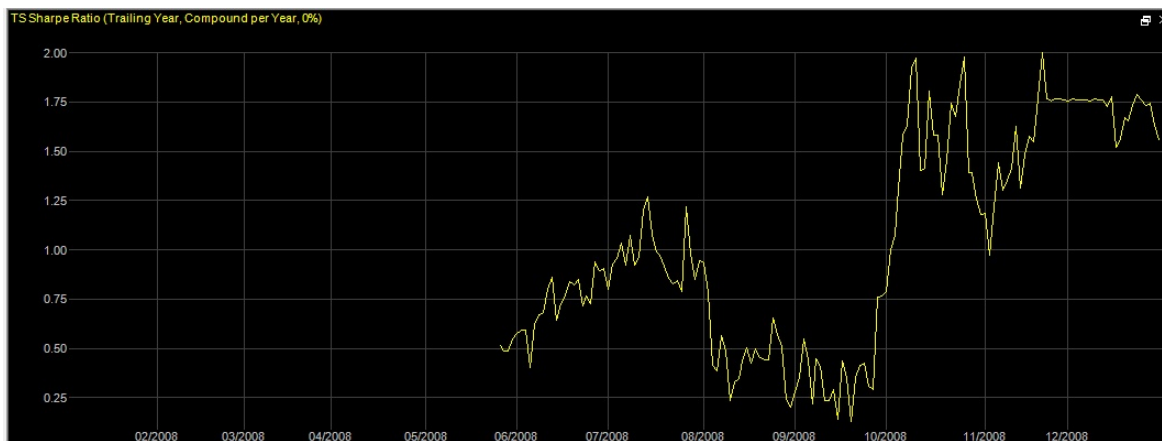
Vir: lastni izračuni.

Na Sliki 14 je prikazana porazdelitev parametra beta. Na vodoravni osi so navedene vrednosti parametra beta; na navpični pa je navedeno število agentov, ki je zavzelo določeno vrednost beta.

Beta je merilo volatilnosti oz. sistematičnega tveganja določenega vrednostnega papirja ali portfelja v primerjavi s celotnim trgom. Uporablja se jo predvsem v modelu CAPM (capital asset pricing model), ki izračunava pričakovan donos nekega sredstva glede na beto in pričakovanim tržnim donosom. Če je vrednost bete manj kot ena, to pomeni, da je vrednostni papir manj volatilen glede na trg kot celoto; če je beta večja od ena, pa to pomeni, da je vrednostni papir bolj volatilen v primerjavi s trgom; v primeru, ko je vrednost bete enaka ena, je volatilitnost vrednostnega papirja enaka volatilnosti celotnega trga. [15]

Pri analizi z *Altrevia Adaptive Modelerjem* parameter beta razkriva, ali agent uporablja strategijo kupi in drži oz. *buy-and-hold* (v tem primeru je vrednost bete blizu 1); obratno strategijo, torej prodaj (vrednost bete je negativna); ali strategijo absolutnega donosa (vrednost bete je blizu 0). Program beto izračunava na naslednji način: $\beta = \Delta \text{ cene na bar}$ glede na zadnjih 250 barov. [1]

Iz Slike 14 je razvidno, da je imel večji delež agentov, ki so sodelovali v simulacijah, vrednost parametra beta manjši od 1. To pa ni presenetljivo, saj za $\beta < 1$ velja, da so bili agenti bolj naklonjeni prodaji; to pa sledi iz tega, ker je "balonček" počil - agenti so pričakovali še večji padec cen in se zato množično odločali za prodajo. Zaključimo lahko, da teorija agentov dobro razloži tudi vrednosti parametra beta, saj se zelo približa realni situaciji.



Slika 15: Gibanje Sharpe razmerja

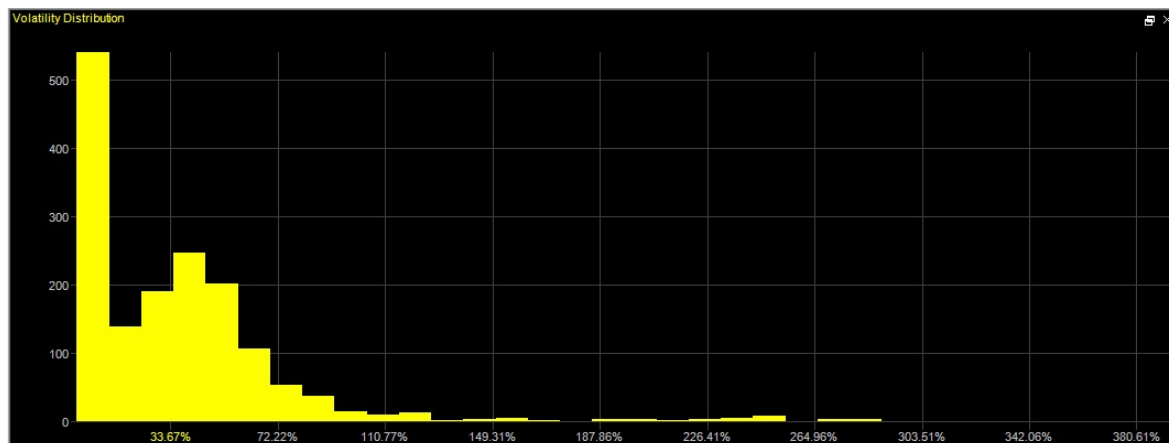
Vir: lastni izračuni.

Na Sliki 15 je prikazano, kako se je gibalo *sharpe* razmerje v času simulacij. *Sharpe Ratio* se uporablja za izračun donosnosti prilagojene tveganju [16]. *Sharpe* razmerje se skozi neko obdobje (s, e) izračuna s pomočjo naslednje formule:

$$SharpeRatio = \frac{WealthReturn - r_f}{\sigma},$$

kjer σ označuje zgodovinsko volatilnost trgovalnega časa med obdobjem (s, e) , *WealthReturn* označuje donosnost trgovalnega simulatorja med obdobjem (s, e) in r_f netvegana obrestna mera. [1]

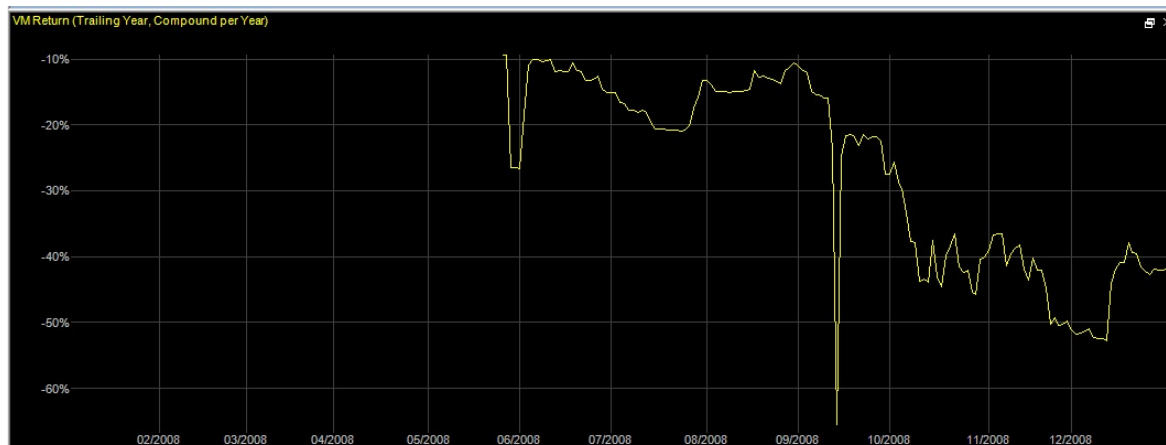
Opazimo, da je bilo gibanje *Sharpe* razmerja precej volatilno, in sicer zaradi dejstva, da se je v času finančne krize zmanjšal donos na premoženje in povečala volatilnost na naložbe. Iz Slike 15 lahko vidimo, da se je v avgustu 2008 naglo znižalo Sharpe razmerje, ker je v tem času "balonček počil" (cene so padle), kar je znižalo donos na premoženje oz. *WealthReturn*; poleg tega pa se je tudi volatilnost povečala (zaradi nenadnega padca cen) oz. σ , kar je tudi pripomoglo k temu, da se je Sharpe razmerje močno zmanjšalo. Sledilo je povečanje Sharpe razmerja: krivec za povečanje je bilo zmanjšanje volatilnosti (volatilnost se je umirila, saj so cene vrednostnih papirjev postale manj volatilne potem, ko je "balonček počil"), kar je povzročilo skok Sharpe razmerja. Do konca leta 2008 je Sharpe razmerje doživljalo manjše padce in skoke; razlog za to je zmanjšanje oz. povečanje donosnosti na premoženje. Kljub temu pa je bil razpon med najvišjo in najnižjo vrednostjo Sharpe razmerja precej manjši v primerjavi s časom, ko je "počil balonček". Na podlagi grafa, ki prikazuje Sharpe razmerje lahko potrdimo ekstremni dogodek na trgu: nagrada za vlaganje na enoto na trgu se je znižala, ker so cene padle (posledično je donos na premoženje padel). Iz vidika Sharpe razmerja lahko trdimo, da teorija agentov dobro pojasni ekstremen dogodek, ki se je zgodil v realnosti.



Slika 16: Distribucija volatilitnosti agentovega premoženja

Vir: lastni izračuni.

Na Sliki 16 je prikazana distribucija volatilitnosti agentovega premoženja za vse sodelujoče agente. Na vodoravni osi je prikazan delež (v %) volatilitnosti, na navpični pa je prikazano, koliko agentov je bilo deležno določene stopnje volatilitnosti. Ker je zgodovinska volatilitnost lahko mera absolutnega tveganja je to pomemben element pri trgovanju oz. investiranju in torej vpliva na odločitve posameznega agenta [1]. Iz Slike 16 takoj opazimo, da nimamo normalne distribucije, saj za tovrstna merjenja (kot je tudi volatilitnost agentovega premoženja) velja, da po centralnem limitnem izreku konvergirajo k normalni porazdelitvi (v primeru, ko imamo dovolj velik vzorec - n). Razlog, zakaj se volatilitnost agentovega premoženja ne porazdeljuje normalno je v tem, da se je na finančnem trgu zgodil ekstremni dogodek - "pok balončka". Zaradi tega je prisoten večji delež volatilitnosti agentovega premoženja: opazimo, da je večina agentov dosegla vrednost volatilitnosti premoženja do 72 %. To pomeni, da je pri večini sodelujočih agentov v primeru, ko je vrednost premoženja znašala 100 USD, le-to lahko zanihalo na 28 USD. Glede volatilitnosti agentovega premoženja lahko torej trdimo, da teorija agentov naredi pravilne interpretacije v primeru ekstremnega dogodka na finančnih trgih.



Slika 17: Gibanje donosnosti

Vir: lastni izračuni.

Na Sliki 17 je prikaz gibanja donosnosti v času simulacij. Na vodoravni osi je prikazan čas, na navpični pa delež donosnosti. Na prvi pogled opazimo, da je bila donosnost v času simulacij negativna; to lahko pojasnimo s padanjem cen na finančnih trgih, kar je počasi napovedovalo "pok balončka". "Pok" je pojasnjen z večjo zarezo padca donosnosti v septembru 2008. Takrat je donosnost padla na -60 %, kasneje pa se je povečala in dosegla vrednost -20 %. Ekstremen padec donosnosti je povezan s Sharpe razmerjem (Slika 15), saj se je takrat premoženje agentov zmanjšalo prav zaradi padca donosnosti. Skok donosnosti na -20 % lahko pojasnimo z dvigom cen po "poku balončka"; poleg tega se je tudi Sharpe razmerje ob koncu septembra 2008 dvignilo, in sicer zaradi nekoliko dviga donosnosti (razlog za dvig Sharpe razmerja je bila tudi umiritev volatilnosti), kar se sklada z zarezo na Sliki 17. Sklepamo lahko, da je teorija agentov tudi gibanje donosnosti dobro razložila in še enkrat pokazala, da gre za teorijo, ki je precej uporabna v praksi.

6 Zaključek

V svoji zaključni nalogi sem analizirala, kako dobra je teorija agentov pri opisovanju izrednih dogodkov na finančnih trgih. V ta namen sem si izbrala ekstremen dogodek, ki se je zgodil na finančnih trgih - zlom borze v letih 2007-2008, ko so cene finančnih instrumentov naglo padle. Po končanih simulacijah se je izkazalo, da je teorija agentov zelo dobro pojasnila nenavaden oz. ekstremen dogodek na finančnih trgih. Rezultati, ki sem jih dobila, so bili pričakovani in se večinoma ujemajo s teorijo. Za prihodnje raziskovanje bi bilo smiselno analizirati, kakšni so bili dejanski rezultati - npr. pozicija populacije, porazdelitev parametra beta, Sharpe razmerje, porazdelitev premoženja, itd in jih nato primerjati z rezultati simulacij. Ker pa je to precej obširen problem, se za tovrstno raziskovanje nisem odločila, saj bi se soočala z veliko težavami, kot so: začetno premoženje agentov, način izračuna parametra beta, Sharpe razmerja, itd, kar pa bi preraslo cilje, ki sem si jih zastavila v tej zaključni nalogi.

7 Literatura

- [1] J. WITKAM, *Altrevia Adaptive Modeler, User's Guide*, Version 1.5.0. (*Citirano na straneh 2, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 26, 29, 31, 33, 34, 35 in 36.*)
- [2] W.M. VAN DER BERGH, *On Intelligent-Agent Based Analysis of Financial Markets*, http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/vdbergh_etal.pdf. (Datum ogleda: 7. 7. 2015.) (*Citirano na straneh 3, 7, 9 in 10.*)
- [3] B. LEBARON, Agent-based computational finance, v: W.A. Brock, C. Hommes, R. Marks, L. Tesfatsion, F. Westerhoff, *Handbook of Computational Economics, Volume 2*, Elsevier B.V, 2006, 1188–1233. (*Citirano na strani 5.*)
- [4] *Open-high-low-close chart*, https://en.wikipedia.org/wiki/Open-high-low-close_chart. (Datum ogleda: 13. 7. 2015.) (*Citirano na strani 12.*)
- [5] M. EISENHARDT, *Agency Theory: An Assessment and Review*, <http://amr.aom.org/content/14/1/57.short>. (Datum ogleda: 22. 7. 2015.) (*Citirano na strani 2.*)
- [6] M: WOOLDRIDGE in R. JENNINGS, Intelligent agents: theory and practice. *The Knowledge Engineering Review* 10 (2009) 115–152. (*Citirano na strani 2.*)
- [7] *Financial quote*, https://en.wikipedia.org/wiki/Financial_quote. (Datum ogleda: 30. 7. 2015.) (*Citirano na strani 15.*)
- [8] *Terminološki slovar vzgoje in izobraževanja*, Agencija za raziskovanje RS. <http://www.termania.net/slovarji/terminoloski-slovar-vzgoje-in-izobrazevanja/3474841/kognitivna-struktura>. (Datum ogleda: 1. 8. 2015.) (*Citirano na strani 7.*)
- [9] G. CECCHETTI, Stocks, Stock Markets, and Market Efficiency, v: G. Cecchetti, *Money, Banking, and Financial Markets*, McGraw-Hill/Irwin, 2008, 172–195. (*Citirano na strani 20.*)

-
- [10] *Financial crisis & Recessions*,
<http://positivemoney.org/issues/recessions-crisis/>. (Datum ogleda: 8. 8. 2015.) (*Citirano na strani 18.*)
- [11] J. TAYLOR, *The Financial Crisis and the Policy Response: An Empirical Analysis of What Went Wrong*, <http://www.nber.org/papers/w14631.pdf>. (Datum ogleda: 8. 8. 2015.) (*Ni citirano.*)
- [12] A. WIGNALL, P. ATKINSON in S. LEE, The Current Financial Crisis: Causes and Policy Issues. *Financial Market Trends* 1995-2864 (2008) 1–21. (*Ni citirano.*)
- [13] B. NIELSEN, *Why Housing Market Bubbles Pop*, http://www.investopedia.com/articles/07/housing_bubble.asp. (Datum ogleda: 18. 8. 2015.) (*Citirano na strani 18.*)
- [14] *S & P/Case-Shiller Home Price Indexes*,
http://www.investopedia.com/terms/s/sandp_case_shiller_index.asp.
(Datum ogleda: 18. 8. 2015.) (*Citirano na strani 19.*)
- [15] *Beta*,
<http://www.investopedia.com/terms/b/beta.asp>. (Datum ogleda: 18. 8. 2015.) (*Citirano na strani 34.*)
- [16] *Sharpe Ratio*,
<http://www.investopedia.com/terms/s/sharperatio.asp>. (Datum ogleda: 18. 8. 2015.) (*Citirano na strani 35.*)
- [17] *Random seed*,
https://en.wikipedia.org/wiki/Random_seed. (Datum ogleda: 25. 8. 2015.)
(*Citirano na strani 24.*)
- [18] *Random Walk Theory*,
<http://www.investopedia.com/terms/r/randomwalktheory.asp>. (Datum ogleda: 25. 8. 2015.) (*Citirano na strani 5.*)
- [19] W. LO in J. ANDREW, *A Non-Random Walk Down Wall Street*. Princeton University Press, 1999. (*Citirano na strani 5.*)

Priloge

A Podatki za S & P Index za leti 2007 in 2008

Date	Open	High	Low	Close
3.1.2007	1418,03	1429,42	1407,86	1416,6
4.1.2007	1416,6	1421,84	1408,43	1418,34
5.1.2007	1418,34	1418,34	1405,75	1409,71
8.1.2007	1409,26	1414,98	1403,97	1412,84
9.1.2007	1412,84	1415,61	1405,42	1412,11
10.1.2007	1408,7	1415,99	1405,32	1414,85
11.1.2007	1414,84	1427,12	1414,84	1423,82
12.1.2007	1423,82	1431,23	1422,58	1430,73
16.1.2007	1430,73	1433,93	1428,62	1431,9
17.1.2007	1431,77	1435,27	1428,57	1430,62
18.1.2007	1430,59	1432,96	1424,21	1426,37
19.1.2007	1426,35	1431,57	1425,19	1430,5
22.1.2007	1430,47	1431,39	1420,4	1422,95
23.1.2007	1422,95	1431,33	1421,66	1427,99
24.1.2007	1427,96	1440,14	1427,96	1440,13
25.1.2007	1440,12	1440,69	1422,34	1423,9
26.1.2007	1423,9	1427,27	1416,96	1422,18
29.1.2007	1422,03	1426,94	1418,46	1420,62
30.1.2007	1420,61	1428,82	1420,61	1428,82
31.1.2007	1428,65	1441,61	1424,78	1438,24
1.2.2007	1437,9	1446,64	1437,9	1445,94
2.2.2007	1445,94	1449,33	1444,49	1448,39
5.2.2007	1448,33	1449,38	1443,85	1446,99
6.2.2007	1446,98	1450,19	1443,4	1448
7.2.2007	1447,41	1452,99	1446,44	1450,02
8.2.2007	1449,99	1450,45	1442,81	1448,31
9.2.2007	1448,25	1452,45	1433,44	1438,06
12.2.2007	1438	1439,11	1431,44	1433,37
13.2.2007	1433,22	1444,41	1433,22	1444,26
14.2.2007	1443,91	1457,65	1443,91	1455,3
15.2.2007	1455,15	1457,97	1453,19	1456,81
16.2.2007	1456,77	1456,77	1451,57	1455,54
20.2.2007	1455,53	1460,53	1449,2	1459,68
21.2.2007	1459,6	1459,6	1452,02	1457,63
22.2.2007	1457,29	1461,57	1450,51	1456,38
23.2.2007	1456,22	1456,22	1448,36	1451,19
26.2.2007	1451,04	1456,95	1445,48	1449,37
27.2.2007	1449,25	1449,25	1389,42	1399,04
28.2.2007	1398,64	1415,89	1396,65	1406,82

1.3.2007	1406,8	1409,46	1380,87	1403,17
2.3.2007	1403,16	1403,4	1386,87	1387,17
5.3.2007	1387,11	1391,86	1373,97	1374,12
6.3.2007	1374,06	1397,9	1374,06	1395,41
7.3.2007	1395,02	1401,16	1390,64	1391,97
8.3.2007	1391,88	1407,93	1391,88	1401,89
9.3.2007	1401,89	1410,15	1397,3	1402,84
12.3.2007	1402,8	1409,34	1398,4	1406,6
13.3.2007	1406,23	1406,23	1377,71	1377,95
14.3.2007	1377,86	1388,09	1363,98	1387,17
15.3.2007	1387,11	1395,73	1385,16	1392,28
16.3.2007	1392,28	1397,51	1383,63	1386,95
19.3.2007	1386,95	1403,2	1386,95	1402,06
20.3.2007	1402,04	1411,53	1400,7	1410,94
21.3.2007	1410,92	1437,77	1409,75	1435,04
22.3.2007	1435,04	1437,66	1429,88	1434,54
23.3.2007	1434,54	1438,89	1433,21	1436,11
26.3.2007	1436,11	1437,65	1423,28	1437,5
27.3.2007	1437,49	1437,49	1425,54	1428,61
28.3.2007	1428,35	1428,35	1414,07	1417,23
29.3.2007	1417,17	1426,24	1413,27	1422,53
30.3.2007	1422,52	1429,22	1408,9	1420,86
2.4.2007	1420,83	1425,49	1416,37	1424,55
3.4.2007	1424,27	1440,57	1424,27	1437,77
4.4.2007	1437,75	1440,16	1435,08	1439,37
5.4.2007	1438,94	1444,88	1436,67	1443,76
9.4.2007	1443,77	1448,1	1443,28	1444,61
10.4.2007	1444,58	1448,73	1443,99	1448,39
11.4.2007	1448,23	1448,39	1436,15	1438,87
12.4.2007	1438,87	1448,02	1433,91	1447,8
13.4.2007	1447,8	1453,11	1444,15	1452,85
16.4.2007	1452,84	1468,62	1452,84	1468,33
17.4.2007	1468,47	1474,35	1467,15	1471,48
18.4.2007	1471,47	1476,57	1466,41	1472,5
19.4.2007	1472,48	1474,23	1464,47	1470,73
20.4.2007	1470,69	1484,74	1470,69	1484,35
23.4.2007	1484,33	1487,32	1480,19	1480,93
24.4.2007	1480,93	1483,82	1473,74	1480,41
25.4.2007	1480,28	1496,59	1480,28	1495,42
26.4.2007	1495,27	1498,02	1491,17	1494,25
27.4.2007	1494,21	1497,32	1488,67	1494,07
30.4.2007	1494,07	1497,16	1482,29	1482,37
1.5.2007	1482,37	1487,27	1476,7	1486,3
2.5.2007	1486,13	1499,1	1486,13	1495,92
3.5.2007	1495,56	1503,34	1495,56	1502,39
4.5.2007	1502,35	1510,34	1501,8	1505,62
7.5.2007	1505,57	1511	1505,54	1509,48
8.5.2007	1509,36	1509,36	1500,66	1507,72
9.5.2007	1507,32	1513,8	1503,77	1512,58
10.5.2007	1512,33	1512,33	1491,42	1491,47
11.5.2007	1491,47	1506,24	1491,47	1505,85
14.5.2007	1505,76	1510,9	1498,34	1503,15
15.5.2007	1503,11	1514,83	1500,43	1501,19
16.5.2007	1500,75	1514,15	1500,75	1514,14
17.5.2007	1514,01	1517,14	1509,29	1512,75
18.5.2007	1512,74	1522,75	1512,74	1522,75
21.5.2007	1522,75	1529,87	1522,71	1525,1
22.5.2007	1525,1	1529,24	1522,05	1524,12
23.5.2007	1524,09	1532,43	1521,9	1522,28
24.5.2007	1522,1	1529,31	1505,18	1507,51
25.5.2007	1507,5	1517,41	1507,5	1515,73
29.5.2007	1515,55	1521,8	1512,02	1518,11
30.5.2007	1517,6	1530,23	1510,06	1530,23
31.5.2007	1530,19	1535,56	1528,26	1530,62

1.6.2007	1530,62	1540,56	1530,62	1536,34
4.6.2007	1536,28	1540,53	1532,31	1539,18
5.6.2007	1539,12	1539,12	1525,62	1530,95
6.6.2007	1530,57	1530,57	1514,13	1517,38
7.6.2007	1517,36	1517,36	1490,37	1490,72
8.6.2007	1490,71	1507,76	1487,41	1507,67
11.6.2007	1507,64	1515,53	1503,35	1509,12
12.6.2007	1509,12	1511,33	1492,97	1493
13.6.2007	1492,65	1515,7	1492,65	1515,67
14.6.2007	1515,58	1526,45	1515,58	1522,97
15.6.2007	1522,97	1538,71	1522,97	1532,91
18.6.2007	1532,9	1535,44	1529,31	1531,05
19.6.2007	1531,02	1535,85	1525,67	1533,7
20.6.2007	1533,68	1537,32	1512,36	1512,84
21.6.2007	1512,5	1522,9	1504,75	1522,19
22.6.2007	1522,19	1522,19	1500,74	1502,56
25.6.2007	1502,56	1514,29	1492,68	1497,74
26.6.2007	1497,68	1506,12	1490,54	1492,89
27.6.2007	1492,62	1506,8	1484,18	1506,34
28.6.2007	1506,32	1514,84	1503,41	1505,71
29.6.2007	1505,7	1517,53	1493,61	1503,35
2.7.2007	1504,66	1519,45	1504,66	1519,43
3.7.2007	1519,12	1526,01	1519,12	1524,87
5.7.2007	1524,86	1526,57	1517,72	1525,4
6.7.2007	1524,96	1532,4	1520,47	1530,44
9.7.2007	1530,43	1534,26	1527,45	1531,85
10.7.2007	1531,85	1531,85	1510,01	1510,12
11.7.2007	1509,93	1519,34	1506,1	1518,76
12.7.2007	1518,74	1547,92	1518,74	1547,7
13.7.2007	1547,68	1555,1	1544,85	1552,5
16.7.2007	1552,5	1555,9	1546,69	1549,52
17.7.2007	1549,52	1555,32	1547,74	1549,37
18.7.2007	1549,2	1549,2	1533,67	1546,17
19.7.2007	1546,13	1555,2	1546,13	1553,08
20.7.2007	1553,19	1553,19	1529,2	1534,1
23.7.2007	1534,06	1547,23	1534,06	1541,57
24.7.2007	1541,57	1541,57	1508,62	1511,04
25.7.2007	1511,03	1524,31	1503,73	1518,09
26.7.2007	1518,09	1518,09	1465,3	1482,66
27.7.2007	1482,44	1488,53	1458,95	1458,95
30.7.2007	1458,93	1477,88	1454,32	1473,91
31.7.2007	1473,9	1488,3	1454,25	1455,27
1.8.2007	1455,18	1468,38	1439,59	1465,81
2.8.2007	1465,46	1476,43	1460,58	1472,2
3.8.2007	1472,18	1473,23	1432,8	1433,06
6.8.2007	1433,04	1467,67	1427,39	1467,67
7.8.2007	1467,62	1488,3	1455,8	1476,71
8.8.2007	1476,22	1503,89	1476,22	1497,49
9.8.2007	1497,21	1497,21	1453,09	1453,09
10.8.2007	1453,09	1462,02	1429,74	1453,64
13.8.2007	1453,42	1466,29	1451,54	1452,92
14.8.2007	1452,87	1456,74	1426,2	1426,54
15.8.2007	1426,15	1440,78	1404,36	1406,7
16.8.2007	1406,64	1415,97	1370,6	1411,27
17.8.2007	1411,26	1450,33	1411,26	1445,94
20.8.2007	1445,94	1451,75	1430,54	1445,55
21.8.2007	1445,55	1455,32	1439,76	1447,12
22.8.2007	1447,03	1464,86	1447,03	1464,07
23.8.2007	1464,05	1472,06	1453,88	1462,5
24.8.2007	1462,34	1479,4	1460,54	1479,37

27.8.2007	1479,36	1479,36	1465,98	1466,79
28.8.2007	1466,72	1466,72	1432,01	1432,36
29.8.2007	1432,01	1463,76	1432,01	1463,76
30.8.2007	1463,67	1468,43	1451,25	1457,64
31.8.2007	1457,61	1481,47	1457,61	1473,99
4.9.2007	1473,96	1496,4	1472,15	1489,42
5.9.2007	1488,76	1488,76	1466,34	1472,29
6.9.2007	1472,03	1481,49	1467,41	1478,55
7.9.2007	1478,55	1478,55	1449,07	1453,55
10.9.2007	1453,5	1462,25	1439,29	1451,7
11.9.2007	1451,69	1472,48	1451,69	1471,49
12.9.2007	1471,1	1479,5	1465,75	1471,56
13.9.2007	1471,47	1489,58	1471,47	1483,95
14.9.2007	1483,95	1485,99	1473,18	1484,25
17.9.2007	1484,24	1484,24	1471,82	1476,65
18.9.2007	1476,63	1519,89	1476,63	1519,78
19.9.2007	1519,75	1538,74	1519,75	1529,03
20.9.2007	1528,69	1529,14	1516,42	1518,75
21.9.2007	1518,75	1530,89	1518,75	1525,75
24.9.2007	1525,75	1530,18	1516,15	1517,73
25.9.2007	1516,34	1518,27	1507,13	1517,21
26.9.2007	1518,62	1529,39	1518,62	1525,42
27.9.2007	1527,32	1532,46	1525,81	1531,38
28.9.2007	1531,24	1533,74	1521,99	1526,75
1.10.2007	1527,29	1549,02	1527,25	1547,04
2.10.2007	1546,96	1548,01	1540,37	1546,63
3.10.2007	1545,8	1545,84	1536,34	1539,59
4.10.2007	1539,91	1544,02	1537,63	1542,84
5.10.2007	1543,84	1561,91	1543,84	1557,59
8.10.2007	1556,51	1556,51	1549	1552,58
9.10.2007	1553,18	1565,26	1551,82	1565,15
10.10.2007	1564,98	1565,42	1555,46	1562,47
11.10.2007	1564,72	1576,09	1546,72	1554,41
12.10.2007	1555,41	1563,03	1554,09	1561,8
15.10.2007	1562,25	1564,74	1540,81	1548,71
16.10.2007	1547,81	1547,81	1536,29	1538,53
17.10.2007	1544,44	1550,66	1526,01	1541,24
18.10.2007	1539,29	1542,79	1531,76	1540,08
19.10.2007	1540	1540	1500,26	1500,63
22.10.2007	1497,79	1508,06	1490,4	1506,33
23.10.2007	1509,3	1520,01	1503,61	1519,59
24.10.2007	1516,61	1517,23	1489,56	1515,88
25.10.2007	1516,15	1523,24	1500,46	1514,4
26.10.2007	1522,17	1535,53	1520,18	1535,28
29.10.2007	1536,92	1544,67	1536,43	1540,98
30.10.2007	1539,42	1539,42	1529,55	1531,02
31.10.2007	1532,15	1552,76	1529,4	1549,38
1.11.2007	1545,79	1545,79	1506,66	1508,44
2.11.2007	1511,07	1513,15	1492,53	1509,65
5.11.2007	1505,61	1510,84	1489,95	1502,17
6.11.2007	1505,33	1520,77	1499,07	1520,27
7.11.2007	1515,46	1515,46	1475,04	1475,62
8.11.2007	1475,27	1482,5	1450,31	1474,77
9.11.2007	1467,59	1474,09	1448,51	1453,7
12.11.2007	1453,66	1464,94	1438,53	1439,18
13.11.2007	1441,35	1481,37	1441,35	1481,05
14.11.2007	1483,4	1492,14	1466,47	1470,58
15.11.2007	1468,04	1472,67	1443,49	1451,15
16.11.2007	1453,09	1462,18	1443,99	1458,74
19.11.2007	1456,7	1456,7	1430,42	1433,27
20.11.2007	1434,51	1452,64	1419,28	1439,7
21.11.2007	1434,71	1436,4	1415,64	1416,77
23.11.2007	1417,62	1440,86	1417,62	1440,7
26.11.2007	1440,74	1446,09	1406,1	1407,22
27.11.2007	1409,59	1429,49	1407,43	1428,23
28.11.2007	1432,95	1471,62	1432,95	1469,02

29.11.2007	1467,41	1473,81	1458,36	1469,72
30.11.2007	1471,83	1488,94	1470,89	1481,14
3.12.2007	1479,63	1481,16	1470,08	1472,42
4.12.2007	1471,34	1471,34	1460,66	1462,79
5.12.2007	1465,22	1486,09	1465,22	1485,01
6.12.2007	1484,59	1508,02	1482,19	1507,34
7.12.2007	1508,6	1510,63	1502,66	1504,66
10.12.2007	1505,11	1518,27	1504,96	1515,96
11.12.2007	1516,68	1523,57	1475,99	1477,65
12.12.2007	1487,58	1511,96	1468,23	1486,59
13.12.2007	1483,27	1489,4	1469,21	1488,41
14.12.2007	1486,19	1486,67	1467,78	1467,95
17.12.2007	1465,05	1465,05	1445,43	1445,9
18.12.2007	1445,92	1460,16	1435,65	1454,98
19.12.2007	1454,7	1464,42	1445,31	1453
20.12.2007	1456,42	1461,53	1447,22	1460,12
21.12.2007	1463,19	1485,4	1463,19	1484,46
24.12.2007	1484,55	1497,63	1484,55	1496,45
26.12.2007	1495,12	1498,85	1488,2	1497,66
27.12.2007	1495,05	1495,05	1475,86	1476,27
28.12.2007	1479,83	1488,01	1471,7	1478,49
31.12.2007	1475,25	1475,83	1465,13	1468,36
2.1.2008	1467,97	1471,77	1442,07	1447,16
3.1.2008	1447,55	1456,8	1443,73	1447,16
4.1.2008	1444,01	1444,01	1411,19	1411,63
7.1.2008	1414,07	1423,87	1403,45	1416,18
8.1.2008	1415,71	1430,28	1388,3	1390,19
9.1.2008	1390,25	1409,19	1378,7	1409,13
10.1.2008	1406,78	1429,09	1395,31	1420,33
11.1.2008	1419,91	1419,91	1394,83	1401,02
14.1.2008	1402,91	1417,89	1402,91	1416,25
15.1.2008	1411,88	1411,88	1380,6	1380,95
16.1.2008	1377,41	1391,99	1364,27	1373,2
17.1.2008	1374,79	1377,72	1330,67	1333,25
18.1.2008	1333,9	1350,28	1312,51	1325,19
22.1.2008	1312,94	1322,09	1274,29	1310,5
23.1.2008	1310,41	1339,09	1270,05	1338,6
24.1.2008	1340,13	1355,15	1334,31	1352,07
25.1.2008	1357,32	1368,56	1327,5	1330,61
28.1.2008	1330,7	1353,97	1322,26	1353,96
29.1.2008	1355,94	1364,93	1350,19	1362,3
30.1.2008	1362,22	1385,86	1352,95	1355,81
31.1.2008	1351,98	1385,62	1334,08	1378,55
1.2.2008	1378,6	1396,02	1375,93	1395,42
4.2.2008	1395,38	1395,38	1379,69	1380,82
5.2.2008	1380,28	1380,28	1336,64	1336,64
6.2.2008	1339,48	1351,96	1324,34	1326,45
7.2.2008	1324,01	1347,16	1316,75	1336,91
8.2.2008	1336,88	1341,22	1321,06	1331,29
11.2.2008	1331,92	1341,4	1320,32	1339,13
12.2.2008	1340,55	1362,1	1339,36	1348,86
13.2.2008	1353,12	1369,23	1350,78	1367,21
14.2.2008	1367,33	1368,16	1347,31	1348,86
15.2.2008	1347,52	1350	1338,13	1349,99
19.2.2008	1355,86	1367,28	1345,05	1348,78
20.2.2008	1348,39	1363,71	1336,55	1360,03
21.2.2008	1362,21	1367,94	1339,34	1342,53
22.2.2008	1344,22	1354,3	1327,04	1353,11
25.2.2008	1352,75	1374,36	1346,03	1371,8
26.2.2008	1371,76	1387,34	1363,29	1381,29
27.2.2008	1378,95	1388,34	1372	1380,02
28.2.2008	1378,16	1378,16	1363,16	1367,68
29.2.2008	1364,07	1364,07	1325,42	1330,63
3.3.2008	1330,45	1335,13	1320,04	1331,34
4.3.2008	1329,58	1331,03	1307,39	1326,75

5.3.2008	1327,69	1344,19	1320,22	1333,7
6.3.2008	1332,2	1332,2	1303,42	1304,34
7.3.2008	1301,53	1313,24	1282,43	1293,37
10.3.2008	1293,16	1295,01	1272,66	1273,37
11.3.2008	1274,4	1320,65	1274,4	1320,65
12.3.2008	1321,13	1333,26	1307,86	1308,77
13.3.2008	1305,26	1321,68	1282,11	1315,48
14.3.2008	1316,05	1321,47	1274,86	1288,14
17.3.2008	1283,21	1287,5	1256,98	1276,6
18.3.2008	1277,16	1330,74	1277,16	1330,74
19.3.2008	1330,97	1341,51	1298,42	1298,42
20.3.2008	1299,67	1330,67	1295,22	1329,51
24.3.2008	1330,29	1359,68	1330,29	1349,88
25.3.2008	1349,07	1357,47	1341,21	1352,99
26.3.2008	1352,45	1352,45	1336,41	1341,13
27.3.2008	1340,34	1345,62	1325,66	1325,76
28.3.2008	1327,02	1334,87	1312,95	1315,22
31.3.2008	1315,92	1328,52	1312,81	1322,7
1.4.2008	1326,41	1370,18	1326,41	1370,18
2.4.2008	1369,96	1377,95	1361,55	1367,53
3.4.2008	1365,69	1375,66	1358,68	1369,31
4.4.2008	1369,85	1380,91	1362,83	1370,4
7.4.2008	1373,69	1386,74	1369,02	1372,54
8.4.2008	1370,16	1370,16	1360,62	1365,54
9.4.2008	1365,5	1368,39	1349,97	1354,49
10.4.2008	1355,37	1367,24	1350,11	1360,55
11.4.2008	1357,98	1357,98	1331,21	1332,83
14.4.2008	1332,2	1335,64	1326,16	1328,32
15.4.2008	1331,72	1337,72	1324,35	1334,43
16.4.2008	1337,02	1365,49	1337,02	1364,71
17.4.2008	1363,37	1368,6	1357,25	1365,56
18.4.2008	1369	1395,9	1369	1390,33
21.4.2008	1387,72	1390,23	1379,25	1388,17
22.4.2008	1386,43	1386,43	1369,84	1375,94
23.4.2008	1378,4	1387,87	1372,24	1379,93
24.4.2008	1380,52	1397,72	1371,09	1388,82
25.4.2008	1387,88	1399,11	1379,98	1397,84
28.4.2008	1397,96	1402,9	1394,4	1396,37
29.4.2008	1395,61	1397	1386,7	1390,94
30.4.2008	1391,22	1404,57	1384,25	1385,59
1.5.2008	1385,97	1410,07	1383,07	1409,34
2.5.2008	1409,16	1422,72	1406,25	1413,9
5.5.2008	1415,34	1415,34	1404,37	1407,49
6.5.2008	1405,6	1421,57	1397,1	1418,26
7.5.2008	1417,49	1419,54	1391,16	1392,57
8.5.2008	1394,29	1402,35	1389,39	1397,68
9.5.2008	1394,9	1394,9	1384,11	1388,28
12.5.2008	1389,4	1404,06	1386,2	1403,58
13.5.2008	1404,4	1406,3	1396,26	1403,04
14.5.2008	1405,65	1420,19	1405,65	1408,66
15.5.2008	1408,36	1424,4	1406,87	1423,57
16.5.2008	1423,89	1425,82	1414,35	1425,35
19.5.2008	1425,28	1440,24	1421,63	1426,63
20.5.2008	1424,49	1424,49	1409,09	1413,4
21.5.2008	1414,06	1419,12	1388,81	1390,71
22.5.2008	1390,83	1399,07	1390,23	1394,35
23.5.2008	1392,2	1392,2	1373,72	1375,93
27.5.2008	1375,97	1387,4	1373,07	1385,35
28.5.2008	1386,54	1391,25	1378,16	1390,84
29.5.2008	1390,5	1406,32	1388,59	1398,26
30.5.2008	1398,36	1404,46	1398,08	1400,38
2.6.2008	1399,62	1399,62	1377,79	1385,67
3.6.2008	1386,42	1393,12	1370,12	1377,65
4.6.2008	1376,26	1388,18	1371,74	1377,2
5.6.2008	1377,48	1404,05	1377,48	1404,05

6.6.2008	1400,06	1400,06	1359,9	1360,68
9.6.2008	1360,83	1370,63	1350,62	1361,76
10.6.2008	1358,98	1366,84	1351,56	1358,44
11.6.2008	1357,09	1357,09	1335,47	1335,49
12.6.2008	1335,78	1353,03	1331,29	1339,87
13.6.2008	1341,81	1360,03	1341,71	1360,03
16.6.2008	1358,85	1364,7	1352,07	1360,14
17.6.2008	1360,71	1366,59	1350,54	1350,93
18.6.2008	1349,59	1349,59	1333,4	1337,81
19.6.2008	1336,89	1347,66	1330,5	1342,83
20.6.2008	1341,02	1341,02	1314,46	1317,93
23.6.2008	1319,77	1323,78	1315,31	1318
24.6.2008	1317,23	1326,02	1304,42	1314,29
25.6.2008	1314,54	1335,63	1314,54	1321,97
26.6.2008	1316,29	1316,29	1283,15	1283,15
27.6.2008	1283,6	1289,45	1272	1278,38
30.6.2008	1278,06	1290,31	1274,86	1280
1.7.2008	1276,69	1285,31	1260,68	1284,91
2.7.2008	1285,82	1292,17	1261,51	1261,52
3.7.2008	1262,96	1271,48	1252,01	1262,9
7.7.2008	1262,9	1273,95	1240,68	1252,31
8.7.2008	1251,84	1274,17	1242,84	1273,7
9.7.2008	1273,38	1277,36	1244,57	1244,69
10.7.2008	1245,25	1257,65	1236,76	1253,39
11.7.2008	1248,66	1257,27	1225,35	1239,49
14.7.2008	1241,61	1253,5	1225,01	1228,3
15.7.2008	1226,83	1234,35	1200,44	1214,91
16.7.2008	1214,65	1245,52	1211,39	1245,36
17.7.2008	1246,31	1262,31	1241,49	1260,32
18.7.2008	1258,22	1262,23	1251,81	1260,68
21.7.2008	1261,82	1267,74	1255,7	1260
22.7.2008	1257,08	1277,42	1248,83	1277
23.7.2008	1278,87	1291,17	1276,06	1282,19
24.7.2008	1283,22	1283,22	1251,48	1252,54
25.7.2008	1253,51	1263,23	1251,75	1257,76
28.7.2008	1257,76	1260,09	1234,37	1234,37
29.7.2008	1236,38	1263,2	1236,38	1263,2
30.7.2008	1264,52	1284,33	1264,52	1284,26
31.7.2008	1281,37	1284,93	1265,97	1267,38
1.8.2008	1269,42	1270,52	1254,54	1260,31
4.8.2008	1253,27	1260,49	1247,45	1249,01
5.8.2008	1254,87	1284,88	1254,67	1284,88
6.8.2008	1283,99	1291,67	1276	1289,19
7.8.2008	1286,51	1286,51	1264,29	1266,07
8.8.2008	1266,29	1297,85	1262,11	1296,32
11.8.2008	1294,42	1313,15	1291,41	1305,32
12.8.2008	1304,79	1304,79	1285,64	1289,59
13.8.2008	1288,64	1294,03	1274,86	1285,83
14.8.2008	1282,11	1300,11	1276,84	1292,93
15.8.2008	1293,85	1302,05	1290,74	1298,2
18.8.2008	1298,14	1300,22	1274,51	1278,6
19.8.2008	1276,65	1276,65	1263,11	1266,69
20.8.2008	1267,34	1276,01	1261,16	1274,54
21.8.2008	1271,07	1281,4	1265,22	1277,72
22.8.2008	1277,59	1293,09	1277,59	1292,2
25.8.2008	1290,47	1290,47	1264,87	1266,84
26.8.2008	1267,03	1275,65	1263,21	1271,51
27.8.2008	1271,29	1285,05	1270,03	1281,66
28.8.2008	1283,79	1300,68	1283,79	1300,68
29.8.2008	1296,49	1297,59	1282,74	1282,83
2.9.2008	1287,83	1303,04	1272,2	1277,58
3.9.2008	1276,61	1280,6	1265,59	1274,98
4.9.2008	1271,8	1271,8	1232,83	1236,83
5.9.2008	1233,21	1244,94	1217,23	1242,31
8.9.2008	1249,5	1274,42	1247,12	1267,79

9.9.2008	1267,98	1268,66	1224,51	1224,51
10.9.2008	1227,5	1243,9	1221,6	1232,04
11.9.2008	1229,04	1249,98	1211,54	1249,05
12.9.2008	1245,88	1255,09	1233,81	1251,7
15.9.2008	1250,92	1250,92	1192,7	1192,7
16.9.2008	1188,31	1214,84	1169,28	1213,6
17.9.2008	1210,34	1210,34	1155,88	1156,39
18.9.2008	1157,08	1211,14	1133,5	1206,51
19.9.2008	1213,11	1265,12	1213,11	1255,08
22.9.2008	1255,37	1255,37	1205,61	1207,09
23.9.2008	1207,61	1221,15	1187,06	1188,22
24.9.2008	1188,79	1197,41	1179,79	1185,87
25.9.2008	1187,87	1220,03	1187,87	1209,18
26.9.2008	1204,47	1215,77	1187,54	1213,27
29.9.2008	1209,07	1209,07	1106,42	1106,42
30.9.2008	1113,78	1168,03	1113,78	1166,36
1.10.2008	1164,17	1167,03	1140,77	1161,06
2.10.2008	1160,64	1160,64	1111,43	1114,28
3.10.2008	1115,16	1153,82	1098,14	1099,23
6.10.2008	1097,56	1097,56	1007,97	1056,89
7.10.2008	1057,6	1072,91	996,23	996,23
8.10.2008	988,91	1021,06	970,97	984,94
9.10.2008	988,42	1005,25	909,19	909,92
10.10.2008	902,31	936,36	839,8	899,22
13.10.2008	912,75	1006,93	912,75	1003,35
14.10.2008	1009,97	1044,31	972,07	998,01
15.10.2008	994,6	994,6	903,99	907,84
16.10.2008	909,53	947,71	865,83	946,43
17.10.2008	942,29	984,64	918,74	940,55
20.10.2008	943,51	985,4	943,51	985,4
21.10.2008	980,4	985,44	952,47	955,05
22.10.2008	951,67	951,67	875,81	896,78
23.10.2008	899,08	922,83	858,44	908,11
24.10.2008	895,22	896,3	852,85	876,77
27.10.2008	874,28	893,78	846,75	848,92
28.10.2008	848,92	940,51	845,27	940,51
29.10.2008	939,51	969,97	922,26	930,09
30.10.2008	939,38	963,23	928,5	954,09
31.10.2008	953,11	984,38	944,59	968,75
3.11.2008	968,67	975,57	958,82	966,3
4.11.2008	971,31	1007,51	971,31	1005,75
5.11.2008	1001,84	1001,84	949,86	952,77
6.11.2008	952,4	952,4	899,73	904,88
7.11.2008	907,44	931,46	906,9	930,99
10.11.2008	936,75	951,95	907,47	919,21
11.11.2008	917,15	917,15	884,9	898,95
12.11.2008	893,39	893,39	850,48	852,3
13.11.2008	853,13	913,01	818,69	911,29
14.11.2008	904,36	916,88	869,88	873,29
17.11.2008	873,23	882,29	848,98	850,75
18.11.2008	852,34	865,9	826,84	859,12
19.11.2008	859,03	864,57	806,18	806,58
20.11.2008	805,87	820,52	747,78	752,44
21.11.2008	755,84	801,2	741,02	800,03
24.11.2008	801,2	865,6	801,2	851,81
25.11.2008	853,4	868,94	834,99	857,39
26.11.2008	852,9	887,68	841,37	887,68
28.11.2008	886,89	896,25	881,21	896,24
1.12.2008	888,61	888,61	815,69	816,21
2.12.2008	817,94	850,54	817,94	848,81
3.12.2008	843,6	873,12	827,6	870,74
4.12.2008	869,75	875,6	833,6	845,22
5.12.2008	844,43	879,42	818,41	876,07
8.12.2008	882,71	918,57	882,71	909,7
9.12.2008	906,48	916,26	885,38	888,67

10.12.2008	892,17	908,27	885,45	899,24
11.12.2008	898,35	904,63	868,73	873,59
12.12.2008	871,79	883,24	851,35	879,73
15.12.2008	881,07	884,63	857,72	868,57
16.12.2008	871,53	914,66	871,53	913,18
17.12.2008	908,16	918,85	895,94	904,42
18.12.2008	905,98	911,02	877,44	885,28
19.12.2008	886,96	905,47	883,02	887,88
22.12.2008	887,2	887,37	857,09	871,63
23.12.2008	874,31	880,44	860,1	863,16
24.12.2008	863,87	869,79	861,44	868,15
26.12.2008	869,51	873,74	866,52	872,8
29.12.2008	872,37	873,7	857,07	869,42
30.12.2008	870,58	891,12	870,58	890,64
31.12.2008	890,59	910,32	889,67	903,25