

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**MATEMATIČNI MODELI BORZNE DINAMIKE S PoudARKOM
NA BORZNIH BALONČKIH**

Ljubljana, december 2012

DUŠAN ŽEŽELJ

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani Dušan Žeželj, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom Matematični modeli borzne dinamike s poudarkom na borznih balončkih, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem doc. dr. Alešem Ahčanom.

Izrecno izjavljam, da v skladu z določili Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami) dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo besedilo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- je predloženo besedilo jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem
 - poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam v magistrskem delu, citirana oziroma navedena v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, in
 - pridobil vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti (v pisni ali grafični obliki) uporabljena v tekstu, in sem to v besedilu tudi jasno zapisal;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami);
- se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega magistrskega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom.

V Ljubljani, dne 14.12.2012

Podpis avtorja: _____

KAZALO

UVOD.....	1
1 TEORETIČNI UVOD	3
1.1 Borzna dinamika in borzni balončki – pojmi, pristopi in teorije.....	3
1.1.1 Borzna dinamika in opredelitev borznih balončkov.....	3
1.1.2 Raziskovalni pristopi k preučevanju borznih balončkov.....	4
1.1.3 Poklicna vloga raziskovalcev borznih pojavov in problem znanstvene objektivnosti	5
1.2 Zgodovinski oris pomembnih borznih balončkov.....	6
1.2.1 Tulipanov balonček	6
1.2.2 Balonček podjetij Mississippi in South Sea	7
1.2.3 Borzni zlom v ZDA leta 1929	8
1.2.4 Borzni zlom v letu 1987	9
1.3 Matematični modeli borznih balončkov	10
1.3.1 Enostavni potenčni zakon.....	10
1.3.2 Kompleksnejši log periodični potenčni zakon.....	12
1.3.3 Podporni mehanizem	15
1.3.3.1 Podporni mehanizem pri enostavnem potenčnem zakonu	17
1.3.3.2 Podporni mehanizem pri kompleksnejšem log periodičnemu potenčnem zakonu	18
1.3.4 Weierstrassove funkcije.....	19
1.3.5 Landau ekspanzije prvega in drugega reda.....	20
1.3.6 Metoda za določanje antibalončka	20
1.3.7 Aproximacija same cene delnic ali logaritem cene delnic.....	21
2 RAZISKAVE DRUGIH AVTORJEV	22
2.1 Endogeni in eksogeni zlomi na finančnih trgih.....	22
2.1.1 Definicija grobo-zrnatih maksimalnih padcev in maksimalnih skokov	26
2.1.2 Porazdelitev za maksimalni padec in maksimalni skok ter metodologija za identificiranje ubežnika	27
2.1.3 Algoritem grobo-zrnatih cen	28
2.1.4 ε -maksimalni padci ubežnikov na deviznih trgih	28
2.1.4.1 Zgodovinski uvod.....	28
2.1.4.2 Nemška marka in jen proti ameriškemu dolarju.....	29
2.1.5 ε -maksimalni padci ubežnikov na glavnih borznih trgih	32
2.1.5.1 Ameriški trgi.....	32
2.1.5.2 Londonska borza	35
2.1.5.3 Frankfurtska borza (DAX)	35
2.1.5.4 Tokijska borza	36
2.1.5.5 Hongkonška borza	37
2.1.6 ε -maksimalni padci ubežnikov na trgu obveznic.....	39
2.1.6.1 Ameriški trg zakladnih obveznic.....	39
2.1.6.2 Japonski trg obveznic	40
2.1.7 ε -maksimalni padci ubežnikov na trgu zlata.....	40
2.1.8 Povzetek	41
2.2 Dokaz o poganjanju balončka nove ekonomije v letu 2000 s tujim pritokom kapitala: implikacije za prihodnost ameriške ekonomije in borznega trga	42

2.2.1	Testiranje za LPPL podpis na tujem prитоку kapitala	44
2.2.2	Implikacije za prihodnja leta	49
2.3	Nepremičninski balonček v ZDA leta 2006	53
2.4	Naftni balonček v letih med 2006 in 2008	55
3	ANALIZA LJUBLJANSKE BORZE Z MATEMATIČNIMI MODELI ZA PREUČEVANJE BORZNIH BALONČKOV	57
3.1	Opredelitev problema	57
3.2	Podatki	57
3.3	Osnovne statistične metode analize podatkov	58
3.4	Matematični modeli analize podatkov	58
3.4.1	Zhoujev model za odkrivanje prisotnosti balončka	58
3.4.1.1	Količnik D kot pokazatelj prisotnosti balončka	59
3.4.1.2	Uporaba te metode pri raziskovanju Ljubljanske borze v okviru tega magistrskega dela	59
3.4.2	Zhoujeva metoda padajočih časovnih oken	59
3.4.3	Zhoujeva metoda naraščajočih časovnih oken	60
3.4.4	Metoda za napovedovanje prihodnjega obnašanja borznega indeksa	61
4	REZULTATI	61
4.1	Dinamika indeksa Ljubljanske borze LJSEX v letih od 2000 do 2010	61
4.2	Prisotnost balončka, ugotovljena z Zhoujevo metodo za odkrivanje borznega balončka	62
4.3	Čas začetka borznega balončka, ugotovljen z Zhoujevo metodo padajočih časovnih oken	66
4.4	Čas poka borznega balončka, ugotovljen z Zhoujevo metodo naraščajočih časovnih oken	67
4.5	Napovedovanje antibalončka z metodo za modeliranje antibalončka	68
4.6	Napovedovanje prihodnje dinamike borznega indeksa z uporabo metode za modeliranje antibalončka	70
4.7	ε -maksimalni padci ubežnikov na Ljubljanski borzi	72
	SKLEP	74
	LITERATURA IN VIRI	76

KAZALO SLIK

Slika 1:	Primer enostavnega potenčnega zakona $p(t)$	11
Slika 2:	Primer enostavnega potenčnega zakona $r(t)$	11
Slika 3:	Primer enostavnega potenčnega zakona $s(t)$	12
Slika 4:	Primer log periodičnega potenčnega zakona $p_1(t)$	13
Slika 5:	Primer log periodičnega potenčnega zakona $p_2(t)$	14
Slika 6:	Primer log periodičnega potenčnega zakona $p_3(t)$	14
Slika 7:	Primer log periodičnega potenčnega zakona $p_4(t)$	15
Slika 8:	Prvi trije koraki rekurzivne konstrukcije zgornje strukture	18
Slika 9:	Dinamika indeksa LJSEX v obdobju od 3. 1. 2000 do 21. 5. 2010. Na x osi je datum, na y osi je vrednost indeksa LJSEX	62
Slika 10:	Graf vrednosti mere D v petih časovnih intervalih. Na y osi so vrednosti mere D, na x osi pa posamezni časovni intervali	63

Slika 11: Prileganje enačb (27) in (28) v prvem časovnem intervalu, to je od 3. 1. 2000 do 12. 7. 2001. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,1977	64
Slika 12: Prileganje enačb (27) in (28) v drugem časovnem intervalu, to je od 12. 7. 2001 do 28. 1. 2003. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,0008	64
Slika 13: Prileganje enačb (27) in (28) v tretjem časovnem intervalu, to je od 28. 1. 2003 do 2. 8. 2004. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,0811	65
Slika 14: Prileganje enačb (27) in (28) v četrtem časovnem intervalu, to je od 2. 8. 2004 do 2. 2. 2006. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,0082	65
Slika 15: Prileganje enačb (27) in (28) v petem časovnem intervalu, to je od 2. 2. 2006 do 20. 8. 2007. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,5848	66
Slika 16: Prileganje antibalončka z uporabo enačbe (17). Na y osi je logaritem vrednosti indeksa, na x osi je datum od 27. 9. 2007 do 21. 5. 2010.....	69
Slika 17: Prileganje antibalončka z uporabo enačbe (18). Na y osi je logaritem vrednosti indeksa, na x osi je datum od 27. 9. 2007 do 21. 5. 2010.....	70
Slika 18: Napovedovanje bodočega obnašanja indeksa LJSEX. Na y osi je logaritem vrednosti indeksa, na x osi pa je datum od septembra 2007 do februarja 2015	71

KAZALO TABEL

Tabela 1: Seznam in lastnosti ubežnikov, ugotovljene v porazdelitvi ε -maksimalnih padcev za $\varepsilon = 0$ (levi del) in $\varepsilon = \sigma/4$ (desni del) za DM/USD menjalni tečaj.....	30
Tabela 2: Seznam in lastnosti ubežnikov za jen/USD menjalni tečaj	31
Tabela 3: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks DJIA	33
Tabela 4: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks S&P500.....	33
Tabela 5: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks NASDAQ	34
Tabela 6: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks FTSE.....	35
Tabela 7: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks DAX	36
Tabela 8: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks Nikkei	36
Tabela 9: Seznam in lastnosti ubežnikov za hongkonški borzni indeks Heng-Seng.....	37
Tabela 10: Seznam in lastnosti ubežnikov za ameriški trg zakladnih obveznic.....	39
Tabela 11: Seznam in lastnosti ubežnikov za japonski trg obveznic	40
Tabela 12: Seznam in lastnosti ubežnikov za trg zlata	40
Tabela 13: Testiranje robustnosti prileganja z enačbo (26) sezonsko naravnanega četrtletnega čistega pritoka kapitala $I(t)$, nedeflaciranega za inflacijo. Opazi se robustnost napovedanega kritičnega časa t_c poka balončka.....	46
Tabela 14: Testiranje robustnosti prileganja z enačbo (26) sezonsko naravnanega četrtletnega čistega pritoka kapitala $I(t)$, deflaciranega s sezonsko naravnanim CPI za inflacijo	47
Tabela 15: Testiranje robustnosti prileganja LPPL vzorca pri balončku, ki se je razvil na NASDAQ 100 indeksu v poznih 1990-ih.....	47
Tabela 16: Vrednosti mere D v različnih časovnih obdobjih	63
Tabela 17: Kritičen čas t_c kot funkcija začetnega časa t_{start} z uporabo metode padajočih časovnih oken po Zhouju na podatkih indeksa LJSEX	66
Tabela 18: t_c kot funkcija t_{konec} z uporabo metode naraščajočih časovnih oken	68
Tabela 19: Največji čisti maksimalni padci na Ljubljanskem borznem indeksu LJSEX.....	72

Tabela 20: Največji ε -maksimalni padci na Ljubljanskem borznem indeksu LJSEX, kjer je $\sigma = 0,99$ %	73
Tabela 21: Največji ε -maksimalni padci na Ljubljanskem borznem indeksu LJSEX, kjer je $2\sigma = 1,97$ %	73

UVOD

Kaj je balonček? V ekonomiji termin balonček pomeni hitro rast cene in kasnejši padec. Hitro dvigovanje cene je samo začasno. Vzemimo na primer nepremičninski balonček. Kupci nepremičnin pričakujejo rast cen stanovanj. Pri nepremičninskem balončku kupci predvidevajo, da je nepremičnino, ki je bila prej zanje nedosegljiva, zdaj mogoče kupiti, ker se bo vrednost nepremičnine povečala. Pričakujejo, da bo rast vrednosti nepremičnine poplačala njihov kredit. Kupci, ki kupujejo prvo nepremičnino, lahko tudi pomislijo, če v obdobju rasti balončka ne bodo kupili nepremičnine, si je tudi kasneje ne bodo mogli privoščiti. Velika rast cene nepremičnin ima lahko posledično velik vpliv na povpraševanje. Če ljudje mislijo, da se vrednosti nepremičnin na daljši rok ne bodo znižale, potem v nakupu nepremičnine občutijo majhno tveganje.

Borzni balončki imajo vrsto negativnih učinkov na delničarje, borzo, banke in druge finančne institucije, gospodarstvo in družbo. Znano je, da po puku borznega balončka pride do izgube za delničarje, ki so investirali na borzi. Negativni učinki so mnogo širši in nastanejo že dosti pred pokom. Navajamo posledice za gospodarstvo, kot jih ponuja Penman (2005):

1. Ljudje oblikujejo nerazumna pričakovanja o verjetnih donosih in naredijo napačne odločitve o investicijah.
2. Delnice z napačnimi cenami pritegnejo kapital k napačnim podjetjem.
3. Podjetniki s slabimi poslovnimi modeli prelahko pridejo do gotovine, s tem pa jo odtegnejo od podjetij, ki za družbo lahko ustvarijo dodano vrednost.
4. Investitorji najemajo posojila, da kupujejo papir brez vrednosti, ne pa resnične produktivne delnice.
5. Bremena dolgov postanejo neznosna.
6. Banke, ki nudijo posojila, drviijo v težave.
7. Pride do izgube pokojninskih prihrankov in razvije se pokojninska kriza.
8. Možen je tudi sistematičen zlom gospodarstva, kar smo spoznali v makroekonomskem menedžmentu, ko je po evforiji v poznih 1920-ih sledila depresija v 1930-ih letih.

Iz navedenih učinkov borznih balončkov je razvidno, da so izredno pomemben družben pojav s številnimi neposrednimi in posrednimi učinki na številne družbene institucije, gospodarske subjekte ter vse kategorije prebivalcev (delodajalcev in delojemalcev, zaposlene ter brezposelne, mlade in stare in tako dalje).

Z analizami dinamike nastajanja borznih balončkov se ukvarjajo znanstveniki (ekonomisti, pa tudi sociologi, zgodovinarji in tako dalje) in tudi aplikativni strokovnjaki, ki delujejo kot svetovalci. Pri analizah preteklih borznih balončkov so ugotovili, da tudi borzni analitiki – svetovalci zapadejo v poseben psihološki pojav motenih spoznavnih procesov o borzi, ki borzno zagretost podžiga do stanja borzne vročice. Moteni spoznavni procesi

obsegajo motnje zaznavanja (določenih stvari ne opazijo ali jih napačno opazijo), motnje presojanja (na podlagi podatkov izvedejo napačne sklepe o njihovem pomenu, nepravilnost presojanja nastaja tudi zaradi močne dovzetnosti za vplive množic ter močnih motivov in čustev). Posledica teh psiholoških pojavov so bile t.i. »dvomljive analize med balončkom«. Opis le-teh, kot so nastali med balončkom v 1990-ih, podaja Penman (2005), ki poudarja, da so tedaj mnogi analitiki slabo razmišljali in hranili špekulacijo. Opozarja tudi na vsebino miselnih napak, ki so jih pogojevale. Tukaj povzemamo značilnosti dvomljivega analiziranja.

Penman (2005) tudi opozarja, da je težko nasprotovati »plimi špekulacije«. Analitik se namreč lahko zaveda, da so določene delnice precenjene, vendar lahko take delnice še naprej rastejo, ker jih hrani zagon špekulacije in je prodaja lahko kratkoročno nesmiselna. Če se analitiki motijo, ko ima »čreda« oziroma večina populacije prav, slabo izpadejo. Če pa se motijo takrat, ko se moti »čreda« oziroma večina populacije, niso hudo kaznovani. Na dolgi rok se seveda analitikom, njihovim svetovalcem in posledično gospodarstvu ter družbi najbolj obrestuje objektivna realna analiza, ki ne podlega niti vplivom privlačnosti rastočih vrednosti delnic niti vplivom vedenja »borzne črede« ali »borznih avtoritet«.

Namen magistrskega dela je ugotoviti, ali bi bilo mogoče napovedati pok borznega balončka v naprej. Za to napoved smo uporabili matematični model, ki smo ga poimenovali log-periodični potenčni zakon (angl. *log-periodic power law*, v nadaljevanju LPPL) (Sornette, 2003). Ta model smo uporabili pri napovedovanju poka balončka. Na slovenski borzi je bil v letu 2007 zaznan velik padec slovenskega borznega indeksa LJSEX, še prej pa hitra rast tega indeksa. Raziskali smo razvoj indeksa od leta 2000 do leta 2010.

Zanimalo nas je tudi, ali bi bilo mogoče napovedati bodoče obnašanje borznega indeksa LJSEX na slovenski borzi.

V prvem delu smo v magistrskem delu predstavili teorijo, ki stoji za LPPL modelom. V tem delu smo uporabili opisno metodo. V drugem delu smo pregledali strokovno literaturo in raziskave predvsem tujih avtorjev, za kar smo uporabili metodo kompilacije. V empiričnem delu smo z metodo, ki jo predlagata Zhou in Sornette (2007) ugotovili, ali je bil balonček prisoten pri razvoju borznega indeksa LJSEX na Ljubljanski borzi. Z metodo padajočih časovnih oken smo poiskali začetek borznega balončka, z metodo naraščajočih časovnih oken pa smo poiskali konec oziroma pok balončka.

Za napovedovanje bodočega obnašanja borznega indeksa LJSEX od leta 2010 naprej smo uporabili model antibalončka (Johansen & Sornette, 1999b). Pri tem smo uporabili tudi kompleksnejši model, ki se imenuje Landau ekspanzija drugega reda (Sornette & Johansen, 1997).

Magistrsko delo je sestavljeno iz štirih glavnih poglavij, podrobneje pa so razdelana v podpoglavjih. V uvodnem poglavju smo predstavili opis problema. V prvem poglavju smo predstavili različne poglede na borzne balončke. V prvem podpoglavju tega poglavja smo predstavili osnovne pojme. V drugem podpoglavju smo predstavili kratko zgodovino borznih balončkov, od tulipanovega balončka in naslednjih večjih balončkov. V tretjem podpoglavju smo opisali še teoretično ozadje LPPL modela, od enostavnega potenčnega zakona do kompleksnejše Landau ekspanzije drugega reda. V drugem poglavju smo predstavili raziskave drugih avtorjev. V prvem podpoglavju smo iskali razlike med eksogenimi in endogenimi vzroki pomembnejših balončkov v 20. stoletju. V drugem podpoglavju smo predstavili pritok tujega kapitala na ameriški trg in balonček, ki je s tem povezan. V tretjem podpoglavju smo opisali nepremičninski balonček v Združenih državah Amerike (v nadaljevanju ZDA) v letu 2006. V četrtem podpoglavju pa smo opisali naftni balonček med letoma 2006 in 2008. V tretjem poglavju smo prikazali temelje za empirično raziskavo borznega balončka na slovenskem borznem indeksu LJSEX. V četrtem poglavju smo poskušali pokazati, da bi bilo mogoče že v naprej napovedati pok balončka na slovenskem borznem indeksu LJSEX. Poskušali smo še napovedati obnašanje indeksa od leta 2010 naprej. Magistrsko delo smo zaključili s sklepnimi ugotovitvami.

1 TEORETIČNI UVOD

1.1 Borzna dinamika in borzni balončki – pojmi, pristopi in teorije

1.1.1 Borzna dinamika in opredelitev borznih balončkov

Med borznimi pojavi, ki jih je smiselno preučevati z vidika ekonomskih in matematičnih analiz, je eden od najpomembnejših spreminjanje vrednosti delnic. To spreminjanje lahko obravnavamo kot vidik borzne dinamike. Borzni balončki so posebna oblika te dinamike. Za opis borznih balončkov so razviti različni matematični modeli, ki bodo glavni predmet tega magistrskega dela.

Borzni balonček nastane takrat, ko vrednost delnice zaradi velikega povpraševanja naraste visoko nad notranjo vrednost. Gre za ocenjeno vrednost delnice, ki jo izračunamo na podlagi (predvsem bilančnih) podatkov o podjetju (Kastelic, 2008).

Borzni balončki so izredno pomemben pojav s hudimi negativnimi posledicami za številne ustanove, organizacije in kategorije posameznikov. Mnoge hudo prizadene neposredno, še več pa je takih, ki jih hudo prizadene posredno (Penman, 2005).

Neposredno prizadene predvsem:

1. borzo, v kateri borzni balonček nastane; ob poku balončka (lahko) nastane borzni zlom ali propad same borze;
2. podjetja, gospodarske družbe in druge gospodarske ter finančne subjekte, katerih delnice kotirajo na borzi – vrednost njihovih delnic se hudo zmanjša ali izniči;
3. delničarje, katerih v delnice investirana sredstva se hudo zmanjšajo ali izničijo;
4. borzne analitike – svetovalce, ki borznega balončka niso prepoznali ali nanj niso jasno in glasno opozorili; izgubijo stranke, ugled in možnost dela.

Posredno prizadene številne družbene sisteme: banke, gospodarstvo, pokojninski sistem, zdravstveni sistem in s tem številne posameznike (Penman, 2005).

1.1.2 Raziskovalni pristopi k preučevanju borznih balončkov

Pri raziskovanju borznih balončkov opazamo različne znanstvene pristope. V nadaljevanju navajamo tri najpomembnejše.

1. Zgodovinski pristop – opisuje predvsem pretekle borzne balončke, delno pa jih poskuša tudi razlagati (v tem magistrskem delu povzemamo opise borznih balončkov, kot so bili razviti v okviru tega pristopa).
2. Ekonomski in finančno-ekonomski znanstveni pristopi – le-ti za borzne balončke razvijajo znanstvene teorije in metodologije preučevanja ter izvajajo empirične raziskave. Obstajata dve glavni smeri (paradigmi) teh pristopov, ki se razlikujeta po izhodiščni predpostavki o tem, kateri dejavniki so najpomembnejši za znanstveno napovedovanje pojava borznih balončkov. Le-ti so:
 - a) temeljna analiza (fundamentalna analiza) predpostavlja, da so za razlago in napovedovanje borznih balončkov (in sploh borzne dinamike) najpomembnejši temeljni gospodarski dejavniki, ki se nahajajo zunaj samih borz, zato jih imenujejo tudi eksogeni dejavniki (zunanji dejavniki borze);
 - b) tehnična analiza predpostavlja, da so za razlago in napovedovanje borznih balončkov najpomembnejša sama dogajanja znotraj borze, to so t.i. endogeni dejavniki (notranji dejavniki borze). Prvotno je uporabljala matematično nezahtevne opise in analize, kasneje pa je razvila vrsto zapletenih matematičnih pristopov.
3. Matematični pristopi – le-ti razvijajo, preverjajo in uporabljajo matematične modele za opisovanje, analizo in napovedovanje borznih balončkov ter tudi drugih pomembnih pojavov borzne dinamike. Z vidika matematike kot z vidika uporabe za empirično preučevanje borznih pojavov so posebno pomembni matematični modeli borznih balončkov, ki jih bomo obravnavali v nadaljevanju tega magistrskega dela (Penman, 2005).

1.1.3 Poklicna vloga raziskovalcev borznih pojavov in problem znanstvene objektivnosti

S preučevanjem borznih pojavov se ukvarjajo znanstveniki na univerzah in tudi borzni analitiki – svetovalci borznim tržnikom. Izsledki njihovih analiz lahko posredno in neposredno vplivajo na same borzne pojave. Univerzitetni znanstveniki vplivajo posredno s svojimi paradigmi, teorijami, z metodologijo, izbranimi indikatorji in tako dalje (Penman, 2005).

Analitiki – svetovalci pa vplivajo na borzo neposredno z ocenami in s strokovnimi nasveti, ki včasih celo spodbujajo napihovanje borznega balončka in s tem njegov pok. V zvezi z znanstveno in s praktično pomembnim vprašanjem: »Ali se borznega balončka ni dalo napovedati?« najdemo v strokovni literaturi opis in pojasnilo nekaterih strokovnih zmot ter zavajanj, ki so jih storili borzni analitiki – svetovalci (Penman, 2005).

V nadaljevanju bomo našli nekaj sumljivih analiz med balončkom.

1. Izgube dobičkov podjetij so ignorirali kot nepomembne. Trdili so, da je pomemben le poslovni model (načrt). Dejansko je prav nasprotno. Če ima podjetje v sedanjosti izgube, mora imeti vsaj dobre scenarije za prihodnje zaslužke dobičkov. Izgube pa so se izkazale za dober kazalnik kasnejšega propada podjetja.
2. Tradicionalne finančne analize so odklanjali kot zastarele za »novo ekonomijo«, vendar novih niso ponudili.
3. Uvedli so vrsto zvenceh izrazov – nalepk, s katerimi so priporočali delnice. Dobrih analiz pa niso naredili. Zveneči izrazi so bili: nova tehnologija, spletne nepremičnine (angl. *web real estate*), učinki spleta, nova ekonomija.
4. Trdili so, da je vrednost podjetja v njegovih neopredmetenih sredstvih (angl. *intangible assets*). Niso pa povedali, kako jih meriti ali preverjati.
 - a) Nekdo jih je celo računal kot razliko med napihnjeno ceno in opredmetenimi osnovnimi sredstvi v bilanci podjetja.
 - b) Priporočali so podjetja zaradi »kapitala v znanju« (angl. *knowledge capital*), vendar so zanemarjali dejstvo, da znanje soustvarja dobiček le, če ustvari dobrine in storitve za prodajo ter če prodaja ustvari dobičke. Znanje ima tudi svojo ceno, ki vpliva na dobiček.
5. Analitiki so opravičevali vrednosti na podlagi makro spremenljivk, niso pa upoštevali pričakovanih prihodnih dobičkov podjetij. Tako so imeli na primer pri spletni revoluciji prvenstveno korist potrošniki in ne podjetja, vendar analitiki tega niso zaznali.
6. Analitiki so se opirali na finančna merila zaslužkov nad »črto na dnu« (angl. *financial measures above »bottom line« earnings*). Čeprav je rast prihodkov zaželena, morajo iz prihodkov izhajati dobički. Analitik jih mora upoštevati.
7. Analitiki so opustili fokus na količnikih P/E (angl. *price to earnings* – cena delnice/dobiček na delnico) in rasti zaslužkov ter ga zamenjali s fokusom na P/S

količnikih (angl. *price to sales* – cena glede na prodajo) in na rast prodaje. Čeprav je prodaja pomembna, se ne sme zanemariti dobičkov.

8. Grobe kazalce nepravilnosti cen so prezrli brez utemeljitve (primera: pri S&P 500 so na vrhu balončka prezrli P/E 33, pri Dell, inc. pa 87,9).
9. Zanemarili so zgodovinsko perspektivo. Čeprav do tedaj nobeno podjetje z veliko tržno vrednostjo ni trgovalo s P/E nad 100, niso bili pozorni na P/E 135 pri podjetju s tržno vrednostjo polovice milijarde dolarjev (Cisco Systems).
10. Enostavni računi se niso izšli. Na primer v nekem trenutku so imele delnice nekega prodajalca letalskih vozovnic višjo tržno vrednost, kot je bila vsota za vse letalske prevoznike v ZDA. Spletna podjetja so tudi prodajala delnice, ki so absurdno presegle njihove realne dobičke.
11. Analitiki niso preučevali kvalitete zaslužkov, ki so jih podjetja poročala (Penman, 2005).

1.2 Zgodovinski oris pomembnih borznih balončkov

Balončki se v zahodnem svetu pojavljajo že več stoletij. Med najpomembnejšimi so:

1. Balonček zaradi »tulipomanije« na Nizozemskem v 17. stoletju;
2. Balonček podjetij Mississippi in South Sea v 18. stoletju;
3. Borzni zlom v ZDA leta 1929;
4. Borzni zlom v letu 1987.

V slovenski strokovni literaturi jih je podrobno opisal Kastelic (2008). V nadaljevanju bomo povzeli nekaj njegovih orisov.

1.2.1 Tulipanov balonček

Prvi pok balončka so povzročili tulipani. Nizozemce je s tulipani navdušil Conrad Guestner, ki jih je pripeljal iz Turčije v drugi polovici šestnajstega stoletja. Sprva so si jih lahko privoščili le bogati. Najbolj cenjena podvrsta tulipana je bila *Semper Augustus*. Bila je zelo barvno pestra, kar pa je bila posledica virusa, ki ga je prenašala listna uš. Cena ene čebulice je bila tudi 3.000 guldnov s tem, da je bil povprečni letni dohodek takrat 150 guldnov (Kastelic, 2008).

V razcvetu trgovine s tulipani so začeli trgovati z nekakšnimi derivati tulipanov, s papirji o delnem lastništvu nad določeno čebulico in z neke vrste obveznicami. Prodajali so čebulice, ki še niso vzkliše. Lastništvo čebulice je zamenjalo tudi 10 kupcev, še preden je le-ta zrasla v tulipan. Na trgu so se pojavili špekulanti, ki so trdili, da imajo najdražjo vrsto čebulice. Ko pa je le-ta vzkliše, se je izkazalo, da je bila navadni tulipan (Kastelic, 2008).

Težave so se začele v prvem torku februarja leta 1637. Na neki dražbi v Harlemu niso prodali čebulice po izklicni ceni. Ceno so bili primorani spustiti. Novica se je kot veter razširila po Nizozemski. Cene tulipanov so v mesecu dni padle za 90 % (Kastelic, 2008).

Le redki so obogateli s trgovanjem s tulipani. Mnoge pa je to spravilo na beraško palico (Kastelic, 2008).

1.2.2 Balonček podjetij Mississippi in South Sea

Vzpon borze se je začel v Franciji in Angliji s podjetji Mississippi ter South Sea. Vse skupaj si je domislil John Law. To je bil Škot, ki se je s svojim matematičnim znanjem preživiljal s kockanjem. Kmalu je ugotovil, da bi svoje matematično znanje lahko izkoristil tudi v ekonomiji. Opazoval je namreč nizozemsko banko, ki je z izdajo papirnatega denarja gnala nizozemsko ekonomijo (Kastelic, 2008).

John Law pa ideje o banki ni mogel realizirati v svoji domovini, ker je bil po prestani kazni v zaporu izgnan iz države. Preselil se je v Francijo, kjer je ustanovil *Banque Royal*. To banko je kmalu prevzela francoska država, da bi omilila svoje izgube z obveznicami. John Law je tako ustanovil podjetje Mississippi, ki je dobilo koncesijo za trgovanje s francoskimi kolonijami v Ameriki. Dobil je idejo, da proda delnice svojega podjetja in jih zamenja za državne obveznice. Z državo je sklenil dogovor, da bo za prejete obveznice dobival manj obresti. Delnice podjetja so prodajali vlagateljem tako, da so delnice lahko kupili le z državnimi obveznicami. S tem je nudil korist obema stranema, katerih interesi so si bili v navzkrižju. To sta država s svojim dolgom in njeni upniki. Zdelo se je, da so vsi na boljšem. Država je za obveznice plačevala nižje obresti, vlagatelji pa so dobili delnice dobrega podjetja (Kastelic, 2008).

Law je dobil koncesijo za gojenje tobaka. Objavil je tudi, da bo odkupil delnice in prevzel celotni državni dolg. Cena delnice je v petih mesecih zrasla iz 490 liver (nekdanja francoska denarna enota) na 6.500 liver. Vendar to zanj še ni bilo dovolj. Želel je, da bo vrednost delnice 10.000 liver, saj bi bil s tem dosežen 2 % donos na vložen kapital (Kastelic, 2008).

Decembra leta 1719 je cena delnice zrasla na 10.000 liver. Prvič se je začelo govoriti o milijonarjih, ki so to postali z borznim trgovanjem. Podrl se je družbeni ustroj, revni so postali bogati in kupovati so začeli luksuzne dobrine (Kastelic, 2008).

V Angliji so se bali, da bi razcvet v Franciji slabo vplival na Anglijo. Francija bi se lahko vojaško okrepila (Kastelic, 2008).

Tudi v Angliji so želeli kopirati francosko podjetje Mississippi. Leta 1711 je bilo ustanovljeno podjetje South Sea, ki je dobilo koncesijo za trgovanje s španskimi

kolonijami. Španija pa je v tistem času prepovedala trgovanje tujcem z njihovimi kolonijami. Podjetje South Sea je pogodbo z državo prav tako sklenilo, da bo za državne obveznice dobilo manj obresti. Z zamenjavo obveznic za njihove delnice bi bili zopet vsi na boljšem. Država bi plačevala manj obresti za svoje obveznice, vlagatelji pa bi dobili delnice rastočega podjetja (Kastelic, 2008).

Nastopilo je leto 1720, ki velja v zgodovini borze za eno najbolj kaotičnih. V Franciji se je zaradi velike količine papirnatega denarja v obtoku povečala inflacija. Delnice podjetja Mississippi so padle na 7.500 liver. V Angliji pa se je stvar odvijala v nasprotno smer. Delnice podjetja South Sea so rasle. Vzklila so neka podjetja, ki so dobila ime »balončki« (angl. *Bubbles*). Junija leta 1720 so cene podjetja South Sea dosegle vrhunec, njihova cena je znašala 950 funtov. Vendar se je negotovost s francoskega borznega trga preselila tudi v Anglijo. Cena delnice je do avgusta padla na 700 funtov. Vodilni v podjetju so poskušali zaustaviti padanje. 8. 9. 1720 so sklicali sestanek, ki so ga napolnili s svojimi podporniki, redke nasprotnike pa so uspeli utišati, vendar ne za dolgo. Do sredine septembra je cena delnice padla na 380 funtov (Kastelic, 2008).

1.2.3 Borzni zlom v ZDA leta 1929

Ko se je leta 1914 začela pripravljati prva svetovna vojna, so ljudje na številnih borzah začeli prodajati svoje delnice. Največ trgovanja je bilo na londonski borzi. Nekatere borze so bile prisiljene zapreti svoja vrata (Kastelic, 2008).

Padec vrednosti delnic se je odrazil tudi na newyorški borzi, čeprav ZDA niso bile neposredno vpletene v prvo svetovno vojno. Bali so se, da bodo ljudje s strani vojskujočih držav začeli umikati svoje premoženje. Vendar so kmalu ugotovili, da je newyorška borza oaza za evropske vlagatelje. Razcvet newyorške borze so najprej začeli Američani sami z nakupom izključno ameriških delnic. V borzo so se vključili tudi ljudje srednjega sloja z nakupom »vojaških obveznic«. Cene delnic so bile igra ljudi z notranjimi informacijami. Vrednotenje delnic je bilo nesodobno. Donos delnic je bil prenosorazmeren z višino dividend. Ker so bile delnice bolj tvegane od obveznic, so vlagatelji pričakovali večji donos delnic, kot je bil donos obveznic (Kastelic, 2008).

Edgar Lawrence Smith je leta 1924 dokazal, da ima diverzificiran portfelj delnic na dolgi rok višji donos kot obveznice. Prvi je dokazal, da so za vrednotenje delnic pomembnejši bodoči kot tekoči dohodki (Kastelic, 2008).

Leta 1927 je Ameriški predsednik Calvin Coolidge izjavil, da so ZDA vstopile v dobo prosperitete. Številni Američani so jemali kredite, da so lahko kupili rastoče delnice. Indeks DJIA (Dow Jones Industrial Average) je od leta 1921 do 1929 zrasel že za 500 %. Vrh je bil dosežen 3. 9. 1929. Sledil je sušen mesec (Kastelic, 2008).

23. 10. 1929 je indeks DJIA izgubil 8 % svoje vrednosti. Naslednji dan, 24. 10. 1929, so delnice v povprečju izgubile 10 %. Ta dan se imenuje tudi črni četrtek (Kastelic, 2008).

Naslednji dan je podpredsednik borzne hiše J. P. Morgan, Richard Whitney, začel kupovati delnice po večji ceni od izklicne. Ustvaril je psihološki efekt, tako da so tisti dan cene delnic celo malo narasle. Vendar so delnice na črni ponedeljek padle za 12,8 %, na črni torek pa so izgubile še 11,7 % vrednosti. Cene delnic so dosegle dno 8. 7. 1932 (Kastelic, 2008).

1.2.4 Borzni zlom v letu 1987

Leta 1987 so borze v ZDA strmo rasle. Predsednik Ameriške centralne banke (angl. *Federal Reserve System*, v nadaljevanju FED) je postal Alan Greenspan, ki je naročil preiskavo o morebitnih borznih krizah. Skrbelo ga je trgovanje z izvedenimi finančnimi instrumenti. Borzni posredniki so v tistem času vse več uporabljali računalniško podprto trgovanje (angl. *program trading*). Še posebej sta izstopali indeksna arbitraža (angl. *index arbitraging*) in zavarovanje portfelja (angl. *portfolio insurance*) (Kastelic, 2008).

Namen indeksne arbitraže je v tem, da poskuša izenačiti cene delnic v določenem indeksu in ceno indeksne terminske pogodbe. Namen zavarovalnega portfelja je omejitev izgub v času padca (Kastelic, 2008).

V sredo, 14. 10. 1987, so cene delnic padle. Tudi v naslednjih dveh dneh se je padanje cen nadaljevalo. Številni zaskrbljeni vlagatelji in pokojninski skladi so pomaknili svoje naložbe v varnejše obveznice. Investitorji so začeli prodajati terminske pogodbe. Posledično je padla cena indeksnih terminskih pogodb, kar je vodilo do razlik med ceno teh pogodb in vrednostjo indeksa newyorške borze (Kastelic, 2008).

Ko se je v petek, 16. 10. 1987, trgovalni dan zaključil, so mnogi borzni vlagatelji vedeli, da bodo delnice še naprej padale. Varovalcem portfeljev so njihovi računalniški modeli predlagali nadaljnjo prodajo terminskih pogodb in delnic (Kastelic, 2008).

V ponedeljek, 19. 10. 1987, se je padanje nadaljevalo. Skrb so povzročala prodajna naročila, ki so bila večja od nakupnih naročil. Zato se v prve pol ure kar z enajstimi od tridesetih delnic indeksa DJIA ni trgovalo. To je vodilo do težav pri interpretaciji indeksa. Cene delnic so bile stare. Po drugi strani pa se je borzni trg v Chicagu z indeksnimi terminskimi pogodbami odprl pravočasno. Prišlo je do razlike v vrednosti indeksa na obeh trgih. Na vrsto so prišli strokovnjaki za indeksne arbitraže. V računalnik so vnesli prodajo; ko se je le-ta izvedla, so prodali po nižji ceni od pričakovane (Kastelic, 2008).

Poglejmo primer: vlagatelj je hotel prodati delnico za 100 dolarjev. V računalnik je vnesel naročilo. Zaradi preobremenjenosti sistema se je naročilo izvedlo šele čez eno uro pri ceni

85 dolarjev. Torej je znašala izguba zaradi preobremenjenosti sistema 15 dolarjev (Štor, 2002).

Ko se je 19. 10. 1987, ki so ga poimenovali črni ponedeljek, trgovalni dan zaključil, je indeks DJIA izgubil 23 %, indeks S&P 500 pa je na terminski borzi izgubil 29 % (Kastelic, 2008).

Borzni zlom pa se ni začel v ZDA, temveč na vzhodu Azije, kjer se borze prve odprejo. Borze so strmo padale, nazadnje je kriza dosegla tudi ZDA (Kastelic, 2008).

1.3 Matematični modeli borznih balončkov

1.3.1 Enostavni potenčni zakon

Pri finančnih balončkih najbolj opazimo hitro rast delnic. Pospešeno rast delnic modeliramo s potenčnim zakonom, ki mu pravimo končna singularnost (angl. *Finite-time singularity*). Pravimo mu tudi enostavni potenčni zakon. Poenostavljena oblika tega zakona je naslednja enačba:

$$\log p(t) = A + B(t_c - t)^\beta, \quad (1)$$

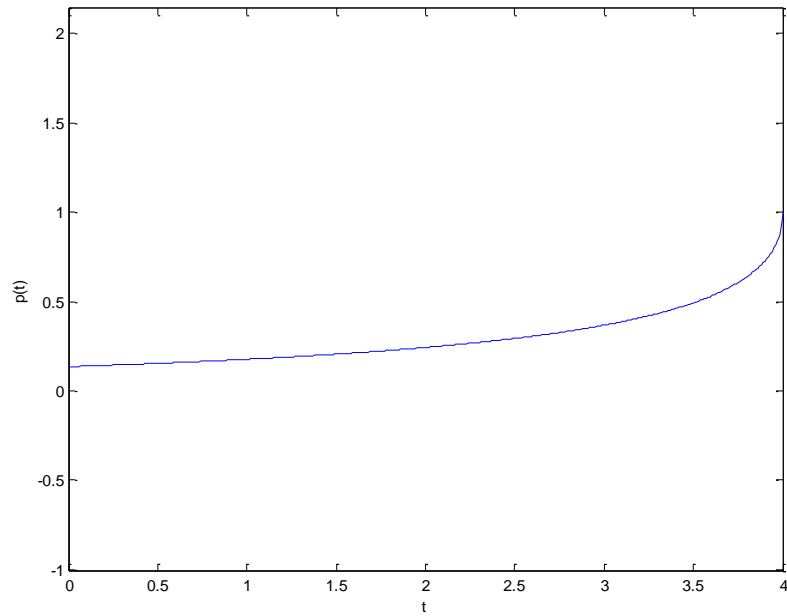
kjer je $B < 0$, $0 < \beta < 1$, t_c je teoretično kritični čas, ki označuje pok balončka, $p(t)$ pa je vrednost delnice ali borznega indeksa. Taka definicija, hitrejša od eksponentne rasti $p(t)$, je naša delovna definicija balončka. Njena glavna prednost je ta, da se izognemo uganki za razlikovanje med eksponentno rastjo osnovne cene in eksponentno rastjo cene balončka. Pogoja $B < 0$ in $0 < \beta < 1$ zagotavljata super eksponentno rast cene, skupaj s pogojem, da je cena končna tudi pri času t_c . Večja singularnost se lahko pojavi pri $\beta < 0$ (Gluzman & Sornette, 2002a).

Tak pristop se zdi na prvi pogled neprimeren ali pa preveč naiven, da bi povzeli stohastično naravo cen delnic, katere ničelna hipoteza je geometričen model naključnega sprehoda. To pomeni, da ni mogoče napovedati, kako se bo gibala cena delnice vnaprej na podlagi preteklih podatkov. Vendar pa je možno posplošiti ta enostaven determinističen model, da vsebuje nelinearno pozitivno povratno informacijo pri Black-Scholes modelu, kar vodi do koncepta stohastične končne singularnosti (Andersen & Sornette, 2004; Fogedby, 2003; Fogedby & Poutkaradze, 2002; Sornette & Andersen, 2002).

Na Sliki 1, Sliki 2 in Sliki 3 predstavljamo nekaj primerov enostavnega potenčnega zakona, kjer so $p(t)$, $r(t)$ in $s(t)$ izmišljene vrednosti delnic:

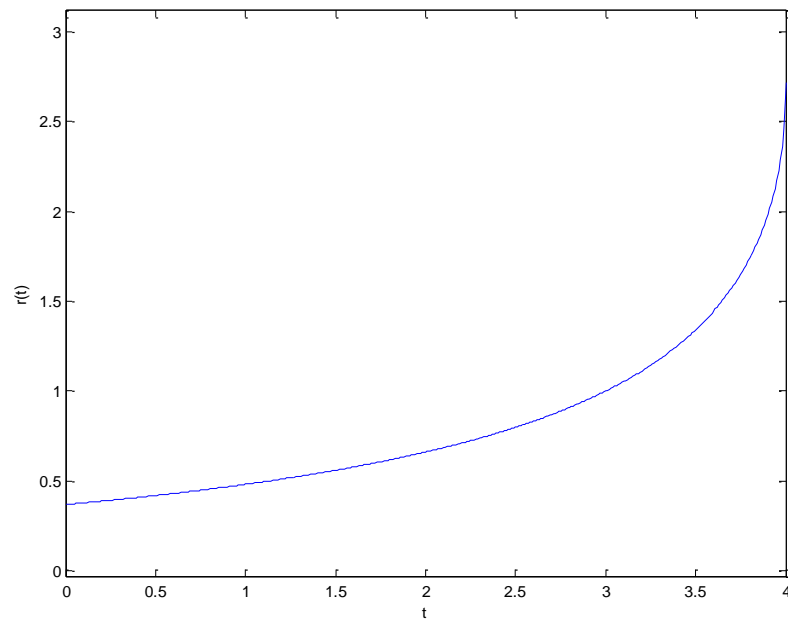
Slika 1: Primer enostavnega potenčnega zakona $p(t)$

$$\log p(t) = -(4-t)^{0.5}, \quad A=0, \quad B=-1, \quad t_c=4, \quad \beta=0.5$$

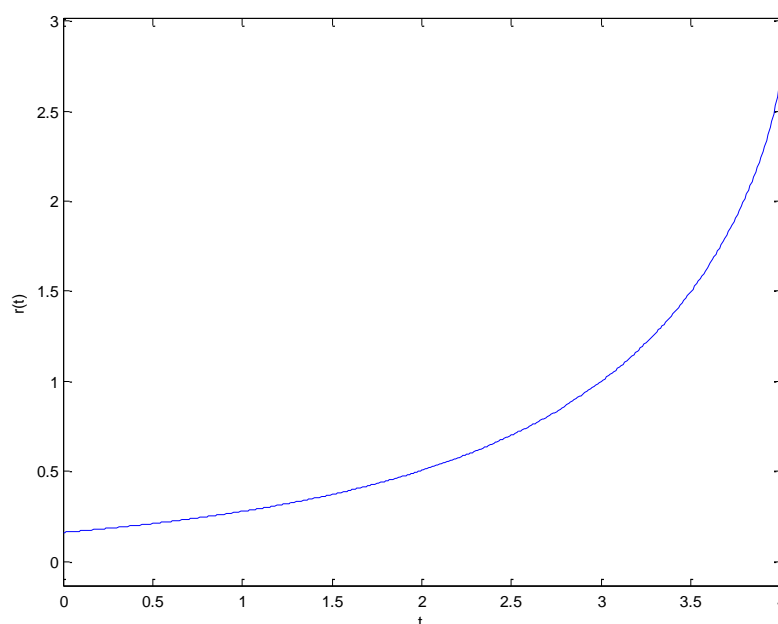


Slika 2: Primer enostavnega potenčnega zakona $r(t)$

$$\log r(t) = 1 - (4-t)^{0.5}, \quad A=1, \quad B=-1, \quad t_c=4, \quad \beta=0.5$$



Slika 3: Primer enostavnega potenčnega zakona $s(t)$
 $\log s(t) = 1 - (4 - t)^{0.75}$, $A = 1$, $B = -1$, $t_c = 4$, $\beta = 0.75$



1.3.2 Kompleksnejši log periodični potenčni zakon

Najpreprostejši model, ki posplošuje enačbo (1) in vključuje te sestavine, je tako imenovani log periodični potenčni zakon (angl. *log periodic power law*, v nadaljevanju LPPL) (Sornette, 2003). Nekaj teh enačb lahko dobimo s tem, da predpostavimo, da je eksponent β kompleksno število. LPPL struktura lahko odseva diskretno hierarhično organizacijo mreže prodajalcev, od individualne do skupne mreže prodajalcev, do oddelkov, do bank, do valutnih sistemov. Najpreprostejši model, ki ga uporabljamo, je:

$$\log p(t) = A + B(t_c - t)^\beta [1 + C \cos(\omega \log(t_c - t) + \phi)], \quad B < 0 \text{ in } 0 < \beta < 1 \quad (2)$$

Konstanta A je enaka $\log p(t_c)$. Najpomembnejša parametra sta eksponent β , ki pove, kako hitro se cena približuje kritičnemu času t_c , in ω , ki pove, kako funkcija oscilira. Glavna lastnost je ta, da se oscilacije pojavijo v ceni pred kritičnim časom. Lokalni maksimumi funkcije so razdeljeni s časovnimi intervali, ki težijo proti ničli v kritičnem času in to se dogaja v geometrični rasti, torej je razmerje zaporednih intervalov konstanta:

$$\lambda \equiv e^{\frac{2\pi}{\omega}}$$

Da bi dobili balonček, morajo konstante v enačbi (2) zadoščati naslednjim pogojem (Johansen, 2002):

$$\begin{aligned}
 A &> 0 \\
 B &< 0 \\
 \beta &= 0.33 \pm 0.18 \\
 \omega &= 6.36 \pm 1.56 \\
 0 &\leq \phi \leq 2\pi
 \end{aligned}$$

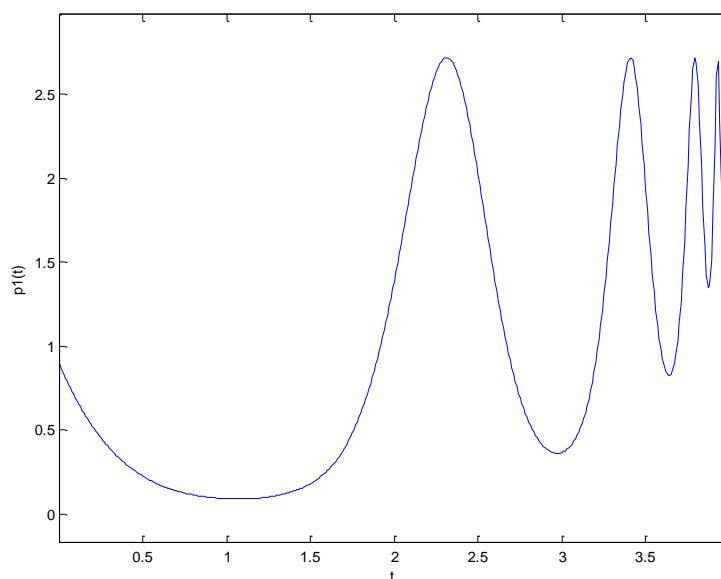
Uvodni testi so pokazali, da LPPL model predstavlja dober štartni položaj za odkrivanje balončkov in za napovedovanje njihovega poka. Racionalna pričakovanja modelov balončkov, kot so Blanchard in Watson implementirani LPPL model (Johansen, Sornette & Ledoit, 1999; Johansen, Ledoit & Sornette, 2000), so pokazali, da konec balončka ni nujno pok, ampak je čas, ko je pok najbolj verjeten. Toda pok se lahko zgodi prej (z manjšo verjetnostjo) ali poka sploh ni. To pomeni, da balonček lahko pristane približno v tretjini primerov, kot je ugotovljeno iz prejšnjih raziskav. Zato so lahko napovedi samo verjetnostne. Verjetnostne napovedi so pogosto rabljene v vsakodnevem življenju, kot je na primer vremenska napoved (Sornette & Woodard, 2009).

Na slikah 4, 5, 6 in 7 je nekaj primerov log periodičnega potenčnega zakona, kjer so $p1(t)$, $p2(t)$, $p3(t)$ in $p4(t)$ izmišljene vrednosti delnic:

Slika 4: Primer log periodičnega potenčnega zakona $p1(t)$

$$\log p1(t) = 1 - (4 - t)^{0.5} (1 + \cos(6 \log(4 - t))),$$

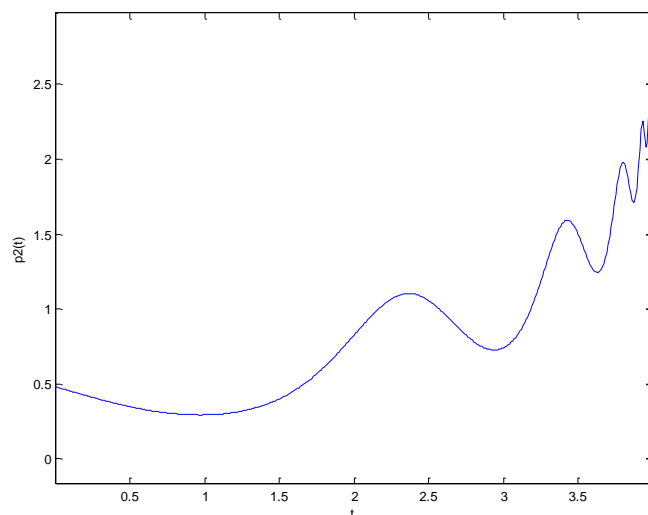
$$A = 1, B = -1, t_c = 4, \beta = 0.5, C = 1, \omega = 6, \phi = 0$$



Slika 5: Primer log periodičnega potenčnega zakona $p_2(t)$

$$\log p_2(t) = 1 - (4 - t)^{0.5} (1 + 0.3 \cos(6 \log(4 - t))),$$

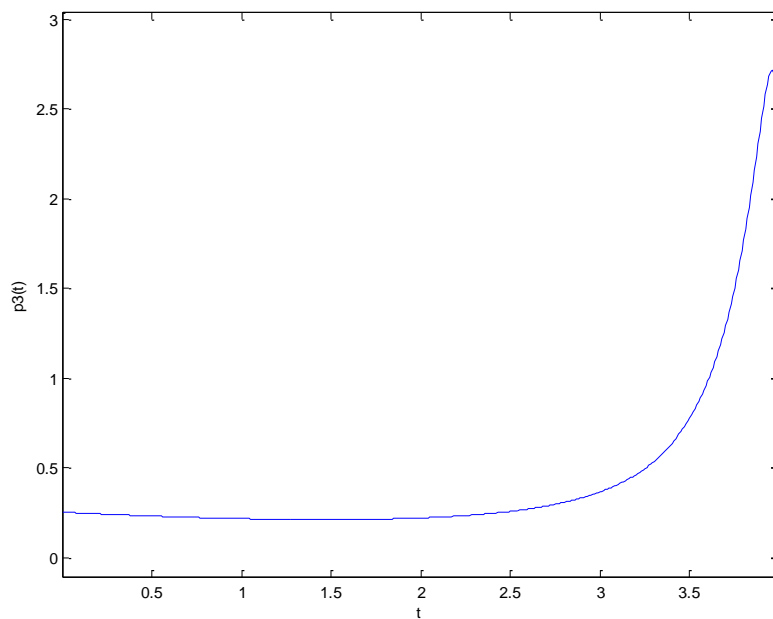
$$A = 1, B = -1, t_c = 4, \beta = 0.5, C = 0.3, \omega = 6, \phi = 0$$



Slika 6: Primer log periodičnega potenčnega zakona $p_3(t)$

$$\log p_3(t) = 1 - (4 - t)^{0.5} (1 + \cos(\log(4 - t))),$$

$$A = 1, B = -1, t_c = 4, \beta = 0.5, C = 1, \omega = 1, \phi = 0$$

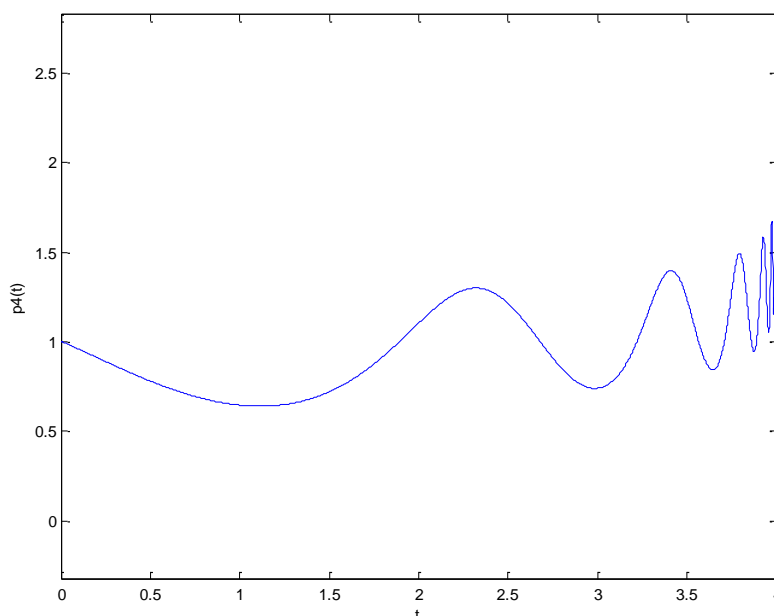


Funkcija $p_3(t)$ ni prava LPPL funkcija, saj ω ni v zahtevanem območju.

Slika 7: Primer log periodičnega potenčnega zakona $p4(t)$

$$\log p4(t) = 1 - (4-t)^{0.1} (1 + 0.3 \cos(6 \log(4-t))),$$

$$A = 1, B = -1, t_c = 4, \beta = 0.1, C = 0.3, \omega = 6, \phi = 0$$



Funkcija $p4(t)$ ni prava LPPL funkcija, saj β ni v zahtevanem območju.

1.3.3 Podporni mehanizem

Mehanizem, ki povzroča spremembo cene med balončkom, kot je povzet iz Johansna et al. (2000), ima temelje na racionalnem pričakovanju, da mora pričakovana cena kompenzirati pričakovan riziko. Mehanizem je stohastični proces, pri katerem je pričakovana vrednost sredstva v času $t+1$ pri predhodnih podatkih pred in do t enaka ceni v času t . Martingalov pogoj je formuliran v Johansnu et al. (2000), kot:

$$dp = \kappa p(t) h(t) dt, \quad (3)$$

- kjer je: dp pričakovana sprememba cene, pod pogojem, da ne bo poka balončka med naslednjim časovnim intervalom dt ;
- $p(t)$ cena v času t ;
- κ odstotek, za katerega je pričakovan padec med pokom balončka, če se bo leta zgodil;
- $h(t)$ stopnja tveganja v času t ; torej verjetnost, da se bo pok balončka zgodil v naslednji časovni enoti, pri pogoju, da se še ni zgodil.

Pod tem Martingalovem pogojem bodo investitorji kupovali delnico v času t , če pričakujejo, da bo cena delnice v času $t+1$ večja od cene v času t , za več kot je pričakovano tveganje, to je: $E(p(t+1)) > p(t) + dp$. Ta nakup bi povzročil dvig današnje cene delnice. Torej bo pričakovana rast cene med današnjim dnem in jutrišnjim manjša (predvidevamo, da bo pričakovana vrednost jutri ostala konstantna); kupovanje delnic se bo nadaljevalo dokler ne bo pričakovana cena v ravnovesju s pričakovanim tveganjem iz enačbe (3). In obratno, če so investitorji prepričani, da bo pričakovana rast delnice jutri nezadostna, da bi pokrila riziko, t.j. $E(p(t+1)) < p(t) + dp$, potem bodo delnico danes prodali, šli na kratko, kar bo povzročilo padec današnje cene delnice.

Opozorimo moramo, da so vse vrednosti na desni strani enačbe (3) pozitivne, torej je $dp > 0$, cena mora vedno pričakovano rasti med balončkom.

Če povzamemo enačbo (3), dobimo:

$$\begin{aligned} \frac{1}{p(t)} dp &= \kappa h(t) dt \\ \log p(t) &= \kappa \int_{t_0}^t h(t') dt' \end{aligned} \quad (4)$$

Da bi povzeli obnašanje cene delnice, moramo določiti stopnjo tveganja $h(t)$. Tukaj Johansen et al. (2000) predlaga model, v katerem je vsak trgovec i v enem stanju s_i , bodisi kupec (+1) bodisi prodajalec (-1). V naslednjem časovnem obdobju je pozicija trgovca i podana z naslednjo enačbo ($sign$ je predznak dobljene vrednosti enačbe, njegova vrednost je bodisi +1 bodisi -1):

$$s_i = sign \left(K \sum_{j \in N(i)} s_j + \sigma \varepsilon_i \right), \quad (5)$$

kjer je:

- K medsebojni vpliv med trgovci;
- $N(i)$ množica trgovcev, ki vplivajo na trgovca i ;
- s_j trenutno stanje trgovca j ;
- σ tendenca po skupnem ravnanju za vse trgovce;
- ε_i naključna vrednost z ničelnim povprečjem in normalno porazdelitvijo.

Pomemben parameter, ki determinira obnašanje skupnosti trgovcev, je razmerje K/σ , ki determinira kritično vrednost K , ki je K_c . Če je $K \ll K_c$, potem skupnost trgovcev ni organizirana. Ko se K približuje K_c , začne med skupnostjo trgovcev prevladovati red,

tako da ima večina trgovcev enako stanje. Ko se vrednost K z leve približuje K_c , sistem postane bolj občutljiv za majhne začetne perturbacije. Pri kritični vrednosti K_c bodo imeli vsi trgovci enako stanje, bodisi $+1$ ali -1 . Johansen et al. (2000) še predpostavlja:

1. medsebojni vpliv K v času počasi raste proti K_c in
2. stopnja tveganja $h(t)$ je v sorazmerju s K .

Pri tem Bree in Joseph (2010) ne opravičita predpostavk, toda prva mogoče bazira na predvidevanju, da takrat, ko se frekvenca fluktuacij poveča, trgovci niso več tako prepričani na lastno presojo, ampak se bolj zanašajo na presojo svojih sosedov.

1.3.3.1 Podporni mehanizem pri enostavnem potenčnem zakonu

V najpreprostejšem scenariju K linearno raste v času. Predpostavimo, da ima vsak trgovec štiri sosede v navadni dvodimenzionalni mreži. Potem je vpliv χ sistema blizu kritične vrednosti K_c lahko dobljen z naslednjo aproksimacijo:

$$\chi \approx B''(K_c - K)^{-\gamma}, \quad (6)$$

kjer je $B'' > 0$ in $0 < \gamma < 1$ (glej Johansen et al. (2000)). Te tri predpostavke, če jih povzamemo, dobimo:

$$h(t) \approx B'(t_c - t)^{-\alpha}, \quad (7)$$

kjer je $0 < \alpha < 1$. Če damo v enačbo (4) enačbo (7) in integriramo, dobimo:

$$\begin{aligned} \log p(t) &= \kappa \int_{t_0}^t B'(t_c - t')^{-\alpha} dt' = \frac{-\kappa B'}{1-\alpha} [(t_c - t)^{1-\alpha}]_{t_0}^t \\ &= \frac{-\kappa B'}{1-\alpha} ((t_c - t)^{1-\alpha} - (t_c - t_0)^{1-\alpha}), \\ \text{pri } t = t_c, \log p(t_c) &= \frac{-\kappa B'}{1-\alpha} (0 - (t_c - t_0)^{1-\alpha}) \\ \text{Torej } \log p(t) &= \log p(t_c) - \frac{\kappa B'}{1-\alpha} (t_c - t)^{1-\alpha} \\ &= A + B(t_c - t)^\beta, \end{aligned} \quad (8)$$

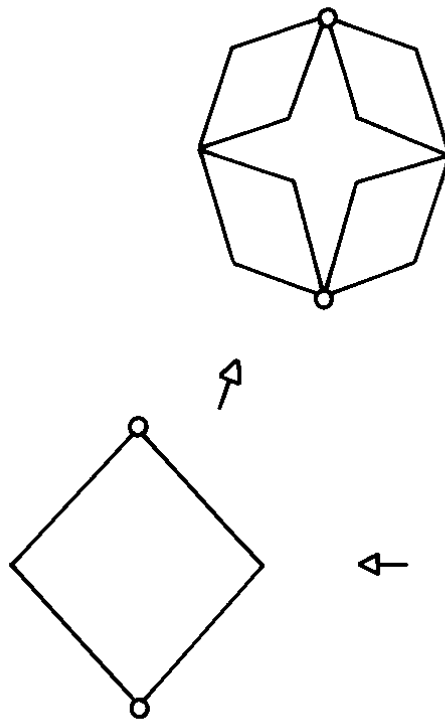
kjer je $A = \log(p(t_c))$, $B = -\kappa B'/(1-\alpha)$ in $\beta = 1-\alpha$. To je enostavna potenčna rast ali enostavni potenčni zakon.

1.3.3.2 Podporni mehanizem pri kompleksnejšem log periodičnemu potenčnemu zakonu

Da bi predstavili log periodične fluktuacije v eksponentno rast funkcije, potrebujemo drugačno obliko medsebojne strukture. Ta struktura predvideva, da:

1. začnemo s parom povezanih trgovcev;
2. zamenjamo vsako povezavo v trenutni mreži z romбом s štirimi povezavami in z dvema novima točkama, ki sta diagonalno v nasprotju (glej Sliko 8).

Slika 8: Prvi trije koraki rekurzivne konstrukcije zgornje strukture



Ta proces se nadaljuje toliko časa, dokler ni dosežen mehanizem, ki ga ustavi. Potem (glej Johansen et al. (2000)):

$$\begin{aligned}
 \chi &\approx \operatorname{Re}[B_0(K_c - K)^{-\gamma} + C_0(K_c - K)^{\gamma+i\omega} + \dots] \\
 \chi &\approx B''(K_c - K)^{-\gamma} + C''(K_c - K)^{-\gamma} \cos(\omega \log(K_c - K) + \phi') + \dots \\
 \text{Torej } h(t) &\approx B'(t_c - t)^{-\alpha} [1 + C' \cos(\omega \log(t_c - t) + \phi')] \text{ iz enačbe (7),} \quad (9)
 \end{aligned}$$

kjer so B_0 , C_0 , γ in ω realna števila. $\operatorname{Re}[\cdot]$ pa je realni del kompleksnega števila.

V enačbi (4) zamenjamo $h(t)$ z enačbo (9) in dobimo:

$$\log p(t) = \kappa \int_{t_0}^t B'(t_c - t')^{-\alpha} \{1 + C' \cos(\omega \log(t_c - t') + \phi')\} dt' \quad (10)$$

Če zamenjamo $\beta = 1 - \alpha$ in $\psi(t') = \omega \log(t_c - t') + \phi'$ v integralu

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^t (t_c - t')^{-\alpha} \cos(\omega \log(t_c - t') + \phi') dt' &= \int_{t_0}^t (t_c - t')^{\beta-1} \cos \psi(t') dt' \\ &= \left[\frac{-(t_c - t')^\beta}{\omega^2 + \beta^2} \{ \omega \sin \psi(t') + \beta \cos \psi(t') \} \right]_{t_0}^t \end{aligned} \quad (11)$$

Če integriramo enačbo (10) in uporabimo enačbo (11) dobimo:

$$\begin{aligned} \log p(t) &= \kappa \left[\frac{-B'}{1-\alpha} (t_c - t')^{1-\alpha} - \frac{B'C'(t_c - t')^\beta}{\omega^2 + \beta^2} (\omega \sin \psi(t') + \beta \cos \psi(t')) \right]_{t_0}^t \\ &= \kappa \left[\frac{-B'}{\beta} \{ (t_c - t)^\beta - (t_c - t_0)^\beta \} \right. \\ &\quad \left. - \frac{B'C'}{\omega^2 + \beta^2} \{ (t_c - t)^\beta (\omega \sin \psi(t) + \beta \cos \psi(t)) \right. \\ &\quad \left. - (t_c - t_0)^\beta (\omega \sin \psi(t_0) + \beta \cos \psi(t_0)) \} \right] \\ \log p(t_c) &= \kappa \left[\frac{B'(t_c - t_0)^\beta}{\beta} + \frac{B'C'(t_c - t_0)^\beta}{\omega^2 + \beta^2} (\omega \sin \psi(t_0) + \beta \cos \psi(t_0)) \right] \\ \log p(t) &= \log p(t_c) - \frac{\kappa B'(t_c - t)^\beta}{\beta} - \frac{\kappa B'C'}{\omega^2 + \beta^2} \{ (t_c - t)^\beta (\omega \sin \psi(t) + \beta \cos \psi(t)) \} \\ &= A + B(t_c - t)^\beta [1 + C'' (\omega \sin \psi(t) + \beta \cos \psi(t))] \\ &\approx A + B(t_c - t)^\beta [1 + C \cos(\psi(t) + \phi')] \\ &= A + B(t_c - t)^\beta [1 + C \cos(\omega \log(t_c - t) + \phi)], \end{aligned} \quad (12)$$

kjer je $A = \log p(t_c)$, $B = -\kappa B' / \beta$, in $C'' = \beta C' / (\omega^2 + \beta^2)$, kar je LPPL, kot v enačbi (2).

1.3.4 Weierstrassove funkcije

V praksi se pogosto pojavlja tudi Weierstrass tip funkcije. Splošna oblika Weierstrass funkcije N-tega reda je naslednja:

$$I(t) = A + Bx^m + \Re \left(\sum_{n=1}^N C_n e^{i\psi_n} x^{-s_n} \right), \quad (13)$$

kjer je $x = t_c - t$, kjer t_c označuje konec balončka in $\Re(\bullet)$ pomeni realni del kompleksnega števila. Eksponent s_n je definiran kot $s_n = m + in\omega$. Njegov realni del je eksponent m , ki nadzoruje splošni eksponentni zakon. Njegov imaginarni del ω pa predstavlja log periodičnost. Posebni primer $C_n = C/n^{m+0.5}$ označuje ničelno fazo Weierstrass funkcije.

1.3.5 Landau ekspanzije prvega in drugega reda

Zelo močno orodje pri preučevanju kritične faze tranzicije je z Landau ekspanzijo. V magistrskem delu smo uporabili posplošeno obliko Landau ekspanzije prvega in drugega reda. Landau ekspanzija prvega reda je nič drugega kot LPPL enačba (2). Dobimo jo kot rešitev naslednje enačbe:

$$\frac{dF(\tau)}{d \log(\tau)} = (\beta + i\omega)F(\tau) \quad (14)$$

Landau ekspanzija drugega reda je rešitev enačbe:

$$\frac{dF(\tau)}{d \log(\tau)} = (\beta + i\omega)F(\tau) + (\eta + i\kappa)|F(\tau)|^2 F(\tau), \quad (15)$$

kjer je $\beta > 0$, ω , η in κ pa so realni koeficienti.

Njena rešitev ima naslednjo obliko:

$$I(t) = A + \frac{\tau^\beta}{\sqrt{1 + \left(\frac{\tau}{\Delta t}\right)^{2\beta}}} \left(B + C \cos \left\{ \omega \log \tau + \frac{\Delta \omega}{2\beta} \log \left(1 + \left(\frac{\tau}{\Delta t}\right)^{2\beta} \right) + \phi \right\} \right), \quad (16)$$

kjer je $\tau = t_c - t$. Podrobneje sta jo opisala Johansen in Sornette (1999b).

1.3.6 Metoda za določanje antibalončka

Kot sta poudarila Johansen in Sornette (1999b), je čredno obnašanje, ki vodi do log-periodičnih oscilacij in ki ga lahko opazimo pri napihovanju balončka, možno opaziti tudi v fazi po poku balončka.

Podobno kot v fazi napihovanja balončka lahko fazo po poku balončka modeliramo z enačbo podobno (2):

$$\log p(t) = A + B(t - t_c)^\beta [1 + C \cos(\omega \log(t - t_c) + \phi)], \quad (17)$$

kjer je $t > t_c$ in t_c predstavlja najbolj verjeten čas, spremembe iz rasti balončka v obdobje po poku balončka. Obdobju po poku balončka pravimo tudi **antibalonček**. Opazimo lahko, da se enačba (17) čisto malo razlikuje od enačbe (2), $t_c - t$ pri enačbi (2) se spremeni v $t - t_c$ pri enačbi (17).

Poleg enačbe prvega reda (2) ali (17), v njunem članku Johansen in Sornette (1999b) predlagata razširitev enačbe (2) z drugim redom:

$$\log p(t) = A + \frac{\tau^\beta}{\sqrt{1 + \left(\frac{\tau}{\Delta t}\right)^{2\beta}}} \left(B + C \cos \left\{ \omega \log \tau + \frac{\Delta \omega}{2\beta} \log \left(1 + \left(\frac{\tau}{\Delta t}\right)^{2\beta} \right) + \phi \right\} \right), \quad (18)$$

kjer je $\tau = t - t_c$. Glavna razlika med enačbo (17) in (18) so dodani dodatni členi, ki omogočijo spremembo oscilacij od ω blizu t_c do $\omega + \Delta\omega$ daleč stran od t_c (to je za $t - t_c > \Delta t$). Ta enačba se imenuje tudi Landau ekspanzija drugega reda.

1.3.7 Aproksimacija same cene delnic ali logaritem cene delnic

Iz enačbe (12) je potrebno primerjati logaritem cene delnice pri LPPL, čeprav je LPPL pogosto primerjan s samo ceno delnic oziroma podatkov. Johansen in Sornette (2001a) opravičujeta uporabo samih podatkov s predpostavko, da je padec vrednosti delnice pri poku balončka proporcionalen vrednosti po in nad fundamentalno vrednostjo, namesto da je proporcionalen samo do vrednosti. To pomeni, da nadomestijo pogoj (3) s pogojem:

$$dp = \kappa(p(t) - p_1)h(t)dt, \quad (19)$$

kjer je p_1 fundamentalna vrednost.

Johansen in Sornette (2001a) predstavita predpostavko, da je rast v vrednosti od začetka balončka mnogo manjša kot pa količina, za katero je vrednost na začetku balončka nad fundamentalno vrednostjo. Torej:

$$p(t) - p(t_0) \ll p(t_0) - p_1, \quad (20)$$

kjer je t_0 čas začetka balončka. Tudi, če fundamentalna vrednost ni ocenjena v modelu, je zgornja predpostavka težko ovrednotena. Če je rast vrednosti delnice med balončkom večja

kot pa vrednost na začetku balončka, na primer $p(t) > 2p(t_0)$, potem pogoj pri enačbi (19) ne more biti zagotovljen; drži le v primeru, če je fundamentalna vrednost negativna. Predpostavljamo, da to ni naš namen. Torej lahko testiramo, ali je ta predpostavka zadoščena.

Če integriramo enačbo (19) od začetka balončka t_0 do t in uporabimo enačbo (20), dobimo:

$$\begin{aligned} p(t) &= p(t_0) + \int_{t_0}^t dp \\ &= p(t_0) + \kappa \int_{t_0}^t (p(t') - p_1) h(t') dt' \\ &\approx p(t_0) + \kappa (p(t_0) - p_1) \int_{t_0}^t h(t') dt' \end{aligned} \quad (21)$$

Ob predpostavki, da enačba (20) drži, lahko enačbo (21) uporabimo pri primerjanju LPPL s samo ceno delnice (kot je narejeno v Johansen in Sornette (2001a)), namesto logaritmem cene delnic oziroma podatkov.

2 RAZISKAVE DRUGIH AVTORJEV

2.1 Endogeni in eksogeni zlomi na finančnih trgih

Karakterizacija velikih premikov na borznih trgih, še posebno negativni padci cen, ima veliko pomembnost pri upravljanju s tveganji in pri razporeditvi portfeljev. V skladu s standardno ekonomsko teorijo je kompleksna krivulja cen na borznih trgih odraz novic, ki so interpretirane z velikim številom analitikov in borznih trgovcev (Cutler, Poterba & Summers, 1989). Torej bi morali biti veliki padci na borzah rezultat resnično velikih presenečenj. Dejstvo je, da eksogeni šoki obstajajo, kot na primer 11. 9. 2001, in državni udar v Sovjetski zvezi 19. 8. 1991, ki premikajo borzne cene in ustvarjajo veliko volatilito. Kljub temu bi se lahko oporekalo temu, da obstajajo predhodna opozorila teh dogodkov znana vsaj nekaterim. Ti informirani agenti bi lahko naredili poteze že pred pojavom šoka. To vprašanje je druga formulacija problema tržne učinkovitosti in do kakšne mere obstaja majhna privatna informacija, ki še nima vpliva na cene (Fama, 1991). Glavno vprašanje je, ali so velike izgube in rasti rezultat eksogenih šokov ali nasprotno; so rezultat endogenih vzrokov v dinamiki borznega trga. Prejšnja možnost zahteva upravljavca s tveganji, ki skrbno spremlja svet ekonomskih, gospodarskih, političnih, socialnih, okoljskih ... novic za možne nestabilnosti. Ta pristop je povezan s standardno »fundamentalno« analizo. Drugi, endogeni scenarij zahteva preučevanje znakov nestabilnosti, ki ga lahko najdemo v sami dinamiki trga in bi lahko naznanjala tako imenovano »tehnično« analizo.

V prvem koraku se vprašamo, ali lahko razlikujemo velike izgube od ostalih številnih manjših izgub. Seveda se večje škode naivno razlikujejo od ostalih z njihovim velikim obsegom. Problem ni v tem, da naivno kvalificiramo veliko škodo preprosto zaradi njene magnitude, kar bi bila trivialna in neinformativna definicija, temveč se vprašamo, ali obstajajo značilne statistične lastnosti, ki razlikujejo velike škode od ostalih škod. V skladu z definicijo tehničnega statističnega priročnika (angl. *Engineering Statistics Handbook*) »Ubežnik (angl. *Outlier*) je opažanje, ki »leži« na abnormalni razdalji od ostalih vrednosti v naključnem vzorcu populacije.« V nekem smislu ta definicija analitiku prepušča, da odloči o tem, kaj bo abnormalno. Vendar pa preden izločimo abnormalnosti, je potrebno določiti normalna opazovanja. Vprašanje, ki se tukaj zastavlja je, ali so največje škode, ki jih opazamo na finančnih trgih, samo »povečane majhne škode« ali nekaj popolnoma drugega. Johansen in Sornette (2002) sta to naredila po dveh neodvisnih, toda dopolnilnih poteh raziskovanja – s statistično analizo »maksimalnih padcev« (angl. *Drawdown*) na različnih trgih in študij primerkov špekulativnih balončkov na istem trgu. V njihovih prejšnjih analizah je identifikacija ubežnikov na glavnih finančnih trgih (Johansen & Sornette, 1998; Johansen & Sornette, 2001a), maksimalni padci (»maksimalni skok« (angl. *drawup*)) so bili preprosto definirani kot zvezni padec (rast) vrednosti cene ob koncu vsakega trgovalnega dne. Torej se je maksimalni padec (maksimalni skok) zaključil z vsako rastjo (padcem) v ceni, ne glede na to, kako majhna je bila.

Pri analiziranju borznega indeksa ali menjalnega tečaja z uporabo porazdelitve maksimalnih padcev (ali maksimalnih skokov), namesto bolj standardne porazdelitve donosov, ima to prednost, da so korelacije drugega ali še višjega reda upoštevane v tej točkasti statistiki. Ti maksimalni padci (maksimalni skoki) lahko identificirajo prehodne izbruhe odvisnosti v zaporednih donosih.

Pri študiji več variant maksimalnih padcev sta Johansen in Sornette (2002) pokazala, da so največji maksimalni padci v splošnem ubežniki z veliko večino (≥ 98 %) padcev in jih ni mogoče razložiti z ekstrapolacijo distribucije majhnih in srednjih izgub; lastnost, ki ji pravijo »kraljevski« efekt (Laherrere & Sornette, 1998). Ta analiza razširja rastoče število dokazov, ki kažejo na to, da porazdelitev največjih negativnih premikov na trgu pripada drugi populaciji kot majhni premiki (Johansen & Sornette, 1998).

Drugi korak zajema izvor kraljevskega efekta: ali so veliki padci odraz prihoda nenavadnih koščkov informacij ali so veliki padci rezultat samo organiziranega dinamičnega procesa borznega trga z njegovimi kompleksnimi interakcijami med heterogenimi agenti spremenljivih velikosti, ki so vsi pod vplivom nenehnih novic, kjer je vsak košček novic sam nezadosten, da bi razložil prisotnost šoka. Ponavadi velike premike in močne volatilitnosti na trgu pogosto povezujemo z zunanjimi ekonomskimi, s političnimi ali z naravnimi dogodki, vendar ne obstaja prepričljiv dokaz, ki bi to podprl. Prvi kazalec tega, da bi kombinacija teh dveh procesov lahko bila odgovorna za nastanek maksimalnih padcev ubežnikov (angl. *drawdown outlier*) na borznih trgih, je bil pridobljen od Johansna

in Sornette (1998). Odkrila sta, da sta za indeksom DJIA v zadnjem stoletju stala dva ubežnika, ki sta bila povezana z bikovskim trgom (zlom oktobra 1929 in oktobra 1987) in en ubežnik z velikim zgodovinskim dogodkom, namreč izbruh 1. svetovne vojne. To vprašanje je bilo predhodno naslovljeno kvantitativno za modeliranje volatilnih šokov z multifraktalnim modelom naključnega sprehoda stohastične volatilitnosti (Sornette, Maleverenge & Muzy, 2002). Izkazalo se je, da endogene in eksogene šoke povzročajo različni predhodniki in kasnejši dejavniki (Sornette & Helmstetter, 2002). Eksogeni šoki se hitreje povrnejo na normalne stopnje volatilitnosti, medtem ko se endogeni počasneje povrnejo na normalne stopnje volatilitnosti. Johansen in Sornette (2002) sta poskušala razlikovati med eksogenimi in endogenimi šoki na večjih časovni skalah. Šok z eksogenim izvorom bi lahko pomenil izgubo tudi na drugem pomembnejšem borznem trgu. Pokazala sta, da za večino primerov obstaja značilna struktura cenovnih krivulj. Večina maksimalnih padcev ubežnikov ima predhodni (super eksponentni) potenčni zakon s spremljajočimi (log periodičnimi) oscilacijami ali podpis log periodičnega potenčnega zakona (v nadaljevanju LPPS). Te strukture so bile predhodno odkrite pri finančnih zlomih in se jih lahko opredeli z modelom racionalnega balončka (Johansen & Sornette, 1999a; Johansen et al., 2000; Johansen et al. 1999; Sornette & Johansen, 2001). Johansen in Sornette (2002) sta odkrila, da majhen del maksimalnih padcev ubežnikov pripada eksogenemu razredu in so rezultat novih informacij, kot na primer napoved vojne. Tukaj ponujata sistematično analizo maksimalnih padcev ubežnikov. Ta študija ima tri vidike, in sicer:

1. najprej Johansen in Sornette (2002) razvijeta in razširita objektivno merilo »zlomov«, ki je uporabljeno z namenom, da bi zlome razlikovali od dogodkov v normalnih časih. Sistematična klasifikacija odkrije vse že prej odkrite zlome v prejšnjih študijah (razen zloma 1937) in doda nove dogodke. Prej objavljeni dogodki bodo v tabelah označeni s plusom (+), novo odkriti ubežniki pa bodo označeni z minusom (-);
2. analizirata predhodno časovno serijo cene pri vseh objektivno definiranih zlomih, da bi testirali prisotnost LPPS;
3. razlikujeta dva tipa zlomov, in sicer endogene zlome, ki so karakterizirani s predhodnim, špekulativnim balončkom z LPPS, ki je postal nevzdržen; in eksogeni zlomi, pri katerih je bil trg pod udarom zelo močnih zunanjih motenj.

Dva dobra primera eksogenih zlomov, torej velikih padcev v borznih cenah zunanjih šokov, sta nacistična invazija Francije in Belgije, Luksemburga ter Nizozemske (Beneluks) 10. 5. 1940, kot tudi odstop in sledeče opravičilo predsednika R. Nixona 8. 8. 1974 ter 8. 9. 1974; poglej zadnji dve vrstici v Tabeli 3 in Tabeli 4. V teh dveh primerih ni nobenega znamenja bikovskega trga in tudi ne nestabilnega balončka. Zaradi tega se zdi razumljivo, da povežemo ta dva velika padca s tema dvema zgodovinskima dogodkoma.

Dva dobra primera endogenega razreda sta zlom oktobra 1929 in »dot.com« zlom aprila 2000; glej Tabeli 3 in 5 za parametre povezanih maksimalnih padcev. Ta dva zloma lahko

gledamo kot učinkovite deflacije razširjenih balončkov borznih trgov, v obeh primerih podvržene velikim investicijam v »nove tehnologije«.

Večina spekulativnih balončkov na največjih borznih trgih, kot tudi na razvijajočih se trgih, ima naslednje lastnosti:

1. super eksponentna rast cene v času do konca balončka;
2. oscilacije s frekvenco, ki se pospešujejo v geometričnem zaporedju do najbolj možnega časa t_c konca balončka.

Ta eksponentna rast in oscilacije so označene z naslednjo enačbo:

$$I(t) = A + B(t_c - t)^\beta + C(t_c - t)^\beta \cos(\omega \log(t_c - t) - \phi) \quad (22)$$

Enačba (22) je bila predlagana kot splošni podpis kooperativnega spekulativnega obnašanja z racionalnim obnašanjem v splošni matematični teoriji racionalnih balončkov (Johansen et al., 2000; Johansen et al., 1999). Enačba (22) predstavlja dve značilnosti balončka, pred endogenim zlomom, omenjenim zgoraj, in sicer:

1. rast je hitrejša od eksponentne rasti cene, zajete s potenčnim zakonom $(t_c - t)^\beta$ z $0 < \beta < 1$;
2. pospešene oscilacije, predstavljene z delom $\cos(\omega \log(t_c - t) - \phi)$, ki vodi do lokalnih period, ki konvergirajo proti ničli s faktorjem $\lambda = \exp(2\pi/\omega)$.

Od teh sedmih parametrov so koeficienti A, B, C, in ϕ enostavno enote ter ne nosijo nobene »strukturne« informacije, t_c pa je odvisen od primera. Torej samo dva parametra β in ω povesta, kako hitro raste in kako oscilira cena, torej nosita »strukturne« informacije o dinamiki trga. To predstavlja izjemno ugotovitev, da sta vrednosti β in ω izjemno konsistentni za veliko spekulativnih balončkov na različnih trgih (Johansen, 2002). Predhodno sta Johansen in Sornette (2002) opazila, da je:

$$\omega \approx 6,36 \pm 1,56 \quad \beta \approx 0,33 \pm 0,18, \quad (23)$$

pri preko trideset zlomih na glavnih finančnih trgih. Vrh je pri $\omega \approx 6,36 \pm 1,56$ in drugi vrh, ki se pojavi pri približno dvakratniku te vrednosti, kar nakazuje pomembnost druge harmonije od glavne log periodične kotne frekvence ω . Razlog za to je ta, da je najboljše prileganje glede na vsoto najmanjših kvadratov (angl. *R.m.s.*) tudi najboljša rešitev glede na ocenjevanje strukturnih spremenljivk β in ω , kot tudi najbolj primeren čas t_c konca

balončka. Vendar sta za nekaj primerov dve najboljši prileganji vključeni v statistiko, kar razloži prisotnost »druge harmonije« okoli $\omega \approx 11,5$.

Razmišljanje o kompleksnem eksponentu $\beta + i\omega$, pride iz dejstva, da tretji člen $C(t_c - t)^\beta \cos(\omega \log(t_c - t) - \phi)$ v enačbi (22) ni nič drugega kot realni del eksponentnega zakona $C'(t_c - t)^{\beta + i\omega}$, kjer je $C' = Ce^{-i\phi}$, pisano s kompleksnim eksponentom $\beta + i\omega$. Torej lahko enačbo (22) gledamo preprosto kot posplošitev na področje kompleksnih števil standardnih potenčnih zakonov.

Tako ozek nabor vrednosti izbranega indeksa, kot je ω ali $\beta + i\omega$, je v fizikalni znanosti pogosto predpisano obnašanju, ki odraža robustno lastnost osnovnih mehanizmov kooperativnega obnašanja med enotami, ki vodijo do opazovanega kritičnega vzorca (Fisher, 1998). Johansen in Sornette (2002) kvalifikacijo tega vzorca vzameta kot definicijo endogenega balončka, ki se konča kot maksimalni padec ubežnika ali »zlom«. Nasprotno pa, če tega vzorca ni, to pomeni, da šok ni bil pod vplivom endogenega spekulativnega procesa in je lahko rezultat eksogenega vira.

Poudarimo, da je fizikalni okvir enačbe (22) nespremenljiv pri spremembi t_c in t . To vodi do zanimive lastnosti, da enačba (22) z $t - t_c$ kot njenega argumenta privede do tako imenovanih »antibalončkov«. Številni primeri takih antibalončkov so bili dokumentirani na več trgih (Johansen & Sornette, 1999b; Johansen & Sornette, 2000a; Johansen & Sornette, 2001a; Johansen et al., 1999); najbolj omembe vreden je zlom japonskega borznega trga leta 1990.

Nazadnje je potrebno izpostaviti, da je enačba (22) posebna rešitev Landau ekspanzije prvega reda, kjer je generalna periodična funkcija izbrana kot kosinus zaradi preprostosti.

2.1.1 Definicija grobo-zrnatih maksimalnih padcev in maksimalnih skokov

Maksimalni padec (maksimalni skok) je lahko definiran kot zvezno padanje (rast) vrednosti cene ob zaprtju vsakega uspešnega trgovalnega dneva. Torej se maksimalni padec (maksimalni skok) konča z vsakim najmanjšim dvigom (padcem) cene. Taka definicija je občutljiva na šum, to je naključno nekorelirano kot tudi korelirano fluktuacijo v ceni. Simulacije, ki dodajo šum analizirani časovni seriji, so že pokazale, da so porazdelitve maksimalnih padcev, robustne na šum, razumne velikosti (Johansen & Sornette 2001b).

Obstajata dve enostavni definiciji grobo-zrnatih (angl. *Coarse-grained*) maksimalnih padcev (maksimalnih skokov). Kot prvo lahko zanemarimo rast (padec) pod določeno fiksno velikostjo (absolutno ali relativno glede na ceno). Temu se reče cenovno grobo-

zrnati maksimalni padec ali » ε -maksimalni padec«, kjer je ε minimum (relativni ali absolutni) pozitivne (negativne) fluktuacije, ki bo končala maksimalni padec (maksimalni skok). Če je $\varepsilon=0$, rečemo temu maksimalnemu padcu (maksimalnemu skoku) »čisti« maksimalni padec (»čisti« maksimalni skok). Za neničelni ε dovolimo, da se maksimalni padec (maksimalni skok) nadaljuje, če je amplituda fluktuacije med dvema zaporednima uspešnima zaprtjema manjša od ε . Poudarek bo na ε -maksimalnem padcu, kjer je uporabljen ε relativna mejna vrednost ali minimalna relativna pozitivna (negativna) fluktuacija, ki bo končala maksimalni padec (maksimalni skok). Pri drugi definiciji pa lahko zanemarimo rast (padec), ki se zgodi v določenem časovnem obdobju, ki je manjši od nekega časovnega obdobja, ne glede na velikost. To je časovni grobo-zrnati maksimalni padec ali » τ -maksimalni padec«, kjer je τ časovno obdobje. Pri $\tau=0$ je to ekvivalentno čistemu maksimalnemu padcu. Posebno, če je zaznan premik v nasprotno smer, se maksimalni padec (maksimalni skok) nadaljuje, če indeks znotraj horizonta τ dni nadaljuje s trendom padanja (rasti). To definira τ -maksimalni padec, ki ga ne bomo potrebovali.

2.1.2 Porazdelitev za maksimalni padec in maksimalni skok ter metodologija za identificiranje ubežnika

Analizi (Johansen & Sornette, 1998; Johansen & Sornette, 2001b) kumulativne porazdelitve čistih maksimalnih padcev na ameriških borznih trgih (DJIA, S&P500 in NASDAQ) kot tudi na drugih zahodnih in razvijajočih se borznih indeksih, posameznih delnic in v menjalnih tečajih sta pokazali, da so dobro parametrizirani z majhno posplošitvijo eksponentne funkcije, imenovane raztegnjeno eksponentna funkcija (angl. *Stretched exponential*)

$$N(x) = Ae^{-bx^z}, \quad (24)$$

kjer je empirično ugotovljeno, da je $z \approx 0,8-1,1$. Pri primeru, ko je $z=1$, dobimo eksponentno porazdelitev. Konstanta z pove, koliko je funkcija raztegnjena. Od tod tudi ime raztegnjena eksponentna funkcija. Poseben primer dobimo tudi pri $z=2$, ko dobimo normalno porazdelitev.

Specifična oblika enačbe (24) nima posebne pomembnosti dokler se dobro prilega večini porazdelitev maksimalnih padcev. Potrebujemo dober model večine porazdelitev maksimalnih padcev, da bi se lahko vprašali o obstoju ali neobstoju ubežnikov. Enačba (24) je primerna za ta namen, saj je najpreprostejša razširitev najbolj naravne ničelne hipoteze eksponentne funkcije. Kljub temu objektivna kvantitativna definicija ubežnika, ki sloni na enačbi (24), ni enostavna. Johansen in Sornette (2002) sta zato uporabila intuitivno zelo privlačno, čeprav ne čisto objektivno definicijo, da je ubežnik maksimalni padec, ki se ne prilega v nadaljevanje statistike, dobljene od večine porazdelitev, ki vsebuje vsaj 95 %

porazdelitve. Torej sta ubežnika odkrila z omejitvijo, da sta ugotovila pomemben odklon od prileganja z enačbo (24) v repu porazdelitve. Kot bomo videli v splošnem »pavzo« ali »vrzel« v porazdelitvi raztegnjene eksponentne funkcije, lahko enostavno identificiramo z maksimalnim padcem amplitude od 10–15 %. Oznaka ubežnik je rezervirana za padce z magnitudo, veliko nad to »pavzo« ali »vrzeljo«.

2.1.3 Algoritem grobo-zrnatih cen

Algoritem za računanje cen grobo-zrnatih maksimalnih padcev (maksimalnih skokov) je definiran po naslednjem vrstnem redu: najprej identificirajo lokalni maksimum (minimum) cene in potem gledajo za nadaljevanje maksimalnega padca (maksimalnega skoka) trenda z ignoriranjem relativnih sprememb v nasprotno stran, manjšo od ε . Še posebej, ko se premik v nasprotno smer odkrije, se ε -maksimalni padec (ε -maksimalni skok) nadaljuje, če je relativna velikost nasprotne smeri manjša od ε .

Amplituda ε grobo-zrnatih je izražena v enotah volatilnosti σ , definirane s:

$$\sigma^2 = N^{-1} \sum_{i=1}^N [r_{i+1} - E[r]]^2, \quad (25)$$

kjer je $r_{i+1} \equiv \log p(t_{i+1}) - \log p(t_i)$ donos od časa i do $i+1$ in je $E[r]$ njegovo zgodovinsko povprečje.

Ker veliki maksimalni padci prispevajo k σ , lahko pričakujemo, da bi morali vzeti ε manjši kot σ , da ne bi uničili možnih pokov odvisnosti, ki jih iščemo. V nadaljevanju vidimo, da izbira $\varepsilon = \sigma/4$ do $\sigma/2$ daje razumne in robustne rezultate, kar izboljša definicijo za maksimalne padce z $\varepsilon = 0$. Ker vemo malo o naravi šuma, prisotnega v finančnih podatkih, privzamemo sistematično uporabo $\varepsilon = 0, \sigma/4, \sigma/2$ in σ , kar dovoljuje testiranje robustnosti rezultatov. Za večje $\varepsilon \geq \sigma$, večji kot je ε , bližje je Gaussovi porazdelitvi, ε -maksimalni padec porazdelitev, zato je eksponent z v enačbi (24), ki ga dobimo s prileganjem porazdelitve ε -maksimalnega padca, večji od 1. To je pričakovano, saj so v limiti, ko je ε zelo velik, ε -maksimalni padci nič drugega kot donosi čez dolga časovna obdobja, kar po centralnem limitnem izreku konvergira v porazdelitvi k normalni (Gaussovi) porazdelitvi.

2.1.4 ε -maksimalni padci ubežnikov na deviznih trgih

2.1.4.1 Zgodovinski uvod

Devizni trg (angl. *foreign exchange market*, v nadaljevanju FX) je največji trg, kar zadeva volumen. Od vseh možnih parov valut so analizirali dva para, ki vsebujeta več kot 80 %

celotnega volumna trgovanja. Namreč, ameriški dolar (USD) proti nemški marki (DM) in proti jenu priznava vodilno vlogo ameriškega dolarja (Johansen & Sornette, 2002).

Kratka predstavitev zgodovine FX trga po drugi svetovni vojni je primerna tukaj. Pod Bretton Woods sporazumu (New Hampshire, 1944) je bila cena zlata postavljena na 35 dolarjev za unčo. Samo dolar je imel direktno pariteto z zlatom. Povezava z zlatom drugih valut je bila samo posredna, s fiksno pariteto z dolarjem. Fiksna pariteta je bila mišljena za vedno: britanski funt naj bi bil vreden 2,80 dolarjev, dolar naj bi bil vreden 625 lir, 360 jenov in tako dalje. Fluktuacije naj bi bile omejene na plus ali minus 1 %. Te fiksne paritete so zagotavljale neprecenljive koristi napovedljivosti cen: pomenile so, da bi mednarodni trgovci vedeli, da bi za dolarske menice, uporabljene v mednarodnih uvozno-izvoznih transakcijah, lahko pričakovali, da lahko variirajo za plus ali minus 1 % za njihovo 3-mesečno ali 6-mesečno dobo. Pričakovalo se je, da ZDA kupuje ali prodaja zlato s poravnavo mednarodnih transakcij. Če bi ZDA imela plačilni primanjkljaj s preostalim svetom, potem bi ostali svet lahko zahteval poravnavo v zlatu v višini 35 dolarjev za unčo. Zaradi mednarodnega pritiska je dolar 17. 12. 1971 formalno in uradno devalviran glede na zlato za 8,57 %, medtem ko je nemška marka revalvirala (angl. *upvalued*) za 13,57 %; prav tako je japonski jen revalviran za 16,9 %. Švedska in Italija sta devalvirali za 1 % glede na zlato. Novi razpon fluktuacij za $\pm 2,25$ % je bil apliciran na vse države. Vendar je bil v manj kot štirinajstih mesecih in kljub drugi devalvaciji dolarja ta sporazum pometen z mednarodnimi denarnimi tokovi in do leta 1973 je Bretton Woods sistem popolnoma kolapsiral. Zato je pretres na FX trgih v prvi polovici leta 1973 zelo verjetno povezan s kolapsom Bretton Woods sistema in bo označen kot »BW šok« (Johansen & Sornette, 2002).

V Tabelah od 1 do 12 so ubežniki urejeni po padajočem vrsten redu velikosti. Termin »šok« se nanaša na ubežnika, ki je bil sprožen s strani eksogenega dogodka na trgu. BW šok se nanaša na kolaps Bretton Woods sistema. Termin »balonček« ponazarja idejo, da ustrezní ubežnik ustreza zlomu, ki konča špekulativni endogeni LPPS balonček. Dogodek z oznako + je že bil analiziran v prejšnjih publikacijah. Balončki, ki so bili ugotovljeni s to analizo ubežnikov, to je ubežniki, ki imajo predhodne log-periodične balončke, ki še niso bili identificirani v prejšnjih analizah, so označeni z znakom -. Datumi imajo naslednjo obliko: na primer 1985,7. Ta datum pomeni leto 1985, decimalno mesto za njim pa pomeni dan v letu, ki se ga izračuna z enačbo $0,7 * 365$, kar je približno 255 dan v letu. To je torej datum 12. 9. 1985.

2.1.4.2 Nemška marka in jen proti ameriškemu dolarju

Dva podatkovna niza, ki sta bila analizirana, segata od 4. 1. 1971 do 19. 5. 1999. Izračunana je kumulativna porazdelitev ε -maksimalnih padcev od DM/USD in jen/USD, kjer ε zavzema vrednosti 0, $\sigma/4$ in σ , kjer je σ volatilitnost definirana kot standardni odklon dnevni logaritmiranih donosov iz enačbe (25). Za $\varepsilon = 0$ in $\sigma/4$, štirje in trije ε -

maksimalni padci ležijo nad naivno vizualno ekstrapolacijo od ostalih na naboru kumulativne porazdelitve. Prelom v kumulativni porazdelitvi leži približno okoli ε -maksimalnega padca pri 6,5 %. V nasprotju, za $\varepsilon = \sigma$, vsi ε -maksimalni padci pripadajo enaki porazdelitvi (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 1: Seznam in lastnosti ubežnikov, ugotovljene v porazdelitvi ε -maksimalnih padcev za $\varepsilon = 0$ (levi del) in $\varepsilon = \sigma/4$ (desni del) za DM/USD menjalni tečaj

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1973,485	11,4 %	8 dni	BW šok	$\sigma/4$	1973,469	11,9 %	12 dni	BW šok
0	1973,108	9,4 %	2 dni	BW šok	$\sigma/4$	1973,089	9,7 %	7 dni	BW šok
0	1985,716+	8,4 %	6 dni	balonček	$\sigma/4$	1985,716+	8,4 %	6 dni	balonček
0	1981,697-	7,1 %	6 dni	balonček	$\sigma/4$	1981,688-	8,4 %	9 dni	balonček
0	1995,169	6,1 %	4 dni	ni ubežnik	$\sigma/4$	1981,103	7,8 %	13 dni	ni ubežnik

Vir: A. Johansen in D. Sornette, Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets, 2002, str. 7.

Da bi naredila to bolj kvantitativno, sta Johansen in Sornette (2002) prilegala tri kumulativne porazdelitve čez cel nabor ε -maksimalnih padcev z izločitvijo tistih petih (za $\varepsilon = 0$) in štirih (za $\varepsilon = \sigma/4$) domnevnih ubežnikov z razpotegnjeno eksponentno funkcijo, enačbe (24). Prileganja kumulativnih porazdelitev od ε -maksimalnih padcev za $\varepsilon = 0$ in $\sigma/4$ potrdijo vtis, da obstajajo štirje ubežniki, peti pri $\varepsilon = 0$ je manj jasen. Datumi velikosti in trajanja (v številu trgovalnih dni) teh ubežnikov so prikazani v Tabeli 1 in Tabeli 2.

Ko sta Johansen in Sornette (2002) prepoznala štiri od petih ubežnikov, je naslednje vprašanje, ali jih lahko klasificirata in ugotovita njihov izvor.

Na podlagi prileganj sta dva FX dogodka na DM/USD 1985,7 in 1981,7 kvalificirana kot konec špekulativnega nevzdržnega balončka, ki je postal nestabilen in je počil z endogenim padcem. Dogodek 1985,7 je še posebej zanimiv, saj je dolar padel proti večini ostalih valut, po doseženem rekordnem vrhu pod Reaganovo administracijo. Nasprotno pa sta se dogodka 1973,1 in 1973,5 zgodila brez kakršnekoli strukture, prej razložene za druge dogodke, kvalificirane z enačbo (22). Spomnimo se na zgodovinski dogodek na FX trgu, razložen zgoraj. Razumljivo je, da ta dva dogodka povežemo s kolapsom Bretton Woods sistema. Zadnja dva dogodka v peti vrstici za $\varepsilon = 0$ in $\varepsilon = \sigma/4$ ne moremo uvrstiti kot ubežnika, ampak kot »normalna« dogodka, saj pripadata večini porazdelitve in sta vključena samo za ilustracijo (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 2: Seznam in lastnosti ubežnikov za jen/USD menjalni tečaj

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1998,749+	14,7 %	7 dni	balonček	$\sigma/4$	1998,749+	14,7 %	7 dni	balonček
0	1973,103	12,3 %	5 dni	BW šok	$\sigma/4$	1973,097	12,5 %	7 dni	BW šok
0	1985,716	12,2 %	11 dni	šok	$\sigma/4$	1985,716	12,2 %	11 dni	šok
0	1990,756	8,7 %	12 dni	šok	$\sigma/4$	1990,740	9,6 %	15 dni	šok

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 8.

Johansen in Sornette (2002) sta podobne rezultate odkrila za jen/USD menjalni tečaj, za katere so ε -maksimalni padci ubežnikov identificirani in zbrani v Tabeli 2. Četrty rangiran dogodek je mejni in je zgolj v ilustrativne namene. Težko je, ne da bi balonček 1998,7 povezali s podaljšanim balončkom na zahodnih borznih trgih, napajanih z velikimi investicijami v razvijajoči ruski trg in trge vzhodne Evrope, katerim je sledil pok zaradi padca (angl. *default*) rublja in zaradi hudih ekonomskim težav v Rusiji. Ta zlom leta 1998, ki se je zaključil s špekulativnim balončkom, je že analiziran v Johansnu et al. (1999). Razvoj jena/USD menjalnega tečaja pred njegovim drugim največjim ε -maksimalnim padcem ubežnika (dogodek 1973,1) ne vsebuje strukture, predstavljene z enačbo (22). Spomnimo na zgodovinski dogodek na FX trgu, opisanem zgoraj. Ta dogodek je smiselno povezati s kolapsom Bretton Woods sistema. Primer ubežnika 1985,7 pri menjalnem tečaju jen/USD je dvomljiv, saj je datum največjega maksimalnega padca približno šest mesecev po datumu konca rastočega trenda, identificiranega kot dan maksimuma. Tako kot pri DM lahko tudi tukaj opazimo podpis rastočega trenda, ki se začne v začetku leta 1984 in konča v začetku leta 1985, čeprav brez zapletov, kot da se je špekulativni balonček končal v glavnem padcu pred popolno dozoritvijo. Padec se ne zgodi do 1985,7, kot smo lahko videli v Tabeli 1, kar predlaga, da je bil sprožen z zlomom USD proti ostalim glavnim valutam, predvsem DM. Ta dogodek je zato med pristnim endogenim balončkom, ki se destabilizira in počí, ter med eksogenim dogodkom. Johansen in Sornette (2002) ga opredelita kot »šok« v Tabeli 2, saj ni najdenega LPPS. Enak scenarij lahko uporabimo zato, da razložimo mejni dogodek 1990,756. Vzročno je povezan z dvema maksimalnima padcema v Nikkei z datumoma 1990,622 in 1990,723; glej Tabela 8; in enim na NASDAQ z datumom 1990,622; glej Tabela 5. Zato je kar verjetno eksogen dogodek, katerega vzrok je kolaps japonskega borznega trga in bi moral biti klasificiran kot »šok« v Tabeli 2.

V povzetku sta Johansen in Sornette (2002) identificirala tri jasne primere endogenih špekulativnih balončkov, ki so vodili do ε -maksimalnega padca ubežnikov (dogodka 1981,7 in 1985,7 na DM/USD tečaju in dogodek 1998,7 na jen/USD tečaju). Tri dogodke 1973,1 in 1973,5 lahko povežemo z zlomom Bretton Woods sistema (dva za DM/USD tečajem in enega za jen/USD tečaj) in zato jih kvalificirata kot eksogene. Dogodek 1985,7 jen/USD lahko povežemo s kolapsom USD proti drugim glavnim valutam DM v dogodku 1985,7. Mejni dogodek 1990,8 jen/USD lahko povežemo s kolapsom japonskega nepremičninskega trga in s posledičnim dogodkom na japonskem borznem trgu 1990,6 in

1990,7 ter na NASDAQ 1990,6. Zato sedem jasnih ubežnikov, najdenih na FX trgu (DM in jen proti USD), vsebuje tri LPPS balončke in štiri šoke, od katerih bi lahko tri povezali s padcem Bretton Woods sistema leta 1973 in eden (mejni) z zlomom japonskega nepremičninskega trga in dva ubežnika na Nikkei borznem trgu, kot tudi na NASDAQ. Zadnji dogodek 1985,7 jen/USD lahko povežemo s kolapsom USD proti DM in švicarskemu franku (CHF). To pomeni, da je večina (štirih) ubežnikov, najdenih na FX trgu, klasificirana kot eksogeni, medtem ko so trije LPPS balončki in bi morali biti klacificirani kot endogeni. Kot bomo videli v nadaljevanju, se situacija obrne pri borznih trgih, kjer je večina ubežnikov endogenega izvora.

2.1.5 ε -maksimalni padci ubežnikov na glavnih borznih trgih

V prejšnjem podpoglavju na FX trgih so različni avtorji ugotovili, da je izbira ε -maksimalnih padcev ubežnikov robustna glede na različne stopnje filtriranja, opredeljena z amplitudo ε v razponu $\varepsilon = 0 - \sigma/2$. Kot bomo videli spodaj, situacija ni tako preprosta za glavne borzne trge, kjer je ne samo zaporedje od največjih petih dogodkov permutiranih s spremembo ε , ampak sta trajanje in velikost ε -maksimalnega padca lahko drastično spremenjena. Dva dobra primera sta prikazana v Tabeli 3, in sicer:

1. zlom, ki ga je povzročil začetek prve svetovne vojne, je podaljšan iz štiri dni na 64 dni z uporabo neničelnega ε , toda velikost se ni pomembneje spremenila;
2. padec za 11,4 % čez dva dneva, povzročena z nacistično invazijo Francije, Belgije, Luksemburga in Nizozemske 10. 5. 1940 je povečan na 23,7 % maksimalni padec čez 44 dni.

To predlaga potrebo po bolj sofisticiranem merilu kot sama velikost tega, da ovrednotimo maksimalne padce (Johansen & Sornette, 2002).

2.1.5.1 Ameriški trgi

Tabela 3, Tabela 4 in Tabela 5 prikazujejo štiri, pet in šest največjih dogodkov borznih indeksov DJIA, S&P500 in NASDAQ. Trije največji ε -maksimalni padci ubežnikov so tako za $\varepsilon = 0$ in $\varepsilon = \sigma$ v Tabeli 3 povezani s tremi dobro znanimi zlomi v prejšnjem stoletju. Četrty rangiran ubežnik za $\varepsilon = 0$ pripada veliki depresiji, medtem ko je četrti rangiran ubežnik za $\varepsilon = \sigma$ maksimalni padec povezan z drugo svetovno vojno, specifično z nacistično invazijo Francije, Belgije, Luksemburga in Nizozemske 10. 5. 1940 (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 3: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks DJIA

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1987,786+	30,7 %	4 dni	balonček	σ	1914,374	32,7 %	64 dni	šok
0	1914,579	28,8 %	2 dni	šok	σ	1987,786+	30,7 %	4 dni	balonček
0	1929,818+	23,6 %	3 dni	balonček	σ	1929,810+	29,5 %	6 dni	balonček
0	1933,549	18,6 %	4 dni	depresija	σ	1940,261	23,7 %	44 dni	šok

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 9.

Ubežnika 1987,8 in 1929,8 sta nič drugega kot znamenita zloma oktobra 1929 in 1987, ki sta bila že do potankosti analizirana (v Sornette & Johansen, 1997; Sornette, Johansen & Bouchaud, 1996). Cenovni časovni seriji, ki sta pred tema dvema dogodkoma, sta bili prilegani z enačbo (22) z več kot dvema letoma podatkov in skoraj okoli osem let s preprosto posplošitvijo z drugim redom ekspanzije matematične teorije kritičnih zlomov (Sornette & Johansen, 1997). Ta dva zloma sta kvalificirana kot endogena dogodka, ki sledita samoorganiziranim špekulativnim LPPS balončkom (Johansen & Sornette, 2002).

Dogodki 1914,5, 1933,5 in 1940,3 so karakterizirani s predhodnimi časovnimi serijami, ki absolutno ne morejo biti predstavljeni z enačbo (22). V skladu s kvalifikacijo so eksogeni dogodki. V resnici so povezani z eksternimi šoki, kot so izbruh prve svetovne vojne, politično manevriranje predsednika F. D. Roosevelta, ki je vznemirilo finančne trge (Rooseveltova politika New Deal) in nacistična invazija Francije, Belgije, Luksemburga ter Nizozemske 10. 5. 1940 (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 4: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks S&P500

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1987,784+	28,5 %	4 dni	balonček	$\sigma/2$	1987,784+	28,5 %	4 dni	balonček
0	1962,370+	13,7 %	9 dni	balonček	$\sigma/2$	1946,636+	16,2 %	9 dni	balonček
0	1998,649+	12,4 %	4 dni	balonček	$\sigma/2$	1962,370+	13,7 %	9 dni	balonček
0	1987,805+	11,8 %	3 dni	balonček	$\sigma/2$	1998,649+	12,4 %	4 dni	balonček
0	1974,721	11,2 %	9 dni	šok	$\sigma/2$	1987,805+	11,9 %	3 dni	balonček

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 10.

Tabela 4 podaja seznam petih največjih ε -maksimalnih padcev na S&P500 indeksu od leta 1940. Vsi ubežniki, razen dogodka 1974,7, imajo cenovne časovne serije, ki so pred njimi, ki se lahko dobro prilega z enačbo (22) in zato so opredeljeni kot endogeni dogodki. Vsi ti dogodki so označeni s +, saj so bili že identificirani in analizirani v prejšnjih študijah. Dogodka 1987,7 in 1987,8 sta dva velika padca, povezana z zlomom oktobra 1987. Dogodek 1998,6 je zlom, povezan s krizo rublja in z ruskim padcem (angl. *default*), ki je že bil obravnavan v analizi FX in je bil posebno analiziran v Johansnu in Sornettu (1999a).

Dogodek 1962,3 je (počasen) zlom, ki je končal velik razcvet v zgodnjih 60-ih letih 20. stoletja in je bil odkrit v slepem iskanju (Johansen et al., 1999). Dogodek 1946,6 je prav tako povezan s strukturo log periodičnega potenčnega zakona enačbe (22) in je bil obravnavan v Sornettu in Johansnu (2001).

Dogodek 1974,7 je maksimalni padec z 11,2 %, ki se ne more kvalificirati kot endogen, saj ne more biti prilegan z enačbo (22). Pravzaprav je povezan z dobro znanim zunanjim šokom, namreč s politično krizo, ki sta jo povzročila odstop in opravičilo predsednika R. Nixona 8. 8. in 8. 9. 1974 (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 5 podaja karakteristike šestih največjih ε -maksimalnih padcev, najdenih v NASDAQ indeksu. Tako kot pri S&P500 indeksu, imajo vsi dogodki razen enega (dogodek 1990,6) predhodne časovne serije, ki jih je mogoče dobro prilegati z enačbo (22) in jih uvrstimo med endogene dogodke. Zloma leta 1987 in 1998 sta bila tudi identificirana z analizo DJIA in s S&P500 ter sta zato klasificirana kot balončka. Ostali naštetih zlomi s predhodnimi LPPS balončki so zlom aprila 2000, ki je bil podrobneje analiziran v Johansnu in Sornettu (2000a), ter zlom oktobra 1978 (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 5: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks NASDAQ

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	2000,268+	25,3 %	5 dni	balonček	$\sigma/2$	1987,762-	27,7 %	11 dni	balonček
0	1987,784-	24,6 %	5 dni	balonček	$\sigma/2$	2000,268+	25,3 %	5 dni	balonček
0	1987,805-	17,0 %	5 dni	balonček	$\sigma/2$	1998,630-	19,2 %	9 dni	balonček
0	1998,649-	16,6 %	4 dni	balonček	$\sigma/2$	1998,724-	18,6 %	9 dni	balonček
0	2000,374+	14,9 %	5 dni	balonček	$\sigma/2$	1987,806-	17,0 %	5 dni	balonček
0	1990,622	12,5 %	6 dni	šok	$\sigma/2$	1978,753-	16,6 %	21 dni	balonček

Vir: A. Johansen in D. Sornette, Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets, 2002, str. 10.

Dogodek 1990,6 nima predhodne strukture LPPS balončka. Primerjava s Tabelo 8 kaže, da NASDAQ zlom leta 1990 sovpada z največjim ε -maksimalnim padcem japonskega Nikkei indeksa za $\varepsilon = \sigma/2$. Kot je že dokumentirano (Johansen & Sornette, 1999b), je ta ε -maksimalni padec del razpada skoraj 50 % med letom 1990 japonskega borznega trga, za tem, ko je dosegel svoj vrhunec 29. 12. 1989. Zato je verjetno reakcija na dogodek ubežnika na japonskem trgu in zato je hkrati eksogen ter bi moral biti klasificiran kot šok (Johansen & Sornette, 2002).

Skupni dokaz pri analiziranju DJIA, S&P500 in NASDAQ indeksov je ta, da se vsi LPPS balončki na ameriških trgih končajo z zlomom, predhodno objavljenim od avtorjev (Johansen & Sornette, 1999a; Johansen & Sornette, 2000b; Johansen et al., 2000; Johansen et al., 1999; Sornette & Johansen, 2001) in si opomorejo kot največji ubežniki porazdelitve ε -maksimalnih padcev. Edina izjema je 1937,2 zlom, predhodno objavljen v Sornettu in

Johansnu, (2001), ki se uvrsti kot $\approx 6\%$ čisti maksimalni padec in približno $\approx 8\%$ ε -maksimalni padec, kjer je $\varepsilon = \sigma$. Vse ugotovljene ε -maksimalne padce ubežnikov lahko povežemo bodisi s pokom LPPS balončka, bodisi z zgodovinskim dogodkom velikih razsežnosti, ki igrajo vlogo eksternega šoka. Prvem razredu pripadajo dogodki 1929, 1946, 1962, 1987, 1998 in 2000, od katerih so imeli vsi LPPS balončke, objavljene predhodno (Johansen & Sornette, 1999a; Johansen & Sornette, 2000b; Johansen et al., 2000; Johansen et al., 1999; Sornette & Johansen, 2001). Drugemu razredu pripadajo dogodki 1914 (1. svetovna vojna), 1933 (New Deal), 1940 (nacistična invazija Francije in Beneluksa), 1974 (odstop in opravičilo R. Nixona) in 1990 (pok japonskega nepremičninskega balončka in antibalonček, ki je sledil), katerih vzrok je bil eksterni šok s strani zgodovinskega dogodka (Johansen & Sornette, 2002).

2.1.5.2 Londonska borza

Časovna serija za londonsko borzo (FTSE) sega od 2. 3. 1984 do 13. 7. 2000. Tabela 6 kaže, da so ubežniki ugotovljeni za $\varepsilon = 0$ in $\varepsilon = \sigma/2$ enaki, edino zamenjata se 3. in 4. po vrsti. Vsi ti štirje maksimalni padci ubežnikov imajo predhodni LPPS balonček dobro prilegan z enačbo (22) (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 6: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks FTSE

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1987,784-	23,3 %	4 dni	balonček	$\sigma/2$	1987,784-	23,3 %	4 dni	balonček
0	1987,805-	13,4 %	3 dni	balonček	$\sigma/2$	1987,805-	13,4 %	3 dni	balonček
0	1998,745-	9,0 %	4 dni	balonček	$\sigma/2$	1997,784-	10,3 %	11 dni	balonček
0	1997,805-	9,0 %	5 dni	balonček	$\sigma/2$	1998,745-	9,0 %	4 dni	balonček

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 11.

2.1.5.3 Frankfurtska borza (DAX)

Časovna serija za frankfurtsko borzo (DAX) sega od 2. 1. 1970 do 13. 7. 2000. Poleg dobro znanih zlomov v 1987 in 1998, pri katerih se predhodna časovna serija dobro prilega z enačbo (22). Z ε -maksimalnimi padci ubežnikov so ugotovili še eden znan datum, namreč dogodek 1990,7, ki je bil že obravnavan pri NASDAQ indeksu. Kot pri NASDAQ dogodku istega datuma ni mogoče prilegati predhodnega balončka z enačbo (22) in tako kot pri NASDAQ so ugotovili, da so temelji tega velikega maksimalnega padca eksogeni ter najbolj verjetno zaradi kolapsa japonskega nepremičninskega trga in antibalončka, ki je sledil z velikimi padci (Johansen & Sornette, 1999a; Johansen & Sornette, 2000a). Ubežnik 1987 nima nobenega LPPS prisotnega in lahko zaključimo, da je bil zlom eksogenih temeljev povzročen s kolapsom ameriških borznih trgov. Ubežnik 1998 ima prisoten predhoden LPPS in lahko zaključimo, da ima ta ubežnik endogene temelje (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 7: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks DAX

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1987,830	19,7 %	7 dni	šok	$\sigma/2$	1987,830	19,7 %	7 dni	šok
0	1970,345	17,3 %	13 dni	?	$\sigma/2$	1970,345	17,3 %	13 dni	?
0	1990,699	15,3 %	9 dni	šok	$\sigma/2$	1989,773	15,5 %	5 dni	šok
0	1998,743-	14,9 %	4 dni	balonček	$\sigma/2$	1990,699	15,3 %	9 dni	šok
0	1989,781	14,1 %	2 dni	šok	$\sigma/2$	1998,743-	14,9 %	4 dni	balonček

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 12.

Analiza ε -maksimalnih padcev ubežnikov nam poda dva nova datuma, 1970,3 in 1989,8. Na žalost pa podatki, s katerimi so razpolagali, niso bili zadostni in zato ne vemo zagotovo, ali se je dogodek 1970,3 zgodil zaradi LPPS balončka ali ne. Kljub temu ta počasen zlom sovпада z »likvidnostno krizo« maja 1970. Dogodek 1989,8 ni bil povzročen z LPPS balončkom. Zgodovinsko je vabljivo, da ta dogodek povežemo z združitvijo Nemčije. Namreč, natančen datum zloma je 16. 10. 1989, ki je tudi datum, ko je centralni komite Socialistične partije Nemčije (nem. *Sozialistische Einheitspartei Deutschlands*) prevzel kontrolo in prisilil generalnega sekretarja Honeckerja k odstopu, kot predsednik države in stranke. Posledica je bila panika v finančnem sistemu Zahodne Nemčije. To pomeni, da so z izjemo počasnega zloma oziroma »likvidnostne krize« maja 1970 vsi veliki padci indeksa DAX v obdobju od 2. 1. 1970 do 13. 7. 2000 bili povzročeni bodisi s pomembnim zgodovinskim eksogenim šokom, bodisi z endogenim špekulativnim balončkom (Johansen & Sornette, 2002).

2.1.5.4 Tokijska borza

Analizirana časovna serija sega od 5. 1. 1973 do 10. 3. 2000. Med tremi dogodki, ki so navedeni v Tabeli 8, najdemo dobro znani zlom 1987. Tako kot pri ubežniku pri indeksu DAX na isti datum ni prisoten noben LPPS balonček. Zato lahko zaključimo, da je bil zlom eksogenega izvora specifično povzročen z zlomom ameriškega trga (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 8: Seznam in lastnosti ubežnikov za borzni indeks Nikkei

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1987,786	17,8 %	4 dni	šok	$\sigma/2$	1990,699	19,8 %	12 dni	antibalonček
0	1990,622+	15,6 %	6 dni	antibalonček	$\sigma/2$	1987,786	17,8 %	4 dni	šok
0	1990,723+	15,0 %	5 dni	antibalonček	$\sigma/2$	1990,622	15,6 %	6 dni	antibalonček

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 12.

Ostala dva dogodka sta avgust in september 1990. Nikkei indeks je dosegel svoj vrh na zadnji trgovalni dan leta 1989 (29. 12. 1989) in je od takrat dalje padal z oscilacijami velikih amplitud. V dveh publikacijah (Johansen & Sornette, 1999b; Johansen & Sornette, 2000a) so pokazali, da se obnašanje Nikkei indeksa od začetka leta 1990 lahko razume kot simetrija špekulativnemu balončku; to poimenujejo antibalonček, ki odraža tako posnemanje kot čredno obnašanje, kar vodi do pozitivnih povratnih informacij, podobno kot pri špekulativnih balončkih. Razlika je v tem, da pozitivne povratne informacije okrepijo špekulativno medvedjo fazo, ne pa bikovske faze. Stopnja simetrije, po kritičnem času t_c , ki ustreza vrhu, je karakterizirana s potenčnim zakonom, pri katerem cena (ali logaritem cene) pada med antibalončkom kot funkcija časa $t > t_c$ in s padajočim/povečanjem log periodičnih oscilacij. Drugi dober primer je odkrit v terminskih pogodbah za zlato, po vrhu v letu 1980. Tudi ruski trg pred in po špekulativnem vrhu leta 1997 predstavlja izjemen primer, kjer se tako struktura balončka kot antibalončka pojavi hkrati za isti t_c . To je precej redek pojav verjetno zato, ker se pospešeni trg z log periodičnostjo pogosto konča z zlomom, s prelomom trga, ki poruši simetrijo ($t_c - t$ za $t < t_c$ v $t - t_c$ za $t > t_c$) (Johansen & Sornette, 2002).

Dogodka 1990,6 in 1990,7 (avgust in september 1990) sta se zgodila med padanjem Nikkei indeksa. Johansen in Sornette (2002) Predlagata, da se jih jemlje kot posledica režima antibalončka.

2.1.5.5 Hongkonška borza

Analizirana časovna serija hongkonške borze sega od 24. 11. 1969 do 13. 7. 2000. Hongkonška borza je najbolj volatilna med analiziranimi borznimi trgi, na primer je dvakrat bolj volatilna kot NASDAQ indeks v izbranem zgodovinskem obdobju. Z uporabo analize porazdelitve ε -maksimalnih padcev sta Johansen in Sornette (2002) odkrila 8 maksimalnih padcev ubežnikov, ki so prikazani v Tabeli 9.

Tabela 9: Seznam in lastnosti ubežnikov za hongkonški borzni indeks Heng-Seng

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1987,783+	41,7 %	4 dni	balonček	$\sigma/2$	1987,753+	43,2 %	12 dni	balonček
0	1973,241+	38,6 %	7 dni	balonček	$\sigma/2$	1973,241+	38,6 %	7 dni	balonček
0	1973,734	37,0 %	1 dan	šok	$\sigma/2$	1973,734	37,0 %	1 dan	šok
0	1973,282+	32,2 %	8 dni	balonček	$\sigma/2$	1973,282+	32,2 %	8 dni	balonček
0	1989,413+	26,4 %	5 dni	balonček	$\sigma/2$	1974,603	29,7 %	17 dni	šok
0	1982,732	25,5 %	6 dni	šok	$\sigma/2$	1982,721	27,0 %	10 dni	šok
0	1997,999+	24,5 %	8 dni	balonček	$\sigma/2$	1974,830	26,7 %	15 dni	šok
0	1997,796+	23,3 %	4 dni	balonček	$\sigma/2$	1989,413+	26,4 %	5 dni	balonček

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 13.

V kronološkem redu, dogodka 1973,2 (marec in april 1973) imata dobro prilegane predhodne časovne serije z enačbo (22) (glej Sornette in Johansen (2001)). To uvrsti ta dva dogodka med endogene dogodke in sta del enakega zloma (Johansen & Sornette, 2002).

Dogodek 1973,75 nima predhodnega prileganja z log periodičnim potenčnim zakonom, kar ga uvršča med eksogene dogodke. Pravzaprav ga lahko povežemo z arabsko-izraelsko »Yom Kippur« vojno in s posledičnim arabskim naftnim embargom; oboje se je zgodilo oktobra 1973 (Johansen & Sornette, 2002).

Dogodek 1974,6 je identificiran kot ε -maksimalni padec ubežnika z $\varepsilon = \sigma/2$ in tudi nima predhodnega prileganja z log periodičnim potenčnim zakonom, kar ga uvršča v razred eksogenih dogodkov. Vendar pa niso našli nobenega zgodovinskega dogodka, s katerim bi lahko povezali ta dogodek. Vendar, kot pri naslednjem dogodku, navedenem spodaj, bi lahko vzrok tičal v posebnem položaju britanske kolonije, njene popolne odvisnosti od uvoza nafte kot tudi njene občutljivosti na politične dogodke na Kitajski (Johansen & Sornette, 2002).

Dogodek 1982,7 tudi nima predhodnega prileganja z log periodičnim potenčnim zakonom, kar ga uvršča med eksogene dogodke in je rezultat zunanjega šoka. Pripisujejo ga k neuspehim pogajanjem med britansko predsednico vlade Margaret Thatcher in Deng Xiaopeng ter Zhao Zhiyang v Pekingu septembra 1982. Deng je zavrnil predlog Thatcherjeve za nadaljnji britanski nadzor Hong-Konga po letu 1997. Veliko reakcijo borznega trga na to odločitev lahko povežemo z veliko občutljivostjo hongkonškega borznega trga na aktivnosti Kitajske pred vrnitvijo kolonije Kitajski. Ker ta politični dogodek sovpada v času s tem ε -maksimalnim padcem, sta Johansen in Sornette (2002) uvrstila ta politični šok z zunanjim virom.

Dogodek 1987,8 je dobro prilegan s predhodnim log periodičnim potenčnim zakonom (glej Johansen in Sornette (2001b)), kar ga uvršča med endogene dogodke.

Dogodek 1989,4 je prav tako dobro prilegan s predhodnim log periodičnim potenčnim zakonom (glej Sornette in Johansen (2001)), kar ga uvršča med endogene dogodke.

Dogodka 1997,8 in 1997,99 sta prilegana z zelo lepima log periodičnima potenčnima zakonoma (glej Johansen in Sornette (2001b)), kar ju uvršča med endogene dogodke.

Ko sta Johansen in Sornette (2002) primerjala rezultate s prejšnjimi objavljenimi analizami, sta našla endogene dogodke s predhodnimi špekulativnimi balončki 1973,2, 1987,8, 1989,4 in 1997. Kljub temu pa metodologija, ki uporablja ε -maksimalne padce ubežnikov, izpusti špekulativne balončke, ki se končajo v 1971,7, 1978,7, 1980,9 in 1994 (azijska kriza), ki sta jih predhodno identificirala s prileganji enačbe (22). Razlog lahko tiči v pregledu cene časovne serije po teh štirih dogodkih (glej Sornette in Johansen (2001) in

še Johansen ter Sornette (2001b)): log periodični potenčni zakoni, ki prilegajo časovne serije, res kažejo na konec špekulativnih balončkov, ki ne vodijo do resničnih zlomov, pač pa do večjih korekcij ali prehod v medvedji režim, ki so trajali nekaj mesecev ali celo let. Taki dogodki se ne bodo kvalificirali med velike ε -maksimalne padce ubežnikov. Kljub temu so ti dogodki (1971,7, 1987,7, 1980,9 in 1994) pomembni, saj kažejo na veliko spremembo režima na hongkonški borzi. Ti primeri kažejo na meje njihove analize, ki izpusti pomembne spremembe režima, kjer sta pomembnejši amplituda in dolžina padca, kot pa hitrost padca. Subtilna definicija močnih in dolgih sprememb režima se je do zdaj izmikala njenemu poskusu rigorozne definicije zloma.

2.1.6 ε -maksimalni padci ubežnikov na trgu obveznic

2.1.6.1 Ameriški trg zakladnih obveznic

Analizirana časovna serija ameriškega trga zakladnih obveznic (angl. *T-bond market*) sega od 27. 11. 1980 do 21. 8. 1999. Razen zloma oktobra 1987 se datumi največjih maksimalnih padcev na trgu ameriških zakladnih obveznic ne ujemajo s tistimi največjimi maksimalnimi padci na borznem trgu, niti s tistimi na FX trgu. Zlom leta 1987 je na trgu zakladnih obveznic dobro prilegan s predhodnim log periodičnim balončkom, podobno kot pri borznih trgih, kar ga uvršča med endogene dogodke. Za dogodek 1980,9 Johansen in Sornette (2002) nimata zadostnih podatkov, da bi ugotovila, ali je ta dogodek povzročil balonček ali ne. Mamljivo je primerjati ta dogodek z velikim padcem zlata po zlomu v začetku leta 1980; glej Tabela 12. Velika maksimalnima padca 1982,7 in 1986,1 sta del velikega počasnega padanja in bi morala spadati med eksogene dogodke. Tudi tukaj nista našla vzroka padca, razen, da bi dogodek 1982,7 lahko zopet povezala s padcem zlata. Kot zadnje sta preučila primer log periodičnega balončka na trgu zakladnih obveznic, ki se ni končal z velikim maksimalnim padcem, toda z razmeroma počasnim padanjem cene okoli 1984,4. Tako je trg zakladnih obveznic najmanj prepričljiv na vseh trgih, ki so bili do sedaj predstavljeni v pogledu na obstoj endogenih špekulativnih balončkov: samo primer (1987,8) je prepričljivo povezan z ε -maksimalnim padcem ubežnika in še eden (1984,4) tudi kaže sledi log periodičnega balončka, vendar je bolj povezan s spremembo režima kot pa z velikim maksimalnim padcem ubežnika (Johansen & Sornette, 2002).

Tabela 10: Seznam in lastnosti ubežnikov za ameriški trg zakladnih obveznic

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1987,781-	11,1 %	5 dni	balonček	$\sigma/4$	1986,096	13,3 %	16 dni	šok
0	1986,129	9,6 %	9 dni	šok	$\sigma/4$	1987,781-	13,0 %	7 dni	balonček
0	1980,948	9,3 %	4 dni	?	$\sigma/4$	1980,948	9,3 %	4 dni	?
0	1982,748	9,1 %	6 dni	šok	$\sigma/4$	1982,748	9,1 %	6 dni	šok

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 14.

2.1.6.2 Japonski trg obveznic

Analizirana časovna serija za trg japonskih obveznic sega od 1. 1. 1992 do 22. 3. 1999. Johansen in Sornette (2002) sta ugotovila, da je eden od treh velikih maksimalnih padcev ubežnikov na trgu japonskih obveznic povezan s podobnim dogodkom na borznem trgu, namreč z zlomom avgusta 1998. Ob pomanjkanju s prileganjem z enačbo (22), sta kvalificirala dogodke 1998,67, 1999,0 in 1999,1 kot eksogene. Verjetno je dogodek 1998,67 povezan z rusko krizo.

Tabela 11: Seznam in lastnosti ubežnikov za japonski trg obveznic

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1999,116	13,3 %	5 dni	?	$\sigma/4$	1998,672	17,1 %	11 dni	Šok
0	1998,672	12,4 %	6 dni	šok	$\sigma/4$	1999,116	13,3 %	5 dni	?
0	1999,003	11,6 %	3 dni	?	$\sigma/4$	1999,002	11,6 %	3 dni	?

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 14.

2.1.7 ε -maksimalni padci ubežnikov na trgu zlata

Analizirana časovna serija za trg zlata sega od 2. 1. 1975 do 24. 7. 1998. Število velikih maksimalnih padcev, ki se jih ni mogoče dobro prilegati z enačbo (24), je presenetljivo večje za trg zlata kot pri vseh prejšnjih trgih. 20 dogodkov sta Johansen in Sornette (2002) kvalificirala kot »ubežnike«. V Tabeli 12 so predstavljeni samo štirje največji.

Tabela 12: Seznam in lastnosti ubežnikov za trg zlata

ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred	ε	Datum	Velikost	Trajanje	Razred
0	1980,057+	18,2 %	2 dni	balonček	$\sigma/4$	1980,057+	18,2 %	2 dni	balonček
0	1980,199+	17,8 %	4 dni	balonček	$\sigma/4$	1980,199+	17,8 %	4 dni	balonček
0	1981,057	14,6 %	6 dni	antibalonček	$\sigma/4$	1981,480	14,7 %	11 dni	antibalonček
0	1983,149	14,0 %	2 dni	?	$\sigma/4$	1980,113+	14,7 %	7 dni	balonček

Vir: A. Johansen in D. Sornette, *Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets*, 2002, str. 15.

Dva največja dogodka sta zloma cene zlata v letu 1980 in povezana kasnejša šoka, ki sta bila že analizirana v Johansnu in Sornettu (1999b). Drugi naknadni šok se pokaže pri $\varepsilon = \sigma/4$. Dva dogodka, 1981,1 za $\varepsilon = 0$ in 1981,5 za $\varepsilon = \sigma/4$, sta povezana z antibalončkom, ki sledi zlomu leta 1980, že analiziranemu v Johansnu in Sornettu (1999b). Glede na dogodek 1983,1 za $\varepsilon = 0$ ni dobrega predhodnega prileganja z enačbo (22), kar ga uvršča med eksogene dogodke (Johansen & Sornette, 2002).

2.1.8 Povzetek

S kombiniranjem statističnih dokazov dveh metod, to je analiza finančnih podatkov z vidika odkrivanja

1. nenavadnih dogodkov oziroma ubežnikov z enačbo (24) in
2. pospešen log periodični potenčni zakon, določen z enačbo (22) z vrednostmi ω in β , ki zadoščata pogojem enačbe (23), ki določajo endogene špekulativne balončke, so zagotovili objektivni test, da so veliki negativni premiki na trgih posebni ter tvorijo dve različni populaciji.

Eksogene zlome je mogoče pripisati izrednim pomembnim eksternim motnjam in/ali novicam, ki vplivajo na trg. Vzrok endogenih zlomov je v samo organiziranih samo ojačanih špekulativnih balončkih, iz katerih izhajajo specifični predhodni podpisi v obliki log periodičnih potenčnih zakonov, ki rastejo super eksponentno.

Posplošitev analize maksimalnih padcev na grobo-zrnate maksimalne padce (ε -maksimalni padci) je utrdila dokaz za prisotnost nenavadno velikih padcev / popravkov / zlomov na finančnih trgih. Še posebej dober rezultat je, da je bila večina predhodno analiziranih zlomov in pripadajočih balončkov za prisotnost močnega LPPS identificirana z ubežnikom ali z zelo velikim maksimalnim padcem. Poleg tega so bili številni novi primeri LPPS identificirani na njihovi posplošeni analizi ubežnikov, še zlasti pri FTSE, kjer so imeli vsi ubežniki LPPS. To potrjuje prejšnje teste (Johansen et al., 1999), ki so pokazali, da LPPS dobro razlikuje predhodne balončke in velike popravke. Ojačala je tudi zaključek, da je LPPS (ki je po zgradbi prehodni), enolično povezan s špekulativno fazo, ki napoveduje veliko spremembo režima. Johansen in Sornette (2002) sta naredila sistematičen pristop, ki primerja pojav največjih maksimalnih padcev z obstojem log periodičnosti in s super eksponentno rastjo (LPPS). S tem sta našla nove pojave log periodičnosti, ki prej niso bili zaznani.

Pri vseh analiziranih trgih sta Johansen in Sornette (2002) našla 49 maksimalnih padcev ubežnikov, od katerih je 25 razvrščenih kot endogeni, 22 kot eksogeni in dva sta povezana z japonskimi antibalončki. Če se omejimo na borzne trge, sta odkrila 31 ubežnikov, od katerih je 19 endogenih, 10 eksogenih in dva povezana z japonskimi antibalončki. Za FX trg sta našla sedem ubežnikov (tri endogene z LPPS in štiri eksogene šoke); za ameriški trg sta našla 12 ubežnikov (sedem endogenih z LPPS in pet eksogenih šokov); na londonskem borznem trgu sta našla štiri ubežnike, od katerih so bili vsi spoznani za endogene z LPPS. Na nemškem trgu sta našla štiri ubežnike (enega endogenega z LPPS in tri eksogene šoke); na japonskem trgu sta našla tri ubežnike (enega endogenega z LPPS in dva šoka, povezana z antibalončkom, ki se je začel januarja 1990); na hongkonškem trgu sta našla osem ubežnikov (šest endogenih LPPS in dva eksogena šoka); na ameriškem trgu zakladnih obveznic sta našla štiri ubežnike (enega endogenega z LPPS in tri eksogene šoke); na

japonskem trgu obveznic sta našla tri ubežnike, od katerih so vsi eksogeni šoki; in nazadnje na trgu zlata sta našla štiri ubežnike (dva endogena z LPPS in dva eksogena šoka).

2.2 Dokaz o poganjanju balončka nove ekonomije v letu 2000 s tujim pritokom kapitala: implikacije za prihodnost ameriške ekonomije in borznega trga

Prejšnje analize borznih trgov so pokazale, da obnašanje log periodičnega potenčnega zakona (LPPL) vsebuje pristne podpise špekulativnih balončkov, ki se pogosto končajo s pokom. Tak LPPL podpis so zaznali v tujem pritoku kapitala (angl. *Foreign capital inflow*) med balončkom na ameriškem trgu, ki se je razpočil marca 2000. Zaznali so šibko sinhronizacijo in zaostanek z NASDAQ 100 LPPL vzorcem.

V skladu z več kot pol stoletja akademskih raziskav se borzni trg premika skoraj tako kot (rahlo pristranski geometrični) naključni sprehod (Malkiel, 1999). Borzni trg je na splošno (šibko) učinkovit in z arbitražo odbija potencialno zmagovalno investicijsko strategijo (Fama, 1991). Bolj izdelano razumevanje potencialnih donosov je pokazalo, da so večji donosi povezani z večjim tveganjem (Markowitz, 1959). To vsebuje eno od ključnih vpogledov modernih finančnih ekonomij. Kompromis med tveganjem in donosnostjo ima dve teoriji. Prva pravi: če je pričakovana donosnost delnice pozitivna, je lahko potrebna samo nagrada, ki pritegne investitorje, da vložijo premoženje in nosijo povezano tveganje. Druga teorija pa pravi, da na dobiček, dobljen s strani marljivih investitorjev, ki so pripravljene veliko delati, da zberejo informacije in razvijejo zmagovalno strategijo, lahko gledamo kot ekonomske rente, ki nastanejo tistim, ki so se pripravljene vključiti v takšne aktivnosti. Posledica tega je, da popolno učinkoviti trgi ne obstajajo, saj če bi bili trgi popolnoma učinkoviti, bi bil dobiček od zbiranja informacij ničeln. Zato bi bilo malo razlogov za trgovanje in trg bi se sesul (Grossman & Stiglitz, 1980). Black (1986) je predlagal, da »trgovci s šumom«, to so tisti trgovci, ki trgujejo s tistim, kar oni mislijo, da je informacija, toda je samo šum, so ponudniki rent. Če posplošimo, to pomeni, da v vsakem trenutku zmeraj obstajajo trgovci, ki trgujejo z drugimi razlogi, kot je ustvarjanje kapitalskih dobičkov; na primer tisti z nepričakovanimi likvidnostnimi potrebami. Ti investitorji so pripravljene plačati več za privilegij, da so njihovi posli izvršeni nemudoma. Pri modelih agentov lahko tekmovanja s takimi »proizvajalci« in s špekulativnimi investitorji pokažejo zadovoljivo odstopanje od popolnoma učinkovitih trgov (Zhang, 1999). Nedavne raziskave v vedenjskih financah so pokazale, da, če hočemo razumeti obnašanje trga, moramo razumeti, da se ljudje obnašajo s številnimi neracionalnimi premisleki, kot so prevelika samozavest, ekstrapolacija iz majhnega vzorca dokazov, strah pred izgubo, reprezentativnost, mentalno računovodstvo, relativne referenčne ravni, problem s samospoštovanjem (nepripravljenost priznati napačne naložbene odločitve).

Pomembna komponenta sestave borznih trgov so tako lahko rezultat vzorcev, narejenih s temi značajskimi lastnostmi.

Najbolj vidno odstopanje od učinkovitosti trga so špekulativni balončki, ki jim sledijo finančni zlomi. Naknadne analize številnih finančnih balončkov (tako so bili identificirani po svojem puku) so pokazale, da gre njihov razvoj pravzaprav po isti poti. Sledeči scenarij je podlaga za finančne balončke in zlome ter se ponavlja že stoletja od že znamenitega tulipanovega balončka v letu 1636, ki smo ga že opisali.

1. Prvi korak je karakteriziran s pozitivnimi ekonomskimi kazalci. Balonček raste gladko z rahlo rastjo proizvodnje in prodaje (ali povpraševanja po posameznem blagu) v relativno optimističnem trgu. Investitorji oblikujejo pozitivna pričakovanja za prihodnje in posledično kupijo blago, kar povzroča nadaljnjo rast.
2. Privlačnost naložb z dobrimi potencialnimi donosi vodi do še večjih naložb, po možnosti z vzvodom, ki prihaja od novih virov, običajno mednarodnih investorjev, ki jih privlači potencial za diverzifikacijo ter za povečanje njihovih prihodkov. To povzroča še nadaljnjo rast.
3. Investirati začnejo manj poučeni investorji. Poleg tega je vzvod vzpodbujen z manjšimi pologi (majhne marže), kar povzroča, da cena blaga raste hitreje kot stopnja, v kateri je resničen denar dan na trg. V tem režimu tuje investitorje privlačijo majhne zahtevane marže in fleksibilnejša investicijska pravila, ki jim sledi močan bikovski trg (niso vse te sestavine vključene v posamezen balonček).
4. Na tej stopnji obnašanje trga postane slabo povezano ali praktično nepovezano od realne proizvodnje blaga. V glavnem pričakovanje nadaljnje rasti v prihodnosti privlači investitorje, ki upajo še na nadaljnjo rast precenjenih vrednosti. Balonček je v režimu samo izpolnjenih pričakovanj.
5. Ko gredo cene v nebo, nekateri investitorji unovčijo svoj dobiček in pojavi se vprašanje o vzdržljivosti procesa. Posledično število novih investorjev, ki vstopajo na trg, izgubi svoj zagon in trg lahko vstopi v fazo večje nervoze do točke, ko se nestabilnost razkrije in trg kolapsira s pozitivnimi povratnimi informacijami, ki povzročajo hitenje prodaje.

Ta scenarij se pojavi pri vseh balončkih na trgu, ki se končajo s pokom, vključno s starimi balončki, kot na primer balonček v ZDA, ki je počil oktobra 1929 (ameriški trg je tedaj veljal za vzhajajoč trg z dobrimi investicijskimi potenciali za nacionalne ter internacionalne investitorje). V pozitivnih čustvih, ki spremljajo in poganjajo rastoči balonček, so ponujene razlage, ki pozivajo k racionalnemu sklepanju in opravičijo rastoče cene. Najbolj slaven je koncept »nove ekonomije,« ki vznikne velikokrat, vključno z balončkom leta 1929, med 60. leti 20. Stoletja, razcvet elektronike, in med balončkom interneta ter informacijske tehnologije, ki je počil marca 2000.

2.2.1 Testiranje za LPPL podpis na tujem pritoku kapitala

Pri iskanju balončka sta Sornette in Zhou (2003) uporabila posplošeno LPPL enačbo, in sicer t. i. drugi red Weierstrass funkcije (Gluzman & Sornette, 2002b).

$$I(t) = A + Bx^m + \Re\left(\sum_{n=1}^2 C_n e^{i\psi_n} x^{-s_n}\right), \quad (26)$$

kjer je $x = t_c - t$, kjer t_c označuje konec balončka in $\Re(\bullet)$ pomeni realni del kompleksnega števila. Fazi ψ_1 in ψ_2 sta določeni iz prileganja podatkom. Eksponent s_n je definiran kot $s_n = m + in\omega$. Njegov realni del je eksponent m , ki nadzoruje splošni eksponentni zakon. Njegov imaginarni del ω pa predstavlja log periodičnost.

Drugi red Weierstrass funkcije enačbe (26) se je izkazal za boljšega kot LPPL model za modeliranje svetovnih 2000–2002 antibalončkov, ki so se začeli v sredini leta 2000 (Sornette & Zhou, 2002). Posebni primer $C_n = C/n^{m+0.5}$ označuje ničelno fazo Weierstrass funkcije, ki dobro zaznamuje pet zaporednih antibalončkov znotraj let 2000 do 2002 v ameriškem S&P 500 indeksu (Zhou & Sornette, 2003a) in dobro modelira prihajajoči nepremičninski balonček v Veliki Britaniji (Zhou & Sornette, 2003b).

Sornette in Zhou (2003) sta prilegala sezonsko poravnani četrtletni čisti tuji pritok kapitala (angl. *Net capital foreign inflow*) v ZDA $I(t)$ tujih sredstev (transakcije v danem četrtletju) od leta 1975 do prvega kvartala leta 2001. Uporabila sta algoritem in proceduro prileganja, razloženo v Zhou in Sornettu (2003a). Optimizacijsko iskanje je bilo narejeno za kritični čas t_c v velikem razponu od $t_{konec} \pm 1000$ trgovalnih dni, kjer sta nadomestila $t_c - t$ z $|t_c - t|$ pri prileganju (Sornette & Zhou, 2002), kjer je t_{konec} datum zadnje uporabljene točke pri analizi prileganja.

Napovedan kritični čas pri prileganju čistega pritoka $I(t)$ je $t_c = 12. 3. 2001$, kar je v skladu z resničnim datumom poka balončka, ki se je zgodil v prvem kvartalu leta 2001. Sornette in Zhou (2003) sta omejila enačbo (26), da ima nenegativni eksponent m , da bi bil $I(t)$ končen pri t_c . S to omejitvijo je prileganje izbralo najmanjši možen eksponent $m = 0,01$, ki sta ga dovolila. Malce boljši rezultat sta dobila takrat, ko eksponent m ni bil omejen in je bil potem okoli -0.5 ; pri tem se je t_c premaknil v 2002–2003. Negativni eksponent bi vodil do nerealne divergence pritoka, zato sta ovrгла to družino rešitev. To se je izkazalo za upravičeno tudi zaradi tega, ker sta dobila nerealne ocene kritičnega časa t_c pri negativnih vrednostih eksponenta m . Tako majhna vrednost eksponenta m pomeni, da je eksponentni zakon ekvivalenten logaritamskemu zakonu $\log(t_c - t)$. Ostali parametri

prileganja so $\omega = 4,9$, $A = 7.355$, $B = - 6.719$, $C1 = 21,5$ in $C2 = 16,2$. Vsota najmanjših kvadratov (angl. *R.m.s.*) prileganja residualov je 22,8. Opazimo, da sta primerljiva $C1$ in $C2$, kar implicira obstoj pomembne harmonije drugega reda v log periodični strukturi balončka čistega pritoka.

Sornette in Zhou (2003) sta testirala robustnost prileganja s tem, da sta proučila učinek inflacije na dobljeno log periodično strukturo. Deflacirala (angl. *deflated*) sta $I(t)$ s sezonsko prilagojenim indeksom življenjskih potrebščin (angl. *Consumer price index*, v nadaljevanju CPI). Originalne mesečne CPI sta spremenila v kvartarne CPI tako, da sta vzela povprečje treh mesečnih CPI v vsakem opazovanem kvartalu. Napovedan kritični čas deflaciranega ameriškega tujega pritoka čistega kapitala (angl. *Foreign assets net capital inflow*) $I(t)$ od leta 1975 do prvega kvartala 2001 je $t_c = 14. 3. 2001$. Eksponent potenčnega zakona $m = 0,01$, ki mora biti pozitiven in $\omega = 5,0$, kar se praktično ne razlikuje od vrednosti brez deflacije cen. Linearni parametri so $A = 3.963$, $B = - 3.609$, $C1 = 15,3$ in $C2 = 12,0$. Vsota najmanjših kvadratov (angl. *r.m.s*) residualov prileganja je 16,144. Zaključila sta, da ima inflacija majhen učinek na LPPL strukturo tako $I(t)$ kot tudi deflaciranega $I(t)$ in izraža enak vzorec pospešenih oscilacij, s ključnimi parametri ω in t_c , ki so skoraj enake.

Določitev t_c je še posebej pomembna, saj približno pove, kdaj bo špekulativni balonček počil in najbolj verjeten čas spremembe režima. Ker je časovni razvoj balončka blizu kritičnega časa moten s šumom, se lahko pričakuje, da je ocenjen t_c dokaj občutljiv na dolžino ocenjenega intervala in na končno točko t_{konec} časovnih serij, uporabljenih za njegovo določitev, kot tudi lastnosti šuma (Sornette, 2003; Sornette & Johansen, 2001). V njihovih prejšnjih študijah sta Sornette in Zhou (2003) ugotovila, da t_c raste s t_{konec} , kar povzroča napoved t_c nezanesljivo. Ko je določitev t_c stabilna, je v splošnem podana zanesljiva ocena konca balončka. V tem primeru sta odkrila zelo robustno napoved t_c , ko sta spreminjala t_{konec} , tako na nedeflacirani $I(t)$ in deflacirani $I(t)$.

Rezultati testiranja nedeflaciranega $I(t)$ so prikazani v Tabela 13, s sedmimi različnimi vrednostmi t_{konec} . Za t_{konec} od 1. 10. 1999 do 1. 1. 2001, šest prileganj poda skoraj enake rešitve s praktično nespremenjenimi vrednostmi za sedem parametrov: t_c , m , ω , A , B , $|C1|$, $|C2|$. Napovedan t_c je konsistenten okoli prvega kvartala 2001. Ko so izključeni podatki po 1. 7. 1999 ($t_{konec} < 1. 7. 1999$), se rešitev nenadoma spremeni z novo družino ocenjenega $t_c = 27. 4. 1999$ in z mnogo manjšo vrednostjo kotno log frekvenco $\omega = 1,8$. Tako majhna vrednost ω se lahko interpretira kot umetna log frekvenca, ki izhaja od

najbolj verjetnega šuma, ki ga vsebuje potenčni zakon (Huang, Johansen, Lee, Saleur & Sornette, 2000).

Tabela 13: Testiranje robustnosti prileganja z enačbo (26) sezonsko naravnane četrtnega čistega pritoka kapitala $I(t)$, nedeflaciranega za inflacijo. Opazi se robustnost napovedanega kritičnega časa t_c poka balončka

t_{konec}	t_c	m	ω	A	B	 C1 	 C2 	χ
1. 1. 2001	12. 3. 2001	0,01	4,9	7355	-6719	21,5	16,2	22,81
1. 10. 2000	14. 2. 2001	0,01	4,9	7243	-6616	21,5	16,4	22,824
1. 7. 2000	6. 2. 2001	0,01	4,8	7267	-6639	21,9	16,3	22,882
1. 4. 2000	4. 3. 2001	0,01	4,9	7304	-6672	22,1	16,5	22,96
1. 1. 2000	5. 2. 2001	0,01	4,8	7165	-6545	22	16,3	23,056
1. 10. 1999	31. 1. 2001	0,01	4,8	7161	-6542	22	16,3	23,169
1. 7. 1999	27. 4. 1999	0,01	1,8	2541	-2277	40,5	22,4	21,956

Vir: D. Sornette in W.-X. Zhou, Evidence of Fueling of the 2000 New Economy Bubble by Foreign Capital Inflow: Implications for the Future of the US Economy and its Stock Market, 2003, str. 9.

Tabela 13 kaže, da bilo mogoče natančno napovedati pok balončka čistega tujega pritoka 1,5 let pred njegovim pokom.

Podobne rezultate za deflaciran $I(t)$ so prikazane v Tabeli 14 za osem različnih vrednosti t_{konec} . Za t_{konec} od 1. 7. 1999 do 1. 1. 2001; sedem prileganj nam poda skoraj enake rešitve z zelo podobnimi sedmimi parametri. Opazimo lahko, da so vrednosti t_c in ω za deflaciran $I(t)$ v Tabeli 14 skoraj enake kot nedeflaciran $I(t)$ v Tabeli 13. Napovedan čas t_c pri nedeflaciranem $I(t)$ so bližje dejanskemu času poka (v tujem pritoku kapitala), v primerjavi z deflaciranim $I(t)$. To kaže na to, da je nedeflaciran $I(t)$ boljši za merjenje poka balončka, saj so čredni investitorji bolj občutljivi na dejanske podatke kot na deflacirane. Razliko v vrednostih linearnih parametrov **A**, **B**, **|C1|** in **|C2|** v Tabeli 14 in Tabeli 13 enostavno reflektira afino transformacijo med dvema prileganjema drugega reda Weierstrass funkcij. Za $t_{konec} = 1. 4. 1999$ in za manjše vrednosti se rešitev razveja do druge družine rešitev z nepravilnimi kritičnimi časi t_c . Ti rezultati kažejo precej mogočno moč napovedovanja enačbe (26) kritičnega časa.

Tabela 14: Testiranje robustnosti prileganja z enačbo (26) sezonsko naravnanege četrtletnega čistega pritoka kapitala $I(t)$, deflaciranega s sezonsko naravnanim CPI za inflacijo

t_{konec}	t_c	m	ω	A	B	C1	C2	χ
1. 1. 2001	14. 3. 2001	0,01	5,0	3963	-3609	15,3	12,0	16,114
1. 10. 2000	25. 2. 2001	0,01	5,0	3924	-3573	15,3	12,0	16,166
1. 7. 2000	14. 2. 2001	0,01	4,9	3926	-3576	15,5	11,9	16,231
1. 4. 2000	29. 3. 2001	0,01	5,0	3945	-3592	15,6	12,1	16,254
1. 1. 2000	12. 4. 2001	0,01	5,1	3976	-3621	15,6	12,2	16,332
1. 10. 1999	25. 3. 2001	0,01	5,0	3951	-3598	15,7	12,2	16,412
1. 7. 1999	12. 6. 2001	0,01	5,2	3960	-3606	15,1	12,6	16,394
1. 4. 1999	23. 4. 1997	0,01	4,1	2101	-1905	15,0	11,2	16,300

Vir: D. Sornette in W.-X. Zhou, Evidence of Fueling of the 2000 New Economy Bubble by Foreign Capital Inflow: Implications for the Future of the US Economy and its Stock Market, 2003, str. 10.

Od rekordnih vrednosti NASDAQ 100 kompozitnega indeksa 5.133 na dan 10. 3. 2000 do njegovega dna 3.321 na 14. 4. 2000, je NASDAQ 100 izgubil čez 35 %. Johansen in Sornette (2000a) sta pokazala, da se je pred tem zlomom razvil špekulativni balonček, ki je izpolnjeval vse LPPL teste, kot so definirani (v Johansnu & Sornettu, 2002; Sornette, 2003; Sornette & Johansen, 2001). Podobnost z neslavnim pokom oktobra 1929 je bila osupljiva: vera v skovanko »nova ekonomija« tako v letu 1929 kot leta 2000 je cene delnic podjetij povzdignila v visoke zasluzke.

Tabela 15 predstavlja test robustnosti prileganj s prvim redom aproksimacije Weierstrass funkcije enačbe (26) od NASDAQ 100 indeksa, ki sta ga Sornette in Zhou (2003) dobila s spreminjanjem časovnega intervala analize. Spreminjala sta začetni čas okna analize in fiksirala končni čas na 10. 3. 2000 (dan, ko je bila dosežena rekordna vrednost), kot v Johansnu in Sornettu (2000a). Prileganja in napovedi t_c so zelo robustne glede na t_{start} , kar potrди prejšnje zaključke (Johansen & Sornette, 2000a).

Tabela 15: Testiranje robustnosti prileganja LPPL vzorca pri balončku, ki se je razvil na NASDAQ 100 indeksu v poznih 1990-ih

t_{start}	t_c	m	ω	ϕ	A	B	C	χ
10. 3. 1997	25. 5. 2000	0,18	7,41	0,08	10,50	-0,93	0,02	0,0609
29. 11. 1996	17. 6. 2000	0,01	7,89	0,29	48,88	-38,11	-0,06	0,0603
22. 8. 1996	18. 6. 2000	0,02	7,85	3,21	34,70	-23,99	0,05	0,0584
14. 5. 1996	15. 6. 2000	0,03	7,79	2,82	22,52	-11,96	0,05	0,0585
5. 2. 1996	4. 6. 2000	0,08	7,49	3,89	14,39	-4,21	-0,04	0,0574
27. 10. 1995	17. 5. 2000	0,15	6,95	3,36	10,99	-1,34	0,02	0,0574
19. 7. 1995	8. 5. 2000	0,18	6,68	4,73	10,31	-0,86	-0,02	0,0565

se nadaljuje

nadaljevanje

t_{start}	t_c	m	ω	ϕ	A	B	C	χ
10. 4. 1995	24. 3. 2000	0,33	5,55	3,35	8,98	-0,18	-0,01	0,0613
30. 12. 1994	6. 5. 2000	1,00	0,11	4,01	9,09	-0,10	-0,10	0,0637

Vir: D. Sornette in W.-X. Zhou, *Evidence of Fueling of the 2000 New Economy Bubble by Foreign Capital Inflow: Implications for the Future of the US Economy and its Stock Market*, 2003, str. 11.

V pogledu skupnega ugotavljanja LPPL vzorca v NASDAQ 100 kompozitnem indeksu in čistega pritoka tujega kapitala v ZDA se je naravno vprašati, ali sta kaj povezana. Če primerjamo tri ključne parametre m , ω in t_c , dobimo te vrednosti: $m = 0,01 - 0,18$, $\omega = 7,0 \pm 1$ in $t_c =$ maj 2000 za NASDAQ 100 indeks in $m = 0,01$, $\omega = 5,0$ in $t_c =$ marec 2001 za čisti pritek tujega kapitala. Manjši eksponent m implicira počasnejši začetni pospešek, ki se nenadoma konča blizu t_c , kar predlaga, da je pritek tujega kapitala zaostajal za NASDAQ 100 indeksom glede na razvoj špekulativnega balončka. Kasnejši datum t_c , najden za tuji pritek kapitala, potrjuje ta zaostanek.

Da bi dobila morebitni obstoj možne sinhronizacije med tema dvema časovnima serijama, sta Sornette in Zhou (2003) primerjala čisto log periodično strukturo med tema dvema časovnima serijama. Za to sta konstruirala log periodični residual, definiran s $[I(t) - A - B(t_c - t)^m]/(t_c - t)^m$ za ti dve časovni seriji, da bi izluščila čiste log periodične oscilacije (če ni bilo ostalih vzorcev in šumov). Potem sta standardizirala te residue, da so imeli enotno varianco, kar je zagotovilo s standardiziranimi residuali $R_{Nasdaq}(t)$ in $R_I(t)$ (velja opomniti, da imata ti dve časovni seriji različen kritični čas t_c). Ugotovila sta, da zadnji dve log periodični oscilaciji v teh dveh časovnih serijah pred pokom ponazarjata sinhronizacijo, medtem ko upoštevamo log periodični zaostanek. V resnici lokalni vrh v zgodnjem letu 1999 NASDAQ 100 indeks residual $R_{Nasdaq}(t)$ ustreza približno lokalnemu vrhu residuala tujega pritoka kapitala $R_I(t)$ v zgodnjem 2000. Podobno lokalni vrh v zgodnjem letu 2000 residuala $R_{Nasdaq}(t)$ NASDAQ 100 indeksa ustreza lokalnemu vrhu residuala $R_I(t)$ tujega pritoka kapitala v sredini leta 2001. Ta sinhronizacija z log periodičnim zaostankom predlaga, da je tuji pritek kapitala sledil LPPL krivulji, podobni tisti od NASDAQ 100 indeksa, kar indicira špekulativni balonček. Torej je tuji pritek kapitala zaostajal v podobni poti za NASDAQ 100 indeksom. Referenca na log periodični zaostanek poudarja, da ta zaostanek ni bil konstanten v času, vendar se je krčil, ko se je balonček bližal poku. Sinhronizacija je kljub temu samo približna, saj so kotne log frekvence različne. To pa indicira prehodni efekt, ki je navzoč samo pri poku balončka.

2.2.2 Implikacije za prihodnja leta

Pregrevanje špekulativnega balončka je vodilo do poka NASDAQ 100 marca–aprila 2000. Kot posledica izgubljanja bogastva in samo ojačanih negativnih občutkov so borzni trgi doživeli padec. Kot rezultat povečanega deficita zveznega proračuna (angl. *Federal budget*) je tuji kapital zopet prišel z namenom, da bi kupil dolgove (angl. *debts*), izdane s strani zakladnice (angl. *Treasury*), kar je prekinilo del toka, ki je bil namenjen borznim trgov.

Obstajalo je več različnih scenarijev, predlaganih s strani analitikov in komentatorjev za prihodnji razvoj borznih trgov ter ekonomije. Standardne meritve ocen so kazale, da trg še ni bil na dnu, saj je bil še vedno videti precenjen; kazalec P/E (cena delnice/dobiček na delnico) je presegal vrednost 34, dividendna donosnost (angl. *dividend yield*) je bila 1,74 % in kazalec P/B (angl. *price-to-book value* – cena delnice/knjigovodska vrednost delnice) je bil večji od 3. Pri primerjavi teh indeksov z dnom v letu 1982, kjer je bil indeks P/E od S&P 500 enak 7, je bila dividendna donosnost 6,3 %, indeks pa se je prodajal po knjigovodski vrednosti (angl. *Book value*).

Obstajale so močne sile, ki bi vzdignile zaupanje investorjev, da bi vzpodbudile ekonomijo in z enako mero borzni trg, kar je kazalec gospodarske klime (angl. *Confidence/sentiment thermometer*). Prvi korak je bil povečanje dobave denarja. Od začetka leta 2001 je dobava denarja rasla s 30 % na leto, z upočasnitvijo v letu 2002, ki se je nadaljevala v letu 2003. Velikost in rast dobave denarja je bila odvisna od FED-a z njeno direktno kontrolo nad rezervami bank članic, diskontirano stopnjo (angl. *Discount rate*) in z operacijami na odprtem trgu. Rastoča dobava denarja, ki naj bi pospeševala ekonomski razvoj, je našla svojo pot tudi na borznih trgih, ker podjetja niso uporabljala denarja, da bi spodbujala kapacitete, saj nekatere industrije kot polprevodniki delajo samo pod 65 % izkoriščeno zmogljivostjo, skupna izkoriščenost zmogljivosti pa je okoli 75 % (v primerjavi z 90 % ob koncu 90. let 20. stoletja).

Še ena sila je oblikovala pritok tujega kapitala. Z rastočo dostopnostjo zakladnih dolgov (angl. *Treasury debts*) so tuje centralne banke ponovno našle naravno shrambo, ki se izogiba tveganju inflacije njihove lastne valute. Obresti so padle iz 6 % na malo več kot 1 %. Obveznice so privlačne samo na osnovi precenjenosti špekulativnega kapitala, ne pa od njihovih obresti. Zato ameriški borzni trgi privlačijo tuji kapital. Tukaj prideta v igro zaupanje in čredna igra. Ne glede na precenjenost borznega trga je bila želja tujega kapitala, da bi se borzni trg ponovno ocenil (angl. *Re-appreciate*), ker ni imel dovolj izbire za vlaganje presežka dolarjev. Vse večja razpoložljivost kapitala je zadrževala cene pred padcem, vsaj za nekaj časa.

To lahko vsebuje del razlage za apreciacijo ameriškega borznega trga, ker je negotovost z vojno v Iraku v marcu 2003 izginila. Ali se je to nadaljevalo? Na tej stopnji, ker gledamo

zaupanje in čredno igro investorjev, kot pomemben in sestavni del samoorganizacije borznega trga in ekonomije, se je zanimivo osredotočiti bolj na kvantitativne mere zaupanja. Tako imenovane tržne ocene razpoloženja (angl. *Market sentiment ratings*) se dobijo z anketami, kjer so odzivi bikovski, medvedji ali nevtralni na trgu, ki so redno dosegljivi. Čez celotno obdobje, ko je NASDAQ 100 padel za več kot 75 % od marca 2000, ni bilo niti enega tedna, kjer bi bilo več medvedov kot bikov. Zgodil se je največji teroristični napad v ameriški zgodovini, da se je končno zabeležil teden, ko je bilo več medvedov kot bikov, prvič po 153-ih tednih. Število medvedov nad biki je bilo zanemarljivo glede na velikost dogodka. Katastrofa 911 je lahko pridelala le tri zaporedne tedne, v katerih so medvedje presegli biki, potem so zopet biki prevladali v merjenju gospodarske klime. Študija, ki jo je objavil Willoughby (2003) 5. 5. 2003, je podala naslednje kategorije in odgovore: zelo bikovski (9 %); bikovski (51,1 %); nevtralni (28,6 %); medvedji (10,5 %) in zelo medvedji (0,8 %). To ni tip čustva (60,1 % bikov proti 11,3 % medvedov) po treh letih grdega medvedjega trga.

Ta Willoughbyjeva (2003) študija od presenetljivega bikovskega čustva je kazala, da so hoteli privatni in tuji investitorji videti rast trga; toda, ker je bilo veliko negotovosti, je hoteti nekaj drugega kot investirati. Investitorji so čakali za znamenja potrditve njihovega bikovskega čustva, da bi cene rasle. Zelo so se opekli pri zlomu leta 2000 in še dve leti kasneje, ki sta sledili. Tuji investitorji so imeli še posebno močno željo po kupovanju na ameriškem borznem trgu, kot tudi po podjetniških obveznicah in terjatvah na ameriškem nepremičninskem trgu (Zhou & Sornette, 2003b), da bi dobili obresti za presežek dolarjev nad smešno obrestno mero zakladnih obveznic. Toda, takšna akcija bi bila upravičena samo, če tržno tveganje ni bilo previsoko. Zato je bila meritev močnega bikovskega čustva na padajočem borznem trgu kontradiktorna. Ta kontradiktorni zaključek gospodarskih napovedi in te ankete so predlagale, da je bilo čredno obnašanje investorjev še bolj dominantno v prihodnosti in je vodilo v zelo volatilno ter nestabilno tržno obnašanje v bližnji prihodnosti.

Ko sta se ameriški borzni trg in ekonomija ogrevala v poznih 90-ih letih 20. stoletja, sta bila višja obrestna mera in močnejši dolar naravna izbira v poskusu, da bi se izognili inflaciji in da bi stabilizirali rast; to pa se je odražalo tudi v rasti ekonomskega in borznega trga. Pravzaprav je oboje vodilo do nadaljnjega poganjanja balončka, in sicer:

1. s povečanjem primanjkljaja plačilne bilance (angl. *Balance of payment*) skozi poslabšanje konkurenčnosti v spremstvu močnega dolarja in
2. s privlačnostjo investiranja v ZDA za tuji kapital, deloma dobljen skozi presežek tujih držav na njihovih plačilnih bilancah.

Potem je bila situacija različna. Ekonomija se je spogledovala s stagnacijo in z depresijo že večkrat v preteklih letih in borzni trgi so padali; to je vodilo do velikega zmanjšanja obrestnih mer. Od maja 2002 je močan dolar izgubljal tla pod nogami proti glavnim

valutam, s pospeškom na tej izgubi od novembra 2002, kar je kazalo na kumulativno izgubo približno 28 %. Posledično je postalo investiranje v ZDA manj privlačno zaradi povečanega valutnega tveganja in nižjega plačila obresti.

Ob pregledu teh različnih sestavin je bila napoved za prihodnje naslednja (Sornette & Zhou, 2003):

1. privatni sektor bo nadaljeval z večjo porabo nad dolgoročnim povprečjem, saj se je psihološko težko odpovedati navadam, pridobljenim v dobrih časih (dobra 90. leta 20. stoletja) in je skoraj razumljeno kot domoljubno dejanje;
2. zadolženost zvezne vlade kot tudi privatna, občinska in lokalna vladna zadolženost bo rasla še naprej, kar bo še nadalje okrepilo ZDA kot državo z največjim primanjkljajem;
3. posledično bodo obresti ostale majhne, da se bo omogočilo servisiranje plačevanja obresti dolgov, tako privatnega kot državnega sektorja. To bo imelo še nadaljnji efekt na nadaljnje poganjanje rastoče likvidnosti z mehanizmom pospeševanja posojil, ki se bodo refinancirala z nižjimi obrestnimi merami. Ta posledica bo vir za prvi dve alineji in bo delovala kot pozitivna povratna informacija. Centralna banka ZDA je prisiljena vezati kratkoročne obrestne mere z obljubo, da bo opozorila trg na kakršnekoli prilagoditve vezave in da bo garantirala nadaljnjo likvidnost na trgu. Delovanje zveznih rezerv bo delovalo z agresivno manipulacijo obresti, razlike v donosu (angl. *Yield spreads*) (s ponovnim nakupom dolgoročnih dolgov) in dojetanje trga, da bi zagotovila te cilje. To je še naprej podkrepjeno z dojetanjem, da bodo predlagani rezi v davkih in trenutno okolje nizkih obrestnih mer povečali likvidnost ter obrnili ameriško ekonomijo, kar bo še bolj utrdilo borzni trg;
4. dolar bo nadaljeval s padanjem kot mehanizem, s katerim se bo boril proti primanjkljaju trenutne bilance s povečevanjem izvoza (to pomeni cenejši uvoz za tuje). Padec dolarja zagotavlja mehanizem za zmanjšanje absolutne vrednosti dolga. To bo še povečalo spodbudo za tuje centralne banke, da bodo postopoma prodale njihove dolarje, vendar tega ne morejo narediti na hitro, saj bi izgubile konkurenčnost svojih valut. Obstaja torej subtilno ravnovesje med ekonomsko konkurenčnostjo, ki povečuje presežek dolarjev, ustreznost pomembnosti ne premočne valute in trenutne izgube privlačnosti dolarja. Imajo torej vizijo počasne odprodaje dolarjev, toda samo na omenjeni skali, saj je svet prežet z dolarji, ki je zamenjal zlato kot mednarodne rezervne valute, od padca Bretton Woods (saj je približno 80 % svetovnega prostega kapitala investiranega v dolar, čeprav ZDA obsega samo 30 % svetovne ekonomije);
5. z vidika teh negativnih faktorjev bo tuji kapital manj privlačen za borzni trg.

Karakteristične časovne skale pred okrevanjem predlagajo, da je bilo potrebno čakati še eno ali dve leti preden je borzni trg ujel svoj dolgoletni trend. To je bilo v skladu z napovedjo, da je ameriški trg dosegel dno na koncu prvega semestra leta 2004, glede na prejšnjo analizo LPPL antibalončka, ki se je začel v letu 2000 (Sornette & Zhou, 2002).

Takratni medvedji trg je bil skoraj tako močan kot vsi medvedji trgi od leta 1950, toda veliko šibkejši kot medvedji trg leta 1932. Možen scenarij je bil ta, da je trg dosegel dno oktobra 2002. Vendar pa, če je bil ta deflacijski medvedji trg takšen, kot je bil v ZDA leta 1932, potem se je obetal še močan padec. Podatki obrestnih mer so za takrat kazali na deflacijsko okolje, toda to je bilo daleč od zaključka, saj so zvezne rezerve takrat bile bitko z deflacijo in so bile pripravljene znižati kratkoročne obrestne mere na nič, da bi se izognile temu scenariju. Toda, če so to naredile, potem so napajale kreditni balonček na stanje brez primere, kar je razvilo drugo dimenzijo nestabilnosti.

Zelo zanimiva dodatna informacija je bila na voljo z obnašanjem glavnih valut proti ameriškemu dolarju. Našli so nezmotljiv LPPL podpis špekulativnega balončka, ki se je takrat razvijal pri evru. Euro je v dolarju imel tipični vzorec LPPL balončka, kar je nakazovalo špekulativno čredno nakupovanje evrov z uporabo dolarjev. Euro v jenu je imel LPPL vzorec. V nasprotju pa jen v ameriškem dolarju ni imel nobenega pospeška (prav tako ni imel nobenega pospeška ameriški dolar v jenu). To daje pomembno sporočilo: deprecijacija ameriškega dolarja ni bila samo neusmerjen beg pred nevarnostjo; zdela se je povezana s špekulativnim balončkom, dirigiranim z novo varno valuto, z evrom.

Glavni zaključki Sornetta in Zhouja (2003) so bili:

1. »žrtvovanje« ameriškega dolarja in borznega trga je bila cena za nižji vzdržni dolg na globalni ameriški strukturi dolga, kar je dovoljevalo počasno obnovo internacionalne konkurenčne ekonomije. To je bilo okrepljeno z dokazom špekulativnega balončka, ki se je razvijal na evru. Tako sta videla nadaljevanje deprecijacije ameriškega dolarja, ki bi lahko dosegel rekordno nizke vrednosti;
2. v srednjeročnem terminu si borzni trg ni opomogel od močnega bikovskega trenda, saj je rastoči zvezni primanjkljaj porabil velik del tujih presežkov dolarja in borzni trg je ostal zelo rizičen ter neatraktiven. Nadalje, velik kreditni balonček, ki se je razvil v ZDA v zadnjem desetletju in se je dodatno napajal z upanjem, da bi se izognili deflaciji, se bi lahko razpočil in ni imel hude posledice za okrevanje ekonomije;
3. v kratkoročnem obdobju je lahko borzni trg vzdržal za nekaj časa, kot eno od glavnih korit močnega povečanja likvidnosti in od kreditnega balončka, upravičenega v mislih investorjev z njihovimi čustvi in upanji.

ZDA so rasle kot država z največjim primanjkljajem na svetu, ki je privlačila velike vsote tujega kapitala. Vzporedno raste tudi z imigracijo, pomnožena s številnimi dejavniki. Pri študiji povezanosti med imigracijo in tokom kapitala je Groznik (2003) pokazal, da se delovna sila ne samo premika v isti smeri kot kapital, ampak vodi kapital. Ta ugotovitev velja tudi za več različnih držav, obdobji in specifičnih tokov migracij. Torej je pomembna napovedna spremenljivka za mednarodni tok kapitala tudi tok imigracij. Močna stran ZDA je bila njena zmožnost privlačiti ljudi in denar (Sornette & Zhou, 2003).

2.3 Nepremičninski balonček v ZDA leta 2006

Po poku balončka novih tehnologij v letu 2000 je FED agresivno zmanjšal kratkoročne obrestne donose (angl. *short-term rate yields*) v manj kot dveh letih iz 6,25 % na 1 % v juniju 2003 pri poskusu močnejše okrepitve ekonomije ZDA. V marcu 2003 so objavili študijo, ki je bila izdana nekaj mesecev kasneje (Zhou & Sornette, 2003b), v kateri so izpostavili skrb vzbujajoč strah v tistem času, da bo popuščanje monetarne politike ZDA lahko vodilo v nov nepremičninski balonček, saj je bilo veliko povpraševanje po nepremičninah vzpodbujeno z zgodovinsko nizkimi hipotekarnimi obrestnimi merami. Marca 2003 so zaključili, da kljub nedvoumno veliki rasti ni nobenega dokaza o super eksponentni rasti v zadnjih šestih letih, kar ne daje nobenega dokaza o balončku na nepremičninskem trgu v ZDA.

Več kot dve leti sta minili. V tem obdobju zgodovinsko nizke obrestne mere FED-a 1 % so ostale enake od junija 2003 do junija 2004. Od junija 2004 je FED (natančneje Zvezni odprti tržni odbor (angl. *Federal Open Market Committee*, v nadaljevanju FOMC)) dvignil obrestne mere za 0,25 % na vsaki seji (FOMC ima 8 sej v letu), zadnji dvig za 0,25 % se je zgodil 3. 5. 2005, v katerem so kratkoročne obrestne mere znašale 3 %. Medtem ko so kratkoročne obrestne mere rasle s trendom 2 % na leto od junija 2004, dolgoročne obrestne mere niso sledile temu povečanju. Torej so dolgoročne hipotekarne obrestne mere ostale ekstremno nizke po zgodovinskih standardih. To je vodilo do obnovitve skrbi, da je nepremičninski balonček že na svoji poti.

Zhou in Sornette (2006) sta uporabila dodatni dve leti podatkov za razliko od prejšnjega članka (Zhou & Sornette, 2003b). Kot sta obrazložila že v prejšnjem članku, njuna teorija temelji na skupni teoriji finančnih zlomov (Johansen & Sornette, 1999a; Johansen et al., 2000; Johansen et al., 1999; Sornette, 2003; Sornette & Johansen, 2001; Sornette et al., 1996). Glavna sestavina te teorije je obstoj pozitivnih povratnih informacij na borznih trgih in v ekonomiji. Pozitivne povratne informacije ali samo ojačitev se nanašajo na dejstvo, da če gre trg navzgor (ali navzdol), to povzroči večjo verjetnost, da bo šel trg še naprej navzgor (ali navzdol), torej sledi večji skupen premik. Koncept »pozitivnih povratnih informacij« ima dolgo tradicijo v ekonomiji. Lahko se zgodi v obliki »povečanega donosa«. Le-ta pravi, da blago postane cenejše v kolikor ga več proizvedejo (kar je v tesni povezavi z idejo, da nekateri produkti, kot na primer kopirni stroji, postanejo bolj uporabni, če jih uporablja več ljudi). Pozitivne povratne informacije, ki niso nadzorovane, lahko povzročijo odstop od ravnovesja, kar povzroči zlom trga. Obstaja več mehanizmov, ki povzročijo pozitivne povratne informacije. Med njimi so pretirano zaupanje investitorjev, oponašanje vedenja, čredni nagon. Take pozitivne povratne informacije zagotavljajo pogon za razvoj spekulativnih balončkov z mehanizmom sodelovanja; torej interakcija in posnemanje med investitorji lahko vodi do skupinskega obnašanja, ki je podobno fenomenu množic. Različni tipi skupinskih režimov so ločeni s tako imenovanimi kritičnimi točkami, ki so v fiziki mišljene kot ene od najbolj zanimivih lastnosti v

kompleksnih sistemih. Sistem postane kritičen takrat, ko se lokalni vplivi širijo čez velike razdalje in povprečno stanje sistema postane izjemno občutljivo za majhne perturbacije, oziroma različni deli sistema postanejo zelo korelirani.

Analiza Zhouja in Sornetta (2006) je uporabljala tri podatkovne nize, in sicer:

1. regionalne podatke (severovzhod, srednji zahod, zahod, jug in ZDA kot celota) na četrtnih povprečnih prodajnih cenah novogradenj do četrtega kvartala leta 2004 (zadnji nabor podatkov);
2. nepremičninski indeks posameznih držav do prvega kvartala leta 2005, kvartalni podatki;
3. dnevni podatki S&P 500 domačega indeksa (angl. *home index*) do 6. 5. 2005.

Zhou in Sornette (2006) sta gledala cene novogradenj, prodanih v vseh državah ZDA kot tudi v štirih glavnih regijah – severovzhod, srednji zahod, jug in zahod, od leta 1993 do četrtega kvartala leta 2004 kot funkcija časa t . Razen na srednje-zahodni in južni regiji sta lahko opazila močno rastočo krivuljo, ki odraža rast, hitrejšo od eksponentne rasti. Obstoj močno rastoče krivulje je kvantificirana z relativno majhnimi vrednostmi eksponenta β (= 0,55 za vse države ZDA, = 0,64 za severovzhodno regijo, = 0,18 za zahodno regijo).

Da bi Zhou in Sornette (2006) dobila podrobnejšo sliko, sta pregledala kvartalne podatke nepremičninskega indeksa (angl. *House Price Index*, v nadaljevanju HPI) za vsako posamezno državo. Države sta razdelila po kriteriju, in sicer po tem, kako odstopajo od enakomerne eksponentne rasti. Našla sta tri tipe držav. 21 držav je imelo približno konstantno eksponentno rast, kvalificirano z linearnim trendom v linearno-logaritemski skali. V osmih državah sta zaznala nedavni rastoči trend, ki sledi približno konstantni eksponentni rasti. V 22-ih državah sta zaznala rast, ki je hitrejša od eksponentne rasti. V teh državah je »zaščitni znak« nepremičninskega balončka. Cene so najbolj narasle v severovzhodni in zahodni regiji.

Zhou in Sornette (2006) sta pregledala tretjo družino 22-ih držav, kjer sta diagnosticirala balonček. Ali lahko enostavni potenčni zakon (enačba (1)) razkrije pok balončka? Ta prelomnica je v principu merjena s časom t_c v enačbi (1), ki pove, v kateri točki balonček počne. Da sta dobila manj šuma v podatkih, sta povprečila vseh 22 cenovnih trajektorij in potem prilegala dobljeno povprečje z enačbo (1) (s spremembo $t_c - t$ v $|t_c - t|$, da bi dobila bolj robustno oceno) skozi časovni interval od t_{start} do zadnje točke, ki je na voljo (prvi kvartal v letu 2005). Ugotovila sta, da enostavni potenčni zakon ni zanesljiv za določanje poka nepremičninskega balončka.

Potem sta Zhou in Sornette (2006) prilegala dnevne podatke S&P domačega indeksa z LPPL modelom oziroma z enačbo (22) in z Landau ekspanzijo drugega reda (glej enačbo

(16)) v časovnem intervalu od t_{start} do zadnjega razpoložljivega datuma (april 2005). Veliko nihanje kritičnega časa t_c za t_{start} pred letom 1993 kaže na dejstvo, da se je balonček začel šele po letu 1993.

Zhou in Sornette (2006) sta opazila dobro stabilnost napovedanega kritičnega časa $t_c =$ sredina leta 2006 za LPPL model. Landau ekspanzija drugega reda je v mejah okoli sredine leta 2006. Enostavni potenčni zakon ni zanesljiv. Ugotovila sta, da je bila točka obrata sredi leta 2006.

2.4 Naftni balonček v letih med 2006 in 2008

Od leta 1995 so trgi v ZDA doživeli tri večje epizode, sedaj prepoznane s strani večine profesionalcev, regulatorjev in z rastočim številom akademikov kot balončki: novih ekonomskih internetnih komunikacijskih tehnologij (angl. *New economy Internet-Communication-Technology*), ki je dosegel vrh leta 2000, nepremičninski balonček, ki je dosegel vrh v sredini leta 2006 in drugorazrednih inštrumentov novih vozil (angl. *subprime new instrument vehicle*) balonček, ki je dosegel vrh v letu 2007.

Od približno marca 2008 je rastoče število učenjakov, bankirjev in akademikov razpravljalo o prednostih in slabostih hipoteze, da so surovine, še posebej nafta, prišle v režim balončka. Glavno vprašanje, ki ga je potrebno razložiti, je štirikratno povečanje cen nafte od leta 2003. Nekateri to povezujejo z rastočim povpraševanjem (še posebej s strani kitajskega in indijskega trga) in z nepopolnim uravnoteženjem ponudbe črpanja nafte.

Na osnovi analogij s statistično fiziko in teorijo kompleksnosti je bil v zadnjem desetletju razvit pristop, ki prepozna balončke kot prehodne super eksponentne režime. Matematična enačba teh balončkov je log periodični potenčni zakon (LPPL).

Še posebej uporabna lastnost LPPL modelov je ta, da v nasprotju z večino ekonometričnih modelov razlagajo prehodne režime, ki se končajo v kritičnem času t_c , za katerim balonček prestopi v drugi režim, bodisi počí, bodisi gre skozi progresivno tranzicijo (Johansen & Sornette, 2006; Sornette & Zhou, 2006). Napovedan kritični čas t_c je dobljen s tremi LPPL modeli (enostaven LPPL, drugi red Weierstrass (glej enačbo (26)) in Landau ekspanzija drugega reda (glej enačbo (16))) kot funkcijo začetnega datuma t_{start} za fiksno $t_{konec} = 27. 5. 2008$. Obsežen pregled t_{start} in t_{konec} potrди glavno sporočilo, in sicer:

1. zanesljivo prepoznani LPPL režim, ki potrди obstoj balončka v ceni nafte, izraženo v dolarjih;
2. robustno in stabilno diagnosticiranje, da je balonček blizu lokalnemu vrhu (in ga je morda že dosegel). Ni pa mogoče izključiti verjetnosti, da je bližina kritičnemu času t_c

samo začasen proces, vgrajen v večjo skalo balončka, ki se bo morda razvil v prihajajočih mesecih ali letih.

Sornette, Woodard in Zhou (2008) so obravnavali tri prileganja, in sicer: enostaven LPPL, drugi red Weierstrass in Landau ekspanzija drugega reda cen nafte, izražene v evrih. To potrjuje dejstvo, da je balonček pristen in ni posledica slabitve dolarja. Vrednosti kritičnega časa t_c , določenega z njihovo in ostalimi kalibracijami v različnih časovnih oknih ter z uporabo drugih valut, so podobne, kar potrjuje fenomen balončka. Njihova analiza izpostavlja znatno spremembo režima cen nafte v dolarjih, ki se je zgodila med zadnjim četrletjem leta 2005 in prvim četrletjem leta 2006.

Zadnji problem, ki ga velja izpostaviti, je ta, ali je rast cene hitrejša od eksponentne rasti morda rezultat povpraševanja, ki bi bil hitrejši od eksponentne rasti in ki ga ponudba ne dohaja. Če je odgovor pozitiven, potem je interpretacija Sornette et al. (2008), da vidijo razplet špekulacije, napačna.

Da bi Sornette et al. (2008) raziskali ta problem še bolj, so vzeli vrednosti svetovne ponudbe in povpraševanja tekočih goriv, ki ga poročata Mednarodna energetska agencija (angl. *International Energy Agency*, v nadaljevanju IEA) in ameriška Energetska informacijska administracija (angl. *Energy Information Administration*, v nadaljevanju EIA).

Medtem ko ti dve agenciji poročata približno enako povpraševanje skozi opazovano obdobje, je večja razlika na strani ponudbe. EIA poroča manjšo ponudbo od IEA, razlika je približno en milijon sodčkov na dan od leta 2006. Podatki EIA kažejo na to, da je povpraševanje po nafti preseglo ponudbo v zadnjih petih četrletjih. V nasprotju IEA kažejo veliko manjšo razliko med ponudbo in povpraševanjem. Sornette et al. (2008) so poskušali razumeti vzrok razlike. Prvič, vsaka od teh ocen povzemajo statistiko, dobljeno iz več virov in držav. Drugič, obstaja stopnja ekstrapolacije in ugibanja, ki ga ti dve agenciji drugače obravnavata. Predpostavljajo, da razlika med EIA in IEA zagotavlja mero ocenjenih napak. Z drugimi besedami tem številkam pri teh negotovostih ne gre verjeti.

Ob teh negotovostih pa drži ena postavka, in sicer ta, da sta bili do konca leta 2005 obe agenciji poravnani in ponudba je presegala povpraševanje. Od leta 2006 to dejstvo ne drži več, saj je prišlo obdobje negotovosti. Po mnenju Sornette et al. (2008) ne bi smeli zaključiti, da je povpraševanje preseglo ponudbo, ampak da je naftni trg vstopil v nejasen režim. Namesto jasne tranzicije v režim nezadostne ponudbe so interpretirali razliko med IEA in EIA kot znamenje negotovosti. Izpostavijo, da ni boljšega goriva za vzpodbujanje špekulacije kot negotovost.

Ta študija podpira hipotezo, da je bilo nedavno povečanje cen nafte, izraženo v katerikoli od velikih valut, okrepljeno s špekulativnim obnašanjem, ki ga lahko najdemo v balončku

podobni rasti. Podlaga pozitivnim povratnim informacijam, vzpodbujena z govoricami o rastočem pomanjkanju, je lahko posledica ene ali več od naslednjih faktorjev, in sicer:

1. zaščitno varovanje pred bodočo rastjo cene nafte in oslabljenim dolarjem, ki se prelevi v pozitivno samostojno rastočo zanko;
2. iskanje novih dobičkonosnih investicij, ki so posledica kolapsa trga nepremičnin;
3. nedavni razvoj trgovanja od leta 2006 dereguliranih naftnih terminskih pogodb, kar trenutnim cenam nafte dopušča, da so čedalje bolj določene s špekulativnim trgom terminskih pogodb (Sornette et al., 2008).

3 ANALIZA LJUBLJANSKE BORZE Z MATEMATIČNIMI MODELI ZA PREUČEVANJE BORZNIH BALONČKOV

3.1 Opredelitev problema

Namen naše analize Ljubljanske borze z matematičnimi modeli za proučevanje borznih balončkov je preizkusiti uporabo v teoretičnem uvodu opisanih matematičnih modelov na podatkih o delovanju Ljubljanske borze v prvem desetletju njenega delovanja.

Pri tem si zastavljamo naslednje glavne raziskovalne probleme:

1. preučiti prisotnost borznega balončka – ugotoviti, ali je bil balonček prisoten ali ne;
2. preučiti časovno dinamiko balončka: njegov začetek, vrh in konec;
3. preučiti možnost napovedi borznega balončka z matematičnimi modeli;
4. preučiti dinamiko borznega indeksa Ljubljanske borze v prvi polovici drugega desetletja s pomočjo matematičnih modelov za napovedovanje obnašanja borznega indeksa po balončku.

Pred temi raziskovalnimi problemi obstajajo še metodološki problemi, in sicer: izbor matematičnih modelov, vprašanje primernosti teh modelov za nam dosegljive podatke o Ljubljanski borzi, vprašanje strokovne terminologije za izraze v matematičnih modelih in drugi.

3.2 Podatki

Za analizo smo izbrali borzni indeks LJSEX. Ta indeks je dosegljiv javnosti na spletni strani Ljubljanske borze. Podatek obstaja za vsak delovni dan. Za potrebe analize smo zbrali vrednosti indeksa v obdobju od 3. 1. 2000 do 21. 5. 2010. V analizo smo vključili kot podatke vse vrednosti indeksa za vsak delovni dan. To je skupno 2588 vrednosti indeksov. To predstavlja vse naše neobdelane podatke (surove podatke).

Omenimo, da je bila Ljubljanska borza ustanovljena leta 1989. Prvo trgovanje se je začelo leta 1996. V sredini leta 2000 je bil ustanovljen prvi borzni indeks. Kasneje sta bila nekaj časa dva glavna borzna indeksa, in sicer: SBI TOP ter LJSEX. V času zaključevanja tega magistrskega dela ima borza ponovno en glavni indeks, in sicer SBI TOP.

3.3 Osnovne statistične metode analize podatkov

Podatke smo analizirali z osnovnimi statističnimi metodami, da bi dobili enostaven vpogled v dinamiko indeksa LJSEX v tem preučevanem časovnem obdobju. Rezultate teh analiz v delu prikazujemo grafično.

3.4 Matematični modeli analize podatkov

Podatke bomo analizirali z matematičnimi modeli za preučevanje borznih balončkov, in sicer:

1. Zhoujev model za odkrivanje prisotnosti balončka – s to metodo odkrivamo, ali je v preučevanem obdobju balonček prisoten ali ne;
2. Zhoujeva metoda padajočih časovnih oken – s to metodo ugotavljamo čas začetka borznega balončka;
3. Zhoujeva metoda naraščajočih časovnih oken – s to metodo ugotavljamo čas poka borznega balončka;
4. metoda za napovedovanje prihodnjega obnašanja borznega indeksa (Johansen & Sornette, 1999b)

3.4.1 Zhoujev model za odkrivanje prisotnosti balončka

Najprej bomo uporabili preprost matematični test, s katerim ugotavljamo, ali je v nekem časovnem obdobju v dinamiki borznega indeksa prisoten borzni balonček ali ne. Za ta namen bomo uporabili preprosto metodo, ki jo je predlagal Zhou (Zhou & Sornette, 2007). To metodo je pri svoji analizi uporabil tudi slovenski avtor Ahčan (2011). S to metodo ugotavljamo prisotnost balončka tako, da primerjamo kvaliteto prileganja modela, ki opisuje super-eksponentno rast z modelom, ki prilega standardno eksponentno rast.

Model, ki predstavlja standardno eksponentno rast, podaja enačba:

$$\log p(t) = A + Bt + \varepsilon_1, \quad (27)$$

kjer ε_1 predstavlja komponento naključnega sprehoda in je B pričakovana donosnost na enoto časa (ustrezna časovna enota je tukaj en dan).

Model, ki predstavlja super-eksponentno rast, podaja naslednja enačba:

$$\log p(t) = A + Bt + Ct^2 + \varepsilon_1 \quad (28)$$

V enačbi (28) dodatni kvadratni člen C izraža nelinearno rast, ki predstavlja super-eksponentno rast. Ali je bil v izbranem časovnem intervalu prisoten balonček, ugotovimo s primerjanjem standardnega odklona napak linearnega modela (ki se prilegajo v izbranem časovnem obdobju) s standardnim odklonom napak preprostega nelinearnega modela s kvadratnim členom. Če je v preučevanem časovnem obdobju standardni odklon napak nelinearnega modela veliko manjši kot standardni odklon napak linearnega modela, to opisuje nelinearno dinamiko donosov, kar pomeni prisotnost borznega balončka.

3.4.1.1 Količnik D kot pokazatelj prisotnosti balončka

Natančno merilo za ugotavljanje prisotnosti borznega balončka je količnik D , izražen z enačbo (29), ki sta ga razvila Zhou in Sornette (2007):

$$D = \frac{RMS(lin) - RMS(nonlin)}{RMS(lin)} \quad (29)$$

Tukaj je $RMS(lin)$ metoda najmanjših kvadratov ostankev prileganja logaritmov cene indeksa linearnega modela, $RMS(nonlin)$ je metoda najmanjših kvadratov prileganja logaritmov cene indeksa nelinearnega modela.

Kadar je vrednost D večja od 0,25, to po tem modelu pomeni prisotnost borznega balončka. Ta kriterij sta postavila Zhou in Sornette (2007).

3.4.1.2 Uporaba te metode pri raziskovanju Ljubljanske borze v okviru tega magistrskega dela

Da bi ugotovili prisotnost balončka na slovenskem trgu, smo uporabili podatke od 3. 1. 2000 do 20. 8. 2007 in omenjeno metodologijo za izračun vrednosti mere D . Pri tem smo uporabili linearen in nelinearen model. Najprej smo testirali, koliko se vrednosti mere D razlikujejo v časovnih intervalih, ki jih dobimo s tem, da smo časovno obdobje od 3. 1. 2000 do 20. 8. 2007 razdelili v pet enakih časovnih intervalov. V tem časovnem obdobju je približno 1900 trgovalnih dni, vsak časovni interval je dolg 380 trgovalnih dni.

3.4.2 Zhoujeva metoda padajočih časovnih oken

Z Zhoujevo metodo padajočih časovnih oken (Zhou & Sornette, 2007) ugotavljamo čas začetka rasti borznega balončka. Z njo ugotovimo tudi čas pojavljanja prvih znakov pojavljanja balončka. Pri tej metodi določimo časovne intervale z datumi za začetek in konec vsakega intervala, in sicer tako, da za vsak interval najprej določimo konec

časovnega obdobja (označimo ga s t_{konec}) in nato spreminjamo dolžino časovnega obdobja tako, da premikamo začetek časovnega obdobja (označimo ga s t_{start}). V vsakem časovnem intervalu (t_{start}, t_{konec}) iščemo minimum, tako da uporabimo metodo najmanjših kvadratov z razdaljo, ki je razlika med vrednostjo indeksa in vrednostjo prilegajoče enačbe (2). Na vsakem intervalu (t_{start}, t_{konec}) iščemo kritični čas t_c , pri katerem dobimo najboljše prileganje enačbe (2). Za kritični čas t_c pridejo v poštev vsi datumi od končnega časa intervala t_{konec} naprej. Iščemo najboljše prileganje enačbe (2), s tem da povečujemo t_{start} . S tem dobimo funkcijo kritičnega časa (t_c , to je časa, ko predvidevamo pok balončka) v odvisnosti od t_{start} . Kot čas začetka balončka označimo čas, ko se pri povečevanju t_{start} , t_c ne spreminja več (na primer za manj kot nekaj mesecev).

Pri naši raziskavi Ljubljanske borze smo uporabili to metodo, in sicer tako, da smo na celotnem naboru podatkov t_{konec} nastavili na 10. 8. 2007 in povečevali t_{start} , s katerim smo začeli 3. 1. 2000 (začetek našega nabora podatkov).

Ker smo delali analizo naknadno in smo že vedeli, kdaj je balonček počil, smo uporabili čim več podatkov, da je bila naša ocena čim bolj robustna. Zato smo izbrali zadnjo točko v naboru podatkov (to je 10. 8. 2007) čim bližje resničnemu poku balončka.

3.4.3 Zhoujeva metoda naraščajočih časovnih oken

S to metodo ugotavljamo čas poka balončka. Z metodološkega vidika je zelo podobna prejšnji.

Ker gledamo indeks LJSEX naknadno, vemo, da je balonček dosegel vrh na dan 31. 8. 2007, z veliko korekcijo v naslednjih treh letih. Z vidika metodologije, ki sta jo predlagala Johansen in Sornette (1998), bi radi vedeli, ali bi lahko napovedali pok balončka in koliko časa pred pokom balončka bi lahko njegov vrh napovedali. Zgledujemo se po metodi naraščajočih časovnih oken (angl. *increasing time windows*), ki jo je predlagal Zhou (Zhou & Sornette, 2007).

Pri tej metodi določimo začetni datum t_{start} , ki pove najbolj verjeten začetek rasti balončka in spreminjamo t_{konec} (ta označuje končni čas časovnega intervala oziroma okna). Iščemo najboljše prileganje enačbe (2), tako da povečujemo t_{konec} , kar nam da funkcijo odvisnosti t_c od t_{konec} . Kot čas konca balončka označimo čas, ko se pri povečevanju t_{konec} , t_c ne spreminja več (na primer za manj kot nekaj mesecev) oziroma takrat, ko postane robusten.

Pri naši raziskavi smo nastavili t_{start} na 10. 8. 2005, kar smo v podpoglavju 4.3 prepoznali kot najbolj verjeten čas začetka rasti balončka. Za t_{konec} upoštevamo mesece med majem 2006 in avgustom 2007.

3.4.4 Metoda za napovedovanje prihodnjega obnašanja borznega indeksa

Potrebovali smo matematična orodja za napovedovanje prihodnjega obnašanja borznega indeksa, in sicer za:

1. napovedovanje antibalončka (to je časovno obdobje od poka balončka do normalizacije režima dinamike indeksa);
2. napovedovanje obnašanja indeksa v obdobju nekaj let po analiziranih podatkih.

Metodo za napovedovanje antibalončkov sta razvila Johansen in Sornette (1999b). Opisana je v podpoglavju 1.3.6 Metoda za določanje antibalončka.

Za napovedovanje obnašanja indeksa v obdobju po antibalončku smo uporabili enaka matematična orodja kot za napovedovanje antibalončka. Pri tem smo se zgledovali po delu slovenskega avtorja Ahčana (2011).

V tej raziskavi smo obdobje antibalončka proučevali z matematičnimi metodami za prileganje antibalončkov, da bi z njimi napovedali obnašanje LJSEX indeksa v prihodnjem časovnem obdobju. To smo naredili tako, da smo enačbi (17) in (18) prilegali podatkom. Pri antibalončku smo postavili začetno točko časovnega intervala na dan 27. 9. 2007 (to je zadnji dan, ko indeks preseže mejo 12.100 točk, med časom poka balončka 31. 8. 2007 in 27. 9. 2007 vrednost indeksa oscilira okoli 12.000 točk, brez vidnega trenda, medtem ko je po 27. 9. 2007 očitno padajoči trend). Zadnji dan našega nabora podatkov je 21. 5. 2010, kar je zadnja točka intervala. Torej imamo približno tri leta podatkov, da določimo dinamiko faze antibalončka.

Za preučevanje obnašanja indeksa LJSEX po antibalončku in več let po obdobju, za katerega smo imeli nabor podatkov, smo uporabili enako matematično metodo kot za preučevanje obdobja antibalončka.

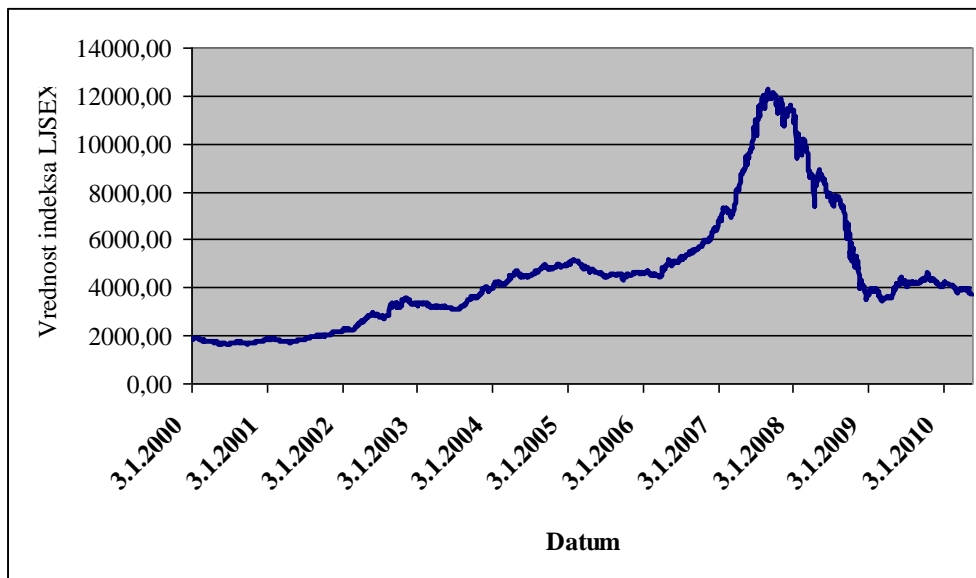
4 REZULTATI

4.1 Dinamika indeksa Ljubljanske borze LJSEX v letih od 2000 do 2010

Nabor podatkov o vrednosti indeksa LJSEX za vsak delovni dan v obdobju od januarja 2000 do maja 2010 smo pridobili z internetnega naslova Ljubljanske borze in jih obdelali z osnovnimi statističnimi metodami.

Za 2588 delovnih dni smo grafično prikazali vrednosti indeksa LJSEX (graf je bil narejen s programom Excel).

Slika 9: Dinamika indeksa LJSEX v obdobju od 3. 1. 2000 do 21. 5. 2010. Na x osi je datum, na y osi je vrednost indeksa LJSEX



Ko opazujemo spreminjanje vrednosti indeksa LJSEX, opazimo, da le-ta poteka v štirih »fazah«, in sicer v:

1. fazi postopne rasti vrednosti, od začetka do približno prve polovice leta 2006 (obdobje pozitivnih donosov);
2. fazi hitre rasti, ki doseže vrh, od prve polovice 2006 do druge polovice leta 2007;
3. fazi hitrega padanja od druge polovice 2007 do začetka 2009;
4. fazi majhnih spreminjanj od leta 2009 do maja 2010.

Glede na definicijo borznega balončka, za katerega je značilno obdobje zelo hitre rasti in nato obdobje zelo hitrega padca, na grafu prikazani podatki dajejo močan vtis, da je bil na borzi prisoten borzni balonček. Pri tem se opiramo zgolj na definicijo, ne pa na številčne kriterije za balonček ali na analize z matematičnimi modeli borznih balončkov.

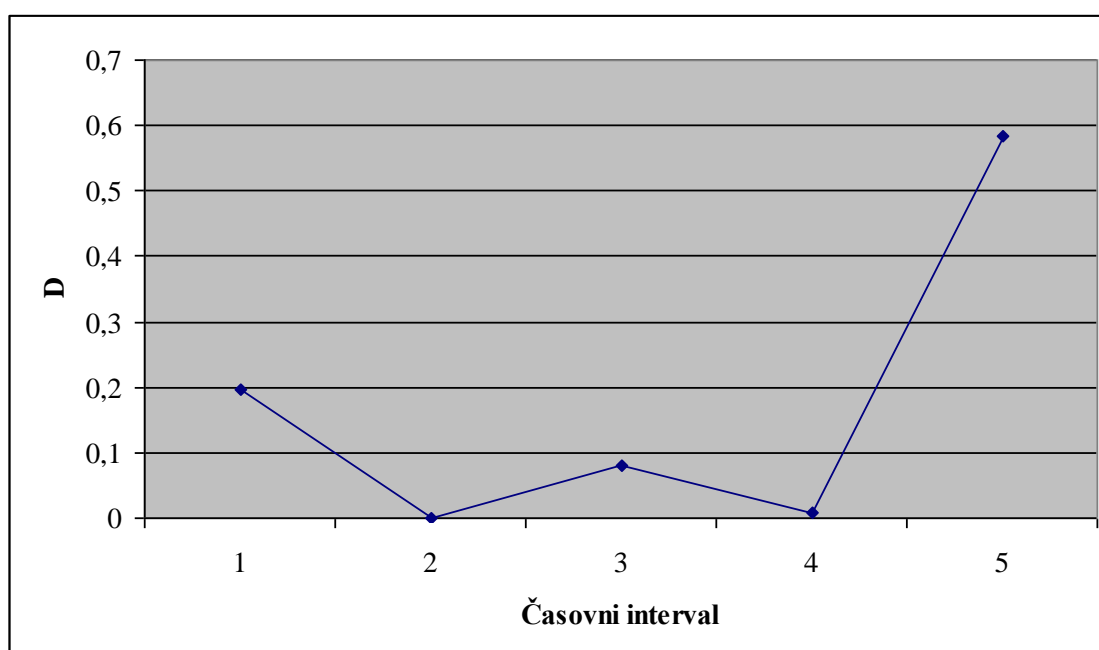
4.2 Prisotnost balončka, ugotovljena z Zhoujevo metodo za odkrivanje borznega balončka

Z Zhoujevo metodo za odkrivanje prisotnosti borznega balončka smo dobili rezultate o vrednosti mere D v obliki Tabele 16 in Slike 10 ter rezultate v obliki slik, ki prikazujejo prileganja enačb (27) in (28) podatkom o vrednostih borznih indeksov v preučevanem obdobju. Navajamo vrednosti mere D v različnih časovnih intervalih.

Tabela 16: Vrednosti mere D v različnih časovnih obdobjih

Časovni interval	Začetek intervala	Konec intervala	D	Slika
1	3. 1. 2000	12. 7. 2001	0,1977	Slika 11
2	12. 7. 2001	28. 1. 2003	0,0008	Slika 12
3	28. 1. 2003	2. 8. 2004	0,0811	Slika 13
4	2. 8. 2004	2. 2. 2006	0,0082	Slika 14
5	2. 2. 2006	20. 8. 2007	0,5848	Slika 15

Slika 10: Graf vrednosti mere D v petih časovnih intervalih. Na y osi so vrednosti mere D, na x osi pa posamezni časovni intervali

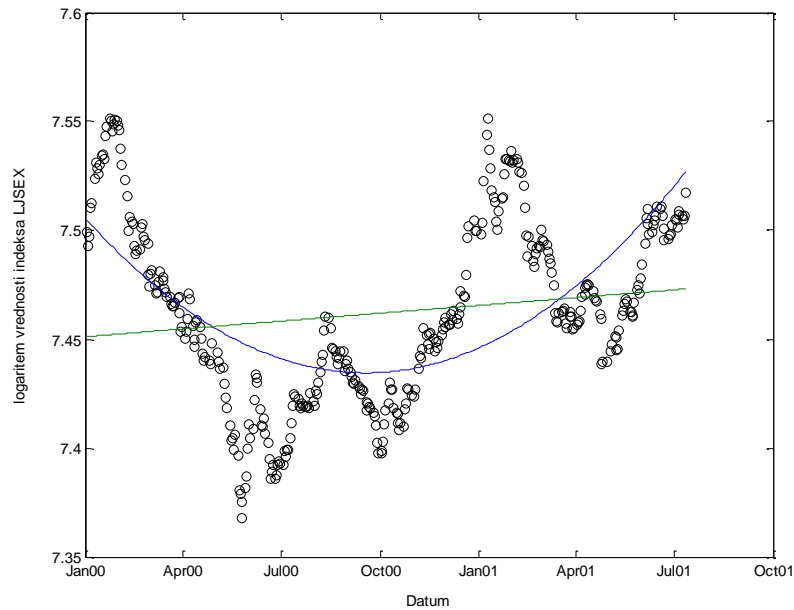


Kot lahko vidimo iz Tabele 16 in s Slike 10, so vrednosti mere D večje od 0,25 samo v zadnjem časovnem intervalu: v petem intervalu je mera D enaka 0,5848. To je v časovnem intervalu od 2. 2. 2006 do 20. 8. 2007. Po Zhoujevem kriteriju pomeni $D > 0,25$ prisotnost borznega balončka. Torej je **bil po tej metodi borzni balonček prisoten v časovnem intervalu** od 2. 2. 2006 do 20. 8. 2007. V ostalih časovnih intervalih je vrednost mere D manjša od 0,25 in torej v njih ni bilo prisotnosti balončka.

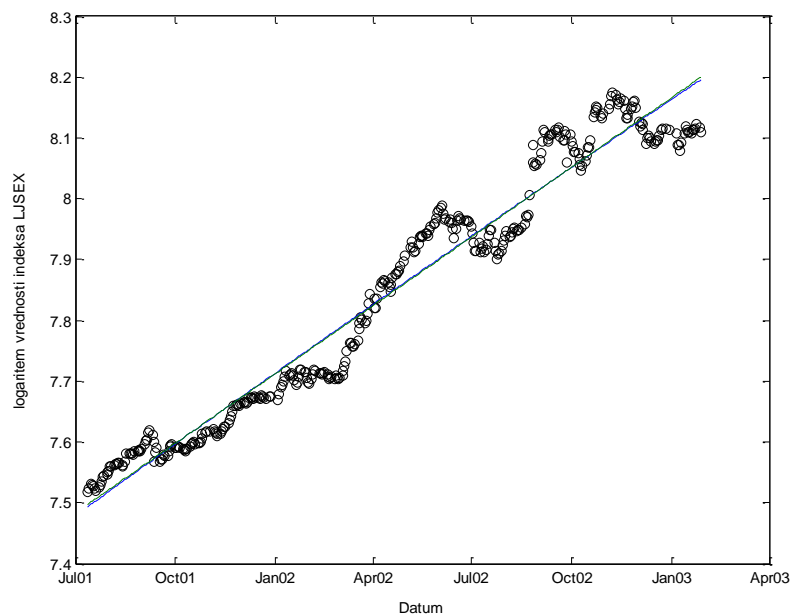
Na Slikah od 11 do 15 so predstavljena prileganja enačbam (27) in (28). Z zelenimi črtami so predstavljena prileganja enačbi (27), torej modelu standardne eksponentne rasti. Z modrimi črtami so predstavljena prileganja enačbi (28), torej modelu super-eksponentne rasti.

Želeli bi si, da bi natančneje ugotovili začetek balončka in ali bi lahko napovedali pok balončka. Da bi to naredili, se osredotočimo na dinamiko indeksa LJSEX med januarjem 2000 in septembrom 2007; pri tem uporabljamo metode, ki sta jih predstavila Zhou in Sornette (2007).

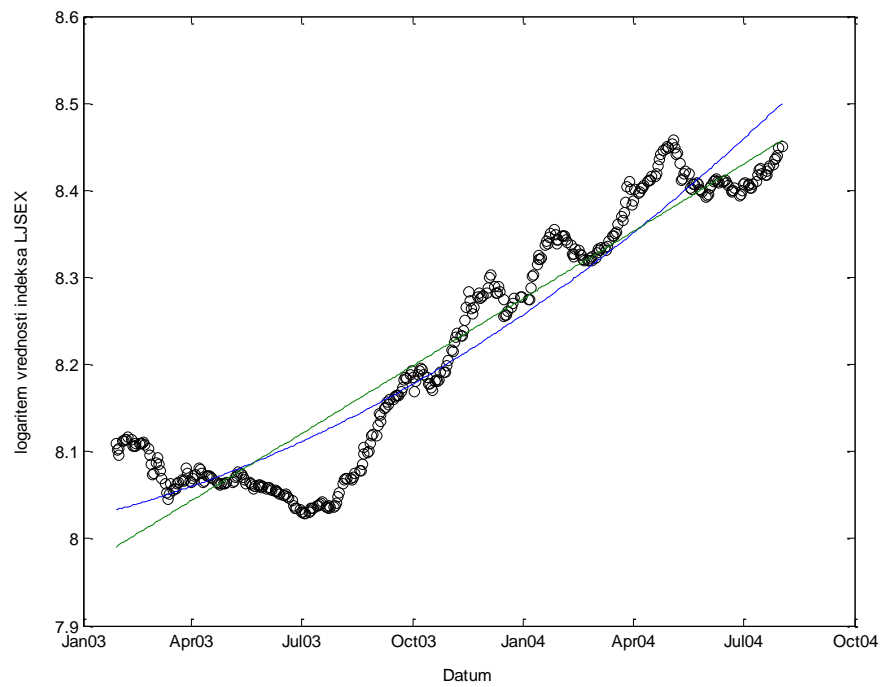
Slika 11: Prileganje enačb (27) in (28) v prvem časovnem intervalu, to je od 3. 1. 2000 do 12. 7. 2001. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,1977



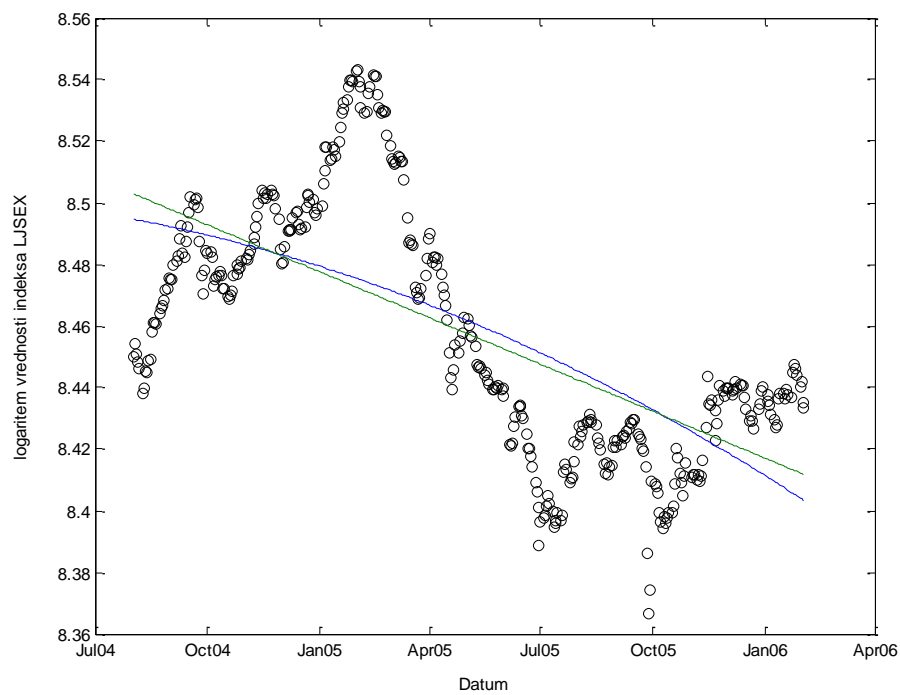
Slika 12: Prileganje enačb (27) in (28) v drugem časovnem intervalu, to je od 12. 7. 2001 do 28. 1. 2003. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,0008



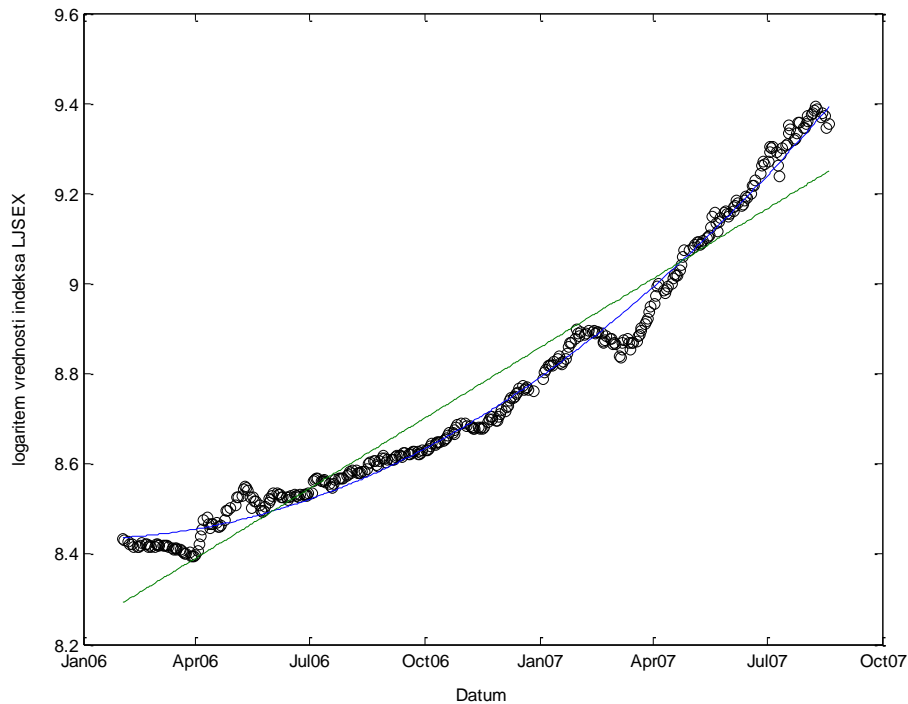
Slika 13: Prileganje enačb (27) in (28) v tretjem časovnem intervalu, to je od 28. 1. 2003 do 2. 8. 2004. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,0811



Slika 14: Prileganje enačb (27) in (28) v četrtem časovnem intervalu, to je od 2. 8. 2004 do 2. 2. 2006. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,0082



Slika 15: Prileganje enačb (27) in (28) v petem časovnem intervalu, to je od 2. 2. 2006 do 20. 8. 2007. Tukaj je vrednost mere D enaka 0,5848



4.3 Čas začetka borznega balončka, ugotovljen z Zhoujevo metodo padajočih časovnih oken

Z Zhoujevo metodo padajočih časovnih oken smo ugotovili čas začetka nastajanja borznega balončka. Ta čas je 10. 8. 2005.

Ta metoda nam je pri analizi nabora naših podatkov podala rezultate, ki jih podajamo v Tabeli 17.

Tabela 17: Kritičen čas t_c kot funkcija začetnega časa t_{start} z uporabo metode padajočih časovnih oken po Zhouju na podatkih indeksa LJSEX

t_{start}	t_{konec}	t_c	β	ω
6. 1. 2000	10. 8. 2007	21. 11. 2008	0,1521	4,9532
23. 10. 2000	10. 8. 2007	16. 3. 2008	0,3619	3,3631
10. 8. 2001	10. 8. 2007	7. 6. 2008	0,3631	3,3964
30. 5. 2002	10. 8. 2007	10. 6. 2008	0,0336	4,2952
18. 3. 2003	10. 8. 2007	8. 3. 2010	0,3103	6,5545

se nadaljuje

nadaljevanje

t_{start}	t_{konec}	t_c	β	ω
5. 1. 2004	10. 8. 2007	17. 7. 2008	1,0000	2,9586
22. 10. 2004	10. 8. 2007	14. 5. 2009	0,9899	1,4905
10. 8. 2005	10. 8. 2007	13. 8. 2007	1,0000	-0,5302
8. 9. 2005	10. 8. 2007	15. 8. 2007	0,9967	-0,5279
7. 10. 2005	10. 8. 2007	16. 8. 2007	0,9310	-0,6020
7. 11. 2005	10. 8. 2007	5. 11. 2007	0,9839	-0,3245
5. 12. 2005	10. 8. 2007	3. 10. 2007	0,1418	-0,9118
4. 1. 2006	10. 8. 2007	20. 10. 2007	0,4926	-2,2286
1. 2. 2006	10. 8. 2007	4. 11. 2007	0,3888	-3,3534
2. 3. 2006	10. 8. 2007	18. 11. 2007	0,8457	-2,8502

Kot lahko vidimo iz Tabela 17, vrednosti t_c kot funkcija t_{start} kar veliko nihajo čez celoten nabor podatkov. Ko t_{start} doseže datum avgust 2005, ocene t_c zelo nihajo. Iz iste tabele tudi vidimo: ko t_{start} preseže avgust 2005, ocene t_c postanejo robustne.

Ocene časa faznega premika, to je poka balončka, so skoraj enotne (datum variira malenkostno od sredine avgusta do sredine novembra 2007). Torej lahko na podlagi teh rezultatov ugotovimo, da je balonček začel rasti okoli 10. 8. 2005.

Opazimo tudi, da je Zhoujeva metoda padajočih časovnih oken dala podobne rezultate za čas začetka balončka kot presoja na podlagi statistično obdelanih podatkov.

4.4 Čas poka borznega balončka, ugotovljen z Zhoujevo metodo naraščajočih časovnih oken

Z Zhoujevo metodo naraščajočih časovnih oken smo ugotovili čas poka borznega balončka (to je čas, ko vrednosti borznega indeksa dosežejo maksimum in takoj za tem začno hitro padati). S to metodo nismo uspeli določiti natančnega časa poka balončka, temveč le časovni interval, v katerem se je ta pok pojavil. Ta ugotovljeni interval je od avgusta 2007 do januarja 2008.

Tabela 18 kaže, da indeks LJSEX, ko t_{konec} preseže 20. 4. 2007, ocene t_c postanejo bolj robustne. Ko t_{konec} teče od 20.4.2007 do 17. 8. 2007, t_c variira od avgusta 2007 do januarja 2008. Zadnjih pet ocen je dokaj blizu skupaj. Torej lahko rečemo, da bi bilo mogoče v naprej napovedati, da bo balonček počil. Natančno, kdaj bo le-ta počil, bi bilo težje napovedati. Koeficient β je le v enem primeru v zahtevanem območju. Koeficient ω pa ni v nobenem primeru v zahtevanem območju. Je veliko manjši kot v primeru ostalih znanih balončkov. Mislimo, da je to zaradi tega, ker se je balonček indeksa LJSEX razvijal v

krajšem časovnem obdobju, kot pa balončki, ki so jih preučili ostali avtorji (Johansen & Sornette, 1998; Johansen & Sornette 1999a; Johansen & Sornette, 1999b).

Čeprav koeficienta β in ω nista v zahtevanem območju, verjamemo, da je dovolj dokazov razvijajočega balončka nekaj mesecev pred pokom balončka, ki se je zgodil na dan 31. 8. 2007. Obe analizi, izvedeni v prejšnjih podpoglavjih, podpirata odkrivanje LPPL režima in potrjujeta obstoj borznega balončka. Pri uporabi zgornje metodologije verjamemo, da bi lahko napovedali oblikovanje in pok balončka že nekaj mesecev pred pokom balončka. Točno določen datum poka balončka bi težje napovedali. Čeprav smo vedeli že prej, kdaj je balonček počil, naše ocene niso tako robustne kot bi želeli.

Ugotovljeni časovni interval, v katerem se po tej metodi nahaja pok balončka, je po naši presoji kar širok. Sprašujemo se, kaj je razlog za to: morda pomanjkljivost Zhoujeve metode, morda naša uporaba te metode, morda sama narava nabora podatkov.

Tabela 18: t_c kot funkcija t_{konec} z uporabo metode naraščajočih časovnih oken

t_{start}	t_{konec}	t_c	β	ω
10. 8. 2005	31. 5. 2006	7. 6. 2006	0,0975	-3,0651
10. 8. 2005	28. 6. 2006	20. 7. 2006	0,1272	-4,0481
10. 8. 2005	26. 7. 2006	28. 7. 2006	0,4954	-4,0564
10. 8. 2005	24. 8. 2006	1. 9. 2006	0,5074	-4,1805
10. 8. 2005	21. 9. 2006	22. 9. 2006	0,6318	-4,2221
10. 8. 2005	19. 10. 2006	4. 2. 2008	0,5301	9,0460
10. 8. 2005	20. 11. 2006	28. 11. 2006	0,5580	-4,3005
10. 8. 2005	18. 12. 2006	21. 12. 2006	0,5041	-5,0590
10. 8. 2005	23. 1. 2007	19. 2. 2007	0,1970	-5,2836
10. 8. 2005	21. 2. 2007	27. 5. 2008	0,8364	0,1743
10. 8. 2005	21. 3. 2007	29. 3. 2007	0,6841	-1,1417
10. 8. 2005	20. 4. 2007	26. 1. 2008	0,6899	2,0353
10. 8. 2005	23. 5. 2007	19. 10. 2007	1,0000	0,7250
10. 8. 2005	20. 6. 2007	7. 11. 2007	1,0000	0,4130
10. 8. 2005	19. 7. 2007	20. 8. 2007	1,0000	-0,4777
10. 8. 2005	17. 8. 2007	20. 8. 2007	0,8782	-0,6947

4.5 Napovedovanje antibalončka z metodo za modeliranje antibalončka

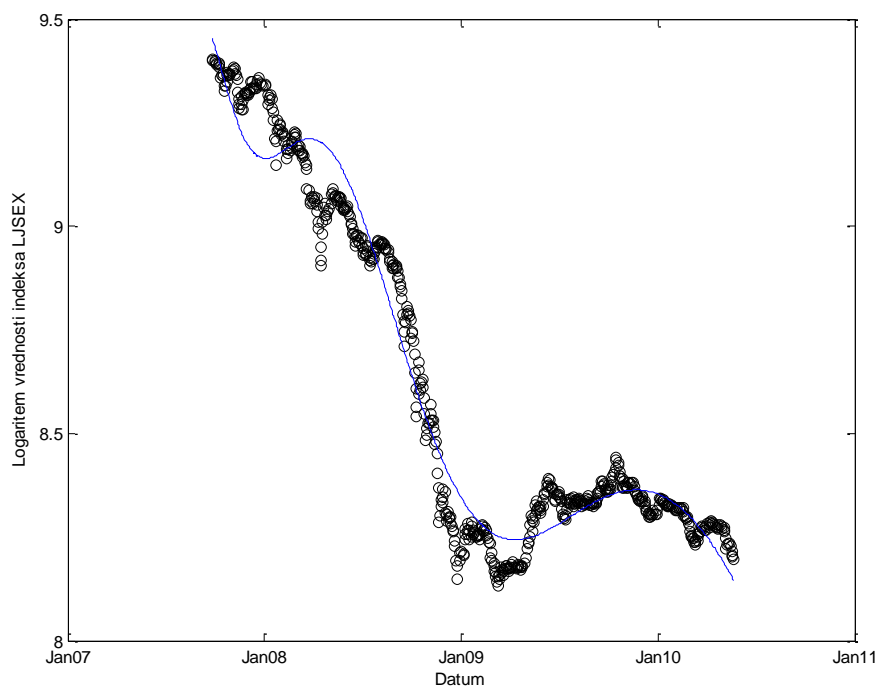
Z metodo za modeliranje antibalončka smo preučevali dinamiko borznega indeksa LJSEX v obdobju antibalončka in izdelali grafični prikaz te dinamike.

Slika 16 kaže, da je prileganje k enačbi (17) kar dobro. V primeru prileganja enačbi (17) sta vrednosti eksponenta β in frekvence oscilacij ω blizu optimalnih vrednosti, pridobljenih v drugih državah (Johansen & Sornette, 2001a). V našem primeru je vrednost eksponenta β enaka 0.9157, medtem ko je frekvenca oscilacij ω enaka 6.1926, kar je po pričakovanju najbolj verjetno za obnašanje antibalončka. Vrednosti vseh parametrov so: $A = 9.7640$, $B = -0.0032$, $\beta = 0.9157$, $C = 0.2178$, $\omega = 6.1926$, $\phi = 4.0633$. t_c je 15. 4. 2007.

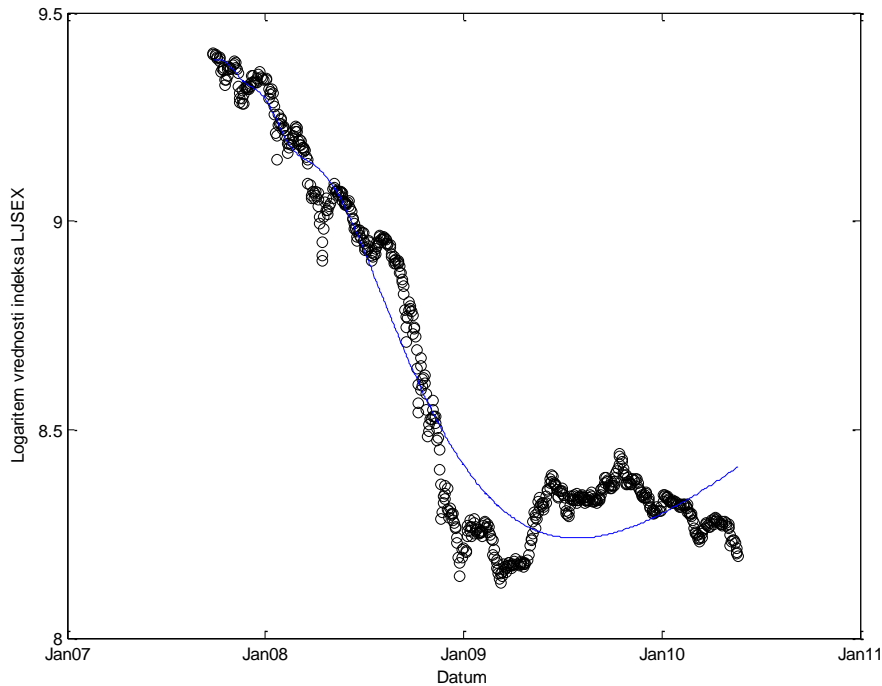
Če gledamo vrednosti eksponenta β , lahko sklepamo, da smo v obdobju od septembra 2007 do maja 2010 priča velikega padanja vrednosti. Kot je prikazano od Zhou in Sornette (2003c) so pri velikemu padcu indeksa prisotne tudi velike oscilacije.

Slika 17 kaže prileganje enačbi (18), ki je tudi v tem primeru kar dobro. Pri Landau ekspanziji drugega reda je vrednost eksponenta β enaka 2.9, kar kaže na to, da smo res priča strmemu padcu indeksa, še posebej v obdobju od septembra 2007 do septembra 2008. Vrednosti vseh parametrov so: $A = 9.3877$, $B = -3.88 \cdot 10^{-7}$, $\beta = 2.9267$, $C = -2.40 \cdot 10^{-7}$, $\omega = -2.6304$, $\phi = 21.5851$, $\Delta\omega = 5.1223$, $\Delta t = 137.96$. t_c je 26. 9. 2007.

Slika 16: Prileganje antibalončka z uporabo enačbe (17). Na y osi je logaritem vrednosti indeksa, na x osi je datum od 27. 9. 2007 do 21. 5. 2010



Slika 17: Prileganje antibalončka z uporabo enačbe (18). Na y osi je logaritem vrednosti indeksa, na x osi je datum od 27. 9. 2007 do 21. 5. 2010



4.6 Napovedovanje prihodnje dinamike borznega indeksa z uporabo metode za modeliranje antibalončka

Z isto metodo, kot smo preučevali obdobje antibalončka, smo izdelali napoved dinamike indeksa LJSEX v obdobju pet let po času, za katerega imamo nabor podatkov – to je za čas od maja 2010 do maja 2015. Pri tej napovedi smo uporabili dve različni funkciji: Landau ekspanzijo drugega reda (enačba (18)) in funkcijo LPPL (enačba (17)).

Na Sliki 18 so s fluorescentno barvo prikazane vrednosti indeksa LJSEX, z rdečo pa normirane vrednosti indeksa SBI TOP.

Napoved s pomočjo Landau ekspanzije drugega reda je prikazana na isti Sliki 18 z modro črto, ki poteka tako, da najprej nekoliko pade, potem pa se vzpenja in nato stabilizira pri vrednosti okoli 9.

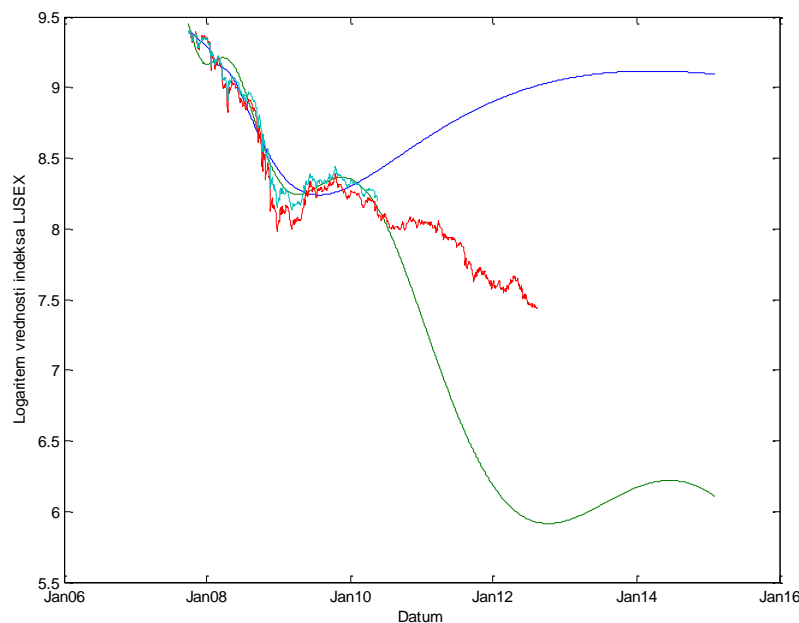
Napoved s pomočjo funkcije LPPL je prikazana na isti Sliki 18 z zeleno črto in poteka tako, da najprej pada podobno kot zgornja napoved, nato pa strmo pada in pada do vrednosti približno 6 v letu 2012.

Vidimo, da sta ti dve funkciji dali precej različni napovedi.

Na vprašanje, katera od teh dveh napovedi je pravilnejša, lahko ocenimo na podlagi slike 18. Na Sliki je prikazan indeks SBI TOP (z rdečo črto), za katerega so podatki na voljo do časa pisanja tega dela. S teoretičnega vidika bi morala biti boljša napoved z Landau ekspanzijo drugega reda (enačba (18)), v praksi pa se je po mojem mnenju bolje odrezala napoved z LPPL funkcijo (enačba (17)). Le-ta napoveduje, da bo indeks padel do konca leta 2012, potem pa bo rahlo rasel. Funkcija LPPL je napovedala večji padeč kot je bil v resnici. Morda bi bila najbolj realna napoved nekje vmes med Landau ekspanzijo drugega reda in LPPL funkcijo.

Pri napovedovanju bodočega obnašanja indeksa moramo biti previdni pri uporabi bodisi preprostega modela (funkcije LPPL – enačba (17)), bodisi kompleksnejšega modela (Landau ekspanzije drugega reda – enačba (18)). Kot je izpostavljeno v Johansnu et al. (1999), se vrednosti borznih indeksov ne obnašajo bodisi v režimu balončka bodisi antibalončka, saj je njihovo obnašanje lahko povsem naključno. Ta režim naključnosti je najbolj verjeten in zato moramo upoštevati, da se režim antibalončka lahko prevesi v drug režim, kot je režim balončka, ali v režim povsem naključnega obnašanja. Kot je navedeno v Johansnu et al. (1999), se verjetnost spremembe režima veča v času in zato ne moremo izključiti dejstva, da se bo režim modela antibalončka slej kot prej spremenil v kakšen drugi režim.

Slika 18: Napovedovanje bodočega obnašanja indeksa LJSEX. Na y osi je logaritem vrednosti indeksa, na x osi pa je datum od septembra 2007 do februarja 2015



4.7 ε -maksimalni padci ubežnikov na Ljubljanski borzi

V poglavju 2.1 smo iskali ε -maksimalne padce od deviznih trgov, preko borznih trgov, do trgov obveznic. Enako smo naredili še za Ljubljansko borzo na borznem indeksu LJSEX.

Analizirana časovna serija za Ljubljansko borzo (LJSEX) sega od 3. 1. 2000 do 21. 5. 2010. Primerjali smo logaritem vrednosti podatkov. V bistvu smo gledali razliko logaritmov. Če namreč razlike zaporednih logaritmov seštejemo, na koncu ostane samo razlika med prvim in zadnjim logaritmom, saj se vmesni logaritmi krajšajo.

Sprogramirali smo funkcijo, ki išče ε -maksimalne padce. Če se zgodi sprememba v nasprotno (pozitivno) smer, ki je večja od ε , se ε -maksimalni padec konča. Primer $\varepsilon = 0$ je bolj enostaven. Ker gledamo ε -maksimalne padce pri $\varepsilon = 0$, rečemo jim tudi čisti maksimalni padci, nas zanimajo razlike logaritmov vrednosti od lokalnega maksimuma do naslednjega lokalnega minimuma. V tem primeru se sešteje samo zaporedje negativnih razlik logaritmov. Če je razlika logaritmov negativna, to pomeni, da je vrednost indeksa padala. V kolikor vrednost indeksa naraste, je razlika logaritmov vrednosti prejšnjega dne in opazovanega dne pozitivna, ker je $\varepsilon = 0$, se v tem primeru čisti maksimalni padec konča, saj je sprememba v nasprotno (pozitivno) smer večja od $\varepsilon = 0$.

Beležili smo velikost čistega maksimalnega padca, ki je vsota razlik logaritmov podatkov od lokalnega maksimuma do lokalnega minimuma. Shranjevali smo še število dni med lokalnim maksimumom in lokalnim minimumom, kar smo poimenovali trajanje. Shranili smo še datum začetka vsakega čistega maksimalnega padca, to je datum, ko ima vrednost indeksa lokalni maksimum. To smo delali po vsej tabeli podatkov. Dobili smo 491 čistih maksimalnih padcev. Uredili smo jih po velikosti od največjega do najmanjšega čistega maksimalnega padca. V Tabeli 19 smo predstavili 7 največjih čistih maksimalnih padcev.

Tabela 19: Največji čisti maksimalni padci na Ljubljanskem borznem indeksu LJSEX

ε	Datum	Velikost	Trajanje
0	29. 8. 2008	-19,8 %	14 dni
0	14. 11. 2008	-19,6 %	4 dni
0	1. 10. 2008	-18,1 %	5 dni
0	14. 1. 2008	-16,8 %	6 dni
0	4. 4. 2008	-16,7 %	7 dni
0	10. 12. 2008	-15,1 %	9 dni
0	21. 10. 2008	-14,7 %	4 dni

Kot vidimo iz Tabele 19, se je vseh 7 največjih čistih maksimalnih padcev zgodilo v letu 2008. Pripisemo jih lahko balončku, ki je počil 31. 8. 2007. V letu 2008 je indeks LJSEX še vedno padal.

Primer, ko je $\varepsilon > 0$, je bolj zapleten. Če se zgodi sprememba v nasprotno (pozitivno) smer, ki je večja od ε , se ε -maksimalni padec konča. Sprememba v nasprotno smer se gleda od zadnjega minimuma do zadnje opazovane vrednosti. V kolikor je vsota razlik logaritmov od zadnjega minimuma do zadnje opazovane vrednosti pozitivna in večja od ε , se ε -maksimalni padec konča. Če je vsota razlik logaritmov od zadnjega lokalnega minimuma med 0 in ε , se ε -maksimalni padec nadaljuje, povečamo njegovo trajanje za en dan. Če dobimo vsoto razlik logaritmov od zadnjega lokalnega minimuma do zadnje opazovane vrednosti manjšo od 0, to pomeni, da bomo priča novemu lokalnemu minimumu. V tem primeru se ε -maksimalni padec nadaljuje. Za $\varepsilon = \sigma$ smo dobili 298 ε -maksimalnih padcev. V Tabeli 20 smo prikazali 7 največjih.

Tabela 20: Največji ε -maksimalni padci na Ljubljanskem borznem indeksu LJSEX, kjer je $\sigma = 0,99$ %

ε	Datum	Velikost	Trajanje
σ	5. 11. 2008	-28,5 %	11 dni
σ	31. 7. 2008	-25,6 %	34 dni
σ	1. 10. 2008	-18,1 %	5 dni
σ	14. 1. 2008	-16,8 %	6 dni
σ	4. 4. 2008	-16,7 %	7 dni
σ	8. 12. 2008	-16,1 %	11 dni
σ	21. 10. 2008	-14,7 %	4 dni

Kot vidimo iz Tabele 20, so se tudi tukaj vsi največji ε -maksimalni padci zgodili v letu 2008 in jih lahko pripišemo balončku, ki je počil 31. 8. 2007.

Za $\varepsilon = 2\sigma$ smo dobili 219 ε -maksimalnih padcev. V Tabeli 21 smo prikazali 7 največjih.

Tabela 21: Največji ε -maksimalni padci na Ljubljanskem borznem indeksu LJSEX, kjer je $2\sigma = 1,97$ %

ε	Datum	Velikost	Trajanje
2σ	26. 2. 2008	-32,2 %	33 dni
2σ	5. 11. 2008	-28,5 %	11 dni
2σ	31. 7. 2008	-25,6 %	34 dni
2σ	22. 9. 2008	-24,1 %	12 dni
2σ	14. 1. 2008	-16,8 %	6 dni
2σ	8. 12. 2008	-16,1 %	11 dni
2σ	21. 10. 2008	-14,7 %	4 dni

Kot lahko vidimo iz Tabele 21, so se tukaj vsi največji ε -maksimalni padci zgodili v letu 2008 in jih lahko pripišemo balončku, ki je počil 31. 8. 2007.

SKLEP

V poglavju 2.1 smo iskali endogene in eksogene zlome špekulativnih balončkov. Vzrok nastanka endogenih zlomov je v samo organiziranih samo ojačanih špekulativnih balončkih, iz katerih izhajajo predhodni podpisi log periodičnih potenčnih zakonov. Eksogene zlome je mogoče pripisati izrednim pomembnim eksternim motnjam in/ali novicam, ki vplivajo na trg.

Večina predhodno analiziranih zlomov in pripadajočih balončkov za prisotnost močnega LPPS je bila identificirana z ubežnikom ali zelo velikim maksimalnim padcem. Poleg tega so bili identificirani številni novi primeri LPPS. Izkazalo se je, da LPPS dobro razlikuje predhodne balončke in velike popravke. Raziskava je dala zaključek, da je LPPS enolično povezan s špekulativno fazo, ki napoveduje spremembo režima. Narejen je bil sistematičen pristop, ki primerja pojav največjih maksimalnih padcev z obstojem log periodičnosti in s super eksponentno rastjo.

Pri vseh analiziranih trgih sta Johansen in Sornette (2002) našla 49 maksimalnih padcev ubežnikov, od katerih je 25 razvrščenih kot endogeni, 22 kot eksogeni in dva povezana z japonskimi antibalončki. Če se omejimo na borzne trge, sta odkrila 31 ubežnikov, od katerih je 19 endogenih, 10 eksogenih in dva sta povezana z japonskimi antibalončki. Za FX trg sta našla sedem ubežnikov (tri endogene in štiri eksogene šoke). Na ameriškem trgu zakladnih obveznic sta našla štiri ubežnike (enega endogenega in tri eksogene šoke); na japonskem trgu obveznic sta našla tri ubežnike, od katerih so vsi eksogeni; in nazadnje na trgu zlata sta našla štiri ubežnike (dva endogena in dva eksogena šoka).

V poglavju 2.2 sta Sornette in Zhou (2003) ugotovila, da je balonček tujega pritoka kapitala šel po isti poti kot balonček NASDAQ 100 indeksa. Za njim je zaostal manj kot leto dni, balonček NASDAQ 100 indeksa je počil maja 2000, balonček tujega pritoka kapitala pa je počil marca 2001.

Sornette in Zhou (2003) sta ugotovila še, da je bilo žrtvovanje ameriškega dolarja in borznega trga cena za nižji vzdržni dolg na globalni ameriški strukturi dolga, kar je dovoljevalo počasno obnovo internacionalne konkurenčne ekonomije. To je bilo okrepljeno z dokazom špekulativnega balončka, ki se je razvijal na evru. Tako sta videla nadaljevanje deprecijacije ameriškega dolarja. V srednjeročnem terminu si borzni trg ni opomogel od močnega bikovskega trenda, saj je rastoči zvezni primanjkljaj porabil velik del tujih presežkov dolarja in borzni trg je ostal rizičen ter neatraktiven.

V poglavju 2.3 smo analizirali nepremičninski balonček v ZDA od leta 1993 do leta 2005. Ugotovili smo, da je bil napovedan pok balončka oziroma točka preobrata v sredini leta 2006.

V poglavju 2.4 smo ugotovili, da se je v ZDA v letih od 2006 do 2008 razvil naftni balonček.

V poglavjih 3 in 4 smo gledali razvoj slovenskega borznega indeksa LJSEX od 3. 1. 2000 do 21. 5. 2010. Že vnaprej smo vedeli, da se je pok balončka zgodil 31. 8. 2007. Zanimalo nas je, ali bi bilo pok balončka mogoče napovedati že vnaprej. V poglavju 4.2 smo ugotovili, da je bil balonček prisoten v petem časovnem intervalu, to je od 2. 2. 2006 do 20. 8. 2007. V poglavju 4.3 smo z metodo padajočih časovnih oken ugotovili, da je datum začetka rasti okoli 10. 8. 2005. V poglavju 4.4 smo z metodo naraščajočih časovnih oken ugotovili, da bi pok balončka lahko napovedali že nekaj mesecev pred pokom balončka. Točno določen datum poka balončka bi težje napovedali.

Zanimalo nas je tudi, ali bi bilo mogoče napovedati obnašanje borznega indeksa LJSEX. V poglavju 4.6 smo z metodologijo, ki sta jo razvila Johansen in Sornette (1999b), poskušali napovedati bodoče obnašanje borznega indeksa LJSEX. Ugotovili smo, da smo priča padanju indeksa do konca leta 2012, potem pa bo rahlo rasel, če prej ne bomo doživeli spremembe režima antibalončka, na primer v režim povsem naključnega obnašanja.

V poglavju 4.7 smo iskali ε -maksimalne padce za Ljubljansko borzo na borznem indeksu LJSEX. Kot smo videli, so se vsi največji ε -maksimalni padci zgodili v letu 2008 in smo jih pripisali poku balončka, ki se je zgodil 31. 8. 2007.

LITERATURA IN VIRI

1. Ahčan, A. (2011). Testing the Sustainability of Growth of the LJSEX in the January 2000 to May 2010 period. *Organizacija*. Najdeno 5. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://organizacija.fov.uni-mb.si/index.php/organizacija/article/view/384>
2. Andersen, J. V., & Sornette, D. (2004). Fearless versus Fearful Speculative Financial Bubbles. *Cornell University Library*. Najdeno 9. januarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0311089v1.pdf>
3. Black, F. (1986). Noise. *Journal of Finance* 41(3), 529–543.
4. Bree, D. S., & Joseph, N. L. (2010). Fitting the Log Periodic Power Law to financial crashes: a critical analysis. *Cornell University Library*. Najdeno 30. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/1002.1010v1.pdf>
5. Cutler, D., Poterba, J., & Summers, L. (1989) What Moves Stock Prices? *Massachusetts Institute of Technology*. Najdeno 25. marca 2012 na spletnem naslovu <http://archive.org/details/whatmovesstockpr00cutl>
6. Fama, E. F. (1991). Efficient Capital Markets: II. *Journal of Finance*, 46(5), 1575–1617.
7. Fisher, M. E. (1998). Renormalization group theory: Its basis and formulation in statistical physics. *CiteSeerX*. Najdeno 7. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.129.3194>
8. Fogedby, H. C. (2003). Damped finite-time-singularity driven by noise. *Cornell University Library*. Najdeno 9. januarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0305630.pdf>
9. Fogedby, H. C., & Poutkaradze, V. (2002). Power laws and stretched exponentials in a noisy finite-time-singularity model. *Cornell University Library*. Najdeno 9. januarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0204221.pdf>
10. Glutzman, S., & Sornette, D. (2002a). Classification of Possible Finite-Time Singularities by Functional Renormalization. *Cornell University Library*. Najdeno 9. januarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0111181v1.pdf>
11. Gluzman, S., & Sornette, D. (2002b) Log-periodic route to fractal functions. *Cornell University Library*. Najdeno 30. marca 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0106316v3.pdf>
12. Grossman, S. J., & Stiglitz, J. E. (1980). On the Impossibility of Informationally Efficient Markets. *American Economic Review*, 70(3), 393–408.
13. Groznik, P. (2003). Immigration and finance. *Amazon S3*. Najdeno 20. januarja 2012 na spletnem naslovu http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www1.fee.uva.nl/ContentPages/45150258.pdf
14. Huang, Y., Johansen, A., Lee, M. W., Saleur, H., & Sornette, D. (2000). Artifactual Log-Periodicity in Finite-Size Data: Relevance for Earthquake Aftershocks. *Cornell University Library*. Najdeno 24. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9911421v2.pdf>

15. Johansen, A. (2002). Characterization of large price variations in financial markets. *Cornell University Library*. Najdeno 7. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0210574v1.pdf>
16. Johansen, A., & Sornette, D. (1998). Stock market crashes are outliers. *Cornell University Library*. Najdeno 29. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9712005v3.pdf>
17. Johansen, A., & Sornette, D. (1999a). Critical crashes. *Cornell University Library*. Najdeno 29. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9901035v1.pdf>
18. Johansen, A., & Sornette, D. (1999b). Financial "Anti-Bubbles": Log-Periodicity in Gold and Nikkei collapses. *Cornell University Library*. Najdeno 12. decembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9901268v1.pdf>
19. Johansen, A., & Sornette, D. (1999c). Log-periodic power law bubbles in Latin-American and Asian markets and correlated anti-bubbles in Western stock markets: An empirical study. *Cornell University Library*. Najdeno 24. januarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9907270v1.pdf>
20. Johansen, A., & Sornette, D. (2000a). The Nasdaq crash of April 2000: Yet another example of log-periodicity in a speculative bubble ending in a crash. *Cornell University Library*. Najdeno 25. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0004263.pdf>
21. Johansen, A., & Sornette, D. (2000b). Evaluation of the quantitative prediction of a trend reversal on the Japanese stock market in 1999. *Cornell University Library*. Najdeno 1. marca 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0002059v1.pdf>
22. Johansen, A., & Sornette, D. (2001a). Bubbles and anti-bubbles in Latin-American, Asian and Western stock markets: An empirical study. *CiteSeerX*. Najdeno 30. oktobra 2011 na spletnem naslovu <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.35.9596>
23. Johansen, A., & Sornette, D. (2001b). Large Stock Market Price Drawdowns Are Outliers. *Cornell University Library*. Najdeno 12. decembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0010050v2.pdf>
24. Johansen, A., & Sornette, D. (2001c). Finite-time singularity in the dynamics of the world population, economic and financial indices. *Cornell University Library*. Najdeno 12. januarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0002075v4.pdf>
25. Johansen, A., & Sornette, D. (2002). Endogenous versus Exogenous Crashes in Financial Markets. *Cornell University Library*. Najdeno 11. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0210509v1.pdf>
26. Johansen, A., & Sornette, D. (2006). Shocks, crashes and bubbles in financial markets. *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich*. Najdeno 11. novembra 2011 na spletnem naslovu http://www.er.ethz.ch/publications/finance/Proofs_BER52-1-ART4-v2.pdf

27. Johansen, A., Ledoit, O., & Sornette, D. (2000). Crashes as Critical Points. *Cornell University Library*. Najdeno 17. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9810071v2.pdf>
28. Johansen, A., Sornette, D., & Ledoit, O. (1999). Predicting Financial Crashes Using Discrete Scale Invariance. *Cornell University Library*. Najdeno 29. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9903321v3.pdf>
29. Kastelic, P. (2008) *Borzni zlomi* (diplomsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
30. Laherre, J., & Sornette, D. (1998). Stretched exponential distributions in Nature and Economy: »Fat tails« with characteristic scales. *Cornell University Library*. Najdeno 29. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9801293.pdf>
31. Lipej, M. (2010). Zgodovina svetovnih borz. *Društvo finančnikov Slovenije*. Najdeno 29. februarja 2012 na spletnem naslovu http://www.studentskaborza.eu/include/ugodnosti_upload/Zgodovina%20svetovnih%20borz.pdf
32. Malkiel, B. G. (1999). *A random walk down Wall Street*. New York: WW Norton & Company.
33. Markowitz, H. (1959). *Portfolio selection: efficient diversification of investment*. New York: Wiley.
34. Penman, S. H. (2005). *Financial Statement analysis and security Valuation*. Boston: McGraw Hill.
35. Sornette, D. (2003). *Why Stock Markets Crash (Critical Events in Complex Financial Systems)*. Princeton: Princeton University Press.
36. Sornette, D., & Andersen, J. V. (2002). A nonlinear Super-Exponential Rational Model of Speculative Financial Bubbles. *Cornell University Library*. Najdeno 9. januarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0104341v2.pdf>
37. Sornette, D., & Helmstetter, A. (2002). Endogeneous Versus Exogeneous Shocks in Systems with Memory. *Cornell University Library*. Najdeno 29. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0206047v1.pdf>
38. Sornette, D., & Johansen, A. (1997). Large financial crashes. *Cornell University Library*. Najdeno 3. marca 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9704127v2.pdf>
39. Sornette, D., & Johansen, A. (2001). Significance of log-periodic precursors to financial crashes. *Cornell University Library*. Najdeno 7. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0106520v1.pdf>
40. Sornette, D., & Woodard, R. (2009). Financial Bubbles, Real Estate bubbles, Derivative Bubbles, and the Financial and Economic Crisis. *Cornell University Library*. Najdeno 21. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/0905.0220v1.pdf>
41. Sornette, D., & Zhou, W.-X. (2002). The US 2000-2002 Market Descent: How Much Longer and Deeper? *Cornell University Library*. Najdeno 30. marca 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0209065v1.pdf>

42. Sornette, D., & Zhou, W.-X. (2003). Evidence of Fueling of the 2000 New Economy Bubble by Foreign Capital Inflow: Implications for the Future of the US Economy and its Stock Market. *Cornell University Library*. Najdeno 11. novembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0306496v1.pdf>
43. Sornette, D., & Zhou, W.-X. (2006). Predictability of large future changes in major financial indices. *Cornell University Library*. Najdeno 20. decembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0304601v3.pdf>
44. Sornette, D., Johansen, A., & Bouchaud J.-P. (1996). Stock market crashes, Precursors and Replicas. *Cornell University Library*. Najdeno 19. januarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/9510036v1.pdf>
45. Sornette, D., Malevergne, Y., & Muzy, J. F. (2002). Volatility fingerprints of large shocks: Endogeneous versus exogeneous. *Cornell University Library*. Najdeno 29. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0204626v1.pdf>
46. Sornette, D., Woodard, R., & Zhou, W.-X. (2008). The 2006-2008 Oil Bubble and Beyond. *Cornell University Library*. Najdeno 14. marca 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/0806.1170v3.pdf>
47. Štor, M. (2002). *Največje ekonomske krize in njihov vpliv na svetovne kapitalske trge* (diplomsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
48. Willoughby, J. (2003). Free at Last. *Barron's*. Najdeno 29. marca 2012 na spletnem naslovu <http://online.barrons.com/article/SB105191819594508700.html>
49. Zhang, Y. C. (1999). Toward a theory of marginally efficient markets. *Physica A*, 269(1), 30–44.
50. Zhou, W.-X., & Sornette, D. (2003a). Renormalization Group Analysis of the 2000-2002 anti-bubble in the US S&P 500 index: Explanation of the hierarchy of 5 crashes and Prediction. *Cornell University Library*. Najdeno 19. marca 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/physics/0301023v2.pdf>
51. Zhou, W.-X., & Sornette, D. (2003b). 2000–2003 Real Estate Bubble in the UK but not in the USA. *Cornell University Library*. Najdeno 19. marca 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/physics/0303028v2.pdf>
52. Zhou, W.-X., & Sornette, D. (2003c). Evidence of a Worldwide Stock Market Log-Periodic Anti-Bubble Since Mid-2000. *Cornell University Library*. Najdeno 29. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0212010v2.pdf>
53. Zhou, W.-X., & Sornette, D. (2006). Is There a Real-Estate Bubble in the US? *Cornell University Library*. Najdeno 14. marca 2012 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/physics/0506027v1.pdf>
54. Zhou, W.-X., & Sornette, D. (2007). A case study of speculative financial bubbles in the South African stock market 2003–2006. *Cornell University Library*. Najdeno 11. decembra 2011 na spletnem naslovu <http://arxiv.org/pdf/physics/0701171v2.pdf>