

20.

Međunarodna DQM konferencija
UPRAVLJANJE KVALITETOM I POUZDANOŠĆU
ICDQM-2017
Prijevor, Srbija, 29-30 jun 2017



PRIMENA NJUTNOVOG ZAKONA HLAĐENJA NA BERZANSKE INDEKSE

APPLYING NEWTON'S LAW OF COOLING ON STOCK INDICES

Zoran Tomić

Univerzitet u Nišu, Ekonomski fakultet, Niš

Aleksandar Stojković

Kruševac

Rezime: U poslednjih nekoliko godina, fizičari koriste alate iz fizike za proučavanje društvenih fenomena. Ta oblast studija naziva ekonofizika. Njutnov zakon hlađenja, jedan od eksponencijalnih modela koji je u fizici jako rasporstranjen, može se primeniti u ekonomiji za proučavanje trenda kretanja berzanskih indeksa. Analiza je rađena na primeru kretanja berzanskih indeksa Beogradske berze i to Belexline i Belex15. Na osnovu analize utvrđeno je da model dobro opisuje trend kretanja berzanskih indeksa u posmatranom periodu, što ukazuje na primenjivost modela kod proučavanja dinamike kretanja berzanskih indeksa.

Cljučne reči: Njutnov zakon hlađenja, eksponencijalni model, belex15, belexline, ekonofizika.

Summary: In recent years, physicists have used the tools of physics to the study of social phenomena. This field of study is called Econophysics. Newton's law of cooling, one of the exponential model, which is very prevalent in physics can be applied in economics to study the trend of the indices. The analysis was conducted on the case of stock exchange indices of the Belgrade Stock Exchange: Belexline and Belex15. Based on the analysis it was found that the model describes well the trend of the stock market indexes in the reporting period, indicating the applicability of the model to the study of the dynamics of stock indices.

Key words: Newton's law of cooling, exponential model, Belex15, belexline, econophysics.

1. UVOD

Procesi koji se odigravaju u ekonomiji su stohastički iz razloga što je funkcionisanje ekonomije kao sistema određeno ponašanjem ekonomskih subjekata, tj. ljudi. Iako se ponašanje pojedinca ne može predvideti ili podvesti pod

određene zakone, kao u prirodnim naukama, ipak ponašanje grupe ekonomskih subjekata se može predvideti i predstaviti kao deterministički proces. Iz ovog sledi da se pojedini fenomeni u ekonomiji ipak mogu predstaviti u obliku zakona, sličnim onima u prirodnim naukama.

Finansijska tržišta su takođe zanimljiva za fizičare koji se bave teorijom kompleksnih sistema, gde veliki broj podistema interaguju jedni sa drugima. Analogija sa prirodnim svetom postoji, jer u prirodi čestice između sebe interaguju i dolazi do razmene energije među njima, prilikom čega možemo posmatrati zatvorene i otvorene sisteme. Slično i na finansijskim tržištima postoji veliki broj agenata koji međusobno interaguju prilikom obavljanja trgovine, gde mogu da izvrše ili kupovinu ili prodaju.

Cilj fizike kao nauke jeste da stvori celovitu sliku o prirodi u kojoj se nalazimo. Sličan cilj ima i ekonofizika u ekonomiji. Oblasti kojima se ekonofizičari bave u ekonomiji mogu se podeliti u tri celine:

1. vremenske serije berzanskih indeksa, deviznim kursevima i cena dobara,
2. veličine firmi, BDP, distribucija bogatstva i prihoda,
3. mrežna analiza ekonomskih fenomena [7, str.2].

Jedna od oblasti koja će predstavljati izazov za ekonofizičare jeste konstrukcija novih ekonomskih indeksa kao što su CPI ili Down Jones Industrial Average [3, str.42].

Cilj ovog rada jeste da se opiše primena Njutnovog zakona hlađenja iz oblasti termodinamike u oblasti ekonomije, konkretno za opis kretanja berzanskih indeksa. U radu obrađena je primena ovog zakona za opis kretanja indeksa Belexline i Belex15. Takođe, prikazana je teorijska osnova primene ovog zakona i empirijska verifikacija primenjivosti ovog modela.

2. NJUTNOV ZAKON HLAĐENJA U FIZICI I EKONOMIJI

Kada se topla tela ostave na otvorenom ona počinju postepeno da se hlade. Isak Njutn je otkrio da je dinamika hlađenja tela proporcionalna višku temperature tela u odnosu na temperaturu okruženja. Ova opservacija se naziva Njutnov zakon hlađenja. Nije poznato da li je Njutn pokušao da ovaj fenomen opiše u teorijskom smislu, ali do ovog zakona došao je eksperimentalnim putem [1, str.51].

Njutnov zakon hlađenja se matematički može prikazati kao promena vrednosti temperature tela po vremenu:

$$\frac{dT}{dt} = k \cdot (T - T_o) \quad (1)$$

gde su:

T temperatura posmatranog objekta u datom vremenskom trenutku, t predstavlja vreme,

T_o predstavlja temepraturu okruženja,

k je konstanta proporcionalnosti koja nam govori o dinamici hlađenja/zagrevanja tela. Što je ova vrednost veća, telo se brže hladi/zagreva.

Rešavanjem diferencijalne jednačine (1) dobija se:

$$\frac{dT}{T - T_o} = k \cdot dt \quad (2)$$

zatim prethodnu jednačinu integralimo i izvršimo antilogaritmovanje i dobijamo finalnu jednačinu:

$$T = A e^{kt} + T_o \quad (3)$$

Jednačina (3) predstavlja konačan oblik formule koja opisuje proces hlađenja i zagrevanja tela. Parametar A je konstanta, tj. $A = e^C$. Ako je vrednost konstante proporcionalnosti (k) manji od nule onda ovaj parametar opisuje proces hlađenja tela koje se nalazi u okruženju čija je temperatura T_o sve dok se temperatura tela ne izjednači sa temperaturom okruženja. Ako je vrednost koeficijenta proporcionalnosti veća od nule tada se opisuje proces zagrevanja tela u vremenu. [5, str. 107].

Njutnov zakon hlađenja danas zaokuplja veliku pažnju brojnih fizičara koji se bave problemom provodljivosti toplote [6], ali i ekonomista i ekonofizičara koji u svojim istraživanjima traže moguću primenu ovog zakona u ekonomiji. U svojim istraživanjima ekonofizičari i ekonomisti se pre svega bave primenom navedenog modela u cilju utvrđivanja dugoročnog trenda kretanja vrednosti ekonomskih indikatora, koji bi mogli da posluže kao dodatni indikatori za uspešno vođenje ekonomske politike i donošenje dobrih poslovnih odluka. Lewis M. [5] je u svom radu obradio problem primene Njutnovog zakona hlađenja za opis kretanja inflacije na dugi rok, tj. za predviđanje kretanja CPI indeksa, kao jednog od pokazatelja inflacije. Autor je na osnovu ovog modela opisao kretanje CPI indeksa u SAD-u za period od 1913. godine do 2008. godine i dao predviđanje kretanja za prvih šest meseci u 2009. godini.

Apostrofs G. i Vasilis Z. [4] u svom radu su opisali primenu Njutnovog zakona hlađenja za kretanje berzanskih indeksa Atinske berze za nekoliko perioda trgovanja na berzi. Gkranas A., Rendoumis V. i Polatoglou H. su u svom radu [8] opisali primenu Njutnovog zakona hlađenja za kretanje berzanskih indeksa na primeru Atinske i Lisabonske berze i predstavili analogiju između trgovanja na navedenim berzama sa termodinamičkim procesima, tj. procesima naglog zagrevanja i hlađenja sa trgovanjem na berzi.

Po analizi autora finansijsko tržište su sistem u kome se akcije mogu kupiti i prodati po određenoj ceni. Analogija tržišta se može videti u otvorenom termodinamičkom sistemu u kojem čestice mogu ulaziti i izlaziti iz nje sa određenom količinom energije. Na finansijskim tržištima čestice su akcije i sva druga sredstva kojima se trguje. Cena akcija se može povezati sa hemijskim potencijal sistema. U termodinamici, hemijski potencijal sistema je izraz stanja

sistema. Ovo stanje u termodinamici zavisi od ambijenta koji je opisan sa makroskopski elementima poput temperature T i pritiska P. Kada je sistem postavljen u toplije okruženjem, temperatura sistema raste u skladu sa Njutnovim zakonom, a kada je smešten u okruženje niže temperature, temperatura sistema opada po istom zakonu, dok se ne ujednači sa okolinom.

U nastavku rada biće predstavljena primena Njutnovog zakona hlađenja za opis kretanja berzanskih indeksa.

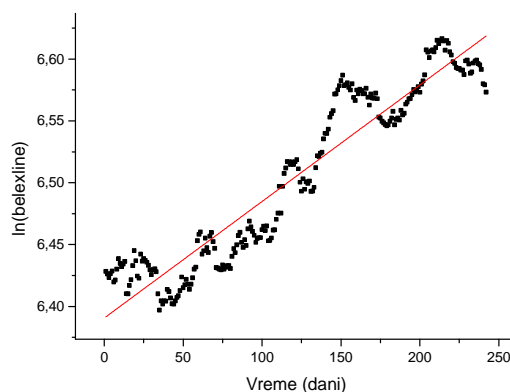
3. EMPIRIJSKA ANALIZA

Za empirijsku analizu kretanja berzanskih indeksa korišćeni su podaci o kretanju Belexline i Belex15 indeksa Beogradske berze. Podaci su preuzeti sa sajta berze i posmatran je interval od 3 godine, za jedan i drugi indeks, tj. period od 05.05.2014. do 05.05.2017. godine. Analiza podataka izvršena je u programu Origin 8. Za analizu biće korišćena sledeća formula:

$$\ln(\Delta T) = \ln(A) + kt \quad (4)$$

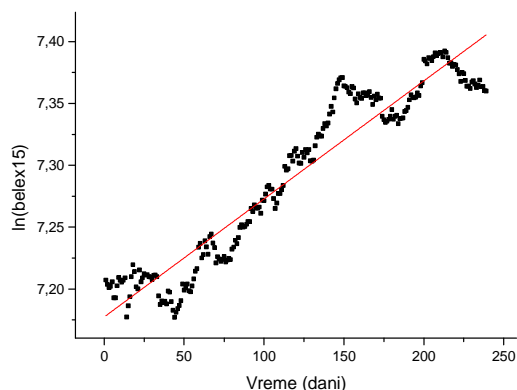
3.1 Rezultati i diskusija

Prilikom obavljanja analize izvršeno je logaritmovanje posmatranih indeksa i analiza je izvršena primenom logaritamskog modela prikazanog pod formulom 3. Rezultati dobijeni analizom prikazani su na slikama 1 i 2.



Slika 1. Grafik kretanja logaritamske vrednosti berzanskog indeksa belexline

Na osnovu analize dobijene su sledeće vrednosti parametara prikazane u tabeli 1.



Slika 2. Grafik kretanja logaritamske vrednosti berzanskog indeksa bele15

Na osnovu dobijenih podataka možemo videti da u posmatranom periodu za oba indeksa postojao je rastući trend, što znači da se sistem nalazi u fazi zagrevanja. Vrednosti Belex15 indeksa su veće od Belexline, što je vezano sa hartijama od vrednosti koje čine osnovu za merenje vrednosti posmatranih indeksa. Takođe možemo videti da u oba slučaja brzina rasta indeksa, koja se meri parametrom k je slična i da se na osnovu posmatranog modela može opisati 90% odnosno 89% posto objašnjenja za kretanje posmatranih parametara na ovaj način. To nam govori koeficijent determinacije.

Tabela 1. Dobijene vrednosti parametara

Parametri	Belex15	Belexline
A	1309±3	596±2
k	$(9,5±0,2) \cdot 10^{-4}$	$(9,4±0,2) \cdot 10^{-4}$
R ²	0,90	0,89

Na osnovu izvršene analize vidimo da se Njutnovim zakonom hlađenja može opisati dinamika kretanja indeksa na primeru Beogradske berze.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršeno je testiranje Njutnovog zakona hlađenja za predviđanje kretanja berzanskih indeksa. U analizi je uzeto da se finansijsko tržište ponaša kao sistem po Njutnovom zakonu, tj. kad je u toplijoj sredini da dolazi do rasta temperatura i obrnuto, tj. u ekonomskom smislu kad postoji tražnja za hartijama od vrednosti dolazi do rasta cena i obrnuto. Na osnovu izvršenih analiza empirijskih podataka pokazano je da se kretanje berzanskih indeksa belexline i belex15 u posmatranom periodu ponaša po Njutnovom zakonu hlađenja gde su

koeficijenti determinacije 0,90 i 0,89 što govori visok procenat poklapanja opisa podataka ovim modelom.

U narednim istraživanjima treba izvršiti proveru modela na još većem uzorku podataka i finansijskih tržišta, kao i pronaći elemente temperature, tj. indikatora tražnje ovih tržišta u modelu.

LITERATURA

- [1] Desai D. A., *Newton's Law of Cooling*, online izvor: http://physics.unipune.ernet.in/~phyed/23.1/23.1_teaching.pdf
- [2] Đurović Todorović J., *Monetarna ekonomija*, Ekonomski fakultet u Nišu, Niš, 2010.
- [3] Farmer J. D., Shubik M., Smith E. (2005.), Is Economics the Next Physical Science?, *The Physics Today*, Vol. 58, Issue 9 http://www.physicstoday.org/resource/1/phtoad/v58/i9/p37_s1?isAuthorized=no pp.37 - 42.
- [4] Gkranas A., Rendoumis V. L., Polatoglou H. M. (2003.), Athens and Lisbon Stock Market: A thermodynamic approach, *WSEAS International Conferences*, World Scientific and Engineering Academy and Society, Athens, Greece, 29 - 31 december.
- [5] Lewis M. (2010.), The Physics of Inflation: Newton's law of cooling and Consumer Price Index, *Journal of Applied Quantitative Methods*, Volume 5 No.1, pp. 105 - 112.
- [6] Vollmer M. 2009., Newton's law of cooling revisited, *European Journal of Physics*, Vol. 30 No.5, pp 1063 - 1084.
- [7] Wang Y., Wu J., Di Z., *Physics of Econophysics*, online izvor: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0401025v1>
- [8] Zarikas V., Christopoulos A. G., Rendoumis V. L. 2009, A Thermodynamic Description of the Time Evolution of a Stock Market Index, *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, Issue 16, pp. 73 - 83.