

UDK 530.1:330.11

PREGLEDNI RAD

DOI: 10.7251/FIN1703033B

Božana Bojić*

Ekonofizika – jedno od lica moderne ekonomije

Econophysics – one of the faces of modern economy

Rezime

Ekonomija kao društvena nauka vremenom se mijenjala i u cilju rješavanja ekonomskih problema koristila znanja drugih nauka. Složenost ekonomskih procesa zahtijeva nove ideje i nove načine rješavanja aktuelnih ekonomskih problema. Istorijski tok razvoja ekonomije vidljiv je kroz različite ekonomske teorije koje su nekad bile i kontradiktorne. Ubrzan razvoj cjelokupnog društva doveo je do neočekivanih ideja i sinergija u ekonomiji. Pod uticajem globalizacije i tehnološkog razvoja, ekonomski događaji postaju jako složeni i teško predvidljivi, zbog čega moderna ekonomija za potrebe ekonomskih predviđanja, pored matematike i statistike, koristi i fiziku. Devedesetih godina XX vijeka, kao rezultat sinergije ekonomije i fizike nastaje naučna disciplina pod nazivom „ekonofizika“.

Ključne riječi: ekonomija, fizika, ekonofizika, globalizacija, ekonomska predviđanja.

Abstract

Economics as a social science changed with time and used the knowledge of other sciences to resolve economic problems. Complexity of economic processes demands new ideas and new methods for solving current economic problems. The historical development of economics is visible through various economic theories that were once even contradictory. Accelerated development of the overall society has led to unexpected ideas and synergies in economics. Thanks to the globalisation and technological development, economic events become very complex and difficult to predict which is why modern economics apart from mathematics and statistics also uses physics in order to make economic predictions. The scientific discipline called econophysics emerged as a result of the synergy between economics and physics in the 1990s.

Keywords: economics, physics, econophysics, globalisation, economic predictions.

UVOD

Ekonomija kao društvena nauka odražava napredak, razvoj i potrebe društva, te se kroz vrijeme mijenjala paralelno sa drugim promjenama u društvu, o čemu svjedoči postojanje velikog broja različitih ideja i ekonomskih teorija. Sve složeniji društveni i ekonomski procesi i neočekivana dešavanja tražili su odgovore koje klasična ekonomska teorija nije mogla dati. U cilju rješavanja ekonomskih problema, predviđanja ekonomskih kretanja i definisanja određenih ekonomskih pojava postepeno se u ekonomiju uvode matematika, statistika i fizika. Primjena drugih nauka i disciplina je stvorila modernu ekonomiju koja treba da odgovori na složene probleme u današnjem globalnom i tehnološki razvijenom društvu. Sinergija ekonomije, matematike i fizike iznjedrila je nova viđenja i sasvim

nove poglede u ekonomiji. Devedesetih godina XX vijeka dolazi do sve većeg uvođenja metoda moderne teorijske fizike u upravljanje i modeliranje ekonomskih procesa, što dovodi do stvaranja novog naučnog područja pod nazivom „ekonofizika“ (engl. Econophysics).

1. EKONOMIJA KROZ VRIJEME

Ekonomija¹ se mijenjala vijekovima u skladu sa društvenim kretanjima i postojećim potrebama. Tokom razvojnog puta, formiranjem različitih ekonomskih misli i ideja, ekonomija mijenja lica po kojima je poznata u nekom vremenu. U vrijeme antičkih filozofa nastaje ekonomska misao i od tad počinje njena evolucija, da bi u XV vijeku

* Magistar ekonomskih nauka, ovlašćeni aktuar, ovlašćeni procjenjivač, sudski vještak ekonomske struke, sertifikovani forenzički računovoda. e-mail: bozana.bojic@yahoo.com

¹ Naziv „ekonomija“ potiče od grčkih riječi *oikos*, što znači „kuća“, i *nomos*, što znači „zakon“.

došlo do pojave prvih ekonomskih teorija sa kojima počinje period moderne ekonomije. Ekonomija kao nauka bavi se posmatranjem, analiziranjem i zaključivanjem ekonomskih zakonitosti koje se odnose na proizvodnju, upotrebu ograničenih resursa, potrošnju i druge ekonomske pojave.

Kao i sve novo što niče na ruševinama starog, tako su i nove ekonomske teorije nastajale nakon rušenja starih, čime su nove paradigme mijenjale stare. Potreba za napretkom implicira potrebu za promjenama. Nemogućnost postojećih ekonomskih teorija da riješe postojeće probleme i obezbijede tekuće potrebe za rastom i razvojem ekonomije predstavlja potrebu za novim idejama i teorijama koje će moći da riješe problem. Neuspjeh starih ideja otvara vrata novim idejama. Uspješnost, kao i neuspješnost funkcionisanja ekonomije, često se vezivala za vladajuću ekonomsku teoriju, te su kritike i osporavanja, ali i veličanja određenih ekonomista i njihovih ideja bile pod uticajem uspješnosti funkcionisanja privrede.

Kroz istoriju u momentu neuspjeha jedne teorije i ideje kritičari bi obično veličali teoriju iz prošlosti. Ono što su kritičari zanemarivali je činjenica da svako vrijeme nosi svoje karakteristike koje su uticale na kreiranje određene ideje, odnosno teorije i da ista ta teorija u nekom budućem vremenu jednostavno nije više primjenjiva zbog novog okruženja i drugačijih potreba, kao i zbog samog ponašanja i razmišljanja ljudi. Danas imamo ekonomiju kojom vladaju multinacionalne kompanije, čime ekonomska rješenja iz nekih prošlih vremena više nisu primjenjiva. Tako su ideje o tržištu i cijenama o kojima je govorio Smith ili Keynesove ideje o istom problemu nastale u različitom ekonomskom i društvenom okruženju i sa različitim primarnim ciljevima, te su kao takve neuporedive u istom vremenu. Vrijeme i brzina kojom se kreće čovječanstvo nametnuli su visoke kriterijume i stvaraju haotične i nepredvidive događaje. Globalizacija, nova znanja i tehnologije postavljaju veće zahtjeve i potrebe koje ekonomija treba da ispuni. Moderna ekonomija je suštinski sa svakom decenijom proteklog vremena sve udaljenija od klasične stare ekonomije. Ekonomija prati trendove koje nameće globalizacija i u skladu s tim se mijenja i prilagođava. Budućnost, brzina i globalizacija će brisati postojeća lica i stvarati nova lica moderne ekonomije. Ta moderna ekonomija je kreirala sinergiju društvenih i prirodnih nauka kako bi mogla da odgovori izazovima današnjice i sve jasnijim naznakama složenih zahtjeva vremena koje dolazi. Po Samuelsonu, ekonomija je umjetnost, nauka koja stalno stvara nove izazove u potrazi za društvenim blagostanjem, a moderna ekonomija XXI vijeka je upravo takva, umjetnost prevazilaženja izazova u globalnoj ekonomiji.

1.1. Primjena drugih nauka i naučnih disciplina u ekonomiji

Kako se tokom vremena mijenjala ekonomija, stvarale su se nove ekonomske teorije u skladu sa specifičnim prilikama i društvenim promjenama. Moderna ekonomija kao nauka počinje sa Smithom i njegovim djelom „Bogatstvo naroda“. Smith, Ricardo, Mill i Malthus su neki od najznačajnijih predstavnika klasične ekonomske škole. Smith je smatrao da je najbolje kad se država ne miješa u privredna dešavanja i izraziti je predstavnik liberalizma. Po njemu, „nevidljiva ruka“ tržišta doprinosi opštem blagostanju. Keynes, koji se smatra tvorcem makroekonomije, dvije stotine godina od Smithove „nevidljive ruke“ daje potpuno drugu ideju i viđenje uloge države u ekonomiji. Keynes zagovara aktivno učešće države u ekonomiji, a njegova kenzijanska škola odbacuje mišljenje klasične ekonomske škole o slobodnoj konkurenciji i nameće svoju teoriju da država mora imati aktivnu ulogu u ekonomiji kako bi obezbijedila njenu ravnotežu (Ekonomija, Wikipedia). Jedna od značajnijih u ekonomiji

je i austrijska škola nastala u XIX vijeku, koja je po nekim ekonomistima bila uvod u savremenu ekonomsku teoriju, a Menger kao rodonačelnik uvodi ideju potpuno suprotnu klasičnoj školi ekonomije, po kojoj su čovjekove potrebe osnovni uzrok i pokretač svake ekonomske aktivnosti, odnosno teorija marginalne korisnosti mijenja teoriju radne vrijednosti. Poznati predstavnici ove škole su Wieser, Schumpeter,² Mises i Hayek. Nobelovac Robert Lucas jedan je od vodećih ekonomista predstavnika nove klasične ekonomije, koja je okončala vladavinu kenzijanske škole. Lucas je 1995. godine dobio Nobelovu nagradu za ekonomiju za teoriju racionalnih očekivanja, koja je transformisala makroekonomsku analizu i prema kojoj pojedinci racionalno predviđaju budućnost, odnosno daju najbolju moguću prognozu, koristeći sve raspoložive informacije. Upravo su predviđanja bazirana na analizi velike količine informacija i podataka jedan od osnovnih razloga upotrebe fizike u ekonomiji.

Predviđanje promjena jedan je od osnovnih problema u ekonomiji, zbog čijeg rješavanja su ekonomisti kao pomoć počeli da koriste znanja iz drugih oblasti. Tako je prvo počela da se koristi matematika, kako bi se putem matematičkih formula prikazali ekonomski procesi. Vremenom, razvoj ekonomije zahtijeva prikaz određenih ekonomskih promjena i dešavanja putem modela, a sve složeniji događaji i veliki šokovi doveli su do primjene i statistike u ekonomiji. Početak primjene statistike u ekonomiji se vezuje za XVII vijek, kada je britanac Petty u svojoj studiji *Verbum Sapienti* koristio statistiku za obračun nacionalnog dohotka, što predstavlja nastanak ekonomske statistike. Matematičkim modeliranjem ekonomskih pojava, potreba za statistikom je povećana. Razvoj informacionih tehnologija rezultirao je mogućnošću velike primjene statistike i fizike u ekonomiji. Upotrebom različitih matematičkih metoda dolazi do odgovora na veliki broj teorijskih i empirijskih problema. Primjena matematike u ekonomiji postepeno dobija sve značajnije mjesto, da bi u XX vijeku ekonomija bila u nekim segmentima pretvorena u složene matematičke formule, kada je veći broj ekonomista težio da svoje ideje predstavi na što egzaktniji način. Leonid Kantorovich i Tjalling Koopmans su 1975. godine dobili Nobelovu nagradu za ekonomiju za linearno programiranje, odnosno za teoriju optimalne alokacije resursa. Kantorovich je bio jedan od prvih koji je linearno programiranje, granu matematike, koristio za rješavanje problema planiranja proizvodnje. Po Lucasu, matematička analiza nije jedan od mnogih načina ekonomske teorije, već je jedini način, te on smatra da je ekonomska teorija matematička analiza. Statistička metodologija i ekonometrijske analize postale su nezaobilazne za ekonomska predviđanja i analize. Veliki doprinos razvoju statističke metodologije, kao i razvoju ekonometrijske analize vremenskih serija dao je nobelovac Clive Granger. Danas skoro da nije moguće uraditi ozbiljniju empirijsku analizu ekonomskih vremenskih serija bez upotrebe metoda koje Granger razvio ili dao početnu ideju za njih (Bankarstvo, 2011).

Uticaj političkih odluka na ekonomiju oduvijek je bio predmet izučavanja ekonomista i imamo različite stavove i mišljenja o tom pitanju. Vremenom, i taj odnos je zahtijevao matematičko-ekonomski model za analizu i predviđanje. Za potrebe analize uticaja promjena ekonomske politike na ekonomiju 1980. godine Sims je razvio metodu baziranu na takozvanoj vektorskoj autoregresiji (VAR model) (Pantelić, 2014). Razvoj tržišta kapitala, kao i berzanski krahovi, tražili su od ekonomista rješenja za vrednovanje, predviđanje kretanja cijene i optimizaciju portfolija. Nobelovci Markowitz, Sharpe i Miller napravili su određenu revoluciju u finansijama uvođenjem i primjenom kvantitativnih metoda u finansijskoj analizi.³ Potrebe za predviđanjima na finansijskom

² Kada je Schumpeter u pitanju, postoje različita mišljenja o njegovoj pripadnosti austrijskoj školi, više je zagovornika da je on jedan od njenih predstavnika, ali ima i suprotnih mišljenja, po kojima njegove ideje ne pripadaju austrijskoj školi, naročito kada je u pitanju Schumpeterova teorija poslovnih ciklusa.

³ Markowitz, Sharpe i Miller su dobitnici Nobelove nagrade za 1990. godinu za pionirski rad u teoriji finansijske ekonomije. Markowitz je dao doprinos u selekciji portfolija, Sharpe za teoriju vrednovanja kapitala (CAPM), a Miller u korporativnim finansijama.

tržištu dovele su do razvoja ARCH i GARCH statističkih modela⁴ za analizu podataka.

Nove ideje i sinergija efekata udruživanja ekonomije, statistike i matematike dovode do stvaranja novih paradigmi u ekonomskoj teoriji i sukoba između predstavnika određenih ekonomskih ideja. Nove ideje su uvijek na meti kritika, tako i velika primjena prirodnih nauka u ekonomiji, naročito fizike i hemije, dočekana je kritički od strane određenih ekonomista kao što su Fridman, Thurow, Galbraith, Buchanan. Ipak, snažan privredni razvoj i tehnološka modernizacija traže nove moderne ideje i to je trend koji ne može da ospori ničija kritika niti da ga zaustavi. Budućnost je vrijeme novih ideja, a ekonofizika i slični spojevi drugih nauka sa ekonomijom su dokaz za to. Ekonomija je društvena nauka na koju utiču ljudi svojim ponašanjem i odlukama, te su i samu ekonomsku evoluciju ekonomije diktirali ljudi na način da su u različitim vremenskim periodima ekonomiju unapređivali pomoću znanja i metoda drugih nauka, stvarajući tako različita lica ekonomije.

Globalizacija je dala veliko ubrzanje društvu i ekonomiji. Da bi se mogli objasniti savremeni ekonomski procesi u globalizacijom obuhvaćenom društvu, ekonomisti počinju da primjenjuju naprednu IT tehnologiju, fiziku, hemiju i druge nauke. Složenost društvenih procesa zahtijeva posmatranje ekonomskih procesa iz ugla nekih drugih nauka da bi se objasnila haotična, nepravilna i iznenadna kretanja ekonomskih pojava, ali i sagledali faktori koji utiču na globalnu ekonomiju. Veliki šokovi⁵ u ekonomiji koji su se dešavali tokom XX vijeka probudili su ideju da postojeće metode predviđanja u ekonomiji nisu dovoljne. Globalizacija traži nove ideje i teorije koje su revolucionarne i koje će biti prekretnice u razvoju ekonomske nauke. Globalizacija je pokazala da su i nekad nemogući spojevi postali mogući, da ono što je bilo na nivou naučne fantastike postane stvarnost, da je za nekoliko decenija tehnološki razvoj dostigao neslućene visine. Globalizacija sve mijenja. Ekonomske teorije koje će dati odgovor na pitanja i probleme koje nosi globalizacija moraju da budu spoj nespojivog. Očekuje se da će u 2020. godini tri najvažnije vještine biti rješavanje kompleksnih problema, kritičko mišljenje i kreativnost (World Economic Forum, 2016). Moderna ekonomija teži egzaktnosti, zbog čega su na velika vrata ušle matematika i statistika, modeliranje ekonomskih procesa, teorija vjerovatnoće i ekonometrija, a posljednjih decenija i fizika.

2. EKONOFIZIKA

2.1. Ekonofizika – nastanak i definicija

Ekonofizika je interdisciplinarna istraživačka oblast u kojoj se primjenjuju teorije i metode razvijene od strane fizičara u cilju rješavanja problema u ekonomiji i finansijama. To su obično problemi koji uključuju vjerovatnoću ili stohastičke procese i nelinearno kretanje (Econophysics, Wikipedia). Ekonofizika kao naučna disciplina povezuje ekonomiju i fiziku. Nastanak ekonofizike vezan je za kompleksnost finansijskih instrumenata i potrebu za njihovim modeliranjem.

Sam termin „ekonofizika“ nastao je 1995. godine na konferenciji o statističkoj fizici u Kolkati (raniji naziv Kalkuta), a njegov tvorac

je H. Eugene Stanley, koji je ovaj termin koristio kako bi objasnio veliki broj radova koje su fizičari napisali o ekonomiji, odnosno o dešavanjima i problemima na finansijskim tržištima. Prvi skup na temu ekonofizike održan je 1998. godine u Budimpešti. Značajno interesovanje za ekonofiziku dovelo je do organizovanja većeg broja različitih konferencija, kurseva i predavanja na ovu temu širom svijeta. Jedan od značajnijih edukativnih kurseva o ekonofizici je onaj koji nudi Odjeljenje za fiziku Univerziteta u Lajdenu, odakle je došao prvi nobelovac u ekonomiji Jan Tinbergen. Ekonofizika dobija svoje mjesto u svijetu nauke. King's College u Londonu je u septembru 2014. godine dodijelio prvu poziciju redovnog profesora u ekonofizici (Econophysics, Wikipedia). Poznati ekonofizičari su Jean-Philippe Bouchaud, Bikas K. Chakrabarti, J. Doyne Farmer, Dirk Helbing, János Kertész, Francis Longstaff, Rosario N. Mantegna, Matteo Marsili, Joseph L. McCauley, Enrico Scalas, Didier Sornette, H. Eugene Stanley, Victor Yakovenko i Yi-Cheng Zhang.

Upotreba alata statističke fizike započela je mnogo ranije od zvaničnog stvaranja veze između fizike i ekonomije u vidu ekonofizike. Zapravo, bilo je velikih naučnika kao što su Pareto, Mandelbrot, Bachelier i Osborne, koji su prvi postavili najvažnije koncepte i alate koji se danas koriste u ekonofizici. Pareto je prethodio fizičarima u proučavanju distribucija koje pokazuju zakone o skaliranju. Bachelier je radio na modelovanju nepravilnog kretanja obveznica i berzanskih opcija, na bazi čega je nastala teorija slučajnog hoda, koja je, pored teorije skaliranja, jedan od osnovnih stubova ekonofizike. Bachelier je opisom procesa na finansijskim tržištima napravio matematički prikaz Braunovog kretanja, o kome pet godina kasnije piše Albert Einstein u jednom od svoja čuvena četiri članka iz 1905. godine (Shahrazi i Rasekhi, 2012). Još pedesetih godina XX vijeka, u teoriji opšte ekonomske ravnoteže Leon Walras je koristio koncept fizike, želeći da ekonomiju transformiše u egzaktnu nauku kao što je fizika. Joseph Schumpeter je smatrao Walrasa jednim od najvećih ekonomista, upravo zbog mogućnosti upoređivanja njegovog djela sa fizikom. Prema Schumpeteru, u osnovi mnogih kasnije nastalih teorijskih radova je teorija opšte ekonomske ravnoteže,⁶ čijim se začetnikom smatra upravo Walras. Sam Schumpeter je u svojoj knjizi „Istorija ekonomske analize“⁷ ekonomiju opisivao terminima iz klasične fizike. Mnogi ekonomisti su dobro poznavali fiziku, kao što su Fischer i Tinbergen. Tinbergen je 1969. godine dobio Nobelovu nagradu za ekonomiju za razvijanje i primjenu dinamičkih modela za analizu ekonomskih procesa, a tvorac je i modela gravitacije međunarodne trgovine koji ima sličnosti sa Njutnovim zakonom gravitacije. Veliki broj ekonomista je našao inspiraciju u fizici. Adam Smith je za pisanje svog čuvenog djela „Bogatstvo naroda“ inspiraciju pronašao u Newtonovoj knjizi „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica“. Samuelson je za formiranje dinamičke ravnoteže stabilnosti tražnje inspiraciju imao u jednačinama Newtonove mehanike (Chakraborti, 2007). Još jedan od primjera gdje je fizika uticala na ekonomske teorije su neki od radova Marshala, Walrasa i Jevonsa u vezi s korisnosti, kao i proučavanje ekonomske ravnoteže od strane Marshala i Edgewortha (Carbone, Kaniadakis i Scarfone, 2007). Sve ovo ukazuje na dugo postojanje veze između ekonomije, matematike, statistike i fizike.

Veza između fizike i ekonomije postoji godinama i ekonofizika nije prvi sinergetski susret ove dvije nauke. Na pojavu ekonofizike uticale su i određene okolnosti. Tako je devedesetih godina prošlog vijeka

⁴ Ove modele razvili su zajedno Engle i Granger, koji su 2003. godine dobili Nobelovu nagradu za ekonomiju za metode analize ekonomskih vremenskih serija sa varijabilnošću vremena ili zajedničkim trendovima.

⁵ Neočekivani događaji u ekonomiji, tzv. šokovi. Nobelovac Sims se bavio analizom šokova i njihovog prenosa na privredu. Sargent i Sims su dobitnici Nobelove nagrade za ekonomiju za 2011. godinu za empirijsko istraživanje uzroka i posljedica u makroekonomiji.

⁶ Teorija opšte ekonomske ravnoteže se smatra teorijskom osnovom moderne ekonomije, a koristi matematičke alate kako bi egzaktno utvrdila uslove za ispitivanje i izračunavanje ravnotežnih stanja u okviru nekog ekonomskog sistema.

⁷ Knjiga prvi put objavljena 1954. godine pod nazivom „History of Economic Analysis“.

veliki broj fizičara počeo da radi na Vol stritu i u vodećim evropskim bankama i finansijskim institucijama, što je dovelo do sistematskog izučavanja finansijskih podataka iz ugla fizike (Ekonofizika, Wikipedia). Fizičari su zajedno sa ekonomistima primijenili alate i metode iz fizike na empirijske ekonomske podatke kako bi objasnili neke nove ekonomske fenomene koji su se sve češće dešavali na finansijskim tržištima, a za koje postojeći ekonomski modeli nisu mogli dati odgovor. Ono što je bilo presudno za mogućnost stvaranja ekonofizike je razvoj informacionih tehnologija i mogućnost prikupljanja i obrade velike količine finansijskih podataka. Nijedan model ne može da predvidi budućnost, već samo rizik od dešavanja nekog događaja, odnosno da postoji mogućnost da se neki događaj desi. Svako predviđanje se bazira na podacima. Modeli zasnovani na predviđanjima na osnovu ograničene količine podataka daju malu vjerovatnoću da može da se desi neki rijedak događaj. Upravo dostupnost velike količine podataka i razvoj tehnologije, gdje se, zahvaljujući računarima, ti isti podaci mogu obrađivati, uveo je fiziku u ekonomiju. Stanley smatra da ekonofizika omogućava da se analiziraju velike količine podataka te da se na taj način može predvidjeti rizik pojave nekog rijetkog događaja, što je bitna informacija za donošenje investicionih odluka, te da takvo predviđanje ne bi mogla da obezbijedi samo matematika, koja se bazira na pretpostavkama, već upravo fizika, koja svoje teorije bazira na analizama podataka. Ekonofizika na osnovu velike količine podataka može fluktuacije u ekonomiji da učini kvantitativnim (Kausik, 2013).

2.2. Mogućnosti primjene ekonofizike

Nastanak ekonofizike vezan je za potrebu da se objasne sve složeniji i nepredvidljiviji ekonomski procesi. Primjenom fizike u ekonomiji u današnjem savremenom globalnom društvu pronalaze se novi i učinkovitiji načini proizvodnje, unapređuje razvoj proizvoda i osmišljaju proizvodi, a sve u cilju većeg zadovoljstva potrošača. Sama mogućnost primjene fizike podrazumijeva visok nivo obrazovanosti i visok nivo tehnološkog razvoja. XXI vijek donosi revolucionarne promjene i sve transparentnije korišćenje sofisticiranih tehnologija. Očekuje se da će fuzija tehnologija pomjeriti granice između digitalne, fizičke i biološke sfere, što bi predstavljalo četvrtu industrijsku revoluciju (Schwab, 2015). Globalna ekonomija kao rezultat sve zahtjevnijih potreba privrede stavlja u fokus razvoj specifičnih znanja i vještina i njihovu primjenu u ekonomiji. Ekonofizika može biti ključni faktor u oblikovanju ekonomije u budućnosti. Dominantna uloga nauke i tehnologije u globalnom svijetu daje fizici važnu ulogu u razvoju privrede. Svjetski trendovi pokazuju da industrije zasnovane na fizici (engl. Physics-based industry) imaju sve veće učešće u BDP-u razvijenih zemalja. Postojeće tendencije ukazuju da budućnost donosi transformaciju i reorganizaciju svijeta ekonomije koji će zahtijevati tehnološku pismenost. Fizika pruža specifična znanja kada je u pitanju primjena matematičkih modela, prikupljanje i analiza podataka, jasno i precizno oblikovanje zaključaka, rješavanje kompleksnih problema, kao i kreativnost, a sva navedena znanja i sposobnosti čine okosnicu za funkcionisanje svijeta finansija, investicija i tržišta kapitala u XXI vijeku.

Upotreba koncepta indeksa ekonomske kompleksnosti koja je uvedena od strane fizičara za potrebe predviđanja privrednog rasta, po nekim procjenama predstavlja mnogo precizniji alat za predviđanje rasta BDP-a od tradicionalnih modela predviđanja rasta. Fizičari su pomogli da se kreiraju realniji modeli tržišta koji su našli svoju primjenu u testiranju određenih prijedloga ekonomske politike, kao što je opozivanje finansijskih transakcija, zatim primjenu u poboljšanju makroekonomske politike i pravljenju planova vezanih za regulisanje finansijskih tržišta. Ekonofizika se bavi problemima vezanim za kretanje cijena roba i ponašanje učesnika na tržištu

roba. Ako se osvrnemo u prošlost, Mandelbrotov rad⁸ iz 1963. godine o fluktuaciji cijena pamuka u SAD smatra se jednom od ključnih smjernica ekonofizike.

Ekonofizika ima uticaj na područje kvantitativnih finansija, a njeni osnovni alati su probabilističke i statističke metode, često uzete iz statističke fizike. Ekonofizika se najčešće koristi za proučavanje i analizu kretanja na finansijskim tržištima, u čiju svrhu su kreirani modeli fluktuacije cijena na finansijskim tržištima i definisano nekoliko zakonitosti o skaliranju. Tržište kapitala i investicije su definitivno područje zbog koga je ekonofizika i nastala i u kome se najviše primjenjuju njena rješenja. Ekonofizika je učinila da imamo mnogo preciznija znanja o empirijskim pojavama na finansijskim tržištima, što je važno za upravljanje rizikom. Da bismo na adekvatan način mogli upravljati rizikom i donositi ispravne poslovne odluke na finansijskim tržištima, neophodno je da poznamo kako nešto funkcioniše, a ekonofizika precizno objašnjava ponašanje tržišta na osnovu analize podatka.

Najvažniji dosadašnji rezultat dobijen u ekonofizici je objašnjenje fat-tail raspodjele. Fat-tail raspodjela opisuje vjerovatnoću određenih događaja u kojoj su umjereno ekstremni ishodi veći od očekivanih. Fat-tail raspodjela ukazuje na veliku vjerovatnoću katastrofalnih događaja, odnosno rizik od nastanka događaja za koji je mala vjerovatnoća da se dogodi i teško ga je predvidjeti, te se takvi rizici često i zanemaruju. Fat-tail raspodjela se koristi u upravljanju finansijskim rizicima. Veliki šokovi (berzanski krahoivi, propasti velikih korporacija, naftna kriza) koji su se dešavali pokazali su da u slučaju da se desi neki od šokova postojeće matematičko-ekonomske formulacije ne daju dobra predviđanja za potrebe finansija i investicione politike. Ova raspodjela ima primjenu u finansijama, robnim tržištima i marketingu. Fenomenom zvanim fat-tail bavio se i jedan nobelovac. Dobitnik Nobelove nagrade za ekonomiju za 2013. godinu za empirijsku analizu cijena akcija je Eugene Fama, koji se u svojim radovima bavio i fat-tail raspodjelom u finansijama i čiji se radovi smatraju počecima testova tržišne efikasnosti. Fama je naglašavao u svojim radovima da tržišta koriste sve relevantne informacije, inače su iracionalna (Pantelić, 2015).

Veza između fizike i ekonomije postoji duže od dva vijeka, samo je razlika u tome što su na uvođenju i primjeni znanja iz fizike u ekonomiji insistirali u prošlosti ekonomisti, dok danas to čine fizičari. Upravo ulazak fizičara na teritoriju ekonomista je jedan više razlog osporavanja ekonofizike od određenih ekonomista. Globalizacija i savremena ekonomija traže multidisciplinarnost i sinergiju različitih nauka, čak i onih koje su u prošlosti izgledale nespojive. Decenijama je poznato da između ekonomije i fizike postoji povezanost i međusobna potreba za zajedničkim djelovanjem. Tako nije upitno postojanje ekonofizike ili na drugi način jezički definisanog naziva veze fizike i ekonomije, upitan je samo učinak, ako fizičari i ekonomisti ne budu zajednički radili na rješavanju ekonomskih problema, efekat će biti manji, bez obzira na to da li će do rješenja pokušati doći samo ekonomisti ili će rješenja pokušati dati fizičari, ona će biti manjkava za nedostatak učinka onih drugih.

ZAKLJUČAK

Činjenicu da je ekonomija društvena nauka u kojoj na sve procese i dešavanja utiču ljudi na određen način osporava sve veće prisustvo prirodnih nauka, koje ekonomisti koriste kako bi objasnili i predvidjeli složena kretanja u ekonomiji. Ekonomisti, tražeći rješenje za složene događaje u ekonomiji, koriste znanja drugih nauka. Posmatrajući

⁸ Rad objavljen 1963. godine pod nazivom The Variation of Certain Speculative Prices u časopisu *Journal of Business*, vol. 36, p. 394–419.

istorijski razvojni put ekonomije, vidimo da je u ekonomiju prvo uvedena matematika, zatim statistika, a sa savremenim društvom i procesom globalizacije i druge nauke, kao što je fizika, čime je ekonomija postajala sve egzaktnija nauka. Uvođenje matematike, statistike i fizike teorijsku ekonomiju je značajno učinilo apstraktnom za prosječnog čovjeka. Oblikovanje ekonomije kroz složene formule po zagovornicima klasične ekonomije nema primjenu i ne pomaže u rješavanju konkretnih problema. Ipak, budućnost uvijek donosi izazove i naizgled nemoguće spojeve koji vremenom postanu prihvatljivi i efikasni. Budućnost je sve neizvjesnija i nepredvidljivija, a donošenje odluka u ekonomiji sve teže i sa sve većim posljedicama. Za dobre odluke su potrebna dobra predviđanja, a ekonomija se vijekovima udruživala sa drugim naukama da dođe do što boljeg rješenja postojećeg ekonomskog problema. Tako je nastala ekonofizika, kao spona ekonomije i fizike, novo lice ekonomije. Ekonofizika koristi fiziku kako bi analizirala i predviđela ekonomska kretanja u vremenu globalizacije, visokosofisticirane tehnologije, vremenu ekonomskih šokova i prirodnih katastrofa, a sve u cilju donošenja pravih odluka u rizičnom svijetu finansija i investicija.

IZVORI

- Vidaković, N. (2006). Ekonomska politika i optimalna kontrola – kritika. *Ekonomija* 13 (1), str. 265–286.
- Milić Crnjac, D., i Martinović, M. (2012). Povijesni pregled implementacije matematike i statistike u ekonomiju. *Ekonomski vijesnik*, str. 340–345.
- Medić, Š. Đ. (2000). Šumpeterova koncepcija povijesti ekonomske analize i moderna metodologija ekonomije. *Ekonomski pregled* 51 (9–10), str. 928–953.
- Pantelić, S. (2012). Među najboljima u svetu ekonomske nauke. *Bankarstvo* 3, str. 64–71.
- Pantelić, S. (2014). Istraživanja u službi savremene makroekonomske analize. *Bankarstvo* 5, str. 110–119.
- Pantelić, S. (2015). Efikasnost tržišta kapitala. *Bankarstvo* 2, str. 94–103.
- Shahrazi, M., Rasekhi, S. (2012). Econophysics from Theory to Application: a Case Study of Iran. *International Journal of Economics and Management Engineering*, Vol. 2 Iss 4, 145–151.
- Radović, I., i Jovović, R. (2015). Doprinos austrijske škole savremenoj ekonomskoj misli. *Economics & Economy*, 3 (6), str. 99–111.
- Carbone, A., Kaniadakis, G., Scarfone, A. M. (2007). Where do we stand on econophysics?. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Volume 382, Issue 1, p. xi–xiv.
- Stanković, K. (1999). Tokovi razvoja savremene ekonomske teorije. *Ekonomski horizonti* 1, str. 71–84.
- Chakraborti, A., Toke, I., Patriarca, M., Abergel, F. (2010). Econophysics: Empirical facts and agent-based models. *Quantitative Finance*.
- Chakraborti, K. B. (2007). A Brief History of Economics: An Outsider's Account. *Proceedings of the Econophys-Kolkata II – Econophysics of Stock and other Markets*, 219–224.
- Bankarstvo (2011). Novi alati za analizu ekonomskih podataka. *Bankarstvo* 1–2, str. 170–177.
- Mandelbrot, B. (1963). The Variation of Certain Speculative Prices. *Journal of Business*, vol. 36, 394–419.
- Redish, F. E. (2000). *Who needs to learn physics in the 21st century – and why?*. Department of Physics, University of Maryland, College Park MD USA <http://www2.physics.umd.edu/~redish/Papers/EFRBarcelona.pdf> (30.07.2017)
- Campbell, M. (2005). *A Gibbsian approach to potential game theory*. <https://arxiv.org/pdf/cond-mat/0502112.pdf> (28.07.2017)
- Schwab, K. (2015). The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond. *Foreign Affairs*. The Magazine. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> (28.07.2017)
- World Economic Forum. (2016). The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution, <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/> (30.07.2017)
- Kausik, G. (2013). *Interview with Eugene H. Stanley*. <http://www.saha.ac.in/cmp/camcs/Stanley-interview.pdf> (24.06.2017)
- Ekonomija. <https://bs.wikipedia.org/wiki/Ekonomija>
- Econophysics. <https://en.wikipedia.org/wiki/Econophysics>
- Ekonofizika. <https://sr.wikipedia.org/sr-el/Економфизика>
- https://sh.wikipedia.org/wiki/Nobelova_nagrada_za_ekonomiju
- https://bs.wikipedia.org/wiki/Adam_Smith
- https://en.wikipedia.org/wiki/Fat-tailed_distribution
- <http://www.saha.ac.in/cmp/camcs/Stanley-interview.pdf>
- <https://medium.com/the-physics-of-finance/whats-the-use-of-econo-physics-dae83e0d7d8a>
- <http://www.learn-math.info/croatian/historyDetail.htm?id=Kantorovich>