Džon F. Neš kao Adam Smit XX veka

1. Uvod

Mnoge nauke su u svom razvitku prolazile put od posmatranja, preko povezivanja i zaključivanja na osnovu indukcije i logičkog uopštavanja do uvođenja matematičkog aparata koji ih je svrstavao u red egzaktnih nauka. Prelaz u društvo egzaktnih nauka zavisio je direktno od složenosti potrebnog matematičkog aparata. Kako se uvek smatra da je ljudsko ponašanje daleko od bilo kakve egzaktnosti, to je bilo potrebno mnogo vremena da se otpočne sa uvođenjem matematike u društvene nauke. Ekonomija je, međutim, jedna od društvenih nauka koje u nekim svojim poljima mogu postati egzaktne, uz korišćenje odgovarajućih teorija koje opisuju ljudsko ponašanje, kakva je, između ostalih, teorija igara.

2. Život i delo Adama Smit-a

Adam Smit (Adam Smith) je rođen 1723. godine u blizini Edinburga. U svojoj pedeset trećoj godini napisao je "Istraživanje prirode i uzroka bogatstva naroda"[1], koje je do sada doživelo više izdanja na engleskom jeziku, a prevedeno je u svakoj zemlji koja se iole zanimala za liberalnu privredu, pa i kod nas ([10], predgovor M. Prokopijevića). Ovo delo predstavlja jedan od stožera liberalne privrede i ako bismo sudili po njenim implikacijama po ljudsko društvo, mogli bismo sa sigurnošću reći da je u pitanju najznačajnija knjiga svetovnog sadržaja ikad napisana.

Adam Smit je završio Univerzitet u Glazgovu, a zatim je na Oksfordu studirao grčku, rimsku, italijansku, francusku i englesku literaturu. Po povratku u Škotsku radio je kao profesor logike, retorike i moralne filosofije. Mada danas najpoznatiji i najcenjeniji po Bogatstvu naroda, Adam Smit je napisao više knjiga, baveći se pre svega moralnom filosofijom. Svoju teoriju morala Smit je opisao u Teoriji moralnih osećanja[2], a tokom promišljanja o moralu došao je do zaključaka koji su kasnije razrađeni i opisani upravo u Bogatstvu naroda. Osim promišljanja o moralu, da bi se došlo do Bogatstva naroda bilo je potrebno još i "istraživanje prirode i uzroka", koje je Smit obavio dok je putovao po kontinentu od 1764. do 1766. godine u pratnji vojvode od Bucceleucha, tako da već 1767. godine Smit počinje svoj gotovo decenijski rad na priređivanju Bogatstva naroda. Za Smitovog života štampano je četiri izdanja ovog dela u kome je on obrazložio svoju viziju liberalnog društva.

Pre Smita postojalo je čvrsto verovanje da država treba da nametne odnose između pojedinaca i da je država odgovorna za svoj napredak, odnosno za napredak svojih građana. Ekonomski teoretičari u to nisu sumnjali već su jedino pokušavali da iznađu *modus operandi* kojim bi država odvela svoje građane u blagostanje. Adam Smit je pokazao da se bogatstvo naroda povećava na osnovu pojedinačnih i sebičnih težnji ljudi da uvećaju svoje lično bogatstvo. To posebno dolazi do izražaja kod preraspodele bogatstva – zemljoposednici koji svoj novac nisu mogli da iskoriste bili su vrlo darežljivi i gostoljubivi. Na taj način su vrednosti trošene u prazno umesto da se uposle kao investicije. Teško da bi neka državna intervencija mogla navede nekog veleposednika da svoj novac (odnosno hranu koja je trošena a nije menjana za plemenite metale) da nekom zanatliji koji bi svojim preduzetništvom taj novac iskoristio i verovatno uvećao, a što je još važnije, od čega bi celo društvo imalo koristi. Umesto države pojavljuje se želja za luksuzom koji se često graniči sa detinjastim željama (Smit navodi kao primer kupovinu ukrasa od plemenitih metala i dragog kamenja što poredi sa decom koju privlače sve svetlucave stvari). Na taj način zanatlije mnogo efikasnije dobijaju novac koji im je potreban i pri tome sposobniji dobijaju više novca (jer će prodati više svojih proizvoda), a teško da bi neki državni aparat mogao da preciznije oceni nečiju sposobnost od tržišta samog.

Druga problematika kojom se Smit bavio bilo je otelovljenje bogatstva naroda. Evropski narodi Smitovog vremena verovali su da je narod (država) utoliko bogatiji ukoliko ima veće zalihe plemenitih metala. Kristofer Kolumbo je završio u tamnici, jer nije doneo niti pokazao da se mogu doneti odgovarajuće količine iz Amerike te je time izneverio španskog Kralja. Španija i Portugal su karakteristični po tome što su osim plemenitih metala visoko cenili začine, a Smit navodi i primere zemalja koje su koritile duvan ili stoku kao sredstvo plaćanja. U Bogatstvu naroda Smit kritikuje nastojanje države da ograniči iznošenje srebra i zlata iz zemlje pokazujući kako je zbog prevelike količine

[1] An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, poznato i samo kao **Wealth of Nations**, tako da će u daljem tekstu biti citirano kao "Bogatstvo naroda"

[2] Theory of Moral Sentiments, 1759

srebra koje je došlo u Španiju iz Južne Amerike (tako da je Kolumbo umro uzalud) vrednost ovog metala toliko pala da nikakva državna zabrana nije mogla sprečiti ljude da iznose srebro u zemlje u okolini gde je bilo na većoj ceni. Državne zabrane su samo povećavale transakcione troškove, ali su oni ostajali ispod prohibitivnog nivoa, a država je gubila prihod koji bi imala od carine na izvoz srebra, jer je ono moralo biti švercovano.

Smit je ipak bio pre svega filosof, i više se zanimao za kvalitativne nego kvantitativne aspekte ekonomije. Bilo je potrebno gotovo tri veka da se u ovu oblast uvede malo formalizma.

3. Matematički pristup ekonomiji

Čini se da su sve nauke počinjale sa opisivanjem i traženjem uzroka i povezanosti, a da je razvoj matematike bio taj koji je diktirao prevođenje jedne nauke od opisne ka egzaktnoj. Tako je još Demokrit bio na pragu diferencijalnog računa, ali su po naredbi Platona spaljene sve njegove knjige i moralo je da se čeka do Njutna i Lajbnica koji su prešli taj prag. Tako je moguće pratiti razvoj teorije gravitacije od opisne do egzaktne nauke: Tiho Brahe se bavio posmatranjima i preciznim zapisivanjima položaja nebeskih tela (u pauzama između opijanja, preterane ishrane i drugih u ono vreme popularnih sportova), a zatim je njegova posmatranja sredio i iz njih izvukao određene empirijske zaključke Johan Kepler. Na kraju je ser Isak Njutn primenio na Keplerove zakone svoju teoriju diferencijalnog i integralnog računa dobivši jednačinu kojom je opisao gravitacionu interakciju[3]. Kako je diferencijalni račun relativno jednostavan, Njutn je svoju teoriju postavio još 1687. (oko 100 godina pre nego što je Smit objavio svoje empirijske zaključke) u delu "Philosophiae naturalis principia mathematica". Tamo gde je bilo teže uočiti pravilnost i postaviti odgovarajuću matematičku teoriju bilo je potrebno duže čekanje, tako da je hemija tek u XVIII veku počela sa uvođenjem formalizma u svoje redove [9].

Kako su akteri u ekonomskim problemima uglavnom ljudi (pojedinci, društvene grupe, korporacije ili države, koje se sastoje od ljudi i kojima upravljaju ljudi), to je bilo neophodno razviti matematičku teoriju koja će se baviti ljudima kako bi se mogla primeniti na ekonomske probleme. Takva teorija je razvijena i nazvana teorijom igara. Teoriju igara su sa ekonomijom prvi direktno povezali Oskar Morgenštern (Oskar Morgenstern) i Džon fon Nojman (John von Neumann). Fon Nojman je bio jedan od pionira računarstva [13], bavio se i mnogim drugim problemima, a ustanovljena je i Fon Nojmanova nagrada za rad u oblasti teorije igara. Knjigom "Teorija igara i ekonomsko ponašanje" [9] Fon Nojman i Mogrenštern udaraju kamen temeljac upotrebi matematike u ekonomiji. U uvodu knjige ova dva autora obrazlažu uvođenje matematike u ekonomiju, a zatim postavljaju problem – pronaći rešenje igre koju igaju dva igrača, gde se pod rešenjem podrazumeva da se za svakog igrača definiše potez koji treba da odigra u zavisnosti od poteza koje su pre njega odigrali drugi igrači. Igraču se nudi optimalni potez, a igrač koji u svakom trenutku igra najbolji potez definiše se kao *racionalni igrač*. Pri tome [9]:

> *Skup elemenata (ulaza) S je rešenje ako ima dve osobine:*
> *a) Nijedno* $x \in S$ *nije dominantno nad bilo kojim* $y \in S$
> b) *Nad svakim* $y \notin S$ *dominantno je neko* $x \in S$
> *Odnosno, drugim rečima:*
> *c) Elementi skupa S su upravo oni elementi nad kojima nisu dominantni elementi iz S.*

Ulazi su u terminologiji Fon Nojmana i Morgenšterna mogući izbori igrača, a termin dominantan podrazumeva da izbor ne donosi manju korist igraču od izbora nad kojim je dominantan. Pri tome ova relacija nije ni tranzitivna, ni refleksivna ni simetrična, tako da je moguće da x bude dominantno nad y, y nad z, a z nad x.

U svojoj knjizi ova dva autora daju još neke smernice za dalji rad, kako svoj tako i drugih naučnika koji su se bavili ovom oblašću. Npr. rešenje koje bi primenjivao racionalan igrač mora sadržati odgovore i na neracionalne postupke drugih igrača, kako ne bi neracionalnost u igri postala prednost. Druga bitna opaska se odnosi na broj igrača – mada je broj "igrača" u ekonomiji jako veliki, on se često redukuje sam po sebi – poslodavci ne pregovaraju sa svakim zaposlenim pojedinačno već sa sindikatima, takođe kao veliki igrači nastupaju i udruženja trgovaca, udruženja potrošača, industrijski karteli…

[3] Svim čitaocima koji se više zanimaju za istoriju nauke uopšte, preporučujem delo "Kosmos" pokojnog američkog egzobiologa Karla Segana (Carl Sagan)

Fon Nojman i Morgenštern uspevaju da reše samo slučaj dva igrača sa nultom sumom isplate[4] (tj. koliko jedan dobije, toliko drugi izgubi), primećujući pritom da "mada ove igre nisu tipične za većinu ekonomskih procesa, one ipak sadrže neke osobine od univerzalne važnosti za sve igre i rezultati dobijeni odavde mogu biti osnov za generalnu teoriju igara". Rešenju te univerzalne teorije se u svojim radovima približio Džon Neš (John Forbes Nash, junior).

4. Džon F. Neš, jr.

Roditelji Džona Neša bili su visokoobrazovani [12], a pored Džona imali su i kći Martu koja je bila mlađa od brata. Džon je od detinjstva bio jako introvertan, u školi nije pokazivao preterano zanimanje za nauku, ali je kod kuće sam smišljao zanimljive zadatke i rešavao ih, ponudivši tako obilje originalnih rešenja i za već poznate probleme. Neš je poslediplomske studije upisao 1948. na Prinstonu, gde su u to vreme radili i Fon Nojman i Morgenštern. Neš uzima kao temu za doktorat teoriju igara i ubrzo publikuje rad "Problem cenjkanja" [6] gde formalno matematički obrazlaže teoriju do koje je došao dosta ranije o čemu svedoči i primer koji u radu navodi. Nakon ovog rada Neš objavljuje još četiri članka, doktorira i zapošljava se kao profesor na MIT-u gde upoznaje i svoju buduću suprugu, tada studentkinju. Ubrzo će, međutim, oboleti od šizofrenije, i posle decenija borbi sa svojom bolešću vraća se u normalni život krajem osamdesetih i početkom devedesetih godina XX veka. Nakon što je 1994. podelio Nagradu Švedske banke u spomen na Alfreda Nobela za ekonomiju sa još dvojicom analitičara koji su se bavili teorijom igara (Rajnhardom Zeltenom (Reinhard Selten) i Džonom Harzanjijem (John Harsanyi)) poraslo je interesovanje javnosti za njegov život, objavljena je knjiga pod naslovom "Blistavi um" (Beautiful Mind), a zatim je snimljen i istoimeni film koji je dobio nekoliko Nagrada Američke filmske akademije (između ostalog za najbolji film).

Neš odbacuje ograničenja koja su postavili Fon Nojman i Morgenštern. U svom prvom radu [6] odbacuje ograničenje o nultoj sumi, a u drugom, "Nekooperativne igre" [7] ograničenje o broju igrača dajući rešenje za n igrača. Osnovna teza "Problema cenjkanja" je da "ni jedna akcija koju preduzima jedan od igrača bez pristanka protivnika neće poboljšati dobrobit igrača". Slučaj je idealizovan pretpostavkama "da su igrači visoko racionalni, jednako vešti u cenjkanju i da u potpunosti znaju ukus i preferencije drugog igrača" [6]. Neš definiše funkciju korisnosti ("utility function") na sledeći način:

(a) $u(A) > u(B)$ *znači da je A traženije od B*

(b) $0 \le p \le 1 \Rightarrow u[pA + (1-p)B] = pu(A) + (1-p)u(B)$

Ovo je važna osobina linearnosti funkcije korisnosti.

Kako je prva pretpostavka bila da su igrači visoko racionalni, rešenje treba da zadovolji *racionalna*[5] očekivanja igrača, i moguće je ta očekivanja realizovati kroz odgovarajući dogovor igrača. Neš smatra da ovakvo promišljanje ne isključuje cenjkanja u kojima samo jedan igrač dobija jer " u 'fer cenjkanju' je moguće postići dogovor u kome se metodom verovatnoće odlučuje ko dobija na kraju". Neš nudi primenu svog postupka u situacijama monopol protiv monopola, trgovini između dve države ili pregovora poslodavca i sindikata. Primer koji daje je ipak daleko jednostavniji i svedoči o razdoblju kada je došao do ovih zaključaka:

Bilov posed	*Korist[6] po Bila*	*Korist po Džeka*
Knjiga	2	4
Pištaljka	2	2
Lopta	2	1
Štap	2	2
Kutija	4	1

[4] Tzv. zero-sum two person game

[5] Nešov kurziv

[6] U ovom primeru je verovatno primereniji termin "vrednost" nego "korist".

Džekov posed		
Olovka	10	1
Igračka	4	1
Nož	6	2
Šešir	2	2

Postoji samo jedno rešenje: Bil daje Džeku knjigu, pištaljku, loptu i štap, a dobija od Džeka olovku, igračku i nož. Arbitrarne vrednosti date u tabeli mogle bi biti izražene i u novcu koji je osoba spremna da plati za neko dobro. Sličan način razmene dobara, naravno ne ovako formalizovan, je onaj koji Adam Smit opisuje govoreći o preraspodeli viška vrednosti ka onima kojima ta sredstva trebaju.

Svoju teoriju izloženu u ovom kratkom radu (svega 6 strana) Neš dalje razvija u "Nekooperativnim igrama" [7], koji predstavlja matematički daleko formalizovaniji rad. Neš prvo uvodi pojmove čista i mešana strategija (pure and mixed strategies). Neka je svakom i-tom igaču (i=1…n) dat skup mogućih čistih strategija $\pi_{i\alpha}$, onda su mešane strategije i-tog igrača definisane formulom $s_i = \sum_{\alpha} p_{i\alpha}\pi_{i\alpha}$ [7] pri čemu važe sledeća ograničenja: $p_{i\alpha} \geq 0$ i $\sum_{\alpha} p_{i\alpha} = 1$. Skup mešanih strategija očigledno sadrži i sve čiste strategije. Na ovaj način se obezbeđuje to da je svakom igraču dostupan kontinuum strategija. Skup mešanih strategija koje igraju svi igrači označava sa $\mathbf{s} = (s_1,\dots, s_n)$, dok ($\mathbf{s}$, t_i) predstvlja skup $(s_1, s_2,\dots, s_{i-1}, t_i, s_{i+1},\dots s_n)$, ili jednostavnije, skup u kome je strategija i-tog igrača t_i umesto s_i. Neka je korist koju i-ti igrač ima od skupa $\mathbf{s}$ definisana kao $u_i(\mathbf{s})$. Pri tom se podrazumeva da igrači igraju istovremeno svesni posledica svojih i protivnikovih posledica. Neš definiše ravnorežnu tačku kao onaj skup strategija $\mathbf{s}$ u kome za svakog igrača važi da ako jedino on promeni strategiju njegova se dobit neće uvećati, odnosno, strogo matematički zapisano $u_i(\mathbf{s}) = \max_{\forall r_i}[u_i(\mathbf{s}; r_i)]$. Neš daje dokaz u svom radu da svaka konačna igra sa potpunom informacijom ima ravnotežnu tačku. Kasnije je ova tačka nazvana upravo Nešova ravnoteža (Nash equilibrium, [1]). Rozen je docnije dao kriterijume za jedinstvenost ravnotežne tačke [1] jer igra može imati više Nešovih ravnoteža. U "Nekooperativnim igrama" dato je i nekoliko jednostavnih primera ravnotežnih tačaka, koje ćemo ovde ponoviti. Oba primera imaju samo po jednu ravnotežnu tačku:

1.		*Strategija 2. igrača*	
		α	*β*
Strategija 1. igrača	*a*	*(1, 1)* [8]	*(-10, 10)*
	b	*(10, -10)*	*(-1, -1)*

Igrači će odabrati strategiju (b, β), znajući da im je sumarna vrednost takve strategije 9, a kontra strategije –9. Na taj način obojica gube, ali ako bi npr. prvi igrač odigrao a, nadajući se da će drugi igrač odigrati α, drugi bi igrač odigrao upravo β jer na taj način on dobija 10 umesto 1, a prvi igrač gubi 10 umesto da dobije 1. Ista bi se situacija dogodila ukoliko bi drugi igrač odlučio da odigra α umesto β. Ukoliko bi igrači igrali naizmenično, već nakon trećeg poteza bi se ušlo u ravnotežnu tačku. Sličan je primer u tzv. Zatvorenikovoj dilemi [1]:

Dva čoveka su počinila ozbiljan zločin, uhapšeni su i zatvoreni u odvojene ćelije bez mogućnosti komunikacije među sobom. Tužilaštvo nema dovoljno dokaza i mogu biti osuđeni najviše na po dve godine. Stoga tužilac razgovara odvojeno sa svakim od njih tražeći da potpiše priznanje čime bi mu kazna bila smanjena na godinu dana dok bi onaj ko ne potpiše priznanje dobio 10 godina zatvora. Ako obojica priznaju, dobiće po pet godina zatvora, što je i ravnotežna tačka. Ovo stoga što je ukupna

[7] Neš u ovom radu koristi drugačiju notaciju nego u prvom, tako da verovatnoću odabira neke strategije obeležava sa c umesto sa p, dok sa p a ne sa u obeležava funkciju korisnosti, nazivajući je payoff umesto utility function. U ovom radu će biti korišćena jedinstvena notacija, kako bi se potencijalni čitalac poštedeo razmišljanja o ovim varijacijama.

[8] Prvi broj u uređenim parovima u ovakvom zapisu igre označava korist za prvog igrača, a drugi broj za drugog igrača.

vrednost igre za ma kog zatvorenika –12 ako ne prizna a –6 ako prizna zločin. Prikazano tabelarno, Zatvorenikova dilema ima sledeći oblik:

2.		*2. zatvorenik*	
		Priznaje	*Ne priznaje*
1. zatvorenik	*Priznaje*	*(-5, -5)*	*(-1, -10)*
	Ne priznaje	*(-10, -1)*	*(-2, -2)*

Već je navedeno ograničenje po kome se ravnoteža javlja u igrama u kojima igrači imaju punu informaciju o pravilima igre i preferencijama drugog igrača. Ovo se ograničenje može otkloniti na dva načina, a oba obuhvataju pretpostavku da se igra ponavlja. U prvoj varijanti ista dva igrača igraju igru više puta, učeći tokom igre o posledicama svojih poteza i preferancijama drugog igrača[9]. Druga mogućnost bi bila kada bi igrači bili predstavnici timova, takođe sa mogućnošću da uče iz prethodnih partija. Ovakva interpretacija je ređa, ali su je odmah prigrlili evolucionisti. Tako Majnard Smit i Prajs[10] definišu evoluciono ravnotežno stanje [4]. U ovoj igri ponovljanja, koju neki autori nazivaju *superigra* [1], mogu se pojaviti i ravnotežne tačke kojih nije bilo u osnovnoj igri. U te ravnoteže se ulazi ako neko odigra strategiju koja se naziva "okidačka" strategija, i najčešće se pojavljuje i igrama sa više od jedne ravnoteže.

Međutim, i igre sa nekompletnom informacijom koje se ne ponavljaju mogu se razmatrati. Džon Harzanji, koji je podelio Nobelovu nagradu sa Nešom i Zeltenom, razmatrao je ovakve igre i pokazao da se one mogu prevesti od igara sa nepotpunim u igre sa nesavršenim informacijama [11]. Svaki igrač dodeljuje informacijama koje su mu nepoznate neku verovatnoću, sa mogućnošću da svoja uverenja ažurira ako se igra ponavlja, ili tokom protoka igre kako ona traje [1]. Kako je ideja o dodeljivanju određene verovatnoće nepoznatim parametrima potekla od Bajesa (Bayes), Harzanji je definisao nešto izmenjenu Nešovu ravnotežu koju je nazvao Bajes-Nešova ravnoteža (Bayes –Nash equilibrium) [11]. Na ovaj način se mogu razmatrati i ekonomske situacije sa asimetričnim informacijama.

Neš je pružio još jedan doprinos teoriji igara – razdvojio je nekooperativne igre od kooperativnih koje su daleko teže za proučavanje, i ponudio novi pristup kooperativnim igrama [8]. U svom radu "Kooperativne igre dve osobe", Neš pokazuje da se kooperativne igre mogu razbiti na dve nekooperativne igre gde u prvoj igri igrači razmenjuju informacije. On u ovom radu daje rešenje za slučaj dva igrača. Pod kooperativošću se podrazumeva mogućnost dva igrača da prodiskutuju problem i dođu do optimalnog rešenja, kakav bi u slučaju Zatvorenikove dileme bilo da ni jedan od njih ne prizna zločin. Neš opet uklanja ograničenja koja su postavili Fon Nojman i Morgenštern, koje je u ovom slučaju da igrači mogu imati plaćanja sa strane, što Neš posmatra kao jednostavno proširenje mogućih strategija i sa njima povezanih koristi. Formalni tok pregovaranja koji Neš predlaže je sledeći:

Potez 1. Svaki igrač (i) odabira mešanu strategiju koju će primeniti ako se ne postigne dogovor. Ova strategija (t_i) je pretnja igrača i.

Potez 2. Igrači obaveštavaju jedan drugog o svojim pretnjama.

Potez 3. Igrači **nezavisno** odabiraju minimum ispod koga neće ići (d_i)

Potez 4. Određuju se moguće koristi. Ako postoji tačka takva da $\forall i \Rightarrow u_i > d_i$, dogovor je moguć, i svaki igrač i će imati korist u_i, u suprotnom izvršavaju se pretnje t_i i korist će biti $u_i(t_1,\ldots,t_n)$[11].

---

[9] Ovakav bi slučaj bio ako bi dvoje šahista igralo šah jedan protiv drugog godinama, verovatno bi na kraju dovoljno upoznali onog drugog da bi rezultat iz partije u partiju ostajao remi.

[10] J. Maynard Smith, G. R Price, The Logic of Animal Conflict, *Nature* **246** (1973), 15-18; cf. J. Maynard Smith, "Evolution and the Theory of Games", Cambridge University Press, Cambridge, 1982.

[11] Funkcije korisnosti su individualne, a zavise od poteza svih igrača.

Primer koji možemo navesti jeste pregovaranje oko formiranja Vlade Republike Srbije 2004. godine. Ako posmatramo samo odnos DSS i DS, potezi bi (koliko mi možemo saznati) bili sledeći:

1. DS odlučuje da ne podrži manjinsku vladu, a DSS da će se obratiti nekom drugom (SPS) da podrži Vladu ukoliko to ne učini DS.
2. Putem sredstava javnog informisanja stranke obaveštavaju jedna drugu o svojim pretnjama.
3. Stranke odlučuju šta je minimum ispod koga neće ići (broj mesta u Vladi, verovatno i u pravnim odborima velikih kompanija).
4. Kako nije bilo moguće pronaći opciju u kojoj bi bili zadovoljeni apetiti obe stranke, dogovora nema već se sprovode pretnje.

Vraćajući se na Adama Smita, slično bi izgledao dogovor (u ovom slučaju prećutni) između švercera plemenitih metala i vlasti u Španiji i Portugalu.

Neš odmah primećuje da takva igra ima beskonačno ravnotežnih stanja, tako da ne dobijamo rešenje odmah, ali dobijamo skup u okviru koga se mogu tražiti rešenja. Dalje u radu Neš dokazuje da rešenje postoji, da je jedinstveno, i daje način da se ono nađe kao i samo rešenje za dva igrača. Drugi pristup koji Neš nudi u istom radu je aksiomatski, ali pokazuje da je rešenje isto.

5. Zaključak

Ekonomski problemi prošli su dug put od opisivanja do početka egzaktnog rešavanja. Adam Smit je u XVIII veku uočio određene pravilnosti, a tek od sredine XX veka se krenulo sa formalizacijom tih pravilnosti. Džon Neš je uklonio mnoga ograničenja koji su postavili njegovi prethodnici omogućujući svojim naslednicima hod mnogo širom stazom i sa daleko boljim vidikom pred sobom. Danas je moguće pronaći mnogo primera primene Nešovog rada, pre svega u razmatranjima vojnih strategija, ali i u ekonomiji koja je danas veće bojno polje sa dalekosežnijim posledicama nego ijedan rat do sada.

Vladimir Burgić

LITERATURA

[1] Forgó, F., Szép, J., Szidarovsky, F. 1999. *Introduction to Theory of Games: Concepts, Methods, Applications*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

[2] Гермейер, Ю. Б. 1976. *Игры с непротивоположными интересами*. Москва: «Наука»

[3] Крушевский, А. В. 1977, *Теория игр*. Киев: «Вища школа»

[4] Kuhn, H. W. et al. 1996. The Work of John Nash in Game Theory. *Journal of Economic Theory* 69, p. 153-185.

[5] Myerson, R. B. 1999. Nash Equilibrium and the History of Economic Theory. *Journal of Economic Literature* 36. p. 1067-1082.

[6] Nash, Jr., J. F. 1950. The Bargaining Problem. *Econometrica* 18. p. 155-162.

[7] Nash, Jr., J. F. 1951. Non-Cooperative Games. *Annals of Mathematics* 54. p. 286-295.

[8] Nash, Jr., J. F. 1953. Two-Person Cooperative Games. *Econometrica* 21. p. 128-140

[9] von Neuman, J., Morgenstern, O. 1953. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.

[10] Smit, A. 1998. *Istraživanje prirode i uzroka bogatstva naroda*. Novi Sad: Global book.

[11] Stojanović, B. 2003. Ekonomisti nobelovci / John F. Nash, Reinhard Selten, John Harsanyi. *Ekonomski anali* 158, str. 201-221.

[12] http://turnbull.mcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Nash.html

[13] http://turnbull.mcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/vonNeumann.html