

4.3. DRUŠTVENI PROCESI I POJAVE POVEZANE UZ SUKOB

Modeli ove skupine nisu “pravi” modeli sukoba, već je riječ uglavnom o modelima visokog stupnja apstrakcije, koji nastoje pojasniti određene društvene procese i pojave koje mogu dovesti do izbijanja društvenih sukoba, odnosno one koji su u širem smislu povezani s društvenim sukobima poput odabira identiteta, društvene segregacije, korupcije itsl. Većina prikazanih modela temeljeni su na agentima (*agent-based* modeli), odnosno modeli iz klase “umjetnih društava”.

4.3.1. *Axelrod: Model rasprostiranja kulture*

Područje: Krajnje jednostavno, na agentima zasnovano “umjetno društvo”; naglasak na procesu širenja kulturnih značajki među agentima.

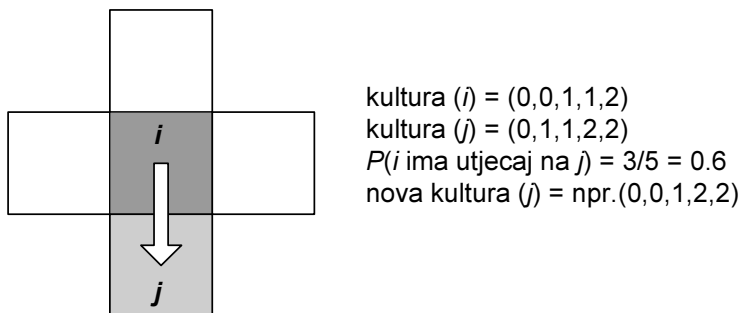
Osnovna obilježja: Agenti/akteri modela su male, kulturno homogene zajednice koje utječu jedna na drugu po principu: što je veća sličnost između dvije, to je vjerojatnije preuzimanje kulturnih obilježja. To je jedan od najjednostavnijih, najelegantnijih, najpoznatijih i najcitiranijih iz klase modela zasnovanih na agentima.

Način i svrha korištenja: Ako ljudi međusobno interagirajući postaju sve sličniji u svojim stavovima, uvjerenjima i ponašanju, kako to da razlike među njima ipak i dalje postoje? Unatoč izuzetnoj povezanosti današnjeg svijeta, svjedoci smo postojanja značajnog broja vrlo različitih društava i društvenih skupina, a ne jedne univerzalne kulture. Pitanja poput navedenih potaknula su američkoga znanstvenika Roberta Axelroda da uz pomoć ovog modela pokaže kako je moguće postojanje vrlo jednostavnih mehanizama širenja kulturnih i drugih obilježja. Oni zaista omogućuju da agenti, međusobno interagirajući, postaju sve sličniji, ali isto tako omogućuju i da se konvergencija zaustavi prije dosizanja potpune uniformnosti. Dakle, riječ je o modelu edukativno-eksplanatornog karaktera.

Opis modela: Populacija agenata u modelu je vizualno predstavljena dvodimenzionalnim poljem ćelija kvadratnog oblika, pri čemu svaka ćelija odgovara jednom agentu. Svaki agent predstavlja malu, kulturno homogenu zajednicu (tzv. predmoderni selo). “Kultura” te zajednice opisana je n -dimenzionalnim vektorom čija svaka koordinata predstavlja jednu kulturnu značajku. Pod kulturnim značajkama možemo podrazumijevati jezik, religiju i sl, no budući da su specifični kulturni sadržaji posve nevažni za ovaj rad, Axelrod je pretpostavio da svaka značajka može poprimiti jednu od m cjelobrojnih vrijednosti. Na početku simulacije slučajnim izborom odrede se kulturni vektori svih agenata.

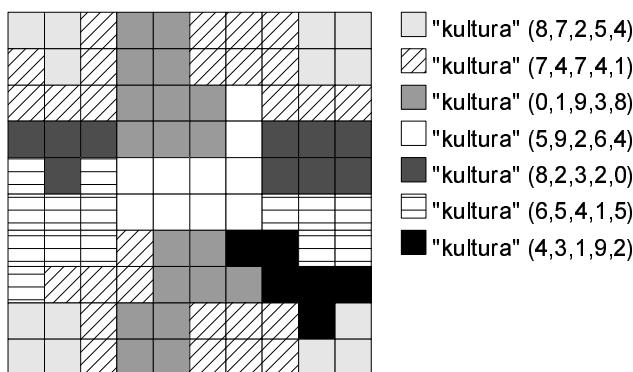
Tijekom simulacije agentima je omogućen “društveni utjecaj” na susjede. Susjedima se smatraju ona polja koja dijele zajedničke stranice kvadrata, ali se pojam susjedstva može prema potrebi i proširiti. U svakom koraku simulacije jedan slučajno odabrani agent postaje “aktivan”, tj. dobiva mogućnost društvenog utjecaja na jednoga (također slučajno izabranog) od svojih susjeda. S vjerojatnošću jednakom “kulturnoj sličnosti” dvaju izabranih agenata (a to je onaj postotak od ukupnog broja kulturnih značajki u kojem im se vrijednosti kulturnog

vektora podudaraju), jedna od onih kulturnih značajki u kojima su se agenti do sada razlikovali poprima kod oba agenta istu vrijednost (npr. onu aktivnog agenta).



Slika 4.15. Primjer “društvenog utjecaja” agenta i na agenta j

Na samom početku simulacije većina susjednih agenata ima vrlo malo zajedničkih značajki, pa je vjerojatnost interakcije mala. Međutim, kad dva susjeda interagiraju, oni postanu sličniji te se tako povećaju izgledi za daljnje interakcije. Nakon nekog vremena, određene kulturne značajke postaju zajedničke na sve većem području. Počinju se formirati pojedine “kulturne regije” u kojima su sve značajke posve iste. Konačno, kad svaki par susjeda ima ili posve istu, ili totalno različitu “kulturu”, svaka daljnja promjena postaje nemoguća. Dakle, dok u početku ima regija skoro toliko koliko i agenata, na kraju preostane samo nekoliko “stabilnih regija” među kojima više nema interakcija. Broj stabilnih regija u jednom izvršavanju simulacije može poslužiti kao indikator mjere u kojoj se proces društvenog utjecaja uspio “oduprijeti” potpunoj homogenizaciji, odnosno kao inverzna mjera tendencije ka kulturnoj konvergenciji.



Slika 4.16. Primjer formiranih stabilnih regija; različito sjenčanje označava kulturnu različitost

Pokazuje se da broj stabilnih regija pada s povećanjem broja kulturnih značajki n , a raste s povećanjem broja mogućih različitih vrijednosti pojedine značajke m . Prva tvrdnja može se učiniti kontraintuitivnom jer bi se moglo očekivati da će veći broj značajki otežati

konvergenciju. Međutim, u ovom modelu to nije tako jer s povećanjem broja značajki rastu i izgledi da će dva susjeda imati bar jednu zajedničku značajku, tj. da će im interakcija biti moguća. S druge strane, povećanjem broja mogućih vrijednosti pojedine značajke, izgledi da će dva susjeda imati bar jednu zajedničku značajku se smanjuju.

Povećanje veličine susjedstva na 8 ili 12 susjeda rezultiralo je smanjenjem broja stabilnih regija. Ako se mogućnost interakcije dopusti na veće udaljenosti, olakšana je konvergencija – što je u skladu s autorovim očekivanjima.

Utvrđeno je, također, da s porastom veličine polja agenata najprije raste i broj stabilnih regija, no nakon dosizanja neke maksimalne vrijednosti (pri srednjoj veličini polja, poput 15×15), s daljnjim porastom veličine polja broj stabilnih regija opada. Početni porast broja stabilnih regija koji prati porast veličine polja može se lako objasniti: mala polja ne sadrže dovoljno ćelija da bi mogla omogućiti stvaranje velikog broja stabilnih regija. Kako bi lakše objasnio zašto velika polja sadrže manje stabilnih regija od srednjih, Axelrod uvodi pojam kulturnih zona – područja unutar kojih svaki agent posjeduje (barem jednog) susjeda s kojim dijeli (barem jednu) zajedničku značajku. Budući da zona može sadržavati više regija, između kojih su još uvijek moguće interakcije, moguća posljedica neke od interakcija jest i da susjedi na granici zona poprime zajedničku karakteristiku, što zapravo znači “probijanje” zonske granice. Interakcije među zonama su, dakle, još uvijek moguće, premda s ne baš velikom vjerojatnošću. Za razliku od unutarzonskih granica među regijama koje su relativno nestabilne, granice između zona su puno stabilnije. Već u početku regija ima znatno više nego zona. Za razliku od broja regija koji opada postupno, broj zona se smanjuje naglo. Kad se broj zona izjednači s brojem regija, daljnja konvergencija nije moguća. Opaženo je kako je potrebno oko četiri puta više vremena da bi broj regija dosegao konačnu vrijednost nego što je potrebno broju zona da dosegne konačnu vrijednost, što znači da se najveći dio vremena u “povijesti” simulacijskog izvršavanja troši na borbu međusobno kompatibilnih kultura unutar zona, sve dok po jedna kultura ne opstane u svakoj zoni. Alternativni način gledanja na istu dinamiku jest promatranje kulturnih značajki unutar zona. Sve dok ima više regija unutar iste zone, akteri unutar zone razlikuju se u barem jednoj značajki. Kako se vrijednosti značajke “pomiču” unutar zone, to one mogu probiti granice regije ili čak zone. Jasno je da što je područje zone veće, to je potrebno više vremena da se stanje stabilizira. Drugim riječima, velika polja agenata trebaju više vremena za postizanje stabilnosti, što daje veće izgled regionalnim, pa i zonalnim granicama da budu probijene, zbog čega raste vjerojatnost da će broj stabilnih regija na kraju biti manji. Dakle, objašnjenje opaženog fenomena jest u tome da nakon prelaska određenog praga veličine polja efekt spore konvergencije nadjača efekt prostora za veći broj kultura te broj stabilnih regija počinje padati.

Komentar: Robert Axelrod autor je čitavog niza modela različitih fenomena vezanih uz društvene sukobe. Gotovo svaki od tih modela potaknuo je niz rasprava i daljnjih istraživanja te u tom pogledu ni model rasprostiranja kulture nije iznimka. Kritike ovog modela uglavnom se temelje na opažanju da većina rezultata proizlazi iz pravila interakcije koje kreira moćnu pozitivnu povratnu vezu što vodi prema uniformnosti nakon što sličnost u jednoj značajki pokrene interakciju između dvaju agenata (Lustick, 2000.). Jedino što sprečava potpunu konvergenciju čitavog sustava jesu početni uvjeti koji mogu uzrokovati dovoljno brzo i

dovoljno mnogo konvergencije u različitim zonama da nikakva sličnost ne probije zonske granice. Moćna tendencija ka konvergenciji ugrađena je u algoritam modela, a nije emergentna, ne proizlazi iz kompleksnosti interakcija unutar sustava, kako bi trebalo biti kod “pravoga” na agentima zasnovanog modela. Tako “jaka” pravila interakcije među agentima dosta je teško opravdati teorijama na koje se Axelrod poziva. Nasuprot tome, glavne odlike ovog modela – jednostavnost i elegancija – moraju biti narušene želi li se izraditi model veće složenosti. Stoga kao temeljno pitanje ostaje: bi li pozitivne posljedice usložnjavanja modela nadmašile gubitke na jednostavnosti i transparentnosti? Ovaj model potaknuo je mnoga daljnja istraživanja i očekujemo da će upravo ona odgovoriti na postavljeno pitanje.

Literatura: Axelrod (1997.), sedmo poglavlje.

4.3.2. *Lustick: Repertoar identiteta*

Područje: Istraživanje društvenih identiteta pomoću “umjetnog društva” zasnovanog na agentima.

Osnovna obilježja: Agenti modela ABIR (*Agent-Based Identity Repertoire*) predstavljaju pojedine članove društva. Svaki agent posjeduje trenutno “aktivan” identitet, koji se bira iz agentovog “repertoara” identiteta. U svakom koraku simulacije svaki agent uspoređuje vlastiti aktivni identitet s aktivnim identitetima svojih susjeda i, na osnovi informacije o prisutnosti pojedinih aktivnih identiteta u okolini, može promijeniti svoj aktivni identitet.

Način i svrha korištenja: Edukativno-eksplanatorni model kojim se nastoje provjeriti neke postavke konstruktivističke teorije identiteta. U središtu pozornosti modela je pretpostavka da pojedinci posjeduju višestruke identitete, od kojih različiti postaju izraženi u različitim uvjetima, a koji će od njih biti izražen uglavnom ovisi o izboru nositelja identiteta.

Tipični problemi koji se istražuju uz upotrebu modela:

- Kako to da identitet ostaje izražen u nekoj populaciji i u uvjetima izloženosti negativnim utjecajima po izražavanje tog identiteta (tj. kako dolazi do institucionalizacije identiteta) i kako dolazi do potpune prevlasti nekog identiteta u populaciji (odnosno do hegemonizacije identiteta)?
- Je li u procesu širenja identiteta moguće zapaziti “pragove”, tj. dolazi li kod određenih vrijednosti zastupljenosti identiteta u populaciji do naglih skokova u brzini širenja? Na primjer, prijelaz “praga kristalizacije” bi trebao značiti da se identitet “udomaćio”, a prijelaz “praga hegemonizacije” značio bi da ga je postalo praktički nemoguće “smijeniti”.
- Utječe li, i u kojoj mjeri, na institucionalizaciju identiteta prisutnost ili odsutnost varijabli poput:
 - postojanja velikog nesuglasja između postavki koje neki “identitet-projekt” sadrži i realiteta okoline u kojoj on operira
 - postojanja alternativnih interpretacija stvarnosti, ili alternativnih projekata, privlačnih pripadnicima populacije

- postojanja političkih poduzetnika – imaginativnih vođa sklonih poduzimanju rizika i korištenju prilika za profite, čak i kod relativno slabih izgleda.

Opis modela: Model je prostorno reprezentiran dvodimenzionalnim poljem ćelija kvadratnog oblika, pri čemu svaka ćelija odgovara jednom agentu. Veličinu i oblik polja određuje korisnik. Svaki agent komunicira izravno sa svojom Mooreovom okolinom (četiri susjeda u stranicama kvadrata i četiri susjeda u vrhovima). Svaki agent prikazan je u određenoj boji koja označava trenutno aktivan identitet agenta. Aktivni identitet bira se iz repertoara identiteta. Repertoar svakog agenta podskup je ukupnog repertoara cijelog modela (najviše 20 različitih identiteta). Aktivni identitet je onaj kojim se agent predstavlja okolini, svi ostali identiteti iz agentovog repertoara nisu poznati okolini.

Postoje dvije vrste agenata u modelu: “obični” i “poduzetni”. Proporcije poduzetnih i običnih agenata u populaciji određuje korisnik. Poduzetni agenti imaju veće repertoare identiteta od običnih (osnovni postav je 9 naspram 6 u korist poduzetnih), i različita pravila interakcije s okolinom.

Na početku simulacije odrede se (npr. slučajnim izborom) repertoari i aktivni identiteti svih agenata. U svakom koraku simulacije svaki agent uspoređuje vlastiti aktivni identitet s aktivnim identitetima susjeda. Na temelju informacije o prisutnosti pojedinih aktivnih identiteta u okolini, svaki agent određuje “težine” identiteta prisutnih u okolini. Ako je težina nekog identiteta aktivnog u okolini agenta, koji je ujedno prisutan i u repertoaru tog agenta, signifikantno veća od težine trenutno aktivnog identiteta, agent mijenja svoj aktivni identitet u njemu dostupan identitet najveće težine, a svoj “stari” aktivni identitet zadržava u repertoaru. Usporedbe i promjene identiteta provode se sinkrono, osim što poduzetni agenti u svakom koraku provedu kalkulacije i implementiraju rezultate prije običnih.

Svakom identitetu u repertoaru svakoga pojedinog agenta pridijeljena je vrijednost “pristranosti zbog promjenljivosti okoline” (*environmental favorability bias*) koja se slučajno mijenja s frekvencijom koju odredi korisnik i u mogućem rasponu koji također određuje korisnik. Promjenjive vrijednosti pristranosti predstavljaju promjenjive signale iz okoline agenta o trenutnoj “vrijednosti” aktiviranja pojedinog identiteta. Pri tome frekvencija promjena pristranosti predstavlja “nestalnost okoline”, a raspon promjena “rizičnost okoline”.

Konačno, na iznos težine identiteta utječe i prisutnost poduzetnih agenata u okolini. Aktivni identitet poduzetnog agenta u okolini “broji se” “dva” umjesto “jedan”, koliko se “broji” aktivni identitet običnog agenta, tj. poduzetni agenti smatraju se utjecajnijima od običnih. Precizno, proračun težine identiteta i izgleda ovako: broj agenata u Mooreovoj okolini (uključujući i centar okoline) s aktivnim identitetom i (obični agenti broje se jedan, a poduzetni dva) plus pristranost zbog promjenljivosti okoline identiteta i .

Algoritam određivanja aktivnog identiteta poduzetnih agenata razlikuje se od algoritma običnih agenata u tome što poduzetni agenti mijenjaju identitet čim je težina nekoga aktivnog identiteta u okolini (i dostupnog u repertoaru) veća od težine trenutno aktivnoga, dok je kod običnih agenata potrebno da razlika u težinama bude veća od nekog praga (npr. strogo veća od jedan). Premda i obični agenti mogu obnavljati repertoar, ukoliko je težina nekog “novog” identiteta izrazito veća od težine aktivnog identiteta, prag poduzetnih agenata i

kod ovog uvjeta je niži. Precizno: prag za ubacivanje novog identiteta u repertoar računa se iz razlike u iznosu težina novoga i trenutno aktivnoga identiteta i iznosi tri za poduzetne, a pet za obične agente (pri tome iz repertoara ispada identitet najmanje težine), dok je prag za ubacivanje novog identiteta u repertoar, koji ujedno odmah postaje i aktivan, šest za poduzetne, a sedam za obične agente.

Poduzetni agenti su, dakle, modelirani kao agenti većeg repertoara, većeg utjecaja, osjetljiviji na promjene u poticajima i otvoreniji za mijenjanje repertoara i aktivnog identiteta. Općenito, u model se mogu uvoditi različite vrste agenata: “fanatici” (ne provode kalkulacije težina identiteta, ali utječu na okolinu), “apatični agenti” (ne utječu na susjede, ali provode kalkulacije težina i reagiraju na promjene u okolini), “izrazito utjecajni agenti” (čiji se aktivni identiteti “broje” više od “dva”) i sl.

Dvije faze rada koristile su ponešto različite pristupe dizajniranju eksperimenata. U prvoj fazi, “krajolici” su bili mnogo heterogeniji, repertoari agenata veći, a promjenjivost okoline nešto izraženija nego u drugoj fazi.

Najznačajniji opći rezultat je da se efekti institucionalizacije opažaju u svakom tipu “krajolika”. I u heterogenijim i u jednostavnijim “krajolicima” rane margine dominacije omogućile su početno dominantnim identitetima nadproporcionalno veću vjerojatnost daljnjeg povećanja prisutnosti ili zadržavanja dominacije. Autori smatraju da je fundamentalno važno što mikroobrasci sa samo marginalno više agenata s određenim identitetom kao aktivnim, proizvode sustavne efekte na makrorazini – specifične obrasce dominacije preko “krajolika” kao cjeline. Uspjeli su pokazati i to da su mikroobrasci često translatirani u makroefekte preko mehanizma “pragova” – dramatičnih povećanja vjerojatnosti kaskada k rastućoj dominaciji dominantnog identiteta koje tim identitetima pomažu u institucionalizaciji njihove dominacije. Prelaskom takvih pragova, dominantni identiteti uživaju mnogo veću vjerojatnost uspješnog odupiranja nastojanjima suparničkih identiteta da reduciraju njihovu kontrolu i smijene ih u dominaciji.

Efekti pragova nisu opaženi u svakom eksperimentu. Prag kristalizacije pojavio se u eksperimentima prve faze onda kad je istraživani efekt povećanja početne veličine dominacije na vjerojatnost zadržavanja dominacije, ali ne i onda kad je istraživani efekt povećanja početne veličine dominacije na povećanje prisutnosti dominantnog identiteta u populaciji. U eksperimentima druge faze dogodilo se upravo obratno. Premda je tu potrebno provesti dodatna istraživanja, autori smatraju da su ovi rezultati posljedica veće heterogenosti virtualnih svjetova korištenih u prvoj fazi. Dok su prag kristalizacije i pojava hegemonije opaženi u obje faze, prag hegemonizacije nije opažen. Umjesto toga je u obje faze vidljivo da nakon strmog rasta kod praga kristalizacije, daljnji rast postaje postupniji.

Autori su pritom dobili i potporu za hipotezu da turbulencije, odnosno stresna okolina, povećavaju izgled ograničavanja širenja dominantnog identiteta i za njegovu smjenu od strane nekoga drugog identiteta. Nisu očekivali da takvi uvjeti ponekad odgovaraju i dominantnim identitetima, pružajući im priliku da učvrste i prošire dominantan status, što se događalo tijekom eksperimenata obiju faza.

Premda nisu proveli strogo kontrolirane testove hipoteza o utjecaju triju varijabli na pojavu i nestajanje hegemonije, autori kažu da su demonstrirali mogućnosti operacionalizacije

svake od tih varijabli u modelu zasnovanom na agentima te njihov značaj za obrasce institucionalizacije. Pokazalo se da velika nesuglasja (operacionalizirana periodima povećane nestalnosti i opsega “pristranosti okoline”) povećavaju “ranjivost” dominantnih no ne i hegemonističkih identiteta te povećavaju izgleda za smjenu dominantnih identiteta. Kao što se očekivalo, pokazalo se da ta varijabla ima interakcijski efekt s brojem prisutnih opcija, tako da već i mali broj opcija u kombinaciji s velikim nesuglasjem proizvodi dramatičan rast vjerojatnosti smjene dominantnog identiteta. Konačno, autori ističu da su dobili snažnu potporu hipoteze da mreže “poduzetnih” agenata mogu dati značajan doprinos institucionalizaciji i održavanju dominacije određenog identiteta.

Komentar: Ako pojam “identiteta” zamijenimo pojmom “kulture”, a pojam “repertoara” pojmom “vektora”, ovaj model može podsjetiti na Axelrodov model rasprostiranja kulture. Lustickovi agenti su bitno složeniji od Axelrodovih, a najvažnije inovacije uključuju: uvođenje aktivne komponente, tj. određenog rangiranja komponenata prema prioritetu, zatim uvođenje težina i algoritma njihovog određivanja, uvođenje slučajnih utjecaja promjenljive okoline u algoritam, te razlikovanje agenata prema vrsti. S obzirom na znatnu složenost modela, interpretacija rezultata je također bitno složenija i ne treba čuditi što još ni blizu nisu iscrpljene mogućnosti eksperimentiranja s ovim modelom.

Literatura: Lustick (2000.) i Lustick et al. (2000.). Za novije rezultate vidjeti Lustick (2002.).

4.3.3. *Schelling: Model segregacije*

Područje: Na agentima zasnovano “umjetno društvo”, kojim se istražuje proces segregacije.

Osnovna obilježja: Model pokazuje globalnu tendenciju za (nacionalnom, rasnom, kulturnom...) segregacijom u društvu koje nastanjuju dvije skupine stanovnika, od kojih svatko ima lokalne preferencije da živi u okolini u kojoj su barem neki od susjeda pripadnici iste skupine kao i on sam. Tehnika koja se pritom koristi je modeliranje zasnovano na agentima.

Način i svrha korištenja: Model ima isključivo edukacijski karakter – namijenjen je za demonstraciju mogućih globalnih efekata u društvu kao posljedice mnoštva nekoordiniranih individualnih odluka.

Povijest: Model je prvi put prikazan u literaturi još 1969. godine kad se simulacija kretanja agenata provodila pomoću kovanica raspoređenih na papiru s kvadratićima. Ideja za model došla je s proučavanjem međurasnih odnosa u SAD-u. Razvoj tehnike modeliranja zasnovanog na agentima, koja se obilno koristi dostupnom računalnom snagom, omogućuje mnogo lakšu implementaciju modela i otvaranje novih mogućnosti ispitivanja određenih kompleksnijih situacija.

Opis modela: Zamislamo da na određenom području živi populacija koja se sastoji od dvije različite skupine ljudi (u modelu: agenata, npr. crvenih i plavih). Zbog jednostavnosti, zamislamo da oni žive u kvadratnoj mreži te da svaki agent ima neku preferenciju o tome u kakvom susjedstvu želi živjeti. Na primjer, svaki pojedinac može zahtijevati da barem

četvrtina njegovih susjeda bude iste boje kao i on. Susjedstvo u modelu možemo definirati tako da obuhvaća četiri susjeda (agente lijevo, desno, gore i dolje) ili osam susjeda (i dijagonalni agenti smatraju se susjedima). Pokazalo se da rezultati ne ovise o veličini susjedstva. Ukoliko pojedinac nije zadovoljan susjedstvom u kojemu se nalazi, on se seli na neko (npr. najbliže) prazno polje u kojemu će njegove preferencije biti zadovoljene. Time on mijenja lokalni odnos plavih i crvenih agenata na mjestu na koje je došao, ali i na mjestu s kojeg se odselio, pa u sljedećem koraku i neki drugi agenti koji su prije bili zadovoljni svojom okolinom mogu dobiti poticaj za preseljenje. Ukoliko model iteriramo kroz veći broj koraka, od početne, na slučajan način izmiješane populacije dobija se manje ili više segregirano društvo. Zanimljivo je da globalni stupanj segregacije značajno nadmašuje ono što bismo očekivali na temelju lokalnih preferencija pojedinaca.

Komentar: Model slikovito pokazuje kako pojedinačne preferencije generiraju makroponašanje koje može biti prilično neintuitivno.

Literatura: Schelling (1978.) u četvrtom poglavlju detaljno opisuje i komentira ovaj model. Epstein i Axtell (1996.) u zaključnom poglavlju spominju Schellingov model i daju nekoliko zanimljivih grafičkih prikaza različitih situacija.

4.3.4. Schelling: Zatvorenikova dilema s više igrača

Područje: Jednostavan formalizam koji, apstrahiranjem i formaliziranjem socioloških zapažanja, nastoji pridonijeti razumijevanju društvenih fenomena.

Osnovna obilježja: Radi se o grafičkom prikazu utjecaja osobnih preferencija i ponašanja velikog broja pojedinaca na ukupnu stabilnost društva. Prikaz je prilično apstraktan, ali je istovremeno vrlo instruktivan i asocijativan. Model pokazuje kako bi izgledalo stabilno stanje društva (stanje kojemu sustav teži) ako bi se pojedinci ponašali na određeni način kad su suočeni s nekim izborom. Ukazuje na to da u mnogim slučajevima bez određenog oblika društvene organizacije oni ne mogu ništa drugo nego raditi na vlastitu štetu.

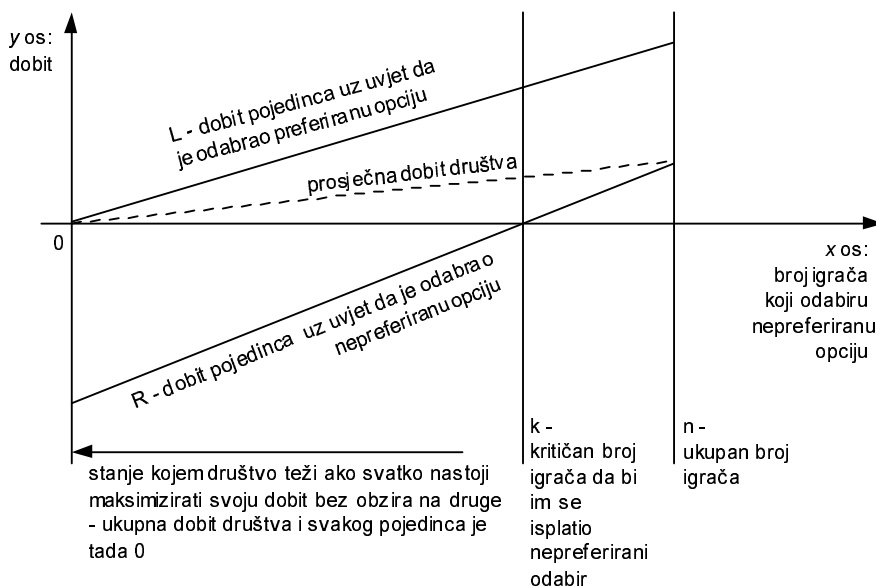
Način i svrha korištenja: Model je prvenstveno namijenjen “osvještavanju” ili “eksplicitnom izricanju” nekih bazičnih pojava u društvenim sustavima.

Opis modela: Zatvorenikova dilema s više igrača formulira se na sljedeći način:

1. Postoji n igrača suočenih s istom mogućnošću binarnog izbora (između alternativnih načina ponašanja) i jednakim funkcijama dobiti.
2. Svi igrači imaju vlastitu, uvijek istu, preferiranu opciju za odabir, koja ne ovisi o tome što odabiru drugi.
3. Bez obzira na vlastiti odabir, što veći broj ostalih igrača odabere svoju nepreferiranu opciju, pojedinac će više profitirati.
4. Postoji broj k veći od 1 takav da, ako barem k igrača odabere svoju nepreferiranu opciju, onda svatko od njih profitira više nego ako odabere preferiranu opciju (s tim da oni ostali mogu u toj situaciji isto profitirati).

Slika 4.17 grafički prikazuje ove situacije. Na x osi je prikazan broj igrača koji odabiru nepreferiranu opciju R , a na y osi dobit pojedinca koja ovisi o vrijednosti x i o njegovom

vlastitom odabiru. Krivulja L označava dobit pojedinca ako on odabere svoju preferiranu opciju L , a krivulja R dobit ako odabere nepreferiranu opciju R . Crtkana krivulja prikazuje ukupnu dobit (efikasnost društva) ovisno o individualnom odabiru njegovih članova, a strelicom je označena točka stabilnosti sustava.

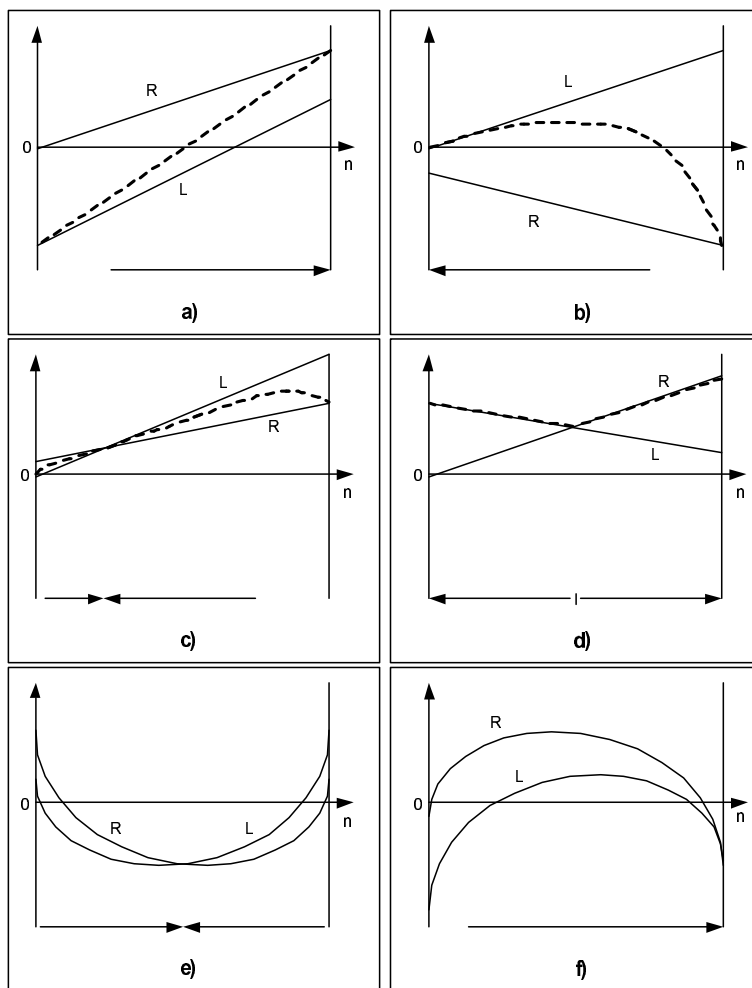


Slika 4.17. Grafički prikaz dobiti pojedinca u zatvorenikovoj dilemi s više igrača

Slika 4.17 pokazuje da ukoliko svi igrači odaberu preferiranu opciju L (lijeva strana dijagrama), onda pojedinac odabirom opcije L ne dobiva ništa, a odabirom opcije R gubi. Kad bi k igrača odabralo opciju R , oni bi imali određeni dobitak, a društvo bi bilo najefikasnije ako bi svi njegovi članovi odabrali nepreferiranu opciju R (desna strana dijagrama). No u tom slučaju najviše bi se isplatilo biti kršitelj društvenog dogovora, jer onaj tko jedini odabere L dobiva daleko najviše. Ako se svatko povede za takvim načinom razmišljanja, vraćamo se na lijevu stranu dijagrama koja predstavlja jedinu stabilnu točku ovog sustava, i ujedno točku njegove najgore performanse u cjelini. Promjena nagiba i oblika krivulja dobiti dovode do različitih odnosa veličina u sustavu (minimum i maksimum performanse ne moraju biti na rubovima, nego mogu biti u točkama u kojima dio igrača odabire opciju R , a dio L). Uočimo da model (pravila od 1. do 4.) zahtijeva da krivulja R bude uvijek ispod krivulje L te da na lijevoj strani dijagrama ima negativne vrijednosti a na desnoj pozitivne – os x siječe u točki $(k, 0)$. U ovako definiranoj zatvorenikovoj dilemi s više igrača stabilna točka je uvijek na lijevom rubu sustava: svi odabiru preferiranu (i suboptimalnu) opciju L . Da bi se sustav pomaknuo iz te točke, potrebna je određena socijalna organizacija koja će osigurati zaštitne ili poticajne mehanizme.

Proširenja modela ukidaju ograničenja na međusobne odnose krivulja R i L . U općem slučaju moguća je pojava više stabilnih točaka sustava, a sustav će težiti jednoj od njih ovisno o početnom stanju. Slika 4.18 prikazuje neke primjere takvih situacija. Prikazane

su: a) jedinstvena stabilna točka (svi odabiru R) koja je ujedno i optimum sustava; b) jedinstvena suboptimalna stabilna točka (svi odabiru L), optimum je mješavina L i R u kojoj svi koji su odabrali R gube; c) jedinstvena suboptimalna stabilna točka (mješavina L i R); d) dvije stabilne točke (svi L ili svi R), obje bolje od svih miješanih kombinacija; e) jedna stabilna točka (mješavina L i R), iako bi uniformnost bila bolja; f) jedna stabilna točka (svi odabiru R), iako bi mješavina bila bolja.



Slika 4.18. Neke generalizacije zatvorenikove dileme s više igrača

Slika upućuje na to da ovaj jednostavan model može na apstraktnoj razini prikazati mnoge procese koje opažamo u društvu kao određene obrasce ponašanja. Schelling navodi neke od njih: potreba za kritičnom masom osoba koje prihvaćaju određeno ponašanje prije nego to ponašanje prihvati određeni pojedinac; *tragedy of the commons* – fenomen prevelikog iskorištavanja zajedničkog dobra, jer se nikome pojedinačno ne isplati ograničiti vlastito uživanje u tom dobru; samoispunjavajuća proročanstva i dogovori koji se sami održavaju,

te društveni ugovori. Većina krivulja upućuje na važnost društvenih ugovora i mehanizama predviđenih za poticanje odnosno sankcioniranje ponašanja pojedinaca jer često cijelo društvo kao zajednica trpi ako svatko za sebe neometano može pokušati ostvariti maksimum dobiti (lako se može desiti da taj maksimum bude manji od onoga što bi svatko dobio da se svi drže društvenog ugovora).

Komentar: Vrlo zanimljiv model, sa stanovišta društvene stabilnosti pokazuje kako društvo može otklizati u neželjeno stanje ako se naruše mehanizmi zaštite društvenog ugovora. Primjerice, ako zbog neefikasnosti sudstva ili policije kriminalci ne bivaju kažnjeni oni tada prolaze bolje od ostalih građana, što svima daje poticaj da krše zakon zbog čega zajednica počinje trpjeti. Štoviše, nije dovoljno da mali broj građana dobrovoljno odluči poštovati zakon jer je potrebna kritična masa poštenih da bi takvo ponašanje imalo smisla.

Literatura: Thomas Schelling (1978.), sedmo poglavlje.

4.3.5. Gintis: “*Homo parochius*”

Područje: Model iz klase “sintetičkih društava”.

Osnovna obilježja: Tehnički gledano, model s područja evolucijske teorije igara. Modelira dinamiku diskriminacijskog ponašanja pojedinaca u vremenu.

Način i svrha korištenja: Tipičan edukativno-eksplanatorni model. Učvršćuje teorijske argumente u prilog mogućem evolucijskom podrijetlu diskriminacijskog ponašanja.

Opis modela: Polazna točka modela je klasični problem iz teorije igara. Pretpostavimo da n ribiča dijeli isto jezero kapaciteta jedne tone ribe po ribiču u sezoni. Pretpostavimo također da pojedini ribič i ulaže napor x_i u ribolov i pretpostavimo da je funkcionalna ovisnost ribičevog profita (ulova) o uloženom naporu dana izrazom:

$$\pi(x_i) = x_i \cdot \left(1 - \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \right) - a \cdot x_i^2,$$

gdje je a pozitivna realna konstanta.²⁷ Postavlja se pitanje koliki je “optimalan” napor što ga pojedini ribič treba uložiti.

Prema terminologiji teorije igara izbor napora naziva se se “strategijom” ribiča, a malo nejasno upotrijebljen pojam “optimalnosti” formalizira se pojmom Nashove ravnoteže kao takvog izbora strategija svih ribiča za koji vrijedi sljedeće: prijeđe li bilo koji ribič na neku drugu strategiju (tj. ako poveća ili smanji napor), a svi ostali ribiči ostanu pri svojim strategijama, profit “devijantnog” ribiča se neće povećati (tj. njegov ulov može se samo smanjiti ili, eventualno, ostati jednak). Zbog toga se još kaže i da Nashova ravnoteža sadrži najbolje moguće odgovore svakog ribiča na strategije izabrane od ostalih ribiča. Drugim

²⁷ Zgodno je primijetiti da je ovisnost profita o naporu ostalih ribiča takva da pri malom naporu ukupne populacije, jedinični pojedinačni napor daje približno jedinični profit, dok pri ukupnom naporu blizu n , jedinični pojedinačni napor daje vrlo mali profit. Riječ je o fenomenu poznatom u literaturi pod nazivom *tragedy of the commons* i susretanom na različitim područjima ljudske djelatnosti, a u vezi s iscrpljivanjem ograničenih resursa.

riječima, kad svi ribiči izaberu svoje strategije tako da više nitko ne može “unilateralnim potezom” poboljšati svoju strategiju, postignuta je Nashova ravnoteža.

Navedeni problem lako je rješiv u okvirima klasične teorije igara i pokazuje se da postoji jedinstvena Nashova ravnoteža pri kojoj svaki ribič ulaže isti napor i ulovi svih ribiča su isti. Štoviše, ako se ribiči mogu unaprijed dogovoriti da će dijeliti profit jednako, potreban napor pojedinca je manji, a profit veći.

Međutim, Gintis čini polazni problem nešto složenijim. Podijelio je populaciju ribiča na dvije skupine – “diskriminatore” i “samodovoljne” – koje se međusobno razlikuju po tome što diskriminatori ne nastoje maksimizirati samo vlastiti ulov, nego u nekoj mjeri (određenoj u modelu veličinom posebnog koeficijenta α) maksimiziraju i ulov ostalih diskriminatora, dok u isto vrijeme (opet u mjeri određenoj u modelu veličinom posebnog koeficijenta β) nastoje minimizirati ulov samodovoljnih ribiča. Diskriminatori, dakle, favoriziraju vlastitu skupinu, dok samodovoljni ribiči, kao i u osnovnom slučaju modela, maksimiziraju samo vlastiti ulov. Premda je takav model znatno složeniji od polaznog, teorija igara omogućuje da za zadane udjele diskriminatora i samodovoljnih ribiča u ukupnoj populaciji ponovo odredimo ravnotežne (u smislu Nashove ravnoteže) napore ribiča obiju skupina te njihove profite. Pojašnjavanje izvoda i konačne forme tih izraza prelazi okvire ovoga rada pa posebno zainteresirane čitatelje upućujemo na Gintisovu knjigu.

Model je moguće dodatno zakomplicirati ali ujedno i učiniti još zanimljivijim. Zamislimo da populacija ribiča nije zadana jednom zauvijek, nego da se omjer diskriminatora i samodovoljnih može mijenjati u vremenu (što je zapravo i prilično realna pretpostavka). Pretpostavimo također da u svakom periodu svaki ribič s određenom vjerojatnošću saznaje dobitak nekoga drugog slučajno odabranog ribiča te da, ako je dobitak tog drugog ribiča veći, s vjerojatnošću proporcionalnom razlici dobitaka mijenja svoju strategiju u strategiju drugoga igrača. Ova pretpostavka omogućuje postavljanje određene diferencijalne jednadžbe (tzv. jednadžbe umnoživačke ili replikatorske dinamike) koja opisuje dinamiku udjela igrača s određenom strategijom (u ovom slučaju ribiča “diskriminatora”) u vremenu. Grana teorije igara koja se bavi proučavanjem dinamike udjela igrača s pojedinim strategijama u vremenu, zove se evolucijska teorija igara.

Mogućnost izražavanja dinamike promjene udjela igrača s pojedinim strategijama u vremenu diferencijalnom jednadžbom je bitna jer analitički alati teorije dinamičkih sustava omogućuju izvođenje zanimljivih zaključaka o promatranom sustavu. Postavlja se, primjerice, pitanje je li egalitarno stanje sustava (ono u kojemu i diskriminatori i samodovoljni ribiči zarađuju jednako, tj. imaju isti ulov) stabilno. Drugim riječima: kada se sustav jednom nađe u stanju u kojemu su udjeli diskriminatora i samodovoljnih takvi da je profit i jednih i drugih isti, ostaje li on u tom stanju? Pokazuje se da su takva stanja zaista stabilna, ali su stabilna i ona s udjelima diskriminatora većim od udjela potrebnog za egalitarno stanje. Štoviše, u takvim je stanjima ukupni profit populacije veći. Također se pokazuje da je kod udjela diskriminatora manjih od onog potrebnog za egalitarnost, ukupni profit populacije manji nego u egalitarnom stanju.

Sljedeće zanimljivo pitanje odnosi se na evolucijsku stabilnost diskriminatorske strategije: ne bi li ubacivanje samodovoljnih ribiča u populaciju sastavljenu od samih diskriminatora

dovelo do toga da se samodovoljni “razmnože” i “izvrše invaziju”? Pokazuje se da je populacija diskriminatora, ako je dovoljno velika, evolucijski stabilna. Nasuprot tomu, populacija samodovoljnih nije evolucijski stabilna: diskriminatori ubačeni u populaciju samodovoljnih izvršavaju invaziju, uz uvjet da nisu suviše diskriminatorni, tj. da koeficijent β minimizacije profita samodovoljnih nije prevelik.

Komentar: Premda priča izvorno govori o ribičima, model se odnosi na sve tipove “parohijalnog” ponašanja – uskogrudnosti u ekonomskom, rasnom, etničkom, spolnom, religijskom, klasnom ili drugom smislu. Bez obzira na (ne)utemeljenost modela u stvarnosti, njegovi rezultati potiču na razmišljanje. Naime, uz pomoć modela provedena analiza otvara prostor spekulacijama o evolucijskoj pozadini pojave diskriminacijskog ponašanje. Iz rezultata simulacija provedenih na ovome modelu proizlazi mogućnost da diskriminacijsko ponašanje, pored svih ostalih razloga zbog kojih se pojedinci najčešće nastoje orijentirati prema određenoj društvenoj skupini koju smatraju “svojom”, predstavlja samo po sebi evolucijski uspješnu strategiju. Stoga nije čudno da se takvo ponašanje razvilo i održalo. Iz ove perspektive, pitanje suzbijanja diskriminacijskog ponašanja u određenoj populaciji postaje i pitanje pronalaženja neke druge, evolucijski uspješnije strategije. Bilo bi zanimljivo vidjeti rezultate koje bi dao model kad bi se u njega ugradili dodatni načini ponašanja, primjerice da ribiči samo nastoje maksimizirati ulov vlastite skupine, a da istovremeno ne nastoje minimizirati ulov ostalih ribiča.

Literatura: Gintis (2000.), s tim da se njegova analiza temelji na ranijem radu Sethija i Somanathana (1999.).

4.3.6. *Hammond: Korupcijska dinamika*

Područje: Na agentima zasnovano, jednostavno “umjetno društvo” u kojem je modelirana korupcija.

Osnovna obilježja: Model je inspiriran ranijim modelima korupcije baziranim na teoriji igara. Ovdje su oni prošireni do te mjere da su izgubili mogućnost analitičke dedukcije rješenja, ali su ostali pogodni za provedbu simulacije zasnovane na agentima.

Način i svrha korištenja: Model je edukativno-eksplanatornog karaktera, a bavi se problemom “stabilnosti” korupcije. Također se bavi pitanjem je li, i pod kojim uvjetima, moguć endogeni prijelaz društvenog sustava iz stanja visoke u stanje niske korupcije. Endogenim se smatra prijelaz bez “vanjskih” zahvata u strukturu sustava, poput izbora, promjene politike vlasti, ekonomskog šoka ili sličnih.

Opis modela: Populacija se sastoji od dvije vrste agenata: “građana” i “birokrata”. U svakom koraku svaki građanin igra sa slučajno odabranim birokratom jednostavnu igru s dvije moguće strategije: korupcija (C) ili ne-korupcija (NC). Odluka građanina da odigra NC znači namjeru poštenog plaćanja “poreza”, a birokrata, namjeru poštene provedbe transakcije. Odluka građanina da odigra C znači namjeru plaćanja “mita” birokratu u iznosu manjem od iznosa poreza, a birokrata, namjeru zadržavanje mita za sebe.

Potezi se vuku istovremeno. Ako oba igrača odigraju C, dobivaju iznos $x \cdot (1-i)$. Inače

dobivaju iznos $y < x$ – s tim da, kako će biti naknadno objašnjeno, odigravanje C nosi sa sobom još neke negativne posljedice.

“Sklonost poštenju” (i) razlikuje se od agenta do agenta i predstavlja “moralnu cijenu” izbora korupcijske strategije; i je uniformno distribuirana varijabla na intervalu $[0, 1]$. Totalno korumpirani agent ima $i = 0$, te on u slučaju $\{C, C\}$ dobiva puni iznos x . Totalna “poštenjačina” ima $i = 1$, te on ni u slučaju $\{C, C\}$ zapravo ne dobiva ništa.

U simulaciji postoji i mehanizam “uvođenja reda” (*enforcement*). Naime, na kraju svakoga perioda za svakog agenta ažurira se evidencija odigravanja C u kombinacijama $\{NC, C\}$ i $\{C, NC\}$ (na taj način modelirano je “tužakanje” od strane agenata koji su igrali NC njihovih oponentata koji su igrali C). Čim agent prekorači neki maksimalno dozvoljeni broj odigravanja C (samo u takvim, “mješovitim” kombinacijama), šalje ga se na određeni period k (specificiran na početku simulacije) u zatvor. Za vrijeme boravka u zatvoru agent je isključen iz simulacije, a prije odlaska na odsluženje kazne dobije samo iznos y .

Agenti su ograničeno racionalni. Oni ne znaju za mehanizam “globalnog policajca”, niti kako on funkcionira, ali promatranjem svoje okoline prikupljaju informacije na temelju kojih procjenjuju koja im se strategija odigravanja bolje isplati. Agenti ne mogu posjedovati informacije o ukupnoj populaciji, već samo o “krugu svojih prijatelja”.

Agentova procjena isplativosti strategije NC je uvijek ista i iznosi y . Agentova procjena isplativosti strategije C iznosi $(1 - B) \cdot [A \cdot x \cdot (1 - i) + (1 - A) \cdot y] + B \cdot (y - k \cdot y)$. B je agentova procjena vjerojatnosti da će biti uhvaćen u slučaju odigravanja C. Svaki agent posjeduje “mrežu prijatelja” među agentima iste vrste. Agentu su dostupne informacije o statusu i akcijama prijatelja. Veličina mreže prijatelja zadana je na početku simulacije (i iznosi 10), a mreža je inicijalizirana na slučajan način. Svaki agent prebraja koliko mu je prijatelja u zatvoru (m) te koliko ih je u prošloj iteraciji odigralo C (M). B se izračuna kao omjer m/M . A je agentova procjena vjerojatnosti da će naići na korumpiranog partnera. Svaki agent ima memoriju (duljine $N = 5$) u kojoj drži odigrane poteze oponenta u zadnjih N svojih interakcija (na početku simulacije memorija se inicijalizira na slučajan način). A je naprosto omjer broja n odigravanja strategije C sadržanih u memoriji i ukupne veličine memorije N . Produkt $k \cdot y$ predstavlja cijenu boravka u zatvoru – to je zapravo donja ograda na oportunitetni trošak boravka u zatvoru (jer agent gubi barem y u svakom simulacijskom periodu provedenom u zatvoru).

Iz eksperimentiranja s modelom proizlazi da se, za relativno niske omjere dobitaka x/y i relativno kratak period boravka u zatvoru, sustav brzo stabilizira u stanju nekorumpiranosti. Pri višem omjeru x/y (koji iznosi 20) i još uvijek kratkim periodom boravka u zatvoru (dva simulacijska perioda) dobija se zanimljivo ponašanje. Nakon fluktuacija u prvim nekoliko simulacijskih perioda, korupcija počinje dominirati u obje populacije agenata. Broj korumpiranih agenata blago fluktuiira oko 90 posto populacije. Broj zatočenih agenata također blago varira oko dosta niskih vrijednosti, s povremenim manjim skokovima. Takvo, relativno stabilno stanje traje određeno vrijeme (koje varira po pojedinim izvršavanjima simulacije), nakon čega redovito stanje s najvećim brojem zatočenih u jednoj od populacija inicira sljedeću lančanu reakciju:

- velik dio “društvenih mreža” značajnog broja agenata počnu činiti uhićeni agenti
- posljedica toga je da značajan broj agenata počinje igrati pošteno
- posljedica toga je povećanje broja mješovitih slučajeva $\{NC, C\}$ i $\{C, NC\}$, a time i broja uhićenika te se tako formira snažna pojačavajuća povratna veza.

Konačna posljedica je u tome da u pet do deset simulacijskih perioda obje populacije postanu nekorumpirane i takvo stanje se nastavlja u beskonačnost. Dio agenata koji nije sklon poštenju, zbog prevladavanja poštenih, ako igra C, brzo završi u zatvoru, a mehanizmi memorije i društvenih veza djeluju tako da odvrćaju ostale agente.

Rezultat ovakve “kaskade” je tranzicija između dva ravnotežna stanja (iz stanja korupcije u stanje poštenja) preko naglog skoka, i to bez ikakvih strukturalnih promjena ili vanjskih djelovanja. Vrijeme potrebno da se dođe do tranzicije varira (u 35 ponavljanja srednje potrebno vrijeme je 229 perioda sa standardnom devijacijom od čak 282), ali se tranzicija redovito javlja. Model, dakle, sugerira da je moguća endogeno generirana, “spontana” tranzicija iz stanja korupcije u stanje poštenja, što se inače protivi većini zaključaka koje je moguće izvesti iz postojeće ekonomske i političko-ekonomske literature.

Daljnijim povećavanjem omjera x/y vrijeme do tranzicije raste. Povećavanjem perioda boravka u zatvoru vrijeme do tranzicije se skraćuje, a povećavanjem “praga” za odlazak u zatvor vrijeme do tranzicije se produljuje.

Činjenica da je stanje poštenja stabilno stanje iz kojeg nema povratka u korupciju, u skladu je s opažanjima (teško je zamislivo da bi se, npr., razina korupcije prisutna u Norveškoj mogla “vratiti” u stanje poput onog kakvo je u Kongu).

Zanimljivo je da se i prije opisane tranzicije događaju povremeni skokovi broja zatočenih koji, prema već opisanom mehanizmu, kao posljedicu generiraju padove u broju korumpiranih. Međutim, do tranzicije ipak ne dolazi jer ili premalo agenata promijeni strategiju, ili su društveni krugovi onih koji to učine relativno zatvoreni pa se poštenje ne proširi populacijom. Takvi rezultati sugeriraju da bi “valovi” nekorumpiranosti, odnosno korupcije – kakvi znaju biti zamijećeni u društvu, mogli biti i endogeno generirani (a ne rezultat vanjskih utjecaja), te da bi takvi valovi mogli predstavljati normalni obrazac dinamike korupcije u društvu.

Ako se memorija “neograničeno poveća” (na 500), a društvena mreža agenata uključi ukupnu populaciju, korupcija postane stabilno stanje, tj. ne događa se prijelaz u stanje bez korupcije. Preciznije, pokazuje se da je odsutnost ograničenja na memoriju sama dovoljna za održavanje korumpiranog stanja, dok, s druge strane, odsutnost ograničenja na veličinu društvene mreže sama nije dovoljna – potrebna je još i memorija određene veličine. To ukazuje na značaj pretpostavke o ograničenosti, lokalnosti informacija za model. Dugotrajna memorija i velika društvena mreža ublažavaju odvrćajući učinak informacija o broju zatočenih prijatelja i o udjelu strategije C – “uvjerenja” se sporije mijenjaju i “strah” se ne širi brzo kao prije. Budući da sve veća memorija i sve veća mreža prijatelja agentu omogućuju sve točniju procjenu učinkovitosti nadzornog mehanizma, to autori zaključuju da bi implikacija posljednjeg nalaza mogla biti da je “manje dokučiv” sustav “uvođenja reda” učinkovitiji od transparentnoga. Premda postoje određeni dokazi u potporu takve tvrdnje, većina postojeće

literature tvrdi upravo suprotno, tj. sugerira da transparentnost i “jasna pravila” pridonose učinkovitosti sustava. Rezultati bi mogli sugerirati i da ograničavanje postojećih društvenih mreža ili njihove komunikacijske infrastrukture može pridonijeti “uvođenju reda” (kao što zaista i jest slučaj u nekim totalitarnim sustavima).

Ako se umjesto uniformne distribucije “sklonosti poštenju”, vrijednost i sviju agenata postavi na 0,5, korumpirano stanje opet zavlada. Dapače, udio korumpiranih agenata iznosi 100 posto obiju populacija, bez ikakvih odstupanja. Taj rezultat odgovara Nashovoj ravnoteži ovog inače analitički rješivog slučaja (kad je populacija homogena s obzirom na i). Naime, kad su svi agenti korumpirani: $A = 1$, $B = 0$, te uz uvjet da je $x \cdot (1 - i) > y$, agent nema nikakvog poticaja za odstupanje od evolucijski stabilne strategije C. Očito, i pretpostavka nehomogenosti populacije je od ključnog značaja za model, što, prema autoru, otvara mogućnost da se poticanjem diverzifikacije (s obzirom na i) u “na korupciju oguglaloj” populaciji (u značenju: vrijednosti i su sve redom oko 0,5) potakne tranzicija iz stanja korupcije u stanje nekorumpiranosti.

Istraživana je i osjetljivost modela na promjene u mehanizmu “uvođenja reda”. Taj je mehanizam modificiran tako da u svakom krugu fiksni postotak (od 0,5 posto) svih agenata koji igraju C ide u zatvor. U 35 simulacijskih eksperimenata korupcija je ostala stabilna u 68,5 posto slučajeva, dok se u preostalih 31,5 posto dogodio prijelaz u stanje nekorumpiranosti (nakon prosječno 379 iteracija). Pojava da se prijelaz u poštenje najčešće ne događa objašnjava se time što je ovaj novi mehanizam agentima lakše prozrijeti. Povećavanje postotka uhićenih očekivano vodi k sigurnoj i brznoj tranziciji u stanje nekorumpiranosti.

Druga modifikacija mehanizma uvođenja reda je u tome da se u agentovo pravilo odlučivanja uključi razumijevanje da odigravanje C u slučajevima kad oponent igra NC povećava izgleda za uhićenje. Agentova procjena isplativosti strategije C sada iznosi $A \cdot x \cdot (1 - i) + (1 - A) \cdot [B \cdot (y - k \cdot y)]$. Prvi sumand je procjena dobitka u slučaju nailaska na korumpiranog partnera. Drugi sumand je procjena “dobitka” u slučaju uhićenja. Agentova procjena vjerojatnosti da će biti “ubilježen” sada je $1 - A$. Budući da agenti ne znaju koliki je broj odigravanja C – u slučajevima kad oponent igra NC – potrebno dostići da se ode u zatvor, vjerojatnost uhićenja nakon “ubilježenja” procjenjuje se sa B , koji se i dalje računa kao omjer m / M . (Čini se da nedostaje još jedan sumand – procjena dobitka u slučaju {C,NC} bez uhićenja: $(1 - A) \cdot (1 - B) \cdot y$.) Utjecaj ove modifikacije na rezultate je neznatan: jedina novost je u tome da jedna od populacija sada može kasniti za drugom u tranziciji u stanje nekorumpiranosti, te da populacije mogu “podnositi” veći broj uhićenika iz svojih redova a da ne prijeđu u stanje poštenja, što je i za očekivati jer agenti sada točnije procjenjuju i manje su podložni “strahu”.

Autor zaključuje da nalazi upućuju na formuliranje sljedećeg (nedokazanog) teorema: endogena tranzicija u stanje bez korupcije moguća je u korumpiranom sustavu, uz sljedeće (nužne i dovoljne) uvjete: uvjet heterogenosti populacije s obzirom na stav prema korupciji te uvjet ograničenosti informacija i društvenih mreža.

Komentar: Unatoč tome što je riječ o dosta složenom modelu, čini se da su eksperimenti provedeni vrlo temeljito, tj. da su varirani praktički svi parametri. To daje dodatnu sigurnost

da opaženi rezultati nisu samo slučajne posljedice određenih “sretnih” konfiguracija parametara, nego da zaista slijede iz modelom pretpostavljenih odnosa među pojedinim veličinama. Kao i kod većine sličnih modela ostaje otvoreno pitanje validacije, tj. uolikoj mjeri model uspijeva uhvatiti bit stvarnog fenomena.

Literatura: Hammond (2000.).

4.3.7. *Amit i Halperin: Zavisnost ekonomskog rasta i vojne snage*

Područje: Ispitivanje stabilnosti međunarodnog sistema, ovisno o vojnim i ekonomskim potencijalima država koje ga sačinjavaju. Problem je u modelu reduciran na interakciju para država.

Osnovna obilježja: Model pomoću sustava diferencijalnih jednadžbi prikazuje ovisnost ekonomske i vojne snage para suprotstavljenih država. Pomoću formalizma teorije igara daje se odgovor na pitanje o optimalnim strategijama ulaganja u obranu i ekonomiju za te države, iz čega se izvode ekonomski uvjeti koji onemogućuju zemljama da povećaju vojne snage toliko da bi im se isplatilo vojno napasti protivnika.

Način i svrha korištenja: S obzirom na razinu apstrakcije i nemogućnost točnog određivanja ulaznih vrijednosti i parametara, model je prvenstveno namijenjen akademskoj upotrebi za ilustraciju određenih teorijskih koncepata.

Opis modela: Model pretpostavlja da svaka država ima određeni ekonomski kapital i određeni obrambeni kapital (koji možemo promatrati kao funkciju ukupnih akumuliranih ulaganja u obranu). S vremenom, i ekonomski i obrambeni kapital depreciraju. Ekonomski kapital proizvodi novu vrijednost. Dio nove vrijednosti može se ulagati u povećanje ekonomskog kapitala, a dio u povećanje obrambenog kapitala. Određivanje tih omjera stvar je upravljanja državom. Formalno, ovaj je model opisan sljedećim jednadžbama:

$$\dot{k} = (1 - u) \cdot k^\alpha - \delta \cdot k, \quad k(0) = k_0, \quad 0 \leq u \leq 1,$$

$$\dot{w} = g(u) \cdot k^\alpha - \beta \cdot w, \quad w(0) = w_0,$$

gdje su $k(t)$, $w(t)$ ekonomski i obrambeni kapital zemlje, α brzina proizvodnje novostvorene vrijednosti (pretpostavlja se eksponencijalna ovisnost o ukupnom ekonomskom kapitalu), u postotak novostvorene vrijednosti koji se ulaže u obranu, δ i β linearni faktori deprecijacije ekonomskog i obrambenog kapitala, a $g(u)$ funkcija učinkovitosti ulaganja u obrambeni kapital. Pretpostavlja se da je funkcija g rastuća, ograničena i konkavna, tj. da je marginalna dobit sve manja kad u ide prema 1. Primjerice g može biti oblika:

$$g(u) = \frac{1 - (1 - u)^a}{a}.$$

Model vrlo lijepo pokazuje kako prevelika ulaganja u obranu mogu zemlju potpuno ekonomski iscrpiti (što dovodi i do gubitka obrambene sposobnosti) te kako je za dugoročno održavanje obrambenih sposobnosti ključna ekonomska snaga.

Promotrimo li sustav dviju zemalja koje su potencijalni neprijatelji, označene indeksima $i = 1, 2$, tada model vrijedi za svaku od zemalja zasebno. Ako pretpostavimo da jedna

zemlja postiže stratešku vojnu nadmoć nad drugom u slučaju da je

$$w_1 - w_2 \geq W,$$

gdje je W minimalna razlika vojne snage potrebna za postizanje vojne pobjede nad protivnikom, postavljaju se sljedeća pitanja:

- može li za dane početne uvjete k_{i0}, w_{i0} ($i = 1, 2$) sustav doći u stanje u kojem je jedna od zemalja strateški nadjačala drugu (stanje nestabilnosti)
- koju strategiju (odabir omjera ulaganja u) treba odabrati izazivač da bi postigao stanje strateške nadmoći, a koju strategiju treba odabrati potencijalna žrtva da bi prijelaz u takvo stanje sustava spriječila ili maksimalno odgodila.

Odgovore na ova pitanja daje analiza pomoću teorije igara. Pokazuje se da postoji područje “stabilnosti izazvane ekonomskom nesposobnošću”, odnosno da za široki spektar početnih uvjeta izazvana država može efikasno parirati izazivaču smišljenim ulaganjima u obranu i razvoj ekonomije i tako praktički zauvijek održavati stratešku stabilnost.

Komentar: Pitanje je koliko je puta u povijesti ovaj teorijski rezultat praktično potvrđen. U stvarnosti nije moguće točno izmjeriti varijable sustava, niti egzaktno definirati funkciju upravljanja, a problem je dodatno složeniji jer se uvjeti u međunarodnom sustavu mijenjaju i u igri je mnogo više od dva sudionika.

Literatura: Model je opisan u članku Amit i Halperin (1993.). Cusack i Stoll (1993.), Rudnianski (1993.), Davis (1993.), i Avenhaus et al. (1993.) bave se srodnim problemima.