Primjena teorije igara za kontekst formiranja političkih i poslovnih saveza

Šafranko, Ivan

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN

Ivan Šafranko

PRIMJENA TEORIJE IGARA ZA KONTEKST FORMIRANJA POLITIČKIH I POSLOVNIH SAVEZA

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE

V A R A Ž D I N

Ivan Šafranko

Matični broj: 42833/14-R

Studij: Poslovni sustavi

PRIMJENA TEORIJE IGARA ZA KONTEKST FORMIRANJA POLITIČKIH I POSLOVNIH SAVEZA

ZAVRŠNI RAD

Mentor/Mentorica:

Prof. dr. sc. Robert Fabac

Varaždin, travanj 2020.

Ivan Šafranko

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

Autor/Autorica potvrdio/potvrdila prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI-radovi

---

Sadržaj

1. Uvod

Tema ovog rada jest primjena teorije igara za kontekst formiranja političkih i poslovnih saveza. U ovome radu opisat ću što je i kako je nastala teorija igara. Objasnit ću gdje se sve može koristiti teorija igara, te zašto ju je dobro koristiti čak i za donošenje naših odluka. Područja na koja možemo primijeniti teoriju igara su uistinu široka, a s obzirom na to da se većina teorije temelji na matematici često možemo egzaktno odrediti ishod određene situacije. Zato ću objasniti kako se političari i poslovni ljudi služe teorijom igara kako bi poboljšali svoju situaciju u „igri" ili kako bi potpuno promijenili „igru" u svoju korist. Također ću pobliže opisati koje se igre koriste u politici, a koje u poslovnom svijetu. Objasnit ću koje su glavne komponente koje čine teoriju igara, i koje strategije „igrač" može koristiti da smanji mogućnost pogreške. Napravit ću podjelu na vrste „igara" koje postoje, odnosno na one gdje igrač zna za neke prijašnje poteze drugih igrača i na one kod kojih igrač donosi odluke bez znanja o odlukama drugih igrača. Opisat ću kakve su to nekooperativna i kooperativna teorija igara. Analizirat ću na konkretnim primjerima kako se teorija igara primjenjuje kod formiranja političkih i poslovnih saveza, te na kraju donijeti zaključak.

2. Teorija igara

U ovom poglavlju definirana je definicija teorije igara, te kako se primjenjuje u svakodnevnom životu. Zatim je opisano kako se je teorija igara razvijala kroz povijest, kako analizirati igru te je i opisana terminologija strukture igara. Posljednje, razrađena je klasifikacija igara prema različitim kriterijima.

2.1. Što je teorija igara?

Teorijom igara se svi služimo u svakodnevnom životu, ali većini ljudi nije uopće poznat taj pojam. Svakodnevno se koristimo različitim strategijama kod odlučivanja i dolaska do rješenja određenih problema kojima se trenutno bavimo. Teorija igara može se primijeniti u mnogim situacijama poput: tvrtke koje se natječu na tržištu, politički kandidati u borbi za glasove, životinje u borbi za plijenom, kupci koji se natječu na aukciji, obiteljske svađe, međususjedski odnosi itd. Također, jedna strana teorije igara bavi se pojmom suradnje. Odnosno pokušava odgovoriti na pitanje kako to da u prirodi postoji suradnja usprkos opće poznatoj teoriji opstanka najjačih. Sociolozi, ekonomisti i psiholozi koriste tu stranu teorije igara kako bi otkrili zašto svi ne surađujemo s obzirom da suradnjom možemo riješiti velike probleme poput globalnog zatopljenja, imigracije ljudi, terorizma, rata itd.

Teorija igara u suštini daje smjernice za odabir najbolje strategije u slučaju sukoba ili konkurencije. Učenjem i implementiranjem teorije igara u naš život možemo lakše vidjeti prednosti i mane strategija koje koristimo kod donošenja odluka. Prema enciklopediji definicija teorije igara jest: "grana moderne matematike koja se bavi matematičkom formalizacijom i analizom procesa odlučivanja više racionalnih osoba u uvjetima njihovih usuglašenih interesa, konflikta ili djelomičnoga konflikta interesa, kao i u okolnostima rizika i neizvjesnosti" [1].("Hrvatska enciklopedija", 2020) Još jedna teorija iznesena u "Uvod u teoriju igara" jest: "Teorija igara je znanost o strateškom interaktivnom donošenju odluka [2]." (Korkut, Kopal, 2016, str. 10).

Teorija igara se sastoji od skupa modela, gdje je model apstrakcija pomoću koje pokušavamo razumjeti naša iskustva i zapažanja. To dijelom znači da možemo lakše percipirati odnose između situacija, te tako izolirati principe koje kasnije možemo primijeniti na razne probleme. Prednost modela jest njegova jednostavnost. Pretpostavka na kojoj on počiva jest da obuhvati suštinu situacije, a ne nebitne detalje. Model se ne može rasuđivati prema kriteriju istine ili laži. Korisnost modela ovisi o tome na koji način ga koristimo. Svijet možemo bolje prilagoditi našim potrebama ako ga bolje razumijemo, a modeli teorije igara mogu nam pružiti bolje razumijevanje svijeta oko nas. To pogotovo vrijedi u političkim, poslovnim i socijalnim sferama. Modeli teorije igara su egzaktni izrazi koji mogu biti objašnjeni verbalno. Međutim, verbalna objašnjenja mogu biti duga i neprecizna.

Teorija igara zapravo nije jedna teorija, nego mnogo teorija. To ima smisla kada znamo da je igra model stvarnosti i ne možemo očekivati da pomoću jednog modela možemo objasniti toliko široku vrstu aktivnosti. Međutim, istina je da su određeni elementi sadržani u svakom od tih modela. Riječ "igra" za teoretičara igara ima drugačije značenje od onog kojeg bi joj pridijelio neki laik. No, i ovdje ima sličnosti pošto u oba tipa igre postoje igrači koji moraju djelovati, odnosno donositi odluke. Rezultat odluka igrača koji sudjeluju u igri jest nagrada ili kazna. Igrač u ovome kontekstu ne mora biti jedna osoba. Igrač može predstavljati organizaciju, tim ili naciju. Za bilo koju grupu individualaca koja ima jednake interese u određenoj igri može se gledati kao na jednog igrača [3].

Teorija igara bavi se akcijama od donositelja odluka koji su svjesni da njihove odluke utječu na druge igrače. Recimo, u jednom gradu postoje dva obrta za pranje rublja. Kada vlasnici tih praonica rublja odlučuju cijenu za svoju uslugu moraju biti svjesni da će ta cijena utjecati na drugu praonicu. Samim time oni međusobno postaju igrači u igri.

2.2. Povijest teorije igara

Strateške igre pojavljuju se kroz dugu povijest. Naime, Sun Tzu je već u trećem stoljeću prije Krista iznio ideju kako je rat igra s konstantnom sumom između dva igrača. No, generalno se smatra da je teorija igara započela nakon publikacije "Teorija igara i ekonomsko ponašanje" Johna von Neumanna i Oskara Morgensterna 1944. godine. Nakon te publikacije teorija igara je postala disciplina koju se isplatilo zasebno proučavati. Ta knjiga je uvela ideju da se konflikt može matematički analizirati te pružila potrebnu terminologiju za takvu analizu. Iako je teorija igara bila prikazana matematički i logički tek 1944. godine, možemo ju uočiti i u antičkim zapisima. U Platovim tekstovima zabilježeno je Sokratovo prisjećanje bitke kod Delija, jedne od bitaka Peloponeskog rata. U toj bitki zbila se je sljedeća situacija. Vojnik koji na prvoj liniji sa svojim suborcima čeka odbiti napad protivnika ima dilemu. Ako se pokaže da je obrana uspješna, onda osobni učinak jednog vojnika nije presudan. Ako ostane postoji mogućnost da pogine ili se ozbiljno ozljedi, što ne izgleda kao dobra opcija s obzirom na to da učinak jednog vojnika u obrani nije presudan. S druge strane, ako protivnik uspije probiti obranu, vojnikove šanse za preživljavanje su male, a opet, njegov učinak neće biti presudan za ishod bitke. Tako dolazimo do zaključka da je vojniku najbolje pobjeći, bez obzira na to tko će pobijediti u bitki. U slučaju da svi vojnici tako razmišljaju, kao što bi i trebali s obzirom na to da su istoj situaciji, bitka će neminovno biti izgubljena. Što je veći strah da će bitka biti izgubljena, vojnici imaju veći poticaj da pobjegnu. Isto tako, ako vojnici misle da će bitka biti lako dobivena, osobna odgovornost je smanjena i vojnici imaju manje razloga da se ostanu boriti. Ako svaki vojnik očekuje takve reakcije od svojih suborca, nastat će panika i zapovjednik će gledati povlačenje svojih trupa prije nego što je bitka uopće započela [4].

Puno prije nego što je teorija igara koristila analitičarima da sistematski riješe ovakve probleme, neki vođe su ju koristili u svojim strategijama. Španjolski konkvistador Cortez nakon iskrcavanja vojske u Meksiko spalio je brodove kojima su se vojnici iskrcali kako bi im oduzeo mogućnost povlačenja. S obzirom na to da su Azteci bili u mnogo većem broju od Španjolaca strah je bio opravdan, no u tom trenutku Španjolci nisu više imali izbora i znali su da će se morati boriti. Brodovi su bili spaljeni na vidljivom mjestu kako bi Azteci vidjeli što se dogodilo. Nakon što su Azteci posvjedočili neuobičajenom potezu Corteza, odlučili su se povući u obližnja brda. Njihovo razmišljanje bilo je da zapovjednik koji je uništio jedinu šansu za povlačenje sigurno ima jako dobar razlog da vjeruje u pobjedu svojih trupa. Smatrali su da nije pametno napasti protivnika koji je siguran da ne može izgubiti, i tako se predali bez borbe. I u bitci kod Delija i kod Cortezovih postupka vidljiva je zajednička logika da vojnici ne dolaze u napast da dezertiraju samo zbog njihove osobne racionalne procjene opasnosti. Tek kada postanu svjesni da ostali vojnici mogu isto razmišljati i doći do istog zaključka da je bolje pobjeći, i oni sami dobe bolji razlog za bijeg. Recimo, čak bi se i hrabar vojnik odlučio za bijeg ako je ostao u situaciji da sam mora čekati napad protivnika. Zato možemo zamisliti i scenarij u kojem se cijela vojska hrabrih vojnika odluči na bijeg, iako oni to kao cjelina nisu željeli. Takva situacija može se dogoditi kada interakcija između individualaca od kojih svaki ima zaseban proces razmišljanja rezultira ishodom kojeg nitko nije želio [4].

Do 1940-ih ekonomisti i filozofi nisu mogli matematički odrediti rješenje koje je najbolje za svakog igrača. Dio odgovora zašto je teorija igara relativno kasno proučavana kao disciplina leži u problemima s kojima su se ekonomisti susretali kroz povijest. Klasični ekonomisti poput Adama Smitha i Davida Ricarda su se najviše zanimali kako to veliki igrači, odnosno cijele nacije, djeluju na tržištu kako bi si pridonijeli najveću moguću novčanu korist. Smithov inicijalni uvid koji se pokazao matematički točnim u 20. stoljeću, bio je da igrači mogu maksimizirati efikasnost tako da prvo razlikuju svoje potencijalne doprinose, te zatim traže uzajamno povoljne ponude. Međutim, ova činjenica se samo može prikazati u uvjetima savršene konkurencije. Odnosno u slučaju kada individualci ili poduzeća nemaju trošak ulaska ili izlaska iz tržišta, nema ekonomije razmjera. To znači da nema povećanja u proizvodnosti inputa kad poduzeće povećava razmjer svojih operacija i radnje igrača nemaju nenamjerne nuspojave na prosperitet drugih igrača. Ekonomisti su shvaćali da je takav skup pretpostavka jednostavno idealizacija koja se može koristiti samo u svrhu analize. No, do 1970-ih ekonomisti su se morali uzdati da što je bliže tržište savršenoj konkurenciji, ono će biti učinkovitije. Tako su ekonomisti prije pojave teorije igara bili strogo ograničeni u okolnostima u kojima su mogli primijeniti svoje modele [4].

Kada bi teoriju igara koristili doslovno podrazumijeva se da bismo preslikavanjem stvarne menadžerske situacije u model trebali dobiti ishode s jasnim potezima koje treba poduzeti. Odnosno preporuke poput: koliko određenog proizvoda treba proizvoditi, kako proizvod pozicionirati na tržištu, koliko proizvodnih kapaciteta instalirati. Iako postoji određena negativna slika o upotrebljivosti modela teorije igara, teoretičari dokazuju da i u strateškim situacijama vrijede određene pravilnosti koje se mogu iskazati putem matematičkih formula. Tako modeli teorije igara u znanosti o menadžmentu postoje primarno kako bi se formalizirale neke odabrane karakteristike određene situacije [5].

1950-ih modeli teorije igara počeli su se koristiti u ekonomiji i politici, dok su psiholozi počeli proučavati kako se ljudi ponašaju u određenim eksperimentalnim igrama teorije igara. 1970-ih teorija igara se upotrebljavala kao alat u evolucijskoj biologiji [4].

2.3. Kako analizirati igru?

Kako bi izvukli određene rezultate iz igre potrebno je igru analizirati. Prvo moramo odgovoriti na pitanje: što ustvari proučava teorija igara? Jednostavno možemo reći da teorija igara analizira proces u kojem sudjeluje više osoba. Dakle, ishod ne ovisi samo o odlukama jedne osobe, već i o odlukama više osoba. Generalno pravilo jest da je igra s manje igrača jednostavnija. Takve igre je i lakše analizirati od onih s više igrača. Međutim, kompetitivne igre s dva igrača u pravome životu nisu toliko česte. U stvarnosti su igre dijelom kompetitivne, dijelom kooperativne i u takvim je slučajevima teško pronaći neku teoriju koja bi vrijedila za sve ishode. U kompleksnijim igrama igrač se susreće sa situacijama koje ne može kontrolirati. Tada je i teže definirati racionalno ponašanje igrača, jer ima manju kontrolu nad ishodom. Nije uvijek isto ono što igrač želi postići svojim i potezom, i ono što se zapravo dogodi u igri. Kada igrač ne kontrolira situaciju, mora ga brinuti što drugi igrači rade i koje su njihove želje. Recimo, investitor koji ulaže u dionice za koje misli da će porasti uvelike ovisi o drugim igračima. Ono što bi on trebao napraviti ovisi o tome što on misli da će drugi igrači napraviti. Također, osobnosti i preference igrača utječu na ishod igre. Dva različita igrača mogu za dvije iste situacije imati različita očekivanja za isplatu [3].

S porastom kompleksnosti igara teže je i napraviti pravilnu analizu. Ponekad ne možemo odrediti jedan točan ishod igre pa se trebamo zadovoljiti sa skupom mogućih ishoda koji imaju veću vjerojatnost da se dogode od ostatka. Takvi ishodi su vjerojatniji od ostatka zato što igrači nemaju moć ili motivaciju da izaberu drugi slijed odluka. Također, konačan ishod igre možemo prezentirati tako da odredimo prosječnu isplatu koju bi igrač dobio da odigra igru više puta [3].

Uvjeti pod kojima se odlučuje su naravno promjenjivi i nepredvidivi. Dodatno otežavajuća okolnost su otežavajuća zanimanja sudionika koji sudjeluju u odlučivanju.Važno je imati na umu da kad kažemo "igrač" ne mislimo uvijek o pojedincu, to već može biti organizacija, država, tim itd. Također moramo imati na umu da su stvarne konfliktne situacije vrlo složene i teško ih je točno opisati [3].

Najbolje jest predstaviti ideju o recipročnom odnosu suprotstavljenih strana pomoću pravila koja će zapravo definirati igru. Pravila određuju pod kojim se uvjetima igra započinje, koliko igrača sudjeluje u igri, koje su strategije na raspolaganju, kao i ishod koji će postići sudionici igre. U nekim je igrama, poput šaha, konačni rezultat pobijediti, izgubiti ili remi. U ratu je ishod pobjeda ili poraz, no u teoriji igara cilj analize nije utvrđivanje isključivo pobjednika ili poraženog. Ponekad je igra postavljena tako da igrač uopće nema priliku pobijediti, no strategija takvog igrača svejedno je bitna zato što će pokušati postići što veću isplatu. U ekonomiji je važno odrediti mogući dobitak ili gubitak. Tako zapravo analiziramo mogućnosti igrača, uz pretpostavku da je racionalan i sagledavamo kako igrač treba postupiti da bi mu igra donijela maksimalnu korist.

3. Terminologija strukture igara

Kako bismo analizirali teoriju igara potrebno je poznavati ključne elemente igre. Zato je potrebno definirati pojmove koji su ključni kod svake igre. Elementi koji su sadržani u svakoj igri prema Korkut i Kopal (2016, str. 98) su sljedeći: igra, igrači, potezi, strategija, ishodi, isplata, racionalnost, opće znanje, informacijska struktura te ravnoteža [2].

- Igra se može definirati kao "skup pravila koji opisuje formalnu strukturu neke konfliktne situacije." (Korkut i Kopal, 2016, str. 103). Igra ujedno predstavlja opis strateških interakcija koji sadrži ograničenja za poteze koje igrači mogu povući i ograničenja za interese igrača. Međutim, igra ne specificira poteze koje igrači poduzimaju. Rješenje igre može se prikazati kao sustavno opisivanje mogućih ishoda određene igre.

- Igrači su temeljni dio svake igre, možemo ih definirati kao autonomne donositelje odluka. Igrač u igri može biti pojedinac, skupina, organizacija ili pak sama priroda. U slučaju da je priroda jedan od igrača smatra se da su njezini potezi nepristrani zato što onda nema procesa odluke nego se potezi odvijaju po zakonima prirode i slučajnosti. Prema terminologiji teorije igara da bi se igra mogla odvijati potrebna su barem dva igrača, a u slučaju velikog broja igrača njihov broj mora biti poznat i konačan.

- Potez je "svaki pojedini primjer neke akcije koju neki igrač poduzima u određenom čvoru tijekom igre." (Korkut i Kopal, 2016, str. 104). Potezi su definirani pravilima igre te mogu biti naizmjenični ili simultani za sve igrače, ili kontinuirani za jednog igrača do određene razine ili do trenutka kada odustane od daljnjeg napredovanja. Bitna razlika u diferencijaciji poteza je kada su oni posljedica izbora ili slučajnosti. Recimo, izvlačenje brojeva u lotu događa se slučajno, dok je odabir brojeva od strane vlasnika listića izbor.

- Strategija se u kontekstu teorije igara definira kao: "cjelovit plan akcije za svakog od igrača kojim unaprijed predviđa poteze svojih protivnika koji su odgovor na svaki njegov mogući potez." (Korkut i Kopal, 2016, str. 104). Strategije obuhvaćaju izbore koji se pružaju igračima u igri. U slučaju da su potezi u igri simultani i povlače se samo jednom, igraču nije poznata strategija drugih igrača te mora i prema tome osmisliti svoju strategiju. U takvoj situaciji strategija svakog igrača samo je jedan potez. U slučaju da su potezi sekvencijalni, potez jednog igrača može biti odgovor na strategiju drugog igrača koji je bio prvi na potezu. Zato kod sekvencijalnih poteza, igrač mora razraditi strategiju koja odgovara na sve moguće buduće poteze drugog igrača. Optimalna strategija postiže se kada je slijed poteza takav da rezultira najboljim mogućim ishodom za igrača. Postoje dvije osnovne vrste strategija: čista i mješovita strategija. "Čista strategija u potpunosti definira način na koji će igrač odigrati igru, odnosno određuje specifične poteze koje će igrač odigrati u svakoj mogućoj situaciji tijekom igre." (Korkut i Kopal, 2016, str. 99). Mješovitu strategiju pak predstavlja: "odabir igrača u ponavljajućoj igri koji je određen specifičnom učestalošću biranja pojedine čiste strategije." (Fabac, 2020, str. 185).

- Ishodi u igri predstavljaju koncept da svaki igrač mora imati mogućnost za više od jednog odabira. Ako igrač nema tu mogućnost, nema niti strategije te ne može mijenjati ishod igre. Ishod je rezultat cijelog skupa strateških odabira svih igrača i podrazumijeva se da igrači preferiraju određene ishode više od drugih. U slučaju da je igraču svejedno koji će biti ishod od dva ponuđena, tim se ishodima daje jednaki rang.

- Isplata je mjerilo uspješnosti igrača u nekom mogućem ishodu igre. Isplata se može izraziti materijalno, recimo u obliku novca, i može se izraziti u korisnosti koju igrač dobiva od ishoda igre. Tako isplata može predstavljati profit, količinu, tržišnu vrijednost ili bilo koju drugu mjeru koja se koristi u određenoj igri.

- Racionalnost predstavlja da je igrač racionalan kada ima ispravno definirane ciljeve iz skupa ishoda koji se pružaju, te pritom želi maksimizirati svoju isplatu i primjenjuje najbolju moguću strategiju u datom trenutku. Racionalnost određuju dvije važne stavke da igrač ima potpuno znanje o svojim interesima i proračunate poteze kojima će najbolje zadovoljiti svoje interese.

- Opće znanje su informacije koje su poznate svim igračima u igri. Samim time igrač zna da drugi igrač zna za te informacije jer su poznate svima. Primjer općeg znanja je šah jer su igračima poznate posljedice svakog poteza.

- Informacijska struktura određene igre prikazuje koje su informacije poznate svakom od igrača u trenutku kada igra počinje i u trenutku svakog poteza igrača. Recimo, u društvenoj igri "Mlin" jasno je kako povlačenjem svakog poteza dolazi do nove situacije i kako je do te situacije došlo jer igra sadrži pravila koja su jasna igračima. U većini drugih igara, a pogotovo u poslovnom svijetu, igrači nemaju potpuni pristup informacijama drugih igrača i strategije koje koriste ovise o vrsti informacija koje posjeduju.

- "Ravnoteža je kombinacija strategija igrača koje su najbolji odgovor na strategije drugih igrača u igri, a ravnotežna strategija "najbolja" je strategija za igrača, odnosno strategija koja omogućuje igraču najveće isplate s obzirom na strateške izbore drugih igrača." (Korkut i Kopal, 2016, str. 104). Ravnoteža određene igre trebala bi biti predvidljiv ishod igre, te ne mora nužno značiti da je ravnoteža dobar ishod igre. Analitičara igre općenito ne interesira tko je pobijedio, nego gdje je ravnoteža, te koje su strategije njoj pridijeljene. Zato je ovdje važno spomenuti pojam Nashove ravnoteže koju možemo interpretirati kao: "ishod igre koji se ostvaruje ako svaki igrač izabire strategiju vlastite maksimalne isplate." (Fabac, 2020, str. 187).

3.1. Karakteristike igre

Sa stajališta teorije igara, igre od ne-igara razlikuju pitanja poput: "mogu li pojedini izbori akcija i pojedini ishodi biti nedvosmisleno definirani, mogu li posljedice koje nastaju zbog odabira svih igrača biti precizno definirane, te imaju li igrači kao biratelji akcija jasne preferencije između ishoda." (Fabac, 2020, str. 177).

Karakteristike igre kojima se bavi teorija igara su redom:

- 1. U igri moraju sudjelovati najmanje dva igrača.

- 2. Igra započinje tako da jedan ili više igrača odabiru između određenog broja inačica, odnosno za jedan takav izbor možemo reći da se radi o jednom potezu.
- 3. Nakon prvog poteza nastaje određena situacija. Zatim ta nastala situacija određuje tko radi sljedeći potez, te koje alternative mu se nude.
- 4. Potezi koje igrači rade mogu, ali i ne moraju biti poznati. Igre u kojima su svi izbori svih igrača poznati svima čim se naprave, nazivaju se igre s potpunom informacijom. Primjeri takvih igara su šah ili križić-kružić. Isto tako postoje igre koje nisu s potpunom informacijom. To su uglavnom kartaške igre kod kojih se karte dijele tako da igrači ne znaju karte svojih protivnika.
- 5. Sam opis igre određuje da mora postojati i pravilo završetka.
- 6. Svako igranje određene igre završava sa situacijom prema kojoj slijede isplate za igrače [5].

3.2. Klasifikacija igara

Strateške igre javljaju se u mnogim kontekstima te sukladno tome mogu imati različita obilježja koja su grupirana u nekoliko kategorija. Unutar tih kategorija moguće je identificirati po dva čista tipa igara. Međutim, u stvarnom svijetu igra može sadržavati obilježja više tipova igara.

Prema Kopal i Korkut (2016) igru možemo klasificirati prema sljedećim ključnim pitanjima:

1. Jesu li potezi u igri sekvencijalni ili simultani?

2. Jesu li interesi igrača u cijelosti konfliktni ili postoje neke zajedničke osobine?

3. Igra li se igra iz samo jednog pokušaja ili se ponavlja i jesu li protivnici isti ili se mijenjaju?

4. Jesu li igrači u potpunosti informirani i imaju li jednake informacije?

5. Jesu li pravila igre fiksna ili se njima može manipulirati?

6. Jesu li dogovori o suradnji primjenjivi?

7. Mijenja li identitet igrača igru u kojoj taj igrač sudjeluje? [2]

3.2.1. Igra i predigra

Svaki igrač mora poštovati pravila koja čine određenu igru, bez obzira na to koliko se ona mogu činiti čudnima. U svakodnevnom životu, politici i poslovanju igrači mogu do određene mjere izmisliti svoja pravila, no u takvim situacijama bitna je "predigra" kao prava igra u kojoj se smišljaju pravila. Kada je predigra dobro osmišljena, prava igra postaje stvar mehanizma i navike. Međutim, ako igrač ne pridaje važnost predigri može se dovesti u situaciju da igru izgubi još prije nego što je ona odigrana.

Prijetnje i obećanja važni su strateški potezi koji su povezani s predigrom upravo zato što se u predigri može manipulirati pravilima "prave" igre. Sama pravila predigre uglavnom ovise o određenim činjenicama vezanim uz sposobnost igrača. Predigre zahtijevaju lukave strategije zato što igrači često nisu upoznati sa sposobnostima drugih igrača, pa takve strategije mogu dovesti do velikih iznenađenja [2].

3.2.2. Sekvencijalne igre i simultane igre

Prema vrsti poteza možemo razlikovati dva tipa igara: sekvencijalne i simultane igre.

Sekvencijalne igre poznate su i pod nazivom dinamičke igre. To su igre u kojima se potezi između dva ili više igrača izmjenjuju i u tom slučaju jedan drugom daju informacije svojim potezima. Igraču je jasno da njegov potez ima posljedice na odabir drugog igrača u igri. Svaki igrač ima mogućnost izmijeniti potez koji je prvotno planirao povući, s obzirom na to da je mogući neočekivani potez drugog igrača mogao promijeniti situaciju. Sekvencijalne igre se obično prikazuju u formi stabla gdje grane prikazuju izbore koje igrač ima na raspolaganju, čvorove koji pokazuju položaj igre, te skupove ishoda koji su pokazatelj ishoda.

Simultane igre su također poznate i pod nazivom statične igre. To su igre u kojima igrači rade poteze istovremeno, te potezi ovise o samim igračima zato što nema dinamike izmjenjivanja poteza. Simultane igre prikazuju se u normalnom obliku, što obuhvaća matrični ili tablični prikaz. Najveća razlika između sekvencijalnih i simultanih igara je ta da u sekvencijalnim igrama drugi igrač dobiva informacije o potezu prvog igrača što zatim može promijeniti njegovu odluku [2].

3.2.3. Igre s nultom sumom i igre s promjenjivom sumom

Igre s nultom sumom su igre u kojima su interesi igraču potpuno konfliktni. Dobitak jednog igrača ujedno znači i gubitak za drugoga. U takvim igrama postoji samo jedan pobjednik. Konflikti u takvim igrama nastaju kada igrači žele podijeliti neki nepromjenjivi iznos moguće dobiti. Svojstvo nulte sume u ovim igrama znači da je svaki rezultat s nultom Pareto-optimalan, odnosno nije moguće poboljšati isplate jednog igrača bez smanjenja isplate drugog igrača. Primjeri takvih igara su šah i križić-kružić.

Igre s promjenjivom sumom su igre kod kojih nije cilj pobjeda nego suradnja, budući da u slučaju da se konflikt ne razriješi ishod može biti loš za obje strane. S druge strane, ako igrači surađuju pojedinačni ishod je povoljniji. Primjer igre s promjenjivom sumom jest lov na jelena. Zamislimo situaciju u kojoj dva lovca mogu odlučiti zajedno loviti jelena, ili pojedinačno loviti zeca. Jedan lovac ima male šanse da ulovi jelena, no ako se udruže šanse su velike i konačan ishod je bolji od pojedinačnog lova na zeca, zato što je jelen veća lovina od zeca [2].

3.2.4. Jednokratne igre i iterirane igre

Jednokratne igre su igre koje igrači igraju samo jednom. Kod takvih igara nije potrebno brinuti o njihovim posljedicama na buduće igre, pa se u takvim igrama koriste agresivnije strategije. U jednokratnim igrama igrači nemaju veliko znanje jedni o drugima, pa je strategija iznenađenja često korištena.

Iterirane igre su igre koje zajednički igrači igraju više puta. Igrači su u istom okruženju i donose iste odluke kroz svako ponavljanje igre, pravila igra su svaki put ista, a jedino što se mijenja je povijest igara koja je s vremenom sve veća. Strategije u takvim igrama mogu ovisiti o prethodnim potezima i igračima te njihovoj reputaciji koja se je izgradila uslijed ponavljanja igre. Tako su poznate meta-strategije kod kojih je potrebno da strategija sadržava poteze koje igrači planiraju odigrati u svakom ponavljanju igre. Meta-strategije isto tako moraju sadržavati odgovore na sve moguće poteze drugih igrača. Koriste se i strategije okidača, od kojih je najpoznatija strategija "oko za oko". Prema toj strategiji igrač bi igru trebao započeti sa suradnjom i zatim ponoviti potez protivnika iz prethodne igre. Iterirane igre mogu se podijeliti na konačne i beskonačne, s obzirom na to da postoje igre koje se ponavljaju ali su ograničene vremenski ili brojem ponavljanja, te igre koje su neograničene vremenom [2].

Za iterirane igre se isto može reći da su ponavljajuće igre, tako i odnosi između donositelja odluka traju duže nego kod jednokratnih igara. Primjeri takvih odnosa su recimo: natjecanje tvrtki na tržištu, pregovaranje, sukobi i dogovaranje između država. Takve igre omogućuju prirodnu paradigmu za rad s dinamičkim aspektima informacija, a ponavljanje igre omogućuje prenošenje informacija iz jednog perioda u drugi [5].

3.2.5. Igre sa savršenom informacijom i igre s nesavršenom informacijom

U prethodnom poglavlju opisano je kako informacijska struktura pokazuje koje informacije igrači posjeduju o drugim igračima. Strategije koje će igrači koristiti uvelike ovisi o toj informaciji. Tako su često igrači suočeni s određenim ograničenjima u razini informiranosti. Postoje dvije vrste takvih ograničenja: eksterna nesigurnost i strateška nesigurnost. Eksterna nesigurnost može biti da igrač nije više siguran u kvalitetu proizvoda koji želi kupiti, dok strateška nesigurnost pokazuje igračevu nesigurnost u poteze koje drugi igrač trenutno povlači ili u poteze koje je povlačio u prošlosti. U slučaju da u igri nema niti eksterne niti strateške nesigurnosti, takvu igru nazivamo igrom sa savršenom informacijom. U igri sa savršenom informacijom igraču su poznati drugi igrači i koji su njihovi potezi [2].

Igre sa savršenom informacijom još se nazivaju i igre s potpunom informacijom. Potpuna informacija označava da u svakom trenutku samo jedan od igrača vuče potez, igra ovisi samo o izborima igrača koji se sjećaju prošlih akcija, te u principu znaju sva moguća buduća zbivanja u igri [5].

U igrama s nesavršenom informacijom igrač ne zna koje je sve poteze protivnik povukao do određenog trenutka. U tom slučaju igrač koji ima bolju informaciju može se koristiti tehnikom signalizacije tako da otkrije dobru informaciju koja bi mu mogla pomoći. Igrač s manje informacija može se služiti tehnikom provjeravanja tako da dovede informiranijeg igrača u situaciju gdje mora otkriti svoj položaj [2].

3.2.6. Simetrične igre i asimetrične igre

Simetrična igra je: "svaka igra u kojoj se s promjenom identiteta igrača ne mijenja igra u kojoj taj igrač sudjeluje te svaki od igrača dobiva istu isplatu za isti odabir u odnosu na slične odabire svojih protivnika." (Korkut i Kopal, 2016, str. 130). Jednostavnije, igra je simetrična ako se razni igrači mogu mijenjati bez da se mijenjaju njihove isplate. Asimetrične igre su vrste igara kod kojih se s promjenom igrača, isplate ili okoline mijenja igra i strategija. Kako bi vrijedilo da igra zadovoljava uvjet simetričnosti, mora imati formu kao matrica na sljedećoj tablici.

Tablica 1: Generalizirani oblik simetričnih igara

	Lijevo		Desno	
Gore	a	a	b	c
Dolje	c	b	d	d

(Izvor: Kopal i Korkut, 2016)

U sljedećoj tablici prikazan je primjer matrice simetrične igre s isplatama za oba igrača.

Tablica 2: Matrica simetrične igre s isplatama za oba igrača

	Lijevo		Desno	
Gore	2	2	1	4
Dolje	4	1	3	3

(Izvor: Kopal i Korkut, 2016)

Pošto matrica isplate za jednog igrača može biti prikazana kao transponirana matrica drugog igrača takva igra može se prikazati s matricom koja prikazuje isplate samo od prvog igrača.

Tablica 3: Matrica isplata za igrača 1

	Lijevo	Desno
Gore	2	1
Dolje	4	3

(Izvor: Kopal i Korkut, 2016)

Matrica isplata za drugog igrača:

Tablica 4: Matrica isplata za igrača 2

	Lijevo	Desno
Gore	2	4
Dolje	1	3

(Izvor: Kopal i Korkut, 2016)

3.2.7. Kooperativne igre i nekooperativne igre

Podjela prema tome jesu li sporazumi i dogovori provedivi, odnosno na kooperativne i nekooperativne igre, najznačajnija je podjela prema vrsti igara. U kooperativnim igrama igrači sklapaju obvezujuće ugovore, koordiniraju svoje strategije te na kraju dijele dobitak. Primjer takve igre može biti susret dva automobila koji voze suprotnim smjerovima na uskoj cesti. Svaki vozač može se odlučiti pomaknuti ulijevo, udesno ili se nastaviti voziti sredinom ceste. Kako ne bi došlo do sudara vozači moraju biti u kooperaciji. Prema nekim teoretičarima igara jedina razlika između kooperativnih i nekooperativnih igara jest u tome jesu li obvezujući ugovori mogući među igračima prije početka igre [2].

Sudionici u kooperativnim igrama često i nisu nužno motivirani pa se za kooperativne igre može reći da su i igre pregovaranja. Kompleksnost igre raste kada je uključeno više osoba, primjerice igre s 3 ili više osoba. U kooperativnim igrama gdje sudjeluje n-igrača, mogu nastati i kooperativne koalicije. Pretpostavlja se da bi tako formirane koalicije bile protiv ostalih igrača ili koalicija. Pravila dopuštaju povezivanja i dogovore, što se vidi i na raspodjeli isplata. Isto tako, bitno je spomenuti da članovi koalicije moraju postići međusobnu ravnotežu kako bi se sama koalicija održala [5].

Kod nekooperativnih igara nema nikakve koordinacije u potezima igrača tijekom igre. Igrači imaju suprotne interese te svaki igrači djeluje u svoju korist i želi bolji ishod za sebe. Istovremeno, igrači žele nanijeti štetu protivniku i zato je u nekooperativnim igrama glavna pozornost na strateškim potezima igrača. Također, u nekooperativnim igrama vrijedi da čak i kada ima komunikacije između igrača, obvezujući ugovori nisu mogući. Razlikujemo dvije vrste nekooperativnih igara, igre nultog zbroja i igre varijabilnog zbroja. U igrama nultog zbroja postoji totalni konflikt, odnosno dobitak jednog igrača automatski znači gubitak drugog igrača. Kod igara varijabilnog zbroja, zbroj brojeva koji daju vrijednost dobiti daju različite veličine što znači da je kolektivna korist varijabilna.

Odnos između kooperacije i nekooperacije dobro je vidljiv u dilemi zatvorenika koja: "ilustrira temeljnu tenziju između sukoba i suradnje (konflikta i kooperacije) u situacijama odlučivanja gdje su prisutne (barem) dvije osobe." (Fabac, 2020, str. 177). Dilema zatvorenika se temelji na priči o dva pritvorenika koji su na ispitivanju zato što su počinili kazneno djelo. Svaki pritvorenik, odnosno igrač, može se držati dogovora šutnje ili priznati kazneno djelo [5]. Matrica isplate prikazana je u općenitoj formi gdje vrijedi T>R>P>S:

$$\begin{bmatrix} R,R & S,T \\ T,S & P,P \end{bmatrix}$$

Tablica 5: Dilema zatvorenika

		Igrač 2	
		P2	**A2**
Igrač 1	**P1**	2, 2	0, 3
	A1	3, 0	1, 1

(Izvor: Fabac, 2020)

"Igračima su pridijeljene strategije A (engl. *agressive; defect*) i P (engl. *peaceful, cooperate*). Elementi matrice predstavljaju iznose isplate u igri i tako je npr. $u_1(A_1, P_2)$ = 3." (Fabac, 2020, str. 189). Kada su oba igrača kooperativni ishod za obojicu je bolji nego kada su nekooperativni. Međutim, kada je jedan igrač agresivan, a drugi miroljubiv, ishod je povoljniji za agresivnog igrača. Igrač koji koristi miroljubivu strategiju protiv igrača u kojeg nema povjerenja, izlaže se mogućem gubitku. Za igru prikazanu u tablici 5 odredit ćemo Nashovu ravnotežu. "Najbolji odgovor *igrača 2* na strategiju P_1 je A_2. Najbolji odgovor *igrača 2* na strategiju A_1 je A_2. Najbolji odgovor *igrača 1* na strategiju P_2 je A_1. Najbolji odgovor *igrača 1* na strategiju A_2 je A_1." (Fabac, 2020, str. 189). Sukladno tome, skup najboljih strategija, odnosno Nashova ravnoteža postoji kao (A_1, A_2) [5].

Sama teorija igara dijeli se na nekooperativnu i kooperativnu granu teorije igara, a glavna razlika je način na koji se međuovisnosti među igračima formaliziraju. U kooperativnoj teoriji igara opisuju se ishodi koji su posljedica zajedničkog nastupa igrača u različitim kombinacijama, dok u nekooperativnoj teoriji igra predstavlja detaljni model svih raspoloživih poteza igrača. Iako bi mogli zaključiti po nazivu da u kooperativnim igrama nema sukoba, a da u nekooperativnim igrama nema suradnje, bili bismo u krivu. Naime, teorija iteriranih igara koja je veliko područje nekooperativne teorije bavi se s mogućnosti suradnje u trajnim odnosima među igračima. Isto tako, kooperativna teorija podrazumijeva striktan oblik natjecanja [2].

4. Nekooperativna teorija igara

Nekooperativna teorija igara proučava situacije u kojima ishod igre za određenog igrača ovisi o potezima tog igrača, ali i o potezima drugog ili drugih igrača. Uvijek se pretpostavlja da su igrači racionalni i da će pokušati maksimizirati svoju dobit. Glavna karakteristika nekooperativnih igara jest nemogućnost potpisivanja obvezujućih ugovora među igračima. Zbog tog razloga nijedna vanjska institucija poput suda ne može se umiješati u igru. Suradnja među igračima svejedno postoji ako igrači vide da im je to u najboljem interesu. Zanimanje za nekooperativnu teoriju igara polazi iz činjenice da može biti jako korisna u razumijevanju problema u kojima je uključeno više igrača te kako igrači koriste određene strategije za ostvarivanje željenog ishoda. Postoje dva načina na koji možemo prikazati određenu nekooperativnu igru; normalna forma i ekstenzivna forma igara [6].

4.1. Normalni i ekstenzivni oblik igre

Reprezentacija u normalnoj formi jest prikazivanje igre pomoću strategija igrača. Normalni oblik igre specificira:

- Igrače koji sudjeluju u igri.
- Strategije koje su dostupne svakome od igrača.
- Ishode koje igrač prima za svaku kombinaciju strategija koja postoji u određenoj igri.

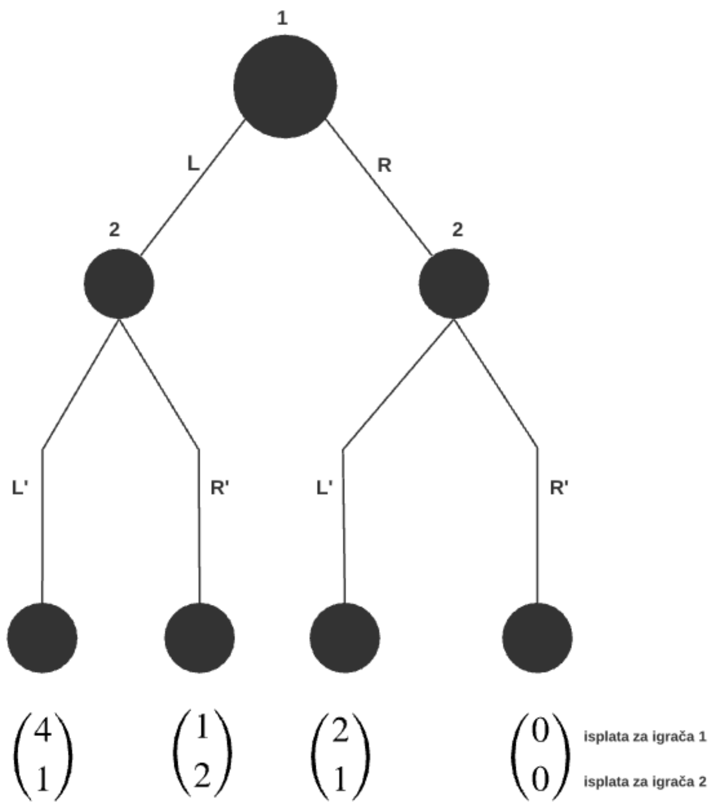
U igrama koje su prikazane u normalnom obliku, svaki igrač odabire svoju strategiju te rezultantna kombinacija biranih strategija određuje ishode za svakog igrača. Jedna takva igra u normalnom, odnosno matričnom obliku, prikazana je u tablici 5.

U teoriji igara kod ekstenzivnog oblika igre temeljni matematički objekt je stablo igre, odnosno stablo odlučivanja. Kada igru prikazujemo njenim stablom, sljedeće karakteristike moraju biti specificirane:

- Skup igrača.
- Skup alternativa koje se nude svakom igraču kada treba napraviti potez.
- Preciziranje koliko neki igrač može znati o potezima koje su drugi igrači prethodno napravili.
- Pravilo završetka igre.
- Skup isplata za svakog igrača.

U slučaju da je fokus otkrivanje efektivnih strategija u konfliktnim situacijama kao zadatak teorije igara, onda istraživanja moraju biti usmjerena prema:

- a) Konstrukciji stabla igre, te
- b) istraživanju ishoda koji su rezultat kombinacija strategija pojedinih igrača [5].



Slika 1: Prikaz igre u ekstenzivnom obliku (Izvor: Fabac, 2020)

4.2. Nashova ravnoteža

Nashova ravnoteža jest koncept u teoriji igara koji određuje optimalno rješenje u nekooperativnoj igri u kojoj igrači nemaju poticaj mijenjati svoju početnu strategiju. Stroga definicija bila bi da je Nashova ravnoteža "situacija u kojoj nijedan igrač ne može ostvariti veću isplatu prebacivanjem na neku drugu raspoloživu strategiju ako se svi ostali igrači pridržavaju svojih specificiranih strategija." (Korkut i Kopal, 2016, str. 144). Također, Nashovu ravnotežu možemo interpretirati kao: "ishod igre koji se ostvaruje ako svaki igrač izabire strategiju vlastite maksimalne isplate, za svaku strategiju protivnika." (Fabac, 2020, str. 189). Prema tome, svaki igrač ima po jednu strategiju koje predstavljaju najbolje odgovore na zadane strategije protivnika. Za skupinu igrača može se reći da su u Nashovoj ravnoteži ako svaki od njih donosi najbolju moguću odluku, dok istovremeno uzimaju u obzir odluke drugih igrača. No to što su igrači u Nashovoj ravnoteži ne znači nužno najbolju kumulativnu isplatu za sve igrače. Često bi igrači mogli doći do boljeg ishoda ako se dogovore za strategiju koja nije u Nashovoj ravnoteži. Nema svaka igra Nashovu ravnotežu, isto tako neke igre imaju samo jednu, dok ima igara u kojima postoji više Nashovih ravnoteža.

Dvije najvažnije komponente Nashove ravnoteže su to da se igrači uvijek ponašaju u skladu s racionalnim izborom, s obzirom na to da su uvjereni da znaju poteze drugih igrača i k tome su ta uvjerenja točna. S toga, kada se svakom igraču otkriju strategije drugih igrača za pretpostaviti je da će se igrači pitati mogu li profitirati promjenom svoje strategije. Ako na to pitanje igrači mogu dati pozitivan odgovor, onda ta strategija nije Nashova ravnoteža. No ako je slučaj da niti jedan igrač neće profitirati s promjenom strategije, onda je skup svih njihovih strategija Nashova ravnoteža.

Nashova ravnoteža u stvarnom svijetu korisna je u analizi utrka u naoružanju, ratova, te kako se sukob može ublažiti iteriranom interakcijom. Isto tako ima primjenu u proučavanju razine suradnje među ljudima s različitim preferencijama te jesu li igrači spremni riskirati kako bi postigli kooperativni ishod. No, možemo očekivati da Nashova ravnoteža samo približno odgovara ishodima igre koji nastaju u stvarnosti [2].

4.3. Cournotov model duopola

Početkom 19. stoljeća Augustin Cournot izradio je model interakcije između dvije tvrtke, gdje se tvrtke natječu koliko će proizvoditi. Pretpostavimo da tvrtka 1 i tvrtka 2 proizvode identičan proizvod i stoga potrošačima nije bitno od koje tvrtke će kupiti proizvod. Neka taj proizvod bude plastična čaša. Svaka tvrtka istovremeno i zasebno odredi koliko će plastičnih čaša proizvoditi. Neka q_1 obilježava količinu proizvedenih čaša u tisućama od prve tvrtke, a q_2 količinu druge tvrtke. Pretpostavimo da je $q_1 + q_2 \geq 0$. Ukupna proizvodnja u industriji je prema tome $q_1 + q_2$. Pretpostavimo da su sve plastične čaše prodane, no cijena koju su potrošači spremni platiti ovisi o količini proizvedenih čaša. Potražnju za čašama dobivamo iz obrnutog odnosa između količine i cijene. Takav odnos je norma u većini tržišta, primjerice kada cijena pada, potrošači više kupuju. Pretpostavimo da je cijena dana po jednostavnoj funkciji $p = 1000 - q_1 - q_2$. Također pretpostavimo da svaka tvrtka mora platiti troškove proizvodnje u cijeni od 100 kn po tisuću čaša. Tvrtke su racionalne i žele maksimizirati svoj profit. Kako bi izračunali ravnotežu (eng. equilibrium) ove igre tržišta, moramo specificirati normalnu formu.

Zbog toga što svaka tvrtka bira količinu koju će proizvoditi, imamo
S1 = [0,) i S2 = [0,). Isplata svake tvrtke jest njen profit, što je prihod minus trošak. Dok je prihod cijena puta količina. Iz toga slijedi da je isplata prve tvrtke

$$u_1(q_1, q_2) = (1000 - q_1 - q_2)q_1 - 100q_1$$

dok je isplata druge tvrtke

$$u_2(q_1, q_2) = (1000 - q_1 - q_2)q_2 - 100q_2.$$

Sljedeće računamo funkcije najbolje strategije za tvrtke. Tražit ćemo strateški profil Nashove ravnoteže pa možemo na najbolju strategiju gledati kao funkciju količine druge tvrtke. Kako bi saznali optimalnu strategiju prve tvrtke moramo izračunati količinu koja maksimizira profit. Uzimamo parcijalnu derivaciju u_1 s obzirom na q_1 i izjednačujemo s nulom

$$1000 - 2q_1 - q_2 - 100 = 0$$

$$-2q_1 = q_2 - 900.$$

Kada jednadžbu pomnožimo sa $-\frac{1}{2}$ rješenje za q_1 je sljedeće: $q_1 = 450 - \frac{q_2}{2}$. Što znači da je funkcija najbolje strategije za prvu tvrtku $NS_1(q_2) = 450 - \frac{q_2}{2}$. Igra je simetrična pa vrijedi da je najbolja strategija za drugu tvrtku $NS_2(q_1) = 450 - \frac{q_1}{2}$.

Sada odredimo količine koje zadovoljavaju obje funkcije najbolje strategije. Odnosno, tražimo q_1 i q_2 takav da vrijedi $NS_1(q_2) = q_1$ i $NS_2(q_1) = q_2$. Rješenje tih jednadžbi jest $q_1 = 300$ i $q_2 = 300.$. To je profil strategije Nashove ravnoteže, svaka tvrtka proizvodi 300 000 plastičnih čaša. Nashova ravnoteža u Cournotovoj igri je neefikasna s gledišta tvrtki. U tom smislu Cournotova igra je kao zatvorenikova dilema. Objema tvrtkama bilo bi bolje da proizvode 225 000 čaša. Naime, ta količina maksimizira sumu profita tih tvrtki. Firme proizvode previše čaša relativno prema zajedničkoj optimalnoj razini proizvodnje. Suvišna proizvodnja nastaje zato što tvrtke međusobno ne zanima profit druge tvrtke. Jedna tvrtka odluči povećati količinu proizvodnje, što proširuje prodajnu količinu, no smanjuje tržišnu cijenu relativno prema trošku proizvodnje. Tvrtka balansira te suprotstavljene učinke kako bi maksimizirali profit. No, privatni troškovi i korist povećavanja količine nisu jednaki zajedničkim troškovima i koristi. Recimo, povećavanje kvantitete negativno utječe na isplatu druge tvrtke jer dolazi do promjene cijene. Tvrtke tako znaju proizvoditi veće količine nego što bi bilo optimalno zato što ne pridaju važnost činjenici da će efekt promjene cijene jedne tvrtke utjecati na cijenu drugih tvrtki, odnosno na tržišnu cijenu [7].

5. Kooperativna teorija igara

U nekim situacijama korisno je surađivati s drugim igračima. Kada igrači mogu međusobno raditi obvezujuće ugovore i stvoriti dodatnu vrijednost suradnjom s drugima, onda ima smisla stvarati koalicije koje služe za obostranu korist. Formalni legalni ugovori su najočitiji dostupni mehanizmi za implementaciju takvih obvezujućih ugovora. Područje kooperative teorije igara proučava strateško donošenje odluka u situacijama kada su obvezujući ugovori mogući i igrači mogu zajedno donositi odluke.

5.1. Osnovni koncepti kooperativne teorije igara

Najviše proučavani model kooperativnih igara su igre karakteristične funkcije. Ovaj jednostavan model je dovoljno dobar da protumači svojstva mnogih kooperativnih igara. Igra karakteristične funkcije dana je parom (N, v), gdje je $N = \{1, \ldots, n\}$ skup igrača u igri, a $v : 2^N R$ je funkcija koja daje numeričku vrijednost, $v(C)$, svakog skupa igrača CN. Funkcija v naziva se karakterističnom funkcijom igre. Zamisao je da je $v(C)$ iznos koji koalicija C može zaraditi ako se odluči na kooperaciju. Model ne specificira kako će točno zaraditi taj iznos, ni što uopće kooperacija znači. Ove dvije komponente pretpostavljaju se kao jedine informacije koje igrači imaju u igri. Tako nam se postavljaju dva temeljna pitanja koja kooperativna teorija igara razmatra:

- Tko će surađivati s kim, odnosno koje koalicije će se formirati?
- Nakon što su koalicije formirane i isplata je zarađena prema karakterističnoj funkciji, kako će se isplata pošteno podijeliti među koalicijom?

Kooperativna teorija igara predlaže da je nužan uvjet za formiranje koalicije to da koalicija bude stabilna, odnosno da niti jedan član koalicije nema poticaj da izađe iz koalicije. Najpoznatiji koncept rješenja koji formalizira ovu ideju jest jezgra (eng. core). S obzirom na drugo pitanje, koncept rješenja poznat kao Shapleyeva vrijednost pruža jedinstven način za podjelu isplate koalicije među igračima tako da zadovolji različite kriterije pravednosti.

Ako želimo koristiti te modele i koncepte rješenja za umjetnu inteligenciju, javljaju se dva nova problema. Jedan od njih je kako da kompaktno prikažemo kooperativne igre. Problem u praksi je da ne možemo prikazati kooperativnu igru nabrajanjem svake koalicije $C \subseteq N$ i pripadajuću vrijednost $v(C)$, zato što ima $2^{|N|}$ takvih koalicija. Zbog toga trebamo prikaz za karakterističnu funkciju v koja je veličine polinoma u $|N|$. Drugi problem je kako možemo efikasno prebrojavati rješenja za kooperativne igre. Tako ćemo ograničiti pažnju na skup svih igrača kada razmatramo rješenja. Zanima nas je li koalicija stabilna i kako možemo pravilno raspodijeliti isplatu [8].

5.2. Stabilne koalicije

Koncept rješenja poznat kao jezgra sugerira da je nužan uvjet za stvaranje koalicije to da niti jedna skupina igrača unutar igre nema poticaj izaći iz koalicije. Da bi razumjeli kako koncept jezgre formalizira ovu ideju, trebamo uvesti notaciju. Vektor isplate je skup ili niz realnih brojeva $x = (x_1, \ldots, x_n)$ koji dijeli isplatu $v(N)$ među svim igračima u N. Stoga je x_i iznos dan igraču i u ovome vektoru isplate. Koalicija $C \subseteq N$ protivi se vektoru isplate x ako se dogodi da je kolektivna isplata veća nego što x dodjeljuje, odnosno $v(C) > \sum_{i \in C} x_i$. Ako je ovaj uvjet ispunjen, onda vektor isplate x ne može biti implementiran zato što to koalicija ne bi prihvatila, naime koalicija bi samostalno mogla više dobiti i višak međusobno podijeliti. Jezgra igre (N, v) je skup vektora isplate kojem se niti jedna koalicija ne protivi. Ako je jezgra prazna to znači da se koalicija koja se sastoji od svih igrača ne može formirati zato što je nemoguće raspodijeliti isplatu $v(N)$ kojoj se nitko ne protivi. S druge strane, ako jezgra igre nije prazna postoji način raspodjele isplate $v(N)$ igračima kojoj se niti jedna koalicija neće protiviti. Stoga se pitanje "Je li koalicija koja se sastoji od svih igrača stabilna?" može svesti na pitanje, "Je li jezgra igre neprazna?" U računalnom smislu generalno se pitamo dva pitanja u vezi s jezgrom. Prvo pitanje je da li jezgra neke kooperativne igre (N, v) nije prazna, a drugo da li je vektor isplate $x = (x1, \ldots, x_n)$ u jezgri određene igre (N, v). Za odgovor na oba pitanja algoritamski pristup nije moguć. Na primjer da bi odgovorili na drugo pitanje trebali bi provjeriti ako postoji takva koalicija $C \subseteq N$ da je vrijednost C veća od njihove kumulativne raspodjele u x. Naravno, postoji $2^{|N|}$ takvih koalicija pa razmatranje svake koalicije pojedinačno nije praktično [8].

5.3. Sheme pravedne raspodjele

Pretpostavimo da se formira koalicija N koja ostvari isplatu $v(N)$. Prema tome, postavljamo si pitanje kako bi ta isplata $v(N)$ trebala biti podijeljena među igračima N. Shapleyeva vrijednost pruža nam način da to napravimo. Shapleyeva vrijednost je jedna od najbitnijih koncepta rješenja za kooperativne igre. Ona pridaje svakoj kooperativnoj igri tvrdnju koja predstavlja isplatu koju svaki igrač može očekivati dobiti sa svojim sudjelovanjem u igri. Shapleyeva vrijednost definirana je aksiomatskim pristupom. Ona je jedinstven koncept rješenja koji zadovoljava svojstva efikasnosti, bezvrijednog igrača, simetrije i aditivnosti. Stoga, ona predlaže da bi svaki igrač $i \in N$ trebao dobiti vrijednost ϕ_i tako da zadovoljava sljedeće aksiome:

- Efikasnost- ukupna isplata $v(N)$ treba biti distribuirana.
- Bezvrijedan igrač- igrači koji ne doprinose ne bi trebali dobiti ništa.
- Simetrija- igrači koji jednako doprinose trebaju i dobiti isto.
- Aditivnost- isplata se treba zbrajati preko skupa svih igara.

Suština ovih aksioma jest ideja doprinosa igrača. Shapley je tvrdio da možemo mjeriti doprinos igrača tako da jednostavno gledamo koliko on doprinosi koaliciji. Formalno, doprinos igrača i koaliciji C je $v(C \cup \{i\}) - v(C)$ ili dodatna vrijednost koju bi koalicija C mogla dobiti ako uključi igrača i kao člana. Ako je ta vrijednost nula, onda nema koristi koja se može dobiti s dodatkom tog igrača. Međutim, aksiomi koje je Shapley predstavio ne kažu ništa o tome kako računati te vrijednosti. Osnovnu ideju možemo predstaviti tako da zamislimo veliku koaliciju igrača. Ako je $N = \{1, 2, 3\}$ onda bi se velika koalicija mogla formirati na šest načina: 1-2-3, 1-3-2, 2-1-3, 2-3-1, 3-1-2, 3-2-1. Shapley je zatim predložio da bi igrač trebao dobiti prosječan doprinos koji on napravi, kroz svaki od mogućih načina, prema setu igrača koji ga prethode u danom rasporedu. Primjerice ako je $N = \{1, 2, 3\}$, onda je $\phi_1 \ \frac{M}{6}$ gdje je $M = [v(\{1\}) - v(\emptyset)] + [v(\{1\}) - v(\emptyset)] + [v(\{2, 1\}) - v(\{2\})] + [(\{2, 3, 1\}) - v(\{2, 3\})] + [v(\{3, 1\}) - v(\{3\})] + [v(\{3, 2, 1\}) - v(\{3, 2\})]$. Ako računamo Shapleyevu vrijednost ϕ_i na taj način, vektor isplate $(\phi_i, \dots, \phi_n)$ zadovoljava četiri prethodno navedena aksioma, zapravo to je jedini vektor isplate koji ih zadovoljava[8].

Za igru **n** osoba Shapleyeva vrijednost se definira:

$$\phi_1 = \sum_{S \subseteq N} \tfrac{(s-1)!(n-s)!}{n!}[v(S) - v(S - \{i\})]$$

"Pri tome, sumiranje ide preko svih podskupova S od N i također je $s = |S|$ (broj članova od S), dok je n ukupan broj igrača. Oznaka N odnosi se na veliku koaliciju koja može nastati udruživanjem svih n igrača." (Fabac, 2020, str. 212). Zadovoljena je jednakost:

$$\sum_{j=1}^{n} \phi_j = v(N)$$

5.4. Kompaktni prikaz kooperativne igre

Jednostavan prikaz kooperativnih igara nije izvediv, pa je puno truda uloženo u razvijanje i istraživanje kompaktnog prikaza za kooperativne igre. Generalno je pravilo da što je kompaktniji prikaz igre, veća je kompleksnost asocirana s računalnim problemima. Stoga su potrebni prikazi koji su balans između kompaktnosti, moći prikaza i računalnoj fleksibilnosti. Jedan od tih prikaza jest ponderirani graf [8].

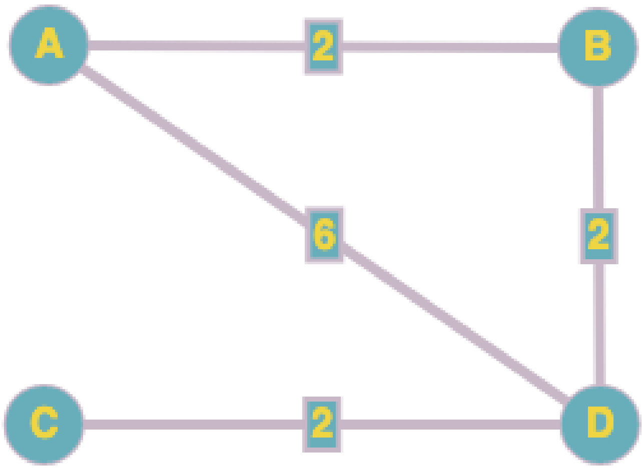
5.4.1. Ponderirani graf

Osnovna ideja je prikazati karakterističnu funkciju v kao ponderirani graf u kojemu vrhovi predstavljaju igrače. Primjerice pretpostavimo da imamo četiri igrača $N = \{A, B, C, D\}$.

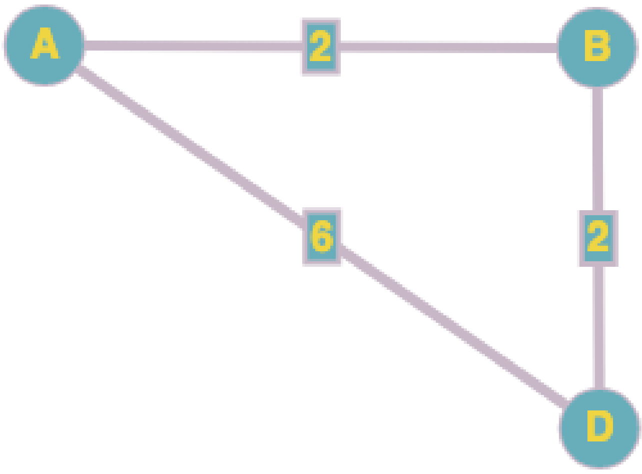
Slika 2 prikazuje karakterističnu funkciju takve igre. Vrhovi prikazuju sinergiju između igrača. Ako želimo izračunati vrijednost $v(S)$ koalicija $S = \{A, B, D\}$, trebamo maknuti iz grafa sve vrhove koji nisu u S i sve vrijednosti povezane s tim vrhovima. Slika 3 pokazuje rezultat takve akcije.

Kako bi dobili vrijednost koalicije $S = \{A, B, D\}$ zbrojimo iznose svih vrhova koji su preostali: $v(\{A, B, D\}) = 2 + 6 + 2 = 10$.

Slika 4 prikazuje podgraf za različitu koaliciju $S = \{A, C, D\}$. Vrijednost te nove koalicije je $v(\{A, C, D\}) = 6 + 4 = 10$. Ovakav prikaz je kompaktan; za igru sa n igrača moramo samo



Slika 2: Ponderirani graf za igru s četiri igrača (Izvor: Wooldridge, Elkind i Chalkiadakis, 2012)

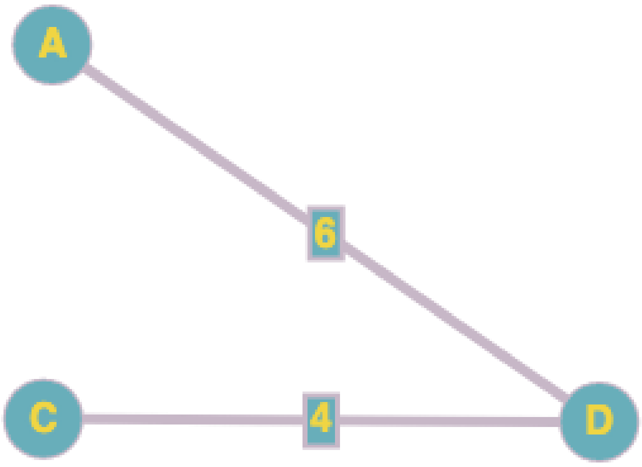


Slika 3: Koalicija tri igrača gdje igrač C nije uključen (Izvor: Wooldridge, Elkind i Chalkiadakis, 2012)

zabilježiti najviše n^2 vrha i njihovih iznosa. Međutim prikaz nije kompletan zato što postoje kooperativne igre koje ovakav graf ne može prikazati.

Za prikaz koncepta rješenja, provjera je li određeni vektor isplate u jezgri igre može biti računalno zahtjevna. No računanje Shaplyeve vrijednosti za ovakav prikaz nije teško. Možemo podijeliti graf koji sadrži m vrhova u m komponenti igre, jednu za svaki vrh. U originalnom primjeru imamo četiri vrha i zato postoje četiri igre vrha. Možemo izračunati Shapleyevu vrijednost svakog igrača u svakoj igri vrha i jednostavno ih zajedno zbrojiti kako bi dobili Shapleyevu vrijednost igrača u cjelokupnoj igri. To možemo napraviti zato što je jedan od Shapleyevih aksioma aditivnost.

Preostaje nam još izračunati Shapleyevu vrijednost igrača u igri vrha. Iz grafa je vidljivo da ako igrač nije spojen s niti jednim vrhom njegova vrijednost je nula i pola vrijednosti vrha kada je spojen. Pravilo pola vrijednosti vrha slijedi iz Shapleyevih aksioma efikasnosti i sime-



Slika 4: Koalicija tri igrača gdje igrač B nije uključen (Izvor: Wooldridge, Elkind i Chalkiadakis, 2012)

trije. Stoga je Shapleyeva vrijednost igrača u podgrafu pola iznosa onog vrha na kojeg je spojen i može se izračunati u polinomnom vremenu. Za algoritam se kaže da se može izračunati u polinomnom vremenu ako je broj koraka potreban da se završi algoritam za dani ulaz $O(n^k)$ za neki nenegativni cijeli broj k gdje je n kompleksnost danog ulaza. Za originalni dani primjer grafa Shapleyeva vrijednost ϕ_A od igrača A je $\frac{(2+6)}{2}$=4, dok je Shapleyeva vrijednost ϕ_D igrača D $\frac{(6+4+2)}{2}$=6. Takav rezultat je zanimljiv zato što proizlazi iz Shapleyevih aksioma [8].

6. Teorija igara u kontekstu formiranja političkih saveza

Važnost teorije igara u međunarodnoj politici ne može se osporiti. Svaka država pokušava predvidjeti reakcije druge države na određenu odluku. Države među sobom mogu imati mnoga područja potencijalnog konflikta poput sporova o teritoriju, trgovini, vojnim savezima itd. Teorija igara može državama poslužiti za nagodbu do koje bi inače teško došli neformalnim pregovaranjem.

Teorija igara se u međunarodnoj politici primjenjuje već duže vrijeme, no nedavno je došlo do porasta popularnosti pristupa u određenim problemima u politici. Ovaj preporod je povezan s novim primjenama modela teorije igara na međunarodnu političku ekonomiju uz već standardnu primjenu u vojno-političkim strateškim analizama. Temelj strateške analize nije određena tema vojnih ili ekonomskih pitanja, nego osnovni koncept kako mi razumijemo politiku među državama. Ova koncepcija država kao međuzavisnim igračima koji imaju cilj nalazi se u srži strateške analize igre i može se primijeniti na više različitih područja.

Barrett (1999) pretpostavlja da kooperativni savezi između država moraju biti individualno i kolektivno racionalni. Moraju biti individualno racionalni zato što je izbor hoće li biti dio saveza dobrovoljan. Savezi su kolektivno racionalni zato što se diplomati osobno sreću i mogu u potpunosti iskoristiti potencijalne zajedničke prednosti od kooperacije u savezu. Barrett je pokazao kako kombinacija ovih pretpostavki ima velike implikacije za teoriju internacionalne kooperacije [9].

Prvi stup prihvaćene teorije jest prema Axelrodu (kao što ga citira Barrett, 1999) da kooperacija može biti održiva kao ravnoteža nekooperativne iterirane igre strategijama reciprociteta. Drugi stup teorije prema Olsonu (kao što ga citira Barett, 1999) jest da kooperacija može biti podržana samo od malog broja država. Postavlja se pitanje koju razliku čini pretpostavka kolektivne racionalnosti za teoriju. Potpuna kooperacija internacionalnog saveza može se održati samo ako ne postoji država koja može dobiti prednost tako što nije u savezu, i nitko u savezu ne može dobiti prednost s implementiranjem takve države u savez. Iskorištavanje (eng. free-riding) mora biti zaustavljeno i mora se provoditi usklađenost (eng. compliance). Savez zato mora odrediti strategiju s pojedinostima o tome kako bi se države trebale ponašati. Takva strategija mora uspjeti u zaustavljanju iskorištavanja i u provođenju usklađenosti. U interesu je država da se ponašaju u skladu sa strategijom. No isto tako, prijetnja da se kazni država koja odstupa od te strategije mora biti uvjerljiva. U suštini, pretpostavke o individualnoj i kolektivnoj racionalnosti definiraju što mislimo pod uvjerljiva strategija. Individualna racionalnost implicira da ako svaka druga država teži strategiji ravnoteže, svaka država ne može učiniti ništa bolje nego igrati tu strategiju. Isto tako, ako država odstupa od te strategije, onda bi se ta država željela vratiti na strategiju ravnoteže dok bi ostale države ako ispunjavaju strategiju, nametnule kaznu propisanu od strategije. Kada je situacija kritična, nepridržavanje pravila se kažnjava i upravo zato što se zna da će se takvo ponašanje kazniti, države ne odstupaju od ravnoteže. Kolektivna racionalnost implicira da dogovor koji je u ravnoteži ne može biti podložan pregovaranju. To prvenstveno znači da ne može postojati alternativni dogovor kojeg bi sve države preferirale umjesto ravnoteže. Drugo, ako država odstupa od ravnoteže, ne samo da će se ta država htjeti vratiti na strategiju ravnoteže, i ne samo da će se svaka druga država ponašati u skladu sa strategijom nego će i htjeti sprovesti kaznu i neće biti u iskušenju da ponovno pregovaraju. Barrett (1999) smatra da su dogovori efikasni u smislu da održavaju punu kooperaciju s prijetnjom nametanja efikasnih kazni [9].

Dogovori koji trebaju održati punu kooperaciju su osobito ranjivi na iskorištavanje. To je zato što s većim opsegom kooperacije postoji i veći poticaj za odstupanje prema Downsu (kao što ga citira Barrett, 1999). Zato za određeni broj država, N, dogovor koji ima za cilj održati punu kooperaciju mora nametnuti veću kaznu za sprečavanje iskorištavanja nego dogovor koji ima za cilj manji stupanj kooperacije. To će samo po sebi učiniti kooperaciju težom zato što bilo koja nametnuta kazna šteti državama koje moraju provoditi kaznu kao i onima nad kojima se kazna provodi [9].

Usklađenost i iskorištavanje su različiti problemi, no oni su povezani i trebalo bi ih se zajednički analizirati. To pak predstavlja jedan analitički problem: teorija iteriranih igara ne razlikuje dezerterstvo (eng. defection) kao neuspjeh pridržavanja dogovora i dezerterstvo kao neuspjeh sudjelovanja u dogovoru. Razlika je bitna zato što dok su države primorane normom usklađenosti internacionalnog zakona pridržavati se dogovora koje su potpisali, ne postoji internacionalni zakon koji nalaže da države moraju biti potpisnice kooperativnog dogovora odnosno saveza. Sama suština suverenosti temelji se na tome da su države slobodne sudjelovati ili ne sudjelovati u sporazumima po svojoj volji [9].

6.1. Prikaz kooperativne igre primjenom matrične forme

Većina situacija u kontekstu formiranja saveza se pojednostavljeno može prikazati kao 2 x 2 ordinalna igra. 2 x 2 ordinalna igra sastoji se od dva igrača: Red i Stupac. Svaki igrač ima stratešku opciju kooperacije (eng. *cooperate*) koja će biti označena sa "C" ili nekooperacije (eng. *noncooperate*) koja će biti prikazana sa "N". Igra se sastoji od jednog poteza. Red i Stupac istovremeno i neovisno jedan o drugome biraju između "C" ili "N". Iz toga nastaju četiri moguća ishoda što je prikazano u tablici 6.

Tablica 6: Generalizirani oblik simetričnih igara

	Izbor igrača Red	Izbor igrača Stupac	Skraćenica
Ishod a	C	C	CC
Ishod b	C	N	CN
Ishod c	N	C	NC
Ishod d	N	N	NN

(Izvor: Taylor i Pacelli, 2008)

Zatim svaki igrač rangira ta četiri moguća ishoda prema svojoj preferenci. Pritom se ishod kojeg na primjer igrač Stupac smatra najboljim označava sa "4", drugi najbolji označava se sa "3", treći sa "2", i ishod kojeg igrač Stupac smatra najgorim označava se sa "1".

Tablica 7: Ranking igrača Red

		Stupac	
		C	N
Red	C	3	1
	N	4	2

(Izvor: Taylor i Pacelli, 2008)

Tablica 8: Ranking igrača Stupac

		Stupac	
		C	N
Red	C	3	4
	N	1	2

(Izvor: Taylor i Pacelli, 2008)

Takve igre zovu se ordinalne zato što oznake 4, 3, 2 i 1 predstavljaju preferencije igrača, a ne isplate koje trebaju slijediti za pojedini ishod. Tako na primjer, ishod CN označen "4" od igrača Red nije duplo bolji od ishoda označenog "2" iz perspektive igrača Red. Idemo pogledati jednu ordinalnu 2 x 2 igru kako bi lakše ilustrirali notaciju koju ćemo koristiti. Za opisati 2 x 2 ordinalnu igru potrebno je specificirati osam stvari: poredak četiri moguća ishoda CC, CN, NC, NN po prioritetima od strane igrača Red i poredak tih četiri ishoda od strane igrača Stupac. Za ovaj primjer rang preferenci svakog igrača prikazani su u tablici 7 i tablici 8. Prema tome, igrač Red rangira četiri ishoda od najboljeg prema najgorem kao NC, CC, NN, CN. Tablice kojima smo prikazali preference igrača Red i Stupac predstavljaju matematičke objekte zvane matrice. Konkretno u ovom slučaju 2 x 2 matrice zato što imamo dva reda i dva stupca odakle dolaze i imena za igrače. U opisanoj igri oba igrača više preferiraju ishod CC nego NN. Drugim riječima, više preferiraju međusobnu kooperaciju nego međusobnu nekooperaciju. Dobit za jednog igrača nije nužno i gubitak za drugog. Zato se te igre zovu igre s promjenjivom sumom, a ne igre s nultom sumom [10].

Standardni prikaz određene 2 x 2 ordinalne igre uključuje korištenje jedne 2 x 2 matrice kako bi se istovremeno prikazali rang preferenci oba igrača. Tako će svaki unos u matrici imati dva broja: rang igrača Red i rang igrača Stupac. Recimo, donji lijevi unos (prvi stupac, drugi red) bit će (4, 1) zato što ga Red rangira kao 4, a Stupac kao 1. Za Red je to najbolji mogući ishod, a za Stupac najgori mogući. Unos je prikazan kao uređeni par gdje prvi broj predstavlja odabir igrača Red, a drugi broj odabir igrača Stupac. Isto će vrijediti i za ostala tri unosa. Iz toga u tablici 9 slijedi 2 x 2 matrica koja predstavlja gore opisanu igru.

Tablica 9: Preference oba igrača

		Stupac	
		C	N
Red	C	(3, 3)	(1, 4)
	N	(4, 1)	(2, 2)

(Izvor: Taylor i Pacelli, 2008)

Bitno se je prisjetiti da je dominantna strategija (izbor između C ili N) za igrača ona strategija koja svojim svojstvom rezultira povoljnijim ishodom za tog igrača nego što bi ga polučio drugi izbor, bez obzira na strategiju drugog igrača [10].

6.2. Jomkipurski rat

U listopadu 1973. godine, izbio je rat u kojem su bili suprotstavljeni Izrael na jednoj strani i kombinacija Egipatskih i Sirijskih snaga na drugoj strani. Unatoč dobrom početnom napretku Egipta i Sirije, Izrael je ubrzo uspostavio nadmoć. Zbog toga je Sovjetski Savez dao na znanje da su spremni intervenirati u ime Egipta i Sirije. Sovjetski Savez se je također nadao da će Sjedinjene Američke Države surađivati u mirovnim pregovorima. No isto tako su znali da postoji mogućnost da SAD vojnom intervencijom pomogne Izraelu.

Takva situacija može se prikazati pomoću 2 x 2 ordinalnog modela igre gdje rang preferenci igrača još nije unesen. Kako su onda SAD i Sovjetski Savez rangirali različite ishode te jesu li bili svjesni preference jedan drugog? Prema povijesnim podatcima i načinu na koji se je rat razvio preference Sovjetskog Saveza prikazane su u Tablici 10.

Tablica 10: Preference Sovjetskog Saveza

		Sovjetski Savez	
		Diplomatsko rješenje (C)	Pružiti Egiptu i Siriji vojnu pomoć (N)
SAD	Surađivati s inicijativom Sovjeta (C)	(3, 3)	(2, 4)
	Spriječiti Sovjetsku inicijativu (N)	(4, 1)	(1, 2)

(Izvor: Taylor i Pacelli, 2008)

Ovaj slučaj nije zatvorenikova dilema zato što SAD u slučaju da se Sovjetski savez odluči za nekooperaciju, SAD bi radije odabrao kooperaciju nego nekooperaciju. Zašto su Sovjeti mislili da SAD neće vojno intervenirati na njihovu intervenciju? Dio odgovora nalazi se u nepovoljnoj političkoj situaciji u SAD-u u to vrijeme. Naime, izbio je politički skandal Watergate gdje je istragom otkrivena zlouporaba moći administracije Richarda Nixona koja je 1974. dovela i do ostavke samog predsjednika [11]. (History, 2009). Taj skandal je izvana bio okarakteriziran kao kriza samopouzdanja SAD-a, te su Sovjeti smatrali kako SAD neće odgovarajuće odreagirati na njihovo slanje vojne pomoći Egiptu i Siriji. No, s druge strane, predsjednik Nixon je ubrzo shvatio kako će Sovjeti interpretirati ovu situaciju i koje će biti posljedice njihove interpretacije. Nixonov cilj bio je uvjeriti Sovjete kako je najbolji model ove igre zatvorenikova dilema. U praksi je to postigao tako što je stavio Američke vojne snage u stanje pripravnosti. Ovaj potez je bio okarakteriziran kao namjerno pretjerivanje, no bio je djelotvoran u uvjeravanju Sovjeta kako je zatvorenikova dilema pravi model za nastalu situaciju. Novonastala situacija prikazana je tablici 11.

Tablica 11: Preference nakon stavljanja američke vojske u pripravnost

		Sovjetski Savez	
		Diplomatsko rješenje (C)	**Pružiti Egiptu i Siriji vojnu pomoć (N)**
SAD	**Surađivati s inicijativom Sovjeta (C)**	(3, 3)	(1, 4)
	Spriječiti Sovjetsku inicijativu (N)	(4, 1)	(2, 2)

(Izvor: Taylor i Pacelli, 2008)

No, ovaj model ne može opisati što se točno dogodilo u stvarnosti. S obzirom na to da postoje dominante strategije (u ovome slučaju za intervenciju) ovaj slučaj je trebao završiti u obostranoj nekooperaciji između SAD-a i Sovjetskog Saveza. No, u stvarnosti nitko nije intervenirao i završili smo sa (3, 3) ishodom, odnosno s obje strane odigrana je kooperativna strategija. Ovakav model ne prikazuje vjerno pravu situaciju zato što je u 2 x 2 ordinalnoj igri početna pozicija potpuno neutralna. Niti C niti N nemaju već neki predefinirani status, dok je u stvarnoj situaciji početna pozicija jasno bila obostrana neintervencija. Stoga su SAD i Sovjetski Savez već na početku bili u (3, 3) ishodu i pitanje je bilo hoće li koja država promijeniti svoju status quo strategiju neintervencije u intervenciju. Dalje ovakav model igre objašnjava što se dogodilo. Ishod (3, 3) definitivno nije stabilan i racionalno je da svaka strana pokušava saznati koliko su drugi odlučni u svome naumu te hoće li promijeniti svoju strategiju iz kooperacije u nekooperaciju [10].

6.3. Primjer kooperativne teorije igara u domeni politike - Ponderirano glasanje

Na korporativnom sastanku dioničara, glas određenog dioničara vrijedi proporcionalno u odnosnu na količinu dionica koje dioničar posjeduje. Dioničar s jednom dionicom ima ekvivalent od jednog glasa, dok dioničar sa 100 dionica ima ekvivalent 100 glasova. To se zove ponderirano glasanje, gdje svaki glas ima pridodanu određenu težinu. Ponderirano glasanje se ponekad koristi za odabir određenog kandidata, no češće se koristi kako se bi se donijela odluka "da" ili "ne" za neki prijedlog. Ponderirano glasanje može se primijeniti u korporativnom području kao i u procesu donošenja odluka zakonodavnih tijela. U kontekstu teorije igara nas najviše zanima moć koju svaki glasač ima da utječe na konačan ishod.

Kako bismo lakše prikazali ponderirano glasanje moramo objasniti osnovne pojmove i rječnik za sisteme ponderiranog glasanja.

Svaki pojedinac ili entitet koji daje glas naziva se igračem u izboru. Notacija za igrače jest $P_1, P_2, P_3, ..., P_N$ gdje je N ukupan broj igrača. Svaki igrač ima pridodanu vrijednost koja uglavnom označava koliko glasova ima. Kvota jest minimalna vrijednost potrebna za glasove ili vrijednost potrebna da bi prijedlog bio odobren.

U skraćenoj formi sistem ponderiranog glasanja se prikazuje $[q : w_1, w_2, w_3, ..., w_n]$. U takvoj formi q je kvota, w_1 jest vrijednost za igrača 1, w_2 jest vrijednost za igrača 2 i tako dalje [12].

6.3.1. Banzhaf indeks moći

Ranije smo naveli Shapleyev indeks moći i razmatrali njegovu primjenu kod kooperativnih igara. Ovdje u nastavku kratko obrađujemo Banzhafov indeks moći u kooperativnim igrama. Banzhaf indeks moći jest numerički način promatranja utjecaja moći u situacijama ponderiranog glasanja. Izračunava se na sljedeći način:

- 1. Pobrojati sve pobjedničke koalicije, odnosno one koalicije čiji glasovi imaju dovoljnu vrijednost da zadovolje kvotu.
- 2. U svakoj koaliciji identificirati igrače koji su kritični, odnosno one igrače čiji bi odlazak iz koalicije značio promjenu iz pobjedničke u gubitničku koaliciju.
- 3. Izbrojati koliko puta je svaki igrač kritičan. Ovaj broj se zove igračev Banzhaf skor.
- 4. Zbrojiti Banzhaf skorove svih igrača i pronaći koliko je ukupno puta svaki igrač bio kritičan. Ovaj broj se zove skor ukupne moći.
- 5. Pretvoriti Banzhaf skor svakog igrača u razlomak ili decimalni broj tako što ga podijelimo sa skorom ukupne moći. Broj koji dobijemo jest Banzhafov indeks moći, te se može izraziti kao razlomak, decimalni broj ili kao postotak [12].

6.3.2. Primjer sustava glasanja

Razmotrimo sistem glasanja $[16 : 7, 6, 3, 3, 2]$. Pronađimo Banzhaf indeks moći.

Igračima možemo dati bilo koje ime ili slovo, u ovome primjeru igrače ćemo označavati s A, B, C, D i E. Igrači će biti poredani u silaznom redu prema vrijednosti glasova. Tako igrač A ima 7 glasova, igrač B 6 glasova i tako dalje.

Pobjedničke koalicije su sljedeće, zajedno s označenim kritičnim igračima:

$\{\underline{A}, \underline{B}, C, D, E\}$

$\{\underline{A}, \underline{B}, C, D\}$

$\{\underline{A}, \underline{B}, \underline{C}, E\}$

$\{\underline{A}, \underline{B}, \underline{D}, E\}$

$\{\underline{A}, \underline{B}, \underline{C}\}$

$\{\underline{A}, \underline{B}, \underline{D}\}$

Sljedeće izbrojimo koliko puta je neki igrač bio kritičan što nam daje njihove Banzhaf skorove:

$$A = 6$$
$$B = 6$$
$$C = 2$$
$$D = 2$$
$$E = 0$$

Ukupni skor moći $= 16$.

Sljedeće podijelimo Banzhaf skor svakog igrača s brojem ukupnim skorom moći, odnosno sa 16. Tako ćemo dobiti Banzhafove indekse moći prikazane kao razlomke i kao postotke:

$A = 6/16 = 3/8 = 37.5\%$
$B = 6/16 = 3/8 = 37.5\%$
$C = 2/16 = 1/8 = 12.5\%$
$D = 2/16 = 1/8 = 12.5\%$
$E = 0/16 = 0 = 0\%$

Banzhaf indeks moći mjeri sposobnost igrača da utječe na ishod glasovanja. Igrač E ima indeks moći 0, što znači da ne postoji koalicija u kojoj bi imao kritičnu moć da utječe na ishod glasovanja. Igrači A i B ovdje imaju veliki Banzhaf indeks, što znači da mogu uvelike utjecati na ishod glasovanja [12].

7. Teorija igara u kontekstu formiranja poslovnih saveza

U poslovnom i trgovačkom svijetu, strateški savezi imaju dugu povijest. Prvo su se pojavili u brodarskoj industriji, zatim u naftnoj, rudarskoj, plinskoj i automobilskoj industriji dok su na trenutnom tržišnom natjecanju jedan od najbrže rastućih trendova. Sama definicija strateškog saveza jest sljedeća: "Strateški savezi su koalicije poduzeća stvorene u svrhu postizanja važnih poslovnih ciljeva." (Tipurić i Markulin, 2002, str. 11).

Poduzeća se odlučuju na međusobnu suradnju kako bi unaprijedili svoju poziciju na tržištu. Osnovna pretpostavka za ostvarivanje takve suradnje jest povjerenje u svojeg partnera. Poduzeća nisu prisiljena ući u takvu suradnju, no kooperacija se javlja kao opcija zbog mogućih prednosti koje se mogu ostvariti na tržištu i smanjenog rizika u poslovanju. No isto tako, sama suradnja s drugim poduzećima ne mora nužno značiti i poslovni uspjeh. S takvim načinom poslovanja javljaju se i određene opasnosti. Postoji rizik da se postavljeni poslovni ciljevi ne ostvare što uglavnom dovodi do raskida poslovnog saveza. Kooperacija ima smisla kada poduzeće suradnjom postaje produktivnije nego što je bilo samostalnim djelovanjem. Cilj suradnje jest dodatno pojačati svoje prednosti i minimizirati slabosti [13]. (Tipurić i Markulin, 2002, str. 11).

Jedna od važnijih implikacija teorije igara jest njezina sposobnost da sagleda poslovne interakcije kao štetan utjecaj za konkurenciju i kooperaciju. Brandenburger i Nalebuff su u svojoj knjizi Co-opetition prepoznali ovu dualnost konkurencije i kooperacije. Oni su odredili četiri tipa igrača poslovnome svijetu: klijenti, dobavljači, konkurenti i komplementari. Komplementari su po definiciji poduzeća koja prodaju proizvod ili uslugu koja upotpunjuje proizvode ili usluge drugog poduzeća [14]. ("Merriam-Webster", bez dat.). Neki od primjera za komplementare su mobiteli i aplikacije za mobitele ili recimo britvica i pjena za brijanje. Brandenburger i Nalebuff su objasnili dinamiku konkurenta i komplementara na sljedeći način: „Igrač je tvoj komplementar ako klijenti više cijene tvoj proizvod kada imaju i proizvod drugog igrača nego kada imaju samo tvoj proizvod. Igrač je tvoj konkurent ako klijenti cijene tvoj proizvod manje kada imaju proizvod drugog igrača nego kada imaju samo tvoj proizvod.“ (Culpan, 2002, str. 24). Moguće je i da jedan igrač ima više uloga. Poduzeća uglavnom daju više važnosti svojim klijentima nego dobavljačima no moguće je stvoriti stratešku prednost stavljanjem svoje pažnje na dobavljače. Teorija igara prepoznaje konkurenciju i kooperaciju kao dvije bitne povezane komponente na koje bi poduzeća trebala obraćati pažnju. Igrači mogu izvući win-win situaciju iz kooperacije umjesto win-lose ishoda u slučaju konkurencije. Dok tradicionalni pogled ne nudi uvid na izbore poduzeća u smislu hoće li konkurirati ili kooperirati, teorija igara identificira ulogu kooperacije zajedno s konkurencijom [15]. (Culpan, Global Business Alliances, 2002). Naš sljedeći primjer to jako dobro pokazuje.

7.1. Zabrana oglašavanja cigareta

Proizvođači cigareta su se sredinom 20-og stoljeća žestoko natjecali za svoj udio u rastućem tržištu prodaje cigareta. Duhanske kompanije su uz dobar marketing uspjele uvjeriti veliki broj ljudi kako cigarete nisu štetne za zdravlje te su zapravo predstavljale svoj proizvod kao modni dodatak. No, kako se je s vremenom pušenje cigareta počelo pokazivati opasno po zdravlje ljudi, iz javnog zdravstva bili su zabrinuti kako takve reklame samo povećavaju broj pušača. Američka Federalna komisija za komunikacije ("Federal Communications Comission", skraćeno FCC) reagirala je tako da je 1967. učinila obaveznim da svaka televizija koja prikazuje reklame za cigarete mora prikazati i objavu javnog zdravstva o štetnom utjecaju cigareta. Kongres je dalje 1970. reagirao znamenitim zakonom „Public Health Cigarette Smoking Act" kojim je postalo obavezno da svaki paket cigareta na sebi ima upozorenje kako je pušenje cigareta opasno po zdravlje. Uvođenjem ovog zakona također je bilo zabranjeno oglašavanje cigareta na radiju i televiziji. U zamjenu, FCC je prestao s objavama javnih poruka o štetnom utjecaju cigareta i proizvođači cigareta su dobili imunitet od budućih federalnih tužbi. Mnogim Amerikancima nije znano da je većinu tih propisa, izuzev samih natpisa na kutijama, predložila duhanska industrija. Jasno je zašto su direktori duhanskih kompanija željeli imunitet od federalnih tužbi koje su mogle bankrotirati njihove kompanije. No, zašto su zabranili svoje TV i radio reklame? Njihovo razmišljanje je bilo da će time zaustaviti po njih negativni zamah novih regulacija protiv cigareta. Isto tako, zaustavljanjem svojih reklama FCC je prestao sa svojom kampanjom protiv pušenja. New York Times je 1970. objavio u jednom članku kako su ljudi iz duhanske industrije bili uvjereni da kampanja protiv pušenja nosi više štete za njihov posao nego što reklame pomažu. Tako su došli do zaključka da će biti u dobiti ako zabrane svoje reklame i time spriječe kampanju FCC-a [16].

Prije zabrane oglašavanja svaka zasebna duhanska kompanija je imala razloga oglašavati sebe. Naime, korist od oglašavanja svojeg brenda i time osvajanja većeg udjela tržišta bila je veća od štete kampanje FCC-a protiv pušenja koja se nastavlja dok god se barem jedna kompanija oglašava. To bi bila dominantna strategija, no ako se obje kompanije odluče za takvu strategiju planovi za osvajanje tržišta oglašavanjem se poništavaju. Time bi kompanije bile u lošijem stanju zato što moraju uložiti novce u oglašavanje, a ne bi ostvarili veći udio tržišta i kampanja protiv pušenja bi se nastavila odvijati. Kako su dvije kompanije u lošijem stanju kada obje biraju dominantnu strategiju ovaj primjer zabrane oglašavanja cigareta jest zatvorenikova dilema. Može biti čudno da bi kompanije zapravo imale korist od toga da se ne oglašavaju, no u primjeru ćemo vidjeti da je upravo tako i bilo. Ako je uistinu ovaj primjer zatvorenikova dilema možemo očekivati pad u oglašavanju i porast u profitima nakon zabrane oglašavanja [16].

Za akciju se smatra da je nekooperativna kada svaki igrač gleda kako da maksimizira svoju isplatu, bez da je u suradnji s drugim igračem. S druge strane, za akciju se smatra da je kooperativna kada igrači surađuju i u dogovoru su vezano uz njihove strateške odabire. Tako su duhanske kompanije, konkretno ovdje Phillip Morris i R. J. Reynolds, koristile kooperativne akcije zato što su vjerovali da će im suradnja s drugom duhanskom kompanijom donijeti veću dobit.

U 2 x 2 matrici bit će prikazane preference Phillip Morris-a koji predstavlja Marlboro brend i R. J. Reynolds-a koji predstavlja brend Camel [16].

Tablica 12: Preference R. J. Reynoldsa i Phillip Morrisa

		R. J. Reynolds	
		Oglašavati (C)	**Suzdržati se (N)**
Phillip Morris	**Oglašavati (C)**	(2, 2)	(4, 1)
	Suzdržati se (N)	(1, 4)	(3, 3)

(Izvor: McAdams, 2014)

Ako gledamo trošak na oglašavanje i profit duhanske industrije prije i nakon zabrane oglašavanja nastala razlika može se interpretirati kao posljedica uvođenja zabrane. Profesor ekonomije James L. Hamilton u svome članku iz 1972. „The Demand for Cigarettes: Advertising, the Heath Scare, and the Cigarette Advertising Ban“ naveo je kako je trošak na oglašavanje bio 20-30 posto manji u 1971. nego u 1970. godini, dok je zarada za prvih šest mjeseci 1971. bila za 30 posto veća nego za isti period u 1970. [17] Tako je duhanska industrija dobila povećanje od 30 posto u zaradi i imunitet od federalnih tužbi samo zato što su shvatili pravu igru zabrane oglašavanja puno bolje od onih koji su donosili zakone. Pristalice zakona protiv pušenja pretpostavili su da reklame uvjeravaju ljude na pušenje jer zašto bi inače duhanske kompanije trošile toliko novca na njih. No, nisu shvatili da je duhanska industrija visoko kompetitivna te da su reklame prvenstveno namjene uzimanju pušača od druge kompanije, a tek sekundarno za privlačenje novih pušača. Prije zabrane oglašavanja duhanske kompanije su zapravo dobrovoljno financirale kampanju protiv pušenja jer su uz svaku reklamu morale biti i oglašavane poruke o štetnom utjecaju pušenja. Donositelji zakona su zapravo samo trebali nastaviti s ovom strategijom te proširiti takve poruke na ostale medije. Tako bi zapravo usporili rast duhanske industrije gotovo besplatno [16].

7.2. Primjer kooperativne teorije igara u poslovnoj domeni - Savezi u brodskom prijevozu

Od njezinog začetka, industriju prijevoza tereta na brodovima karakterizira žestoka konkurencija i kooperacija. Posljednjih godina, uglavnom svi brodski prijevoznici su tražili kooperaciju s drugim prijevoznicima što se može vidjeti u stvaranju strateških saveza između kompanija. No unatoč tome, još uvijek postoje prijevoznici koji preferiraju raditi sami te su postigli i relativni uspjeh. Zbog toga je izgledno da kooperacija nije nužna za uspjeh kompanije u brodskom prijevozu [18].

7.2.1. Kooperativna igra s više od dva igrača

Generalno, kooperativna igra pridaje više važnosti igri koja ima više od dva igrača. Obvezujući sporazumi između igrača dostižu do 2^n za igru sa n igrača. Igrači u različitim koalicijama imat će različite ishode. Slijedi primjer kooperativne igre s tri igrača [18].
Pretpostavimo da postoje tri brodska prijevoznika na tržištu L_1, L_2 i L_3. Kako bi pojednostavnili primjer, pretpostavimo da je jedini cilj za prijevoznike ostvariti maksimalnu isplatu. Minimalne isplate koje si mogu garantirati su redom $20\ 000$, $30\ 000$, i $60\ 000$, ako ulaze na tržište zasebno. Strateški savezi između L_1 i L_2, L_1 i L_3, te L_2 i L_3 mogu garantirati njihove minimalne isplate redom $70\ 000$, $180\ 000$, te $300\ 000$ za svaku koaliciju. Konačno, strateški savez formiran između L_1, L_2 i L_3 može ostvariti minimalnu isplatu od najmanje $500\ 000$. Njihove karakteristične funkcije prikazane su u tablici 13.

Tablica 13: Primjer kooperativne igre s tri igrača

Koalicija	*U*(koalicija)
(L_1)	20 000
(L_2)	30 000
(L_3)	60 000
(L_1, L_2)	70 000
(L_1, L_3)	180 000
(L_2, L_3)	300 000
(L_1, L_2, L_3)	500 000
$(\varnothing)$	0

(Izvor: Panayides, 2002)

Sljedeći bitan pojam jest jezgra (eng. *core*), a ona predstavlja skup izvedivih koaliranja svih igrača koja se ne mogu poboljšati podskupinom ekonomskih agenata. Jezgra se sastoji od skupa pridjeljivanja koji zadovoljavaju uvjete koalicijske racionalnosti. Prema definiciji jezgre, 3-torka (x_1, x_2, x_3) jest pridjeljivanje u jezgri ako i samo ako vrijedi:

$$\begin{aligned}
x_1 &\geq 20\ 000,\\
x_2 &\geq 30\ 000,\\
x_3 &\geq 60\ 000,\\
x_1 + x_2 &\geq 70\ 000,\\
x_1 + x_3 &\geq 180\ 000,\\
x_2 + x_3 &\geq 300\ 000,\\
x_1 + x_2 + x_3 &= 500\ 000.
\end{aligned}$$

Sva rješenja koja zadovoljavaju gore pobrojana ograničenja čine jezgru. Nitko ne može dobiti bolju isplatu ako djeluje sam u racionalnoj distribuciji definiranoj jezgrom. Na primjer, prema omjeru kapaciteta prijevoznika i prihoda, ako su isplate trima prijevoznicima $100\ 000$, $200\ 000$ i $200\ 000$, ne postoji način da bilo koji prijevoznik poveća svoju isplatu ako se ostali drže dogovorenih strategija. To bi bilo jedno rješenje iz jezgre. No, rješenja koja proizlaze iz jezgre su nestabilna. Pretpostavimo dvije situacije:

Situacija 1- L_1 i L_2 čine koaliciju, dok L_3 usvaja strategiju prema kojoj neće ulaziti u koaliciju.

Situacija 2- L_1 je odbačen iz koalicije L_1 i L_2, te L_2 i L_3 formiraju novu koaliciju.

Prema definiciji jezgre, situacija 1 daje:

$$
\begin{aligned}
x_1 &\geq 20\ 000, \\
x_2 &\geq 30\ 000, \\
x_1 + x_2 &= 70\ 000, \\
x_3 &= 60\ 000.
\end{aligned}
$$

Situacija 2 daje:

$$
\begin{aligned}
x_2 &\geq 30\ 000, \\
x_3 &\geq 60\ 000, \\
x_2 + x_3 &= 300\ 000, \\
x_1 &= 20\ 000.
\end{aligned}
$$

Usporedimo isplate od L_2 i L_3 u dvije različite situacije. Isplata od L_2 u situaciji 1 varira od $30\ 000$-$50\ 000$, dok je u situaciji 2 isplata od $30\ 000$-$240\ 000$. Promjena kod L_3 je od $60\ 000$ u situaciji 1 do između $60\ 000$-$270\ 000$ u situaciji 2. Zbog toga bi L_2 i L_3 eventualno htjeli surađivati kako bi dobili bolju isplatu. Upravo zbog tog razloga su savezi između brodskih kompanija nestabilni [18].

Gore navedena rasprava pokazuje da su rješenja koja proizlaze iz jezgre nestabilna, stoga je normalno za prijevoznike da idu ka području koje je stabilnije i zadovoljavajuće, odnosno ka jezgri. Jezgra u kooperativnim igrama ne postoji uvijek. Takav je slučaj i s jezgrom kooperativne igre tržišta brodskog prijevoza. Jednostavan primjer kooperativne igre bez jezgre prikazan je u tablici 14. Formula s ciljem da se dobije jezgra može se razviti na sljedeći način:

$$
\begin{aligned}
x_1 &\geq 20\ 000, \\
x_2 &\geq 30\ 000, \\
x_3 &\geq 60\ 000, \\
x_1 + x_2 &\geq 380\ 000, \\
x_1 + x_3 &\geq 400\ 000, \\
x_2 + x_3 &\geq 440\ 000, \\
x_1 + x_2 + x_3 &= 500\ 000.
\end{aligned}
$$

Tablica 14: Primjer kooperativne igre s tri igrača bez jezgre

Koalicija	*U*(koalicija)
(L_1)	$20\,000$
(L_2)	$30\,000$
(L_3)	$60\,000$
$(L_1,\, L_2)$	$380\,000$
$(L_1,\, L_3)$	$400\,000$
$(L_2,\, L_3)$	$440\,000$
$(L_1,\, L_2,\, L_3)$	$500\,000$
(∅)	0

(Izvor: Panayides, 2002)

Razmatranje zašto ova kooperativna igra nema jezgru dano je u Panayides, "A conceptual application of cooperative game theory to linershipping strategic alliances" (2002) [18]. Naime, ne postoji rješenje koje bi zadovoljilo sve gore navedene uvjete u isto vrijeme, što znači da nema jezgre. Promjene u minimalnim isplatama mogu se postići od strane koalicija $(L_1,\, L_2)$, $(L_1,\, L_3)$ te $(L_2,\, L_3)$ što dovodi do prazne jezgre. U stvarnosti do tih promjena može doći zbog česte fluktuacije tržišta brodskog prijevoza, što u praksi znači da je teško ostvariti stabilan savez.

8. Zaključak

Teorija igara proučava konkurentsko i kooperativno ponašanje u smislu korištenja određene strategije. Pruža nam metode za određivanje optimalnih strategija i predviđanja ishoda interakcija između igrača. Pomaže nam da analiziramo ponašanje igrača u toj interakciji dok oni donose odluke kako bi poboljšali svoju poziciju u igri. Ishodi određene igre tako ovise o strategiji koju igrač odabere. Teorija igara se u takvim situacijama može primijeniti upravo zbog svoje raznolikosti. Naime, teorija igara se primjenjuje u biologiji, politici, filozofiji, ekonomiji te u mnogim drugim područjima što je dokaz da se može prilagoditi za različite probleme. Većina situacija u politici i poslovanju može se prikazati kao igra s obzirom na to da u interakciji koja ima više od dva sudionika ishodi svakog igrača ovise o odlukama drugoga. Suština uspjeha u poslovanju i politici jest biti siguran da uopće igramo pravu igru. Kako bi uspješno analizirali kako će drugi igrači reagirati na naš potez moramo do kraja razviti sve reakcije na njihove poteze. Moramo gledati kako će se igra razvijati te zatim razmišljati unatrag kako bi uvidjeli utjecaj poteza koje ćemo danas povući na krajnji cilj. Korištenje teorije igara tako može pomoći osobama zaduženim za donošenje odluka kako bi poboljšali svoje razumijevanje dinamike političkih i poslovnih interakcija, te donijeli bolje i informiranije odluke.

Popis literature

[1] *Hrvatska , mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža*, 2020 (Preuzeto 6.5.2020.) adresa: `https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60878`.

[2] R. Kopal i D. Korkut, „Uvod u teoriju igara", *Effectus-Series in Finance and Law*, sv. 1, 2016.

[3] M. D. Davis, *Game theory: a nontechnical introduction*. Basic Books, 1970.

[4] D. Ross, „Game Theory", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E. N. Zalta, ur., Winter 2019, Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2019.

[5] R. Fabac, *Organizacijska teorija - s naglaskom na teoriju igara*. Naklada Slap, 2020, ISBN: 978-953-6071-68-5.

[6] I. Aguirre, „Notes on Non-Cooperative Game Theory", *Universidad del Pais Vasco*, 2009.

[7] W. Joel, *Strategy An introduction to Game Theory*, 2013.

[8] M. Wooldridge, E. Elkind i G. Chalkiadakis, „Cooperative Game Theory: Basic Concepts and Computational Challenges", *IEEE Computer Society*, str. 86–90, 2012.

[9] S. Barrett, „A Theory of Full International Cooperation", *Journal of Theoretical Politics*, str. 519–541, 1999.

[10] A. D. Taylor i A. M. Pacelli, *Mathematics and politics: strategy, voting, power, and proof*. Springer Science & Business Media, 2008.

[11] *History, Watergate scandal*, 2009 (Preuzeto 7.5.2020.) adresa: `https://www.history.com/topics/1970s/watergate`.

[12] G. Homp Seideman, *Contemporary Mathematics: Contemporary Mathematics at Nebraska*. University of Nebraska, 2019.

[13] D. Tipuric i G. Markulin, „Strateski savezi", *Sinergija-Nakladnistvo, Zagreb*, 2002.

[14] *Merriam-Webster*, (bez dat.) (Preuzeto 7.5.2020.) adresa: `https://www.merriam-webster.com/dictionary/complementor`.

[15] R. Culpan, *Global business alliances: Theory and practice*. Greenwood Publishing Group, 2002.

[16] D. McAdams, *Game-Changer: game theory and the art of transforming strategic situations*. WW Norton & Company, 2014.

[17] J. L. Hamilton, „The Demand for Cigarettes: Advertising, the Health Scare, and the Cigarette Advertising Ban", *The Review of Economics and Statistics*, 1972.

[18] D.-W. S. P. M. Panayides, „A conceptual application of cooperative game theory to liner shipping strategic alliances", *Maritime Policy Management*, 2002.

Popis slika

Popis tablica