

Tutkimuksia Nash-tasapainosta, oppimisesta ja viestinnästä*

Topi Miettinen

Ph.D., tutkija

Max Planck Institute of Economics, Jena

Kaikki seuraavat pelejä ja pelaavat itse, tietäen tai tietämättään. Pelejä pelataan perheissä, työpaikoilla, teatterissa, urheilukentällä. Itse pelin kannalta ei ole keskeisintä, tavoitteleeko pelaaja omaa vai jonkin joukon yhteistä etua. Tämä riippuu pelaajan preferensseistä. Pelin tekee mielenkiintoiseksi se, että osapuolilla on *ristiriitaisia* tavoitteita. Pelatessaan pelaajat voivat tarkkailla itseään ja muita pelaajia. Näin he saavat tietoa toimintatavoista, säännöistä, sääntörikkomusten sanktioinnista, strategioista ja niiden muotoutumisesta.

Myös teoreetikot ovat huomanneet pelien merkityksen. Yhteiskunnan ja elävän luonnon vuorovaikutustilanteita mallintaakseen teoreetikot ovat turvautuneet peliteoriaan. Myös

mikrotaloustieteessä lienee paikallaan puhua peliteorian vallankumouksesta viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana.

Teoreetikko käyttää tasapainokäsitettä päätteläkseen, mitä valintoja pelaajat pelissä tekevät. Tasapainokäsitteeseen tukeutuen voidaan ennustaa pelin lopputulos. Käytetyin tasapainokäsite peliteoriassa ja sen sovelluksissa on Nash-tasapaino. Ehkä hieman yllättäen teoreetikoilla ei ole yleisesti hyväksyttyä selitystä siitä, miksi rationaaliset pelaajat päätyvät pelaamaan juuri Nash-tasapainoa. Monet uskottavat ja tunnustetut selitykset tukevat kyllä jokaista Nash-tasapainoa, mutta samalla myös monia muita tapoja pelata.

Nash-tasapainon tekee vaativaksi oletus siitä, että pelaajat ennustavat oikein toinen toistensa strategiat. Pelaajien kykyä ennustaa strategioita on perusteltu muun muassa seuraavasti: Pelaajat tietävät toistensa olevan rationaalisia, ja he tietävät myös, että toiset pelaajat tietävät heidän olevan rationaalisia ja niin edelleen. Tällaiset pelaajat voivat ennen peliä päätellä, mitä strategioita toiset eivät ainakaan pelaa, ja rajoittaa niiden omien strategioiden joukkoa, jotka saattavat jossakin tapauksessa

* Tämä kirjoitus esittelee väitöskirjani *Pre-play Negotiation, Learning and Nash Equilibrium*, joka hyväksyttiin University College Londonissa elokuussa 2006. Väitöskirjani ohjaajina toimivat professorit Steffen Huck ja Philippe Jehiel ja sen tarkastajina professori Ed Hopkins ja lehtori Georg von Weizsäcker. Kiitän saamastani tuesta Helsingin Yliopiston kansantaloustieteen laitoksen Talouden rakenteiden ja kasvun tutkimusyksikköä sekä taloudellisesta tuesta Yrjö Jahnssoinin säätiötä. Kiitän lisäksi kommentteista Eero Tuomaista.

olla optimaalisia. Näin ollen pelaajat käyttäisivät Nash-tasapainostrategioita.

Jotkut toiset ovat esittäneet, että pelaajat eivät ehkä ole varmoja toinen toistensa rationaalisuudesta ja toisten tiedosta muiden rationaalisuudesta. Sen sijaan pelaajat ovat hyviä oppimaan kohdatessaan saman vuorovaikutustilanteen toistuvasti. Tässä tapauksessa oppimisprosessi muiden toimintatavoista johtaisi lopulta tilaan, jossa ei olisi enää mitään opittavaa. Pelaajien strategiat tässä tilassa saattaisivat olla Nash-tasapainon strategioita.

On myös esitetty, että ennen peliä joku pelaajista tai joku ulkopuolinen saattaisi viestiä osapuolille jonkin yhteisen toimintatavan. Tässä tapauksessa ei yhdelläkään pelaajalla ole kannustinta poiketa ehdotetusta toimintatavasta, jos viestitetty tapa toimia on Nash-tasapaino ja osanottajat uskovat, että kaikki toiset pelaajat aikovat toimia kuten on ehdotettu.

Kaikki yllä esitetyt kolme perustelua – *rationalisoitavuus, oppiminen ja viestintä ennen peliä* – hyväksyvät kyllä jokaisen Nash-tasapainon ennustukseksi, mutta ne päättyvät ennustamaan myös monia Nash-tasapainosta poikkeaviaakin toimintatapoja.

Väitöskirjassani tarkastelen viestinnän ja oppimisen vaikutuksia pelin lopputulokseen ja esitän muutamia uusia syitä, miksi Nash-tasapainon käsite saattaa olla toisinaan liian suppea pelin mahdollisia lopputulemia arvioitaessa.

Väitöskirjani ensimmäisessä esseessä esitän teoreettisesti uudehkon lähestymistavan viestintään ennen peliä. Lähestymistapa huomioi, että kun jostain toimintatavasta sovitaan, osapuolten lopputulemia koskevat arvostukset muuttuvat. Näin käy siksi, että ihmisillä on erikoinen taipumus tuntea syällisyyttä poiketessaan sovitusta. Psykologian ja taloustieteen tutkimuksella, jossa ihmisiä on tutkittu vuoro-

vaikutustilanteissa laboratorio-olosuhteissa, on sanottavaa syällisyydentunnon ominaisuuksista.¹

Otan huomioon nämä ominaisuudet luvun teoreettisessa mallissa ja havaitsen ensinnäkin, jokseenkin yllätyksettömästi, että syällisyydentunto saattaa lisätä pelaajien välistä tehokkuutta. Oletetaanpa esimerkiksi, että taposta pidätetyt vangit sopivat ennen kuulusteluja, että kumpikaan ei tahollaan tunnusta rikosta. Tässä tapauksessa vangit saattavat rikostoverin pettämisen välttääkseen olla pelaamatta vangin dilemman ainoaa Nash-tasapainoa, jossa molemmat tunnustavat tahoillaan.²

Ehkä hivenen yllätyksellisempää on se, että pelaajien strategioiden ollessa strategisia komplementteja³ syällisyydentuntoon perustuva epämuodollinen sopiminen parantaa tehokkuutta herkeämmin, kuin jos pelaajien strategiat ovat strategisia substituutteja. Esimerkkinä mainittakoon julkishyödykkeen tuotantoon kontribuointi: jos tuotannossa on laskevat rajatuotot (strategiset substituutit) epämuodollinen sopiminen ei oikein tahdo toimia, kun taas vakioisin skaalatuotoin (strategiset komplementit), jos minkäänlaista parannusta saadaan sopimisella aikaan, voidaan myös sopia ja toimia täysin tehokkaasti.

Uskallan väittää, että näin löydetään uusi näkökulma yhteiskunnan ja työpaikkojen epämuodollisten ja muodollisten sopimusten tar-

¹ Esimerkiksi Gneezy (2005) ja Charness ja Dufwenberg (2006).

² Huomaa, että rikollista saattaa kuitenkin jäädä painamaan syällisyydentunto rikoksen nimeämän normin ”älä tapa” rikkomisesta.

³ Strateginen komplementtisuus järjestettyjen strategioiden pelissä tarkoittaa sitä, että vastapuolen valitessa suuremman strategian, on pelaajalla kannustin kasvattaa myös omaa strategiaansa.

kasteluun. Uuteen näkökulmaan tukeutuen voidaan myös ottaa kantaa siihen, milloin tulisi tukea epämuodollisia sopimuksia ja milloin taas turvautua muodollisiin sopimuksiin. Mallia voidaan eksplisiittisen sopimisen lisäksi soveltaa myös yhteisesti tiedossa oleviin sosiaaliin normeihin, joissa sopimuksen virkaa toimittaa jokin tällainen käyttäytymisnormi. Vaikka malli keskittyykin kertaluontoisiin vuorovaikutustilanteisiin osapuolten välillä, mallia voidaan myös soveltaa samojen osapuolten välillä toistuviin vuorovaikutustilanteisiin. Näin on silloin, kun normit säätelevät myös rangaistusten kovuutta sovitusta toimintatavasta poikettaessa (silmiä silmästä, hammas hampaasta -tyyppiset proportionaaliset rangaistuskäytännöt). Tässä tapauksessa toistettujen pelien folk-teoreema ei riitä takaamaan tehokasta sopimista kaikissa tapauksissa.

Toisessa esseessä pureudun tarkemmin viestinnän protokollaan ensimmäisessä luvussa kuvatussa epämuodollisen sopimisen mallissa. Tarkastelen protokollaa, jossa kaksi neuvotteluosapuolta ehdottaa vuorotellen toisilleen toimintatapoja. Vastapuoli hyväksyy tai hylkää toimintatapaehdotuksen. Jos vastapuoli hylkää ehdotuksen, hylkääjä itse esittää vastaehdotuksen. Tämä neuvotteluprotokolla mukailee paljon tutkittua vuorottelevien tarjousten protokollaa (Rubinstein, 1982).

Pelaajan kärsivällisyyden on osoitettu olevan tällaisissa tilanteissa ratkaisevassa roolissa. Aika on kaikille rahaa, mutta kärsimättömälle ajan arvo on suurempi, ja niinpä hän preferoi kärsivällistä voimakkaammin nopeaa sopimusta junnaavien neuvottelujen sijasta. On osoitettu, että kun neuvoteltava sopimus on sitova, osapuolen kärsimättömyys heikentää neuvottelun lopputulosta hänen kannaltaan. Näin on, koska uhka sopimuksen siirtymisestä myöhem-

mäksi saa pelaajan taipumaan heikompiin ehtoihin vallitsevalla neuvottelukierroksella.

Osoitan, että tämä riippuvuussuhde kääntyykin toisinaan pääläelleen epämuodollisessa sopimisessa, jossa sopimuksen sitovuus on sisäsyntyistä ja riippuu vastavuoroisesta preferenssistä olla aiheuttamatta pettämällä harmia anteliaalle vastapuolelle, joka ei petä. Intuitio tulokselle on likipitäen seuraava: kärsimätön neuvotteluosapuoli turhautuu kärsivällistä helpommin vastapuoleen, jos sopimuksen teossa vitkastellaan. Mitä turhautuneempi pelaaja on, sitä valmiimpi hän on aiheuttamaan vastapuolelle kiusaa. Siksi kärsimättömällä pelaajalla on kourassaan neuvotteluvallti: hänen implisiittiset uhkauksensa heittäytyä hankalaksi on otettava vakavammin kuin kärsivällisen pelaajan.

Kolmas essee käsittelee oppimista oikeiden strategiaennusteiden ja siten Nash-tasapainon perustana. Kuten ylempänä todettiin, Nash-tasapainossa on rationaalisella pelaajalla kannustin valita tasapainostrategiansa, jos ennustus muiden toiminnasta on tarkka ja oikea. Kuinka siis saavutetaan tila, jossa kunkin pelaajan ennustus on oikea? Oppimisprosessissa, jossa kukin osapuoli toistuvasti kohtaa saman vuorovaikutustilanteen, kukin toisto antaa pelaajalle lisää tietoa muiden toimintatavoista. Prosessi voi pysähtyä vain tilaan, jossa ennustusten pohjalta tehdyt optimaaliset valinnat, generoivat dataa, joka vain vahvistaa alkuperäisiä ennustuksia. Tässä tapauksessa optimivalinnat pysyvät muuttumattomina. Nash-tasapaino on tietysti tällainen tila, sillä jos ennustukset ovat oikeat, eivät pelaajat voi havaita ilmiöitä, jotka ovat ristiriidassa ennustuksen kanssa.

Laaja kirjallisuus on kuitenkin osoittanut, että oppimisprosessi voi ominaisuuksistaan riippuen päätyä moneen muuhunkin muuttumattomaan tilaan kuin Nash-tasapainoon. Eräs

mielenkiintoinen näkökulma olettaa, että oppimisprosessin aikana pelaajat eivät kykene pitämään kirjaa kunkin vastapuolen valinnoista näiden kaikissa mahdollisissa eri valintatilanteissa pelin aikana. Näin lienee asiain tola esimerkiksi shakkipelissä (täydellinen informaatio) tai pokerissa (epätäydellinen informaatio). Sen sijaan näkökulma olettaa, että kukin osapuoli luokittelee muiden valintatilanteita karkeampiin ryhmiin ja pitää kirjaa keskimääräisestä strategiasta kussakin tällaisessa suuremmassa joukossa. Shakissa pelaaja saattaisi erottaa asetelmia ennen vastustajan siirtoa vaikkapa sen perusteella, miten nappulat sijoittuvat viiden ruudun säteellä kustakin kuninkaasta. Pokerissa pelaaja voisi tarkkailla vastustajan nokittamisstrategioita riippuen tämän vaihtamien korttien määrästä. Tällaisen oppimisprosessin muuttumatonta tilaa kutsutaan *analogiapohjaisten odotusten tasapainoksi* (Jehiel, 2005). Osoittautuu, että prosessi saattaa päätyä Nash-tasapainosta poikkeavaan tilaan.

Osoitan esseessäni, että tätä lähestymistapaa voidaan käyttää myös vertailtaessa eri tasapainokäsitteiden monimutkaisuutta. Tarkalleen ottaen voidaan vertailla sitä, kuinka monimutkaisia strategioita pelaajat uskovat toisten pelaajien käyttävän eri tasapainokäsitteissä. Analogiapohjaisten odotusten tasapainosta saadaan erikoistapauksina muita tasapainokäsitteitä, kun vaihdellaan sitä, kuinka tarkasti vastustajan toimintatavoista pidetään kirjaa.

Tarkastelen esseessä myös eri tasapainokäsitteiden lopputulemaennusteiden määrää ja näiden ennustejoukkojen suhteita. Lopuksi esitän analogiapohjaisten odotusten tasapainon erikoistapauksen. Tämä tarkemmin ennustava tasapainokäsite ottaa huomioon ensinnäkin sen, että ihmiset muistavat verraten hyvin sen, kuinka he ovat onnistuneet jossakin toistuvassa vuorovaikutustilanteessa. Lisäksi tasapainokäsite huomioi sen, että ihmisillä on ehkäpä taipumus muistaa omat onnistumisensa vähintään yhtä hyvin kuin vastapuolen toimintatavat. Tällöin on syytä olettaa, että pelaajat käyttävät tilastoa omasta menestyksestään oppimisprosessin aikana arvioidakseen, onko käsitys toisten osapuolten strategioista oikea. Osoitan, että myös tällainen rajoittavampi analogiapohjaisten odotusten tasapaino voi poiketa Nash-tasapainosta. □

Kirjallisuus

- Charness, G. ja Dufwenberg, M. (2006), "Promises & Partnership", *Econometrica*, painossa.
- Gneezy, U. (2005), "Deception: The Role of Consequences", *American Economic Review* 95: 384–394.
- Jehiel, P. (2005), "Analogy-based Expectations Equilibrium", *Journal of Economic Theory* 123: 81–104.
- Rubinstein, A. (1982), "A Perfect Equilibrium in a Bargaining Model", *Econometrica* 50: 97–110.