

Milgromin ja Wilsonin huutokauppateoria kontekstissa

Hannu Vartiainen

Tarkastelemme vuoden 2020 talousnobelistien Paul Milgromin ja Robert Wilsonin huutokauppoihin liittyvää tutkimusta. Tavoitteena on selvittää, mikä vaikutus sillä on ollut alan kirjallisuuteen ja ideoihin.

1. Johdanto

Ruotsin keskuspankin rahoittama taloustieteen Nobel-palkinto myönnettiin vuonna 2020 Stanfordin yliopiston Paul Milgromille ja Robert Wilsonille ”huutokauppateoriaan liittyvää tutkimuksesta ja uusien huutokauppamenetelmien kehittamisestä”.

Tässä artikkelissa tarkastelemme palkinnon perusteita talusteoreettisesta näkökulmasta. Miten Milgromin ja Wilsonin teoria kytkeytyy aiempaan talusteoreettiseen kirjallisuuteen? Mitkä ovat heidän keskeisiä uusia

ideoitaan? Miten heidän tutkimuskontribuutiotensa ovat vaikuttaneet talusteorian kehitykseen?

2. Huutokauppa

Mikrotaloustieteellinen perusongelma on, miten allokoita niukkoja resursseja niitä tarvitseville. Huutokaupaksi kutsutaan sitä sääntöjen kokoelmaa – peliä – jolla hyödyke tai oikeus myydään. Ongelman ydin on epätäydellinen informaatio ostajien maksuhalukkuudesta. Tämä

VTT Hannu Vartiainen (hannu.vartiainen@helsinki.fi) on mikrotaloustieteen professori Helsingin yliopistossa ja Helsinki Graduate School of Economicsin apulaisjohtaja.

saattaa tavanomaisen hintamekanismin toimimattomaksi.

Kysymys on taloustieteellisesti keskeinen mutta myös käytännöllisesti tärkeä. On kaikkea muuta kuin selvää, miten allokaatio tulisi toteuttaa kun ostajilla on rajallisesti tietoa hyödykkeen arvosta, ja tämäkin on heidän yksityistä tietoaan.

Huutokauppoja käytetään kaikkialla, missä potentiaalisten ostajien joukko on suurempi kuin myytävien hyödykkeiden määrä. Niillä myydään arkipäiväisiä hyödykkeitä ja arvoesineitä, aikaisemmin myös vaimoja ja orjia. Erittäin digitaalisessa taloudessa, jossa ostajien kontaktointi on kustannuksetonta, huutokaupat ovat muodostuneet tärkeiksi allokaatiomekanismiksi.

Julkisen omaisuuden yksityistäminen toteutetaan usein tarkoitusta varten laaditun huutokaupan kautta, sillä myynnin kohteiden järkevä allokaatio on tärkeää. Samalla veronmaksajat haluavat maksimoida voittonsa. Esimerkiksi Yhdysvalloissa radiotaajuuksien huutokaupat ovat tuottaneet 20 vuoden aikana liittovaltiolle yli 100 miljardia euroa. Yksittäinen radiotaajuushuutokauppa Isossa-Britanniassa vuonna 2000 tuotti yli 30 miljardia euroa.

Vuoden 2020 Nobel-palkinto muodostaa luonnollisen jatkumon aikaisemmille talousteorian suuntautuneille palkinnoille. Taloudellisten mekanismien teorialle myönnettiin palkinto vuonna 2007 (Leonid Hurwicz, Eric Maskin ja Roger Myerson), epätäydellisen informaation mallintamiselle vuonna 2001 (George Akerlof, Michael Spence ja Joseph Stiglitz) ja kannustinten teorialle vuonna 1996 (James Mirrlees ja William Vickrey 1996). Sopimusten, jollaisia huutokaupatkin ovat, teorian kehittäjille myönnettiin palkinto vuonna 2017 (Oliver Hart ja

Bengt Holmström). Kaikki mekanismin suunnittelun teoria rakentuu peliteoreettisten tasapainokäsitteiden varaan, jonka kehittäjät saivat palkinnon vuonna 1994 (John Harsanyi, John Nash ja Reinhard Selten).

Voinemme kuitenkin arvailla, että tämän kertainen palkinto on viimeisiä, joka myönnetään nykymuotoisen talousteorian kehittäjille. Teorian perusrakenteet ovat melko lailla valmiit. Olemme siirtyneet teorian soveltamisvaiheeseen, mitä heijastaa nyt käsiteltävän palkinnonkin perusteluissa painottuva käytännön näkökulma.

3. Talusteoreettista taustaa

Talusteoria luo rakenteita ja mallinnusperiaatteita, joiden avulla taloudellisia ilmiöitä voidaan jäsentää johdonmukaisella ja läpinäkyvällä tavalla. Hankkeen ytimessä on ajatus, että havaittavat ilmiöt selittyvät yksilöiden valinnoilla. Tämä pätee niin kuluttajakäyttäytymiseen kuin yhteiskunnallisiin instituutioihinkin. Jälkimmäistenkin ajatellaan olevan vastauksia *johonkin ongelmaan*. Tärkeä teoreettinen tutkimuskysymys on, mihin ongelmaan. Oikean kysymyksen löytäminen ei aina ole yksinkertainen tehtävä, sillä vastauksen on myös oltava ymmärrettävä. Ongelman määrittäminen tapahtuu usein vuorovaikutuksessa mallinuksen kanssa. Kuten Robert Wilson on asian ilmaissut, ”mallin oikea formulointi on 90 % analyysistä”.

Nyt käsillä olevan Nobel-palkinnon kannalta relevantti kysymys on, miksi havaitsemamme huutokaupat ovat johtava tapa myydä hyödykkeitä/palveluja. Käytetyt mekanismit perustuvat usein nousevan hinnan periaatteen

seen.¹ Erityisen yleinen on nk. *englantilainen huutokauppa*, jossa hintaa korotetaan alkuhinnasta julkisilla tarjouksilla kunnes kukaan huutajista ei ole valmis nostamaan tarjoustaan ja viimeisen tarjouksen tehnyt ostaja voittaa kaupan maksaen tarjouksensa. Esimerkiksi verkossa toimivat kaupankäyntialustat Amazon, eBay ja Tori perustuvat nousevan hinnan huutokauppaan. Mikä selittää tämän kaupankäyntimekanismin suosion?

Kysymys on yksinkertaisuudestaan huolimatta haastava, sillä erilaisia kaupankäyntimekanismeja on lukematon määrä. Miksi juuri nousevan hinnan huutokauppa olisi myyjälle paras? (Implisiittinen oletus on, että myyjä määrää mekanismin.)

Kysymyksen hankaluutta lisää William Vickreyn (1961, 1962) havainto, että englantilainen huutokauppa on teoriassa yhtä tuottoisa kuin kolme muuta tunnettua huutokauppaa; *hollantilainen huutokauppa*, jossa hintaa laskeaan myyjän asettamasta korkeasta lähtöhinnasta kunnes ensimmäinen ostaja tekee sitä vastaavan tarjouksen, voittaa kaupan ja maksaa tarjouksensa, ensimmäisen hinnan huutokauppa, jossa tarjoukset tehdään samanaikaisesti, korkeimman tarjouksen esittänyt voittaa ja maksaa tarjouksensa määräämän hinnan, sekä *toisen hinnan huutokauppa*, jossa tarjoukset tehdään samanaikaisesti ja korkeimman tarjouksen esittänyt voittaa mutta maksaa ainoastaan toiseksi korkeimman tarjouksen määräämän hinnan.

Roger Myerson (1981) jatkoi Vickreyn analyysiä todistamalla vieläkin yleisemmän ekvivalenssituloksen: jokainen samalla tavoin (esim. tehokkaasti) hyödykkeen allokoiva kau-

pankäyntimekanismi on yhtä tuottoisa myyjän kannalta. Tämä implikoi Vickreyn tuloksen, sillä hänen tutkimassaan asetelmassa englantilainen, hollantilainen, ensimmäisen hinnan ja toisen hinnan huutokauppa allokoivat hyödykkeen tehokkaasti.

Myerson osoitti myös, että huutokauppojen ekvivalenssi on varsin herkkä alla oleville oletuksille, sillä niiden allokaatio-ominaisuudet ovat riippuvia asetelman yksityiskohdista, esimerkiksi huutajien prioriuskomusten täsmällisestä olemuksesta. Tämä on ongelmallista sillä Robert Wilsonin määrittelemä ja laajalti hyväksytty periaate (joka tunnetaan *Wilsonin doktriinina*) edellyttää, että instituutioita koskevien johtopäätöstemme ei tule nojata asetelman yksityiskohtiin, varsinkaan sellaisiin, joita emme voi suoraan havaita. Tämä tärkeä periaate on määritelty mekanismien suunnittelun modernia teoriaa. Myös nyt palkittu tutkimus pitkälti läpäisee Wilsonin vaatimuksen.

Vickreyn ja Myersonin mallinnusta yksinkertaistava mutta varsin rajoittava oletus on, että ostajien myytävään hyödykkeeseen kohdistamat arvostukset, esim. heidän preferenssinsä, ovat *yksityisiä* ja *riippumattomia* toisistaan. Milgromin ja Wilsonin tärkeä oivallus on, että tämä oletus on kriittinen. He näyttävät, että *arvostusten keskinäinen riippuvuus* on, yhdessä epätäydellisen informaation kanssa, seikka, joka saattaa huutokaupat ymmärrettäviksi ja joka huomioiden niitä on syytä muotoilla.

Arvostusten riippuvuus on luonnollinen piirre sellaisille huutokauppa-asetelmille, jossa kaupan kohteeseen liittyy taloudellisia intressejä, esimerkiksi jälkimarkkinat tai tuotto-odotukset. Tällaisia ovat vaikkapa arvotavarat, öljynporausoikeudet, radiotaajuuslisenssit tai finanssi-instrumentit.

¹ Termin "auction" etymologia on latinan "kasvavaa" tarkoittavassa sanassa "auctus".

4. Voittajan kirous

Wilson (1969, 1977) tutki yhteisten arvostusten ongelmaa tilanteessa, jossa öljy-yhtiöt tekevät tarjouksia öljynporausoikeuksista. Näissä artikkeleissa, joita on myöhemmin kutsuttu ”mineeraalioikeuksien malliksi”, hän analysoi huutokauppateorian kannalta keskeistä *voittajan kirous* -ilmiötä.²

Wilsonin tavoite oli selittää sitä empiiristä kummallisuutta, että Meksikonlahden öljynporausoikeudet eivät keskimäärin olleet kannattavia niistä tarjouksia tehneille öljy-yhtiöille. Wilsonin malli perustuu huomioon, että öljy-yhtiöillä oli ennen tarjouskilpailuun osallistumista yksityistä tietoa öljyvarannon suuruudesta. Tämä koeporausten tuottama signaali oli kuitenkin epätäydellinen. Wilsonin oivallus oli, että informatiivinen mutta epätäydellinen signaali porausoikeuksien arvosta johti tarjouskäyttäytymiseen, jossa voittajaksi seuloituiivat systemaattisesti eniten pieleen menneen arvion tehneet yritykset. Tästä ilmiön nimi ”voittajan kirous”.

Havainto myös yleistyy. Yhteisten arvostusten huutokaupoissa voittajaksi valikoituu systemaattisesti tarjoaja, jolla on vinoutunut priorikäsitys huudettavan hyödykkeen arvosta.

On syytä korostaa, että voittajan kirouksessa ei ole kyse vinoumasta ostajien informaatioissa – esimerkiksi Wilsonin mallissa se on harhatonta – vaan huutokauppamekanismien ominaisuudesta. Voittajien valikoituminen tarjoushalukkuuden perusteella vinouttaa automaattisesti lopputulemaa. Ilman tämän mekanismin huomioimista huutajat tekevät systemaattisesti liian korkeita tarjouksia. Pahimassa tapauksessa tarjoukset ylittävät syste-

maattisesti myytävän hyödykkeen arvon, kuten on havaittu öljynporausoikeuksia koskevien huutokauppojen lisäksi tapahtuvan mm. urheilijoiden (Cassing ja Douglas 1980) tai teknologista epävarmuutta sisältävien urakoiden (Quirk ja Terasawa 1984) huutokaupoissa.

Voittajan käänteinen valikoituminen ei tietenkään ole koko tarina, sillä rationaaliset huutajat ottavat ilmiön huomioon tarjouskäyttäytymisessään. Tämä on Milgromin ja Wilsonin teorian kantava ominaisuus.

On hyödyllistä tarkastella rationaalista tarjouskäyttäytymistä formaalimmin. Oletamme tilanteen, jossa hyödykkeen arvo v on epävarma mutta sama kaikille tarjoajille, joiden lukumäärä on $n > 2$ (olkoon v :n jakauma tunnettu). Oletamme myös, että edustava tarjoaja saa v :sta harhattoman mutta riippumattoman signaalin x joka on korreloitunut v :n kanssa, esim. $v = x + \varepsilon$ missä ε on riippumaton satunnaismuuttuja, jolla on odotusarvo 0 (ks. kuvio 1). Koska signaalit ovat korreloituneet v :n kanssa, ne ovat myös keskenään korreloituneet, eikä Myersonin yksityisten ja riippumattomien arvostusten analyysi enää päde.

Edustavan ostajan odotusarvo hyödykkeelle perustuu hänen harhattomaan signaaliinsa x

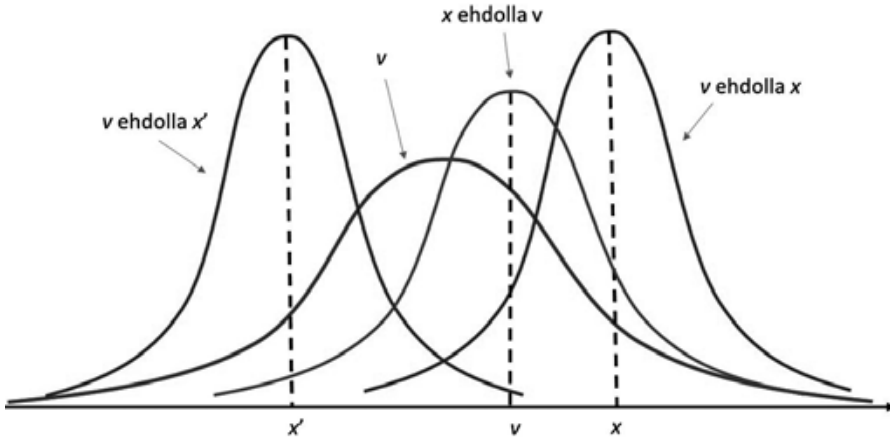
$$E [v | x] = x.$$

Tarkastelkaamme toisen hinnan huutokaupan Bayes-Nash tasapainoa. Vickreyn (1961) perusteella ensimmäinen ajatuksemme on, että ostajan optimaalinen tarjous on totuudenmukaisesti sama kuin hänen signaalinsa x . Ajatus on kuitenkin virheellinen, sillä se johtaisi altistumiseen voittajan kiroukselle.

Nähdäksemme miksi, olkoon ostajien (symmetrinen) tarjousstrategia b kasvava x :n funktio. Silloin huutokaupan voittaa ostaja, jonka

² Capen, Clapp ja Campbell (1971).

Kuva 1: Harhattomat signaalit ja niiden virittämät uskomukset.



signaali on korkein.³ Tällöin voittajan hyödykkeelle asettama odotusarvo on ehdollinen myös sille tosiasialle, että hänen signaalinsa oli korkein.

Olkoon y_1, \dots, y_{n-1} muiden tarjoajien signaalit suuruusjärjestyksessä (y_1 suurin). Koska x, y_1, \dots, y_{n-1} ovat korreloituneita $v:n$ kanssa, $y_1 < x$ implikoi (Milgrom 1979):

$$E[v | x \text{ ja } x > y_1] < E[v | x].$$

Oman signaalin huutaminen johtaisi voittoon ainoastaan niissä tapauksissa, joille ehdollistettuna hyödykkeen odotusarvo on pienempi kuin sen odotusarvo omaan signaaliin perustuen. Siksi oman signaalin huutaminen johtai-

si automaattisesti voittajan kirouksen materialisoitumiseen.

Mikä sitten olisi rationaalisen ostajan tarjousstrategia? Koska huutokaupan voittaminen on aina ”huono uutinen”, ja osoittaa, että ostaja on tullut arvioineeksi hyödykkeen arvon korkeammaksi kuin muut, hänen kannattaa välttää voittamista. On otettava huomioon, mitä informaatiota pitää sisällään se, että voittaa kaupan. Esimerkiksi toisen hinnan huutokaupassa tämä palautuu symmetriseen tarjousstrategiaan b , jossa signaalilla x varustetun ostajan tarjous on (esim. Krishna 2002):

$$b(x) = E[v | x \text{ ja } x = y_1]$$

Ostajan ei tällöin kannata muuttaa tarjousta koska poikkeama vaikuttaa huutokaupan voittoon ainoastaan siinä tapauksessa, että toiseksi korkein signaali on yhtä suuri kuin hänen omansa (koska b on kasvava) jolloin hänen tuottoensa (hyödykkeen odotettu arvo – tarjous)

³ Milgrom (1981) näytti, että riittävä ehto tarjousten monotonisuudelle on signaalijakaumien monotoninen uskottavuussubde-ominaisuus (monotone likelihood ratio property), joka karkeasti tarkoittaa, että korkean signaalin todennäköisyys kasvaa hyödykkeen arvon kasvaessa.

on nolla. Signaalien korreloituneisuudesta ja siitä, että $n > 2$ seuraa, että

$$b(x) < E [v | x].$$

Tulos havainnollistaa, että järkevät ostajat ottavat sofistikoituneella tavalla huomioon muiden ostajien informaation. Toisen hinnan huutokaupassa tämä edellyttää sen arvioimista, mitä tarkoittaa hyödykkeen arvolle, että toiseksi korkein signaali juuri ohittaa oman. Koska silloin muut signaalit ovat vielä alhaisempia, merkitsee että keskimäärin oma arvio hyödykkeen arvosta on liian korkea. Voittajan kirouksen välttäminen edellyttää silloin tarjouksen alentamista omasta etukäteisarviosta. Ostajien varovaisuus puolestaan vaikuttaa huutokaupan tuottoisuuteen.

Mutta kaikki huutokaupat eivät tässä suhteessa ole samankaltaisia. Kysymys on mekanismin informatiivisuudesta: mitä enemmän ostajilla on käytettävissään informaatiota, sitä vähemmän heidän tarvitsee murehtia liian korkean tarjouksen tekemisestä. Milgromin ja Wilsonin teorian pääopetus onkin, että huutokauppa-mekanismien tuottoisuutta voidaan arvioida niiden informatiivisuuden perusteella.

5. Linkityspeeriaate

Nojaten Wilsonin identifioimaan voittajan kirouksen ongelmaan, Milgrom kehitti teorian ostajien tarjouskäyttäytymisestä. Teorian ytimessä on informaation ja tarjouskäyttäytymisen yhteyden määrittely. Milgromin päätulos, nk. *linkityspeeriaate* (linkage principle) antaa täsmällisen informatiivisuuskriteerin, jonka perusteella huutokauppojen keskinäistä tuottoisuutta voi-

daan vertailla (Milgrom ja Weber, 1982a,b, ks. myös Milgrom 1981, 1985).

Tarkastelemme seuraavaksi linkityspeeriaattea formaalisti. Oletamme huutokaupan A olevan *standardimuotoa*, jossa korkein tarjous voittaa aina. Muuta kantaa emme toistaiseksi ota mekanismin olemukseen, esimerkiksi pelin dynaamiseen rakenteeseen.

Tutkimme symmetristä alkuasetelmaa, jossa n ostajaa ovat ennen signaalinsa havaitsemista samankaltaisia. Oletamme symmetrian nojalla, että ostajat käyttävät tasapainossa samaa tarjousstrategiaa b , joka on edustavan ostajan signaalin x kasvava funktio. Symmetrian perusteella myyjän odotettu tuotto on yksittäisen ostajan maksu niissä tilanteissa, joissa hän voittaa hyödykkeen (joku voittaa aina).

Myyjän tuottojen tarkasteluun siis riittää yksittäisen ostajan odotettujen maksujen identifiointi ehdolla, että hän voittaa. Olkoon $W^A(z, x)$ tyypillisen ostajan odotettu maksu myyjälle niissä tilanteissa, joissa hän voittaa huutokaupan kun hänen todellinen signaalinsa on x mutta hän käyttäytyy kuin hänen signaalinsa olisi z . Esimerkiksi ensimmäisen hinnan huutokaupassa ($A=I$)

$$W^I(z, x) = b(z),$$

eli ostaja voittaessaan maksaa oman tarjouksensa. Toisen hinnan huutokaupassa ($A=II$) sen sijaan

$$W^{II}(z, x) = E [b(y_1) | x \text{ ja } y_1 < z],$$

missä y_1 on korkein muiden ostajien signaali, eli ostaja maksaa voittaessaan toiseksi korkeimman tarjouksen. Määritelmä perustuu oletukseen, että ostajien tarjousstrategiat ovat

kasvavia signaaliensa suhteen, mikä edellyttää rakennetta signaaleja generoivalta rakenteelta.

Merkitsemme alaindeksein W :n osittaisderivaattoja ensimmäisen ja toisen argumenttinsa suhteen. Linkitysperiaate voidaan nyt muotoilla seuraavasti.

Teoreema 1 (linkitysperiaate) *Olkoon standardihuutokaupoilla A ja B symmetriset, kasvavat tasapainostrategiat. Jos*

$$W^{A_2}(x, x) \geq W^{B_2}(x, x)$$

kaikille signaaleille x ,

$$W^A(0, 0) = W^B(0, 0) = 0,$$

silloin huutokaupan A odotettu tuotto myyjälle on vähintään yhtä korkea kuin B :n.

Linkitysperiaate ottaa kantaa siihen, kuinka voimakkaasti ostajan informaatio on kytkeytynyt hintaan, jonka hän tasapainossa maksaa myyjälle voittaessaan tarjouskilpailun. Oleellista on, miten ostajan informaatio vaikuttaa hintaan, vaikka hän ei muuttaisi omaa strategiaansa lainkaan. Mikäli hänen maksunsa kasvavat mekanismin sisäisten kytkösten kautta, ostajan informaatioylijäämä vähenee ja vastaavasti myyjän tuotot kasvavat. Ääritapauksessa, jossa signaalit ovat tilastollisesti riippumattomia, ostajan oma signaali ei viesti mitään hintoihin vaikuttavista muiden ostajien valinnoista ja silloin kaikki standardihuutokaupat ovat yhtä tuottoisia myyjälle.

Hyödyllinen tapa hahmottaa linkitysperiaate on voittajan kirouksen kautta. Mitä enemmän mekanismi tuottaa informaatiota hyödykkeen todellisesta arvosta, sitä vähemmän varovaisuutta ostajien tarjouskäyttäytymiseltä edellytetään, ja sitä aggressiivisemmin he kilpaile-

vat hyödykkeestä. Informaation lisääminen vähentää ostajien kykyä hyötyä yksityisen informaation tuomasta ”monopolivoimastaan”.

On syytä korostaa linkitysperiaatteen yleisyyttä, sillä se ei edellytä asetelmalta muuta kuin symmetriset tuottoa maksimoivat ostajat ja kasvavat monotoniset tarjousstrategiat (sekä signaalien yleisesti tunnetun ehdollisen jakuman). Teoreeman todistus nojaa syvälliseen verhoikäyräargumenttiin, jota kuljetetaan diagonaalilla $\{(x, x)\}$. Tämä diagonaaliominaisuus tekee linkitysperiaatteesta käytännöllisen työkalun huutokauppojen arvioinnissa.

Erityisen hyödyllinen linkitysperiaate on tilanteessa, jossa ostajien signaalit ja hyödykkeen arvo ovat *affilioituneet*.⁴ Kyseessä on voimakas ja varsin laajaan jakaumaperheeseen soveltuva muuttujien korrelaatio-ominaisuus, joka ei huutokauppojen tapauksessa edellytä signaalien ehdollista riippumattomuutta (kuten edellisessä luvussa oletettiin). Affiliaatio tarkoittaa karkeasti sitä, että ostaja saa korkeamman (matalamman) signaalin todennäköisemmin silloin, kun hyödykkeen arvo ja muiden ostajien signaalit ovat korkeita (matalia). Signaalien affilioituneisuus implikoi ehdollisille signaalijakaumille monotonisen uskottavuussuhde -ominaisuuden. Siten affilioituneudesta seuraa kasvavat tarjousstrategiat.

Voimme linkitysperiaatteen avulla johtaa selkeäpiirteisen ja huomattavan yleisen huutokauppojen paremmuusjärjestyksen. Esimerkiksi ensimmäisen hinnan huutokaupassa ($A = I$) jokaiselle z pätee

⁴ Olkoon $x \in \mathbb{R}^k$ satunnaismuuttuja, jolla tiheysfunktio f . Muuttuja x on affilioitunut, jos $f(x \vee y)f(x \wedge y) \leq f(x)f(y)$ kaikille $x, y \in \mathbb{R}^k$, missä $x \vee y = (\max\{x_i, y_i\}, \dots, \max\{x_k, y_k\})$ ja $x \wedge y = (\min\{x_i, y_i\}, \dots, \min\{x_k, y_k\})$.

$$W^I_2(z, x) = db(z)/dx = 0.$$

Sen sijaan toisen hinnan huutokaupassa ($A = II$) tyypilliselle z toteutuu

$$W^{II}_2(z, x) = dE [b(y_1) | x \text{ ja } y_1 < z]/dx > 0,$$

sillä signaalien affilioituneisuudesta ja tarjousstrategian monotonisuudesta johtuen odotettu toiseksi korkein tarjous kasvaa kun ostajan signaali kasvaa. Linkitysperiaatteen perusteella voimme siis sanoa, että toisen hinnan huutokauppa on tuottoisampi myyjälle kuin ensimmäisen hinnan huutokauppa.

Linkitysperiaatteesta seuraa myös, että minkä tahansa affilioituneen informaation tuottaminen ostajille lisää huutokaupan tuottoisuutta. Olkoon s hyödykkeen arvon ja ostajien signaalien kanssa affilioitunut satunnaismuuttuja. Argumentoimme, että myyjän kannattaa paljastaa s :n arvo ostajille.

Tarkastelemme ensimmäisen hinnan huutokauppaa informaatiolla s ($A = *$). Olkoon $b(s, x)$ ostajan tarjousstrategia ehdolla hänen oma signaalinsa x ja myyjän paljastama s . Koska s on affilioitunut v :n kanssa (kuten myös x), b on kasvava molempien argumenttiensa suhteen. Ostajan odotettu maksu myyjälle ehdolla, että hän voittaa tarjouskilpailun on nyt

$$W^*(z, x) = E [b(s, z) | x].$$

Muuttujien x ja s affilioituneisuudesta seuraa, että

$$W^*_2(z, x) \geq 0,$$

sillä b on kasvava s :n suhteen joka saa suurempia arvoja suuremmalla todennäköisyydellä kun x kasvaa. Koska $W^I_2(z, x) = 0$, linkitysperi-

aatteesta seuraa, että signaalin s paljastaminen ostajille ensimmäisen hinnan huutokaupassa on (heikosti) kannattavaa myyjälle.

Edelliset tarkastelut yhdistämällä voimme sanoa huutokauppojen järjestyksestä vieläkin enemmän. Vaikka englantilainen huutokauppa on riippumattomien arvostusten tapauksessa strategisesti ekvivalentti toisen hinnan huutokaupan kanssa, se ei ole sitä yhteisten arvostusten ja affilioituneiden signaalien vallitessa. Olkoon y_1, \dots, y_{n-1} muiden kuin edustavan ostajan signaalit suuruusjärjestyksessä (y_1 korkein). Voimme nyt laatia ostajan tarjousstrategian b , joka on ehdollinen paitsi hänen signaalilleen myös jo pudottautuneiden ostajien viimeisille tarjouksille. Koska b on kasvava, ostaja voi päätellä viimeisestä tarjouksesta poisjääneen ostajan signaalin. Siten b voidaan kirjoittaa rekursiivisesti muotoon (y_1, \dots, y_{n-1}) , missä y_1, \dots, y_{n-1} ovat pois pudottautuneiden $k < n-1$ ostajan arvostukset. Jos ostaja voittaa huutokaupan, välttämättä $y_1, \dots, y_{n-1} < z$. Siksi viimeisen ostajan voitettava tarjous on ehdollistettu kaikkien muiden ostajien signaaleille y_1, \dots, y_{n-1} ja on muotoa $b(y_1, \dots, y_{n-1}, x)$.

Signaalin x omaavan ostajan odotettu maksu myyjälle englantilaisessa huutokaupassa ($A = E$) kun hän voittaa käyttäytyessään kuin hänen signaalinsa olisi z voidaan nyt kirjoittaa

$$W^E(z, x) = E [b(y_1, \dots, y_{n-1}, x) | x, y_1, \dots, y_{n-1}, \text{ ja } y_1, \dots, y_{n-1} < z].$$

Koska vastaavan ostajan odotettu maksu myyjälle toisen hinnan huutokaupassa on

$$W^E_2(z, x) \geq W^I_2(z, x),$$

englantilaisen huutokaupan viimeinen hinta on ehdollistettu useammalle signaalille kuin toisen

hinnan huutokaupan. Muuttujien z ja y_1, \dots, y_{n-1} affiliiotuneisuudesta seuraa, että

$$W^{E_2}(z, x) \geq W^I_2(z, x),$$

sillä b on kasvava kaikkien muuttujien y_1, \dots, y_{n-1} suhteen, jotka saavat suurempia arvoja suuremmalla tilastollisella todennäköisyydellä kun x kasvaa.

6. Johtopäätöksiä

Linkitysperiaatteen nojalla voimme siis päätellä täsmällisen paremmuusjärjestyksen huutokaupoille:

- englantilainen huutokauppa
- ≥ toisen hinnan huutokauppa
- ≥ ensimmäisen hinnan huutokauppa
- = hollantilainen huutokauppa.

Milgromin teoria perustelee, miksi nousevan hinnan huutokaupat ovat erityisen tuottoisia mekanismeja. Tämä myös selittää niiden laajan suosion. Samalla linkitysperiaate kertoo, että myyjä voi lisätä tuottojaan lisäämällä informaatiota markkinoilla tai kytkemällä hyödykkeen hinnan sen todelliseen arvoon esimerkiksi rojaltien, kuntotarkastuksen, vakuutuksen, tai palautusoikeuden muodossa.

On tärkeää noteerata, että informaation hyödyllisyys ei Milgromin mallissa liity lainkaan päätöksentekijöiden riskinkaihtamiseen, vaan strategisen käyttäytymisen ja kilpailun aiheuttaman valikoitumisharhan väliseen yhteyteen. Kilpailu lisää myyjän tuottoja, mutta valikoitumisharha vähentää ostajien halua osallistua kilpailuun. Hyvät mekanismit lisäävät edellistä vähentämällä jälkimmäistä. Kes-

keinen keino tähän on ostajien informaation lisääminen.

On myös syytä huomata, että mallissamme ostajien arvostukset ovat yhteisiä ja hyödyke siirtyy aina ostajan kulutettavaksi. Siksi yhteenlasketun hyödyn määrä pysyy vakiona kaikissa huutokaupoissa (= v), mikä merkitsee, että asetelma on nollasummapelejä: myyjän tuotot ovat ostajien tappioita. Siksi huutokauppojen paremmuusjärjestys on ostajien kannalta käänteinen: epäinformatiivisin ensimmäisen hinnan huutokauppa tuottaa heille keskimäärin suurimman ylijäämän. Samalla ostajien kannalta olisi hyödyllisintä, että myyjä luovuttaisi mahdollisimman vähän informaatiota huutokaupan kohteesta. Ilmiön tulkinta on, että ostajien edellytykset hyötyä yksityisestä informaatiostaan – heidän informaatioylijäämänsä – on sitä suurempaa, mitä enemmän heillä on monopolivoimaa suhteessa myyjään. Tämä vähenee informaation lisääntyessä ja kilpailun kiristyessä. Ostajien intresseissä onkin hieman paradoksaalisesti mahdollisimman suuri altistus voittajan kiroukselle. Tämä luonnollisesti edellyttää, että osapuolet tulkitsevat tilanteen oikein eivätkä lankea siihen.

On syytä alleviivata Milgromin teorian nerokkuutta. Se yhdistää syvällisesti taloudelliset kannustimet, tasapainoajattelun, informaation ja oppimisen. Samalla malli on hyvin yleinen, olettaen substantiaalisesti ainoastaan signaalien affiliaation, mikä kaupankäyntiasetemien piirteinä on varsin luonteva. Linkitysperiaatetta voidaan perustellusti pitää eräänä modernin talousteorian merkittävimmistä tuloksista.

Milgromin teoria tarjoaa myös hyvän lähtökohdan kaupankäyntimekanismien suunnittelulle uusissa olosuhteissa. Linkitysperiaatteen erityispiirre on, että sen opetukset ovat hyvin konkreettisia ja voimakkaita (paljasta infor-

maatiota niin paljon kuin mahdollista). Linkitysperiaate on siksi käyttökelpoinen esimerkiksi useiden hyödykkeiden kuten radiotaajuuksien huutokaupoissa. Esimerkiksi FCC:n organisoimaa kauppaa varten kehitetty *simultaneous ascending auction* nojaa linkityspeeraatteeeseen (ks. Milgrom 2000, 2004, 2007).

7. Muita kontribuutioita

Milgrom ja Wilson ovat talousteorian suurnimiä myös huutokauppateorian ulkopuolella. Luettelemme alla muutamia heidän tutkimuksiaan, joiden merkitys kirjallisuuteen on ollut suuri ja joilla on tavalla tai toisella kytkös käsillä olevaan palkintoon.

Milgromin eniten viittauksia kerännyt tutkimuspaperi ei kenties yllättäen liity huutokauppoihin vaan organisaatioteoriaan. Yhdessä Bengt Holmströmin kanssa laadittu ”multitasking”-tutkimus (Holmström ja Milgrom 1991) osoittaa, että maailmassa, jossa agentin toiminnalla on monta ulottuvuutta, joista joitakin on vaikea valvoa, ei välttämättä ole järkevää ehdollistaa palkitsemisjärjestelmää edes niille tehtäville, joita voidaan valvoa. Ne saattavat vääristää kannustimia pois tehtävistä, joita pidetään tärkeinä ja joihin agentilla on kenties ”kutsumus”. Tämä saattaa selittää, miksi monissa ammateissa (opettaja, pappi, sairaanhoitaja jne.) kannustinjärjestelmät ovat yleensä maltillisia.

Holmström ja Milgrom (1987) laajentavat kannustinten tutkimuksen intertemporaaliseen asetelmaan. He vastaavat hankalaan kysymykseen, miksi reaali maailman sopimusten kannustinrakenteet ovat usein lineaarisia, vaikka sellaiset eivät tyypillisesti ole optimaalisia. He näyttävät, että lineaariset sopimukset ovat

optimaalisia dynaamisessa maailmassa, jossa agentilla on mahdollisuus reagoida toimintansa aikaisempiin yli ajan.

Milgrom ja Stokey (1982) johtivat nk. *no trade* -teoreeman, joka osoittaa, että spekulatiolle ei ole tilaa rationaalisessa maailmassa, jota luonnehtii yhteinen prioriuskusjärjestelmä. He osoittivat että mikään määrä epäsymmetristä informaatiota ei mahdollista kaupankävijöiden ”huijaamista” nollasummapelitilanteessa edes odotusarvomieleessä. Rahoitusmarkkinoiden mallinnuksen tulee siis perustua toiminnasta saataviin todellisiin hyötyihin. Periaate myös yleistyy ja on määritellyt voimakkaasti talousteorian kehitystä.

Milgrom ja Roberts (1990, 1994) ja Milgrom ja Shannon (1994) kehittivät *supermodulaaristen* pelien teoriaa. Supermodulaariset pelit ovat asetelmien luokka, joita karakterisoi valintojen strateginen komplementaarisuus. Supermodulaariset pelit ovat kiinnostavia, sillä niiden tasapainot käyttäytyvät hyvin (ja useat tasapainokäsitteet johtavat samoihin lopputulemiin), ja pelaajien optimistrategiat ovat johdettavissa mekaanisia dominanssiargumentteja hyväksi käyttäen. Supermodulaaristen pelien tasapainostrategiat ovat myös opittavissa varsin suoraviivaisesti, mikä tekee niihin liittyvistä ennusteista empiirisesti robusteja. Milgromin tulosten hyödyllisyyttä korostaa, että supermodulaaristen asetelmien joukko pitää sisällään huomattavan monia taloudellisesti relevantteja sovelluksia, esimerkiksi huutokaupat.

Kuuluisassa ”Gang of Four” -artikkelissa Kreps, Roberts, Milgrom ja Wilson (1982) analysoivat kokeellisessa tutkimuksessa usein tehtyä havaintoa, jonka mukaan subjektit eivät valitse dominoivaa strategiaa äärellisesti toistetussa vangin dilemma -pelissä, kuten teorian

mukaan heidän pitäisi, vaan he pyrkivät yhteistyöhön. Kreps ym. osoittavat, että tämä hämmentävä havainto voi selittyä pienellä määrällä epätäydellistä informaatiota pelaajien valinnan vaihtoehtoista, preferensseistä tai uskomuksista. Tulos havainnollistaa, kuinka herkkiä mallin tulokset voivat olla sen yksityiskohdille. Samalla artikkeli synnytti rikkaan kirjallisuuden maineenmuodostuksesta dynaamisissa asetelmissä.

”Wilson-doktriinissaan” Wilson (1987) toivookin lujatekoisuutta (robustisuutta) peliteorialta ja mekanismien suunnittelun teorialta. Peliteorian keskeinen piirre on keskenään konsistenttien strategioiden analyysi, mikä edellyttää pelaajilta täydellistä ymmärrystä toisensa strategioista. Tämä tarkoittaa, että strategiat voivat olla voimakkaan riippuvaisia mallin yksityiskohdista – esimerkiksi uskomuksia kuvaavista todennäköisyysjakaumista. Wilsonin mielestä tasapainoennusteita ei silloin voi pitää kovin käyttökelpoisina. Peliteorian ja mekanismien suunnittelun tulisikin pyrkiä robustisuuteen siinä, että ratkaisut ja tulokset pätsivät myös heikennetyille oletuksille uskomuksista ja jaetun tiedon oletuksista (common knowledge). Tämä näkökulma, joka on vahvasti läsnä modernissa mekanismien suunnittelun kirjallisuudessa, korostaa myös esimerkiksi Milgromin supermodulaaristen pelien parissa tekemän työn merkitystä.

Wilsonilla on auktoriteettia esittää yllä mainittu toive myös siksi, että hänen yhdessä David Krepsin kanssa määrittelemänsä (Kreps ja Wilson 1982) tasapainokäsite, *sekventiaalinen tasapaino*, on eräs painavimmista ja yleisimmistä epätäydellisen informaation pelien ratkaisukäsitteistä. Se edellyttää, että pelaajien strategiat ja niistä johdetut uskomukset ovat keskenään konsistentteja, ja että valinnat ovat optimaalisia

ja rationaalisia kaikissa pelin vaiheissa. Käsitteen keskeinen piirre on uskomusten konsistenttisuusehdon määrittelemineen myös ”tasapainon ulkopuolisille” tulemille. Merkittävä sekventiaalisen tasapainon ominaisuus on sen olemassaolo hyvin laajassa joukossa asetelmia. Toisin kuin muut yleisesti käytössä olevat ratkaisukäsitteet, esimerkiksi täydellinen bayesilainen tasapaino, Krepsin ja Wilsonin ratkaisu ei edellytä rajoitteita tekojen havaittavuudelle. Tämä tekee siitä poikkeuksellisen laajasti sovellettavan tasapainokäsitteen.

Kenties tärkein Robert Wilsonin kontribuutio talousteoriaan ei kuitenkaan palaudu hänen tieteelliseen työhönsä vaan hänen toimintaansa tutkimusohjaajana ja opettajana. Hänen oppilaisiinsa kuuluvat mm. Paul Milgrom ja jo aiemmin Nobel-palkitut Bengt Holmström ja Alvin Roth. Heidän kauttaan Wilson asetti agendan, joka on määrittänyt modernin talousteorian kehitystä. Voidaan perustellusti arvioida, että Wilson oli keskeinen toimija talousteorian murroksessa 1980/90 -luvulla, jolloin epätäydellinen informaatio, sopimusteoria ja mekanismin suunnittelun teoria muodostivat uuden teorian rungon. □

Kirjallisuus

- Capen, E. C., Clapp, R. V. ja Campbell, W. M. (1971), “Competitive bidding in high-risk situations”, *Journal of Petroleum Technology* 23: 641–643.
- Cassing, J. ja Douglas, R. (1980), “Implications of the auction mechanism in baseball’s free agent draft”, *Southern Economic Journal* 47: 110–121.
- Holmström, B. ja Milgrom, P. (1987), “Aggregation and linearity in the provision of intertemporal incentives”, *Econometrica*, 55: 303–328.

- Holmström, B. ja Milgrom, P. (1991), "Multitask principal-agent analyses: Incentive contracts, asset ownership and job design", *Journal of Law, Economics, & Organization* 7: 303–328.
- Kreps, D., Milgrom, P., Roberts, J. ja Wilson, R. (1982). "Rational cooperation in the finitely repeated prisoners dilemma", *Journal of Economic Theory* 27: 245–252.
- Kreps, D. ja Wilson, R. (1982), "Equilibria", *Econometrica* 50: 863–894.
- Milgrom, P. (1979), "A convergence theorem for competitive bidding with differential information", *Econometrica* 47: 679–688.
- Milgrom, P. (1981), "Rational expectations, information acquisition, and competitive bidding", *Econometrica* 49: 921–943.
- Milgrom, P. (1989), "Auctions and bidding: A primer", *The Journal of Economic Perspectives* 3: 3–22.
- Milgrom, P. (2000), "Putting auction theory to work: The simultaneous ascending auction", *Journal of Political Economy* 108: 245–272.
- Milgrom, P. (2004), *Putting Auction Theory to Work*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Milgrom, P. (2007), "Package auctions and exchanges", *Econometrica* 75: 935–965.
- Milgrom, P. ja Roberts, J. (1990), "Rationalizability and learning in games with strategic complementarities", *Econometrica* 58, 1255–1278.
- Milgrom, P. ja Roberts, J. (1994), "Comparing equilibria", *American Economic Review* 84: 441–459.
- Milgrom, P. ja Shannon, C. (1994), "Monotone comparative statics", *Econometrica* 62, 157–180.
- Milgrom, P. ja Stokey, N. (1982), "Information, trade and common knowledge", *Journal of Economic Theory* 26: 17–27.
- Milgrom, P. ja Weber, R. (1982a), "The value of information in a sealed bid auction", *Journal of Mathematical Economics* 10: 105–114.
- Milgrom, P. ja Weber, R. (1982b), "A theory of auctions and competitive bidding", *Econometrica* 50: 1089–1122.
- Myerson, R. (1981), Optimal Auction Design, *Mathematics of Operations Research* 6: 58–73.
- Quirk, J. ja Terasawa, K. (1984), "The Winner's Curse and Cost Estimation bias in Pioneer Projects", Social Science Working Paper No. 512, California Institute of Technology.
- Vickrey, W. (1961), "Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders," *Journal of Finance* 16: 8–37.
- Wilson, R. (1967), "Competitive bidding with asymmetric information," *Management Science* 13, 816–820.
- Wilson, R. (1977), "A bidding model of perfect competition," *Review of Economic Studies* 4: 511–518.
- Wilson, R. (1979), "Auctions of shares", *The Quarterly Journal of Economics* 93: 675–689.
- Wilson, R. (1987), "Game theoretic analysis of trading processes", teoksessa Bewley, T. (toim.), *Advances in Economic Theory*, Cambridge University Press, Cambridge.