

torin yritykset noudattavat optimaalista palkka- ja työllisyyspolitiikkaa ottaen huomioon uusien työntekijöiden työhönnotto- ja koulutuskustannukset ja työpaikan hakijoiden määrän. Muutoin malli on samanlainen kuin neljännessä esseessä. Hän osoittaa, että talouden dynaaminen käytös eksogeenisen hyödykehinnan nousun jälkeen riippuu paljon marginaalisista työhönnotto- ja koulutuskustannuksista, sektoreiden välisen työvoiman liikkuvuuden asteesta ja palkkojen sopeutumisen nopeudesta. So-

peutumisura voi olla stabiili palkkojen ja työllisyyden sopeutuessa yli tai ali pitkäaikaisen tasapainon- sa tai se voi olla stabiili rajasykli pitkäaikaisen työttömyydetasapainon ympärillä. Nämäkin ovat mielenkiintoisia ja osittain uusia tuloksia.

Suosittelen tätä monografiaa kaikille, jotka ovat kiinnostuneita avoimessa taloudessa tapahtuvien rakennemuutosten teoriasta.

Horst Herberg

Väitöskirja CES- ja par-tekniologioista

Lauri Tenhunen: »The CES and par production techniques, income distribution and the neoclassical theory of production», Acta Universitatis Tampereensis, ser. A, vol. 290, Tampere 1990.

Erilaisten tuotantofunktiomuotojen johtaminen on ollut keskeinen alue tuotantoteoreettista tutkimusta, joskin niitä funktiomuotoja, jotka ovat jääneet elämään empiirisessä tutkimuksessa on huomattavasti vähemmän kuin teoreettisissa töissä kehitettyjä tuotantofunktioita.

Voidaan havaita ainakin neljä eri tapaa, joilla tutkijat ovat johtaneet uusia tuotantofunktioita. Ensinnäkin voidaan valita funktiomuoto, joka empiirisesti »istuu» hyvin tutkittavaan aineistoon. Niinpä Cobb-Douglas tuotantofunktion historia on se, että matemaatikko *Cobb* ehdotti ekonomisti *Douglasille* logaritmisesti lineaarisen funktion soveltamista. (Aiemmin tämä funktio muoto tosin esiintyi jo *Wicksellin* ja *Wicksteedin* töissä).

Toinen tapa johtaa tuotantofunktio on lähteä jostakin siltä toivotusta teoreettisesta ominaisuudesta, joka tutkijan mielestä on tärkeä. CES-funktio voitiin johtaa lähtemällä oletuksesta, että työn ja pääoman substituutiojousto on vakioinen, mutta ykkösestä poikkeava. Samankaltaista lähestymistapaa käyttäen on johdettu erilaisia VES-funktioita, joissa oletetaan se tapa, jolla substituutiojousto riippuu panosten määristä. Monia muitakin yleistyksiä tuotantofunktioista on johdettu näin.

Kolmas tapa, jota ei kuitenkaan liene käytetty funktioiden johtamisessa vaan pikemminkin muilla tavoin johdettujen funktiomuotojen tulkinnassa,

on tuotantofunktion tulkinta keskiarvona tuotantopanosten määristä. Cobb-Douglas funktio on geometrinen keskiarvo ja myös CES funktiolle on annettu keskiarvotulkinta.

Neljäs tapa, joka on nykyaikaisessa tuotantotutkimuksessa hallitsevin, on se, että halutaan löytää muoto, joka approksimoisi mahdollisimman hyvin todellista, mutta tuntematonta tuotantorelaatiota. Tähän perustuvat mm. translog-funktio ja yleistetty Leontiefin funktio.

Tenhusen tutkimuksessa kehitetään uusi tuotantofunktio, par, käyttäen yhdistelmää toisesta ja kolmannesta em. menetelmästä. Tutkimus liittyy aiemman perinteeseen palaamalla nykyisin eniten muo- dissa olevasta approksimaatiolähestymistavasta siihen, että halutusta ominaisuudesta, panososuuk- sien rajoitteista, johdetaan tuotantofunktio. Kes- keistä on kuitenkin myös tuotantofunktion keski- arvotulkinta logaritmisessä keskiarvon avulla.

Tutkimuksen alussa on kerrattu tuotantoteorian peruskäsitteitä ja esitelty erilaisia substituutiojous- toja yleisessä $n:n$ tuotantontekijän tapauksessa. Eräiden joustojen kohdalla on tarkasteltu myös ei- homoteettista tapausta. Tämän perusteella lukija jää odottamaan hieman enemmän kuin mitä itse asiassa seuraa, sillä tutkimuksen loppuosassa kes- kitytään lähinnä lineaarisesti homogeeniseen kah- den tuotantontekijän tapaukseen, joka on yksin- kertaisiin erikoistapaus esitetystä yleisistä tuloksista. Tällöin myös useimmat vaihtoehtoiset substi- tuutiojoustot ovat itse asiassa saman suuruisia.

Tulonjakoteorian keskeisiä tuloksia on havainnol- listettu CES-funktion avulla. Erityisesti on tarkas-

teltu panosten tulo-osuuksien suhteen muuttumista, kun panosmäärien suhde muuttuu. Perusteluna uuden tuotantofunktion johtamiselle käytetään sitä, että panosten tulo-osuuksien tulisi olla rajoitettuja. Tällöin vältettäisiin se ongelma, että tulo-osuuksien suhde voisi lähestyä nollaa tai ääretöntä. Intuitiivisin perusteluista osuuksien rajoituksille on se, että tuotannossa tarvitaan kaikkia panoksia vähintään jokin minimimäärä. Esitetyt perustelut olisivat kuitenkin vakuuttavampia jos niissä viitattaisiin myös empiirisiin havaintoihin tulo-osuuksien käyttäytymisestä.

Erilaisia oletuksia panososuuksien käyttäytymisestä on toki käytetty aiemminkin tuotantofunktioiden johtamisessa. Koska Cobb-Douglas funktio implikoi vakioiset osuudet tuotannon tekijöille, sitä on yleistetty tekemällä oletuksia siitä, miten osuudet riippuvat tuotannon tekijöiden määristä. Toisaalta muilla tavoin johdetut funktiot, esim. CES ja erilaiset VES-funktiot, implikoivat tietyn tavan, jolla panososuudet riippuvat panosmääristä tai -hinnoista. Approksimaatioihin perustuvassa lähestymistavassa puolestaan yleinen estimointitapa on nimenomaan osuusyhtälöiden estimointi. Näissä malleissa osuuksille ei kuitenkaan aseteta rajoituksia. Tenhusen analysoimassa tapauksessa osuuksilla on parametrisoitu rajoite, joka voidaan identifioida malli estimoinnalla.

Johdetussa funktiossa on yksinkertaisimmassa muodossaan kaksi tuotantopanosta ja kaksi parametria, jotka tulkitaan substituutioparametriksi ja osuuksien käyttäytymistä rajoittavaksi parametrikksi. Funktio on huomattavan epälineaarinen, par-funktion yleistämistapauksia useamman kuin kahden tuotannon tekijän tapaukseen on myös pohdittu. Tämä on varsin oleellinen seikka, sillä nykyään empiirisissä tutkimuksissa harvemmin enää tarkastellaan pelkästään pääoman ja työn korvattavuutta. Osoittautuu, että yleistys on mahdollinen käyttäen ns. implisiittistä tuotantofunktioimuotoa jossa panoksia on painotettu tulo-osuuksilla, jotka puolestaan riippuvat panosmääristä ja -hinnoista. Vastaavanlainen esitys voidaan johtaa kustannusfunktioille. Yleistetystä muodosta ei ole kuitenkaan esitetty substituutiojoustoja, joten ei voida sanoa, asettaako yleistys rajoituksia eri panosparien välisille joustoille. Kysymys yleistetyn muodon käytökelpoisuudesta empiirisessä tutkimuksessa jää siten avoimeksi.

Vertailtaessa tulonjakoa koskevia tuloksia CES- ja par-tapauksissa, par-funktiolle johdetaan voiton maksimoinnin optimointitiedosta linearisoitu esitys Taylorin sarjakehitelmää käyttäen. Tästä saa-

daan approksimaatio substituutiojoustoille. Koska eräiden linearisointien johtaminen on melko mutkikasta, johdettu esitystapa ei ehkä ole kovin robusti virhespesifioinneille. Moderni lähtökohta, jossa alunperinkin oletetaan, että funktio on tuntematon, ja käytetään sille approksimaatiota voi tällöin olla parempi vaihtoehto.

Sekä CES- että par-funktiolla on tutkittu panososuuksien dispersion riippuvuutta panoshintojen dispersiosta substituutiojouston välityksellä. Tämä tarjoaa mielenkiintoisen tavan johtaa osuusyhtälöitä, kun panoshinnat oletetaan stokastisiksi ja yritykset maksimoivat odotettuja voittoja. Johdetut yhtälöt ovat kuitenkin melko epälineaarisia. Mikäli kuitenkin myös tuotantofunktioon itsessään liittyisi epävarmuutta tai optimoinnissa tehtäisiin satunnaisia virheitä, saattaisi osuusyhtälön muoto vaihdella sen mukaan mihin stokastisuuden oletetaan liittyvän.

Par-funktiolle on esitetty vaihtoehtoisia estimointitapoja. Ensinnä pohditaan tuotannon tulkintaa logaritmisena keskiarvona, kun panoksia on useampia kuin kaksi. Tällöin *Tenhusen* mukaan parametrit voidaan estimoida iteratiivisesti. Menettelyssä saadaan tavallaan keinotekoisesti lisää havaintoja tarkastelemalla erikseen kaikkia mahdollisia panospareja. Menetelmän empiirisestä toimivuudesta ei tutkimuksessa kuitenkaan esitetä tuloksia.

Toinen estimointitapa on tuotantofunktion lineaarinen approksimaatio samaan tapaan kuin usein tehdään CES-teknologiaa käytettäessä. Optimointitiedoista puolestaan voidaan johtaa erilaisia linearisoituja estimointiyhtälöitä mm. panososuuksien suhteelle. Viimein on mahdollista estimoida epälineaariset osuusyhtälöt. Tuotantofunktion estimointi suoraan epälineaarisilla menetelmillä voi olla vaikeaa epäjatkuvuuskohtien takia.

Tutkimuksessa on tehty Monte Carlo -simulointeja par- ja CES-funktioiden estimoinnista eri menetelmillä useilla parametrikombinaatioilla. Periaatteessa linearisoituja muotoja koskevat kokeilut on tehty siten, että eri estimointitapoja on sovellettu kuhunkin kahdesta teknologiasta, CES ja par, olettaen, että oikea teknologia on se, josta estimointimuotokin on johdettu. Tosin linearisoidut estimointimuodot ovat samat, joten kyse on enemmänkin siitä, miten estimoiduista parametreista ratkaistaan varsinaiset tuotantofunktion parametrit. Tässä vaiheessa on oletettu oikea teknologia tunnetuksi, mutta näyttäisi siltä, etteivät tulokset muuttuisi kovin paljon, vaikka valittaisiin funktioimuoto virheellisesti.

Jos teknologia on tuntematon, on tärkeää tut-

kia, voidaanko muodostaa testejä, joiden avulla oikean funktiomuodon valinta voi tapahtua. Tässä tutkimuksessa on ehdotettu testiä sille, onko tutkittava teknologia CES vai par käyttäen linearisointia optimiehtoa voiton maksimoinnille. CES-muoto on approksimaationa alatapaus linearisoidusta par-muodosta, joten funktioiden välillä voidaan valita testaamalla t-testillä yhden lisätermin kertoi- men merkitsevyyttä. Testin empiirinen merkitsevyytaso simuloinneissa on kohtuullinen, joskin huomattavasti korkeampi kuin t-testissä käytetty nimellinen merkitsevyytaso.

Osuusyhtälöiden epälineaarisen estimoinnin yhteydessä on tutkittu tarkemmin virhespesifikaation vaikutuksia, kun valittavana on CES- tai par-funktiot. Mallin valinnan kriteerinä käytetään epälineaarisen osuusyhtälön sovitetta, kun on estimoitu par- ja CES-mallit samalla aineistolla. Tämä kriteeri toimii simuloinneissa varsin hyvin. Koska verrattavissa malleissa on yhtä monta muuttujaa ja parametria, käytetty kriteeri johtaa itse asiassa samaan tulokseen kuin ns. informaatiokriteerit. Periaatteessa funktiomuotojen vertailu olisi mahdollista myös ei-sisäkkäisten hypoteesien testejä käyttäen, jolloin olisi periaatteessa mahdollista hylätä molemmat mallit toisiaan vastaan, mikä ei pelkän soviteen vertailun avulla ole mahdollista.

Jos todellista teknologiaa ei tunneta ja vaihtoehtoisia teknologioita on muitakin kuin CES ja par, mielenkiinnon kohteena ei ole niinkään se, miten jokin parametri saadaan parhaiten estimoitua, vaan se miten hyvin voidaan esimerkiksi estimoida substitutiojousto. Tällöin on mahdollista, että jokin

joustava funktiomuoto, esim. translog, estimoi substitutiojouston paremmin kuin mahdollisesti väärin valittu CES tai par.

Simulointitulokset antavat viitteitä siitä, mitä menetelmää olisi paras käyttää kunkin funktiomuodon estimoimiseksi. Tulosten vertailtavuutta eri simulointien välillä olisi parantanut se, että kaikista vaihtoehtoisista estimointimenetelmistä olisi esitetty tulokset käyttäen satunnaislukujen generoinnissa samaa dispersiota. Eräissä simuloinneissa toistojen lukumäärä on liian pieni, jotta niiden perusteella voitaisiin saada täysin luotettava kuva estimointimenetelmien ominaisuuksista.

Yhteenvetona tutkimuksesta voidaan todeta, että se edustaa melko perinteistä ajattelutapaa tuotantoteoriaan, mutta aiheesta on saatu uusia kiinnostavia tuloksia irti. Erityisesti uuden tuotantofunktion johtamistapa on mielenkiintoinen. Johdetulla funktiolla on sekä eräitä haluttuja ominaisuuksia että eräitä rajoittavia ominaisuuksia. Jälkimmäisiin kuuluu erityisesti epälineaarisuus, joka tekee funktion käsittelyn empiirisessä työssä hankalaksi. Erilaisia estimointitapoja on vertailtu monipuolisesti simuloinneilla.

Toisaalta tutkimus jättää avoimeksi kysymyksiä johdetun funktion teoreettisesta yleistettävyydestä sekä virhespesifikaatioiden vaikutuksesta estimoinnissa, kun valittavana on useita mahdollisia tuotantofunktiomuotoja. Empiirinen sovellutus todellisella aineistolla olisi tehnyt par-funktiolle käytetyt perustelut uskottavammiksi.

Pekka Ilmakunnas

Kuva on elämää suurempi

R. Schmalensee and R. Willig (eds): Handbook of Industrial Organization, Volumes 1 and 2, Amsterdam, North-Holland, 1989.

Kenneth Arrow totesi jo 1950-luvun lopulla, että yksi taloustieteen kiperimpiä kysymyksiä on sen selvittäminen, miten hinnat markkinoilla todella määräytyvät. »Näkymätön käsi» on abstraktio, jonka hyödyllisyys tulisi selvittää tutkimalla, miten hinnat määräytyvät, jos näkyvät kädet vaikuttavat hintojen muodostukseen. Arrowin huomio oli yhtenä

innoitteena 1970-luvun alussa epätasapainoteorialle, joka lähti liikkeelle siitä havainnosta, että ilman näkymätöntä kättä hinnat voivat olla pitkiäkin aikoja kaukana tasosta, jolla kysyntä ja tarjonta tasapainottuvat. Tämä teoria ei kuitenkaan millään tavalla kyennyt vastaamaan Arrowin tekemään kysymykseen, se vain oletti, että hinnat on kiinnitetty jollekin tasolle ja katsoi sitten, minkälainen epätasapaino eri markkinoilla vallitsi. Toimialojen taloustieteen 1970-luvulla voimistunut tutkimus sen sijaan on vienyt taloustieteellistä markkinoiden toi-