

Epälineaarisen ekonometrian tuloksia

C.W.J. Granger ja T. Teräsvirta, *Modelling Nonlinear Economic Relationships*, 187 s., Oxford Economic Press 1993.

M.H. Pesaran ja S.M. Potter (toim.), *Nonlinear Dynamic, Chaos and Econometrics*, 244 s., John Wiley 1993.

M. Casdagli ja S. Eubank (toim.), *Nonlinear Modelling and Forecasting*, 533 s., Addison-Wesley 1992.

Epälineaaristen mallien analyysi on vilkastunut huomattavasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Huomiota on kiinnitetty varsinkin epälineaarisiiin dynaamisiin malleihin. Tilanteeseen on monia syitä. Kaaosteoriasta muodostui 80-luvun muotiaihe ja keskeinen tieteen popularisoinnin kohde. Taloustiede halusi myös oman osansa tästä kakusta joten sekä analyysin että empiirisen työskentelyn puolella aihetta tutkittiin aktiivisesti. Toisaalta tilastollisen aikasarja-analyysin puolella epälineaaristen AR-mallien analysointi ja estimointi eteni merkittävästi. Tämän lisäksi ekonometrian puolella *Robert Englen* alkuunpanema *ARCH*-mallien tutkimus toi oman lisänsä epälineaariseen ekono-

metriaan. On myös huomattava, että mikrotietokoneiden laskentakapasiteetin nopea kasvu viimeisen kymmenen vuoden aikana on mahdollistanut usein laskennallisesti vaativien epälineaarisuuksien tutkimisen aiempaa tehokkaammin.

Epälineaariset mallit eivät kuitenkaan ole millään tavoin uusi asia talousteoriassa. Niitä on esiintynyt jo kauan, esim. *Kaldorin* investointimalli 1940-luvulla, *Goodwinin* syklimallit 1950-luvulla ja epälineaariset *RE*-mallit 1970-luvulta lähtien. Esiintyneet epälineaarisuudet olivat kuitenkin helposti linearisoitavissa ja analyysi ei mieltänyt niitä itsessään tärkeiksi asioiksi. Huomattakoon, että epälineaaristen mallien luokka on huomattavasti suurempi kuin lineaaristen mallien. Mielekkäistä lähtökohdista ei ole välttämättä pulaa. Epälineaarisuudet antavat kuitenkin mahdollisuuden useisiin tasapainoratkaisuihin myös stabiileihin ratkaisuihin, ja usein analyysin politiikkasuositukset ovat hankalia ja epäselviä. Oppikirjaloustiede on vahvasti tukeutunut lineaariseen esitystapaan yksikäsitteisyyden ja yksinkertaisuuden nimissä. Ekonometrian puolella tavoitteena on estimoida lineaarisia tasapainorelaa-

tiota, joilla on yksikäsitteinen parametrisointi ja tulkinta. 1980-luvulta alkanut toinen ekonometrian muotiaihe, *yhteisintegroituvuusmallit*, vahvistaa tätä kehityssuuntaa.

Lineaaraisella lähestymistavalla on ollut siis merkittävä etusija taloudellisessa tutkimuksessa. Yleensä tieteessä asia on kuitenkin päinvastainen. On vielä liian aikaista arvioida, missä määrin "uusi" epälineaarinen taloustiede tulee osoittamaan paremmuutensa. Arvioitavat teokset antavat kuitenkin vahvan näytön siitä, että ainakin empiirisen tutkimuksen puolella havaitut epälineaarisuudet otetaan vakavasti.

Grangerin ja Teräsvirran teos on oppikirjamaisin kolmesta esillä olevesta teoksesta. Kirjassa on kymmenen lukua, joista viisi ensimmäistä (n. 60 sivua) on selkeätä ja mielenkiintoista johdatusta epälineaaristen aikasarjamallien yleisiin lähtökohtiin ja vaihtoehtoihin. Kirjoittavat pyrkivät keskittymään mallivaihtoehtoihin, joilla olisi sovelletusmahdollisuuksia talousteorian kannalta. Tässä suhteessa kirja ei ole täysin onnistunut, sillä luku 3, joka keskittyy epälineaariin malleihin talousteorian puolella on varsin pinnallinen. Modernia optimointitekniikkaa hyödyntävää teoreettista kirjallisuutta ei käsitellä lainkaan.

Luvut 6. ja 7. keskittyvät varsin teknisesti ja luettelomaisesti (epä)lineaarisuuden testamiseen, epälineaaristen mallien rakentamiseen ja estimointiin. Kirjoittajat puoltavat LM-testiaselman käyttöä. Testauksen yleinen ongelma on se, että usein ei tiedetä mikä on mielekäs epälineaarinen vaihtoehtohypoteesi lineaariselle mallille. Lineaarisen mallin testautuminen kumoon ei tee meitä vielä viisaaksi. Tarvitaan myös selkeä epälineaarinen vaihtoehto. Tässä suhteessa talousteorian periaatteissa voisi tulla avuksi. Useat kirjassa esiintyvät epälineaariset mallit perustellaan kuitenkin ainoastaan tilastollisten hallittavuuden kautta. Käytännössä tä-

mä tarkoittaa sitä että mallit on kehitty tilastollisen aikasarja-analyysin tarpeita varten, joilla ei välttämättä ole suoraa kosketuspintaa talousteorian kanssa. Yhteyttä taloudellisiin ilmiöihin haetaan luvuissa 8. ja 9., jotka ovat jälleen huomattavasti selkeämpää luettavaa kuin kaksi edellistä lukua. Luvut 8. ja 9. keskittyvät eräiden epälineaaristen, lähinnä *smooth transitory autoregressive models (STAR)*, mallien empiiriseen soveltamiseen, ennustamiseen ja suhdanteiden symmetrisyyden tutkimiseen. Yleinen tulos on, että epälineaarisuuksien tutkimisen kannalta parametriset mallit ovat vartenotettava vaihtoehto verrattuna ei-parametrisiin *kernel-* tai *neural network-* estimointeihin. *LSTAR* ja *ESTAR* malleilla voidaan tutkia tehokkaasti suhdanteiden ominaisuuksia. Lukija oudoksuu ehkä kuitenkin mallien monimutkaisuutta ja monivaiheista perustelua useiden testauksien kautta.

Kirjan päättää lyhyt luku 10, jossa kirjoittajat antavat eräitä ohjeita, joita on syytä noudattaa epälineaaristen aikasarjamallien yhteydessä. Aluksi lineaarisen oletuksen testaaminen on ensiarvoisen tärkeätä. Jos yleinen epälineaarinen vaihtoehto saa tukea, on syytä edetä varovasti yksinkertaisista malleista kohten monimutkaisempia malleja. On syytä korostaa, että kirjoittajat totevat useissa yhteyksissä, että epälineaariset mallit tekevät vasta tuloaan ekonometriaan ja kokemus tulee näyttämään missä määrin kirjan esiinnostamat mallivaihtoehdot (STAR-mallit) tulevat osoittautumaan hyödyllisiksi.

Pesaranin ja Potterin toimittaman teoksen lähtökohta on laajempi kuin Grangerin ja Teräsvirran. Tavoitteena on antaa jokseenkin kattava esitys eri kirjoittajien seminaariartikkelien avulla mikä on epälineaarisen ekonometrisen analyysin tila 1990-luvun alussa. Johdannossa Pesaran ja Potter antavat varsin selkeän kuvan

epälineaarisen mallittamisen tilasta talousteoriassa ja ekonometriassa. Luvussa 1. *Richard Day* jatkaa samaa teemaa, mutta korostaa, että talouden kompleksisuuden ulottuvuus on sitä luokkaa, että on melko turhaa yrittää testata sitä kvantitatiivisesti. Seuraavassa luvussa *Liu, Granger* ja *Heller* tutkivat eräiden kaaos- ja epälinearisuustestien (*BDS*- ja testi *korrelaation eksponentin asteelle*) erottelukykyä valkoisen kohinan ja kaaottisen sarjan ja toisaalta epälineaaristen prosessien kannalta. Lopputulema on, että testit ovat kyllä käyttökelpoisia kun aineistot ovat riittävän suuria (so. sisältävät tuhansia havaintoja). Seuraavaksi *Dechert* ja *Gencay* antavat uuden aiempaa paremman ei-parametrisen estimointiratkaisun korrelaatioulottuvuuden (ns. *Liapunov*in eksponentin) arvioimiseksi ja *Rothman* esittelee *Ramseyn* epälinearisuustestiä (ns. *time reversibility*- testi), jota on syytä käyttää *BDS*-testin rinnalla. Simulointikokeet osoittavat sen olevan varsin tehokas.

Townin ja *Hansenin* artikkeleiden aiheina ovat *Hamiltonin Markov*in ketjuihin perustuva tasosiirtymämalli. *Town* soveltaa menetelmää yritysvaltausaineistoihin ja *Hansen* tutkii mallin teoreettisia perusteita ja korjauksia alkuperäisen sovellutusaineiston kanssa. *Burgess* osoittaa, että Britannian aneistolle estimoitu rakenteellinen työllisyysyhtälö sisältää epälineaarisen komponentin, joka kuvaa epäsymmetriaa työntekijöiden irtisanomisen ja palkkauksen kannalta. *Teräsvirran* ja *Andersonin* artikkeli on laajempi versio *Grangerin* ja *Teräsvirran* kirjan luvun 9. tuloksista. Erilaisilla *STAR*-malleilla voidaan todentaa suhdannevaihteluiden epäsymmetrisyys. Teoksen muut artikkelit keskittyvät finanssiaineistojen volatiliiteetin mallintamiseen erilaisilla parametrisillä että ei-parametrisillä menetelmillä. Yleinen tulos on, että suositut *ARCH*- ja *GARCH*-mallit ovat

usein riittämättömiä kuvaamaan tyydyttävästi finanssiaineistojen vaihteluvuutta. Mallit, jotka huomioivat kynnyismuutokset tai informaation myös korkeimmista momenteista, antavat usein luotettavampi tuloksia ainakin ennustemielesä.

Yhteenvetona on syytä mainita, että teos on varsin kattava esitys erilaisista epälinearisuuksista, joita on tutkittu empiirisesti paljon viime aikoina. Pääpaino on epälinearisuuden tutkimisessa yhden sarjan tapauksessa ja sen eri mallivaihtoehdoissa. Kirja ei ole oppikirja, sillä se vaatii koko joukon valmiuksia ja ennakkotietoja. Sen sijaan siitä on varmasti hyötyä monille em. aiheiden tutkijoille uusien tuloksien muodossa. Toisaalta teosta voi käyttää hakuteoksena epälineaarisen ekonometrisen mallittamisen tiimoilta. Ikävä kyllä tälläkin saralla tutkimus etenee sellaista vauhtia, että teoksen artikkelien merkitys häviää varsin nopeasti.

Sama varaus koskee *Casgadin* ja *Eubakin* toimittamaa teosta, joka muutoinkin on varsin saman tapainen kuin *Pesaranin* ja *Potterin* teos. Kirja on kuitenkin vielä laajempi, sillä se perustuu yleisesti kompleksisuuden tutkimiseen keskittyneen *Santa Fe Institut*in seminaariaineistoihin, jolloin mukana on eri tieteenalojen edustajien artikkeleita. Teos jakaantuu neljään osaan: *Function Approximation*, *Statistics*, *Dynamic Systems* ja *Applications* (yhteensä 24 artikkelia). Artikkeleista noin puolella on merkitystä ekonometrian kannalta. Lopuilla on enemmän tai vähemmän epäsuora merkitys dynaamisten taloudellisten mallien kannalta. Miltei kaikki artikkelit ovat empiirisesti painottuneita ja soveltavia. Tekniselta tasoltaan ne ovat saamaa tasoa kuin *Pesaranin* ja *Potterin* teoksessa, vaikka eräiden fyysikkojen esitystapa ja aihevalinnat oudoksuttavatkin. Aikasarjojen epälinearisuuksiin ja niiden testaamiseen keskittyneitä artikkeleita on useita (esim. *Brock* ja

Potter, Granger ja Teräsvirta, Subba Rao, Le-Baron), joissa aiheet ovat saman tapaisia kuin Pesaranin ja Potterin teoksessa. Varsin mielenkiintoisia uusia tuloksia ja mallimahdollisuuksia esitellään esimerkiksi fraktaalitulottuvuuden, epälineaaristen systeemien identifioituvuuden, oppimisen ja kaaottisuuden mittaamisen suhteen. On varsin mielenkiintoista nähdä miten eri tieteenalan harjoittajat lähestyvät varsin samantapaisesti kysymyksiin ja ongelmiin.

Mitä näistä teoksista voi oppia? Ainakin sen, että empiirisen ja soveltavan tutkimuksen puolella taloustiede on edennyt varsin pitkälle epälineaarisuuden tutkimisessa, jos vertailukohteeksi otetaan muut tieteenalat. Ekonometrikot ovat täten varsin hyvässä seurassa ja vuo-

rovaikutus näyttää toimivan. Tosin on huomioitava, että epälineaarinen ekonometrinen tutkimus on paljolti ainoastaan yksittäisten sarjojen mallivaihtoehtojen analysointia. Varsinainen epälineaaristen ja dynaamisten taloudellisten teorioiden ja mallien testaaminen on vielä varsin kehittymätöntä. Tämä vaatisi yleisesti sellaisen metodologisen kynnyksen ylittämistä, jonka seurauksena myös talous nähtäisiin kompleksina ja epälineaarisenä systeeminä. Tämän suuntaista kehitystä on esiintynyt myös taloustieteessä, mutta pääasiallisesti valtavirtataloustieteen ulkopuolella.

Mikael Linden