

Talouden dynamiikkaa klassisen mekaniikan välinein*

MATTI ESTOLA

FT, vs.apul.prof.

Jyväskylän yliopisto, kansantaloustiede

Philip Mirowski osoittaa kirjassaan, *More Heat Than Light, Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*, Cambridge University Press, USA, 1989, miten usklassinen taloustiede sai vaikutteita klassisesta mekaniikasta. Mirowski esittelee historian kuuluisimpien taloustieteilijöiden, Antoine Augustin Cournot'n, Wilfred Pareton, Leon Walrasin, Paul Samuelsonin jne. tutkimuksia, joissa fysiikan käsitteitä käytetään talouden toiminnan mallittamisessa. Klassisen mekaniikan ja kansantaloustieteen välinen yhteys katkesi aikanaan luultavasti sen takia, että talouden voima- ja energiakäsitteitä ei saatu määriteltyä siten, että ne olisivat yhtenäistäneet erilaisten tilanteiden mallittamisen fysiikan tapaan. Tätä puutetta olen pyrkinyt korjaamaan oheisessa väitöskirjassani.

Tutkimukseni tavoite on kehittää kansanta-

loustiedettä eksaktin tieteen suuntaan. Eksaktin tieteen minimivaatimukset ovat seuraavat: 1) yleisesti hyväksytty mittajärjestelmä, jolla tieteen havaintomaailman piiriin kuuluvat ilmiöt voidaan mitata, sekä 2) yhtenäinen teoreettinen mallittamisperusta ilmiöiden selittämiseksi.

Klassisessa mekaniikassa dynaamisia ilmiöitä mallitetaan joko voimien (Newton) tai energiakäsitteiden (Lagrange, Hamilton) avulla. Nämä molemmat menetelmät tuottavat samat liikeyhtälöt ratkaistaviksi. Tutkimuksessa määritellään mekaniikan metristä mittajärjestelmää vastaava mittajärjestelmä kansantalouden ilmiöille, sekä Newtonin ja Hamiltonin mallittamisperiaatteita vastaavat periaatteet talouden ilmiöiden mallittamiselle. Nämä molemmat menetelmät tuottavat samat liikeyhtälöt, jotka kuvaavat sektoreittaisten tuotantomäärien kehitystä ajan myötä. Näiden menetelmien avulla kansantaloustieteen mallittamisperiaatteita pyritään yhtenäistämään siten, että eri tilanteet saadaan mallitettua samoilla periaatteilla.

Kansantalouden ilmiöiden mitalliseksi saatamisessa ongelmia on tuottanut kuluttajan

* *Lectio praecursoria* Jyväskylän Yliopistossa 14.10.1995. Perustuu kirjoittajan väitöskirjaan "Economic Dynamics according to Classical Mechanics".

käyttäytymisen mallittamisessa tarvittava kuluttajan mielihyvän (tyytyväisyyden) eli hyödyn mittaaminen. Gerard Debreu osoitti teoksessaan: *Theory of Value* 1959, että tiettyjen oletusten ollessa voimassa, kuluttajan järjestysrelaatiollisia preferenssejä voidaan kuvata jatkuvan funktion avulla. Tätä funktiota on sittemmin kutsuttu kuluttajan hyötyfunktioksi. Hyötyfunktion käyttöä hyödyn tason mittaamisessa rajoittaa se, että sen avulla mitattu hyödyn taso ei ole yksikäsitteinen. Erilaiset saman preferenssijärjestyksen kuvaavat hyötyfunktiot ilmaisevat samalle kuluttajan kulutuskombinaatiolle erisuuren hyötytason.

Yllä esitetty hyödyn mittaongelma ratkaistaan tutkimuksessa siten, että jonkin hyödykkeen marginaalinen hyödyllisyys kuluttajalle muunnetaan kuluttajan maksuhalukkuudeksi marginaalisesta hyödykkeen kulutuksen lisäyksestä. On helppo osoittaa, että kuluttajan optimitalanteessa (ja sen läheisyydessä) saman preferenssijärjestyksen kuvaavat hyötyfunktiot tuottavat yksikäsitteisen maksuhalukkuuden tietyn hyödykkeen marginaaliselle kulutuksen lisäykselle. Hyödyn tasoa voidaan näin pitää apusuurena, jota ei tarvitse mitata kuluttajan käyttäytymistä mallitettaessa, mutta jonka avulla mitattavat suureet - kuluttajan maksuhalukkuudet eri hyödykkeistä - saadaan ilmaista. Kuluttajan käyttäytyminen saadaan näin mallitettua yksinkertaisessa muodossa siten, että kuluttaja vertaa maksuhalukkuuttaan eri hyödykkeistä niiden hintoihin, ja muuttaa kulutusmääriään tällä perusteella.

Talouden mittajärjestelmä on tarpeellinen siksi, että sen avulla kansantaloustieteen formaalit teoriat voidaan kirjoittaa mittayksiköille (dimensionaalille) suureille määriteltyjen algebrallisten sääntöjen mukaisesti. Muuttujien mittayksiköiden eksakti määrittäminen mahdollistaa mittayksiköllisten yhtälöiden virheet-

tömän määrittelyn. Dimensioanalyysin avulla pystytään myös osoittamaan joitakin dimensionaalisia virheitä, joita esiintyy useissa käytössä olevissa oppikirjoissa.

Klassisen mekaniikan soveltamia käsitteitä - inertiaalinen massa, kappaleeseen vaikuttava voima, kappaleen liike- ja potentiaalienergia, lepo- ja liikekitka - vastaavat käsitteet määritellään taloustieteeseen. Tutkimuksessa osoitetaan, että nämä käsitteet ovat käyttökelpoisia talouden ilmiöiden mallittamisessa. Olennaisin muutos vallitsevaan usklassiseen teoriaan on siinä, että usklassisessa teoriassa eri talousyksiköiden - kotitaloudet, yritykset jne. - oletetaan toimivan optimaalisesti. Tällöin kulutetut ja tuotetut määrät ovat kuluttajien ja yritysten kannalta optimaaliset. Usklassisen teorian perusoletus estää kuitenkin dynaamisten ilmiöiden mallittamisen kyseisellä lähestymistavalla, sillä kenenkään ei kannata muuttaa optimaalista käyttäytymistään.

Usklassinen teoria ei edes dynaamisessa muodossaan yli ajan tapahtuvana optimointina ole tyydyttävä viitekehys dynaamisten ilmiöiden mallittamiselle, sillä siinä talousyksiköiden preferenssit ja funktiomuodot kiinnitetään etukäteen, jolloin tuloksena on säännönmukaista käyttäytymistä yli ajan. Taloudessa tapahtuvia äkillisiä muutoksia ei näin pystytä selittämään. Tieteenfilosofisesti ajatellen yli ajan optimointi mallittamistekniikkana on ongelmallinen myös siitä syystä, että jokainen uusi tieto pakottaa yli ajan optimoivan talousyksikön "laskemaan uudet optimaaliset aikaurat päätösmuuttujilleen".

Tutkimuksessa usklassisen teorian perusoletusta muutetaan siten, että eri talousyksiköiden ei oleteta olevan, vaan niiden oletetaan pyrkivän kohti niille optimaalisia tiloja. Taloudessa havaitsemamme dynamiikka - hinnat, korot, valuuttakurssit muuttuvat päivittäin - tukee tutkimuksessa tehtyä oletusta talouden jatku-

vasta muutoksesta, mitä uusklassisen teorian perusteella on vaikea ymmärtää. Taloudessa tapahtuvia muutoksia mallitetaan Newtonin mekaniikasta lainatun voima -käsitteen avulla. Tämä ratkaisutapa vastaa sanomalehdissä usein käytettyä kielikuvaa "markkinavoimista" taloudessa tapahtuvien muutosten synä. Hetkellisiin voimiin perustuvassa lähestymistavassa talousyksiköiden oletetaan jatkuvasti reagoivan ulkoisten olosuhteiden muutoksiin. Tämän ajattelutavan avulla voidaan taloudessa päivittäin tapahtuvia muutoksia kuvata dynaamista uusklassista teoriaa paremmin.

Koska Newtonin mekaniikan formalismi -kappaleen liikkeessä tapahtuva muutos aiheutuu siihen kohdistuvista voimista - on useimpien ihmisten sisäistämä teoria jonkin muutoksen mallittamisesta, puhuvat myös taloustieteilijät usein markkinavoimista selittäessään miksi jokin muutos tapahtui. Tutkimus on kuitenkin ensimmäinen, jossa taloudessa vaikuttavat voimat määritellään tarkasti, ja taloudessa tapahtuvia muutoksia mallitetaan näiden avulla. Uusklassinen mallittamistapa saadaan tutkimuksessa esitetyn lähestymistavan erikoistapauksena, nimittäin pitkän aikavälin asymptoottina tasapainotilana, joka vastaa nollavoimatilannetta. Tutkimus on siis sellainen uusklassisen teorian laajennus, jonka avulla talouden dynaamisia ilmiöitä voidaan mallittaa. Newtonilaisen mekaniikan periaate "voima aiheuttaa kiihtyvyyden" voidaan kansantaloustieteessä ilmaista muodossa "voima aiheuttaa muutoksen".

Kansantaloudessa vaikuttavat voimat johdetaan eri talousyksiköiden pyrkimyksistä saavuttaa omat tavoitteensa. Nämä tavoitteet ovat usein ristiriitaisia muiden talousyksiköiden tavoitteiden kanssa. Taloudessa tapahtuvat muutokset voidaan ymmärtää siten, että jokainen talousyksikkö kohdistaa eri muuttujiin, esim.

tuotantomääriin, hintoihin, palkkoihin jne. erisuuria ja -suuntaisia voimia. Kukin muuttuja reagoi näin muodostettujen voimien summa eli resultanttivoimaan. Jonkin muuttujan vakiouisuus vastaa tällöin tilannetta, missä erisuuntaiset voimat kumoavat toisensa.

Yksi tämän ajattelutavan etu uusklassiseen teoriaan verrattuna on siinä, että tällä tavalla talouden eri suureisiin kohdistuvat voimat, eli suureiden muutosten syyt, saadaan tarkasti määritettyä. Tuntemalla talouden eri suureisiin vaikuttavat voimat voidaan taloudessa tapahtuvia muutoksia ymmärtää, ja mahdollisesti myös kontrolloida. Nollavoimatilanteessa talous jatkaa toimintaansa entiseen tapaan, samalla tavalla kuin kappale jatkaa entistä liiketapaansa newtonilaisessa mekaniikassa jos siihen ei kohdistu voimia. Jos jokin yritys voi lisätä voittoaan muuttamalla tietyn kiinteän ajanjakson tuotantomääräänsä, yrityksen voidaan ajatella kohdistavan marginaalivoitollisuuden suuruisen voiman tuotantomääräänsä yhtä määräyksikköä kohti. Mitä suurempi tämä voima on, sitä kannattavampaa yritykselle on tuotantomäärän muuttaminen, eli sitä halukkaamman yrityksen voidaan ajatella olevan muuttamaan tuotantomääräänsä.

Yksi tapa määritellä kansantalouden potentiaali(energia) on seuraava: potentiaali(energia) on eri hyödykkeiden kuluttajille ja yrityksille tuottamien maksimaalisten hyöty- ja voittotasojen ja niiden vallitsevien tasojen erotus. Tuotantopotentiaalia on siis talouksissa ja toimialoilla, joissa kuluttajilla on tyydyttämättömiä tarpeita ja yrityksillä voitontekomahdollisuuksia. Tämän ajattelun kautta talouden tuotantoa voidaan analysoida systeeminä, jossa eri hyödykkeiden tuotantomäärien kasvuasteet määräytyvät suurimman voitontekopotentiaalimukaan.

Konservatiivisessa voimakentässä liikku-

vaan kappaleeseen vaikuttavat voimat voidaan johtaa kappaleen potentiaalienergiaa ilmaisevan skalaarisuureen negatiivisena osittaisderivaattavektorina eli gradienttina. Tällä tavalla johdettu voimakenttä ohjaa kappaletta pienenevän potentiaalienergian suuntaan. Edellä määritellyn talouden tuotantoon vaikuttavan potentiaalinen(energian)mukaan tuotantoon vaikuttava voimakenttä ohjaa talouden tuotantorakennetta talouden hyöty- ja voittofunktioista muodostetun osittaisderivaattavektorin mukaisesti, eli suurimman marginaalisen hyödyllisyyden ja kannattavuuden suuntaan. Tämä vastaa yleistä ajattelua markkinatalouden toiminnasta.

Tutkimuksen perusteella talouden kinematiikkaa voidaan analysoida fysiikan tapaan ide-

aalisen kappaleen liikkeen avulla. Tämä lähestymistapa mahdollistaa kansantalouden tuotannon makrotason tarkastelun vektoriarvoisena prosessina, jossa monisektorisen talouden tuotannolle määritellään nopeus- ja kiihtyvyydsvektorit; vastaavat skalaarisuuret saadaan näiden vektoreiden erilaisina normeina. Kansantalouden nopeusvektorin normina laskettu tuotantovauhti on yksi, ja perinteinen bruttokansantuote toinen, samasta nopeusvektorista laskettu normi. Ne mittaavat samaa suuretta samoissa mittayksiköissä. Bruttokansantuote on siis yksi tapa mitata talouden tuotantovauhtia. Samalla lähestymistavalla mitataan taloudessa tapahtunutta rakennemuutosta, jolle määritellään erilaisia mittaindeksejä.