

Heterogeeniset odotukset ja ei-kausaaliset autoregressiiviset mallit rahoituksen tutkimuksessa*

Matthijs Lof

VTT, tutkijatohtori

Helsingin yliopisto

Sijoittajien odotukset vaikuttavat osakkeiden hintojen dynaamisiin ominaisuuksiin ja siten empiirisessä rahoituksessa käytettävien erilaisten ekonometristen mallien soveltuvuuteen. Miten odotukset muodostuvat? Aiemmassa kirjallisuudessa on pääasiassa tutkittu rationaalisten odotusten malleja. Näiden mallien lisäksi tutkin Brockin ja Hommesin (1998) esittämiä malleja, joissa rajoitetusti rationaaliset toimijat voivat valita erilaisten yksinkertaisten odotussääntöjen tai ennustestrategioiden väliltä. Keskeinen piirre näissä malleissa on, että kaikkien toimijoiden ei tarvitse noudattaa samaa odotusten muodostamissääntöä, vaan he voivat laatia myös heterogeenisiä odotuksia.

Lisäksi malleihin sisältyy ajassa jatkuvasti kehittyvä dynamiikka: yhä useammat toimijat valitsevat strategian, joka on aiemmin osoittautunut menestyksekkäimmäksi.

Tyypillinen esimerkki Brockin ja Hommesin mallista sisältää kahdenlaisia toimijoita, fundamentalisteja ja trendin seuraajia. Fundamentalistit odottavat, että hinnat palautuvat aina kohti fundamenttiarvoa (*fundamental value*), joka estimoidaan osakkeen odotettavissa olevien tulevien osinkojen perusteella. Trendin seuraajat ovat puolestaan enemmän spekulatiivisia. He seuraavat hintojen kehitystä ja olettavat, että sama trendi jatkuu, ainakin lyhyellä aikavälillä, vaikka tämä johtaisi yhä suuremman poikkeamaan fundamenttiarvosta.

Väitöskirjan ensimmäisessä esseessä (Lof 2012a) estimoidaan heterogeenisten toimijoiden hinnoittelumalli, joka sisältää niin fundamentalisteja kuin trendin seuraajia, S&P500-indeksin hinta/osinko- ja hinta/tulos-suhdeluville. Tärkein uusi oletus aiempaan tutkimukseen verrattuna on, että toimijat päivittävät odotuksiaan makrotalouden informaation mukaan, mikä on vaihtoehto Brockin ja Hom-

* Kirjoitus perustuu Helsingin yliopistossa 17.5.2013 tarkastettuun taloustieteen väitöskirjaan *Essays on Expectations and the Econometrics of Asset Pricing*. Väitöskirjan esitarkastajat olivat professori Cees Diks (Universiteit van Amsterdam) ja professori Seppo Pynnönen (Vaasan yliopisto). Väitöstilaisuudessa vastaväittäjänä toimi professori Cees Diks ja kustoksena professori Antti Ripatti. Kirjoittaja kiittää Hannu Kaikkosta, Markku Lannetta, Lea Lofia ja Henri Nybergiä käännösavusta.

mesin (1998) esittämälle heterogeenisten toimijoiden mallien ajassa jatkuvasti kehittyvälle dynamiikalle.

Esseessä käytetty hinnoittelumalli voidaan esittää epälineaarisen STAR-mallina (*smooth transition autoregression*), jossa mallin kaksi autoregressiivista osaa edustavat kummankin agenttityypin odotuksia. Jotta regiimin muutos makrotalouden olosuhteisiin perustuen olisi mahdollista, STAR-mallissa hyödynnetty yhden muuttujan siirtymäfunktio yleistetään usean muuttujan siirtymäfunktioiksi. Tässä yhteydessä esitetään lineaarisuuden testaukseen perustuva menettely, jolla valitaan sopiva muuttujien lineaarikombinaatio suuremmasta makrotaloudellisten muuttujien joukosta.

Tulosten perusteella näyttää siltä, että monet makrotalouden muuttujat, erityisesti teollisuustuotanto, ovat käyttökelpoisia estimoitaessa fundamentalistien ja trendin seuraajien suhteellisia osuuksia markkinoilla. Tärkein tulos on, että suotuisten taloudellisten olosuhteiden aikoina trendin seuraajien osuus kasvaa, jolloin osakekurssit irtautuvat fundamenteista. Aiemmassa makrorahoitusta koskevassa kirjallisuudessa on tyypillisesti havaittu, että riskipreemiot ovat suhdannesykleihin nähden vastakkaisia. Tätä efektiä on mallinnettu olettamalla yksi rationaalisesti toimiva toimija, joka ottaa vähemmän riskejä talouskasvun aikana. Tämän oletuksen sijaan oletan, että kasvava osuus toimijoista valitsee spekulatiivisemmän kaupankäyntistrategian.

Toisessa esseessä (Lof 2012b) tutkitaan ajassa kehittyvää kolmen toimijatyypin hinnoittelumallia. Fundamentalistien ja trendin seuraajien joukkoon lisätään kolmas toimijatyyppe, vastavirtaan kulkija eli kontraaja (*contrarian*), jolla on trendin seuraajiin nähden vastakkainen käsitys lyhyen aikavälin hintojen muutoksista.

Toisin kuin ensimmäisessä esseessä, jossa toimijat muodostavat odotuksensa yksinkertaisiin yksiulotteisiin sääntöihin perustuen, tässä esseessä kaikkien toimijoiden odotukset on sidottu samaan vektoriautoregressiiviseen (VAR) malliin siten, että kaikilla on käytössään sama informaatiojoukko. Tässä yhteydessä voidaan soveltaa hyvin tunnettua VAR-malliin perustuva lähestymistapaa nykyarvomallien, kuten yllä mainitun hinnoittelumallin, empiirisessä testaamisessa (ks. Campbell ja Shiller 1988).

On hyvin tiedossa, että perinteisen nykyarvomallin avulla on vaikea selittää hintojen liiallista volatilitteettia (Campbell ja Shiller 1988). Osakkeiden hinnat vaihtelevat paljon enemmän kuin mitä odotettavien osinkojen nykyarvon perusteella voidaan päätellä. Osoittautuu, että nykyarvomallin täydentäminen trendinseuraajilla ja kontraajilla parantaa dramaattisesti mallin kykyä toistaa Yhdysvaltain osakekurseissa havaittu dynamiikka vuosina 1871–2011. Erityisesti kontraajien mukanaolo näyttäisi selittävän joitain kaikkein volatiilimpia jaksoja, kuten 1990-luvun osakemarkkinakuplan. Tämä viittaa siihen, että se ei ollut luonteeltaan rationaalinen kupla. Tulokset osoittavat lisäksi, että kun sallitaan heterogeeniset odotukset, jää vain vähän näyttöä diskonttaustekijässä tapahtuvalle aikavaihtelulle.

Kolmas essee (Lof 2013a) käsittelee Lanteen ja Saikkosen (2011b) esittämää ei-kausaalista autoregressiota. Monien makrotaloudellisten ja rahoitusmuuttujien on havaittu olevan ei-kausaalisia (eli riippuvia tulevaisuudesta menneisyyden lisäksi). Tässä esseessä osoitetaan, että Yhdysvaltain osakekurseja voidaan mallintaa ei-kausaalilla malleilla. On todennäköistä, että ei-kausaalinen autoregressio johtuu ei-fundamentaalisuudesta siinä mielessä, että ekonometrisen mallin virhetermit eivät

vastaa talouden sokkeja. Tämä ekonometristen mallien ei-fundamentaalisuus voi syntyä tilanteessa, jossa ekonometrikolla ja sijoittajilla on eri informaatiojoukko (Hansen ja Sargent 1991). Tässä yhteydessä osoitetaan, että hintojen ei-kausalisuus merkitsee sitä, että vain realisoitunutta markkinatietoa tarkkaileva ulkopuolinen tarkkailija, kuten ekonometriko, ei havaitse sijoittajien odotuksia.

Ei-fundamentaalisuutta havainnollistetaan simuloimalla malleja, joissa päätöksentekoon liittyvät muuttujat on jätetty pois informaatiojoukosta ja odotuksien muodostumiseen liittyvät epälineaarisuudet on poistettu. Simuloinneilla voidaan osoittaa, että tämänkaltaiset määrittelyn puutteet voivat todella johtaa ei-kausalisuuteen. Osakkeiden hinnat näyttävät olevan ei-kausalisia, kun simuloitujen hintasarjat on tuotettu heterogeenisten toimijoiden malleille, joita Brock ja Hommes (1998) ovat tarkastelleet.

Viimeisessä esseessä (Lof 2013b) hylätään oletus rajatusta rationaalisuudesta ja heterogeenisten odotuksista. Siinä tarkastellaan yleistettyyn momenttimenetelmään (GMM) perustuvaa estimointia rationaalisten odotusten malleissa. Lanne ja Saikkonen (2011a) osoittavat, että GMM-estimaattori ei ole tarkentuva, kun instrumentit ovat ei-kausaalisten muuttujien viipeitä. Esseessä väitetään, että tämä epäjohdonmukaisuus perustuu siihen jakautumasta tehtyyn oletukseen, että regressiomallin ja ei-kausaalisen autoregressiivisen esityksen virhetermit ovat yhdessä riippumattomia ja identtisesti jakautuneita (*i.i.d.*). Tämä ei aina päde. Erityisesti rationaalisten odotusten vallitessa, mikä on tunnusmerkillistä monille makrotalouden ja rahoitusmarkkinoiden GMM-sovelluksille (ks. esim. Hansen ja Singleton 1982),

GMM-estimaattorin on todettu olevan tarkentuva. Tässä esseessä tulos on johdettu lineaarisessa yhteydessä ja havainnollistettu simulointikokein hyödyntämällä epälineaarista hinnoittelumallia. □

Kirjallisuus

- Brock, W. A. ja Hommes, C.H. (1998), "Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model", *Journal of Economic Dynamics and Control* 22: 1235–1274.
- Campbell, J. Y. ja Shiller, R.J. (1988), "The Dividend-Price Ratio and Expectations of Future Dividends and Discount Factors", *Review of Financial Studies* 1: 195–228.
- Hansen, L. P. ja Sargent, T.J. (1991), "Two Difficulties in Interpreting Vector Autoregressions", teoksessa Hansen L.P. ja Sargent T.J. (toim.), *Rational Expectations Econometrics*, Westview Press, Inc., Boulder, CO: 77–119.
- Hansen, L.P. ja Singleton, K.J. (1982), "Generalized instrumental variables estimation of nonlinear rational expectations models." *Econometrica* 50: 1269–1286.
- Lanne, M. ja Saikkonen, P. (2011a), "GMM Estimation with Noncausal Instruments". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 73: 581–592.
- Lanne, M. ja Saikkonen P. (2011b), "Noncausal Autoregressions for Economic Time Series", *Journal of Time Series Econometrics* 3: Article 2.
- Lof, M. (2012a), "Heterogeneity in stock prices: A STAR model with multivariate transition function", *Journal of Economic Dynamics and Control* 36: 1845–1854.
- Lof, M. (2012b), "Rational Speculators, Contrarians and Excess Volatility", HECER Discussion Paper 358.
- Lof, M. (2013a), "Noncausality and Asset Pricing", *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 17: 211–220.
- Lof, M. (2013b), "GMM estimation with noncausal instruments under rational expectations", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* (painossa).