

Binäärivastemallien taloustieteellisiä aikasarjasovelluksia

Harri Pönkä

Väitöskirja koostuu johdannosta ja neljästä itsenäisestä artikkelista, jotka käsittelevät binäärivastemallien aikasarjasovelluksia. Binäärivastemalleja on jo pitkään käytetty mikroekonometrisissä, poikkileikkausaineistoja hyödyntävissä sovelluksissa, joissa etsitään vastausta ”kyllä-ei”-tyyppisiin kysymyksiin. Aikasarjoja analysoidessa binäärivastemalleja on sen sijaan käytetty harvemmin, vaikka näillä malleilla on useita mielenkiintoisia sovelluksia niin empiirisen makrotaloustieteen kuin rahoituskonometrisen tutkimuksen parissa.

Odotukset talouden tulevasta suhdannevaihteluista ovat keskeistä tietoa sekä julkisen että yksityisen sektorin taloudellisille päätöksentekijöille, kuten keskuspankeille tai sijoitusrahastojen salkunhoitajille. Näin ollen suhdannevaihteluiden mallintamisella ja ennustamisella on akateemisen tutkimuksen lisäksi käytännön taloudelliseen päätöksentekoon liittyvää arvoa. Ylipäätään taloudellisen aktiiviteetin

ennustamiseen keskittyvä kirjallisuus voidaan jakaa karkeasti kahteen haaraan. Ensimmäinen näistä keskittyy talouskasvun, käytännössä bruttokansantuotteen tai teollisuustuotannon kasvun ennustamiseen, kun taas toinen haara keskittyy suhdanneanalyysiin, erityisesti taantumajaksojen tai suhdannekäännepisteiden ennustamiseen.

Tässä jälkimmäisessä haarassa niin sanottujen probit-mallien käyttö binääristen aikasarjojen analysoinnissa on yleistynyt muutama viimeisen vuosikymmenen aikana. Niiden avulla pystytään mallintamaan todennäköisyyttä taantumajakson esiintymiselle valittuna ajanhetkenä tai tietyn aikaikkunan sisällä. Probit-malleja on hyödynnetty tässä sovelluksessa laajemmin sen jälkeen kun Estrella ja Hardouvelis (1991) havaitsivat niiden hyödyllisyyden Yhdysvaltojen taantumajaksoja ennustettaessa.

Kirjoitus perustuu Helsingin yliopistossa 2. syyskuuta 2016 tarkastettuun väitöskirjaan ”Essays on Directional Predictability of Financial and Economic Time Series”. Väitöstilaisuudessa vastaväittäjänä toimi apulaisprofessori Thanaset Chevatrakul (Nottinghamin yliopisto) ja kustoksena professori Markku Lanne (Helsingin yliopisto). VTT, KTM Harri Pönkä (harri.ponka@vm.fi) työskentelee finanssisihteerinä valtiovarainministeriössä.

Periaatteessa on tietysti olemassa useita eri tapoja, joilla voidaan määritellä, onko talous taantumassa vai noususuhdanteessa. Yhdysvalloissa *National Bureau of Economic Analysis* (NBER), tarkemmin sanottuna sen taantumajaksojen päiväyskomitea, pitää yllä listausta Yhdysvaltojen suhdannekronologiasta.¹ Tätä suhdannekronologiaa voidaan kuvata binäärimuuttujana, joka saa arvon 1 talouden ollessa taantumassa ja muulloin arvon 0. Tästä luokitelusta johtuen taantumaperiodien ennakointi on ollut luonnollinen binääristen aikasarjamallien, kuten probit- ja logit-mallien, sovelluskohde viimeaikaisessa ekonometrisessä kirjallisuudessa.

Suhdannevaihteluiden tutkimuksessa käytetty binäärivastemallien ekonometrinen metodologia on viime vuosina kehittyneet nopeasti. Esimerkkeinä mainittakoon viimeaikaiset tavanomaisen niin sanotun staattisen probit-mallin erilaiset dynaamiset laajennukset. Erityisesti Kauppi ja Saikkonen (2008) ovat esittäneet dynaamisia laajennuksia staattisille probit-malleille, joissa käytetään esimerkiksi binäärisen vasteen viivästettyjä arvoja tulevia taantumajaksoja ennustavina tekijöinä. Vastavasti Christiansen ym. (2014) hyödynsivät niin sanottuja faktori-täydennettyjä probit-malleja tutkiessaan luottamusindikaattoreiden ennustevoimaa taantumajaksojen ennustamisessa. Tässä menetelmässä keskeisenä ajatuksena on käyttää suuresta aikasarjamuuttujien joukosta muodostettuja, niiden yhteisliikkeitä kuvaavia, faktoreita taantumajaksoja selittävinä muuttujina.

Taantumajaksojen lisäksi binäärisiä aikasarjamalleja voidaan hyödyntää myös osakemarkkinoiden tutkimuksessa, jossa erityisen

kiinnostuksen kohteena on jo vuosikymmeniä ollut osakemarkkinatuottojen ennustettavuus. Tämä aihe on kiinnostanut sekä akateemisia tutkijoita että rahoitusalan ammatinharjoittajia, koska yhtäältä aiheen tutkimuksia voidaan pitää testeinä markkinoiden tehokkuudelle, ja toisaalta ne tuottavat informaatiota, jolla voi olla käytännön merkitystä erilaisten sijoitusten tuottoja ennakoitaessa.

Investointipäätöksiä tehdessään sijoittajat kohtaavat käytännössä usein binäärisen valinnan esimerkiksi riskillisten osakesijoitusten ja olennaisesti riskittömien korkosijoitusten välillä. Tästä johtuen osakemarkkinoiden tuottojen suunnan, eli osakkeiden hintojen nousun ja laskun, ennustaminen on luonteva probit-mallien käyttökohde. Rahoitusekonometrisessä kirjallisuudessa on jo aiemmin esitetty, että osaketuottojen etumerkki voi olla ennustettavissa vaikka tuotot itsessään eivät olisikaan (esim. Christoffersen ja Diebold 2006; Nyberg 2011). Aiheesta on tehty aikaisempaa tutkimusta ja näissä saatujen tulosten perusteella binäärivastemallit ovat suoriutuneet tehdyissä ennustevertailuissa perinteisiä regressiomalleja paremmin, sekä tilastollisilla että taloudellisilla kriteereillä mitattuna (esim. Nyberg 2011; Chevapatrakul 2013).

Väitöskirja täydentää sekä osakemarkkinoiden tuottojen suunnan että suhdannevaihteluiden ennakointiin keskittyvää tutkimusta. Tärkein yhteinen tekijä kirjan artikkeleiden välillä on yhteinen metodologia eli probit-malli ja sen erilaiset laajennukset. Uusien empiiristen tulosten lisäksi osana väitöskirjan uutuusarvoa voidaan pitää binäärivastemallien sekä niiden arviointimenetelmien käyttöä ja kehitystä.

Väitöskirjan ensimmäisessä tutkimusartikkelissa käsitellään osakemarkkinoiden suunnan ennustettavuutta Yhdysvalloissa dynami-

¹ <http://www.nber.org/cycles/recessions.html>

silla probit-malleilla käyttäen selittäjinä toimialaportfolioiden viivästettyjä tuottoja (Pönkä 2016a). Artikkelin perustuu informaation vähitaisen leviämisen teoriaan (Hong ja Stein 1999). Tämän teorian perusteella sijoittajat eivät rajallisista tiedon prosessoinnin mahdollisuuksista johtuen välttämättä pysty seuraamaan markkinoita kokonaisuudessaan, vaan keskittyvät sen sijaan vain tiettyjen toimialojen seuraamiseen. Tämän seurauksena markkinat alireagoivat aluksi uuteen informaatioon, joka leviää vähitellen laajemmin markkinoille, jolloin seurauksena on, että muutokset toimialaportfolioiden tuotoissa voivat ennakoita markkinoiden muutoksia kokonaisuudessaan.

Tässä artikkelissa tutkin aihetta käyttäen sekä kuukausi- että päiväaineistoa. Saadut tulokset osoittavat, että tietyillä rajatuilla toimialaportfolioilla on ennustevoimaa koko markkinoiden suunnan ennakkoinnissa. Tämän lisäksi artikkelissa vertaillaan probit-malleilla saatuja ennusteita perinteisillä regressiomalleilla saatuihin suuntaennusteisiin ja havaitaan, että probit-mallien ennusteet ovat sekä tilastollisilla että taloudellisilla kriteereillä mitattuna parempia.

Väitöskirjan toisessa tutkimuksessa, joka on toteutettu yhdessä Henri Nybergin kanssa (Nyberg ja Pönkä 2016), tutkimme Yhdysvaltojen ja kahdentoista muun osakemarkkinan välistä yhteyttä. Tutkimus rakentuu aiemman, osakemarkkinoiden kansainvälisien yhteyksien tarkasteluun keskittyneen kirjallisuuden päälle, jossa etenkin Yhdysvaltojen markkinoilla tapahtuvien muutosten on havaittu selittävän muutoksia muilla markkinoilla.

Kehitämme artikkelissa uuden kaksiulotteisen probit-mallin, joka mahdollistaa Yhdysvaltojen osakemarkkinaliikkeiden samanaikaisen vaikutuksen tutkimisen muiden maiden

markkinoille. Tämän lisäksi hyödynnämme ja kehitämme uusia binääristen vastemuuttujamallien mallinarviointimenetelmiä, kuten niin sanottuun ROC-käyrään (*Receiver Operating Characteristic*) perustuvia menetelmiä. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että Yhdysvaltojen markkinoilla tapahtuvilla muutoksilla on selitysvoimaa usean muun markkinan muutoksen suuntaa ennustettaessa. Tämän lisäksi kehitämme kaksiulotteinen malli tuottaa tarkempia ennusteita kuin kilpailevat yksiulotteiset mallit sekä perinteiset regressiomallit.

Kolmannessa tutkimusartikkelissa (Pönkä 2016b) tutkin öljyn hinnan muutosten vaikutuksia osakemarkkinoiden suuntaan yhdessätoista maassa. Aiemmassa tutkimuskirjallisuudessa on havaittu negatiivinen yhteys öljyn hintasokkien ja osakemarkkinatuottojen välillä (esim. Jones ja Kaul 1996). Kirjallisuus ei kuitenkaan ole tuottanut täysin yksimielistä kuvaa aiheesta, ja yhteyden voimakkuuden on havaittu vaihtelevan eri maiden ja toimialojen välillä tai riippuen siitä onko kyseessä kysyntä- tai tarjontapuolen sokki. Öljyn hintasokkien ja osakemarkkinatuottojen yhteyttä on tutkittu käyttäen lukuisia eri menetelmiä, mutta artikkelini on ensimmäinen, jossa sovelluksen yhteydessä käytetään probit-malleja. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että öljyn hinnan vaihteluilla on selitysvoimaa usean maan osakemarkkinoiden suuntaa ennustettaessa.

Väitöskirjan neljäs tutkimus käsittelee luotomuuttujien selitysvoimaa Yhdysvaltojen taantumajaksojen ennakkoinnissa. Aikaisempien tutkimustulosten valossa tuottokäyrää, eli pitkien ja lyhyiden korkojen erotusta, on pidetty parhaana yksittäisenä tulevaa talouden suhdannetilaa ennakoivana indikaattorina (esim. Estrella ja Hardouvelis 1991). Tämän lisäksi myös esimerkiksi lyhyiden korkojen sekä osa-

kemarkkinoiden tuottojen on havaittu ennakoinvan suhdannemuutoksia (esim. Estrella ja Mishkin 1998; Nyberg 2011; Christiansen ym. 2014). Vaikka taantumajaksojen ennustamiseen keskittyvässä kirjallisuudessa on esitetty lukuisia rahoitusmuuttujia, näissä tutkimuksissa on harvemmin käytetty luottomuuttujia. Artikkeleissa tarkastellaan seitsemän eri luottomuuttujan ennustevoimaa Yhdysvaltojen taantumajaksoja ennustettaessa.

Tutkimuksessa hyödynnetään staattisten probit-mallien lisäksi faktoreilla täydennettyjä probit-malleja, joiden avulla voidaan ottaa huomioon informaatiota suuresta määrästä selittäviä muuttujia samanaikaisesti. Tulokset osoittavat, että luottomuuttujat ovat hyödyllisiä selittäjiä tulevia taantumaperiodeja ennustettaessa, myös ottaen huomioon perinteisten taantumaselittäjien sekä faktoreiden selitysvoiman. Eri luottomuuttujien joukosta etenkin niin sanotun GZ-yritysluottospreadin (Gilchrist ja Zakrajsek 2012) ei-systemaattisen komponentin (*excess bond premium, EBP*) havaitaan toimivan hyvin taantumaperiodeja ennakoidessa. □

Kirjallisuus

- Christiansen, C., Eriksen J.N. ja Möller, S.T. (2014), "Forecasting U.S. recessions: The role of sentiment", *Journal of Banking and Finance* 49: 459–468.
- Christoffersen, P.F. ja Diebold F.X. (2006), "Financial asset returns, direction-of-change forecasting, and volatility dynamics", *Management Science* 52: 1273–1288.
- Estrella, A. ja Hardouvelis, G.A. (1991), "The term structure as a predictor of real economic activity", *Journal of Finance* 46:555–576.
- Estrella, A. ja Mishkin, F.S. (1998), "Predicting U.S. recessions: Financial variables as leading indicators", *Review of Economics and Statistics* 80: 45–61.
- Gilchrist, S. ja Zakrajsek, E. (2012), "Credit spreads and business cycle fluctuations", *American Economic Review* 102: 1692–1720.
- Jones, C.M. ja Kaul, G (1996), "Oil and the stock markets", *Journal of Finance* 51: 463–491.
- Kauppi, H. ja Saikkonen, P. (2008), "Predicting U.S. recessions with dynamic binary response models", *Review of Economics and Statistics* 90: 777–791.
- Nyberg, H. (2011), "Forecasting the direction of the US stock market with dynamic binary probit models", *International Journal of Forecasting* 27: 561–578.
- Nyberg, H. ja Pönkä, H. (2016), "International sign predictability of stock returns: The role of the United States", *Economic Modelling* 58: 323–338.
- Pönkä H. (2016a), "Predicting the direction of U.S. stock markets using industry returns", *Empirical Economics* (tulossa).
- Pönkä H. (2016b), "Real oil prices and the international sign predictability of stock returns", *Finance Research Letters* 17: 79–87.
- Pönkä H. (2016c), "The role of credit in predicting U.S. recessions", *Journal of Forecasting* (tulossa).