

Tutkimuksia binääristen aikasarjamallien käytöstä soveltavassa makrotaloustieteessä ja rahoituksen tutkimuksessa*

Henri Nyberg
VTT, tutkijatohtori
Helsingin yliopisto

Ekonometrisessa kirjallisuudessa on viimeisten vuosikymmenten aikana laajasti hyödynnetty erilaisia epälineaarisia aikasarjamalleja. Lineaaristen ARMA-mallien tapaan näissä malleissa tarkasteltava vastemuuttuja on tyypillisesti reaaliarvoinen, eli sen saama arvo voi periaatteessa olla mikä tahansa reaaliarvo. Useissa taloustieteellisissä sovelluksissa vastemuuttuja saattaa kuitenkin olla myös kvalitatiivinen, jolloin muuttujan mahdollisten arvojen joukko on rajattu. Yksinkertaisin esimerkki tällaisesta muuttujasta on binäärinen eli kaksiarvoinen muuttuja. Aikasarja-aineistojen tapauksessa binäärinen aikasarja koostuu nolista ja ykkösisistä siten, että muuttujan arvo 1 kuvaa tyypillisesti tilannetta, jolloin tietyllä ajanhetkellä jokin tapahtuma tapahtuu.

Soveltavassa taloustieteessä kvalitatiivisten vastemuuttujamallien aiemmat sovelluskohteet

* Tämä kirjoitus perustuu Helsingin yliopistossa 14.5.2010 tarkastettuun tilastotieteen väitöskirjaani ”*Studies on Binary Time Series Models with Applications to Empirical Macroeconomics and Finance*”. Väitöstilaisuudessa vastaajattäjänä toimi professori Denise Osborn (Manchesterin yliopisto) ja kustoksena professori Hannu Niemi (Helsingin yliopisto).

ovat tyypillisesti olleet erilaisia mikrotaloustieteellisiä tutkimuskysymyksiä, joiden yhteydessä tarkasteltavat aineistot ovat olleet useimmiten poikkileikkaus- tai paneeliaineistoja. Sen sijaan kvalitatiivisten vastemuuttujien aikasarjamalleja ei toistaiseksi ole kovin laajasti käsitelty ekonometrisessä kirjallisuudessa. Aivan viimeisten vuosien aikana uusia malli-innovaatioita on kuitenkin esitetty (ks. esim. Chauvet ja Potter 2005, Kauppi ja Saikkonen 2008, Startz 2008).

Väitöskirjani koostuu johdantoluvusta sekä neljästä erillisestä tutkimuksesta, jotka kaikki käsittelevät binääristen aikasarjamallien ominaisuuksia ja hyödyntämistä taloustieteellisissä sovelluksissa. Pääpaino on ns. dynaamisissa probit-malleissa, jotka ovat aiemmin kirjallisuudessa käytetyn ”staattisen” probit-mallin laajennuksia. Malleissa esimerkiksi binäärisen aikasarjamuuttujan viivästettyjä arvoja voidaan hyödyntää selittävinä muuttujina. Väitöskirjassa tarkastellaan erityisesti ns. autoregressiivisen rakenteen probit-malleja (ks. tarkemmin Kauppi ja Saikkonen 2008). Tästä rakenteesta johtuen mm. selittävien muuttujien pidemmän aikavälin historia kyetään hyödyntämään vähäparametrillä tavalla ennustemallia muodostettaessa.

Väitöskirjassani keskityn kahteen sovelta-
van makrotaloustieteen ja rahoituksen tutki-
muksen kannalta keskeiseen tutkimuskysymyk-
seen. Näistä ensimmäisessä tutkitaan talouden
suhdannevaiheiden ennustamista, mikä on hy-
vin keskeistä monien taloudellisten päätöksen-
tekijöiden, kuten keskuspankkien, kannalta.
Mikäli ennusteet talouden samanaikaisesta ti-
lasta tai tulevasta kehityksestä ovat epävarmoja,
politiikkatoimenpiteet eivät välttämättä ole oi-
kein ajoitettuja ja ne saattavat edelleen voimista
suhdannevaihteluita. Viimeisten kahden-
kolmen vuoden aikana maailmanlaajuisesti
koettu syvä taloustaantuma on osaltaan jälleen
kasvattanut kiinnostusta taantumaennusteita
kohtaan.

Suhdannevaiheen ennustamisessa taantu-
maennusteet perustuvat binääriseen talouden
tilaa kuvaavaan muuttujaan, joka saa arvon 1,
kun talous on taantumassa, ja arvon 0 muul-
loin. Niin Yhdysvalloissa kuin myös Euroopas-
sa on useita tutkimustahoja, jotka ylläpitävät
virallisia listauksia eri maiden talouksien suh-
dannehuipuista ja pohjista joiden perusteella
taantumaindikaattorin arvot määräytyvät.¹

Probit-mallista saadaan tuloksena todennä-
köisyysennuste taantumalle tarkasteltavan ai-
kaperiodin, kuten kuuden tai 12 kuukauden
päähän. Staattisen ja dynaamisten mallien vä-
lillä tehtävän valinnan lisäksi toinen taantuma-
ennustamisen kannalta keskeinen valinta kos-
kee muuttujia, joiden ennustevoiman avulla
talouden tulevaa suhdannevaihetta pyritään

ennustamaan. Näitä muuttujia kutsutaan kir-
jallisuudessa myös ennakoiviksi indikaattoreik-
si. Aikaisempien tutkimustulosten valossa sel-
västi parhaimmaksi tulevaa talouden suhdan-
netilaa ennakoivaksi muuttujaksi on osoittau-
nut ns. korkospreadi eli pitkän ja lyhyen kor-
on välinen tuottoero. Useat tutkimukset ovat
osoittaneet (ks. esim. Estrella ja Mishkin 1998,
Rudebusch ja Williams 2009), että lähellä nol-
laa oleva, tai jopa negatiivinen, korkospreadi
on edeltänyt talouden taantumajaksoja. Näin
tapahtui myös ennen vuosien 2007–2008 aika-
na alkanutta viimeisintä taantumajaksoa.

Taantumaennusteiden lisäksi toisena kes-
keisenä sovelluksena väitöskirjassa tutkitaan
osakemarkkinoiden suunnan ennustamista.
Tämä sovellus on hyvin keskeinen paitsi sovel-
tavan rahoituksen tutkimuksen myös käytän-
tön sijoitustoiminnan kannalta. Aiemmassa
kirjallisuudessa on havaittu varsin paljon näyt-
töä siitä, että osakemarkkinatuotot ovat olleet
osin ennustettavissa. Toisaalta ennustettavissa
olevan komponentin on usein havaittu liittyvän
vain osaketuoton etumerkkiin (ks. esim. Chris-
toffersen ja Diebold 2006). Aiemmassa kirjalli-
suudessa osaketuottojen suuntaa on pääosin
pyritty ennustamaan muodostamalla aluksi en-
nuste kokonaistuotolle, ja tämän jälkeen suun-
taennuste on muodostettu ennusteen etumerkki-
in perustuen. Binäärisissä malleissa sen sijaan
tarkastellaan suoraan tuoton etumerkkiä ja sen
perusteella muodostettua aikasarjaa.

Väitöskirjan ensimmäinen tutkimus käsitte-
lee dynaamisten probit-mallien kykyä ennustaa
Yhdysvaltojen ja Saksan taantumajaksoja. Tut-
kimuksen päätulos on, että molempien maiden
taantumajaksot ovat olleet tarkasteltavan ai-
neiston alusta eli 1970-luvulta alkaen ennustet-
tavissa. Tämä koskee myös viimeisintä taantu-
majaksoa, joka alkoi Yhdysvalloissa joulukuun

¹ Esimerkiksi *National Bureau of Economic Research (NBER) määrittelee virallisesti Yhdysvaltojen talouden subdanneilanteen. Vastaavasti Economic Cycle Research Institute (ECRI) ylläpitää vastaavankaltaista subdannekäännepisteiden tilastoa monille muille maille (ks. tarkemmin <http://www.nber.org/cycles/cyclesmain.html> ja <http://www.businesscycle.com/resources/cycles>).*

2007 ja Saksassa huhtikuun 2008 suhdannehuipun jälkeen. Dynaamiset probit-mallit, erityisesti edellä mainittuun autoregressiiviseen rakenteeseen perustuvat mallit, tuottavat selvästi tarkempia ennusteita tavanomaiseen staattiseen probit-malliin verrattuna. Aiempien tutkimusten tapaan maiden oma korkospreadi osoittautui parhaaksi ennakoivaksi indikaattoriksi. Tämän lisäksi ulkomaisella korkospreadilla (esim. Yhdysvaltojen tapauksessa Saksan korkospreadilla) sekä maiden osakemarkkinatuotoilla havaittiin tilastollisesti merkitsevää taantumaennustevoimaa.

Kaiken kaikkiaan väitöskirjan tulokset antavat vankkaa tukea autoregressiiviseen rakenteeseen perustuvien probit-mallien käyttämisen puolesta. Näiden mallien käyttökelpoisuuden kannalta onkin mielenkiintoista muodostaa tilastollinen testi autoregressiivisen mallirakenteen tarpeellisuudelle probit-mallia muodostettaessa. Väitöskirjan toisessa tutkimuksessa esitetäänkin ns. LM-periaatteeseen perustuva tilastollinen testi autoregressiivisen osan tarpeellisuudelle. Kahden vaihtoehdoisen LM-testisuureen pienotosominaisuuksia tutkitaan tarkemmin simulointikokein. Tulosten valossa LM-testillä ja bootstrap-menetelmällä muodostettuja kriittisiä arvoja hyödynnettäessä testin tilastolliset ominaisuudet puoltavat testin olevan käyttökelpoinen autoregressiivisen rakenteen tarpeellisuutta testattaessa.

Kolmannessa tutkimuksessa tarkastellaan Yhdysvaltojen osakemarkkinatuottojen etumerkin ennustettavuutta. Tässä luvussa, kuten koko väitöskirjassa, rahoitusmarkkinoilta saatavan informaation ja taloudellisen aktiviteetin välinen suhde on erityisen kiinnostuksen kohteena. Käytännössä tämä näkyy siten, että luvussa esitetään aiempaan kirjallisuuteen nähden uudentyyppinen rakenteellinen malli, jossa

ensimmäisessä tutkimuksessa muodostettuja taantumaennusteita käytetään selittävänä muuttujana osaketuoton suunnalle.

Tulosten perusteella kuuden kuukauden päähän muodostettu taantumaennuste on ennustevoimaltaan paras selittävä muuttuja seuraavan kuukauden osaketuoton suuntaa ennustettaessa. Taantumaennusteessa tiivistyvät odotukset tulevasta taloudellisesta aktiviteetista näyttäisivät täten kykenevän ennakoimaan seuraavan kuukauden osakemarkkinatuoton suuntaa. Eri dynaamisista mallispesifikaatioista parhaimmaksi osoittautui tarkemmin luvussa esitettävä ns. virheenkorjausrakenteeseen perustuva probit-malli, joka antoi myös parempia suuntaennusteita tavanomaiseen ARMA-malliin ja realisoituneeseen volatilitteettiin perustuvaan ennustemalliin verrattaessa. Tutkimuksessa havaittua osaketuoton suunnan ennustevoimaa voidaan onnistuneesti hyödyntää käytännön sijoitustoiminnassa osakesijoitusten ja riskittömän korkosijoituksen välisiä sijoituspäätöksiä tehtäessä. Edellä mainitun parhaimman probit-mallin tapauksessa keskimääräiseksi vuotuiseksi tuotoksi saatiin 10,3 prosenttia kun keskimääräinen markkinatuotto oli noin 8,7 prosenttia.

Väitöskirjan neljännessä ja viimeisessä tutkimuksessa käsitellään aiempien lukujen yksilotteisten probit-mallien kaksilotteista laajennusta. Tutkimuksessa esitetään uusi kaksilotteinen autoregressiiviseen mallirakenteeseen perustuva probit-malli. Aiempaan kirjallisuuteen nähden tällä tutkimuksella on erityinen uutuusarvo sillä ekonometrisessä kirjallisuudessa on esitetty vain joitain kaksilotteisia aikasarjamellemalleja binääristen vaste-muuttujien tapauksessa.

Tämän tutkimuksen empiirisessä osassa tutkitaan aiemmin käsitellyn Yhdysvaltojen suh-

dannetilannetta kuvaavan binäärisen muuttujan lisäksi toisena muuttujana Yhdysvaltojen talouden kasvuvauhdissa havaittavien nousu- ja laskuvaiheiden ennustamista yhden kuukauden päähän. Eri makrotaloudellisten muuttujien tilastotietojen julkaisuviipeiden sekä tilastotiedoissa tapahtuvien tarkistusten vuoksi myös talouden samanaikainen tila on useimmiten epävarma ja siksi tämänkaltaiset ennusteet (nowcasts) ovat usein hyödyllisiä taloudellisten päätöksentekijöiden näkökulmasta. Tulosten perusteella molempien talouden tilaa osoittavien binääristen muuttujien arvot ovat ennustettavissa rahoitustaloudellisia muuttujia, kuten korkoja ja osaketuottoja, käytettäessä selittävinä muuttujina. Lisäksi kaksiulotteisella probitmallilla kyetään muodostamaan tavanomaisiin yksiulotteisiin malleihin nähden tarkempia ennusteita molemmille suhdannetilaa kuvaaville muuttujille.

Yhteenvedona voidaan todeta väitöskirjan tulosten puoltavan dynaamisten probit-mallien käyttökelpoisuutta aiemmin kirjallisuudessa käytettyyn staattiseen malliin nähden. Jatkossa uusien sovelluskohteiden lisäksi dynaamisten mallien edelleen kehittäminen muodostaa mielenkiintoisen jatkotutkimuskohteen binääristen aikasarjamallien tutkimuksen osalta. □

Kirjallisuus

- Chauvet, M. ja Potter, S. (2005), “Forecasting recession using the yield curve”, *Journal of Forecasting* 24: 77–103.
- Christoffersen, P.F. ja Diebold, F.X. (2006), “Financial asset returns, directional-of-change forecasting, and volatility dynamics”, *Management Science* 52: 1273–1287.
- Estrella, A. ja Mishkin, F.S. (1998), “Predicting U.S. recessions: Financial Variables as leading indicators”, *Review of Economics and Statistics* 80: 45–61.
- Kauppi, H. ja Saikkonen, P. (2008), “Predicting U.S. recessions with dynamic binary response models”, *Review of Economics and Statistics* 90: 777–791.
- Rudebusch, G.D. ja Williams, J.C. (2009), “Forecasting recessions: The puzzle of the enduring power of the yield curve”, *Journal of Business and Economic Statistics* 27: 492–503.
- Startz, R. (2008), “Binomial autoregressive moving average models with an application to U.S. Recessions”, *Journal of Business and Economic Statistics* 26: 1–8.