

Vielä yksikköjuurista ja työttömyysaikasarjojen tilastollisesta luonteesta*

JUSSI TOLVI

VTM

Taloustieteen laitos

Turun yliopisto

Tämän aikakauskirjan numerossa 2/1998 Markus Jäntti kritisoi Vesa Vihriälän ja Matti Virénin (1997) artikkelissa »Tuotanto- ja työllisyysmenetykset korjaantuvat hyvin hitaasti» käytettyjä yksikköjuuritestejä. Jäntin kritiikki koostuu kahdesta osasta. Toisaalta hän toivoisi käytettävän myös yksikköjuuritestejä joissa nollahypoteesina pidetään stationaarisuutta (eli ei yksikköjuurta), ja toisaalta hän hylkäisi koko yksikköjuurten olemassaolon mahdollisuuden työttömyysaste-aikasarjoissa. Edelliseen ongelmaan löytyy ratkaisu, kuten Jänttikin toteaa (esim. mainittu KPSS-testi), mutta toinen perustuu tilastomatematiikkaan, eikä siihen siis ole muodollisesti ratkaisua. Tämän myöntävät myös Vihriälä ja Virén (1998) vastineessaan, mutta vetoavat siihen, että samoja menetelmiä käytetään yleisesti aikasarjojen tilastollisten ominaisuuksien kuvailuun, myös työttömyyden hyste-

reesi-hypoteesia koskevassa kirjallisuudessa. Sivumennen sanoen, tämän argumentin logiikka loppuun asti seuraamalla lähes mitään nykyään käytettyä tilastollista mallia – edes regressiomalleja normaalijakautuneella virhetermillä – ei saisi käyttää työttömyyden mallittamiseen. Mallien perusteellahan on nimittäin teoreettisesti aina mahdollista sattua niin iso virhetermi, että työttömyysaste ajautuu välin $[0, 1]$ ulkopuolelle. Muistutettakoon myös heti aluksi, että tällaisessa keskustelussa ei tietenkään ole mitään uutta (katso esimerkiksi Campbell ja Perron (1991), jossa käsitellään osittain samoja kysymyksiä).

Tässä kirjoituksessa haluaisinkin kiinnittää hieman tarkempaa huomiota erilaisten poikkeavien havaintojen (»outliers») tai rakennemuutosten (tasosiirtymät, regiimin muutokset jne.) mahdollisuuteen työttömyysaikasarjoissa. Sekä Jäntti että Vihriälä ja Virén tuovat esiin niiden haitalliset vaikutukset yksikköjuuritesteihin, mistä onkin jo olemassa melko paljon tutkimustietoa. Fransesin tuore kirja (1998) sisältää viit-

* Kiitokset Hannu Koiraselle ja Pekka Laineelle mielenkiintoisista keskusteluista ja kommenteista. Itse otan kuitenkin täyden vastuun tästä kirjoituksesta.

tauksia tähän kirjallisuuteen. Jo jonkin aikaa on ollut tiedossa, että rakennemuutokset, kuten sarjan trendin ja tason muutokset, johtavat yksikköjuurihypooteesin hyväksymiseen »liian usein». Toisaalta taas yksittäiset poikkeavat havainnot johtavat yleisesti käytetyn Dickey-Fuller -testin hylkäämään yksikköjuurihypooteesin »liian usein». Tätä testiä käyttävät myös Vihriälä ja Virén, yhdessä Phillips-Perron -testin kanssa. Koska empiiriset taloudelliset aikasarjat tuskin koskaan täysin noudattavat (tilastollisissa menetelmissä) oletettuja jakaumia, pitää näihin tuloksiin siis aina suhtautua varauksin.

Tilastotieteellisessä aikasarja-analyysissä on viime aikoina tutkittu poikkeavia havaintoja ja rakennemuutoksia ja niiden vaikutuksia useisiin muihinkin malleihin ja testeihin. Hieman vaihtoehtoinen lähestymistapa yksikköjuuriongelmaan onkin tutkia aikasarjojen ominaisuuksia juuri etsimällä niistä poikkeavia havaintoja ja rakennemuutoksia. Tämän lähestymistavan avulla saadaan kahdenlaista uutta informaatiota aikasarjojen ominaisuuksista. Ensinnäkin voidaan tehdä yksikköjuuritestit sarjoille, joista on poistettu mahdollisten poikkeavien havaintojen ja rakennemuutosten vaikutukset. Näin saadaan varmemmat perusteet johtopäätöksille. Toisaalta poikkeavien havaintojen ja rakennemuutosten etsiminen tarjoaa itsessään tilastollisen mallin, jonka avulla voidaan selvittää aikasarjojen luonnetta. Tässä yhteydessä mielenkiintoinen kysymys voisi olla: onko työttömyyden aikasarja paremmin kuvattavissa pysyvien tasosiirtymien (jotka voidaan tulkita yksikköjuuria vastaaviksi ilmiöiksi) vai väliaikaisten poikkeavien havaintojen avulla (ei yksikköjuurta)? Pysyvät tasosiirtymät (ja/tai yksikköjuuret) tukevat edelleen työttömyyden hystereesiä, joka tässä on taloustieteellisenä hypoteesina.

Käyttökelpoiseksi tavaksi etsiä poikkeavia havaintoja ja rakennemuutoksia on havaittu

ARMA-mallien yhteydessä kehitetyt interventioanalyysiin perustuvat menetelmät. Viimeisin versio tällaisista proseduureista on esitetty artikkelissa Chen ja Liu (1993), ja tähän pienin muutoksin perustuva tietokoneohjelma TRAMO työpaperissa Gómez ja Maravall (1994). Mainittakoon, että ohjelma on vapaasti haettavissa Espanjan keskuspankin kotisivulta (osoitteesta <http://www.bde.es/servicio/software/softwaree.htm>).

Tiiviisti esitettynä interventioanalyysimalli voidaan esittää seuraavasti. Havaittu aikasarja z_t koostuu stationaarista ARMA-mallia normaali-jakautuneella virhetermillä ε_t noudattavasta sarjasta y_t ja interventioista, jotka siis ovat joko yksittäisiä poikkeavia havaintoja tai rakennemuutoksia. Muodollisesti

$$z_t = y_t + \delta_t(k)\omega,$$

$$\phi(L)y_t = \theta(L)\varepsilon_t.$$

Tässä $\phi(L)$ ja $\theta(L)$ ovat viivepolynomeja, ω :t ovat interventioiden suuruudet ja $\delta_t(k)$ on indikaattorimuuttuja (dummy-muuttuja), joka saa nollasta poikkeavia arvoja mikäli sarjassa on poikkeavia havaintoja. Rakennemuutokset saadaan malliin mukaan kun oletetaan että useampi peräkkäinen indikaattori voi olla nollasta poikkeava. Erilaiset poikkeamat voidaan nyt luokitella additiiviseen poikkeavaan havaintoon (AO), jolle $\delta_t(k) = 1$ yhdellä periodilla ja nolla muulloin, tasosiirtymään (LS) jolle $\delta_t(k) = 1$ kaikille havainnoille tietyn periodin jälkeen, väliaikaiseen muutokseen (TC) jolle $\delta_t(k)$ saa eksponentiaalisesti pieneneviä arvoja kaikilla poikkeavan havainnon jälkeisillä periodeilla ($\delta_{t+i}(k) = \lambda^i$, $i = 0, 1, 2, \dots$, yleensä valitaan lisäksi $\lambda = 0.7$), sekä innovatiiviseen poikkeavaan havaintoon (IO) jolle $\delta_t(k)$ myös saa nollasta poikkeavia havaintoja useammilla periodeilla. IO:n ta-

pauksessa indikaattorimuuttujan saamat arvot riippuvat sarjan y_t noudattamasta ARMA-mallista siten, että poikkeava havainto on ikäänkuin normaali virhetermin lisäksi tuleva shokki (eli interventio on muotoa $[\theta(L)/\phi(L)]\omega$). Tarkastelemalla aikasarjoja taso- ja differenssimuodoissa saadaan näiden avulla mallitettua suuri määrä erilaisia rakennemuutoksia yksittäisten poikkeamien lisäksi.

Näiden interventioiden havaitseminen perustuu iteratiiviseen algoritmiin, jossa alustavaan ARMA-malliin lisätään yllä esitetyt interventiot ja lasketaan uskottavuusosamäärätestit kaikille havainnoille ja interventioille. Näitä verrataan suuruusjärjestyksessä valittuun kriittiseen arvoon, ja tilastollisesti merkitsevien interventioiden vaikutus poistetaan sarjasta, merkitsevyysjärjestyksessä. ARMA-malli estimoidaan nyt uudelleen, ja etsitään taas merkitsevät interventiot. Tätä toistetaan, kunnes estimaatit konvergoituvat. Tuloksena saadaan poikkeavista havainnoista puhdistettu sarja ja estimaatit havaituille poikkeaville havainnoille. Lisäksi nollahypoteesi on näissä testeissä »ei interventiota», eli kaikkien interventioiden, myös tasosiirtymien, havaitsemiseen vaadittavan todistusaineiston on oltava, Jäntin (1998) sanoin, »erittäin vahvaa».

Sovelsin tätä menetelmää Suomen vuosittaisen työttömyysasteen aikasarjaan (kerätty Tilastokeskuksen julkaisuista). Aineisto kattaa vuodet 1960–1998 (vuoden 1998 havainto on kesäkuun työttömyysaste). TRAMO:ssa on käytössä automaattinen ARMA-mallin identifiointimenetelmä, joka perustuu BIC-informaatiokriteerin käyttöön. Tasomuodossa olevalle sarjalle ohjelma valitsee parhaaksi malliksi liukuvan keskiarvon MA(1)-mallin. Tässä mallissa löydetty poikkeavat havainnot ovat kaksi tasosiirtymää vuosina 1967 ja 1991. Vuoden 1967 es timoitu tasosiirtymä on työttömyyden tason 1.8

prosenttiyksikön lasku, ja vuoden 1991 tasosiirtymä huomattavasti suurempi, ja tässä mielenkiintoisempi, 7.4 prosenttiyksikön nousu (9.3 prosenttiyksikköä verrattuna sarjan alkuun). Muita poikkeavia havaintoja sarjasta ei löydy.

Differenssimuotoiselle sarjalle (työttömyysasteen vuosimuutokset vuosina 1961–1998) TRAMO valitsee myös MA(1)-mallin, josta löytyy neljä poikkeavaa havaintoa. Kronologisessa järjestyksessä nämä ovat negatiivinen innovatiivinen poikkeava havainto vuonna 1977 ($\omega \approx -2$), positiivinen tilapäinen muutos 1991 ($\omega \approx 3$), positiivinen innovatiivinen poikkeava havainto 1992 ($\omega \approx 3$) ja lopuksi negatiivinen tilapäinen muutos 1997 ($\omega \approx -3.7$). Mielenkiintoisimmat näistä ovat taas 1990-luvulle ajoittuvat havainnot. Tasomuodossa olevan sarjan kanssa verrattavissa oleva löytö on vuosien 1991 ja 1992 työttömyysastetta kasvattaneet interventiot, jotka tässä ilmenevät väliaikaisina muutoksina, ja tasomuodossa vastaavasti tasosiirtymänä. Näiden interventioiden yhteisvaikutus työttömyysasteeseen on ollut vuonna 1991 noin 3%, 1992 noin 5.2%, 1993 noin 4.4% ja 1994 noin 1.0%, eli neljässä vuodessa yhteensä noin 13.6%. Toisaalta myös vuoden 1997 nopealle työttömyyden laskulle löytyy merkitsevä interventio differensseistä, toisin kuin tasomuodossa olevasta sarjasta. Koska yksikään havaittuista interventioista ei ole additiivista muotoa, voidaan melko itsestäänselvästi myös todeta, että muutokset työttömyydessä ovat melko hitaita, ja havaittujen interventioiden vaikutukset tuntuvat siis useina vuosina.

Tulokset ovat jossain määrin avoimia erilaisille tulkinnoille. Toisaalta tasomuotoisessa sarjassa näyttäisi olevan selvä tason muutos, joka on sopusoinnussa yksikköjuurihypoteesin kanssa. Differenssimuotoisessa sarjassa taas on 1990-luvun alkuvuosina kaksi merkittävää väliaikaista muutosta, jotka viittaisivat työttö-

mysasteen tason muutokseen, kun taas vuoden 1997 negatiivinen interventio osoittaa tason myös laskeneen jonkin verran, tosin selvästi vuosikymmenen alun nousua vähemmän. Aivan sarjan lopussa olevan poikkeaman oikea identifiointi on toisaalta vaikeaa, joten myös tulokset ovat tältä osin melko epävarmoja.

Kokeilin samaa menetelmää myös tasomuodossa oleville neljännesvuosihavainnoille ajalta 1/1975–3/1998 (myös tämä aineisto on Tilastokeskuksen). Tässä analyysi on sikäli ongelmallisempi, että sopivaa ARMA-mallia on vaikea löytää, ja poikkeavia havaintoja tulee malliin mukaan useita. Valitussa MA(1)-mallissa on vuoden 1991 lopussa innovatiivinen poikkeava havainto, ja heti vuoden 1992 alussa peräkkäin additiivinen poikkeava havainto ja tasosiirtymä. Nämä ovat kaikki positiivisia. Vuoden 1997 alusta löytyy tässä negatiivinen, pienempi tasosiirtymä. Tämä havainto on luotettavampi kuin vuosiaineistolla saatu vastaava tulos. Lisäksi 1970-luvulta löytyy pieni tasosiirtymä ja yksi additiivinen poikkeava havainto. Vuosien 1991 ja 1992 aikana neljännesvuosiaineistossa on siis useita poikkeavia havaintoja, joista yksi on merkittävä tasosiirtymä. Tulokset ovat näin ollen samansuuntaisia vuosiaineistolla saatujen tulosten kanssa.

Kaikenkaikkiaan näyttää siis siltä, että työttömyyden aikasarjassa on tapahtunut merkittävä tason nousu 1990-luvun alussa. Tämä havainto saadaan kaikilla käytetyillä analyysitaivoilla, ja se siis tukee käsitystä työttömyyden hysteresistä. Jotain viitteitä on myös siitä, että noin vuonna 1997 on tapahtunut pienempi muutos, mutta tämän muutoksen luonteesta ei voitane vielä vetää varmoja johtopäätöksiä; vuosiaineistossahan tästä muutoksesta ei ollut mitään merkkiä. Toisin sanoen vielä ei voida sanoa, onko kyse todellakin työttömyyden tason pysyvistä laskusta (ja miten suuresta), vai vain väli-

aikaisesta negatiivisesta »häiriöstä» normaalisa työttömyyden tasossa.

Tein vielä lopuksi Dickey-Fuller-, Phillips-Perron- ja KPSS -yksikköjuuritestit puhdistetulle vuosisarjalle. Kaikki testit on tehty käyttäen sekä vakio-, että vakio plus trendi -muotoisia testejä viiveillä nolasta neljään. Puhdistetusta sarjasta on poistettu kahden edellä havaitun tasosiirtymän vaikutus. Toisaalta voi tietysti kysyä miksi yksikköjuuritestejä enää pitäisi edes tehdä, kun kerran sarjassa on selvästi tasosiirtymä, joka voidaan jo (löysästi) tulkita yksikköjuureksi. Saadut tulokset ovat kuitenkin melko mielenkiintoiset. Niiden perusteella yksikköjuurihypooteesia ei nimittäin voida hylätä (DF- ja PP -testeissä) edes tasosiirtymistä puhdistetakaan sarjasta 10% tasolla millään testauttavalla (paitsi DF-testistä yhdellä viiveellä, joka on juuri merkitsevä 10% tasolla). Vastaavasti KPSS-testi hylkää aina testissä nollahypooteesina olevan stationaarisuuden (alkuperäisestä sarjasta vähintään 10% tasolla ja tasosiirtymistä puhdistetusta sarjasta vähintään 5% tasolla). Yksikköjuurijohtopäätös on tässä aineistossa siis robusti jopa tasosiirtymien poistolle kaikilla testautavoilla. Neljännesvuosiaineistolle ei yksikköjuuritestejä ole tässä edes mielekäästä tehdä, sillä tunnetusti testien voima ei juuri parane havaintojen lisääntyessä, mikäli havaintoajanjakso pysyy samana. Tässä neljännesvuosiaineiston havaintoajanjakso on vielä lyhyempi kuin vuosiaineiston.

Mitä näiden tulosten perusteella sitten voisi sanoa yksikköjuurikiistasta? Tärkein johtopäätös selviää kai jo katsomalla työttömyyden aikasarjaa 1990-luvulta: työttömyys on noussut nopeasti korkealle tasolle, eikä tunnu laskevan ainakaan samaa vauhtia. Tätä havaintoa tukevat muodolliset testitkin, olivat ne sitten yksikköjuuri- tai interventiomalleilla saatuja. Tietysti on syytä pitää mielessä, että muodolliset testit

ja mallit ovat tässä yhteydessä vain yhtä aikasarjaa kuvaavia menetelmiä, eikä niillä näin ollen ole mitään taloustieteellistä selityskykyä. Lisäksi työttömyysaikasarjan mallittaminen ARMA-malleilla on vaikeaa, johtuen juuri 1990-luvun rajuista muutoksista sarjassa. Hypoteesille sarjan tason muutoksesta löytyy kuitenkin selvästi tukea aineistosta, ja lisäksi tasomuutoksista puhdistetussakin sarjassa on testien mukaan selvästi yksikköjuuri. Näyttää siis siltä, että työttömyysasteen aikasarjaa voidaan hyvin kuvata yksikköjuurimalleilla. Aivan oma lunksa on sitten tulosten käytännön merkitys. Onhan tietenkin aivan yhdentekevää onko sarjalla tarkalleen yksikköjuuri vai ei, jos shokkien vaikutus kuitenkin tuntuu vuosikymmenienkin jälkeen.

Lähteet:

- Campbell, J. Y. ja P. Perron (1991): »Pitfalls and opportunities: What macroeconomists should know about unit roots (with comments and discussion).» *NBER Macroeconomics Annual* 1991, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Franses, P. H. (1998): *Time series models for business and economic forecasting*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gómez, V. and A. Maravall (1994): »Program TRAMO. 'Time Series Regression with ARIMA Noise, Missing Observations, and Outliers'. Instructions for the User.» *EUI Working Paper ECO* No. 94/31, European University Institute, Florence.
- Jäntti, M. (1998): »Voiko työttömyysasteella olla yksikköjuurta?» *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 94, 198–200.
- Vihriälä, V. ja M. Virén (1997): »Tuotanto- ja työllisyysmenetykset korjaantuvat hyvin hitaasti.» *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 93, 469–478.
- Vihriälä, V. ja M. Virén (1998): »Kommentin kommentti.» *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 94, 201–203.