

Geospatiaalinen analyysi historiantutkimuksessa

Esimerkkinä Käkisalmen pohjoisen läänin lautamiehet

ANTTI HÄRKÖNEN

Geospatiaalinen analyysi tarkoittaa tilastollisten menetelmien soveltamista paikkatietoon. Geospatiaalisen analyysin keskeinen lisäarvo historiantutkimukselle on sen kyky mallintaa ja havainnollistaa paikkaan ja tilaan liittyviä ilmiöitä. Esittelen lyhyesti geospatiaalisen analyysin keskeisiä sovellusaloja. Tapaustutkimuksessa tarkastelen geospatiaalisten menetelmien avulla, kuinka 1600-luvun lopun Ruotsin oikeuslaitos kykeni ulottamaan kontrolliaan valtakunnan itäiseen periferiaan.

Johdanto

Spatiaalinen analyysi tarkoittaa tilastollisten menetelmien soveltamista aineistoon, jossa on mukana sijaintitietoa. Geospatiaalinen analyysi tai geospatiaalinen tilastotiede on puolestaan spatiaalisen analyysin soveltamista maapallon pinnalla, toisin sanoen maantieteellisesti. Spatiaalinen analyysi voi puolestaan tarkastella maapallon pinnan lisäksi mitä tahansa tilaa tähtikuvioista syöpäsoluihin.¹

Seuraavassa esittelen erilaisia geospatiaalisen analyysin aloja ja niiden mahdollista käyttöä historiantutkimuksessa. Tämän jälkeen käytän esimerkkitapauksena omassa pro gradu -tutkielmassani soveltamiani spatiaalisia analyysimenetelmiä. Geospatiaalinen analyysi on hyvin laaja yleiskäsite, joka pitää sisällään hyvin erilaisia tutkimussuuntauksia. Kaikkia sen osa-alueita tuskin on edes vielä kehitetty. Siksi soveltamis-mahdollisuuksia on lähes rajattomasti.

Mihin tilastollisia menetelmiä sitten tarvitaan? Ihmisen aivot ovat erikoistuneet löytämään saamastaan informaatiosta toistuvia malleja.

1 Termejä spatiaalinen ja geospatiaalinen käytetään toisinaan synonyymeina, mutta käytän tässä Murayaman (2012) määritelmää.

Tämä aiheuttaa kuitenkin sen, että ihmisen subjektiivinen arvio spatiaalisen kuvion satunnaisuudesta ei välttämättä ole luotettava. Todelliset ja näennäiset kuviot voidaan erottaa toisistaan luotettavimmin tilastollisella analyysillä. Hyväkään tilastollinen tutkimus ei tietenkään pysty antamaan varmoja vastauksia. Kvantitatiivisten menetelmien avulla voidaan kuitenkin esittää arvioita siitä, kuinka suurella todennäköisyydellä tietty hahmo on voinut syntyä sattumalta.

Geoinformatiikan ja geospatiaalisen analyysin käyttäjiä vastaan vuosien varrella suunnatusta kritiikistä keskeisin on syytös liiallisesta positivismista. Näiden kriitikkojen mukaan geoinformatiikka levittää maailmankuvaa, joka on liian teknologinen ja yksiulotteinen, ja jossa karttojen sisältämään informaatioon suhtaudutaan objektiivisena totuutena.² Onkin syytä muistaa, että tietokone ei tuota mitään absoluuttista totuutta, vaikka sen ohjelmoisi miten hyvin. Kuten jo Viljo Rasila varoiteli 1960-luvulla, tietokone on pelkkä työkalu, jonka antamia tuloksia on tutkijan itse osattava tulkita.³

Historiantutkimuksessa geoinformatiikkaa ja geospatiaalista analyysia on käytetty 1990-luvun lopulta lähtien. Paikkatiedon⁴ käyttöön perehtyneiden tutkijoiden vähäinen määrä on pitänyt huolen siitä, että niin kutsuttu HGIS (*Historical Geographical Information Systems*) -tutkimus on jäänyt varsin pieneksi alaksi.⁵ Maantieteen huomioiminen historiantutkimuksessa ei tietenkään ole uusi ilmiö, sillä etenkin Ranskan annalistit ymmärsivät tilan, paikan ja luonnonolosuhteiden merkityksen historiantutkimukselle. He pyrkivät selittämään, kuinka spatiaalinen organisaatio vaikutti talouteen, kulttuuriin ja yhteiskuntaan.⁶

2 Pickles 1995; Schuurman 2000.

3 Rasila 1967.

4 Paikkatieto on tietoa, johon liittyy paikkakomponentti. Sitä käsitellään yleensä erilaisilla paikkatieto-ohjelmistoilla (ArcMap, QGIS), mutta itse paikkatietojärjestelmien ytimessä ovat nimenomaan tietokannat. Geoinformatiikka taas on tieteenala, joka tutkii paikkatietoa ja paikkatietojärjestelmiä.

5 Kattava bibliografia historiallisesta geoinformatiikasta ks. Gregory 2007. Hyviä yhteenvedoja ovat mm. Gregory ja Healey 2007; DeBats ja Gregory 2011; Martí-Henneberg 2011.

6 Tämän kaltaisen tutkimuksen klassikoita ovat esim. Febvre 1996; Braudel 1972.

Tällä vuosituhannella on useissa länsimaissa alettu kehittää historiallisia GIS-tietokantoja. Näihin on yleensä tallennettu tietoa hallintoalueiden rajojen kehityksestä ja demografisia aineistoa eri aikakausilta. Tyypillisesti näihin on koottu paikkatietoaineistoja, jotka kuvaavat historiallisia hallinnollisia rajoja sekä saatavilla olevia demografisia tietoja.⁷

Geospaatialisen analyysin keskeisiä käsitteitä ja sovellusaloja

Spatiaalinen data ja ekologisen päättelyn ongelmat

Spatiaalista dataa voidaan esittää useilla eri tavoilla. Ilmiöt voidaan esittää tietojärjestelmissä joko diskreetteinä tai jatkuvina. Diskreetit ilmiöt ovat selkeästi toisistaan erillisiä ja itsenäisiä, ja niillä on täsmällisesti määritelty sijainti. Diskreettejä kohteita on luontevaa kuvata tietokoneella paikkavektoreina. Vektorit ovat tässä kontekstissa geometrisia kuvioita, jotka koostuvat yhdestä tai useammasta pisteestä. Jatkuvia ilmiöitä taas on vaikeampi kuvata luontevasti. Tietotekniikassa siihen käytetään usein niin sanottuja rastereita. Rasteripinnat koostuvat joukosta perusyksiköitä, joilla voidaan luoda illuusio jatkuvasta pinnasta – esimerkiksi digitaalisten kuvien pikselit ovat rastereita. Diskreettien ja jatkuvien ilmiöiden välinen jako on kuitenkin lopulta tulkinnanvarainen abstraktio. Sekä rasterien että vektorien käyttö jättää huomiotta jotain todellisuudesta. Lisäksi diskreettejä ilmiöitä saatetaan kuvata rastereilla ja jatkuvia ilmiöitä vektoreilla. Niinpä digitaalisia aineistoja käyttävien tutkijoiden on oltava tietoisia erilaisista epistemologisista ongelmista, joita aineistojen pelkistäminen voi aiheuttaa.⁸

Yksilöitä koskevaa spatiaalista tietoa on usein hankala saada käyttöön. Alle sadan vuoden ikäisten tietojen käyttöä rajoittaa yksityisyyden suoja, ja mitä kauemmas taaksepäin mennään, sitä vähemmän dataa on saatavilla. Siksi on useimmiten käytettävä erilaisten alueyksiköiden mukaan yhdistettyä dataa analyysien perustana. Yksilöiden tutkimista

7 Ks. esim. St-Hilaire ym. 2007 ja Knowles 2005. Jälkimmäinen julkaisu on pyhitetty pelkästään HGIS-aiheisille artikkeleille ja National Historical GIS -raporteille.

8 Ks. Haining 2010.

ryhmiä koskevien yleistysten perusteella kutsutaan ekologiseksi päättelyksi. Tällaiseen tutkimukseen liittyy kuitenkin merkittäviä riskejä. Ekologinen harha tarkoittaa päättelyvirhettä, jossa yleistetään väärin perustein ryhmissä havaittuja yhteyksiä koskemaan ryhmän jäseniä. Ekologisen päättelyn käyttö liittyy olennaisesti ihmistieteiden suureen kysymykseen siitä, mikä on yksilöiden ja mikä rakenteiden merkitys.⁹

Geoinformatiikassa ja geospatiaalisessa analyysissä on kiinnitettävä huomiota erityisesti MAU-ongelmaan (*Modifiable Areal Unit Problem, MAUP*). Tämä tarkoittaa tilastollista harhaa, joka aiheutuu alueyksiköiden mielivaltaisuudesta. Erilaiset tilastolliset tunnusluvut riippuvat pitkälti siitä, kuinka paljon alueyksiköitä on ja miten niiden rajat on vedetty. MAU-ongelma liittyy läheisesti ekologiseen harhaan. Alueyksiköittäin järjestettyä aineistoa käytetään hyvin monella tieteenalalla, joten MAU-ongelman olemassaolo on syytä tiedostaa.¹⁰ Tämän lisäksi spatiaalisissa ja muissa analyyseissä on muistettava perussääntö: pelkkä assosiaatio ei todista syy-seuraus-suhdetta. Vaikka jäätelön myynti ja hukkumisten määrä korreloivat voimakkaasti, niiden välillä ei ole suoraa kausaalista suhdetta.

Spatiaalinen autokorrelaatio ja ryppäät

Yhdysvaltalainen maantieteilijä Waldo Tobler esitti eräässä artikkelissaan kuuluisan maantieteen ensimmäisen lain: ”Kaikki asiat muistuttavat toisiaan, mutta läheiset asiat muistuttavat toisiaan enemmän kuin muut”.¹¹ Tämä on yksi maantieteen filosofisista lähtökohdista, mutta myös olennainen ongelma monille tilastollisille menetelmille, joissa ei oteta huomioon tilaa ja paikkaa. Spatiaalinen assosiaatio eli Toblerin nimeämä ensimmäinen laki nimittäin tekee yhden alueen havaintojen yleistämisestä muualle hyvin monimutkaista.

Autokorrelaatio on tilanne, jossa uudet havainnot riippuvat jollain tavalla olemassa olevista havainnoista. Alun perin autokorrelaation

9 Sui 2009; Robinson 1950.

10 Ongelma todettiin jo 1930-luvulla, mutta se määriteltiin tarkemmin vasta 1970–1980-luvuilla. Gehlke ja Biehl 1934; Openshaw 1984; Wong 2009.

11 Tobler 1970, 236. Suomennos AH.

käsite kehitettiin aikasarja-analyysin avuksi, ja sillä tarkoitettiin sarja- eli viiveautokorrelaatiota. Tämä tarkoittaa sitä, että peräkkäiset havainnot, esimerkiksi peräkkäisten päivien osakekurssit eivät ole toisistaan riippumattomia. Toisin sanoen peräkkäisten päivien osakekurssit ovat usein samansuuntaisia. Jos tällaisia muuttujia analysoidaan yksinkertaisilla tilastollisilla menetelmillä, saadaan aikaan puutteellisia malleja. Siksi autokorrelaatio on otettava malleissa huomioon tavalla tai toisella. Spatiaalinen autokorrelaatio puolestaan on sama ongelma tilan suhteen. Spatiaalisesti lähellä toisiaan olevat havainnot ovat todennäköisemmin toistensa kaltaisia kuin kaukana toisistaan olevat havainnot. Spatiaalinen autokorrelaatio on spatiaalisen assosiaation erityistapaus, sillä autokorrelaatio voidaan määritellä vain mitattaville ilmiöille.¹²

Klusterit eli ryppäät ovat ilmiö, jota voidaan myös tutkia spatiaalisen autokorrelaation avulla. Spatiaaliset klusterit ovat jonkin tapahtuman ei-satunnaisia keskittymiä. Klustereita analysoivat menetelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään sen mukaan, pyritäänkö niissä todistamaan klusteroitumisen olemassaolo vai paikantamaan yksittäisiä klustereita. Edellisessä tapauksessa käytetään yleisiä (*global*), jälkimmäisessä paikallisia (*local*) analyyseja.¹³

Autokorrelaatio voi olla joko paikallista tai yleistä. Yleisessä autokorrelaatiossa määritellään yhteinen autokorrelaatioindeksin arvo koko tutkittavalle aineistolle, kun taas paikallisessa autokorrelaatiossa jokaiselle alueyksikölle määritellään oma arvo sen naapureiden perusteella. Kuten muitakin paikallisia analyyseja, paikallista autokorrelaatiota käytetään aluekohtaisten ryppäiden paikantamiseen.

Yleistä autokorrelaatiota mitataan useimmiten indekseillä, jotka perustuvat esimerkiksi muuttujan varianssin alueelliseen vaihteluun. Tavallisin näistä on Moranin I -indeksi, joka on yksinkertainen, selkeä ja jota on helppo muuntaa eri tarkoituksiin sopivaksi.¹⁴ Moranin I -indeksi on tarkoitettu selvittämään, onko aineistossa spatiaalista autokorrelaatiota. Indeksien ensisijainen tehtävä on mahdollistaa autokorrelaation

12 Cliff ja Ord 1969; De Smith ym. 2009, 274.

13 Aldstadt 2010.

14 De Smith ym. 2009, 285.

todistaminen muodollisella hypoteesintestauksella, mutta sitä käytetään usein myös epämuodollisesti eksploratiivisissa analyyseissa. Moranin I ei kuitenkaan sovellu erityisen hyvin suuren spatiaalisen riippuvuuden vertailuun, vaan tähän olisi syytä käyttää spatiaalisia regressiomalleja.¹⁵

Yksi Moranin I:n sovelluksista on sen paikallinen versio. Paikallisen assosiaation mittareita kutsutaan yhteisnimikkeellä LISA (*Local Indicators of Spatial Association*) Luc Anselinin samannimisen artikkelin mukaan.¹⁶ Paikallisten indikaattorien tarkoitus on paikantaa keskitty-miä. Niiden heikkous on kuitenkin MAU-ongelma. Se, minkä kokoisia alueyksiköitä käytetään analyyseissa, vaikuttaa huomattavasti havaitun autokorrelaation suuruuteen.

Spatiaalisen autokorrelaation määrittelyssä keskeinen ongelma on menetelmä, jolla naapuruus tai läheisyys määritellään. Yksinkertaisim-millaan naapuruus määritellään käyttämällä kunkin alueyksikön raja-naapureita. Tähänkin on olemassa kaksi vaihtoehtoista tapaa. Nämä ovat shakkinappuloiden liikkumiseen perustuvat torninaapuruus (*Rook neighborhood*) ja kuningatarnaapuruus (*Queen neighborhood*). Torni-naapuruuksessa lasketaan naapureiksi ainoastaan sellaiset alueet, joilla on yhteistä rajaa. Sen sijaan kuningatarnaapuruuksessa ovat mukana myös ne alueet, joiden rajat kohtaavat ainoastaan yhdessä pisteessä, aivan kuten shakkilaudan samanväriset ruudut.¹⁷ Naapuruus voidaan myös määri-tellä muuten kuin rajojen avulla. Yksi menetelmä perustuu graafiteoriaan eli verkostoolyysiin.¹⁸ Tällöin alueyksiköt kootaan verkostoksi, jonka solmuja ovat alueyksiköt. Kunkin yksikön naapureiksi määritellään kaikki verkostossa tietyllä etäisyydellä olevat solmut.

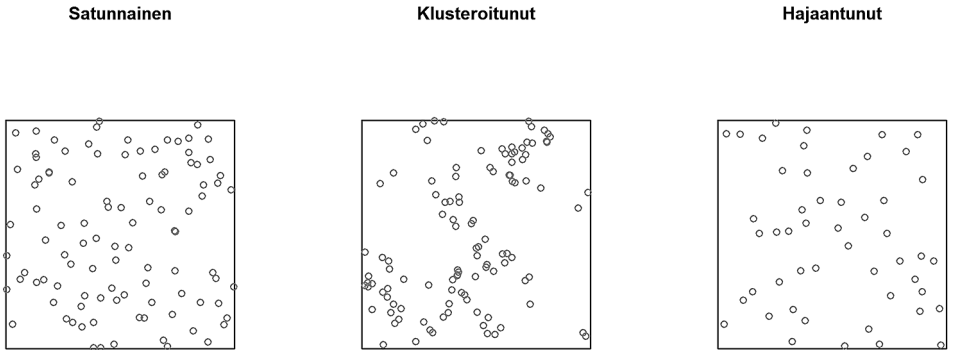
Aiemmin esitelty maantieteen ensimmäinen laki on sovellettavissa myös pistekuvioihin. Pistekuviot (*point patterns*) ovat diskreettejä eli ei-jatkuvia. Toisin sanoen ne koostuvat yksittäisistä pisteistä, jotka on ripoteltu yleensä kaksiulotteiselle pinnalle. Pistekuvioiden ryppäät eli

15 Li ym. 2007.

16 Anselin 1995.

17 De Smith ym. 2009, 70–71; Zhang 2012.

18 Verkostoolyysistä ks. Elo ja Kleemola 2015; Erickson 1997; Lehtonen ym. 2011.



Kuvio 1. Esimerkkejä spatiaalisista pistekuviosta. Tuotettu R-tilasto-ohjelman spatstat-kirjastolla (Baddeley ja Turner 2005).

klusterit tai *hot spotit* ovat monella alalla spatiaalisen analyysin tutkimuskohteita. Pisteitä voidaan käyttää mallintamaan esimerkiksi rikoksia, liikenneonnettomuuksia, tautitapauksia tai yksittäisiä puita. Yleisen klusteroinnin arvioimiseksi pistekuviota verrataan kuviteltuun tilanteeseen, jossa pisteet ovat täysin satunnaisesti levinneitä. Täysin tasaista jakaumaa kutsutaan täydelliseksi spatiaaliseksi satunnaisuudeksi (*Complete spatial randomness, CSR*).¹⁹

Pistekuvioiden klusteroitumisen määrittelyyn käytetyistä menetelmistä yksinkertaisimmissa tutkittava alue jaetaan ruutuihin, jotka sisältävät useita pisteitä. Sitten ruutujen sisältämien pisteiden määrän jakautuman satunnaisuutta testataan tilastollisesti. Tämä menetelmä on hyvin yksinkertainen ja laskennallisesti helppo toteuttaa, mutta toisaalta se hävittää informaatiota yhdistämällä pisteet ruutuihin. Monet kehittyneemmät menetelmät ottavat yksittäisten pisteiden täsmälliset sijainnit huomioon, mutta niissäkin on usein ongelmana spatiaalisen homogeenisuuden vaatimus. Toisin sanoen tutkittavalla alueella on oltava riittävästi pisteitä tilastollisesti merkitsevän analyysin tekemiseen, mutta samalla alueen on oltava kauttaaltaan tasalaatuista.

19 Jakaumaa kutsutaan myös *homogeeniseksi Poisson-pisteprosessiksi*, sillä sitä voidaan mallintaa Poissonin jakaumalla. Pistekuvioiden analyysistä ks. esim. Illian ym. 2008; Bailey ja Gatrell 1995, 73–140.

Historiantutkimuksessa spatiaalista autokorrelaatiota on hyödynnetty lähinnä anglosaksisessa historiallisen maantieteen tutkimuksessa. Scott Orford soveltaa spatiaalisen autokorrelaation malleja köyhyyden keskittymisen tutkimukseen. Hän osoittaa, että Lontoon huono-osaisten alueiden keskittymät ovat pysyneet hyvin pitkälti samoina kuin ne olivat 1800–1900-lukujen taitteessa.²⁰ Taloushistorian tutkimukseen klusterianalyysi sopii luonnostaan, sillä teollisuusklustereiden kehityksen tutkimus on yksi klusterianalyysin keskeisiä sovelluksia.²¹

Spatiaalinen regressio

Spatiaalisen autokorrelaation aiheuttamien ongelmien torjumiseksi on kehitetty spatiaalisia regressiomalleja. Regressiomallit ovat tehokkaita ja käyttökelpoisia työkaluja erilaisten mitattavissa olevien ilmiöiden suhteiden tutkimiseen. Tavalliset regressiomallit perustuvat kuitenkin oletukseen, jonka mukaan mallin residuaalit²² eivät ole keskinäisriippuvia. Tämä tarkoittaa sitä, että malli pystyy selittämään kaiken systemaattisen vaihtelun selitettävässä muuttujassa selittävien muuttujien avulla, jolloin selittämättä jäänyt vaihtelu on aidosti satunnaista. Todellisessa maailmassa näin ei kuitenkaan usein ole. Selityskyvyn lisäksi on kuitenkin pyrittävä siihen, etteivät mallit ole ylisovitettuja tai liian monimutkaisia. Mallien perusteella pitäisi pystyä tekemään myös yleistyksiä, eikä pelkästään sovittaa niitä täydellisesti käsillä olevaan aineistoon.²³

Spatiaalisia regressiomalleja on kehitelty etenkin spatiaalisen ekonometrian tarpeisiin. Näiden avulla voidaan esimerkiksi osoittaa, kuinka talouskasvu etenee keskuspaikoista kohti periferioita. Spatiaaliset viivemallit perustuvat siihen, että vaikutusten oletetaan ulottuvan eri vaiheissa eri etäisyyksille jostain keskuksesta. Spatiaalisissa virhemalleissa puoles-

20 Orford 2004.

21 Stough 2014.

22 Residuaalit eli virhetermit ovat regressiomallin ennustamien arvojen ja todellisten, havaittujen arvojen erotuksia.

23 De Smith ym. 2009, 294–312.

taan käytetään spatiaalisesti painotettua virhetermiä, joka määräytyy viereisten alueyksiköiden virhetermien avulla.²⁴

Hyvä esimerkki spatiaalisen regressioanalyysin käytöstä on Ossi Kotavaaran, Harri Antikaisen ja Jarmo Ruhasen tutkimus rautateiden vaikutuksesta Suomen kuntien väestökehitykseen 1800-luvulta 1970-luvulle. He käyttivät yleistettyä additiivista mallia (*generalized additive model, GAM*)²⁵ regressioanalyysin pohjana selvittääkseen, kuinka kuntien väkiluvun muutos on selitettävissä rautatieyhteyksien ja muiden mahdollisten selittävien muuttujien avulla. GAM-regressio mahdollistaa väestökehitykseen vaikuttavien useiden erilaisten muuttujien samanaikaisen mallintamisen. Mekanismit, joilla muuttujat selittävät väestön muutosta, eivät välttämättä ole samanlaisia, joten myös siksi erilaisten mallien yhdistäminen on tarpeen. Rautateiden sijainnilla on mallin mukaan ollut huomattava vaikutus suomalaisten keskittymiseen tiettyihin kuntiin.²⁶

Iso osa tilastotieteestä perustuu muodolliseen hypoteesintestaukseen, jossa testataan nollahypoteesin todennäköisyyttä yhtä tai useampaa kilpailevaa hypoteesia vastaan. Nollahypoteesi joko jää voimaan tai hylätään riippuen siitä, onko sen todennäköisyys olla oikeassa tietyn raja-arvon, p-arvon, yläpuolella. Formaali hypoteesintestaus ja regressioanalyysit ovat olennainen osa niin kutsutta fisheriläistä²⁷ tai frekventatistista tilastotiedettä, joka oli täysin hallitseva tilastotieteen paradigma suurimman osan 1900-luvusta. Viime vuosikymmeninä sen soveltuvuutta käytännön tutkimuksen ongelmien ratkaisuun on kuitenkin alettu kyseenalaistaa. Merkittävä vaihtoehtoinen lähestymistapa on bayesilainen²⁸ tilastotiede. Bayesilaisuuden kannattajat katsovat, että analyysimenetelmillä voidaan välttää monia perinteisen tilastotieteen ongelmia, kuten vääriä positiivisia tuloksia. Lisäksi bayesilainen analyysi mahdollistaa aiempien tutkimustulosten, samoin kuin laadullisen tai puutteellisen informaation

24 De Smith ym. 2009, 294–312; Lehtonen ja Tykkyläinen 2010a; Tykkyläinen 2010b.

25 Hastie ja Tibshirani 1990.

26 Kotavaara ym. 2011.

27 Nimetty biologi ja tilastotieteilijä Ronald Fisherin (1890–1962) mukaan.

28 Nimetty tilastotieteilijä ja pastori Thomas Bayesin (1702–1761) mukaan.

huomioimisen todennäköisyyksiä laskettaessa. Bayesilaiset analyysit perustuvat nykyisin simulaatioihin, jotka vaativat paljon laskentatehoa.²⁹

Eksploraatiivinen spatiaalinen analyysi

Eksploraatiivinen spatiaalinen analyysi (*exploratory spatial data analysis, ESDA*) on eräänlaista laadullista tilastoanalyysia. Eksploraatiivisessa analyysissa on tarkoitus etsiä mielenkiintoisia hahmoja tilastollisesta aineistosta ilman formaalia hypoteesintestausta. Eksploratorisen analyysin avulla voidaan myös tuottaa hypoteeseja, joita voidaan testata jatkotutkimuksilla. Kun ESDAan lisätään aikaulottuvuus, saadaan eksploraatiivinen spatio-temporaalinen analyysi (*ESTDA, exploratory spatio-temporal data analysis*).³⁰

Eksploraatiivinen spatiaalinen analyysi pyrkii löytämään aineistosta yleisistä hahmoista poikkeavia havaintoja tai havaintoryhmiä. Tässä käytetään usein apuna erikoistuneita ohjelmistoja, joissa voidaan tarkastella monipuolisia tilastotietoja joustavasti monesta eri näkökulmasta. Monipuoliset interaktiiviset kaaviot ovat tähän tarkoitukseen hyödyllisiä. Eksploraatiivisen analyysin avulla voidaan etsiä selityksiä poikkeaville arvoille, mutta sillä voidaan myös tunnistaa virheellisiä havaintoja. Tällaisten havaintojen poistaminen on tärkeää, sillä monet perinteiset työkalut, kuten Pearsonin korrelaatiokerroin, ovat hyvin herkkiä poikkeaville ääriarvoille.

Yksinkertaisimmillaan eksploraatiivinen analyysi tarkoittaa erilaisen tunnuslukujen estimointia. Eräs näistä on spatiaalisen painopisteen laskeminen. Tätä on käytetty kuvaamaan Izmirin kaupungin kehitystä Turkissa arvioimalla kaupungin spatiaalinen painopiste eri vuosisatoina moskeijoiden keskimääräisen sijainnin perusteella.³¹ Toinen esimerkki on Geoff Cunferin tutkimus Yhdysvaltain Keskilänttä 1930-luvulla

29 Ks. esim. Kruschke ym. 2012; Kruschke 2013; Humphreys ja Jacobs 2015. Bayesilaisesta spatiaalisesta analyysistä ks. Lawson ja Banerjee 2009; De Smith ym. 2009, 308–312.

30 De Smith ym. 2009, 236; Bivand 2010.

31 Ayhan ja Cubukcu 2010.

piinanneista pölymyrskyistä (*Dust Bowl*). Hän vertaili pölymyrskyjen syntyalueita sademääräkarttoihin ja maanviljelyn intensiteettiin. Tutkimuksellaan Cunfer on kyseenalaistanut vallalla olevan käsityksen, jonka mukaan Dust Bowl johtui liian intensiivisestä maataloudesta.³²

Eksploratiivinen spatiaalinen analyysi on sitä mielekkäämpää, mitä enemmän erilaista dataa on käytettävissä. Hyvä esimerkki ESDAn soveltamisesta monipuoliseen historialliseen aineistoon on David W. Millerin ja Leonard Hochbergin analyysi Irlannin oloista ennen 1840-luvun suurta nälänhätää. Tutkijat käyttivät modernisaation ja epätasa-arvon käsitteitä selittämään nälänhädän erilaisia vaikutuksia Irlannin eri alueilla. Modernisaation ja epätasa-arvon määrittämiseksi tutkijat sovelsivat eksploratorista faktorianalyysia (*factor analysis*) erilaisiin taloudellisiin tunnuslukuihin. Faktorianalyysissa tavoitteena on selittää mahdollisimman suuri osa ennustettavan muuttujan vaihtelusta harvoilla selittävillä muuttujilla.³³

Spatiaalinen segregaatio

Spatiaalinen segregaatio on ilmiö, jota on hyvin hankala mitata yksikäsitteisesti. Käsitteellä tarkoitetaan etnisten, uskonnollisten, sosioekonomisten tai muiden väestöryhmien epätasaista jakautumista eri alueiden välille. Segregaatiota on tutkittu erityisesti Yhdysvalloissa, ja tutkijat ovat kehittäneet erilaisia segregaatioindeksejä tulonjaon ja etnisten ryhmien perusteella. Perinteiset segregaatioindeksit ovat aspatiaalisia, eli ne eivät ota huomioon alueyksiköiden välisiä spatiaalisia suhteita mitatesaan segregaatiota.³⁴

Spatiaalisten segregaatioindeksien tuottaminen on mahdollista ydinestimoinnin (*Kernel Density Estimation*) avulla. Ydinestimointi on menetelmä, jossa pisteet tai muut kohteet tasoitetaan jatkuvaksi pinnaksi

32 Cunfer 2002.

33 Miller ja Hochberg 2007. Faktorianalyysin tavoitteena on selittää mahdollisimman suuri osa ennustettavan muuttujan vaihtelusta mahdollisimman harvoilla selittävillä muuttujilla. Suomalaisessa historian tutkimuksessa faktorianalyysia on käyttänyt Rasila (1968).

34 Watts 2014.

tietyn ydinfunktion avulla. Ydinfunktioita on eri muotoisia, ja niiden leveys ja muut ominaisuudet riippuvat niille annetuista parametreista. Liian laajalle leviävä ydinfunktio hävittää informaation yhtenäiseksi massaksi, ja liian kapea funktio jättää tuotetun tiheyspinnan liian epätasaiseksi.³⁵ Ydinestimoinnilla tuotettua tiheyspintaa voidaan käyttää toki moneen muuhunkin tarkoitukseen kuin segregaatioindeksin estimointiin. Donald DeBats on käyttänyt sitä eksploratiivisesti muun muassa varallisuuden leviämisen selvittämiseksi kaupunkitilassa.³⁶

Segregaatioindeksien ongelmana on se, että mikään niistä ei pysty täyttämään kaikkia indekseille asetettuja kriteereitä. Indeksien olisi muun muassa oltava skaalautuvia ja vertailtavia ajan ja paikan suhteen. Toisin sanoen mittakaavan tai ajan ja paikan muutokset eivät saisi itsessään vaikuttaa indeksien arvoihin. Lisäksi niiden tulisi olla riippumattomia alueyksiköistä (MAU-ongelman takia) ja symmetrisiä tutkittavien ryhmien suhteen.³⁷

Spatiaalinen segregaatio liittyy läheisesti spatiaaliseen klusteroitumiseen, jota voidaan mitata esimerkiksi spatiaalisella autokorrelaatiolla. Paikallisilla autokorrelaatiotutkimuksilla voidaan paikantaa väestöryhmien keskittymiä. Niiden käyttöä kuitenkin rajoittaa MAU-ongelma. Yleisesti ottaen olisi syytä käyttää mahdollisimman monipuolisia mittareita spatiaalisen segregaation tutkimiseen erilaisten harhojen välttämiseksi.

Maisema-analyysit

Maisemaa voidaan mallintaa sekä vektori- että rasterimuotoisilla tiedostoilla. Yleensä pinnanmuotoja analysoitaessa käytetään digitaalista korkeusmallia (*DEM, Digital Elevation Model*), joka koostuu rasteripinnasta, jossa jokaisella solulla on oma korkeusarvo. Tällaisia tiedostoja voidaan soveltaa hyvin monenlaisiin analyyseihin, mutta niitä on käytetty humanistisilla aloilla lähinnä arkeologiassa.

35 De Smith ym. 2009, 171–179.

36 DeBats 2008; DeBats 2009.

37 Watts 2014.

Historiallisessa maantieteessä ja arkeologiassa on sovellettu jonkin verran niin kutsuttuja näkyvyysanalyysseja (*Viewshed analysis*). Näkyvyysanalyysissa määritellään digitaalisen korkeusmallin avulla, minkä pisteiden välillä on mahdollista olla näköyhteys.³⁸ Historiantutkimuksessa näkyvyysanalyysia on käytetty esimerkiksi selvittämään, mitä konfederaation armeijan kenraali Lee pystyi näkemään Gettysburgin taistelun aikana.³⁹ Toinen sovellusmahdollisuus on historiallisten maamerkkien, kuten kulttikeskusten, linnojen ja kirkkojen näkyvyyden tutkiminen.

Arkeologiassa korkeusmalleihin perustuvia mallinnuksia on käytetty maankohoamisen vaikutusten selvittämiseen ja menneisyyden maisemien jäljentämiseen.⁴⁰ Näiden menetelmien avulla on mahdollista sijoittaa arkeologiset löydöt omiin konteksteihinsa. Samaa voidaan kuitenkin soveltaa myös historiallisessa maisematutkimuksessa, kun tarkastellaan vaikkapa järven laskun vaikutusta maisemaan. Yksi esimerkki siitä, kuinka entisen rantaviivan rekonstruointia voi soveltaa, on satojen vuosien takaisten taistelukenttien ennallistaminen virtuaalisesti.⁴¹

Maantieteessä korkeusmalleja on sovellettu paljon myös niin sanotussa kustannuspinta-analyysissa (*Cost Surface Analysis*). Näissä analyyseissa pyritään selvittämään liikkumisen vaatimia resursseja. Kustannuspinta-analyysseja voidaan käyttää esimerkiksi löytämään optimaalinen reitti epätasaisen maaston halki niin, että energiankulutus minimoituu. Arkeologiassa tätä menetelmää on käytetty mallintamaan esihistoriallisia kulkureittejä ja keskusten vaikutusalueita.⁴²

38 De Smith ym. 2009, 337–344.

39 Knowles ym. 2008.

40 Esim. Turner 2006; Uotila ja Huvila 2011.

41 Maio ym. 2013.

42 Hare 2004; Howey 2007; Murrieta-Flores 2012.

Käkisalmen pohjoisen läänin lautamiehet 1680–1696

Käkisalmen lääni 1600-luvun lopulla

Käkisalmen lääni liitettiin Ruotsin valtakuntaan Stolbovan rauhassa 1617. Alue käsitti nykyiset Pohjois-Karjalan ja Laatokan Karjalan. Käkisalmen läänin asukkaiden enemmistö oli aluksi ortodokseja, mutta he korvautuivat erityisesti Kaarle X Kustaan Venäjän sodan⁴³ (1656–1658) aikana lännestä tulleilla luterilaisilla. Ortodoksit, joita kutsutaan usein ”karjalaisiksi” vastineena läntisille luterilaisille ”savolaisille”⁴⁴, olivat kuitenkin edelleen merkittävä väestöryhmä monissa pitäjissä.

Kaarle XI:n valtakautta pidetään ruotsalaisen absolutismin lakipisteenä. Tällöin keskusvalta ulotti kontrollinsa kaikkialle Ruotsin valtakuntaan kirkon ja oikeuslaitoksen avulla.⁴⁵ Oikeuslaitoksen paikallinen läsnäolo perustui lautamiehiin, jotka toimivat paitsi oikeuden lautakuntana ja paikallisen tapaoikeuden asiantuntijoina, myös poliiseina. Lautamiehet arvioivat vahinkoja, ottivat kiinni ja kuljettivat rikollisia, haastoivat ihmisiä käräjille, neuvottelivat riita-asioita ja monesti myös hoitivat verotusta.⁴⁶ Lautamiesten valinnasta ei laissa määrätä muuta kuin että heidän on oltava ”vakinaisesti asuvia miehiä”⁴⁷, siis lähinnä talollisia. Joitain yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta lautamiehet todella olivat hyvin toimeen tulevia talollisia.⁴⁸

Tuomarit ja lainlukijat jakoivat käräjillä oikeutta ja samalla valvoivat kruunun etuja. Tuomari sai itselleen kolmanneksen sakkomaksuista, joten oli kannattavaa määrätä sakkoja. Lisäksi vapausrangaistusten toteuttaminen olisi ollut kallista ja hankalaa. Ainoastaan kaikkein vakavimmista rikoksista epäillyt pidettiin tutkintavankeudessa. Tämäkin oli lautamiesten vastuulla. Kristoferin maanlain mukaan käräjät oli pidettävä kolmesti

43 Tunnetaan myös ruptuurisotana. Ks. Lappalainen 1972.

44 Ilmeisesti 1600-luvulla ihmiset käyttivät itse termejä ”ryssä” ja ”ruotsi”. Katajala 2006.

45 Ks. esim. Taussi-Sjöberg 1990, Aalto 1996. Simonson (2001) tosin esittää, ettei mitään radikaalia muutosta tapahtunut 1600-luvun aikana.

46 Katajala 1994, 225–233. Käräjistä ks. Letto-Vanamo 1995.

47 KrML KärK 33, 1§.

48 Härkönen 2015, 28–32.

vuodessa,⁴⁹ mutta käytännössä kärkeä istuttiin useimmissa pitäjissä vain talvella ja syksyllä, pohjoisimmissa pitäjissä usein ainoastaan talvella.

Käkisalmen läänissä kaskiviljely oli hyvin merkittävä elinkeino, mutta sen pahemmin tuomareilla kuin Kristoferin maanlailla ei ollut erityisen hyvää käsitystä kaskiprovinssin oikeudenkäytön ongelmista ja paikallisista kiistoista. Niinpä lautamiesten rooli tapaoikeuden tuntijoina oli Käkisalmen tuomiokunnassa erityisen suuri.⁵⁰

Periaatteessa Käkisalmen läänin väestö ei omistanut viljelemäänsä maata, vaan kaikki maa oli otettu kruunun omaisuudeksi. Käytännössä tilat kuitenkin periytyivät isältä pojalle aivan kuten talollisilla muualla valtakunnassa. Talollisten lisäksi väestöön kuului myös vähävaraisempi luokka, populist.⁵¹ Populien veronmaksusuudeksi on verotusasiakirjoissa yleensä merkitty 0–0,5 ruplaa, mikä on vähemmän kuin talonpojilla keskimäärin.⁵²

Käkisalmen läänin paikallishallinto muuttui merkittävästi niin sanotun ison reduktion aikana. Kuningatar Kristiina oli jakanut vuosisadan puolivälissä käytännössä koko Käkisalmen läänin joko läänityksinä tai rälssinä aatelisille. Kaarle XI:n palautti läänitykset lopullisesti kruunulle 1680-luvun alussa. Tämä ei kuitenkaan suoranaisesti näkynyt paikallisessa arjessa, sillä usein samat ihmiset, jotka olivat keränneet veroja lääninherran laskuun, jatkoivat veronvuokraajina. Veronvuokraajat eli arrendaattorit vuokrasivat valtiolta oikeuden tietyn alueen veroihin, minkä jälkeen he saivat kerätä pääosan veroista itselleen. Lisäksi he saivat käyttää olemassa olevia kartanoita ja perustaa uusia, mikäli kartanoa ei lähialueella ennestään ollut. Arrendaattorien välit rahvaaseen kiristivät aika ajoin väkivaltaan asti; veronvuokraajat palkollisineen olivat talonpoikaislevottomuuksien ensisijaisia kohteita. Arrendaattoreista Simon Afflek eli Simo Hurtta on jäänyt elämään kansanperinteeseen legendaarisena roistona, mikä kertoo jotain hänen suhteestaan talonpoikiin.

49 KrML KärK 10.

50 Ojala 2013.

51 Ks. Pirinen 1963. Suvanto (1987) käyttää populi-käsitettä kuvaamaan myös Satakunnan köyhiä talonpoikia.

52 KA 9744, passim.

Toisin kuin suuri osa talonpojista, lautamiehet näyttävät pääsääntöisesti olleen 1600-luvun konflikteissa veronvuokraajien puolella. Näin ollen he eivät olleet sellainen kansanedustuksellinen elementti kuin joskus on esitetty. Päinvastoin, lautamiehet voidaan nähdä osana kruunun vallan kasvua maaseudun periferiassa.⁵³

Saavutettavuus

Örjan Simonsonin mukaan ”1600-luvun ruotsalaista oikeusyhteisöä leimasi tilallinen läheisyys”.⁵⁴ Tällä hän tarkoittaa sitä, että valtaosa käräjäpöytäkirjoista löytyvistä kontakteista tapahtui pienellä alueella. Yksinkertainen selitys paikalliselle keskittymiselle on se, että esimodernissa maailmassa matkustaminen oli paitsi kallista ja aikaa vievää, myös vaarallista. Tästä syystä saavutettavuuden käsite on hyödyllinen tutkitessa 1600-luvun oikeuslaitoksen toimintaa.

Saavutettavuus tarkoittaa maantieteessä kykyä olla vuorovaikutuksessa tuotteen tai palvelun kanssa, ja se on aina suhteellista. Sitä ei voi mitata absoluuttisesti, vaan ainoastaan vertailla. Saavutettavuus voi vaihdella huomattavasti riippuen siitä, millä menetelmällä se määritellään.⁵⁵ Historiantutkijan olisi syytä olla perillä siitä, miten saavutettavuus vaikutti esiteollisten valtioiden toimintaan.⁵⁶ Kun tieto kulki hitaasti, alueeseen sitoutuneen territoriaalisen vallan luominen oli vaikeaa. Koska kirjallisten lähteiden muodostuminen vaatii jonkinlaisen kirjoitustaitoisen eliitin läsnäoloa, on myös lähteillä taipumus suosia keskuksia periferioiden kustannuksella.

Käkisalmen läänissä saavutettavuutta rajasivat paitsi pitkät välimatkat, myös pinnanmuodot. Alueen ikivanha kallioperä ja jääkausi ovat suunnanneet vaarat ja harjut kulkemaan pääasiassa luode-kaakko-suunnalta. Vaarojen väliset alueet ovat täynnä soita ja järviä, jotka rajoittavat liikkumista sulan veden aikaan merkittävästi.

53 Katajala 1994.

54 Simonson 1999, 235.

55 Saavutettavuuden käsitteestä ks. esim. Ingram 1971; Talen 2015.

56 Ks. esim. Korpela 2011; Hakanen 2011.

Pohjoisen läänin liikenneolot olivat alkeelliset. Ensisijainen maantie kulki Käkisalimesta Sortavalan kautta Salmiin. Tämäkin tie oli niin kapea, että siinä pystyi kulkemaan ainoastaan yksi ratsumies kerrallaan.⁵⁷ Uuden ajan alun talonpoikien toimintaympäristöä käsittelevissä tutkimuksissa on todettu, että he liikkuivat tyypillisesti noin kymmenen kilometrin säteellä kotoaan.⁵⁸ Maakauppaa harjoittaneet lautamiehet ovat toki kulkeneet hyvinkin pitkiä matkoja ostamassa ja myymässä tavaraa.⁵⁹

Lautamiehille määrättiin sakkoja, mikäli nämä olivat ilman hyvää syytä poissa käräjiltä. Vuosina 1680–1696 Käkisalmen pohjoisessa läänissä lautamiesten poissaoloja selitettiin ensisijaisesti kolmella tavalla. Yhteensä kuudestatoista poissaolosta kolme selitettiin kauppatavalla Käkisalmen läänin ulkopuolelle ja neljässä tapauksessa syynä oli sairaus, mutta kuusi poissaoloa selittyi joko kelirikolla tai kulkuvälineiden puutteella.⁶⁰ Nämä luvut viittaavat siihen, että saavutettavuus vaikutti aika ajoin itse käräjien toimintaan.

Tutkimuskysymys

Tässä luvussa pyrin selvittämään, kuinka hyvin kruunun valta oikeuslaitoksen muodossa käytännössä ulottui periferiaan. Tämän kuvaamiseen käytän lautamiesten kotikylien sijoittumista, ja vertaan sitä muiden käräjäkunnan talollisten sijoittumiseen. Lautamiehistä esitetään usein, että he ovat keskittyneet käräjäpaikkojen ympäristöön, mutta tätä ei ole aiemmin vahvistettu kvantitatiivisella analyysillä.

Aluerajaus käsittää Käkisalmen läänin pohjoisen voutikunnan, joka koostui Pielisjärven, Liperin, Ilomantsin, Tohmajärven, Kiteen, Pälkjärven, Suojärven, Suistamon, Salmin ja Sortavalan pitäjistä eli pogostista sekä Sortavalan kaupungista. Käkisalmen pohjoinen voutikunta syntyi hallinnollisen yksikkönä, kun Käkisalmen voutikunta jaettiin kahtia 1689.⁶¹ Pohjoisen voutikunnan alueella asui noin 27 000

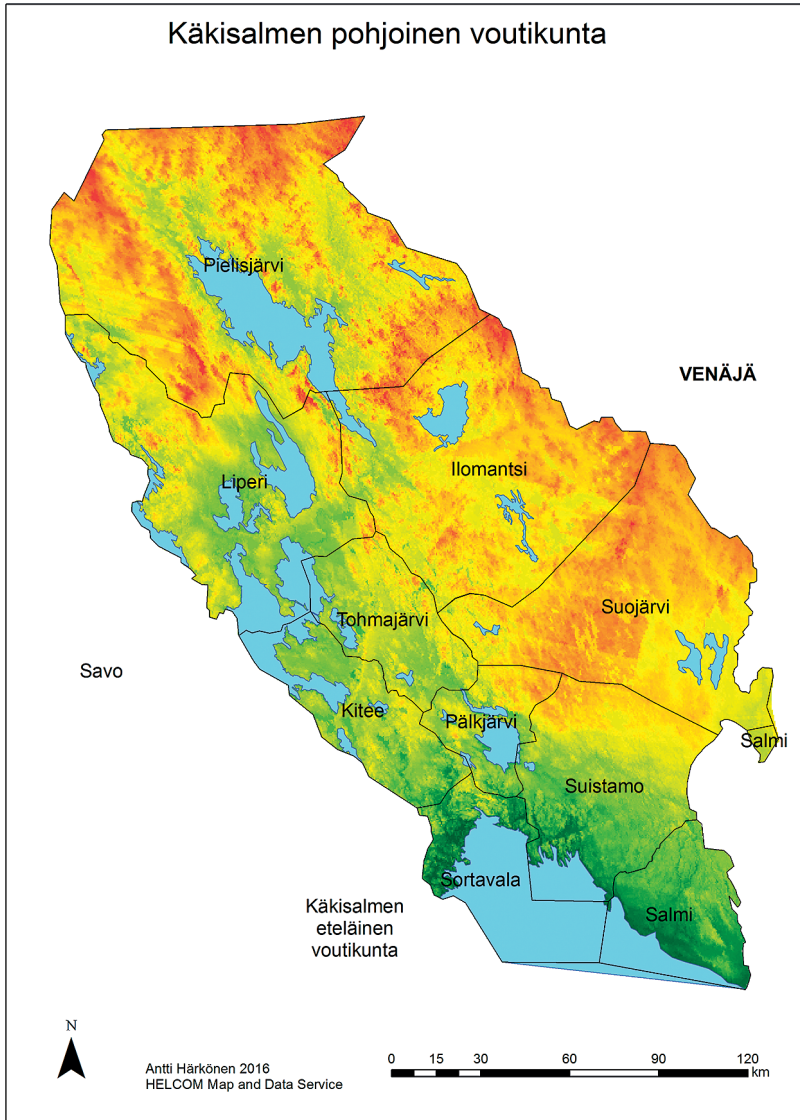
57 Lappalainen 1972, 38; Nenonen 1996.

58 Piilahti 2009.

59 Maakaupasta Käkisalmen läänissä ks. Katajala 1994; Kokkonen 2002.

60 KA KO a:4–21; Härkönen 2015, 19.

61 Katajala 1994, 73–74.



Kartta 1. Käkisalmen pohjoisen läänin pinnanmuodot. Korkeusmalli: GMTED₂₀₁₀, HELCOM Data and Map Service.

ihmistä,⁶² ja se rajoittui etelässä Käkisalmen eteläiseen voutikuntaan, lännessä Savoon, idässä Venäjään ja pohjoisessa Pohjanmaan lääniin. Käkisalmen pohjoinen lääni on otollinen tutkimuskohde siksi, että siellä välimatkat olivat pitkiä ja maasto vaikeakulkuista.

Aikarajauksen alkaminen vuodesta 1680 perustuu suuren reduktion alkamiseen. Tuolloin myös tuomarit määrättiin asumaan omissa tuomiokunnissaan. Aikaisemmin tuomarit olivat nauttineet tuomarille maksetut kärjäjakaput, mutta palkanneet varsinaiseen tuomarin työhön lainlukijoita. Käkisalmen läänin tuomiokunnan tuomarina oli 1671–1696 Johan Plagman (Plähman), joka alkoi itse hoitaa virkaansa vuonna 1680. Ainakin Veijo Saloheimo olettaa, että tuomarilla on ollut suuri merkitys lautamiesten valikoinnissa.⁶³ Plagmanin kuoleman ohella 1696 sopii lopetusvuodeksi useista syistä. Impilahden pitäjä ilmestyi kärjäpöytäkirjoihin näihin aikoihin, mikä vaikutti käräjien ja lautamiesten määrään. Tämän lisäksi pahojen katovuosien ja kapinoiden yhdistelmä koetteli Käkisalmen lääniiä 1696 alkaen.

Lähteet

Lähdeaineistoni koostuu kahdesta eri aineistosta. Yhtäältä käytin verotusasiakirjoja talonpoikien määrän selvittämiseen, toisaalta pyrin sijoittamaan asiakirjoissa mainitut kylät entisille paikoilleen vanhojen karttojen avulla. Kyläkohtaiset tiedot talonpoikien ja populien määrästä sekä näiden yhteisistä veroruplista ovat saatavilla koko läänin alueelta Inkerin ja Käkisalmen läänin maakirjasta 1690.⁶⁴ Lautamiesten kotikylät taas ovat nähtävillä Käkisalmen läänin tuomiokunnan tuomiokirjoissa.⁶⁵ Otin analyysiin mukaan sellaiset lautamiehet, jotka ovat olleet läsnä vähintään kolmilla käräjillä vuosina 1680–1695, siis Plagmanin ollessa tuomarina.

Kameraaliset aineistot ovat sikäli ongelmallisia, etteivät ne ole välttämättä täysin luotettavia. Verotus toimi 1600-luvun lopun Käkisalmen

62 Katajala 1994, 21.

63 Saloheimo 1986, 307–310.

64 KA 9764.

65 KA KO a:4–21.

läänissä käytännössä siten, että arviomiehet, jotka olivat yleensä lautamiehiä, määrittivät kullekin ruokakunnalle kokonaisvarallisuuteen ja työkykyisen väen määrään perustuvan arviouruplaluvin, jonka perusteella verorasitus jaettiin. Tätä järjestelmää kutsuttiin arvioverotukseksi, ja se soveltui alueelle, jossa kaskitalous ja työikäisen väestön liikkuminen muuttivat kylien ja talojen veronmaksukykyä jatkuvasti.⁶⁶ Veronvuokraajat pyrkivät toki hankkimaan mahdollisimman tarkat tiedot saatavistaan, mutta kruunulle raportoinnin laatu vaihteli. Käkisalmen läänin tositer kirjoista löytyy yksityiskohtaista tietoa veronvuokraajien raportoimasta ruokakuntien varallisuudesta ainoastaan satunnaisesti.

Karttojen suurin ongelma on mittaustekniikan heikkous. 1600-luvun kartanpiirtäjien apuvälineet olivat mittapöytä, piirustusvälineet, kompassi ja mittausköydet tai -ketjut.⁶⁷ Laajojen alueiden kunnollinen kartoittaminen oli hyvin haastavaa, varsinkin metsäisessä ja epätasaisessa vaaramaastossa, jota Käkisalmen lääni pääasiassa oli. Vaikka kolmionmittaus oli periaatteessa vallitseva menetelmä, käytännössä maanmittaaja saattoi edetä *ad hoc* -periaatteella pisteeltä toiselle.⁶⁸ Tämä taas sai aikaan sen, että virheet kasaantuivat mittauksen edetessä ja kartta vääristyi lisää.

Käytin hyväkseni niitä muutamaa Käkisalmen läänin kuvaavaa karttaa, jotka ovat säilyneet tähän päivään.⁶⁹ Kaikki ovat todennäköisesti Erik Utterin tai Anders Strengin piirtämiä. Nämä kaksi maanmittaria kartoittivat joukon Laatokan rannan pohjoispuolen pitäjiä,⁷⁰ minkä lisäksi Utter laati koko Käkisalmen läänin esittävän kartan. Viimeksi mainitusta ei valitettavasti ole juuri hyötyä kylien paikallistamisessa, joten joidenkin kylien sijainti jäi mysteeriksi. Kylistä 2,7 prosenttia ei voitu paikallistaa. Nämä kylät olivat kuitenkin keskimäärin melko pieniä, sillä niissä asui ainoastaan 1,9 prosenttia talollisista. Tällaiset pikkukylät ovat luultavasti sulautuneet osaksi suurempia kyliä vuosisatojen varrella. Niistä osa lienee myös autioitunut kokonaan suuren Pohjan sodan aikana, mutta mikäli

66 Ks. Kuujo 1959.

67 Huhtamies 2008, 72.

68 Lindgren 2007.

69 RA LL 1850, nr. 9, nr. 12, nr. 186; 44 C. G. Wrangels topogr. Fol. 19.

70 Huhtamies 2008, 57–58.

niiden sijainti oli viljelykseen hyvin sopiva, on ne melko varmasti asutettu uudestaan sodan jälkeen.

Väestöntiheys vaihteli varsin paljon tutkimusalueen eri osissa. Selvästi eniten talollisia ja populeita asui Sortavalan pitäjässä. Tämä on selitettävissä maantieteellisillä eroilla. Sortavalassa ja Impilahdella (vuoteen 1600-luvun lopulle asti osa Suistamoa) maanviljely on keskittynyt matalalla oleville pelloille. Sortavalan seudulle Laatokan pohjoisrannalle kertyi jääkauden lopulla paksu savikerros, joka mahdollisti kohtuullisen tehokkaan peltoviljelyn.⁷¹ Sen sijaan muualla läänissä maaperä on joitain poikkeuksia lukuun ottamatta niin vähäravinteista, että kaskenpolto oli lähes välttämätöntä. Kaskien polttaminen edellyttää kuitenkin pitkää lepokautta metsälle, joten väestöntiheys ei voi olla kovin suuri. Saloheimon mukaan kaskien osuus vuonna 1690 Sortavalan ruiskylvöistä oli vain viidennes, kun se voutikunnassa keskimäärin oli noin puolet.⁷²

Metodit

Sovellan aineiston tutkimiseen sekä eksploraatiivista spatiaalista tilastoanalyysia että vahvistavaa hypoteesintestausta. Hahmotan eksploraatiivisesti visualisointien avulla, mikä on kunkin alueen talollisen riski olla lautamies. Tämän jälkeen testaan permutaatiotestillä, ovatko lautamiehet todella keskittyneet käräjäpaikkojen ympäristöön.⁷³

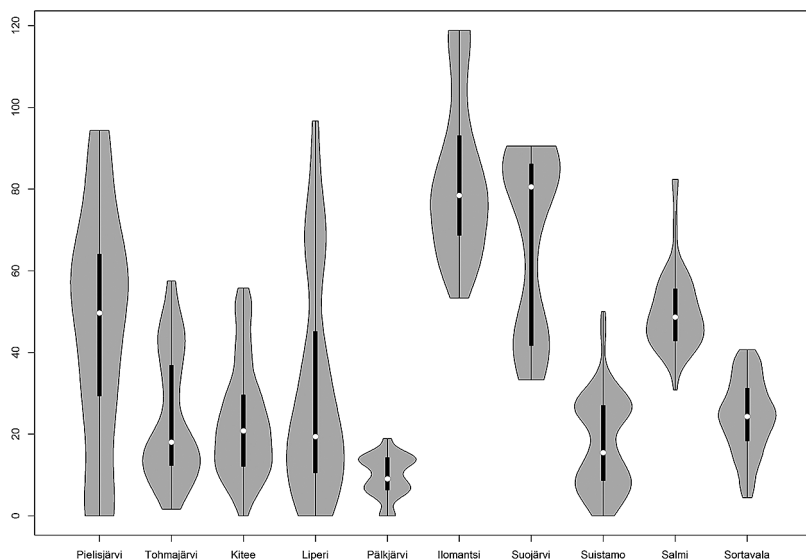
Mallinsin tutkielmassani eri kyliä pisteaineistona. Kyläaineisto koostuu csv-muotoisesta matriisista, jossa on yhdistetty maakirjasta saatu tieto kylien ruokakuntien määrästä (Liite 1) paikkatieto-ohjelmistojen avulla määriteltiin sijaintitietoon. Pitäjien rajoja kuvaavan vektoritiedoston puolestaan loin digitoimalla vanhempia historiallisia karttoja Käkisalmen läänistä.⁷⁴

71 Saarnisto 2003, 40–42.

72 Saloheimo 1977, 30. Kaikki pohjoiset pitäjät eivät ole laskuissa mukana. Näissä kaskitalous oli hallitseva elinkeino, joten kaskien todellinen osuus lienee vielä suurempi.

73 Ks. Johnston ym. 2009.

74 Saloheimo 1971, 1977, 1986.



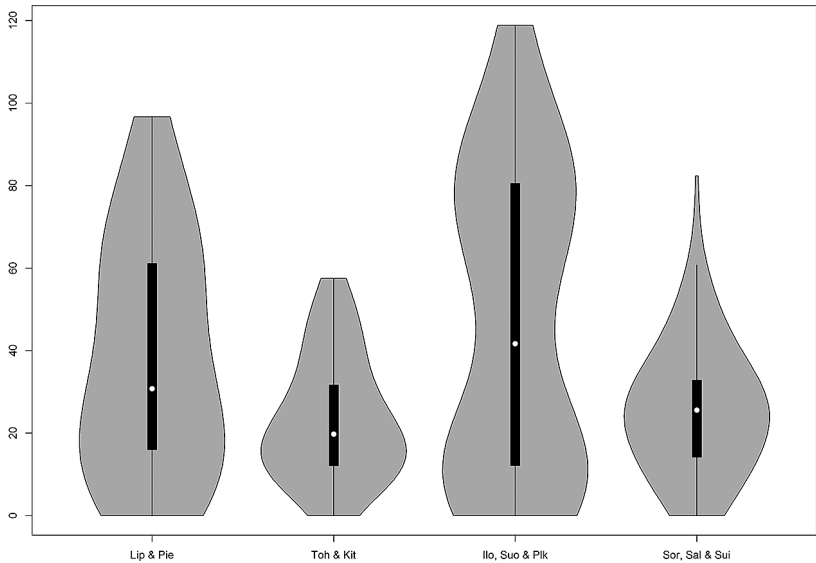
Kuvio 2. Lautamiesten ja muiden talollisten kärejamatkat kilometreinä viulukaaviona esitettynä, tarkasteluyksikköinä pitäjät.

Kärejamatkoilla tarkoitan tässä talonpojan kotikylän etäisyyttä siitä kylästä, jossa kunkin pitäjän kärejät tyypillisesti istuttiin. Yksinkertaisuuden nimessä mittaan etäisyydet linnuntietä ja käytän euklidisia etäisyyksiä. Toisin sanoen en ota maapallon kaarevuutta taikka maanpinnan muotoja huomioon. Geoinformatiikan avulla olisi toki mahdollista määrittää myös todelliset etäisyydet. Tämä ei kuitenkaan onnistu puutteellisten lähteiden takia. Vaikka osa kylien välisistä poluista on merkitty karttoihin, läheskään kaikkia ei ole.⁷⁵

Kylien esittäminen pisteinä johtuu ennen kaikkea yksinkertaisuudesta. Saloheimon tutkimukseen nojautuen oletan, ettei kylien asutus ole vielä 1600-luvulla ollut yhtä hajaantunutta kuin nykyään Pohjois-Karjalassa.⁷⁶ Kylät ovat toisaalta riittävän pieniä ja ”luonnollisia” yksiköitä, jotta MAU-ongelman aiheuttama harha saadaan minimoitua.

75 Parhaiten kylien väliset polut on kuvattu Erik Utterin laatimassa Suistamon ja Salmin kartassa. RA 44 C. G. Wrangels topogr. fol. 19.

76 Saloheimo 1971.

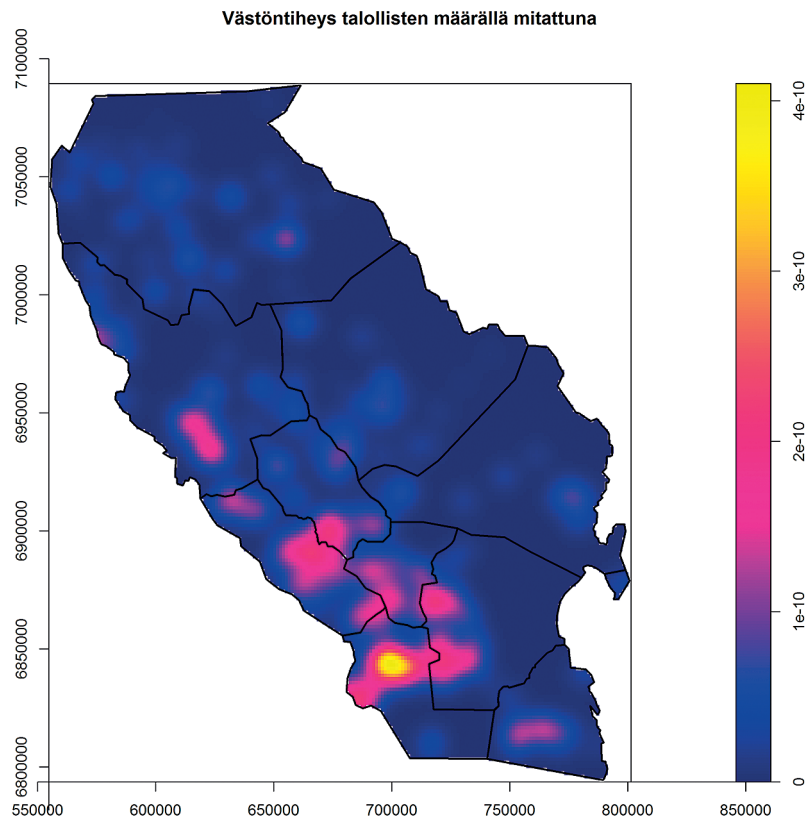


Kuvio 3. Lautamiesten ja muiden talollisten kärejämätkat kilometreinä viulukaaaviona esitettynä, tarkasteluyksikköinä kärejäkunnat.

Kuviossa 2 on esitetty kaikkien talollisten kärejämätkat viulukaaaviona (*violin plot*). Viulukaavio on kehitetty laatikko–jana-kaaviosta (*box plot*), jota on perinteisesti käytetty kuvaamaan aineiston jakaumaa niin sanotun viiden luvun yhteenvedon avulla. Nämä luvut kertovat minimi- ja maksimiarvot sekä mediaanin ja kvartiilivälit. Viulukaaviossa on näiden viiden luvun ohella nähtävissä myös arvojen keskittyminen kaavion tiettyihin osiin: mitä paksumpi kohta, sen enemmän on havaintoja kyseisellä arvolla (tässä tapauksessa tietty etäisyys).⁷⁷ Kuvioista käy hyvin ilmi, kuinka paljon eri pitäjien kärejämätkat vaihtelivat pitäjien koon mukaan, Pälkjärven vajaasta kymmenestä kilometristä Ilomantsin kahdeksaankymmeneen. Kuviossa 3 taas on esitetty kärejämätkojen jakauma kärejäkunnittain.

Kuten saattaa odottaa, usean pitäjän kokoisten yksiköiden keskinäiset erot vaikuttavat pienemmiltä kuin yksittäisten pitäjien erot. MAU-

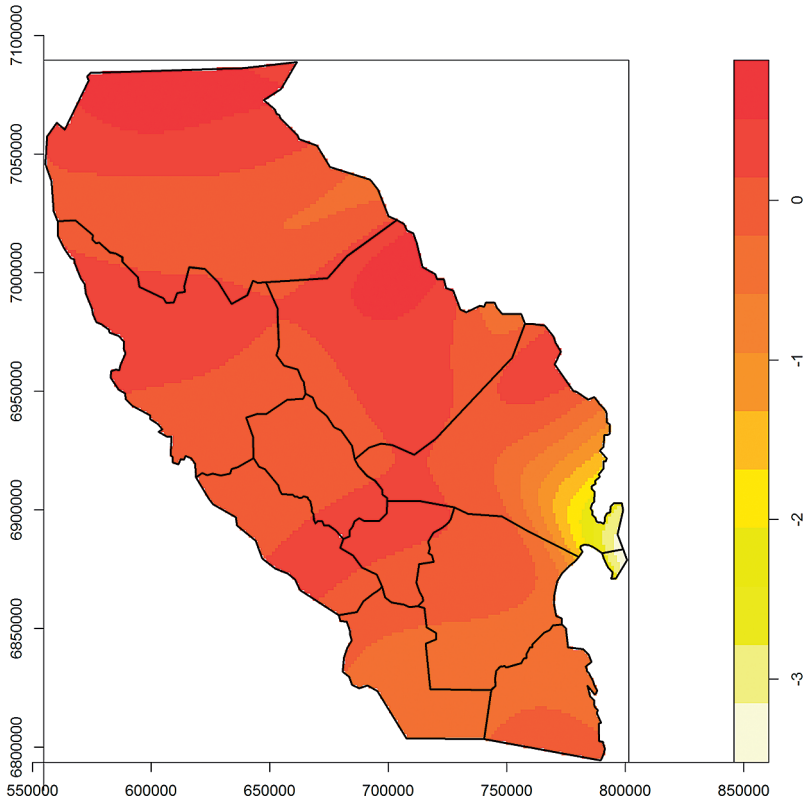
⁷⁷ Adler 2005.



Kartta 2. Käkisalmen pohjoisen läänin väestötiheys vuoden 1690 maakirjan perusteella.

ongelmaa on kuitenkin tässä tapauksessa hyväksyttävän rajoissa, sillä lautakunta valittiin käräjäkunnittain. Niinpä käräjäkunnat ovat luonnollisia yksiköitä tarkasteltaessa lautamiesten ja muiden talollisten käräjämatkojen eroja. Lisäksi yksittäisissä pitäjissä ei välttämättä ollut kuin muutama lautamies, joten tilastollinen analyysi pitäjien pohjalta ei ole järkevää.

Tutkiessani lautamiesten alueellista jakaumaa päädyin käyttämään epidemiologiassa kehitettyjä malleja. Spatiaalinen suhteellinen riski (*spatial relative risk*) on käyttökelpoinen käsite tutkittaessa lautamiesten



Kartta 3. Käkisalmen pohjoisen läänin talollisten suhteellinen riski olla lautamies.

levittäytymistä. Suhteellinen riski on epidemiologian käsite, joka kuvaa sairastuneiden määrää suhteessa potentiaalisten sairastuneiden määrään. Spatiaalinen suhteellinen riski ottaa huomioon suhteellisen riskin alueellisen vaihtelun. Tässä mallissa talolliset ovat populaatio, jonka jäsenillä on riski sairastua, eli tässä tapauksessa joutua lautamieheksi. Käytin suhteellisen riskin estimointiin ja visualisoimiseen R-tilasto-ohjelman sparr-kirjastoa⁷⁸.

78 Davies ym. 2011. Analyysissa käytetyt yhtälöt on esitetty sparr-kirjaston dokumentaatiossa sekä em. artikkelissa.

Samankaltaisia analyyseja olisi mahdollista tehdä myös ilman spatiaalista ulottuvuutta, vertaamalla lautamiesten ja muiden talollisten määrää kylittäin. Tämä lähestymistapa jättäisi kuitenkin kokonaan huomiotta lähikylien lautamiehet, samoin kuin kylien väliset etäisyydet. Kylien tiheys vaihteli kuitenkin huomattavasti luonnonolosuhteiden mukaan. Jotkin kylät olivat niin lähellä toisiaan, että ne ovat kasvaneet yhteen 1600-luvun jälkeen. Jotkut taas sijaitsivat yksinäisinä asuttuina saarekkeina yli kymmenen kilometrin päässä lähimmästä naapuristaan. Niinpä spatiaalisten menetelmien käyttö on käytännössä välttämätöntä järkevien tulosten saamiseksi.

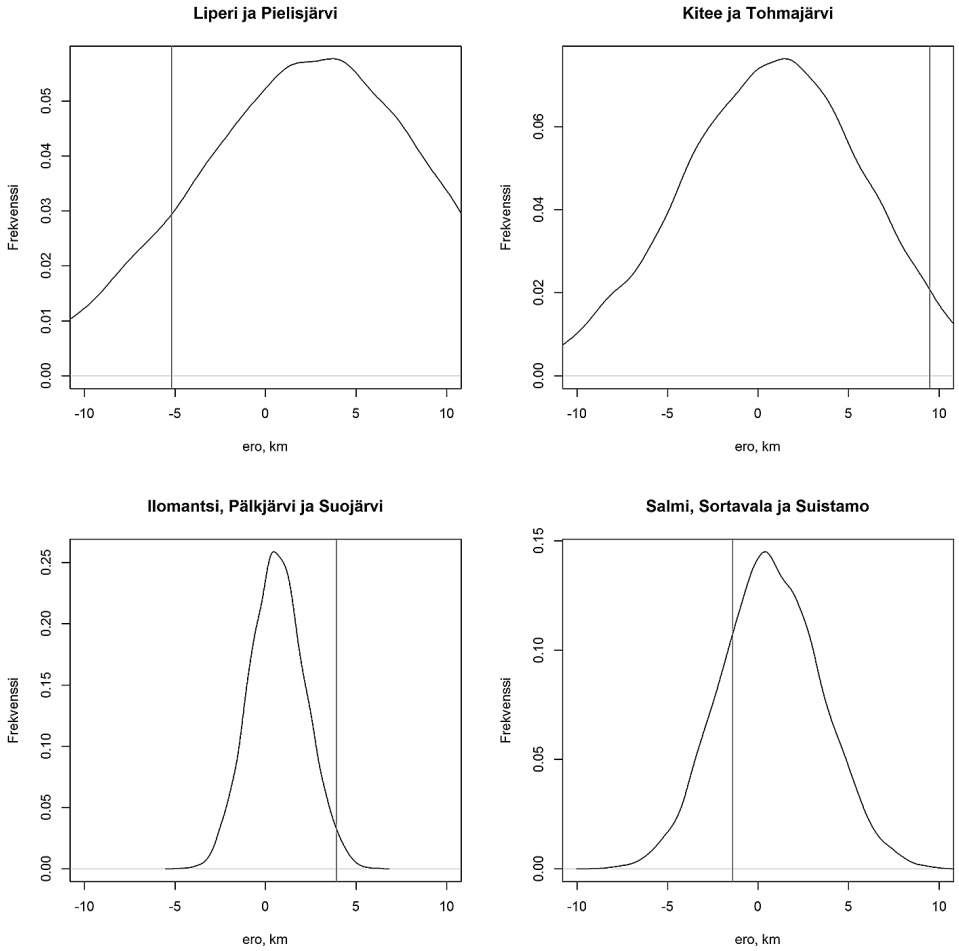
Spatiaalinen suhteellinen riski perustuu ydinestimointiin, ja kuten aiemmin mainituissa segregaatiotapauksissakin, sen määrittely riippuu pitkälti sopivista parametreista. Arkisista kontakteista suurin on tapahtunut koti- tai naapurikylien asukkaiden kanssa.⁷⁹ Katson, että lähtökohtaisesti voidaan olettaa lautamiehen toiminta-alueen ulottuneen noin kymmenen kilometrin säteelle kotikylästään. 1600-luvun talonpoikien kontaktikenttien laajuus on ollut tätä luokkaa ainakin muualla Torstunan kihlakunnassa ja Valkealassa.⁸⁰ Arvatenkin kontaktikentän laajuus on riippunut osittain siitä, miten tiheää asutus on ollut. Nämä alueet ovat tosin vähemmän perifeerisiä kuin Käkisalmen läänin pohjoisosa, mutta matkustamisen raskaus lieene rajoittanut kontaktikentän kokoa samoin kuin muuallakin valtakunnassa.

Väestöntiheys saattoi vaihdella huomattavasti sekä pitäjién sisällä että niiden välillä. Tämän korjaamiseksi sparr-kirjaston analyysityökaluissa on mahdollista käyttää muuntuvaa ydinfunktiota (*adaptive kernel*), jonka leveys riippuu paikallisesta tiheydestä. Muuntuva ydinfunktio on kuitenkin altis virheille pienillä aineistoilla, joten käytän kiinteää ydintä.

Aineisto ei välttämättä ole riittävän suuri yksittäisiä käräjäkuntia koskevien tilastollisesti merkitsevien poikkeavuuksien havaitsemiseen. Analyysien tuottamat kartat auttavat joka tapauksessa hahmottamaan kuvioita, joiden perusteella on mahdollista sanoa jotain eri alueiden suhteellisista tiheyksistä.

79 Lamberg ym. 2011.

80 Piilahti 2009, 215; Simonson 1999, 237.



Kuvio 4. Pitäjien lautakuntien keskimääräiset kärejämamatkat (pystyviiva) satunnaisesti arvottuihin lautakuntiin verrattuna.

Käytin lautamiesten ja muiden talollisten kärjäetäisyyksien vertaamiseen permutaatiotestiä. Menetelmän käyttöä rajoittaa kuitenkin sen vaatima laskuteho. Permutaatiotestissä tehdään suuri määrä satunnaisotoksia, joiden perusteella määritellään, kuinka todennäköisesti todellisuudessa havaittu tulos (tässä siis lautamiesten ja muiden talollisten kärjämatkojen ero) on voinut syntyä sattumalta. Hypoteesintestauksessa tätä kutsutaan tyyppi I virheeksi.⁸¹

Hypoteesintestauksessa tarkastellaan, miten suurella todennäköisyydellä aineistoissa havaittu ero voi syntyä pelkän sattuman seurauksena. Jos lautamiesten ja muiden talollisten kärjämatkoissa havaittu ero on voinut syntyä sattumalta riittävän pienellä todennäköisyydellä, se on tilastollisesti merkitsevä. Nollahypoteesin H_0 mukaan lautamiesten keskimääräinen kärjämatka ei eroa satunnaisesti arvoitun ryhmän kärjämatkojen pituudesta, kun taas vastahypoteesin H_1 mukaan lautamiesten kärjämatkat ovat muita lyhempiä. Sovellan permutaatiotestiä perinteisempien testien sijaan, sillä pienellä aineistolla tietokoneen laskuteho riittää permutaatiotestin toteuttamiseen. Lisäksi ei tarvitse tehdä oletuksia satunnaisten lautakuntien kärjämatkojen jakauman muodosta.

Tulokset

Analyysien perusteella vaikuttaa siltä, että saavutettavuus todellakin johti lautamiesten keskittymiseen kärjäpaikkojen ympärille, mikäli matkat olivat riittävän pitkiä. Ilomantsi–Pälkjärvi–Suojärvi-kärjäkunta erottuu sekä permutaatiotestissä että *spatial relative risk* -analyysissa. Toisin sanoen kyseisen kärjäkunnan lautamiehet asuivat lähempänä käräjien pitopaikkaa kuin ihmiset, joiden asioita he hoitivat.

Lautamiehenä olemisen suhteellista riskiä kuvaavassa kartassa on yksi selvästi erottuva matalan tiheyden alue: Suojärven itäosissa tiheys on selvästi pienempi kuin saman pitäjän länsipäässä Korpiselän alueella. Myös Sortavalassa tiheys on melko pieni, mutta tämä selittyy

81 Neyman ja Pearson 1933.

Sortavalan poikkeuksellisen suurella väestötiheydellä (Kartta 2). Koska Sortavalan pitäjstä oli lautakunnassa vain kuusi jäsentä, heidän määränsä jää pieneksi verrattuna muihin pitäjiin. Väkiluvun vaihtelu tekee tulosten tulkinnasta pitäjien välillä mahdotonta.

Käräjämatkoissa lautamiesten ja muiden talollisten ero oli tilastollisesti merkitsevä ainoastaan Ilomantsin, Pälkjärven ja Suojärven muodostamassa käräjäkunnassa (Taulukko 1). Tässä käräjäkunnassa lautamiehet todellakin asuivat selvästi lähempänä vakiintunutta käräjäpaikkaa kuin muut talonpojat. Parissa käräjäkunnassa ero oli itse asiassa päinvastainen, joskaan ei tilastollisesti merkitsevä. Toisin sanoen kahden käräjäkunnan lautamiehet asuivat keskimäärin kauempana käräjäpaikasta kuin muut talolliset (Kuvio 4). Sortavalan alueen käräjäkunnan lautamiesten näennäinen hajaantuminen johtuu todennäköisesti siitä, että suurin osa alueen väestöstä asui tiheästi asutuilla Sortavalan savimailla. Koska käräjät pidettiin lähellä Sortavalaa sijaitsevassa Suistamon Impilahden kylässä, saa asukkaiden keskittyminen Sortavalan pitäjään aikaan illuusion lautamiesten pitkistä matkoista.

Aineiston harvuuden vuoksi *spatial relative risk* -analyysistä ei voida tehdä selkeitä johtopäätöksiä. Sen sijaan permutaatiotestit viittaavat vahvasti siihen, että suurimmassa käräjäkunnassa lautamiehet todella olivat keskittyneet käräjäpaikkojen läheisyyteen. Ilomantsin ja Suojärven lautamiehet joutuivat matkustamaan huomattavan pitkiä matkoja käräjille Pälkjärven Kontioleppälahteen, joten ei ole ihme, että lautamiehet valikoituivat läheltä Pälkjärven rajaa. Pisimmät käräjämatkat venyivät yli sataan kilometriin.

Lautamiesten keskittyminen lienee, nykyajan käsitteillä ilmaistuna, heikentänyt rajaseutujen asukkaiden oikeusturvaa. Lisäksi keskittyminen kertoo siitä, ettei itsevaltaisen varhaismodernin valtion kyky ulottaa kontrolliaan periferioihin todellisuudessa ollut erityisen suuri. Tämän

Käräjäkunta	p-arvo
Liperi ja Pielisjärvi	0.493
Kitee ja Tohmajärvi	0.069
Ilomantsi, Pälkjärvi ja Suojärvi	0.022
Sortavala, Salmi ja Suistamo	0.629

Taulukko 1. Permutaatiotestin p-arvot käräjäkunnittain.

tutkimuksen perusteella jää kuitenkin vielä avoimeksi, kuinka paljon esimerkiksi rajan läheisyys vaikutti oikeuslaitoksen toimintaan käytännössä. Lisäksi olisi syytä tutkia, oliko rikollisuus yleisempää alueilla, joilla lautamiemiehiä ei ollut läsnä.

Keskustelu

Kuten edeltävä tapausesimerkki ja aiempi tutkimus osoittavat, geospaatialisella analyysillä on runsaasti potentiaalisia sovellusaloja historian-tutkimuksessa. Näiden sovellusten tuoma käytännön hyöty on kuitenkin pääteltävä tapauskohtaisesti aineiston ja tutkimuskysymysten asettamien rajojen mukaan. Vaikkei geospaatialista analyysia sovellettaisi, on hyödyllistä olla perillä siihen liittyvistä keskeisistä käsitteistä. Alueyksiköiden mielivaltaisuudesta johtuva MAU-ongelma ja yleistämisen aiheuttama ekologinen harha koskevat kaikkia määrällisiä menetelmiä käyttäviä tieteenaloja. Tämän kaltaisten ongelmien takia onkin syytä kiinnittää enemmän huomiota tilastollisten analyysien subjektiiviseen elementtiin. Vaikka tilastolliset analyysit ovatkin monessa tapauksessa vakuuttavampia kuin pelkät laadulliset analyysit, niitä ei pidä kuvitella miksikään absoluuttiseksi totuudeksi.

Yksi este geospaatialisen analyysin ja muiden ”kovien” metodien käytölle lienee kvantitatiivisia metodeja kohtaan tunnetun kiinnostuksen vähäisyys. Viime vuosikymmeninä on julkaistu vain vähän kvantitatiivisesti orientoitunutta historiantutkimusta. Edelleen laajin tilastoihin pureutuva menetelmäopas on Viljo Rasilan teos 1970-luvulta.⁸² Toisaalta on hyvä miettiä, onko tiukasta jaottelusta kvantitatiivisiin ja kvalitatiivisiin menetelmiin enää mitään hyötyä. Monet historiallista paikkatietoa soveltavat tutkimukset ovat teknologiasta huolimatta varsin kvalitatiivisia. Toisaalta eksploratiivisiin tilastanalyysihin kuuluvat visualisoinnit saattavat muistuttaa jossain suhteessa enemmän perinteistä laadullista tutkimusta kuin klassisia tilastotieteellisiä koecasetelmia hypoteesintestauksineen.

82 Rasilan 1977.

Aineiston laatu ja määrä aiheuttavat omat ongelmansa geospaatialisen analyysin soveltamiselle historiantutkimuksessa. Havaintoja tulisi olla riittävän runsaasti, sillä muuten geospaatialisen analyysin antamat tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Tämä rajoittaa menetelmien käyttöä vanhempien aineistojen tutkimuksessa.

Geospaatialisen analyysin menetelmät mahdollistavat esimerkiksi saavutettavuuden kvantitatiivisen tarkastelun. Niiden avulla voidaan vertailla rakenteellisia eroja, jotka syntyvät spatiaalisista suhteista. Vaikkei analyyseista voisiakaan vetää tilastollisesti merkitseviä johtopäätöksiä, jo pelkkä eksploratiivinen visualisointi auttaa hahmottamaan ongelmia uudella tavalla.

Lähteet

Painetut lähteet

Kuningas Kristoferin maanlaki. Muinaisruotsista suomentanut Matti Ulkuniemi. SKS, Helsinki 1978.

Painamattomat lähteet

Kansallisarkiston Digitaaliarkisto (KA)

Käkisalmen läänin ja Inkerin tilejä

Inkerin ja Käkisalmen läänin tosite- ja henkikirja 1683–1683 (9744)

Inkerin ja Käkisalmen läänin maakirja 1690–1690 (9764)

Käkisalmen läänin tuomiokunnan renovoidut tuomiokirjat

Varsinaisten asioiden pöytäkirjat 1675–1700 (KO a:4–21)

Ruotsin valtionarkisto (RA)

Lantmäteriets Levereringar (LL)

1850 nr. 9, ”Geographische Tafflor öffwer Kiäxholms Lään (aff Erik Utter)”

1850 nr. 12, Erik Utter, ”Geographisch Affrijtning upå Kiäxholms Lähn”

1850 nr. 186, ”Geographisch affrijtning opå Sordowala pogost uthi Kiäxholms lähn a:o 1648.”

- 44 C. G. Wrangels topogr. fol. 19
[Salmin ja Suistamon kartta] 1648–1649, Erik Andersson (Utter),
Renovation

Internet-lähteet

USGS: Global Multi-resolution Terrain Elevation Data (GMTED) 2010.
Sivustolla HELCOM Map and Data Service. <<http://maps.helcom.fi/web-site/mapservice/index.html>>. 13.10.2013.

Tutkimuskirjallisuus

- Aalto, Seppo: *Kirkko ja kruunu siveellisyyden vartijoina. Seksuaalirikollisuus, esi-valta ja yhteisö Porvoon kihlakunnassa 1621–1700*. Bibliotheca historica 12, SHS, Helsinki 1996.
- Adler, Daniel: *vioplot: Violin plot. R package version 0.2*. 2005. <<http://wsopuppenkiste.wiso.uni-goettingen.de/~dadler>>. 11.11.2015.
- Aldstadt, Jared: Spatial Clustering. Teoksessa *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications*. Toim. Manfred Fisher ja Arthur Getis, Springer, 2010, 279–300.
- Anselin, Luc: Local Indicators of Spatial Association – LISA. *Geographical Analysis* 27(2) 1995, 93–112.
- Ayhan, Irem; Cubukcu, K. Mert: Explaining historical urban development using the locations of mosques: a GIS/spatial statistics-based approach. *Applied Geography* 30 2010, 229–238.
- Baddeley, A.; Turner, R.: Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. *Journal of Statistical Software* 12(6) 2005, 1–42.
- Bailey, Trevor; Gatrell, Anthony: *Interactive Spatial Data Analysis*. Longman, Essex, England 1995.
- Bivand, Roger: Exploratory Spatial Data Analysis. Teoksessa *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications*. Toim. Manfred Fischer ja Arthur Getis. Springer, 2010, 219–254.
- Braudel, Fernand: *The Mediterranean and the Mediterranean World in the Age of Philip II. Vol. 1 & 2*. Translated from French by Siân Reynolds. Harper & Row, New York 1972 [1949].
- Cliff, Andrew; Ord, J. K.: The Problem of Spatial Autocorrelation. *Papers in Regional Science* 1, Studies in Regional Science. London 1969, 25–55.

- Cunfer, Geoff: Causes of the dust bowl. Teoksessa *Placing History: How Maps, Spatial Data, and GIS are Changing Historical Scholarship*. Toim. Anne Knowles. ESRI Press, Redlands, California 2002, 95–121.
- Davies, Tilman; Hazelton, Martin; Marshall, Jonathan: sparr: Analyzing Spatial Relative Risk Using Fixed and Adaptive Kernel Density Estimation in R. *Journal of Statistical Software* 39(1) 2011, 1–10.
- DeBats, Donald: A Tale of Two Cities: Using tax records to develop GIS files for mapping and understanding Nineteenth-Century U.S. cities. *Historical Methods* 41(1) 2008, 17–38.
- DeBats, Donald: Using GIS and Individual-Level Data for Whole Communities: A path toward the reconciliation of political and social history. *Social Science Computer Review* 27(3) 2009, 313–330.
- DeBats, Donald; Gregory, Ian: Introduction to Historical GIS and the study of urban history. *Social Science History* 35(4) 2011, 455–463.
- De Smith, Michael; Goodchild, Michael; Longley, Paul: *Geospatial analysis. A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*. Third edition. Matador, Leicester 2009.
- Elo, Kimmo; Kleemola, Olli: Verkostanalyysi historiallisten aineistojen eksploraatiivisena analyysimenetelmänä: Esimerkkinä sotavalokuvat. *Historiallinen Aikakauskirja* 113(4) 2015, 412–428.
- Erickson, Bonnie: Social Networks and History: A Review Essay. *Historical Methods* 30(3) 1997, 149–157.
- Febvre, Lucien: *A Geographical Introduction to History*. Translated by E. G. Mountford & J. H. Paxton. The History of Civilization, Routledge, London 1996 [1924].
- Gehlke, C. E.; Biehl, Katherine: Certain effects of grouping upon the size of correlation coefficient in census tract material. *Journal of American Statistical Association* 29, Supplement: Proceedings of American Statistical Journal 1934, 169–170.
- Gregory, Ian; Healey, Richard: Historical GIS: structuring, mapping and analysing geographies of the past. *Progress in Human Geography* 31(5) 2007, 638–653.
- Gregory, Ian: Bibliography. *Historical GIS Research Network*. <<http://www.hgis.org.uk/>>. 13.10.2015.
- Haining, Robert: The Nature of Georeferenced Data. Teoksessa *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications*. Toim. Manfred Fischer ja Arthur Getis. Springer, 2010, 219–254.
- Hakanen, Marko: The Reach of Power. Teoksessa *Physical and Cultural Space in*

- Pre-Industrial Society. Methodological Approaches to Spatiality*. Toim. Marko Lamberg, Marko Hakanen and Janne Haikari. Nordic Academic Press, Lund 2011, 199–216.
- Hare, Timothy: Using measures of cost distance in the estimation of polity boundaries in the Postclassic Yauhtepec valley, Mexico. *Journal of Archaeological Science* 31(6) 2004, 799–814, DOI: 10.1016/j.jas.2003.10.016.
- Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert: *Generalized additive models*. Monographs on statistics and applied probability 43, Chapman and Hall, London 1990.
- Howey, Meghan: Using multi-criteria cost surface analysis to explore past regional landscapes: a case study of ritual activity and social interaction in Michigan, AD 1200–1600. *Journal of Archaeological Science* 34(11) 2007, 1830–1846, DOI: 10.1016/j.jas.2007.01.002.
- Huhtamies, Mikko: *Maan mitta. Maanmittauksen historia Suomessa 1633–2008*. Maanmittauslaitos, Helsinki 2008.
- Härkönen, Antti: *Käkisalmen läänin pohjoisen voutikunnan lautamiehet 1680–96*. Yleisen historian julkaisematon pro gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto, Joensuu 2015.
- Illian, Janine; Penttinen, Antti; Stoyan, Helga; Stoyan, Dietrich: *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns*. Wiley, Chichester 2008.
- Ingram, D. R.: The concept of accessibility: a search for an operational form. *Regional Studies* 5, 1971, 101–107.
- Johnston, Janis; Berry, Kenneth; Mielke, Paul: Quantitative Historical Methods: A Permutation Alternative. *Historical Methods* 2009 42(1), 35–40.
- Katajala, Kimmo: *Nälkäkapina. Veronvuokraus ja talonpoikainen vastarinta Karjalassa 1689–1697*. Historiallisia Tutkimuksia 185. SHS, Helsinki, 1994.
- Katajala, Kimmo: Early modern people(s) in the borderlands: Linguistic or religious definitions of “us” and “the Other”. Teoksessa *Borderland Identities. Territory and belonging in North, Central and East Europe*. Toim. Madeleine Hurd. Förlags ab Gondolin, Gdansk 2006, 331–354.
- Kiiskinen, Harri: *Production and Trade of Etrurian Terra Sigillata pottery in Roman Etruria and beyond between c. 50 BCE and c. 150 CE*. Annales Universitatis Turkuensis B 364. Turku, 2013.
- Knowles, Anne (ed.): *Historical Geography* 33, 2005.
- Knowles, Anne; Rousch, W; Abshire, C.; Farrel, L.; Feinberg, A.; Humbert, T.; Kuzzy, G.; Wirene, C.: What could Lee see at Gettysburg. In Knowles, Anne (ed.) *Placing history: how maps, spatial data, and GIS are changing historical scholarship*. ESRI Press, Redlands, California 2008, 235–266.

- Kokkonen, Jukka: *Rajaseutu liikkeessä. Kainuun ja Pielisen Karjalan asukkaiden kontaktit Venäjän Karjalaan kreivin ajasta sarkasotaan (1650–1712)*. Bibliotheca Historica 79, SKS, Helsinki 2002.
- Korpela, Jukka: In deep, distant forests. Teoksessa *Physical and Cultural Space in Pre-Industrial Society*. Toim. Marko Lamberg, Marko Hakanen ja Janne Haikari. Methodological Approaches to Spatiality. Nordic Academic Press, Lund 2011, 95–123.
- Kotavaara, Ossi; Antikainen, Harri; Rusanen, Jarmo: Urbanization and Transportation in Finland, 1880–1970. *Journal of Interdisciplinary History* 42(1) 2011, 89–109.
- Kruschke, John; Aguinis, Herman; Joo, Harry: The time has come: Bayesian methods for data analysis in the organizational sciences. *Organizational Research Methods* 15(4) 2012, 722–752.
- Kruschke, John: Bayesian Estimation Supersedes the t Test. *Journal of Experimental Psychology* 142(2) 2013, 573–603.
- Kuujo, Erkki: *Taka-Karjalan verotus v:een 1710*. SHS, Helsinki 1959.
- Lamberg, Marko; Mäkinen, Minna; Uotila, Merja: A Rural Living Sphere. Teoksessa *Physical and Cultural Space in Pre-Industrial Society. Methodological Approaches to Spatiality*. Toim. Marko Lamberg, Marko Hakanen ja Janne Haikari. Nordic Academic Press, Lund 2011, 289–318.
- Lappalainen, Jussi: *Kaarle X Kustaan Venäjän-sota v. 1656–1658 Suomen suunnalla. 'Häikkä, räikkä ja ruptuuri'*. Studia Historica Jyväskyläensia 10, Jyväskylä 1972.
- Lawson, Andrew; Banerjee, Sudipto: Bayesian Spatial Analysis. Teoksessa *The SAGE Handbook of Spatial Analysis*. Toim. A. Stewart Fotheringham ja Peter A. Rogerson, SAGE, London 2009, 321–342.
- Lehtonen, Olli; Tykkyläinen, Markku: Self-reinforcing spatial clusters of migration and socio-economic conditions in Finland in 1998–2006. *Journal of Rural Studies* 30(1) 2010a, 1–13.
- Lehtonen, Olli; Tykkyläinen, Markku: Tulotason spatiaalinen kaksoispolarisaatio Pohjois-Karjalassa 1996–2003. *Terra* 122(2) 2010b, 63–74.
- Lehtonen, Olli; Tykkyläinen, Markku; Korhonen, Lauri: Sosiaalinen verkostanalyysi asiantuntijavalinnassa: esimerkkinä Delfoi-tutkimus. *Terra* 123(2) 2011, 75–88.
- Letto-Vanamo, Pia: *Käräjäyhteisön oikeus. Oikeudenkäyttö Ruotsi–Suomessa ennen valtiollisen riidanratkaisun vakiintumista*. Oikeushistorian julkaisuja 2, Helsingin yliopisto, Helsinki 1995.

- Li, Hongfei; Calder, Catherine; Cressie, Noel: Beyond Moran's I: Testing for spatial dependence based on the spatial autoregressive model. *Geographical Analysis* 39(4) 2007, 357–375. DOI: 10.1111/j.1538-4632.2007.00708.x.
- Lindgren, Uta: Land Surveys, Instruments, and Practitioners in the Renaissance. Teoksessa *The History of Cartography: Cartography in the European Renaissance, Part 2*. Toim. David Woodward. University of Chicago Press, Chicago 2007, 477–508.
- Maio, Christopher; Tenenbaum, David; Brown, Craig; Mastone, Victor; Gontz, Allen: Application of geographic information technologies to historical landscape reconstruction and military terrain analysis of an American Revolution Battlefield: Preservation potential of historic lands in urbanized settings, Boston, Massachusetts, USA. *Journal of Cultural Heritage* 14 2013, 317–331.
- Martí-Henneberg, Jordi: Geographical information systems and the study of history. *Journal of Interdisciplinary History* 42(1) 2011, 1–13.
- Miller, David; Hochberg, Leonard: Modernization and Inequality in Pre-Famine Ireland: An Exploratory Spatial Analysis. *Social Science History* 31(1) 2007, 35–60.
- Murrieta-Flores, Patricia: Understanding human movement through spatial technologies. The role of natural areas of transit in the Late Prehistory of South-western Iberia. *Trabajos de Prehistoria* 69(1) 2012, 103–122, DOI: 10.3989/tp.2012.12082.
- Murayama, Yuji: Introduction: Geospatial Analysis. In *Progress in Geospatial Analysis*. Edited by Yuji Murayama. Springer, Tokyo 2012, 1–9.
- Nenonen, Marko: Suurvaltojen rajalla. Maantieliikenneyhteydet Ruotsin suurvalta-ajalla (1617–1721). Teoksessa *Tienraivausta Pohjois-Karjalassa 1550–1990*. Toim. M. Turunen. Tiemuseon julkaisuja 14, Jyväskylä 1996.
- Neyman, Jerzy; Pearson, Egon: The testing of statistical hypotheses in relation to probabilities a priori. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 29(4) 1933, 492–510.
- Ojala, Aino-Leena: *Kaskiprovinsin laki. Tapaoikeuden käyttö Käkisalmen läänissä 1642–1700*. Suomen historian pro gradu -tutkielma, Itä-Suomen yliopisto, Joensuu 2013.
- Openshaw, Stan: *The modifiable areal unit problem*. CATMOG 38, Geobooks, Norwich 1984.
- Orford, Scott: Identifying and comparing changes in the spatial concentrations of urban poverty and affluence: a case study of inner London. *Computers, Environments and Urban Systems* 28 2004, 701–717.

- Pickles, John: Representations in an Electronic Age: Geography, GIS and Democracy. Teoksessa *Ground Truth: The Social Implications of Geographic Information Systems*. Toim. John Pickles. Guilford, New York 1995, 1–30.
- Piilahti, Kari-Matti: Maalaispitäjä toimintakenttänä. Valkeala 1600- ja 1700-luvuilla. Teoksessa *Maa, seutu, kulmakunta. Näkökulmia aluehistorialliseen tutkimukseen*. Toim. Maria Lähtenmäki. Historiallinen Arkisto 129, SKS, Helsinki 2009, 199–223.
- Pirinen, Kauko: Savon kirvesmiehet ja Käkisalmen Karjalan populit. *Kotiseutu*. Suomen kotiseutuliitto, Helsinki 1963, 113–119.
- R Core Team: R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria 2014. <<http://www.R-project.org/>>.
- Rasila, Viljo: Tietokone historiantutkimuksessa. *Historiallinen Aikakauskirja* 1967 (2), 140–146.
- Rasila, Viljo: *Kansalaissodan sosiaalinen tausta*. Tammi, Helsinki 1968.
- Rasila, Viljo: *Tilastolliset menetelmät historiantutkimuksessa*. Otava, Helsinki 1977.
- Robinson, W. S.: Ecological Correlations and the Behavior of Individuals. *American Sociological Review* 15(3) 1950, 351–357.
- Saloheimo, Veijo: *Pohjois-Karjalan asutusmuodot 1600-luvulla*. Joensuun yliopiston julkaisuja A, 2, Joensuu 1971.
- Saloheimo, Veijo: *Asutuksen kasvun rajat. Taloluvun muutokset ja sen tekijöitä Laatokan Karjalassa*. Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 27, Joensuu 1977.
- Saloheimo, Veijo: *Pohjois-Karjalan historia 2: 1617–1721*. 2. korjattu painos. KKES, Joensuu 1986.
- Schuurman, Nadine: Trouble in the Heartlands: GIS and its critics in the 1990s. *Progress in Human Geography* 24(4) 2000, 569–590.
- Simonson, Örjan: *Den lokala scenen. Torstuna härad som lokalsambälle under 1600-talet*. Studia Historica Upsaliaensia 191, Upsala 1999.
- Simonson, Örjan: Spatial integration at the district courts in seventeenth century Sweden. Teoksessa *Guises of power: Integration of society and legitimisation of power in Sweden and the Southern Low Countries ca 1500–1900*. Toim. Maria Ågren, Åsa Karlson ja Xavier Rousseaux. Opuscula Historica Upsaliaensia 26, Upsala 2001, 57–63.
- St-Hilaire, Marc; Moldofsky, Byron; Richard, Laurent; Beaudry, Mariange: Geocoding and mapping historical census data: The Geographical component of the Canadian century research infrastructure. *Historical Methods* 40(2) 2007, 76–91. DOI: 10.3200/HMTS.40.2.76-91.

- Stough, Roger: Spatial clustering: issues and methods for identifying industry clusters. Teoksessa *Handbook of Research Methods and Applications in Spatially Integrated Social Science*. Toim. Robert Stimson. Edward Elgar, Cheltenham 2014, 378–402.
- Sui, Daniel: Ecological Fallacy. Teoksessa *International Encyclopedia of Human Geography*. Toim. Rob Kitchin ja Nigel Thrift. Elsevier 2009, 291–293. DOI: 10.1016/B978-008044910-4.00422-3.
- Suvanto, Seppo: *Knaapista populiin. Tutkimuksia erilaistumisesta Satakunnan talonpojistossa vuosina 1390–1571*. Hist. Tutk. 142, SHS, Helsinki 1987.
- Talen, Emily: Access: Geographical. Teoksessa *International Encyclopedia of Social & Behavioral Sciences*, 2nd edition, Vol. 1. Elsevier 2015, 64–67.
- Taussi-Sjöberg, Marja: Staten och tinget under 1600-talet. *Historisk Tidskrift* 1990 (2), 161–190.
- Tobler, Waldo: A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography* 46(2) 1970, 234–240.
- Turner, Sam: Historic landscape characterisation: A landscape archaeology for research, management and planning. *Landscape Planning* 31(4) 2006, 385–395. DOI: 10.1080/01426390601004376.
- Uotila, Kari; Huvila, Isto: Virtual landscape modelling. Teoksessa *Physical and Cultural Space in Pre-Industrial Society. Methodological Approaches to Spatiality*. Toim. Marko Lamberg, Marko Hakanen ja Janne Haikari. Nordic Academic Press, Lund 2011, 273–288.
- Watts, Martin: Spatial indexes: a focus on segregation. Teoksessa *Handbook of Research Methods and Applications in Spatially Integrated Social Science*. Toim. Robert Stimson. Edward Elgar, Cheltenham 2014, 287–314.
- Wong, David: Modifiable Areal Unit Problem. Teoksessa *International Encyclopedia of Human Geography*. Toim. Rob Kitchin ja Nigel Thrift. Elsevier 2009, 169–174. DOI: 10.1016/B978-008044910-4.00475-2.
- Zhang, Changping: Spatial prominence and spatial weights matrix in geospatial analysis. Teoksessa *Progress in Geospatial Analysis*. Toim. Yuji Murayama. Springer, Tokyo 2012, 73–84. DOI: 10.1007/978-4-431-54000-7_5.