

Autor(es): **Miguel Gómez de Antonio**

Título: **Econometría especial: Algunos aspectos generales**

Resumen:

El objetivo de la presente investigación es presentar o exponer una serie de aspectos poco conocidos acerca de la utilización de datos espaciales en el trabajo econométrico. Estos aspectos han dado lugar a la aparición de una nueva rama dentro de la Ciencia Econométrica, a saber, la Econometría Espacial. Por lo tanto no pretendo dar solución a estos problemas, sino únicamente dar a conocer su existencia, para en posteriores investigaciones en curso, exponer aquellos modelos que tratan, o solucionan este tipo de cuestiones.

DOCUMENTO DE TRABAJO.

ECONOMETRÍA ESPACIAL: ALGUNOS ASPECTOS GENERALES:

MIGUEL GÓMEZ DE ANTONIO.

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA VI. (HACIENDA PÚBLICA Y STMA. FISCAL.)

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE.

ABSTRACT:

El objetivo de la presente investigación es presentar o exponer una serie de aspectos poco conocidos acerca de la utilización de datos espaciales en el trabajo econométrico. Estos aspectos han dado lugar a la aparición de una nueva rama dentro de la Ciencia Econométrica, a saber, la Econometría Espacial. Por lo tanto no pretendo dar solución a estos problemas, sino únicamente dar a conocer su existencia, para en posteriores investigaciones en curso, exponer aquellos modelos que tratan, o solucionan este tipo de cuestiones.

ÍNDICE:

Introducción.

Econometría Espacial y Estadística Convencional.

Cantidad y Calidad de los datos espaciales.

Efectos Espaciales:

4.1) Dependencia Espacial

4.2) Heterogeneidad Espacial

Problemas que pueden aparecer en la estimación de un modelo general lineal cuando utilizamos MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios.)

La expresión formal de los efectos espaciales.

1) INTRODUCCION

La econometría espacial es un campo de la ciencia regional que aborda el tema de la dependencia espacial y de la heterogeneidad espacial, aspectos críticos que aparecen en cualquier estudio de economía regional. Estas características pueden invalidar el uso de técnicas econométricas convencionales. Nuestra intención es demostrar que los métodos cuantitativos espaciales son un caso particular del enfoque general econométrico, y que por tanto necesitan un conjunto de métodos y técnicas diferentes de aquellos utilizados en la econometría convencional. A este conjunto de métodos y técnicas es a lo que nos referiremos cuando hablemos en lo sucesivo de econometría espacial.

La importancia de los problemas causados por la heterogeneidad espacial y por la dependencia espacial, y sus efectos en la validez de los métodos estadísticos convencionales no es nueva, sino que podemos remontarnos hasta el año 1914 con un trabajo de Student, donde por vez primera se hace referencia a este tipo de problemas. Sin embargo el desarrollo o el nacimiento de un campo aparte no se produce hasta la década de los cincuenta con los trabajos de Moran (1948) y Geary (1954), donde se presentan los primeros índices formales para medir la autocorrelación o dependencia espacial.

La importancia del espacio como concepto fundamental en la esencia de la economía regional es incuestionable. Desde los primeros comienzos de este campo a finales de la década de los 50, un gran número de teorías espaciales y de modelos operacionales, han sido desarrollados para evaluar el impacto de las políticas regional y urbana. Sin embargo estas contribuciones teóricas no han venido acompañadas por un avance similar en la metodología del análisis econométrico de los datos observados en el espacio.

Los datos espaciales agregados se caracterizan por la dependencia (autocorrelación espacial) y por la heterogeneidad (estructura espacial). Estos efectos espaciales son muy importantes en el análisis econométrico aplicado, ya que pueden invalidar algunos resultados metodológicos convencionales, pueden requerir algunas adaptaciones, e incluso pueden necesitar del desarrollo de un conjunto de técnicas especiales. Estos temas, que son típicamente ignorados por los econométricos tradicionales, han desembocado en el nacimiento de un nuevo campo de análisis, el de la econometría espacial.

En definitiva, la econometría espacial es el conjunto de técnicas que operan con las peculiaridades originadas por el espacio en el análisis estadístico de los modelos de ciencia regional.

El término fue acuñado por Jean Paelinck a principios de la década de los 70, para designar un campo creciente de la economía regional, que trataba de desarrollar modelos econométricos multirregionales. En su libro *Spatial Econometrics*, Paelinck y Klaassen destacan cinco características principales del nuevo campo en relación con los temas considerados en el mismo:

- 1) El papel de la interdependencia espacial en modelos espaciales.
- 2) La asimetría en las relaciones espaciales.
- 3) La importancia de factores explicativos localizados en otros lugares.
- 4) Diferenciación entre interacciones ex-ante y ex-post.
- 5) Modelización explícita del espacio.

Aunque desde entonces el contenido de los temas ha sufrido variaciones, nosotros nos centraremos básicamente en el papel de la interdependencia espacial en modelos espaciales, y en la modelización explícita del espacio.

Desde entonces el término econometría espacial ha tenido una aceptación generalizada. Sin embargo, la necesidad de la existencia de un campo separado es algunas veces cuestionada y no está clara la diferencia entre econometría espacial o convencional por un lado, y la diferencia entre econometría espacial y estadística espacial por otro.

2) ECONOMETRIA ESPACIAL Y ECONOMETRIA CONVENCIONAL

Para empezar consideremos la distinción entre la econometría espacial y la econometría convencional. Podemos enfocarlo desde dos puntos de vista. En primer lugar, podemos considerar que todos los análisis estadísticos de modelos económicos regionales pertenecen al campo de la econometría espacial. Por lo tanto actividades como la estimación de modelos de interacción espacial, el análisis estadístico de funciones de densidad urbana, así como la estimación de modelos econométricos regionales, se consideran dentro de la esfera de la econometría espacial. Sin embargo, como la mayoría de estos análisis pueden llevarse a cabo usando técnicas econométricas convencionales ésta no es una distinción muy apropiada. La mayoría de los análisis estadísticos de los modelos en cuestión tienden a ignorar los aspectos específicamente espaciales, de tal manera que difícilmente podemos considerarlos como pertenecientes al campo de la econometría espacial.

En segundo lugar, dentro del concepto de econometría espacial, consideraremos únicamente al conjunto de métodos y técnicas que abordan los aspectos específicamente espaciales de los datos y de los modelos en economía regional. Este es el punto de vista generalmente adoptado, ya que limita el campo de estudio a aquellos modelos que incluyen los aspectos puramente espaciales tanto de la realidad como de los datos que utilizan.

3) ECONOMETRÍA ESPACIAL Y ESTADÍSTICA ESPACIAL

La distinción entre la econometría y la estadística espacial es menos estricta, y los métodos se suelen clasificar como pertenecientes a un campo u otro dependiendo de las preferencias de cada investigador.

Una clasificación posible, la podemos extraer del artículo de Haining y Anselin (1986b), según el cual, la principal distinción entre un campo y otro es aquella que relaciona la estadística espacial con el estudio de los datos, y la econometría espacial con el estudio de los modelos. Sin embargo una clasificación mucho más práctica es la que está basada en si los autores se refieren a sus trabajos con un nombre o con otro. Así tenemos que los autores que estudian modelos relacionados con la economía regional y urbana se refieren a sus trabajos como econometría espacial, mientras que los biólogos y geógrafos que utilizan estas mismas técnicas para el estudio de determinados fenómenos físicos se refieren a sus trabajos como estadística espacial.

Desde mi punto de vista, la estadística espacial, engloba a todo el proceso descriptivo que se realiza para hacer una regresión, como puede ser el cálculo de la media, de la varianza, estadísticos de correlación, distribución de las variables, e incluso el hecho de hacer la propia regresión para obtener los coeficientes de estimación, estaría incluido dentro del campo de la estadística espacial. Por el contrario, la econometría espacial empezaría en el momento en que se intentan solucionar los problemas que nos hemos encontrado al realizar la regresión, como pueden ser problemas de autocorrelación, de heterocedasticidad, transformaciones en las variables, así como la realización de los contrastes de hipótesis.

Veamos ahora con detenimiento cuales son los aspectos espaciales que provocan la aparición de la econometría espacial.

4) CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS DATOS ESPACIALES:

Este es el primer problema que aparece cuando se trabaja con datos transversales.

La observación de datos espaciales ha sufrido cambios significativos en los últimos veinte años. Además de las fuentes tradicionales de datos espaciales (mapas, censos, fotografías aéreas), de las observaciones de campo (encuestas, muestras..), y del trabajo de simulación y experimentación, hay que añadir colecciones de datos obtenidas gracias al avance tecnológico en el campo de los satélites, permitiendo reproducir el terreno mediante sensores y obteniendo por tanto una información cada vez más fiable.

No obstante todos los datos tienen una precisión limitada, la cual se ve disminuida al utilizar grandes cantidades de datos a la vez. Esta es la otra cara de la moneda del avance tecnológico, con la utilización de los ordenadores los métodos de recolección de datos se automatizan y el riesgo de no detectar errores aumenta.

Además de los errores de medida, nos encontramos con la existencia de datos incompletos por diferentes motivos, como pueden ser los periodos de guerra, la dificultad de calcularlos, la confidencialidad de los mismos...

Otro problema que se plantea con frecuencia es la existencia de datos obtenidos mediante muestreo, en los que la validez de los mismos está muy relacionada con el tamaño de la muestra. La distinta unidad espacial de observación a la que están referidas los datos también plantea serios problemas. En nuestro caso particular nos encontramos con que determinadas series no son calculadas para provincias y si para comunidades autónomas, por lo que han de llevarse a cabo estimaciones de algunas de las variables para el nivel provincial, con los errores de medida que esto conlleva.

5) EFECTOS ESPACIALES:

Como dijimos con anterioridad, los efectos espaciales son la razón esencial para la existencia de un campo de estudio separado, y se pueden agrupar en torno a dos grandes bloques, a saber, dependencia espacial y heterogeneidad espacial.

5.1) DEPENDENCIA ESPACIAL

Es más conocida bajo el nombre de autocorrelación espacial, y surge debido a la relación existente entre lo que ocurre en unos lugares y en otros. Como expresó Tobler (1979) en la primera ley de geografía

“ Todo tiene relación con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las lejanas. ”

En este sentido la dependencia espacial viene determinada por una noción de localización relativa, en la que se enfatiza el efecto de la distancia. Cuando la noción de espacio se amplía más allá del sentido estricto del espacio euclídeo, incluyendo el espacio político, el espacio económico, o el espacio social, nos encontramos con que la dependencia espacial es un fenómeno que aparece con frecuencia en el estudio aplicado de las ciencias sociales.

La dependencia espacial puede venir originada por dos fuentes: Las particulares características de los datos espaciales, y la organización espacial de los fenómenos a estudiar.

Por lo que se refiere a la utilización de datos espaciales nos encontramos con que la mayoría de los datos espaciales, no son datos controlados, es decir, no son datos experimentales, no podemos repetir un número de veces el mismo experimento para observar algún tipo de relación o característica, por lo que los errores de medida puede que sean importantes. En la práctica, en muchas ocasiones, los datos son recogidos en una escala agregada, por lo tanto, puede que haya poca relación entre la esfera espacial del fenómeno a estudiar, y la delimitación de las unidades espaciales de observación. Por ejemplo, podemos encontrarnos con la existencia de migraciones de una provincia a otra dentro de una misma comunidad autónoma, esto no será observable si los datos de migración tienen como unidades de observación a las comunidades autónomas, el número de habitantes de la comunidad sigue siendo el mismo, mientras que el número de habitantes de las provincias que la integran habrá variado.

También nos encontramos con que aparecen errores de medida, que traspasarán los límites de las unidades espaciales de observación. Imaginemos una unidad de observación como la de la figura 1, que por motivos políticos va a dividirse en dos unidades de observación, como resultado de dicha división, la ciudad que aparece en el gráfico de color más oscuro, también quedará dividida, seguirán existiendo vínculos entre ambos lados de la ciudad, pero éstos no estarán recogidos por ninguna de las dos unidades de observación. Como resultado, los errores de la unidad de observación i , estarán relacionados con los de su unidad vecina j , lo cual provoca la aparición del fenómeno de la dependencia espacial.

unidad "i" unidad "j"

En los datos espaciales la importancia de las observaciones tomadas por las unidades primarias de observación situadas en los límites regionales (o provinciales en nuestro caso) es mucho mayor que en las series temporales. En primer lugar porque dichas observaciones son superiores en número cuando

tratamos con series transversales, y en segundo lugar porque al ser dichos límites artificiales, nos encontramos con que las observaciones cercanas a la frontera estarán incompletas, ya que sufren influencias de factores que están más allá de la línea fronteriza que separa las regiones, y dichos factores no están recogidos por la unidad primaria de observación.

No obstante aunque los límites fronterizos fueran naturales, serían distintos para cada uno de los fenómenos a observar, por lo que es imposible el lograr una división óptima del espacio cuando la variable a estudiar depende de numerosos factores, ya que habría tantas divisiones óptimas como factores.

Existe una larga tradición acerca de representar la variación espacial en términos de regiones (un mosaico de áreas homogéneas o casi homogéneas en las cuales difieren los distintos atributos que hay que medir). En un modelo de variación regional, y con el objetivo de analizar los datos espaciales, el concepto de regiones, presenta principalmente dos problemas: la delimitación regional y la uniformidad dentro de las regiones. Ambas ideas presentan ciertos inconvenientes, piénsese si las unidades espaciales son de pequeña escala, o si se mide más de un atributo. La variación de los atributos en el espacio está sujeta a cambios continuos y depende de diferentes procesos, por lo que las unidades primarias de observación no son independientes, y las unidades que están más próximas están más relacionadas que las que están más alejadas. No quiere esto decir que el concepto de regiones carezca de sentido, ya que muchas de las políticas públicas tienen una escala regional, pero si que hay que tener en cuenta que la diferenciación regional es uno de los posibles componentes de la variación espacial y no una propiedad a priori del espacio, por lo que no debe de constituir por definición la base de los procesos espaciales.

Además, aparte de estos problemas señalados que están relacionados con la utilización de datos espaciales, la inherente organización espacial de los fenómenos, tiende a generar patrones complejos de interacción y de dependencia, que son importantes por ellos mismos.

Nos encontramos con la existencia de procesos espaciales, o procesos donde los cambios de estado son debidos a propiedades espaciales de los atributos. Algunos ejemplos de estos procesos son los siguientes:

En las ciencias sociales, el proceso de difusión es un término general que clasifica procesos en los que algún atributo es conocido por un número fijo de personas. Un rumor, un bien nuevo, el desarrollo tecnológico, son ejemplos de procesos de difusión. En cualquier momento podemos diferenciar la población que está al corriente, y la que no lo conoce todavía. La distribución espacial de la población puede tener implicaciones importantes en el desarrollo del proceso, en especial si la adopción del mismo se realiza mediante el contacto interpersonal, o mediante un proceso de imitación.

Un segundo tipo de procesos son los denominados de intercambio y transferencia: Las economías urbanas y regionales se relacionan mediante el intercambio de bienes, y mediante transferencias de renta. La renta generada por la producción y la venta de un determinado bien en un lugar determinado, puede ser gastada en bienes y servicios que son producidos y vendidos en otro lugar. Estos procesos son el nexo de unión entre las economías de distintos pueblos o distintas regiones. Cuando dividimos un área determinada

diferenciando regiones con una renta per cápita alta de aquellas con una renta per cápita baja, lo que estamos haciendo es reflejar los límites dentro de los cuales operan procesos de intercambio y transferencia entre los pueblos de cada una de las regiones.

Un tercer tipo de procesos son los que denominamos de interacción, a través de los cuales los hechos que ocurren en un lugar determinado tienen influencia y están influenciados por hechos que ocurren en otros lugares. Por ejemplo, la fijación del precio de un bien determinado es función del precio de ese mismo bien en la tienda más próxima, ya que si en dicha tienda el precio es menor los clientes comprarán sólo en dicha tienda, viéndose reducidos los beneficios de la primera. Por lo tanto un cambio en el precio en cualquiera de las dos tiendas, obligara a la otra a efectuar el mismo cambio para poder seguir compitiendo. Esto es lo que se denomina un proceso de interacción.

El último tipo de procesos es el de dispersión o derramamiento. Este mecanismo se diferencia del de difusión en que no es un atributo el que se dispersa entre un grupo fijo de población, sino que es la propia población la que se dispersa, y la estructura espacial resultante depende de la naturaleza de la dispersión. Procesos de este tipo pueden ser la dispersión de semillas de una planta, la emigración de la fuerza laboral buscando unas condiciones de empleo mejores, produciéndose una dispersión o una reestructuración de la propia población.

Las teorías de interacción espacial, los procesos de difusión, y las jerarquías espaciales aconsejan la utilización de modelos formales para estructurar la dependencia entre los fenómenos en diferentes localizaciones. Como resultado, lo que se observa en un punto viene determinado en parte por lo que ocurre en cualquier otro punto del sistema. Es decir,

$$Y_i = F (Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n)$$

A primera vista, la dependencia espacial puede considerarse parecida a la dependencia serial encontrada en modelos temporales, pero no puede ser tratada de la misma forma, debido a que en el espacio la dependencia es multidireccional, mientras que en series temporales ésta es unidireccional, por lo tanto la metodología a aplicar ha de ser diferente. Estos problemas han sido ampliamente ignorados en la econometría convencional debido a que ha predominado el énfasis en procesos dinámicos y en análisis de series temporales. Ni siquiera en los métodos desarrollados recientemente de datos de panel, es tomada en cuenta esta dependencia, ya que se centran en la dependencia temporal, y no en la espacial.

Antes de abordar el segundo tipo de efectos espaciales o heterogeneidad, es importante señalar la existencia de dos enfoques distintos para modelizar la dependencia espacial. El primero parte de la teoría y fija a priori una estructura para la dependencia espacial. Esta estructura se incorpora en la especificación formal del modelo y se empieza el análisis estadístico. El segundo enfoque parte de los datos, e intenta inferir una forma apropiada para la dependencia utilizando una serie de indicadores, tales como la autocorrelación, y los estadísticos de correlación cruzada. Nosotros en este trabajo nos centraremos en el primer enfoque, dejando de un lado el segundo, debido a que el segundo enfoque es un enfoque inductivo que no da cabida alguna a la teoría económica, además de no disponer del software necesario para poder realizar las estimaciones.

5.2) HETEROGENEIDAD ESPACIAL

Al igual que en el caso de la dependencia espacial, el fenómeno de la heterogeneidad espacial viene provocado por dos fuentes, la realidad y los datos espaciales.

Por lo que se refiere a la realidad, nos encontramos con que las unidades espaciales difieren en cuanto a la dotación de recursos. Así, existen regiones ricas con una renta per cápita alta, y regiones pobres con una renta per cápita inferior. Las unidades espaciales tampoco son homogéneas en cuanto a tamaño, ni en cuanto a concentración de recursos, por lo que determinados fenómenos afectan con distinta intensidad a unas provincias que a otras, provocando la existencia de valores anormales o valores muy distintos entre las provincias, lo cual provoca la aparición de la heterocedasticidad.

Los fenómenos a los que nos referimos son procesos acumulativos relacionados directamente con el concepto de espacio. Aunque en capítulos posteriores profundizaremos en estos procesos, ahora nos limitaremos a nombrarlos y a explicar como son en buena medida los causantes de la heterogeneidad.

Fundamentalmente nos encontramos con tres clases de procesos que operan en localizaciones donde la concentración de recursos es elevada. En primer lugar tenemos las economías externas espaciales, que son ganancias en productividad que aparecen gracias al aprovechamiento común de determinados inputs como resultado de la concentración. En segundo lugar nos encontramos con la existencia del multiplicador del gasto urbano. Dada una concentración de recursos en el espacio, existe un multiplicador que hace que surja un gasto diferencial como consecuencia de dicha concentración de recursos. Por último tenemos un proceso por el cual las empresas por diferentes razones tienden a invertir donde ya lo hicieron en el pasado, esto es lo que conocemos como inercia locacional de la inversión, además existen bienes y servicios locacionales, es decir, bienes que sólo son producidos en determinadas localizaciones que tengan una determinada concentración de recursos.

Estos procesos hacen que aquellos lugares con una alta concentración de recursos, vean incrementada dicha concentración en relación a los que no gozan de una concentración de recursos importante, por lo que la heterogeneidad se va agravando con el tiempo.

Los datos espaciales también son una fuente de heterogeneidad, tanto por el distinto tamaño de las unidades de observación, que provoca la existencia de valores anormales, como por el hecho de la delimitación arbitraria. Esto último se verá más claro con un ejemplo: si tenemos una unidad de observación como la de la figura número 2, en la que la parte sombreada refleja una alta concentración de población, frente a la otra parte en la que solo hay concentración de población en un punto, al hacer la delimitación, nos encontraremos con una heterogeneidad acusada. Los valores de la densidad de población serán muy dispares, ya que en un caso tenemos un gran número de población para un número reducido de kilómetros cuadrados, mientras que en el otro caso la población es muy pequeña en relación al número de kilómetros cuadrados. Estos valores tan dispares son los causantes de la heterocedasticidad, ya que si nos fijamos en la fórmula de la varianza ,

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n}$$

zona A zona B

si las observaciones x_i son muy dispares, al restarle la media m , y elevar al cuadrado, las varianzas no serán ni mucho menos homocedásticas.

Los datos espaciales suelen estar referidos o bien a áreas concretas, o bien a localizaciones puntuales concretas. Un ejemplo de datos referidos a localizaciones puntuales serían los precios de un bien determinado en cada una de las tiendas que lo comercializan.

En cuanto a los datos referidos a áreas, nos encontramos con la necesidad de que las áreas sean pequeñas y uniformes, con el fin de facilitar la confrontación y la utilización de diferentes fuentes, y para evitar en la medida de lo posible la heterogeneidad. Los datos referidos a áreas, provienen de la agregación de unidades de observación primarias, y pueden formar una red regular de punto, o bien un mosaico irregular, que es lo que ocurre en la mayoría de las ocasiones.

La observación de un área puede describir la existencia o no de un determinado atributo en dicha área. Pero también puede ocurrir que las observaciones dependan del área por dos motivos: En primer lugar, que las observaciones se refieran a atributos de las unidades primarias pero que sean medias de todas las unidades primarias existentes en el área, como por ejemplo la tasa de paro, la edad media de los individuos ... y en segundo lugar, puede ocurrir que las observaciones no tengan sentido a nivel de las unidades primarias, como por ejemplo la densidad de población cuando la unidad primaria es una unidad de tierra .

Además, otro aspecto del problema es que los atributos relativos a las unidades de área primarias, también se pueden ver acompañados de atributos que se refieren a relaciones, bien entre distintas unidades primarias, como pueden ser la frecuencia de contacto entre establecimientos, o bien entre distintas áreas, como pueden ser los datos de migración.

Como vemos, muchos atributos dependen del tamaño de la unidad de observación, y por lo tanto si éstas son muy dispares, la heterogeneidad en los datos está servida.

En contraste con el caso de la dependencia espacial, la mayoría de los problemas que acarrea la heterogeneidad espacial pueden ser resueltos por medio de técnicas econométricas convencionales. Concretamente los métodos de parámetros cambiantes, coeficientes aleatorios y de inestabilidad estructural, pueden fácilmente adaptarse para tener en cuenta dichas variaciones en el espacio. Sin embargo, en muchos casos, el conocimiento teórico de la estructura espacial inherente en los datos llevará a procedimientos más eficientes.

El ignorar cualquiera de estos aspectos de heterogeneidad tiene consecuencias conocidas para la validez estadística del modelo: estimación sesgada de los parámetros, niveles de significación erróneos, y predicciones subóptimas .

Aunque como hemos dicho, los problemas derivados de la existencia de heterogeneidad pueden ser resueltos por la econometría convencional, la compleja interacción que resulta entre la estructura espacial y los flujos espaciales, pueden generar dependencia en combinación con heterogeneidad. En una situación de este tipo, el diferenciar una de la otra es tarea imposible, y es necesario por tanto la utilización de técnicas y modelos específicamente espaciales.

6) PROBLEMAS QUE PUEDEN APARECER EN LA ESTIMACIÓN DE UN MODELO GENERAL LINEAL CUANDO UTILIZAMOS MCO:

Este tipo de problemas abarca tanto aquellos que surgen debido al incumplimiento de determinados supuestos, como aquellos que provienen de la naturaleza de los datos espaciales, estos últimos ya han sido tratados en apartados anteriores, por lo que en esta sección solamente nos referiremos a los problemas relacionados con el incumplimiento de los supuestos.

Cuando utilizamos la técnica de estimación de mínimos cuadrados ordinarios con datos transversales nos encontramos con la violación de determinados supuestos necesarios para la utilización correcta de dicha técnica de estimación; dichos supuestos están relacionados con la naturaleza de los residuos, a saber:

1) Residuos no normales.

Cada vez con mayor frecuencia ocurre que las variables no siguen una distribución normal, por lo tanto los residuos tampoco seguirán una distribución normal. La consecuencia de los residuos no sigan una distribución normal es que invalida la utilización de los procedimientos de inferencia que utilizan como base los test de la distribución F de Suedecker

Para comprobar la existencia de residuos no distribuidos normalmente, se pueden utilizar una variedad de test, como por ejemplo el denominado test de Shapiro-Wilks, el test de Wald...

Para intentar remediar el problema realizaremos transformaciones del tipo Box-Cox, o utilizaremos un modelo distinto.

Este es un problema, que por si solo, puede tener una solución dentro de las técnicas de estimación utilizadas por la econometría convencional, ya que mediante las transformaciones pertinentes, podemos lograr que los residuos sigan una distribución normal.

2) Heterocedasticidad en los residuos

Al igual que con el caso de la normalidad, si los residuos no tienen varianza constante, las variables tampoco serán homocedasticas.

La existencia de heterocedasticidad puede deberse al proceso espacial al que nos referimos con anterioridad bajo el nombre de heterogeneidad y a la utilización de datos espaciales que como dijimos anteriormente, también provocan heterocedasticidad.

Ante la presencia de heterocedasticidad la estimación de la varianza de los errores estará sesgada y por tanto los procedimientos de inferencia serán inválidos.

Para verificar la existencia de heterocedasticidad disponemos de una serie de test como el de Breusch-Pagan, el de White ... etc, además de la representación gráfica de los residuos con la variable dependiente por un lado y con las variables explicativas por otro para dilucidar cual o cuales variables son las causantes de la heterocedasticidad.

Las transformaciones necesarias para evitar la heterocedasticidad son las habituales también dentro de la econometría convencional, es decir, extraer el logaritmo neperiano a las variables, sacarlas la raíz cuadrada, dividir las por alguna variable externa al modelo que suavice la heterogeneidad como puede ser el tamaño, la densidad de población.

3) Residuos no independientes

La consecuencia de enfrentarnos a unos residuos que no son independientes invalida la mayoría de los procedimientos usuales de inferencia, y subestima el valor de la varianza en la regresión. Además de arrojar un ajuste mayor del verdadero, téngase en cuenta que las observaciones dejan de estar igualmente distribuidas. En concreto, nos encontramos con que las propiedades de distribución de varios test paramétricos para detectar la existencia de heterocedasticidad no son válidas. Ello se debe a la utilización de las características de las formas cuadráticas de las distribuciones normales con residuos independientes, como base para obtener la distribución asintótica de muchos de los estadísticos que se utilizan para realizar los test.

Para detectar la presencia de errores no distribuidos de manera independiente, se suelen utilizar determinados gráficos de residuos, además de determinados test como por ejemplo el test de Moran para series espaciales.

Cuando utilizamos un modelo en el que la dependencia espacial no es tenida en cuenta de una manera explícita, o cuando por el contrario, si es tenida en cuenta una estructura espacial, pero no la correcta,

nos encontramos, que al hacer la regresión, los residuos estarán autocorrelacionados, es decir habrá una relación sistemática entre ellos debido a la no inclusión de la componente espacial en el modelo.

Existen determinados estadísticos dentro de la econometría espacial para detectar la dependencia en los datos espaciales. Los más conocidos son la I de Moran, y la C de Geary; son estadísticos básicamente descriptivos, para cualquier conjunto de datos que estén ordenados en una secuencia, porque proveen una información básica sobre el orden de los datos que no esta disponible en otras medidas descriptivas como la media y la varianza . Para detectar la presencia de autocorrelación o dependencia en los residuos, existen dentro de cada modelo test específicos distintos de los que se utilizan para medir la dependencia entre las variables. Aunque con posterioridad desarrollaremos estos test hay que tener bien clara la distinción entre la autocorrelación en las variables, y la autocorrelación en los residuos. Para detectar la primera, utilizamos estadísticos como la I de Moran y la C de Geary , mientras que para detectar la dependencia en los residuos utilizaremos test de hipótesis basados en el principio del Multiplicador de Lagrange, tales como el test LM en un modelo de variables autorregresivas, o el de Common Factor Hypothesis. Estos test lo que hacen es comprobar si ha sido eliminada la dependencia espacial en los residuos gracias a la utilización de un modelo específicamente espacial.

Los estadísticos I de Moran y C de Geary están formados por los mismos componentes que definen cualquier estadístico de correlación, es decir, una medida de covarianza, una medida de variación total como la varianza, y una medida de conexión entre los diferentes lugares donde son tomadas las observaciones. Utilizando diferentes medidas de covarianza obtenemos distintos estadísticos.

Los estadísticos de autocorrelación espacial permiten medir la interdependencia en una distribución espacial, así como el uso de métodos estadísticos formales para realizar determinados tests de hipótesis de interdependencia espacial .

La distribución de estos estadísticos es asintóticamente normal, por lo que solamente se pueden utilizar para tamaños muestrales grandes, ya que con muestras pequeñas puede que la distribución del estadístico no sea normal, por lo que no vamos a poder utilizar determinados test que requieren normalidad.

Los datos espaciales tienen la propiedad de poder ser representados en un mapa. Esto nos permite a su vez poder representar los valores de los residuos en un mapa para observar si existe algún tipo de autocorrelación. La autocorrelación de residuos puede ser positiva o negativa. La autocorrelación geográfica positiva consiste en que los valores de los residuos son parecidos para un conjunto de unidades de observación que son vecinas en el espacio, mientras que la autocorrelación negativa aparece cuando valores altos de los residuos se encuentran junto a valores bajos de los mismos. Si observamos el gráfico de la figura 3 entenderemos mejor el concepto.

Autocorrelación + Autocorrelación -

Cuando nos encontremos con una violación de este supuesto tenemos que utilizar una iteración de mínimos cuadrados generalizados si se trata de autocorrelación serial, o un modelo espacial, si la dependencia viene motivada por motivos espaciales, como vimos en apartados anteriores. Posteriormente realizaremos una tipología de los modelos espaciales que hemos de utilizar cuando este supuesto de independencia se ve violado.

4) No linealidad en la forma funcional:

Si no existe linealidad entre las variables explicativas y los parámetros desconocidos del modelo, nos encontramos con un ajuste muy pobre, con unos resultados carentes de sentido alguno, además de la existencia de residuos no distribuidos independientemente.

La manera de comprobar si nos encontramos ante una situación de estas características es representar gráficamente la variable dependiente con las variables explicativas, y observar si la relación es lineal o no.

La solución a un problema de este tipo pasa por realizar transformaciones algebraicas como por ejemplo extraer la raíz cuadrada o el logarítmico neperiano de determinadas variables, que consigan linealizar el modelo .

En resumen, los procesos espaciales de dependencia y heterogeneidad espacial, incumplen generalmente una serie de supuestos necesarios para la utilización de la econometría convencional, y en particular de los mínimos cuadrados ordinarios. Algunos de ellos tienen solución dentro del propio campo de la econometría convencional, pero en otros es necesaria la utilización de técnicas y modelos que caen fuera del ámbito de la econometría convencional.

En concreto, nos encontramos con que el fenómeno de la dependencia espacial provoca una autocorrelación geográfica que si no es tenida en cuenta de forma explícita y correcta en el modelo, desemboca en una autocorrelación de los residuos al realizar la regresión. Por otro lado, la delimitación arbitraria de las unidades espaciales de observación también acarrea problemas de heterocedasticidad y de autocorrelación de los residuos.

Si además tenemos en cuenta que los datos espaciales se ven afectados por una variedad de problemas de medida que como dijimos con anterioridad provocan heterogeneidad y dependencia espacial, nos encontramos ante la necesidad de utilizar modelos y técnicas de estimación específicamente espaciales.

7) LA EXPRESIÓN FORMAL DE LOS EFECTOS ESPACIALES:

El objetivo de esta sección es presentar las principales herramientas que podemos utilizar para incorporar los efectos espaciales en el análisis econométrico. Fundamentalmente son de dos clases: los operadores de desfase espacial y las matrices de ponderación espacial.

Uno de los temas cruciales en la econometría espacial es el problema de expresar formalmente el modo en que la estructura de la dependencia espacial es incorporada al modelo. En contraste con lo que ocurre en series temporales, donde la noción de una variable con retraso está perfectamente clara, por ejemplo, el desfase de la variable renta per cápita, sería la renta per cápita en un año anterior al del estudio, en el caso espacial, las cosas no son tan fáciles, no solo por la arbitrariedad que conlleva la elección de la dirección del desfase espacial, por ejemplo en la dirección norte-sur, sino que además habría que limitar

el orden de contigüidad que elegimos, es decir, tomamos en consideración la provincia inmediatamente al norte (sur), o también consideramos la que está al norte (sur) de ésta. Es decir, en este caso tendríamos que elegir entre una contigüidad de primer o de segundo orden.

1) Operadores de desfase espacial:

El objetivo último en la especificación de un modelo econométrico espacial, es el de relacionar una variable en un punto del espacio, con los valores observados de esa variable en otros puntos del mismo. En un contexto de series temporales, esto se consigue mediante el uso de operadores de desfase, que lo que hacen es retrasar la variable uno o más periodos en el tiempo. En el espacio, las cosas no son tan fáciles, porque como hemos señalado anteriormente, el desplazamiento de la variable puede tener lugar en muchas direcciones. Por este motivo se debe utilizar una matriz de ponderación espacial. En la mayoría de los casos, no existen fuertes motivaciones a priori, que determinen la elección de la dirección de la dependencia. Este problema se agrava cuando la disposición en el espacio de las unidades espaciales es irregular, debido a que aparecen un número infinito de direcciones en las que se puede realizar la traslación. A menos que el conjunto de datos sea muy amplio, y esté estructurado de una forma regular, los grados de libertad serán insuficientes para permitir una estimación eficiente de los parámetros.

Por lo tanto cuando tratemos con conjuntos de datos espaciales no es un procedimiento adecuado el uso de operadores de desfase espacial, sino que es más conveniente la utilización de matrices, ya que permiten relacionar puntos del espacio con varias localizaciones distintas, sin tener que preocuparnos a priori en la elección de la dirección de la dependencia espacial.

2) Matrices de contigüidad espacial

La noción de dependencia espacial implica la necesidad de determinar qué unidades dentro del sistema espacial tienen una influencia sobre la unidad particular que estamos estudiando. Esto puede quedar recogido mediante el concepto de vecindad.

Las medidas originales de dependencia espacial desarrolladas por Moran (1948) y Geary (1954) estaban basadas en las nociones de contigüidad binaria entre unidades espaciales.

Formaron una matriz cuyos elementos eran ceros y unos, queriendo reflejar con los unos que la unidad espacial a la que le correspondía aquella fila y la unidad espacial a la que le correspondía la columna tenían algún tramo de frontera en común, mientras que los elementos ceros significaban que no tenían ningún tramo de frontera en común.

Esta definición de contigüidad naturalmente asume la existencia de un mapa, a partir del cual se pueda discernir la existencia o no de fronteras. Si las distintas unidades espaciales son irregulares, esta matriz se puede obtener de manera directa, sin embargo no diferencia aquellas unidades que tienen una frontera en común muy amplia de las que apenas tienen un borde en común.

Cuando las unidades espaciales son puntos y no áreas, como pueden ser las ciudades en una jerarquía urbana, el significado de la contigüidad puede transformarse en la noción de distancia, en este caso

estableceríamos un umbral de distancia a partir del cual consideraríamos a dos unidades espaciales como contiguas, asignándolas por tanto un uno.

De una manera similar podemos obtener las matrices de un orden de contigüidad superior, prestando atención a la doble imputación de los trazos, problema que se analizará en el apartado número cuatro.

Como carece de sentido el que una unidad espacial sea contigua a ella misma, por convención, los elementos de la diagonal principal de la matriz son ceros.

La contigüidad simple solamente proporciona una representación limitada, de hasta que punto la interacción espacial puede expresarse en un modelo. Además no es sensible a un número de transformaciones topológicas en el sentido de que la misma matriz de contigüidad puede representar aspectos muy diferentes de las unidades espaciales.

3) Matrices generales de ponderación espacial

El concepto de contigüidad binaria, fue extendido por Cliff y Ord (1973, 1981) para incluir una medida general de la interacción potencial entre dos unidades espaciales. La especificación correcta de los elementos de esta matriz es uno de los temas metodológicos más difíciles y discutidos en econometría espacial.

La sugerencia inicial de Cliff y Ord consiste en la utilización de una combinación de medidas de distancia (inversa de la distancia, una función exponencial negativa de la distancia ...) y la longitud relativa de la frontera que tienen en común dos unidades espaciales en relación a la longitud de frontera que tiene una unidad espacial con el resto de unidades de su alrededor. Los elementos resultantes serán por tanto asimétricos, a menos que ambas unidades espaciales tengan la misma longitud de frontera.

Formalmente:

$$W_{ij} = (d_{ij})^{-a} \cdot (b_{ij})^b$$

siendo d_{ij} la distancia entre la unidad espacial i y la j , b_{ij} la proporción de frontera interior de la unidad i que está en contacto con la unidad j , siendo a y b los parámetros.

En la misma línea, Dacey (1968) sugirió que los elementos de esta matriz de ponderación espacial, también tuvieran en cuenta el área relativa de las unidades espaciales

$$W_{ij} = d_{ij}^{-a} \cdot b_{ij}$$

con d_{ij} como un factor de contigüidad binaria, a_{ij} como el área de la unidad y en relación con el área total de todas las unidades espaciales, y b_{ij} la medida de la frontera utilizada en el caso anterior.

Ambas medidas están muy relacionadas con las características físicas sobre un mapa de las unidades espaciales. Al igual que con las medidas de contigüidad binaria, estas medidas son poco útiles cuando las unidades espaciales son puntos en lugar de áreas, también son menos significativas cuando la interacción espacial del fenómeno bajo consideración viene determinada por factores puramente económicos, que poco tengan que ver con la configuración espacial de las fronteras en un mapa físico.

Como consecuencia algunos autores han sugerido el uso de matrices que tengan una relación directa con el fenómeno que se pretende explicar. Por ejemplo, Bodson y Peeters (1975) introdujeron una matriz de accesibilidad general (con elementos calibrados entre cero y uno) que combina en una función logística la influencia de diversos canales de comunicación entre regiones , como pueden ser las carreteras , las líneas ferroviarias, y otros nexos de comunicación.

Formalmente:

$$W_{ij} = \frac{K_{ij} \cdot a_{ij}}{[1 + b \cdot \exp(-c_j d_{ij})]}$$

donde K_{ij} muestra la importancia relativa del medio de comunicación j . El sumatorio se realiza sobre los j medios de comunicación que existen entre dos unidades espaciales separadas por una distancia d_{ij} . Los valores a , b y c_j son parámetros que han de ser estimados.

En la mayoría de los trabajos aplicados, la matriz de ponderación está basada en alguna combinación de relaciones de distancia, y de contigüidad simple.

Un problema importante surge del hecho de incorporar parámetros en los elementos de la matriz de ponderación espacial. Normalmente los parámetros son determinados a priori, sin que tengan relación alguna con el análisis espacial. Esto crea problemas en la estimación e interpretación de los resultados. En particular, nos puede conducir a establecer relaciones falsas, debido a que la validez de las estimaciones estará condicionada por el hecho de que la estructura espacial esté correctamente reflejada en los elementos de la matriz.

En definitiva, no existe un acuerdo unánime acerca de que matriz de ponderación espacial escoger para el análisis econométrico. Arora y Brown (1977) y Hordijk (1979) sugieren el uso de matrices neutrales, cuando modelizan espacialmente los residuos. Ellos identifican neutral con contigüidad binaria. Sin embargo Hordijk (1979) se inclina por el uso de matrices de ponderación generales donde los elementos han de venir determinados a priori, en la especificación funcional de modelos econométricos espaciales.

En Anselin (1980, 1984) se argumenta que la estructura de la dependencia espacial incorporada en la matriz de ponderación espacial deberá de elegirse de manera juiciosa, y ha de estar relacionada con los conceptos generales de la teoría de la interacción espacial . En la línea de construir un modelo econométrico espacial, la matriz de ponderación debe tener una relación directa con alguna conceptualización teórica de la estructura de dependencia, más que describir un patrón espacial a priori.

Cuando la matriz es usada para realizar un test de hipótesis, este requerimiento es menos estricto, ya que lo que se intenta comprobar es la existencia o no de dependencia espacial, y no determinar qué tipo de dependencia existe. Aunque la potencia del test se verá afectado, la importancia de una buena elección de la matriz no es tan importante como en el caso de la especificación funcional de un modelo.

4) El problema de la circularidad y redundancia en los operadores de desfase espacial

Al igual que ocurre en el análisis de series temporales, el concepto de operador de desfase espacial puede ser extendido a órdenes superiores. Sin embargo en el caso espacial los órdenes superiores se refieren a diferentes clases de contigüidad. Este concepto sólo tiene un significado preciso para matrices binarias de contigüidad.

Como se señaló con anterioridad, la matriz de contigüidad puede interpretarse como una representación de una estructura de relaciones dentro de una red. Por ejemplo, una matriz de contigüidad de primer orden muestra todos los trazos de longitud uno que existen en el gráfico. Una matriz de contigüidad de orden superior, mostraría todos los trazos de longitud superior a uno. Podríamos así construir una matriz de contigüidad de segundo orden con todos los trazos de longitud inferior a dos, a tres, a cuatro...

El problema con este procedimiento, es que pueden aparecer rutas circulares o trazos redundantes, es decir, en las matrices de órdenes superiores, están incluidos los trazos de las matrices de orden inferior. También aparecen problemas de doble contabilidad, que causan problemas en la estimación y en la inferencia. Para solucionar este problema se deben eliminar los trazos ya contabilizados en matrices de orden inferior. Esta es una de las mejoras incluidas en la nueva versión del paquete informático con el que vamos a trabajar.

En contraste con el caso de contigüidad binaria, cuando tratamos con matrices generales de ponderación espacial, no tiene sentido el utilizar matrices de orden superior. Así consideramos una matriz que recoja el flujo de migraciones interprovinciales, no tiene ningún sentido el modelizar aquellas migraciones que van de la provincia A a la provincia B, pero pasando por la provincia C.

5) Algunas propiedades de las matrices de ponderación espacial

Cuando nos encontramos ante un caso de superficies regulares cuadradas en un plano de dimensiones finitas o infinitas, la geometría del problema permite muchos resultados simplificadoros. Consecuentemente, la estructura de la conectabilidad espacial se entiende perfectamente y puede ser resumida en elegantes términos matemáticos. Desafortunadamente la realidad no goza de estas características sino que por el contrario el investigador suele encontrarse con unidades espaciales irregulares. En estos casos todavía no se conocen resultados definitivos.

Este tema fue primeramente tratado en la literatura geográfica, donde el análisis se limita a matrices de contigüidad binaria. Los factores que normalmente se usan para caracterizar el espacio, son el tamaño, el número medio de relaciones por unidad espacial, y el autovalor principal de la matriz de contigüidad

binaria. Este último, según numerosos autores recoge muchas características de la estructura espacial de la red.

En el caso más interesante de las matrices generales de ponderación espacial, los investigadores no han avanzado lo suficiente, pero las ideas giran en torno a la posibilidad de obtener una matriz de ponderación espacial utilizando los modelos input-output.

La matriz de ponderación espacial que utilizemos en un modelo espacial suele estar estandarizada, de tal manera, que las filas de elementos sume la unidad. Aunque no hay ninguna razón matemática o estadística para esto, en muchas ocasiones facilita la interpretación de los coeficientes del modelo. No obstante no siempre ocurre de esta manera, porque muchas veces la matriz estandarizada no es simétrica, lo cual hace más complejas las estimaciones y los procedimientos de los test. Por lo tanto la estandarización de la matriz no debe llevarse a cabo de forma automática. De hecho, cuando los elementos de la matriz están basados en una función inversa de distancia, lo cual tiene interpretación económica, el estandarizar por filas puede provocar la pérdida de dicha interpretación.

BIBLIOGRAFÍA:

- Anselin Luc, (1988). *Spatial econometrics*, Kluwer Ac., Dordrecht

Anne C. Case, (1991). "Spatial patterns in household demand" . *Econometrica* vol. 59.

Anselin Luc (1994). *SpaceStat TUTORIAL. A workbook for using SpaceStat in the analysis of spatial data*. Regional Research Institute, West Virginia University.

Anselin Luc (1996) *SpaceStat VERSION 1.80 User's guide*, Regional Research Institute, West Virginia.

Anselin Luc and Daniel A. Griffith, (1988). " Do spatial effects really matters in regresion analisis ?" *Papers of the Regional Science Association* vol 65, pp 11-34.

Anselin Luc and Sheri Hudak, (1992). "Spatial econometrics in practice, a review of software options." *Regional Science and Urban Economics* 22 pp 509-536.

Anselin Luc, Anil K Bera, Raymond Florax and Mann J Joon, (1996). "Simple diagnostic test for spatial dependence." *Regional Science and Urban Economics* 26 pp 77-104.

Anselin Luc, Anil K. Bera, Raymon Florax and Mann J. Yoon, (1996). "Simple diagnostic tests for spatial dependence." *Regional Science and Urban Economics* 26. pp77-104.

Anselin, L., (1980), "Estimation methods for spatial autorregresive structures." *Regional Science Dissertation and Monographs series 8*. (Cornell University, Ithaca NY.)

Anselin, L., (1984), "Specification tests on the structure of interactions in Spatial Econometrics models." *Papers of Regional Science Association* nº54, pp 165-182.

Anselin, Luc (1992). " Space and applied econometrics" *Regional Science and Urban Economics* 22. pp 307-316.

Anselin, Luc and Oleg Smirnov, (1996). "Efficient algorithms for constructing proper high order spatial lag operators" *Journal of Regional Science*, vol. 36 nº 1 pp 67-89.

Arora and Brown (1977), "Alternative approaches to spatial autocorrelation: An improvement over current practice" *International Regional Science Review* nº2. Pp 67-78.

Bartells Cornelis P.A. William R. Nicol and Jacob J. Van Duijn, (1982). "Estimating the impact of Regional Policy : a review of applied research methods." *Regional Science and Urban Economics* 12, pp 3- 41.

Bates D. M. And D.G. Watts, (1988) Non linear regression analysis and its applications. Wiley New York.

Bodson and Peeters (1975), "Estimation of the coefficients of a linear regression in the presence of spatial autocorrelation: an application to a Belgium labour demand function." *Environment and Planning A* 7, pp 455-472.

Bolduc Denis, Richard Laferriere, and Gino Santarossa (1992). " Spatial autorregressive error components in travel flow models." *Regional Science and Urban Economics* 22 pp 371-385.

Cliff and Ord (1972), "Testing for spatial autocorrelation among regression residuals." *Geographical Analysis* nº4, pp 267-284.

Cliff and Ord, (1973), Spatial autocorrelation. Pion . Londres.

Cliff and Ord, (1981) Spatial processes, models and applications, Pion , Londres.

Crihfield B. John and Martin P. H. Panggabean. (1996). "The long-run economic impacts of federal, state, and local fiscal policies in metropolitan areas." *Journal of Regional Science*, vol 36, nº2.

Eric J. Heikkila and Chrisoula Kantiotou, (1992). " Calculating fiscal impacts where spatial effects are present". *Regional Science and Urban Economics* 22, pp 475-490.

Florax Raymond and Henk Folmer,(1992). " Specification and estimation of spatial linear regression models". *Regional Science and Urban Economics* 22, pp 405-432.

Folmer Henk and Peter Nijkamp (1985). "Methodological aspects of impact analysis of regional economic policy." *Papers of the regional Science Association* vol. 57.

Geary, R., (1954), "The contiguity ratio and statistical mapping" *The incorporated Statistician* 5, pp 115-145.

Getis Arthur, (1990). "Screening for spatial dependence in regression analysis." *Papers of Regional Science Association* vol 69.

Griffith Daniel A, (1992). "A spatially adjusted N- way ANOVA model" *Regional Science and Urban Economics* 22, pp 347-369.

Haining R. (1990) . Spatial data analysis in the social and environment sciences, Cambridge, Cambridge.

Hall R and Lillen D. (1988). Micro TSP , User´s manual, version 6.0 , Quantitative Micro software, Irvine , California.

Heikkila J. Eric and Steven G. Craig. (1991). "Nested fiscal impact measures using the new theory of local public goods." *Journal of Regional Science* vol 31, nº1.

Hordijk, L., (1979), "Problems in stimating econometric relation in space." *Papers of Regional Science Association* nº42, pp 99-115.

Isserman M. Andrew and John Merrifield (1982). "The use of control groups in evaluating regional economic policy." *Regional Science and Urban economics* 12 pp 43-58.

Kelejian H. And Robinson D. ,(1993). " A suggested method of estimation for spatial autocorrelated errors." *Papers in Regional Science* nº 72.

Kelejian H. Harry and Dennis P. Robinson, (1992). "Spatial autocorrelation" *Regional Science and Urban Economics* 22. Pp 317-331.

Koutsoyiannis A. (1973). Theory of Econometrics. Macmillan London.

Molho Ian, (1995). "Spatial autocorrelation in British unemployment". *Journal of Regional Science* 35 nº4, pp 641-658.

Moran , P., (1948), " The interpretation of statistical maps" *Journal of the Royal Statistical Society* 10B, pp 243-251.

Nass Clifford, and David Garfinkle, (1992). "Localized autocorrelation diagnostic statistics (LADS) for spatial models." *Regional Science and Urban Economics* 22 pp336-346.

Odland John, (1988). Spatial autocorrelation. Sage Pub. London.

Tobler`s (1979), Cellular Geography. In S. Gale & G. Olson (Eds.) Philosophy in Geography. Pp 389-386. Dordrecht: D. Reidel

Upton G., and Fingleton B. (1985). Spatial data analisys by example, Wiley , New York..