



Alternativas para la valoración de inmuebles urbanos

Revista Publicando, 4 No 11. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

Alternativas para la valoración de inmuebles urbanos

Francisco José Rey-Carmona¹, Julia M. Núñez-Tabales²

1 Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, de la Universidad de Córdoba (España), td1recaf@uco.es

2 Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, de la Universidad de Córdoba (España), es2nutaj@uco.es

RESUMEN

La complejidad del mercado inmobiliario ha favorecido la aparición y el desarrollo de metodologías alternativas a las habitualmente empleadas en la valoración de inmuebles. De este modo, frente a los métodos tradicionales han surgido otros más avanzados. El objetivo del presente estudio es efectuar una recopilación exhaustiva de las distintas metodologías alternativas existentes para la valoración de inmuebles urbanos, desarrollando los fundamentos básicos en los que las mismas se sustentan.

En este trabajo se analizan nueve métodos de valoración avanzados. Estos métodos han sido clasificados en tres grupos: Metodología de Precios Hedónicos, Inteligencia Artificial y Otros métodos avanzados. De entre todos ellos, dos destacan por su amplia aplicación en la valoración inmobiliaria. Se trata de la Metodología de Precios Hedónicos y las Redes Neuronales Artificiales. Existen numerosos estudios comparativos, la mayor parte de los cuales apoyan el empleo de Redes Neuronales, si bien no en todos los casos es posible afirmar que las redes neuronales superan en eficiencia a las técnicas estadísticas tradicionales, ya que existen investigaciones que en distintos escenarios obtienen diferentes resultados. Todo esto permite concluir que ningún método es a priori mejor que el otro, siendo lo más apropiado aplicar en cada caso concreto la solución más idónea.

Palabras claves: Valoración inmobiliaria; métodos avanzados; precios hedónicos; redes neuronales.



Alternatives in the valuation of urban real estate

ABSTRACT

The complexity of the real estate market has favoured the emergence and development of alternative methodologies to the commonly used in the valuation of real estate. Therefore, compared to the traditional methods have emerged other methods more advanced. The objective of this study is to conduct an extensive collection of the different existing alternative methodologies for the valuation of urban real estate, developing the basic fundamentals in which they are supported.

In this paper nine advanced valuation methods are analyzed. These methods have been classified into three groups: Hedonic Prices Methodology, artificial intelligence and other advanced methods. From among the various advanced methods, two stand out by its wide application in the assessment of real estate. They are the Hedonic Prices Methodology and Artificial Neural Networks. There are many comparative studies, most of them support the use of neural networks, although not in all cases it can be said that neural networks surpass in efficiency to traditional statistical techniques, because there are researches in different scenarios which obtained different results. This allows us to conclude that no method is better than the other a priori, being the most appropriate to apply the best solution in each case.

Keywords: Real estate appraisal; advanced methods; Hedonic Prices; Neural Networks.



1. INTRODUCCIÓN

La valoración ha acompañado al ser humano a lo largo de su historia. Desde que el ser humano habita la tierra, los distintos pueblos y civilizaciones han procedido a intercambiar bienes en función del valor que cada uno otorgaba a los mismos. La valoración como ciencia tiene su origen en la valoración de la tierra. Los primeros indicios de su aplicación datan del año 3.000 a. C., en Egipto (Guadalajara, 2014). A pesar de que con el tiempo la ciencia de la valoración se hizo extensiva a otros tipos de bienes, sigue siendo la valoración inmobiliaria la que está más presente en la vida cotidiana puesto que afecta multitud de situaciones como, por ejemplo, el pago de impuestos, la adquisición de una vivienda, la solicitud de un préstamo hipotecario, etc. Desde la perspectiva de la Administración Pública, la valoración de inmuebles también es de trascendental importancia, dado que una parte considerable del sistema tributario tiene su base en los distintos gravámenes que recaen sobre bienes inmuebles.

En la actualidad, la valoración inmobiliaria se configura como una actividad multidisciplinar que mediante el empleo de diferentes técnicas y metodologías de estudio tiene por objeto establecer el valor real de un producto inmobiliario. Los métodos de valoración de inmuebles urbanos tradicionales son aquellos que se basan fundamentalmente en el criterio de un experto (Gallego, 2008). Estos métodos poseen una gran aceptación por parte de particulares, empresas, instituciones, tribunales, etc., debido tanto a su exactitud y precisión como a que, en buena medida, han sido los únicos que se han venido utilizando hasta fechas relativamente recientes. Sin embargo, también adolecen de una serie de inconvenientes entre los que cabe destacar su alto componente de subjetividad y la baja producción de valores.

Como alternativa a este tipo de métodos surgieron unos métodos de valoración automatizada, poseedores de unas características significativamente diferentes a los tradicionales y que encuentra su fundamentación en la utilización de técnicas matemáticas para la estimación del valor, mediante la construcción de modelos.

El objetivo del presente estudio es efectuar una recopilación de las distintas metodologías alternativas existentes para la valoración de inmuebles urbanos, desarrollando los fundamentos básicos en los que las mismas se sustentan.



2. DISTINTAS CLASIFICACIONES DE LOS MÉTODOS DE VALORACIÓN

Son varios los estudios que han tratado de efectuar una clasificación de la diversidad de métodos existentes para la valoración de un inmueble. Especialmente relevante resulta la propuesta de Pagourtzi (2003), en la que se clasifican los métodos en dos categorías: métodos tradicionales y métodos avanzados. Los primeros coinciden básicamente con los métodos técnicos de valoración, aunque se permite incluir entre los mismos alguna técnica matemática clásica como el análisis de regresión. Entre los métodos avanzados incluye a las redes neuronales artificiales, al método de precios hedónicos, a los métodos de análisis espacial, a la lógica difusa y a las técnicas Box-Jenkins -Autoregressive integrated moving average (ARIMA)-.

Por otra parte, hay que considerar las clasificaciones metodológicas efectuadas por Gallego (2008) y Aznar et al. (2012). El primero también realiza una distinción entre los métodos de valoración tradicionales y los métodos de valoración avanzada. Por su parte, Aznar et al. (2012) plantean una clasificación de los métodos de valoración realizada a partir de los recogidos en las Normas Internacionales de Valoración, a los que añaden los denominados métodos multicriterio, así como distintos métodos previstos para la valoración de activos y recursos ambientales.

En un intento de aunar las posibles clasificaciones, resulta posible agrupar los distintos métodos de valoración de inmuebles en dos grupos, diferenciando entre métodos técnicos y métodos avanzados (véase Tabla 1).

TABLA 1 CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE VALORACIÓN

GRUPO	MÉTODO
TÉCNICOS	<ul style="list-style-type: none">• Coste• Comparación con el mercado• Actualización de rentas• Residual<ul style="list-style-type: none">- Estático- Dinámico



AVANZADOS	<ul style="list-style-type: none">• Precios Hedónicos• Inteligencia Artificial (Redes Neuronales Artificiales, Lógica difusa, Sistemas Expertos y Algoritmos Genéticos)• Análisis Espacial• K-Vecinos• Basados en la Teoría de decisión multicriterio• Técnicas Box-Jenkins (Modelos ARIMA)
------------------	--

Fuente: Elaboración propia

3. MÉTODOS TÉCNICOS DE VALORACIÓN

Aunque existen diversas asociaciones internacionales que han elaborado normas de valoración, siendo especialmente relevantes las Normas Internacionales de Valoración (NIV) y Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) (Guadalajara, 2014), cada país establece de forma autónoma los métodos a adoptar para cada tipo de valoración inmobiliaria. Concretamente en España, la Orden ECO 805/2003, de 27 de marzo, sobre normas de valoración de bienes inmuebles y de determinados derechos para ciertas finalidades financieras, desarrolla los métodos a seguir para obtener el valor de tasación, en función del tipo de inmueble, de las características de su mercado, del régimen de propiedad y tenencia y de sus posibilidades en el mercado inmobiliario. Esta normativa es de obligado cumplimiento en las valoraciones de garantía. No obstante, por extensión, son utilizadas habitualmente además por los tasadores inmobiliarios para valoraciones de inmuebles urbanos con otro tipo de finalidades, por lo que su aplicación práctica se extiende también a la mayor parte de las finalidades restantes. La Orden desarrolla los que denomina métodos técnicos de valoración los cuales vienen a coincidir con los recogidos por las Normas Europeas de Valoración. Los métodos previstos en la citada orden son los siguientes:

- 1) Método del coste.
- 2) Método de comparación.
- 3) Método de actualización de rentas.
- 4) Método residual.

4. MÉTODOS AVANZADOS DE VALORACIÓN

Esta denominación ha sido empleada por diversos autores (Pagourtzi, 2003; Selim, 2009; Kusan et al., 2010) para referirse a una serie de métodos que presentan unas características



significativamente diferentes a las que poseen los métodos tradicionales o técnicos, basadas en el uso de técnicas matemáticas para la estimación del valor, mediante un procedimiento sistemático que las revisten de un carácter más científico y, por tanto, más objetivo (Gallego, 2008).

Debido a su gran producción de valores, estos métodos tienen gran aplicación práctica, permitiendo incluso la realización de valoraciones masivas del parque inmobiliario de cualquier región o país. Otra posible aplicación de los mismos es su utilización a modo de “calculadora de valores”, de forma que permiten la introducción de datos de un determinado inmueble y como resultado obtener su valor. A continuación, se analizan de forma pormenorizada estos métodos:

4.1. Metodología de Precios Hedónicos (MPH)

Esta metodología resulta de aplicación a multitud de activos que disponen de las características de heterogeneidad. Esto ha permitido que existan en la literatura científica evidencias de su aplicación en una gran diversidad de productos, desde teléfonos móviles hasta vinos, pasando por ordenadores o automóviles, siendo en este último campo en el que se desarrolló el trabajo originario de Court (1939). Pero, sin lugar a dudas, es en el ámbito de la valoración inmobiliaria y especialmente en inmuebles urbanos residenciales donde existe un mayor número de aportaciones.

En relación con los factores determinantes en el precio de un inmueble urbano destaca el de Sirmans et al. (2005) quienes, tras analizar 125 estudios (sobre casas) efectuados en la década 1994-2004, extraen las siguientes conclusiones:

- Cada vivienda posee su propio juego específico de características que determinan su valor, las cuales son valoradas en cada área geográfica de distinta forma. Por ejemplo, un garaje podría ser más valorado en un lugar con clima muy frío, mientras que una piscina podría tener más valor en una zona con clima cálido. Esto hace que los resultados obtenidos para un determinado ámbito geográfico sean difíciles de generalizar a otros lugares, por la variación existente en aspectos climatológicos, sociales y culturales.

- Del mismo modo, cada comprador también puede valorar las características de la vivienda de forma diferente. Así, una determinada propiedad con un juego particular de características puede ser tasada de manera distinta por diversos compradores, lo que complica el proceso de valoración.



- Puesto que cada trabajo define y mide las variables de manera diferente, la comparación de estudios es sumamente complicada.

- Las variables más empleadas son las siguientes:

- La variable más frecuente es la *edad* del inmueble, presentando un signo típicamente negativo, aunque en ocasiones aparece positivo o simplemente como “no importante”.
- En segundo lugar aparece la *superficie*, que siempre posee un signo positivo.
- A continuación se cita el *garaje*, el *tamaño del terreno* y la *chimenea*. Los dos primeros nunca tienen un efecto negativo, mientras que la chimenea sí en determinados trabajos.
- También en otros estudios aparece el *número de dormitorios* (con signo negativo en algunos estudios), el *número de baños* (rara vez con signo negativo), y la *piscina* y el *sótano* (estos últimos nunca con efecto negativo, aunque en muchas ocasiones fueron catalogados como “no importantes”).
- El *ambiente natural*, viene catalogado en muchos casos por la visualización de un lago, mar u océano o simplemente “buena vistas” (siempre con un efecto positivo sobre el precio).
- Entre las variables ambientales por proximidad o ubicación cabe destacar la *ubicación* propiamente dicha medida por barrio, vecindario o Código Postal que tiene un efecto positivo, el índice de *criminalidad* en la zona (efecto en contra), *cercanía a campo de golf* (efecto a favor) y *presencia de árboles* (efecto positivo).
- Asimismo, existen variables ambientales resultantes de los servicios públicos: *distrito escolar*, *presencia de población minoritaria creciente en escuela* (signo en contra) y *acceso a alcantarillado*.
- También se consideran características relacionadas con la *ocupación* y *factores de venta*, tales como condiciones de habitabilidad, estado de conservación, si está o no vacía en el momento de la compra o tiempo en el mercado, así como aspectos relacionados con la *financiación*, como impuestos sobre la propiedad o financiación favorable.

4.2. El campo de la Inteligencia Artificial (IA)

Siguiendo a Martín y Sanz (2006) podría definirse la IA como un conjunto de algoritmos cuyo objetivo es imitar el razonamiento humano a través de una lógica deductiva o manipulación de



símbolos. Por su parte, Pino et al. (2001) señalan una visión parecida destacando que en el seno de la IA, desde distintas perspectivas, se han ido acumulando conocimientos sobre cómo emular las diversas capacidades del ser humano para exhibir comportamientos inteligentes y se han desarrollado sistemas cada vez más perfeccionados que reproducen parcialmente dichas capacidades. Por consiguiente, la IA es un término genérico que engloba técnicas muy diferentes unas de otras, pero que tienen en común esa imitación de procesos inteligentes existentes en la naturaleza humana.

Quedarían vinculadas al ámbito de la IA técnicas como la Lógica Difusa o Borrosa (Fuzzy Logic), los Sistemas Expertos, los Algoritmos Genéticos y las Redes Neuronales Artificiales (RNA).

4.2.1. Lógica Difusa o Borrosa (Fuzzy Logic)

Puede situarse su origen en la década de los 60 de la pasada centuria, siendo enunciada por primera vez por el prestigioso ingeniero y matemático Lotfy A. Zadeh de la Universidad de Berkeley.

Los sistemas lógicos clásicos trabajan con afirmaciones o negaciones que son permanentes en el tiempo y que son tajantes en el sentido de que las proposiciones o son ciertas o no son ciertas. En cambio, la lógica difusa permite trabajar con atributos “vagos” de las cosas (“bastante grande”, “muy alto”,...) y con afirmaciones parcialmente ciertas o seguras (“casi seguro que...”, “es posible que...”).

Hasta la fecha no ha habido un desarrollo notable de esta técnica en el ámbito de la valoración de inmuebles, si bien es cierto que existen determinadas experiencias recientes, entre las que cabe citar la de Fernández Agüero et al. (2008) o López López et al. (2008). Es posible que en un futuro próximo continúe el desarrollo de estas técnicas, puesto que al referir un inmueble concreto es frecuente el uso de términos imprecisos como piso “muy céntrico” o “bien comunicado”.

4.2.2. Sistemas Expertos

El origen de estos sistemas puede situarse también en los años 60 del pasado siglo. Puede definirse como aquel programa de ordenador que contiene la erudición de un especialista humano versado en un determinado campo de aplicación, esto es, un modelo computarizado de las



capacidades de razonamiento y habilidades en resolución de problemas de un especialista en determinada materia (Pino et al., 2001). En cuanto a las aplicaciones en el tema de la valoración inmobiliaria, destacar que existen en la actualidad determinados portales inmobiliarios en los que el usuario puede introducir los datos de un inmueble y obtiene en un tiempo más o menos breve una propuesta de valoración. Sin entrar en consideración sobre si estos sistemas se pueden considerar verdaderos sistemas expertos, es cierto que en la valoración inmobiliaria existen expertos en la materia cuya información y conocimientos pueden servir para construir sistemas de este tipo que pudieran ser útiles y rentables.

4.2.3. Algoritmos Genéticos (AG)

Propuestos por Holland (1975), constituyen una familia de métodos de búsqueda adaptativa de soluciones, que reciben su nombre por su analogía con el cambio genético que se produce en las poblaciones naturales y que está en la base de la selección natural y la evolución (Pino et al., 2001). Utilizan, por tanto, las reglas de la genética para resolver problemas matemáticos y tienen múltiples aplicaciones en la robótica, diagnóstico de enfermedades, predicción o selección de variables.

Para esta última aplicación Gallego (2008) desarrolla un ejemplo de selección de características determinantes del precio de un inmueble, por ejemplo, a la hora de formular un modelo de regresión.

4.2.4. Redes Neuronales Artificiales

Los avances en la investigación biológica han permitido profundizar en el conocimiento de los mecanismos del pensamiento natural (Haykin, 1999). Asimismo, los avances en el desarrollo del conocimiento del cerebro humano han dado lugar al desarrollo de las RNA.

El punto de partida básico es que el cerebro humano almacena la información en forma de patrones, los cuales tienen distintos niveles de complejidad y permiten tareas tales como que un individuo reconozca la cara de otro desde ángulos diferentes (Corchado et al., 2000). Este proceso de almacenar información en patrones, utilizarlos y resolver problemas con ellos es el que tratan de imitar las RNA.



Una *Red Neuronal Artificial* –también denominada neuro-computadora, red conexionista o procesador paralelo distribuido (Sánchez y Alanís, 2006)– es un procesador paralelo distribuido y masivamente interconectado que almacena conocimiento experimental (Haykin, 1999).

Los primeros estudios sobre valoración de inmuebles que utilizan la IA datan de principios de los años 90, por consiguiente la aplicación de estas técnicas en el ámbito de determinación de precios inmobiliarios tiene más de dos décadas de vida. La mayor parte de los sistemas de IA aplicados a este campo son RNA, destacando el análisis pormenorizado efectuado por Gallego (2004) a la ciudad de Madrid.

Especialmente interesante resulta la comparativa entre las técnicas tradicionales de precios hedónicos y la inteligencia artificial. En la mayoría de los estudios realizados con ese objetivo, las RNA han demostrado una mayor robustez y capacidad para detectar relaciones no lineales entre variables (Tay y Ho, 1992; Borst, 1991; Do y Grudnitski, 1993; Kauko, 2009; Peterson y Flanagan, 2009; Cannavaro, 2011; Núñez, 2007 y, en el ámbito de los locales comerciales, Rey, 2014). No obstante, otros trabajos concluyen que las redes neuronales no son en todos los casos superiores a los modelos de regresión –en este grupo se encuentran los realizados por Allen y Zumwalt (1994), Worzala et al. (1995), Rossini (1997), McGreal et al. (1998) o Zurada et al. (2011)- comparando su actuación en diferentes escenarios en los que llegan a distintas conclusiones acerca de la superioridad de las RNA. Por su parte, Limsombunchai et al. (2004) llegaron a resultados equivalentes aplicando ambas metodologías.

4.3. Otros métodos avanzados de valoración

4.3.1. Análisis espacial

La incidencia de la localización en el precio de los inmuebles ha sido ampliamente tratada en la literatura económica. Los primeros trabajos analizaban la influencia de los costes del transporte en el valor de los inmuebles.

Una teoría empleada para el estudio de la distribución espacial del valor de los bienes urbanos es la Teoría de las Variables Regionalizadas, que tiene su origen en el campo de la Geoestadística. Este método permite la realización de distintos tipos de estimaciones, siendo la más frecuente la



estimación puntual¹ (Larraz, 2004). Entre los autores que desarrollan esta técnica en el ámbito del mercado inmobiliario se pueden citar a Chica Olmo (1994), Montero Lorenzo (2004) y Larraz (2004).

Por su parte, las técnicas de interpolación espacial permiten a partir de un conjunto de datos conocidos de puntos situados en ciertas subzonas, determinar una función que representará toda el área de estudio, la cual podrá ser utilizada para predecir los valores en otros puntos o subzonas. Se pretende predecir valores en zonas no muestreadas a partir de puntos con valores conocidos.

Han sido desarrollados numerosos algoritmos para la interpolación de puntos. La selección del algoritmo apropiado depende de una serie de factores de entre los cuales destacan por su importancia el tipo de datos y el grado de precisión requerida (Lam, 1983). Para Lam los métodos de interpolación, a su vez, pueden clasificarse en dos grandes grupos: métodos exactos y métodos aproximados.

Por su parte, LaRose (1988) investigó el uso de las Redes Irregulares de Triángulos (conocidas como TIN por ser las iniciales de su denominación inglesa “Triangular Irregular Network”) en el modelado predictivo, mostrando su potencial en este ámbito. Estas Redes Irregulares de Triángulos toman como punto de partida una serie de valores puntuales con objeto de obtener triángulos que maximicen la relación entre el área y el perímetro, permitiendo una visualización tridimensional.

4.3.2. *K-vecinos*

Mediante este método, que se basa en la utilización de un algoritmo K-Nearest-Neighbors (KNN) (Fix y Hodges, 1951), no se genera ninguna fórmula, sino que la valoración del bien inmueble se realiza a partir de los inmuebles con los que tiene mayor similitud de los que se encuentran en el fichero de operaciones, es decir, con sus vecinos más próximos (Gallego, 2008). De este modo, este método viene a ser una formulación matemática del método tradicional basado en los testigos más similares.

¹ Por estimación puntual se entiende la estimación del valor de un proceso estocástico en una localización no muestreada, es decir, no incluida en el conjunto de localizaciones de la realización del proceso. Entre sus aplicaciones se encuentra la estimación del valor de una vivienda en una localización cualquiera a partir de la información aportada por los valores de los precios de las viviendas de su entorno.



4.3.3. Métodos basados en la Teoría de decisión multicriterio

Los métodos basados en la Teoría de Decisión Multicriterio permiten la realización de todo tipo de valoraciones considerando aspectos intangibles del bien objeto de valoración. Los métodos que Aznar (2012) propone son los siguientes²:

- a) Método CRITIC.
- b) Método de la Entropía.
- c) Método de la Ordenación simple.
- d) Programación por metas (Goal programming, GP).
- e) Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP).
- f) Multicriteria Valuation Method (MAVAM).
- g) Proceso Analítico en Red (Analytic Network Process, ANP).

Se trata de la aplicación de la Teoría de Decisión Multicriterio a la valoración de activos. Estos métodos necesitan una normalización de la información antes de ser aplicados, dado que para poder comparar elementos entre sí es necesario unificar previamente las unidades de medida.

4.3.4. Modelos autorregresivos integrados de medias móviles (ARIMA)

Un modelo autorregresivo de medias móviles es aquel que combina los dos modelos básicos: autorregresivo $AR(p)$ y de medias móviles $MA(q)$, para modelar series parcialmente autorregresivas y parcialmente de medias móviles. Estos modelos combinados se abrevian mediante las siglas $ARMA(p,q)$, donde p es el orden de la parte autorregresiva y q es el orden de la parte de media móvil.

Los modelos $ARIMA(p,d,q)$ surgen para resolver el problema que tiene su origen en que la serie estudiada no resulte ser estacionaria debido a la existencia de una tendencia.

² También propone el método denominado Analytic Multicriteria Valuation Method (AMUVAN), si bien únicamente tiene por objeto la valoración de activos naturales.



Box y Jenkins (1970), desarrollaron un cuerpo metodológico destinado a identificar, estimar y diagnosticar modelos dinámicos de series temporales en los que la variable tiempo juega un papel fundamental.

Existen estudios que aplican la metodología de Box-Jenkins, modelo ARIMA, para el estudio de precios de bienes inmuebles, como el realizado por Tse (1997) en relación con el precio de los inmuebles en Hong Kong. En este estudio se concluye que los precios de las oficinas y de otras propiedades inmobiliarias de naturaleza industrial pueden ser determinados con la ecuación de ARIMA.

CONCLUSIONES

En muchas ocasiones la normativa en materia de valoración de cada país obliga al empleo de determinados métodos en las valoraciones realizadas con determinada finalidad, principalmente en el ámbito de la garantía hipotecaria. Esto ha favorecido que en la práctica estos métodos sean utilizados también para muchas otras finalidades. No obstante, esto no ha impedido la aparición de metodologías alternativas, producto en buena medida de la complejidad del mercado inmobiliario, cuyo procedimiento sistemático, basado en la utilización de técnicas matemáticas para la confección de modelos, otorgan a sus resultados un carácter más científico y objetivo. Asimismo, estos métodos avanzados permiten una producción de valores muy superior a los tradicionales, lo que facilita la realización de valoraciones masivas del parque inmobiliario de cualquier región o país.

De este amplio grupo de métodos, las Redes Neuronales y la Metodología de Precios Hedónicos destacan por su especial relevancia, de ahí que sean numerosos los estudios comparativos realizados entre ambas metodologías, que abarcan incluso a distintas tipologías de inmuebles. La mayor parte de estos trabajos apoyan el empleo de Redes Neuronales, si bien no en todos los casos es posible afirmar que las redes neuronales superan en eficiencia a las técnicas estadísticas tradicionales, ya que también existen estudios que al realizar la comparativa en distintos escenarios obtienen diferentes resultados. Todo esto permite concluir que ningún campo es a priori mejor que el otro (en algunos casos ambos son indistinguibles incluso) siendo lo más apropiado aplicar en cada caso concreto la solución más idónea.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, W.C. y Zumwalt, J.K. (1994). Neural Networks: a word of caution. *Working Paper*. Colorado State University.
- Aznar Bellver, J.; Guijarro Martínez, F., López Perales, A. E. y González Mora, R. (2012). *Valoración inmobiliaria. Métodos y aplicaciones (España e Iberoamérica)*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València..
- Borst, R. (1991). Artificial Neural Networks: The Next Modelling/ Calibration Technology for the Assessment Community? *Property Tax Journal*, IAAO, 10 (1), 69 – 94.
- Box, G. y Jenkins, G. (1970). *Time series análisis forecasting and control*. San Francisco: Holden day.
- Canavarro Teixeira, M. C. (2011). *Modelos econométricos para el precio de los inmuebles: un caso de estudio en Portugal*. Tesis doctoral. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Chica Olmo, J. (1994). *Teoría de la variables regionalizadas: aplicación en economía espacial y valoración inmobiliaria*. Granada: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Corchado, J. M.; Díaz, F.; Borrajo, L. y Fernández, F. (2000). *Redes neuronales artificiales: Un enfoque práctico*. Vigo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Vigo.
- Court, A.T. (1939). Hedonic Price Indexes with Automotive Examples, Dynamics of Automovile Demand. *General Motors Corporation*, 99-117.
- Do, A. y Grudnitski, G. (1993). A Neural Network Analysis of the effect of age on housing values. *The Journal of Real Estate Research*, Vol. 8 (2), 253-264.
- Fernández Agüero, C.; Fernández cuesta, I. y Moya Collados, D. (2008). *Valoración de inmuebles mediante técnicas de lógica difusa. Proyecto de Sistemas Informáticos*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Fix, E. y Hodges, J.L. (1951). Discriminatory analysis—nonparametric discrimination: consistency properties. Technical Report 4, USAF School of Aviation Medicine,



Alternativas para la valoración de inmuebles urbanos

Revista Publicando, 4 No 11. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

Randolph Field, TX, (Ed.) Agrawala, A., *Machine Recognition of Patterns*. IEEE Press, New York, 1977.

Gallego Mora-Esperanza, J. (2004). La inteligencia artificial aplicada a la valoración de inmuebles. Un ejemplo para valorar Madrid. *CT: Catastro* n° 50, Abril, 51-67.

Gallego Mora-Esperanza, J. (2008). Modelos de valoración automatizada. *CT: Catastro* n° 62, Abril, 7-26.

Guadalajara Olmeda, N. (2014). *Métodos de valoración inmobiliaria*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Haykin, S. (1999). *Neural networks: A comprehensive foundation*. Prentice –Hall. 2nd Edition.

Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor, MI. University of Michigan Press.

Kauko, T. (2009). The Housing Market Dynamics of Two Budapest Neighbourhoods. *Housing Studies*, Vol.24, n° 5, 587-610.

Kusan, H; Aytekin, O. y Özdemir, I. (2010). The use of fuzzy logic in predicting house selling Price. *Expert Systems with Applications*, Vol. 37(3), 1808-1813.

Lam, N.S. (1983). Spatial interpolation methods: a review. *The American Cartographer*, Vol. 10 (2), 129-49.

Larose, T.A. (1988). *Global response surface analysis used to update appraisals in a computer assisted mass appraisal environment*. Paper presented at World Congress III of Computer Assisted Valuation and Land Information Systems, Cambridge, MA.

Larraz Iribas, B. (2004). *Técnicas de cokrigado para el análisis económico. Estimación de precios de bienes inmuebles en el casco histórico de la ciudad de Toledo*. Tesis doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha.

Limsombunchai, V.; Gan, C. y Lee., M. (2004). House Price Prediction: Hedonic Price Model Vs. Artificial Neural Network. *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 3(1), 193–201.



Alternativas para la valoración de inmuebles urbanos

Revista Publicando, 4 No 11. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

- López López, V.; del Monte, A. y Montero, J. (2008). Fuzzy Logic in Real Estate Valuation. *Computational Intelligent in Decision and Control*, 1021-1026.
- Martín Del Brío, B. y Sanz Molina, A. (2006). *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos*. Madrid: Ed. Ra – Ma.
- McGreal, S.; Adair, A.; Mcburney, D. y Patterson, D. (1998). Neural networks: the prediction of residential values. *Journal of Property Valuation & Investment*, 16, 57-70.
- Montero Lorenzo, J.M. (2004). El precio medio del metro cuadrado de la vivienda libre: Una aproximación metodológica desde las perspectiva de la geoestadística. *Revista de Estudios de Economía Aplicada*, Vol. 22 (3), 1-18.
- Núñez Tabales, J. M. (2007). *Mercados Inmobiliarios: Modelización de los precios*. Tesis doctoral. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Pagourtzi, E., V. Assimakopoulos, T. Hatzichristos and French N. (2003). Real estate appraisal: A review of valuation methods. *Journal of Property Investment & Finance* 21(4), 383-401.
- Peterson, S. y Flanagan, A. (2009). Neural Network Hedonic Pricing Models in Mass Real Estate Appraisal. *Journal of Real Estate Research*, Vol.31, nº 2, 147-164.
- Pino Díez, R.; Gómez Gómez, A. y de Abajo Martínez, N. (2001). *Introducción a la inteligencia artificial: Sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- Rey Carmona, F. J. (2014). *Alternativas y determinantes en valoración de inmuebles urbanos*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Rossini, P. (1997). Artificial Neural Networks Versus Multiple Regression in the Valuation of Residential Property. *Australian Land Economics Review*, Vol. 3(1), 1–12.
- Sánchez Camperos, E. N. y Alanís García, A. Y. (2006). *Redes neuronales: Conceptos fundamentales y aplicaciones a control automático*. Madrid: Pearson-Prentice Hall.
- Selim, H. (2009). Determinants of house prices in Turkey: Hedonic regression versus artificial neural network. *Expert Systems with Applications*, 36, 2843–2852.



Alternativas para la valoración de inmuebles urbanos

Revista Publicando, 4 No 11. (1). 2017, 3-19. ISSN 1390-9304

- Sirmans, G.S.; MacPherson, D.A. y Zietz, E.N. (2005). The composition of hedonic pricing models. *Journal of Real Estate Literature*, Vol. 13(1), 3-43.
- Tay, D.P. y Ho, D.K. (1992). Artificial intelligence and the mass appraisal of residential apartment. *Journal of Property Valuation & Investment*, 10, 525 – 540.
- Tse, R. Y. C. (1997): An application of the ARIMA model to real-estate prices in Hong Kong. *Journal of Property Finance*, Vol. 8 (2), 152-163.
- Worzala, E.; Lenk, M. y Silva, A. (1995). An exploration of neural networks and its application to real estate valuation. *Journal of Real Estate Research*, 10 (2), 185 – 201.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zurada, J., Levitan, A. S., y Guan, J. (2011). A comparison of regression and artificial intelligence methods in a mass appraisal context. *Journal of Real Estate Research*, 33(3), 349-387.