

Kayseri’de Çoklu Regresyon ve Coğrafi Ağırlıklı Regresyon Yöntemleri ile Konutların Toplu Değerlemesi

Mass Appraisal of Residential Units in Kayseri with Multiple Regression and Geographically Weighted Regression Methods

Mehmet Fatih Toprak^{1*}, Oğuz Güngör²

¹Kayseri Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, 38010, Kayseri/Türkiye.

²Ankara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, 06590, Ankara/Türkiye.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

Mehmet Fatih Toprak
mftoprak@kayseri.bel.tr

doi: 10.48123/rsgis.1255881

Yayın süreci

Geliş tarihi: 24.02.2023
Kabul tarihi: 03.03.2023
Basım tarihi: 28.03.2023

Özet

Konutların toplu olarak değerlendirme işlemleri için çoklu regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon analizleri kullanılarak yürütülen bu çalışma için Kayseri’de çok katlı binalarda yer alan konut verileri toplanmıştır. Öznitelik bilgileri olarak, konutun çevresine, konutun içinde bulunduğu binaya ve konutun iç özelliklerine ilişkin bilgiler toplanmıştır. Toplam 1365 adet veri ile yürütülen çalışmada her iki yöntemle ilişkin sonuçların karşılaştırılabilmesi için R^2 , Ortalama Mutlak Hata (MAE), Mutlak Hata Oranları Ortalaması (MAPE), Hata Kareleri Ortalaması (MSE) ve Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE) ölçütleri hesaplanmıştır. Çoklu regresyon yönteminde R^2 : 0.741796, MAE: 89326, MAPE: 0.1675, MSE: 13256373049, RMSE: 115136 ve standart sapma: 0.1576 olarak bulunmuştur. Coğrafi ağırlıklı regresyon yönteminde ise R^2 : 0.762649, MAE: 85533, MAPE: 0.1604, MSE: 12185751976, RMSE: 110389 ve standart sapma: 0.1536 olarak hesaplanmıştır. Çoklu regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon analizleri ile konut değer tahminlerinin her ikisinde de sonuçlar birbirine çok yakın çıkmış ve Kayseri şehir merkezinde konutların toplu olarak değerlendirme işlemlerinin bu yöntemlerle yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Konut değerlendirme, Toplu değerlendirme, Çoklu regresyon, Coğrafi ağırlıklı regresyon

Abstract

For the purpose of mass appraisal, this study collected data on residential units located in multi-story buildings in Kayseri, and utilized multiple regression and geographically weighted regression analyses. Information on the surrounding area, the building in which the residential unit is located, and the interior features of the units were collected as attribute information. In the study, which was conducted with a total of 1365 data, R^2 , Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Mean Squared Error (MSE), and Root Mean Squared Error (RMSE) criteria were calculated to compare the results of both methods. In multiple regression analysis, R^2 was found to be 0.741796, MAE was 89326, MAPE was 0.1675, MSE was 13256373049, RMSE was 115136, and the standard deviation was 0.1576. In the geographically weighted regression analysis, R^2 was calculated as 0.762649, MAE was 85533, MAPE was 0.1604, MSE was 12185751976, RMSE was 110389, and the standard deviation was 0.1536. In both multiple regression and geographically weighted regression analyses, the results of estimated values were very close to each other, and it was concluded that mass appraisal processes of residential units in Kayseri city center can be performed with both methods.

Keywords: Residential units valuation, Mass appraisal, Multiple regression, Geographically weighted regression

1. Giriş

İnsanın sağlıklı bir yaşam sürdürebilmesinin temelini konut oluşturur ve bu nedenle Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisinde konut önemli bir yere sahiptir. Konut, insanın en temel ihtiyaçlarının karşılandığı ve insanlığın devamının sağlandığı mekandır (Baran, 2007). İnsanların barınma ve korunma amacıyla kullandıkları mekanlar zaman içinde sosyal, kültürel, ekonomik, siyasal, hukuksal ve teknolojik boyutları olan bir yapıya dönüşmüştür. Sadece barınma değil, diğer bazı ihtiyaçlarının karşılanmasında da konut insan hayatı için vazgeçilmez bir unsur olmuştur (Demirci, 2009). Konutun özellikle ekonomik yönü itibarıyla, insan hayatında önemli bir yere sahip olması, değerinin belirlenmesi gereğini de ortaya çıkarmıştır.

İngilizcedeki karşılığı "Appraisal" veya "Valuation" olan gayrimenkulün değeri, bir gayrimenkule ilişkin faydalar, nitelik, çevre koşulları ve gayrimenkulün kullanımına ilişkin faktörler değerlendirilerek belirlenir (Tanrıvermiş, 2017). Değerlemede kullanılacak yöntemlerin seçiminde; değerlemenin amacı, malın cinsi ve özellikleri, yasal düzenlemeler ve piyasa koşulları gibi faktörler dikkate alınır. Bir veya daha fazla yöntem seçilerek değerlendirme yapmak mümkündür. Bu yöntemler genel hatlarıyla pazar, maliyet, gelir, karma ve diğer yöntemler olarak ele alınmıştır (Tanrıvermiş, 2017). Bununla birlikte Lisanslı Değerleme Uzmanları Kralliyet Kurumu (Royal Institution of Chartered Surveyors - RICS) otomatik değerlendirme yaklaşımlarına da değerlendirme standartları arasında yer vermiştir (İlhan ve Öz, 2020).

Taşınmazın konumu, fiziksel, ekonomik özellikleri, imar planlarındaki durumu, mülkiyet yapısı değerinin belirlenebilmesinde etkilidir. Sosyal donatı alanlarına ve kentsel hizmet alanlarına, alışveriş merkezlerine uzaklık ve kamusal hizmetlerden yararlanabilme olanakları da değer belirlenebilmesinde önem taşımaktadır (Tanrıvermiş, 2017). Ayrıca Demirel vd. (2018) konum, altyapı, nüfus, sosyoekonomik durum, ulaşım, bina ve daire özelliklerinin konutun değerini belirleyen ana başlıklar olarak ele almıştır.

Değerlemesi yapılacak konut bir tane olabileceği gibi birden fazla da olabilmektedir. Birden fazla taşınmazın değerinin hızlı ve güvenilir bir şekilde tespit edilebilmesi için belirlenen bir örneklem üzerinde istatistiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen değerlendirme işlemi toplu değerlendirme olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle toplu değerlendirme, bir grup gayrimenkulün piyasa değerini belirleyen matematiksel modelin istatistikler ve coğrafi bilgi sistemleri ile sunulmasıdır (Tanrıvermiş, 2017).

Toplu değerlendirme işlemleri için çoklu regresyon analizi, yapay sinir ağları gibi modern değerlendirme yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemleri tabanlı konumsal analizlerin kullanıldığı da görülmektedir. Toplu olarak gayrimenkul değerlemesinin yapılması dünyanın birçok ülkesinin gündeminde olup tartışılan bir konudur. Bütün ülkelerde bu konuda geliştirilen yaklaşımlar farklı olabilmektedir, ancak ortak noktalar da bulunmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği ülkelerinde vergilendirme amaçlı toplu değerlendirme işlemleri hâkim olup, geliştirilen modeller genellikle çoklu regresyon analizine dayanan hedonik denklemler olmaktadır (İlhan ve Öz, 2020). Bu yaklaşımlardaki esasların veya toplu değerlemeye ilişkin usullerin belirlenmesinde, IAAO gibi seminerler veya uluslararası konferansların sonuçlarından yararlanılmaktadır (Walacik vd. 2013). Toplu değerlemelerin uygulandığı birçok ülkede bu sürecin öncelikle vergilendirme amaçlı kullanıldığı ve yönetsel olarak farklı kurumların sorumluluk alanlarına girdiği görülmektedir. Toplu değerlemeye ilişkin yayımlanmış standartlar bulunmasına rağmen, ülkelerde özellikle veri toplama ve veri kayıt sistemlerinin farklılaşmasından ötürü farklı modeller uygulanmaktadır.

Modern değerlendirme yöntemleri de toplu değerlendirme yöntemleri arasında sayılmaktadır. Khamrabaeva (2020)'ya göre modern değerlendirme yöntemleri, modern olmayan diğer yöntemlerin eksikliklerini gidermek için oluşturulmuş biraz daha gelişmiş tekniklerdir. Modern değerlendirme yöntemleri zor olmakta birlikte, analizi, yorumlanması, uzman görüşü gerektirmesi ve teknolojik bilgi istemesinin yanı sıra, gerçek değerlerin tahmin edilmesinde hata oranı en az olan tekniklerdir. Modern değerlendirme yöntemleri sayesinde çok sayıda verinin işlenmesi ile bir sonuca ulaşılabilmektedir. Gayrimenkul değeri belirlenirken diğer yöntemlere göre daha fazla zaman almakta olan bu yöntemlerde, bilgisayar programları yardımı ile verilerin detaylı analizi yapılarak, bu analiz sürecinde hata oranının en az olması hedeflenmektedir (Khamrabaeva, 2020).

"Gelişmiş Değerleme Yöntemleri" başlığı altında Odabaşı (2020) bilgisayar sistemlerine dayalı değerlendirme yöntemlerini ele almıştır. Bilgisayar sistemleri ile yapılan değerlendirme işlemleri Khamrabaeva (2020)'nın "Modern Değerleme Yöntemleri" başlığıyla örtüşmektedir.

Yalprı (2007) bilgisayar teknolojisinin insan yaşamının her alanında olduğuna, bilgisayar teknolojilerine dayalı değerlendirme işlemlerinin yapılabileceğine ve çok fazla sayıda verinin işlenerek detaylı analizlerin gerçekleştirilebileceğine vurgu yapmıştır.

Otomatik olarak yapılan bir değerlendirme işleminin başarısını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan ölçütler Mutlak Hata Oranları Ortalaması (MAPE), Hata Kareleri Ortalaması (MSE) ve Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE) olup formüller şu şekildedir:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$MSE = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |u_t|}{n} \quad (4)$$

Bu eşitliklerde y_i ölçüm değerlerini, \hat{y}_i tahmin değerlerini, u_t ölçüm ve tahmin değerleri arasındaki farkı ve n örnek sayısını ifade eder. MAPE, tahmin hatalarını yüzdesel olarak veren bir ölçüttür. RMSE, ölçüm değerleri ile tahmin değerleri arasındaki hatanın belirlenmesi için kullanılır. Bu değer in sıfıra yaklaşması modelin tahmin gücünün arttığını gösterir. MSE ise RMSE'nin karesine eşit olan En Küçük Kareler (EKK) yönteminin temel prensibine dayanan ve kestirimlerin başarılarını ölçmekte kullanılan diğer bir kriterdir. Karelerinin ortalaması ne kadar küçük ise model gerçek veriye o kadar yakındır. Ayrıca, Ortalama Mutlak Hata (MAE) da ağırlıklı doğruluğunu belirlemede bir ölçüt olarak kullanılabilen hata miktarlarının ortalamasıdır.

Diğer yandan yukarıdaki eşitlikler dışında ağırlıklı doğruluk oranına, R^2 belirleme katsayısı veya değişkenler arasındaki korelasyonu ifade eden R değeri ile de karar verilmektedir (İlhan ve Öz, 2020).

2. Çoklu Regresyon ve Coğrafi Ağırlıklı Regresyon

Literatürde basit doğrusal regresyon ve çoklu regresyon olmak üzere iki çeşit regresyon yönteminden bahsedilmektedir. Çoklu regresyon analizinde bağımsız ve bağımlı değişkenler işleme sokulur. Bağımlı değişken sayısı tektir ancak bağımsız değişken sayısı birden fazla olabilir. Tek bir bağımsız değişken varsa buna basit doğrusal regresyon, iki veya daha fazla bağımsız değişken varsa buna çoklu doğrusal regresyon denir. Regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkiyi işlevsel anlam vermeyi ve bu ilişkiyi bir modelle açıklamayı amaçlar (Chatterjee vd. 2015). Değişkenlerden birini veya değişkenin kategorisini önceden belirlenmiş düzeylerde tutma ve diğer değişkenin o düzeye göre nasıl değiştiğini inceleme kuralına dayanır. Regresyon, modern istatistiklerde bilinen değerleri kullanarak bilinmeyen değerleri bulmak olarak da yorumlanmaktadır (Akış, 2013). Çoklu regresyon eşitliğinde y bağımlı değişkeni, a sabit katsayısı, $x_{1...n}$ bağımsız değişkenleri ve $\beta_{1...n}$ her bağımsız değişkenin katsayısını ifade eder.

$$y = a + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (5)$$

Türkiye'de konut değerlendirme çalışmalarında çoklu regresyon yönteminin kullanıldığı örnek çalışmalar mevcuttur. Konut değerinin çoklu regresyon ve yapay sinir ağları yöntemi ile karşılaştırmalı olarak tahmin edilmesine yönelik olarak çalışma yapan Tabar vd. (2021) Tokat ilinde toplam 176 adet veriye ilişkin, alan, oda sayısı, bina yaşı, kat, konum, banyo sayısı, balkon ve fiyat bilgilerini içeren bir veri seti ile çalışmıştır. İl merkezinde sadece bir mahalledeki konutlara ait özelliklerin ve değer aralıklarının birbirine benzer homojen denebilecek bir yapıda olması başarıyı artırmış, çoklu regresyon yöntemi ile %90'ın üzerinde bir başarı sonucuna ulaşıldığı görülmüştür. Çoklu regresyon yöntemi ile konut fiyat tahmini çalışmalarından biri de Küçükkaplan ve Aldı (2017) tarafından Denizli'de yapılmıştır. Bu çalışmada konutların buldukları mahallelerin konutun değerini ne kadar açıklayabildiğini araştırmak temel amaç olmuştur. Çalışmada oluşturulan modelin değer bağımsız değişkenini %73,70 oranında açıklayabildiği ifade edilmiştir.

Ayrıca, verilerin coğrafi konumlarının da bağımlı değişkeni olumlu veya olumsuz yönde açıklayıcı etkisinin olduğu varsayımı ile çalışan ve bir coğrafi bilgi sistemi ürünü olan coğrafi ağırlıklı regresyonun kullanımı da yaygındır. Verilerin elde edildiği coğrafi birimler tamamen birbirlerinden ayrı olarak düşünülemez. Olumlu ya da olumsuz, az ya da çok birbirleri ile ilişkilidirler. Tobler (1970) "Her şey her şeyle ilişkilidir, fakat yakındakiler uzaktakilere göre daha fazla ilişkilidir" ifadesiyle aslında coğrafi ağırlıklı regresyon kavramını işaret etmiştir. Bu yöntemle, bir veri noktası seçilir ve diğer noktalar bu noktadaki regresyon değerine göre, uzaklıkla ters orantılı olarak ağırlıklandırılır. Bu işlem tüm veri noktaları için gerçekleştirilir ve sonuçlar bu değerlere göre oluşturulur (Işık ve Pınarcıoğlu, 2006). Bu sayede, coğrafi birimlerin analiz sonucunda sahip oldukları regresyon değerleri birbirleri ile ilişkilendirilerek ağırlıklandırılır ve coğrafi ağırlıklı regresyon sonucu elde edilir. Coğrafi ağırlıklı regresyon sonucunda elde edilen eşitlik çoklu regresyon eşitliği ile benzerdir.

Otomatik konut değerlendirme çalışmalarından biri de Boza (2015) tarafından Ankara'nın Çankaya ve Keçiören ilçelerinde mekânsal olan ve mekânsal olmayan yöntemlerle yaptığı araştırmadır. Yöntemlerin başarısını tespit etmek için tahminlerin değerden olan uzaklığının gösterildiği regresyon doğrusuna olan uzaklığının ve istatistiksel olarak hata miktarlarının (MSE, RMSE, MAPE ve MAE) hesaplamalarını yapmıştır. Eşzamanlı mekânsal otoregresyon (Simultaneous Spatial Autoregression- SAR) ve coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemlerinin mekânsal olmayan en küçük kareler yöntemine göre daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir. Coğrafi ağırlıklı regresyon ile elde edilen sonuçların harita üzerinde gösterilmesi, mekânsal özellikli verilerin değerlendirme işlemleri için önemli bir araç olduğunu ortaya çıkarmıştır. Konut alanı, güvenlik ve alışveriş merkezine uzaklık bilgilerinin hem Çankaya hem de Keçiören için ortak önemli faktörler olduğu ortaya çıkarken, Çankaya için mülkiyet tipi ve metroya uzaklık ve Keçiören için ise dairenin bulunduğu kat ve hane halkı değişkenleri konut değerine etki eden diğer önemli faktörler olmuştur.

McCord vd. (2018) Kuzey İrlanda'da özellikle hava kalitesi ve gürültü kirliliğinin konut değerleri üzerindeki etkisini araştırmak için coğrafi ağırlıklı regresyon ve en küçük kareler yöntemlerini kullanmışlardır. Hava kalitesinin ev değeri üzerinde etkisinin olduğunu, buna karşın gürültü kaynağının çeşidine göre, gürültü kirliliğinin evin değerine etki ettiği ve etki etmediği durumların da olduğu sonucuna varmıştır.

Toplu Değerleme için otomatik yöntem kullanımına Türkiye dışından bir başka örnek ise, 1997 ve 2002 yılları arasında satışı gerçekleşen, 1691 adet konutun fiyatlarını etkileyen faktörleri belirlemek için Osland (2010) tarafından coğrafi ağırlıklı regresyon, yarı parametrik analiz ve karma konumsal durbin modelinin kullanılmasıdır. Bu çalışmanın coğrafi ağırlıklı regresyon sonuçlarının değerlendirildiği kısmında, değişkenlerin sayısının ve hangi değişkenlerin modele dâhil edildiğine bağlı olarak, ulaşılan tahmin sonuçlarının değiştiğinden ve hatta değişkenlerin sırasının değiştirilmesinin bile sonucu etkilediğinden bahsedilmiştir. Sonuç olarak Osland (2010), coğrafi ağırlıklı regresyonun çoklu ilişkilerde hassas olduğunu, ama buna rağmen çoklu regresyondan çok daha iyi bir sonuç üretmediğini belirtmektedir.

Wang vd. (2020), Çin'in Pekin şehrinin ana merkezi sayılabilecek bir alanda, çoklu regresyon, coğrafi ağırlıklı regresyon ve coğrafi zamansal ağırlıklı regresyon (Geographically and Temporally Weighted Regression - GTWR) yöntemlerini kullanarak otomatik değerlendirme çalışma sonuçlarını karşılaştırmıştır. Coğrafi zamansal ağırlıklı regresyon yöntemi zaman serileri ve mekânsal dağılım özelliklerine sahip veri kümeleri için iyi analitik yeteneklere sahiptir. Bu çalışmada 3064 adet veri kullanılmıştır. Elde edilen R^2 sonuçları çoklu regresyonda 0.5679, coğrafi ağırlıklı regresyonda 0.2214 ve coğrafi zamansal ağırlıklı regresyonda ise 0.82 olmuştur. Coğrafi ağırlıklı regresyonun, zamansal ve mekânsal özellikleri içeren coğrafi zamansal ağırlıklı regresyona ve çoklu regresyona göre daha kötü sonuç vermiş olması dikkate değerdir. Coğrafi ağırlıklı regresyonun konum bileşenini de hesaba katıyor olması nedeniyle, çoklu regresyona göre daha iyi sonuç vermesi beklenebilirdi.

Lockwood ve Rossini (2012) toplu değerlendirme işlemi için, doğrusal model, log-lineer model, hibrit model ve coğrafi ağırlıklı regresyon olmak üzere 4 farklı model kullanmış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. Model performanslarını hesaplamak için kullanılan veriler müstakil evler ve boş arsalar olmuştur. Buna göre doğrusal modelde R^2 değeri 0.815 olurken, değişkenler arasında yüksek korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Log-lineer model sonuçları ise sanki doğrusal model sonuçlarının aynadaki yansıması gibi neredeyse aynı çıkmıştır. Hibrit model sonuçlarına bakıldığında, biri hariç tüm değişken tahminlerinin %95'in üzerinde bir güven aralığında anlamlı olduğu görülmüştür. Coğrafi ağırlıklı regresyon yönteminde kukla değişken kullanılmış ancak R^2 veya başkaca bir ölçüte ait sonuca açıkça yer verilmemiştir.

3. Kayseri İlinde Doğrusal Regresyon ve Coğrafi Ağırlıklı Regresyon ile Konut Değerleme Çalışması

Bu çalışmanın yürütülme aşamaları; konutun değerini belirleyen muhtemel değişkenlerin literatürdeki çalışmalara bakarak eldeki imkânlar ölçüsünde hangi değişkenlerin toplanabileceğinin belirlenmesi, verilerin toplanması, toplanan verilere ait değişkenlerin veri tabanına girilmesi, hesaplanması gereken değişkenlerin otomatik olarak hesaplanması (calculate), aykırı verilerin (outliers) temizlenmesi, çoklu regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon analizlerinin yapılması, belirlenen ölçütlerin hesaplanması, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve son olarak karşılaştırılması şeklinde olmuştur.

Bilgisayar yazılımı destekli değerlendirme yöntemleri sayesinde öznitelik temelli, hızlı bir şekilde çok büyük veri kümelerinin işlenebilmesi mümkün olabilmektedir. Çoklu regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon bu yöntemlerdendir. Bu çalışmada Kayseri ili özelinde konut değerlemesinin çoklu regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon kullanılarak yapılabileceği ve yapılabiliyorsa ne oranda tutarlı sonuçlar elde edilebileceği yönünde araştırma yaparak, bir bulguya ulaşmak amaçlanmıştır.

Gayrimenkul konut, ofis, tarla vs. şeklinde sınıflandırılabilir. Konut dışındaki gayrimenkul türleri konuttan farklı öznitelik bilgilerine sahip oldukları için, her türden gayrimenkul için uygulanabilir bir otomatik değerlendirme mimarisi geliştirmek mümkün değildir. Bu nedenle, bütün gayrimenkul türleri için analizler yapmak yerine, sadece konut türündeki gayrimenkul için değer tahminlerinin yapılması tercih edilmiştir.

3.1 Veri Seti

Değerleme bilimine göre konutun değerini etkileyen faktörler doğrultusunda, her bir konuta ilişkin öznelik verileri toplanmıştır. İyi bir otomatik değerlendirme mimarisinin belirlenmesinde hangi öznelik bilgisinin konutun değerini ne oranda etkileyeceği konusunun, otomatik değerlendirme yöntemi geliştirilmeden önce bilinmesi mümkün olmadığından, her bir konuta ilişkin mümkün olduğunca fazla sayıda öznelik bilgisi toplanmaya çalışılmıştır.

Konutlara ilişkin verilerin toplanmasında internette yayınlanan konut satışı ilanlarından faydalanılmıştır. Her bir ilanın yayını esnasında öznelik bilgileri tespit edilip, *postgresql* veri tabanına kaydedilmiştir. Öznelik bilgilerinden binanın toplam kat adedi, bina yaşı, yolcu asansörü, yük asansörü, bina görevlisi, açık otopark, güvenlik, havuz, rezidans hizmetlerinden faydalanma, semt otoparkı, sığınak, site özellikleri, binada dükkan olup olmadığı, kapalı otopark, brüt alan, net alan, oda sayısı, salon sayısı, sıcak su, balkon, ebeveyn banyosu, kiler ve stüdyo tipi daire olup olmadığı bilgileri ilandan edinilirken, ulaşım imkanları, alışveriş merkezine, ilkokula, taksi durağına, sağlık tesisine ve şehir merkezine yakınlık bilgileri, *postgis* özellikli coğrafi bilgi sistemi teknolojisi marifeti ile kuş uçuşu mesafeler olacak şekilde hesaplanmıştır. Konut ilanının yayından kaldırılması konutun satışının gerçekleştiğinin bir göstergesi kabul edilerek, konutun gerçek satış değerine ulaşmak adına ilan sahibine ulaşılmaya çalışılmıştır. İlan sahibi ile yapılan yazılı veya sözlü görüşmenin olumlu geçmesi halinde gerçek satış değeri bilgisine ulaşmak mümkün olabilmektedir. Aksi durumlara karşılaşılmış halinde, uzman görüşüne başvurularak oluşturulan değer bilgisi, ileride başkaca çalışma ve yöntemler kapsamında bu verilerin de kullanılabilmesi ihtimaline binaen kayıtlara geçirilmiş, ancak bu çalışma kapsamında, aykırı ve eksik verilerin işlem dışı bırakıldığı aşamada bu tip veriler de yok sayılmıştır. Dolayısıyla, toplanan verilerden toplu değerlendirme çalışmasına temel teşkil etmeyeceği düşünülen; eksik veya doğruluğu şüpheli öznelik bilgileri içeren veriler ayıklanmış, daha güvenilir nitelikte 1365 adet konuta ait öznelik bilgilerinden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Veri setinde 2022 yılının ocak ayında 45, şubat ayında 314, mart ayında 838 ve Nisan ayında 168 adet satış gerçekleşmiş konut verisi bulunmaktadır. Farklı zaman dilimlerinde toplanan bütün veriler Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın yayınladığı konut fiyat endeksi ile 2022 yılının ocak ayına indirgenerek normalize edilmiştir (TCMB, 2022).

Konutun; Tablo 1'de gösterildiği üzere; ulaşım imkânları, alışveriş merkezine, ilkokula, taksi durağına, sağlık tesisine ve şehir merkezine yakınlığı, çevresel özellikler olarak belirlenmiştir. Binaya ilişkin ise; binanın toplam kat adedi, bina yaşı, yolcu asansörü, yük asansörü, bina görevlisi, açık otopark, güvenlik, havuz, rezidans hizmetlerinden faydalanma, semt otoparkı, sığınak, site özellikleri, binada dükkan ve kapalı otoparkın olup olmadığı bilgileri veri setinde yer almaktadır. Konutun iç özelliklerine dair; brüt alan, net alan, oda sayısı, salon sayısı, sıcak su, balkon, ebeveyn banyosu, kiler ve stüdyo tipi daire olup olmadığı bilgileri toplanmıştır.

Tablo 1. Değişken listesi

Değişken no	Konuta ilişkin özellik kategorisi	Değişken kodu	Değişken adı	Değişken türü
1	Çevresel özellikler	d9_ulasim	Ulaşım imkanları	Numerik
2		d38_avm	Alışveriş merkezine yakınlık	Numerik
3		d39_ilkokul	İlkokula yakınlık	Numerik
4		d40_taksi	Taksi durağına yakınlık	Numerik
5		d41_saglik	Sağlık tesisine yakınlık	Numerik
6		d42_merkez	Şehir merkezine yakınlık	Numerik
7	Binaya ait özellikler	d13_katbina	Binanın toplam kat adedi	Numerik
8		d14_binayasi	Bina yaşı	Numerik
9		d10_asansoryolcuvar yok	Yolcu asansörü	Kategorik
10		d11_asansoryukvar yok	Yük asansörü	Kategorik
11		d12_binagorevlisivar yok	Bina görevlisi	Kategorik
12		d15_otoparkacikvar yok	Açık otopark	Kategorik
13		d17_guvenlikvar yok	Güvenlik	Kategorik
14		d18_havuzvar yok	Havuz	Kategorik
15		d20_rezidanssevethayir	Rezidans hizmetlerinden faydalanma	Kategorik
16		d21_otoparksemt	Semt otoparkı yeterli mi	Kategorik
17		d23_siginakvar yok	Sığınak	Kategorik
18		d24_siteevethayir	Site özellikleri	Kategorik
19		d46_dukkanvarmivar yok	Binada dükkan olup olmadığı	Kategorik

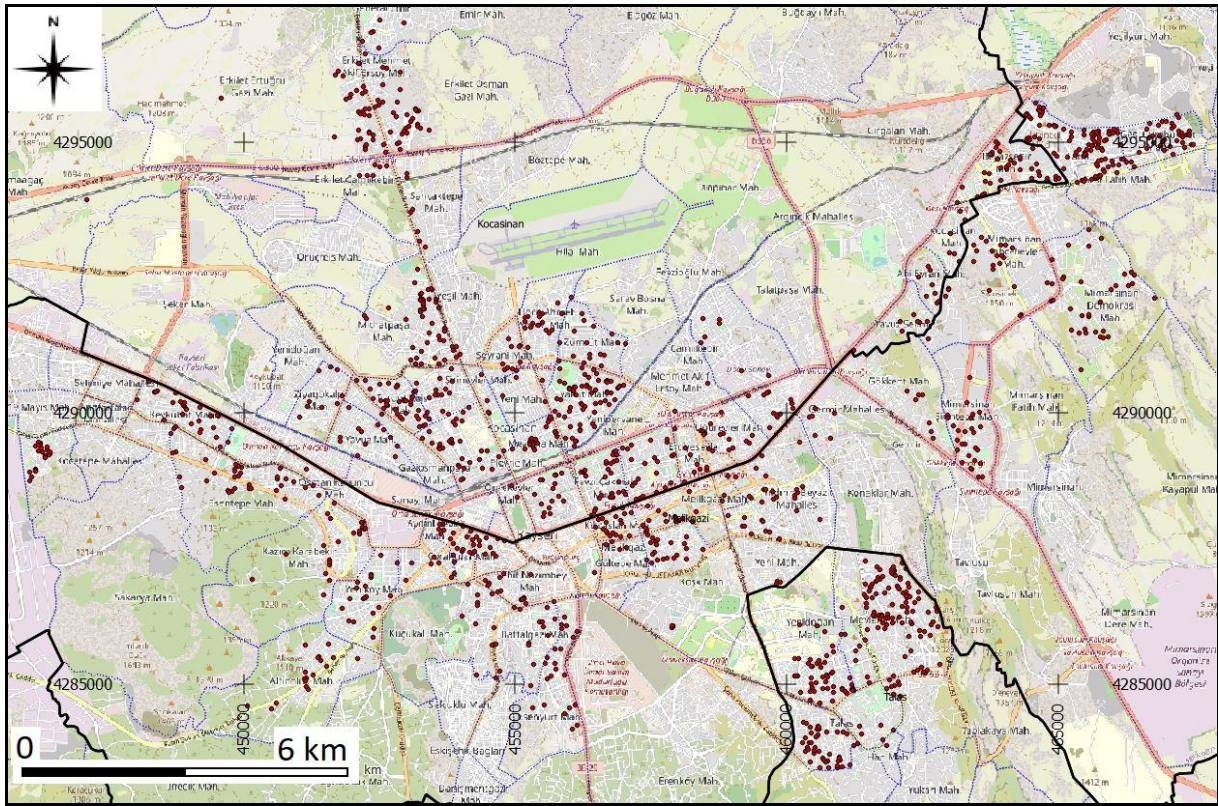
Tablo 1'in devamı

Değişken no	Konuta ilişkin özellik kategorisi	Değişken kodu	Değişken adı	Değişken türü
20		d65_otoparkkapalivaryok	Kapalı otopark	Kategorik
21	Konutun iç özellikleri	d28_alanbrut	Brüt alan	Nümerik
22		d64_alannet	Net alan	Nümerik
23		d33_odasayi	Oda sayısı	Nümerik
24		d34_salonsayi	Salon sayısı	Nümerik
25		d22_sicaksuvar yok	Sıcak su	Kategorik
26		d29_balkonvar yok	Balkon	Kategorik
27		d30_banyoebeveynvar yok	Ebeveyn banyosu	Kategorik
28		d32_kilervar yok	Kiler	Kategorik
29		d35_studyoevethayir	Stüdyo tipi daire	Kategorik
30		Bağımlı değişken	deger	Değer
31	Yazılım gereksinimleri için kullanılan değişkenler	id	Veri Numarası	Nümerik
32		geom	Geometri	Nümerik

Ayrıca, kullanılan yazılımın gereksinimlerini karşılamak üzere, verinin X ve Y koordinatlarını içeren geometri değişkeni ve veri numarası da veri setinde bulunmaktadır. Buna ek olarak, veri seti numerik olmayan, kategorik tipte değişkenler de içerdiği için, kukla değişkenli bir yapıya dönüştürülerek çalışmalar yürütülmüştür.

3.2 Çalışma Alanı

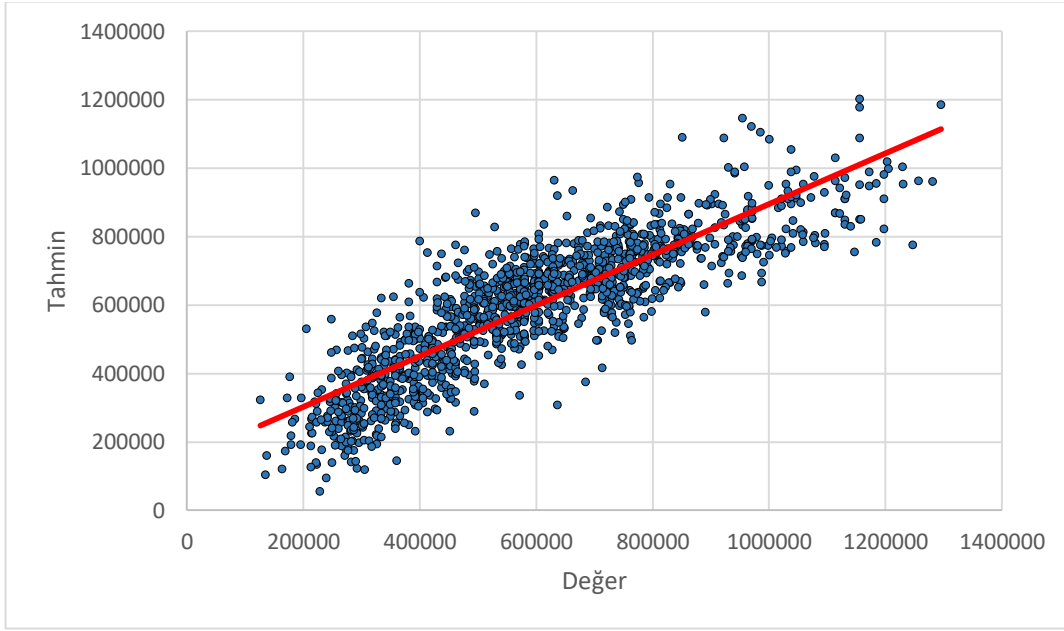
Çalışma Kayseri ilinin merkezinde yer alan Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde, konut satışlarının en yoğun olduğu yaklaşık 113 km²'lik bir bölgede, 69 mahallede yürütülmüştür. 1365 adet verinin mekânsal dağılımı Şekil 1'de gösterilirken, satış değerleri bakımından ısı haritası ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



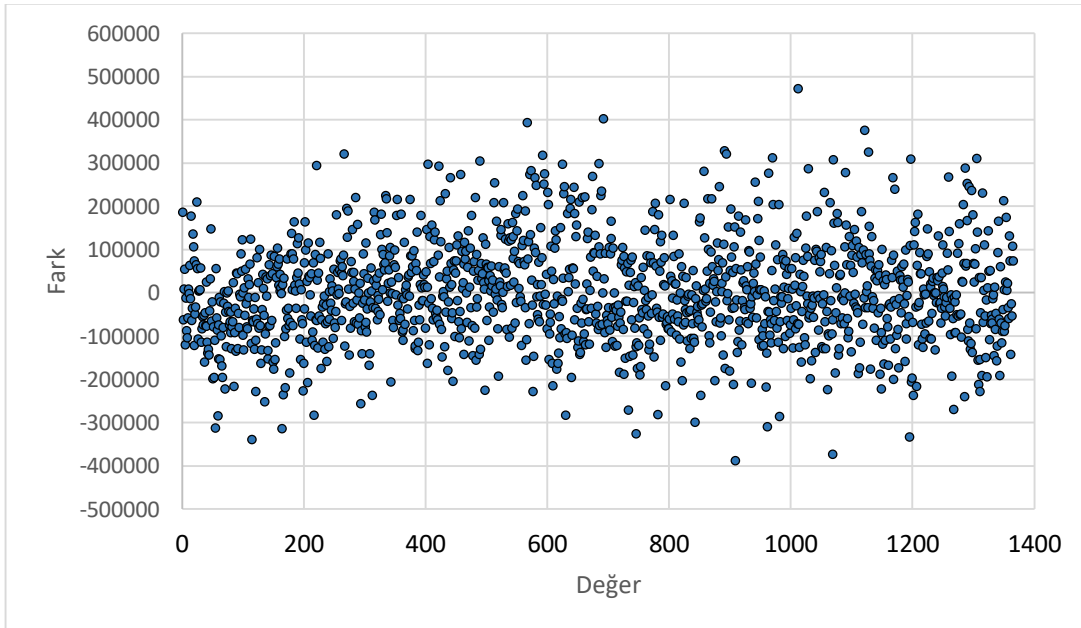
Şekil 1. Çalışma alanında verilerin konumsal gösterimi

Coğrafi ağırlıklı regresyon yönteminde her bölge için model katsayılarını hesaplayabilmek, çoklu regresyon yönteminde olduğundan daha büyük bir örneklem kümesini gerektirebilir. Buna ek olarak, çok büyük karmaşık veri kümeleri ile çalışırken işlem yoğunluğu fazla olabilir. Kayseri'deki bu çalışma kapsamında, çoklu regresyon yöntemi ile değer tahmini yapmak için, örneğin shape (*.shp) formatındaki mekânsal içerikli verileri de okuyup işleyebilme yeteneği olan, Spatial Analysis in Macroecology (SAM) programı kullanılmıştır.

Toplam 29 adet değişken kullanılarak gerçekleştirilen çoklu regresyon çalışması ile R^2 : 0.741796, MAE: 89326, MAPE: 0.1675, MSE: 13256373049, RMSE: 115136 ve standart sapma: 0.1576 olarak hesaplanmıştır. Bir konuta ait ortalama 89326 TL eksik veya fazla hata ile değer tahmininde bulunulabilmiş ve ortalama mutlak hata olarak ise %16.75 kadar yaklaşık sonuç ile değer tahmini yapılabilmektedir. 0.74 olan R^2 değeri, veri ve çoklu regresyon tahmininin uyum derecesini göstermektedir. Şekil 3'te gerçek değerler yatay eksende gösterilirken, tahmin edilen değerler dikey eksende gösterilmiştir. Tahmin ile değer arasındaki farklar ise Şekil 4'te gösterilmiştir.



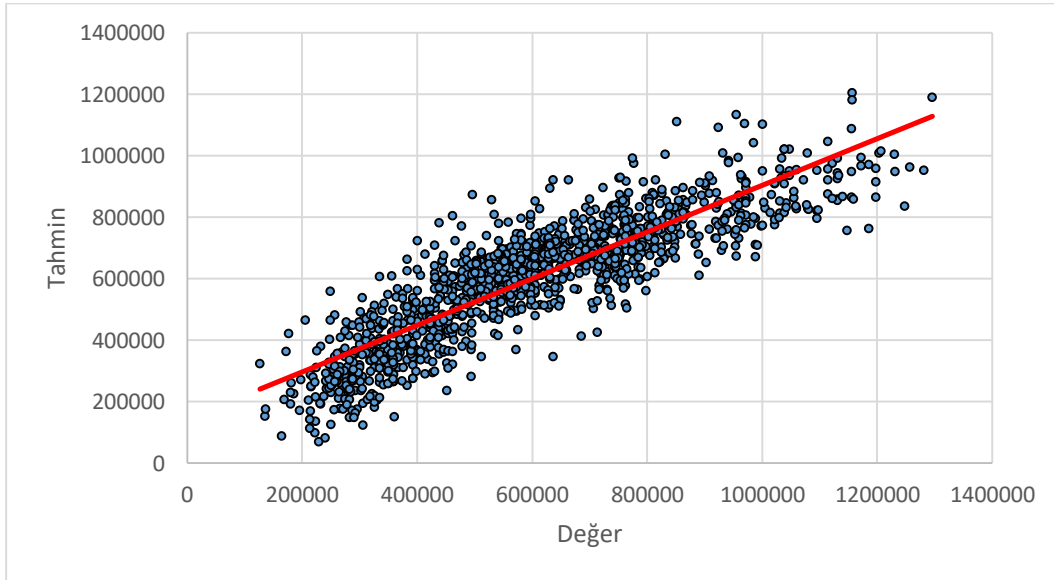
Şekil 3. Çoklu regresyon yöntemi ile değer ve tahminlerin dağılım grafiği



Şekil 4. Çoklu regresyon ile değer ve farkların gösterimi

Çoklu regresyon yöntemi ile bağımlı değişkeni, bağımsız değişkenlerin ne kadar açıklayabildikleri belirlenmiştir. Ulaşım imkanları, ilkokula, taksi durağına yakınlık, binanın kat adedi, dairenin brüt alanı, oda sayısı, yolcu asansörü, bina görevlisi, açık otopark, güvenlik, sıcak su, site özellikleri, balkon, ebeveyn banyosu, kiler, binada dükkan olması ve kapalı otopark değişkenleri, gerçekleşen satış değerini pozitif yönde açıklayıcı niteliğe sahip iken; alışveriş merkezine, sağlık tesisine, şehir merkezine yakınlık, bina yaşı, konutun net alanı, salon sayısı, yük asansörü, havuz, rezidans, semt otoparkının yeterliliği, sığınak ve konutun stüdyo tipi daire olup olmaması değişkenleri değer bağımlı değişkenini negatif yönde etkilemektedir. Bağımsız değişkenler içerisinde dairenin brüt alanı ve oda sayısı değer değişkenini pozitif yönde en çok etkileyen özellikler iken; bina yaşı, şehir merkezine ve alışveriş merkezine yakınlık ise değer değişkenini negatif yönde etkileyen değişkenler olmuştur.

Yine aynı veri seti üzerinde coğrafi ağırlıklı regresyon ile değer tahmini yapılmıştır. Bu yöntem ile yapılan tahminlerde çoklu regresyon yönteminde olduğu gibi aynı ölçütlerin hesaplaması yapılmıştır. Coğrafi ağırlıklı regresyon işlemi yapmak için Semiparametric GWR/GWL modelling tool (GWR4) paket programı kullanılmıştır. Adı geçen bu program çok bilinen coğrafi bilgi sistemi programlarına göre daha istikrarlı ve çok daha çeşitli veri formatları ile çalışabilmektedir. Çoğu yazılımda veri setinin normalize edilmesi, diğer bir deyişle değişkenlere 0 ve 1 arasında bir değer verilmesi işlemi manuel olarak önceden yapılmalı iken, GWR4 programı bu işlemi yapan bir algoritmaya da sahiptir. Buna ek olarak GWR4 programı shape formatındaki verilerin yanı sıra .csv, .dbf, .dat vb. formatlardaki verileri, format dönüşümü uygulamadan, doğrudan coğrafi ağırlıklı regresyon analizine tabi tutabilmektedir. Bu tespitler, çalışma kapsamında tecrübe edilerek ortaya çıkarılmıştır. GWR4 programı ile yürütülen coğrafi ağırlıklı regresyon işlemi sonucunda değer ve tahminlerin dağılım grafiği Şekil 5'te gösterilmiştir.

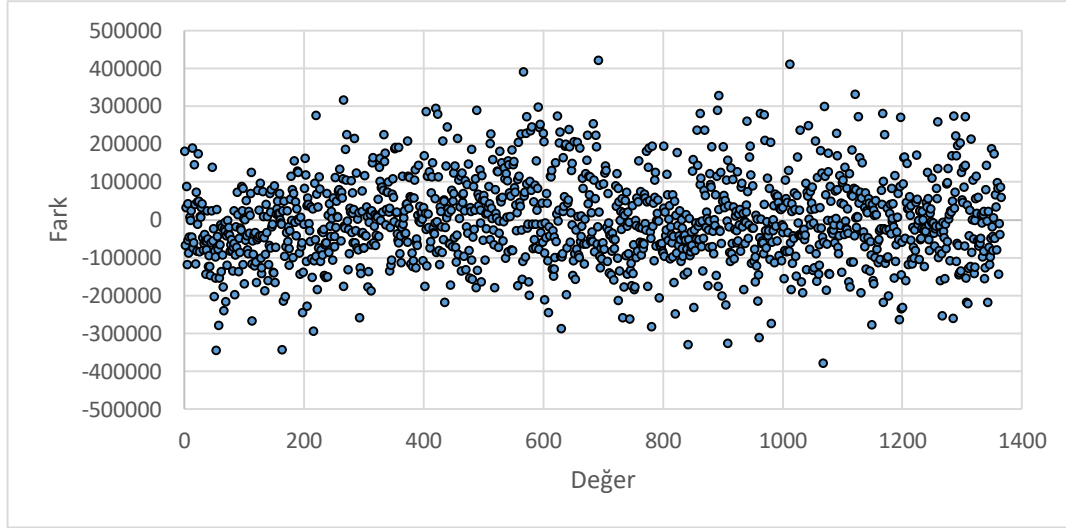


Şekil 5. Coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemi ile değer ve tahminlerin dağılım grafiği

İşlem sonucunda R^2 : 0.762649, MAE: 85533, MAPE: 0.1604, MSE: 12185751976, RMSE: 110389 ve standart sapma: 0.1536 olarak hesaplanmıştır.

Coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemi ile yapılan tahmin işlemi, çoklu regresyon yöntemi kriterlerine ek olarak konum kriterini de içerdiği için literatürdeki bazı örneklerde olduğu gibi daha iyi bir sonuç vermesi beklenebilir. Coğrafi ağırlıklı regresyon yönteminde ortalama mutlak hata 85533 TL hesaplanmış olup, bu değer çoklu regresyon yönteminde 89326 TL olmuştur.

Coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemi ile bağımlı değişkeni, bağımsız değişkenlerin ne kadar açıklayabildikleri de belirlenmiştir. Buna göre; ulaşım imkanları, ilkokula yakınlık, binanın kat sayısı, konutun brüt alanı, oda sayısı, yolcu asansörü, bina görevlisi, binanın açık otoparkı, güvenliği, sıcak su, sığınak, site, balkon, ebeveyn banyosu, kiler, stüdyo, binada dükkan ve kapalı otoparkın olması konutun değerini pozitif yönde etkilerken; alışveriş merkezine, taksi durağına, sağlık tesisine, şehir merkezine yakınlık, bina yaşı, net alan, salon sayısı, yük asansörü, havuz ve rezidans hizmetlerinin varlığı değeri negatif yönde etkilemektedir. Değeri pozitif yönde en çok brüt alan ve oda sayısı etkilerken; negatif yönde en çok bina yaşı ve alışveriş merkezine yakınlık etkilemektedir.



Şekil 6. Coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemi değer ve farkların gösterimi

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada çoklu regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemleri birbirlerine yakın doğruluk değerleri vermiş, fakat çoklu regresyon yöntemi ile elde edilen hata miktarı (R^2 : 0.741796, MAE: 89326, MAPE: 0.1675, MSE: 13256373049, RMSE: 115136 ve standart sapma: 0.1576) coğrafi regresyon ile hesaplanan hata miktarından (R^2 : 0.762649, MAE: 85533, MAPE: 0.1604, MSE: 12185751976, RMSE: 110389 ve standart sapma: 0.1536) az da olsa yüksek çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar veri setindeki veriler ile doğrudan alakalıdır. 69 farklı mahalleden toplanmış ve bu nedenle dağınık konumlarda, değer aralığı çok geniş ve sayı bakımından da oldukça fazla sayılabilecek bir miktar olan 1365 adet veri ile çalışmanın yapılmış olması, başarıyı olumlu yönde etkilemiştir.

Genel olarak hem çoklu regresyonun hem de coğrafi ağırlıklı regresyonun kısıtlılıkları ve avantajlı yönleri bulunmaktadır. Değerleme uzmanları toplu değerlendirme işlerinde hangi yöntemin kendi çalışma alanlarında daha iyi sonuç verdiğini, ihtiyaçlarını karşılama konusunda daha uygun bir çözüm olduğuna odaklanmalıdırlar. Kayseri şehir merkezinde belirlenen çalışma alanı içerisinde, çoklu regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemleri ile toplu değerlendirme işlemlerinin yapılabileceği anlaşılmış, veri setindeki veri sayısı ve çalışma alan sınırının optimum bir büyüklükte belirlenmesinin önemli bir gereklilik olduğu sonucuna varılmıştır.

Çok katlı binalarda yer alan konutların değerinin toplu olarak tespit edilmesinde, kentsel dönüşüm çalışmasının yapılacağı büyük alanlarda, toplu olarak yapılacak kamulaştırmalarda, konutların vergi değerlerinin belirlenmesi ve güncellenmesi gibi işlerde, çoklu regresyon ve coğrafi ağırlıklı regresyon yöntemlerinin kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- Akış, B. (2013). *İstatistikî yöntemlerle değer belirleme ve değer haritası üretimi - Selçuklu örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Alpaslan, H. İ. (2015). TMS/TFRS Kapsamında Gayrimenkul Değerleme ve Gerçeğe Uygun Değerin Tespitinde Emsal Karşılaştırma ve Gelir İndirgeme Yöntemleri Üzerine Bir Uygulama. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 17-35.
- Boza, E. (2015). *Investigation of housing valuation models based on spatial and non-spatial techniques* (Doctoral dissertation). Middle East Technical University, Geodetic and Geographic Information Technologies Department, Ankara, Türkiye.
- Baran, H. (2007). *Ailelerin konut satın alma tutum ve davranışları üzerinde bir araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Chatterjee, S., Hadi, A. S., & Price, B. (2015). *Regression analysis by example*. New York, NY: John Wiley & Sons Inc.
- Demirci, N. S. (2009). *Konut sorunu bağlamında ipoteye dayalı konut finansmanı sistemi (Mortgage) ve Türkiye'de konut finansmanı* (Yüksek Lisans Tezi). Kafkas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars.
- Demirel, B., Yelek, A., Alağaç, H. M., & Eren, T. (2018). Taşınmaz değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi ve kriterlerin önem derecelerinin çok ölçütlü karar verme yöntemi ile hesaplanması. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 665-682.

- Işık, O., & Pınarcıoğlu, M. (2006). Geographies of a silent transition: A geographically weighted regression approach to regional fertility differences in Turkey. *European journal of population / Revue européenne de Démographie*, 22, 399-421.
- İlhan, A. T., & Öz, S. (2020). Yapay sinir ağlarının gayrimenkullerin toplu değerlemesinde uygulanabilirliği: Gölbaşı ilçesi örneği. *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2), 160-188.
- Khamrabaeva, L. (2020). *Gayrimenkul Değerleme Yöntemleri: Hedonik Fiyat Modeli Üzerine Bir Uygulama* (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Küçükkaplan, İ., & Aldı, F. A. (2017). Denizli ilinde konut fiyatlarına etki eden faktörlerin panel verilerle analizi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(37), 219-236.
- Lockwood, T., & Rossini, P. (2012, January). Efficacy of the geographically weighted model on the mass appraisal process. In *18th Annual Pacific Rim Real Estate Society Conference, 2012. Proceedings.* (pp. 1–17).
- McCord, M. J., MacIntyre, S., Bidanset, P., Lo, D., & Davis, P. (2018). Examining the spatial relationship between environmental health factors and house prices: NO₂ problem? *Journal of European Real Estate Research*, 11(3), 353-398.
- Odabaşı, G. (2020). *Türkiye’de taşınmaz değerlendirme yöntemleri ve uygulama alanlarının irdelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli.
- Osland, L. (2010). An Application of Spatial Econometrics in Relation to Hedonic House Price Modeling. *Journal of Real Estate Research*, 32(3), 289-320.
- Tabar, M. E., Başara, A. C., & Şişman Y. (2021). Çoklu regresyon ve yapay sinir ağları ile Tokat ilinde konut değerlendirme çalışması. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 3(1), 01-07.
- Tanrıvermiş, H. (2017). *Gayrimenkul değerlendirme esasları, SPL Sermaye Piyasası Lisanslama Sicil ve Eğitim Kuruluşu Lisanslama Sınavları Çalışma Kitapları, Ders kodu 1014*. İstanbul: Lisanslama Sınavları Çalışma Kitapları.
- TCMB. (2022, Mayıs 11). *Konut fiyat endeksi*. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. Retrieved from https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket/collapse_26/5949/DataGroup/turkish/bie_hkfe/
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46(1), 234-240.
- Walacik, M. Cellmer, R., & Zrobek, S. (2013). Mass Appraisal-International Background, Polish Solution and Proposal of New Methods Application. *Geodetskii List*, 67(4), 255-269.
- Wang, D., Li, V. J., & Yu, H. (2020). Mass Appraisal Modeling of Real Estate in Urban Centers by Geographically and Temporally Weighted Regression: A Case Study of Beijing’s Core Area. *Land*, 9(5), 143. doi:10.3390/land9050143.
- Yalpır, Ş. (2007). *Bulanık mantık metodolojisi ile taşınmaz değerlendirme modelinin geliştirilmesi ve uygulaması: Konya örneği* (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.