



Keçiören/Ankara Özelinde Konut Rayiç Değerlerinin Tahmininde Çoklu Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Comparison of Multiple Regression Analysis and Artificial Neural Networks Methods in Estimation of Housing Fair Values in Kecioren/Ankara

Serkan Narin^{1*}, Orhan Doğan², Nassirou Bande³, Yunus Genç⁴

^{1,2,3,4} Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 71400 ve Kırıkkale, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 19/05/2023

Kabul / Accepted: 04/07/2023

Çevrimiçi Basım / Published Online: 12/07/2023

Son Versiyon/Final Version: 14/07/2023

Öz

Satışı yapılacak konutların gerçek değerini etkileyen yüzlerce parametre olması nedeniyle piyasa rayiç değerinin belirlenmesi çok önemli bir konudur. Bu çalışma ile konutların birden çok parametreye bağlı olan rayiç değerlerinin tahmininin hızlı ve doğru şekilde yapılabilmesi için hem istatistiksel yöntemlerden biri olan Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) hem de yapay zekâ yöntemlerinden biri olan Yapay Sinir Ağı (YSA) ile modeller geliştirilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, ÇRA ve YSA modellerini oluşturmak için Ankara'nın Keçiören ilçesine bağlı farklı mahallelerde yer alan, Türkiye'de gayrimenkul satışlarının yapıldığı bir e-ticaret sitesinde ilan edilmiş toplam 149 adet satılık konut dikkate alınmıştır. Bir konutun rayiç değerinin belirlenmesinde yüzlerce parametre içerisinde en etkili olan 6 adet parametre sayısallaştırılarak, ÇRA ve YSA modelleri kurulmuştur. Bu verilere bakıldığında seçilen bu YSA yönteminin ÇRA'ya kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler

"Yapay sinir ağları, Çoklu regresyon analizi, Konut, Rayiç değer, Gayrimenkul değerlendirme"

Abstract

Since there are hundreds of parameters that affect the real value of the houses to be sold, determining the fair value is a very important issue. In this study, models are developed and the results are compared with both Multiple Regression Analysis (MRA), which is one of the statistical methods, and Artificial Neural Network (ANN), which is one of the artificial intelligence methods, in order to estimate the fair values of houses that depend on multiple parameters quickly and accurately. For this purpose, a total of 149 houses for sale in different neighborhoods of Kecioren district of Ankara, which were advertised on an e-commerce website where real estate sales are made in Turkey, were taken into consideration to create the MRA and ANN models. The 6 most effective parameters among hundreds of parameters in determining the fair value of a house were digitized and MRA and ANN models were established. Considering these data, it is seen that this selected ANN method gives more successful results compared to MRA.

Key Words

"Artificial neural networks, Multiple regression analysis, House, Fair value, Real estate valuation"

1. Giriş

Toplumlarda insanların barınma ihtiyacını karşılayan konutlar, aynı zamanda önemli bir ekonomik yatırım aracı olup pazarlanması ve satışı aşamasında rayiç fiyatının tahmin edilmesi oldukça önemlidir. Rayiç fiyat kavramı, gayrimenkulün özellikleri ve niteliklerine göre değerlendirme işleminin yapıldığı gün ulaşılabilecek tahmini gerçekçi fiyat olarak tanımlanmıştır (Açlar,1989). Günümüzde gayrimenkul değerlemelerinde Gelir İndirgeme ve Maliyet Yöntemlerine kıyasla Emsal Karşılaştırma yöntemi tek başına yaygın olarak kullanılırken bu üç yöntemden ikisi veya her üçü birlikte de kullanılmaktadır.

Emsal Karşılaştırma yöntemi ile rayiç değeri belirlerken konuttan konuta değişkenlik gösteren yüzlerce faktörün olması hızlı ve gerçekçi sonuçların elde edilmesinde en büyük zaman alıcı zorluk olarak ortaya çıkmaktadır. Gayrimenkul değerlemesinde; binanın yapım yılı, tapu durumu, semt özelliği, mevki, inşaat kalitesi, katı, daire alanı, oda sayısı, asansör, açık/kapalı otopark, balkon, sosyal tesisler, yeşil alan, deniz ve doğa manzarası, ısınma ve güneş alma durumu, ulaşım vb. konut değerini etkileyen başlıca özellikler (Saraç, 2012) hakkında yeterli bilgi sahibi olunduktan sonra objektif olarak sonuca ulaşılmaktadır (Güngör,1999).

Gayrimenkul değerinin belirlenmesinde bazı faktörlerin taşınmaz değeri üzerindeki etkileri çok yüksek seviyede olurken bazılarının etkileri çok az veya sınırlı kalmaktadır. Gayrimenkul değerlemede en çok kullanılan yöntemler Tablo 1’de verilmiştir (Yalçır, 2007). Konut fiyatlarının hızlı ve gerçekçi tahmininde, gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayar destekli yöntemlerden başta çoklu regresyon analizi (ÇRA) ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. ÇRA makine öğrenimini gerçekleştirip bilgiyi saklayabilirken, YSA örnekleri kullanarak öğrenmesi ve görülmemiş örnekler hakkında bilgi vermesi bakımından konut değerlemede daha ön planda tutulmaktadır (Elmas, 2007; Öztemel, 2003). Farklı parametreler kullanılarak konut fiyatlarının ÇRA ve YSA ile tahmin edilmesi üzerine ayrı ayrı ve birlikte yapılmış birçok literatür çalışması bulunmaktadır.

Tablo 1. Gayrimenkul değerlendirme yöntemleri

Geleneksel Yöntemler	İstatiksel Yöntemler	Modern Yöntemler
Emsal Karşılaştırma	Nominal	YSA
Gelir indirgeme	ÇRA	Bulanık Mantık
Maliyet	Hedonik RA	Konumsal Analiz

Konut değerlendirme analizinde 334 veri seti ile yapılan bir çalışmada, ÇRA ile %89 ve YSA ile %81 doğruluk oranına erişildiği ve ÇRA’nın daha anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür (Rossini, 1997). Başka bir çalışmada YSA’nın tahmin başarısının ÇRA’ya göre daha iyi olduğunu (Wilkowski ve Budzyński 2006; Özkan vd., 2007) ve YSA’nın doğrusal olmayan ilişkileri tespit etme kabiliyetinin diğer geleneksel modellere göre daha iyi düzeyde olduğunu belirtmişlerdir (Garcia vd., 2008). Ayrıca yeterli veri ve doğru analiz yapılması şartı ile YSA’ya ek olarak bulanık mantık metodunun da elverişli bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir (Zurada vd., 2006). Tabanoğlu (2019) konut fiyat tahmini için Düzce ilinde 150 adet konuta ait 22 değişken kullanmış ve YSA’nın %3.58 hata oranı ile ÇRA’ya göre gerçeğe daha yakın ve uygulanabilir nitelikte olduğunu belirtmiştir. Tabar vd. (2021) konut fiyat tahmini için Tokat ili, Merkez ilçesi, Karşıyaka Mahallesi’nde emlak satış sitesinden temin edilen 176 adet veriye ait 7 değişkeni kullanmış ve doğruluk oranını ÇRA’da %95.05, YSA’da ise %96.75 olarak bulmuştur.

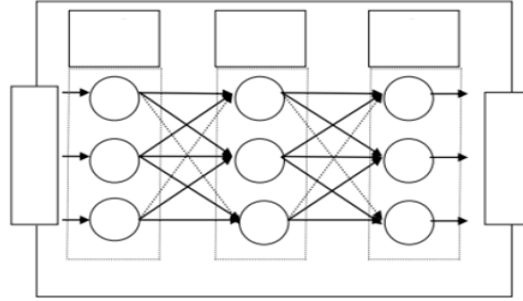
Bande vd. (2022) Ankara’nın Yenimahalle ilçesinde internette satış ilanlarından alınan toplam 220 adet satılık konuta ait 14 değişkeni kullanmış ve regresyonu (R) %94.83 ve doğruluk oranını %89.14 bulmuş, benzer şekilde yapılmış olan bu çalışmadaki sayısallaştırma değerlerini Doğan vd. (2023a) yeniden düzenleyerek YSA modelleri oluşturmuş, regresyonu (R) %95.99 ve doğruluk oranını %91.73 bulmuştur. Ayrıca, Doğan vd. (2022) YSA yöntemiyle Ankara’nın Keçiören ilçesinde internette satış ilanlarından alınan toplam 149 adet satılık konuta ait 11 değişkeni kullanmış ve regresyonu (R) %94.31 ve doğruluk oranını %91.59 bulmuş, benzer şekilde yapılmış olan bu çalışmadaki sayısallaştırma değerlerini Doğan vd. (2023b) yeniden düzenleyerek YSA modelleri oluşturmuş, regresyonu (R) %95.10 ve doğruluk oranını %93.02 bulmuştur. Sonuç olarak, YSA mimarisinin konut fiyatının tahmininde daha başarılı sonuçlar verdiğini görmüştür.

Bu çalışmada, bir e-ticaret sitesinden (Sahibinden.com, 2020) Ankara’nın Keçiören ilçesinde birbirlerine komşu olan Atapark, Ufuktepe ve Kanuni Mahallelerinde 2019 yılının aralık ayında ilanda bulunan toplam 149 adet satılık konutun rayiç değerlerinin belirlenmesinde en etkili olan 6 adet değişken [bina yaşı, bulunduğu kat, oda sayısı, dairenin net alanı (m²), site durumu ve kapalı garaj durumu] kullanılarak oluşturulan ÇRA ve YSA modelleri karşılaştırılmıştır.

1.1. Yapay sinir ağları

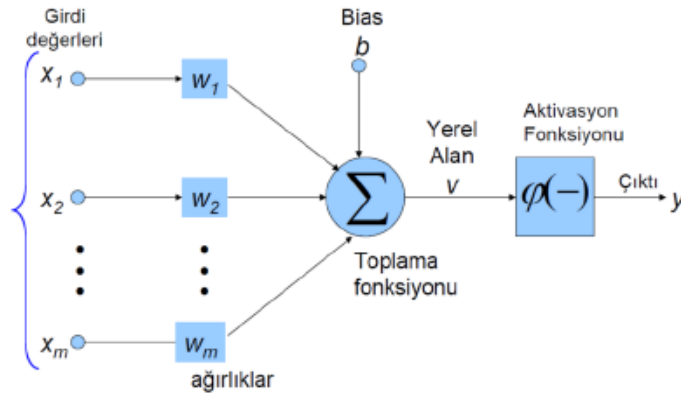
Yapay zekanın bir alt dalı olan YSA, insan beyninin çalışma prensibini kendine model edinen yapay sistemlerden biridir. Son yılların en yaygın konularından biri olan YSA, az bilgi ile çalışabilmesi, daha önce hiç karşılaşmadığı olayların sonuçlarını mevcut örneklerden faydalanarak belirleyebilmesi, belirsizlikler altından karar verebilmesi, hızlı çalışması ve tanımlama kolaylığı özelliklerine sahip olmasından dolayı tahmin, sınıflama ve görüntü tanıma başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır.

Çok katmanlı bir yapay sinir ağında, birbirleriyle bağlantılı sinir hücrelerinin yer aldığı girdi, çıktı ve gizli olmak üzere üç katman bulunmaktadır. İlk katman olan girdi katmanı, dışarıdan gelen verilerin YSA'ya alınmasını sağlar. Dış ortamla bağlantıları olmayan gizli katmandaki nöronlar, girdi katmanından gelen sinyalleri çıktı katmanına gönderirler. Son katman olan çıktı katmanı ise bilgilerin dışarıya iletilmesi işlevini görür. Modeldeki girdi ve çıktı katmanı haricindeki tüm diğer katmanlar gizli katman olarak isimlendirilir ve girdi ile çıktı katmanı arasında yer alır (Alşahin, 2015). Çok katmanlı bir yapay sinir ağı modelinin yapısı ve katmanları **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Örnek çoklu yapay sinir ağı modeli (Doğan vd., 2022)

Biyolojik sinir hücresine göre daha basit bir yapıya sahip olan ve birbirlerine bağlı, beraber çalışabilen hücrelerden meydana gelen YSA hücresinin nöron modeli Şekil 2'de verilmiştir. YSA'daki tüm nöronlar, aldığı girdi değerlerini tek bir çıktı değeri olarak verirler. Bir yapay sinir hücresi temel olarak giriş değerleri, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı değeri olmak üzere 5 adet bileşenden meydana gelmektedir (Koçer, 2016).



Şekil 2. Bir YSA modelinin yapısı (URL-1, 2022)

Kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının eksen verileri $[-1,1]$ arasında değiştiği için, ağı daha verimli hale getirebilmek adına giriş ve çıkış değişkenlerine bazı normalizasyon teknikleri uygulamak gerekmektedir. Literatürde normalizasyon teknikleri olarak Medyan, Sigmoid, Z-Score, Minimum kuralı ve Maksimum kuralı bulunmaktadır. (Jayalakshmi ve Santhakumaran, 2011).

1.2. Çoklu regresyon analizi

Gayrimenkul değerlemelerde, geleneksel ve modern değerlendirme yöntemlerinden farklı olarak istatistiksel değerlendirme yöntemlerinden biri olan ÇRA yöntemi de kullanılmaktadır. Geleneksel yaklaşımlardan farklı olarak ÇRA'nın kullanımı tarafsız karşılaştırılabilir özellikler sağlar ve süreç büyük bir doğrulukla tekrar tekrar gerçekleştirilebilir (Shawn vd., 2019).

Doğrusal regresyon analizi bağımlı ve bağımsız değişken/değişkenlerden oluşur. Eğer tek bağımsız değişken var ise basit doğrusal regresyon, iki ya da daha fazla bağımsız değişken var ise çoklu doğrusal regresyon adı verilmektedir. Regresyon analizinde değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel olarak anlamlandırılması ve modellenmesi hedeflenmektedir (Chatterjee ve Hadi, 2015).

Mevcut verilerden yararlanılarak henüz bilinmeyen durumlar hakkında yapılan geleceğe yönelik öngöründe bulunma işlemine istatistikte yordama denir. Regresyon ise, modern istatistikte bilinen değerler kullanarak bilinmeyen değerlerinin bulunması olarak tanımlanmaktadır (Akış, 2013). Bu öngöründe, korelasyon değeri 0 olduğu durumda değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığı, ± 1.00 olduğu durumda ise değişkenler arasındaki ilişkinin yüksek ve başarılı olduğu kabul edilir (Zeng ve Zhou, 2001).

Çoklu doğrusal regresyonda kullanılan gerçek ve öngörülen denklemler sırasıyla, Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n + \varepsilon$$

(1)

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_n \cdot X_n \quad (2)$$

Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)'de yer alan; \hat{Y}, Y bağımlı değişkenleri, X_1, X_2, \dots, X_n bağımsız değişkenleri, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ gerçek değer denkleminin katsayılarını, b_1, b_2, \dots, b_n öngörülen değer denkleminin katsayılarını, ε ise gerçek değer denkleminin hatasını ifade etmektedir.

2. Çalışma Yöntemi

2.1. Uygulama alanının belirlenmesi

Bu çalışmada; uygulama alanı olarak Türkiye'nin büyük ilçelerinden biri olan ve yoğun göç alan Atapark, Ufuktepe ve Kanuni Mahalleleri seçilmiştir (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**3). Seçilen mahallelerde binalar birçok özelliği ile birbirine yakın emsal oluşturacak niteliktedir. Ayrıca, nüfus olarak Atapark'ın 51.263; Ufuktepe'nin 17.981; Kanuni'nin 30.454 kişi olduğu ve yer aldıkları Keçiören ilçesinde konut satış hareketliliğinin 2021 yılı için 23.170 adetle oldukça yüksek olduğu görülmektedir (TÜİK, 2022). Mikro ölçekte her mahallenin ayrı ayrı ele alınmasının daha sağlıklı sonuçlar verdiği gerçeği göz önüne alındığında, bu çalışmada, yeterli sayıda veri elde edebilmek için birbirlerine komşu ve benzer özelliklerde olan üç adet mahalle birlikte ele alınmış ve konutların tahmini rayiç değerleri belirlenmiştir.



Şekil 3. Uygulama alanı

2.2. Veri setinin oluşturulması

Türkiye'nin gayrimenkul satışlarında ilk sıralarda yer alan e-ticaret sitesinden (Sahibinden.com, 2020), 2019 yılının Aralık ayında söz konusu mahallelerdeki toplam 149 adet satılık konut değerlendirmeye alınmıştır. Atapark'da 80, Kanuni'de 43, Ufuktepe'de 26 olmak üzere toplam 149 adet sahibinden satılık konutların özelliklerine ilişkin veri tabanı, e-ticaret sitesinden faydalanılarak oluşturulmuştur (Sahibinden.com, 2020).

Veri setinde; bina yaşı, bulunduğu kat, oda sayısı, dairenin net alanı (m^2), site durumu ve kapalı garaj durumunu içeren 6 adet giriş değişkeni ve konutun tahmini rayiç fiyatını içeren 1 adet de çıkış değişkeni kullanılmıştır.

2.3. Sayısallaştırma ve Normalizasyon İşlemleri

Elde edilen verilerin doğrudan kullanımı analiz için uygun olmadığından, 149 adet konuta ait 6 adet giriş ve 1 adet çıkış değişkenlerinin sayısallaştırılması ve normalizasyonu şu şekilde yapılmıştır:

Bina yaşı: Binanın yaşı için yapılan sayısallaştırma değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Bina yaşına ait sayısal değerler

Bina Yaşı	Sayısal Değeri
0	8
1-4	7
5-10	6
11-15	5
16-20	4
21-25	3
26-30	2
30 ve üzeri	1

Bulunduğu Kat: Dairenin zemin kotuna (0.00) binanın hangi katında yer aldığı ile ilgili yapılan sayısallaştırma değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Dairenin bulunduğu kata ait sayısal değerler

Bulunduğu Kat	Sayısal Değeri
2. Bodrum	1
1. Bodrum	2
Zemin	3
1-5	4
6-10	5
11-15	6
16-20	7
21-25	8
26 ve üzeri	9

Oda sayısı: Dairede bulunan oda sayısı şu şekilde sayısallaştırılmıştır. Oda sayısı, 3+1 bir daire için (4); 3+2 bir daire için (5); 2,5+1 daire için (3,5); vb.

Dairenin net alanı: Dairenin m² cinsinden net alanı şu şekilde sayısallaştırılmıştır. Dairenin net alanı, 110 m² bir daire için (110), 180m² bir daire için (180); vb.

Site durumu: Dairenin bulunduğu bina site içerisinde yer almıyorsa (0), site içerisinde yer alıyorsa (2) verilerek sayısallaştırılmıştır.

Kapalı garaj durumu: Dairenin bulunduğu bina içerisinde kapalı garaj yer almıyorsa (0), kapalı garaj yer alıyorsa (1) seçilmiştir.

Fiyat: Dairenin TL cinsinden fiyatı şu şekilde sayısallaştırılmıştır. Fiyatı, 185.600 TL bir daire için (185.500); 212.000 TL bir daire için (212.000); vb.

Veri setinde yer alan tüm veriler, Eşitlik (3)’te verilen normalizasyon formülünden faydalanılarak [0,1] arasında normalize edilmiştir.

$$x_n = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (3)$$

Eşitlik (3)’te yer alan; x_n niteliğin normalize edilmiş değerini, x_i niteliğin o anki aldığı değerini, x_{\min} ve x_{\max} da sırasıyla niteliğin aldığı en küçük ve en büyük değerlerini ifade etmektedir.

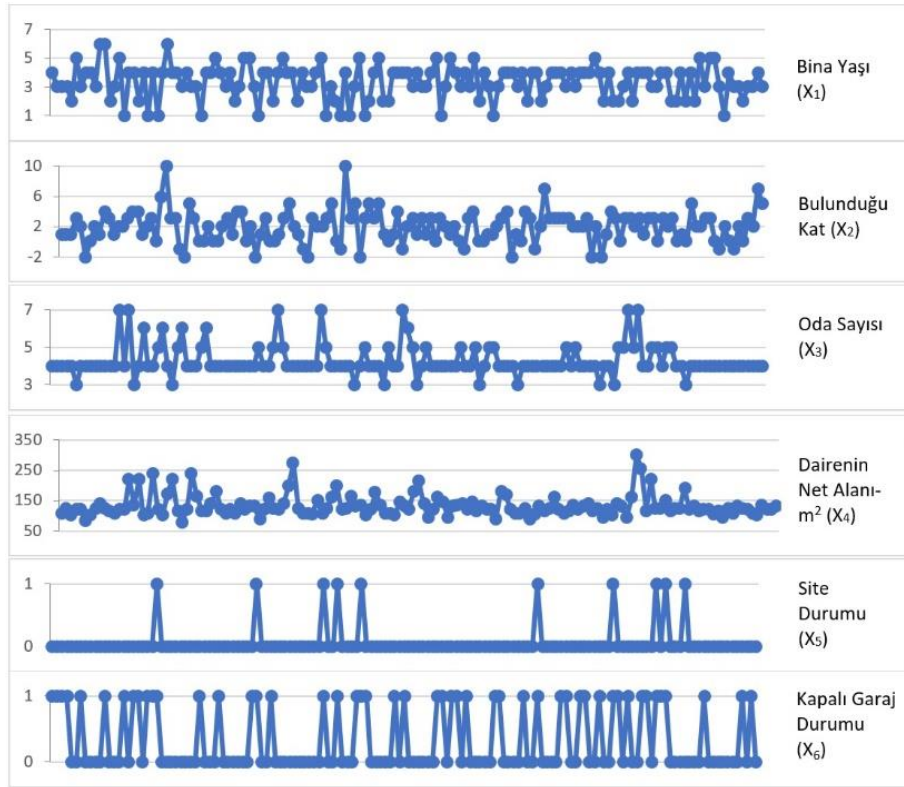
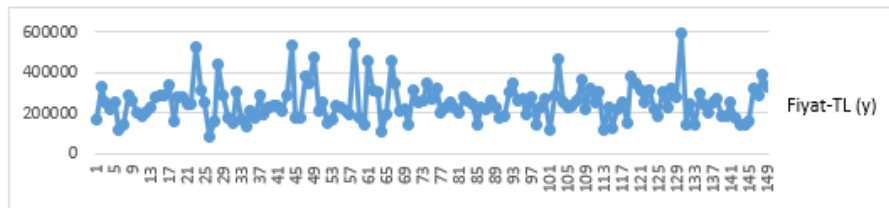
2.4. Giriş ve çıkış değişkenlerine ait istatistiki bilgiler

Tablo 4’te giriş ve çıkış değişkenlerinin sayısı (N), aralık, minimum, maksimum, ortalama, standart sapma ve varyans değerleri gibi istatistiki bilgiler verilmiştir.

Tablo 4. Değişkenlere ait istatistiki bilgiler

Giriş (x) ve Çıkış (y) Değişkenleri	N	Aralık	Min.	Max.	Ortalama	Std. Sapma	Varyans	
Bina Yaşı	x ₁	149	5	1	6	3.36	1.16	1.35
Bulunduğu Kat	x ₂	149	12	-2	10	1.93	2.11	4.44
Oda Sayısı	x ₃	149	4	3	7	4.30	0.84	0.71
Dairenin Net Alanı (m ²)	x ₄	149	220	80	300	132.99	36.81	1355.21
Site Durumu	x ₅	149	1	0	1	0.07	0.25	0.06
Kapalı Garaj Durumu	x ₆	149	1	0	1	0.33	0.47	0.22
Fiyat (TL)	y	149	504500	85500	590000	251000	89819	8.07E+09

Şekil 4'te her değişkenin tanımlayıcı istatistiki değerleri elde edildikten sonra, giriş değişkenlerinin veri dağılım grafiği, **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** Şekil 5'te de çıkış değişkeninin veri dağılım grafiği verilmiştir. Grafiklerdeki x eksenini veri sayısını, y eksenini ise her bir değişkenin değerini ifade etmektedir.

**Şekil 4.** Giriş değişkenlerinin veri dağılım grafiği**Şekil 5.** Çıkış değişkeninin veri dağılım grafiği

2.5. YSA mimarisinin belirlenmesi

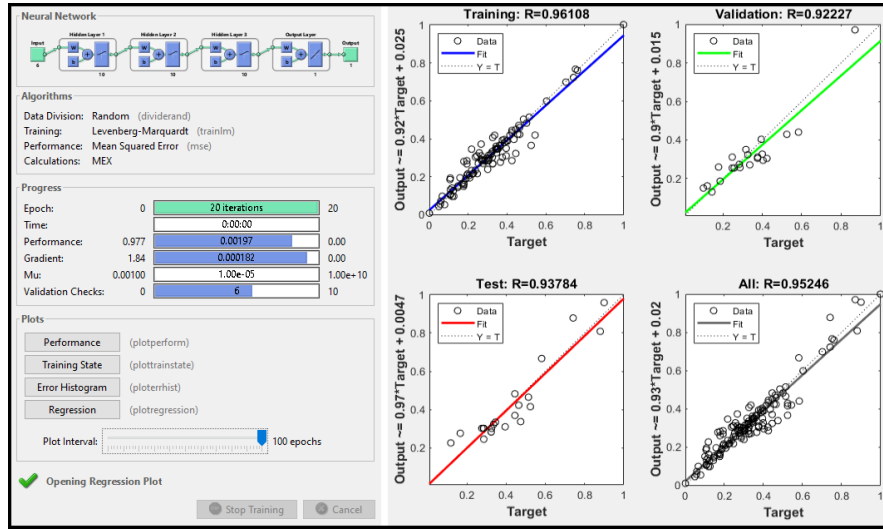
Çok karmaşık ve zor işlemleri basitleştirerek çözüme kavuşturması ve sonuçların hızlı ve sağlıklı bir şekilde elde edilmesi bakımından MATLAB R2021a programından faydalanılarak YSA ile konut taşınmazlarının rayiç değerlerinin tespiti yapılmıştır. Programda giriş veri setine 6x149, çıkış veri setine 1x149 olacak şekilde matris tanımlanmıştır. Çeşitli bilimsel çalışmalarda tercih edilen oranlardan faydalanılarak girilen 149 adet veriden eğitim için %70'i (105 adet), doğrulama için %15'i (22 adet), test için %15'i (22 adet) rastgele kullanılmış ve çözümlenmeler yapılmıştır. Çalışmada, ağ yapısı için çok katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ algoritması ve en hızlı geri yayılım algoritması olan "trainlm" komutu kullanılarak, Levenberg-Marquardt Algoritması (LMA) ile eğitilmiştir. Çıkış katmanında transfer fonksiyonu doğrusal "purelin" kullanılmıştır.

En iyi YSA mimarisini bulmak için deneme-yanılma yöntemi kullanılmış, ilk önce ara katman sayısı 1 kabul edilerek nöron sayısı artırılmış akabinde aktivasyon fonksiyonu değiştirilmiştir. Daha sonra ara katman sayısı değiştirilerek aynı işlemler tekrarlanmıştır (Tablo 5). Performans fonksiyonu olan MSE 0'a yakın, parametreler arasındaki ilişkiyi ifade eden regresyon R'nin de 1'e yakın olması öğrenmenin başarı oranını göstermektedir.

Tablo 5. En iyi YSA mimarisinin belirlenmesi için deneme-yanılma sonuçları

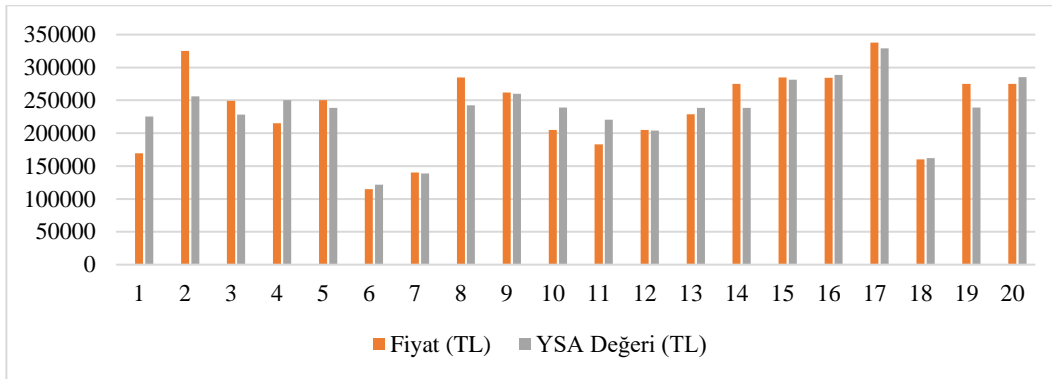
Ara Katman Sayısı	Aktivasyon Fonksiyonu	Katmanlardaki Nöron Sayısı	MSE Değeri	R Değeri
Tek Katmanlı	Sigmoid	1	0.0089300	0.847960
	Sigmoid	5	0.0027000	0.921780
	Sigmoid	10	0.0026200	0.919540
	Sigmoid	15	0.0026300	0.925670
	Hiperbolik Tanjant	15	0.0015600	0.928930
	Hiperbolik Tanjant	20	0.0013400	0.934870
İki Katmanlı	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)	1-1	0.0097900	0.850160
	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)	5-5	0.0025000	0.926850
	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)	10-10	0.0024800	0.940920
	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)	15-15	0.0017000	0.926120
	Sigmoid (1)-Hiperbolik Tanjant (2)	15-15	0.0014000	0.916830
	Hiperbolik Tanjant (1)-Hiperbolik Tanjant (2)	15-15	0.0018300	0.932350
Üç Katmanlı	Hiperbolik Tanjant (1)-Hiperbolik Tanjant (2)	20-20	0.0016000	0.942060
	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)-Sigmoid (3)	1-1-1	0.0092400	0.849690
	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)-Sigmoid (3)	5-5-5	0.0028600	0.934140
	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)-Sigmoid (3)	10-5-5	0.0023700	0.938850
	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)-Sigmoid (3)	10-10-5	0.0024400	0.928420
	Sigmoid (1)-Sigmoid (2)-Sigmoid (3)	10-10-10	0.0019700	0.952460
	Sigmoid (1)-Hiperbolik Tanjant (2)-Sigmoid (3)	10-10-5	0.0019900	0.940230
Sigmoid (1)-Hiperb. Tanj. (2)-Hiperb. Tanj. (3)	10-10-5	0.0020900	0.932800	

Yapılan denemeler sonucunda, üç ara katmanlıda ara katman nöron sayısı 10, aktivasyon fonksiyonları sigmoid olan ağ mimarisi performansının en uygun olduğu belirlenmiştir. Seçilen 20 iterasyon için programın yaptığı çözümlenme neticesinde, performans fonksiyonu olan MSE 0.00197, tüm verilerin işlendiği eğitim grafiğinde R ise 0.95246 olarak bulunmuştur. Programın sonuç ekranı ve ağ çıktılarını eğitim-doğrulama-test grupları için hedef değerlere göre ayrı ayrı veren regresyon grafikleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Sonuç ekranı ve regresyon grafikleri

Veri setinde yer alan ilk 20 adet konutun rayiç ve YSA ile hesaplanan değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 7’de verilmiştir. Toplam test verisi için YSA değerleri ile rayiç değerleri arasındaki doğruluk oranı %92.81 olarak bulunmuştur.

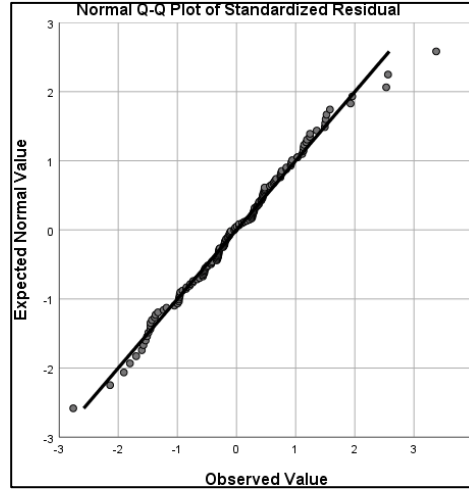


Şekil 7. Konut rayiç ve ysa değerlerinin grafiksel gösterimi (ilk 20 adet)

2.6. Çoklu regresyon analizi uygulaması

Bu çalışma için bağımlı değişken dairenin fiyatı seçilirken, binanın yaşı, dairenin bulunduğu kat, oda sayısı, dairenin net alanı (m²), site durumu ve kapalı garaj durumu ise bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Metrik olmayan bu gözlemlerin metrik hale çevirebilmesi için veri setinde yer alan tüm veriler, Eşitlik (3)’de verilen normalizasyon formülünden faydalanılarak olumlu veriler için “1”, olumsuz veriler için “0” olacak şekilde [0,1] arasında normalize edilmiştir.

Normalize edilmiş konut verileri SPSS yazılımına tanımlanarak, enter yöntemi ile regresyon eşitliği elde edilmiştir. Elde edilen bu regresyon eşitliğiyle konut değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada ilk olarak veri setinde yer alan değişkenlerin dağılım durumları analiz edilmeye çalışılmıştır. Kurulan modelde kullanılan bina yaşı, bulunduğu kat, oda sayısı, daire net alanı, site durumu ve kapalı garaj durumu değişkenlerinin normallik dağılımı Şekil 8’de verilmiş olup değişkenlerin dağılımının normal olmadığı görülmüştür.



Şekil 8. Değişkenlerin normallik dağılımı

ÇRA modeline ait SPSS yazılımının verdiği uygulama sonuçları Şekil 9’da verilmiş olup en uygun modelin regresyonu $R=0.815$ ve $R^2=0.665$ olarak bulunmuştur.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	Change Statistics			Sig. F Change	Durbin-Watson
						F Change	df1	df2		
1	.815 ^a	.665	.651	.1052293063	.665	46,942	6	142	.000	1,892

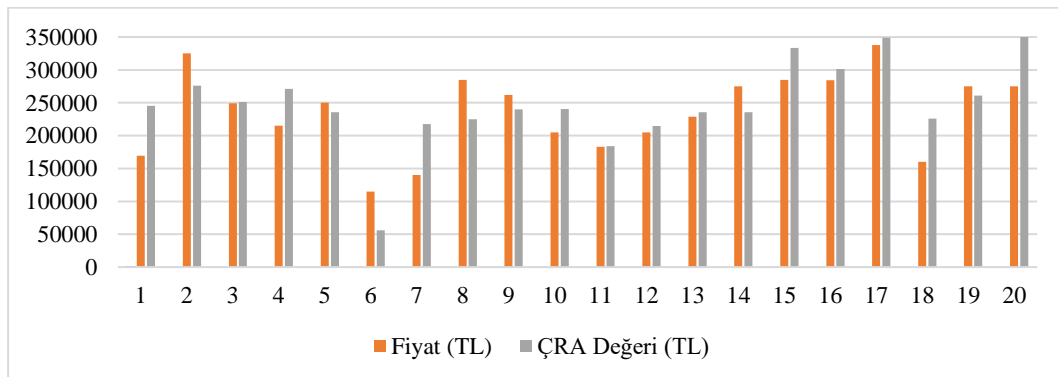
a. Predictors: (Constant), Kapalı Garaj Durumu, Oda Sayısı, Site İçerisinde mi?, Bulunduğu Kat, Bina Yaşı, Net Alanı (m2)
b. Dependent Variable: Fiyat (TL)

Şekil 9. ÇRA modeline ait sonuçlar

Yapılan analizler sonucunda bulunan ÇRA eşitliği Eşitlik 4’te verilmiştir. Konutun tahmini fiyatının normalize edilmiş değeri Eşitlik 4’ten faydalanılarak hesaplandıktan sonra, Eşitlik 3’te verilen normalizasyon formülünden tahmini fiyatı belirlenmektedir.

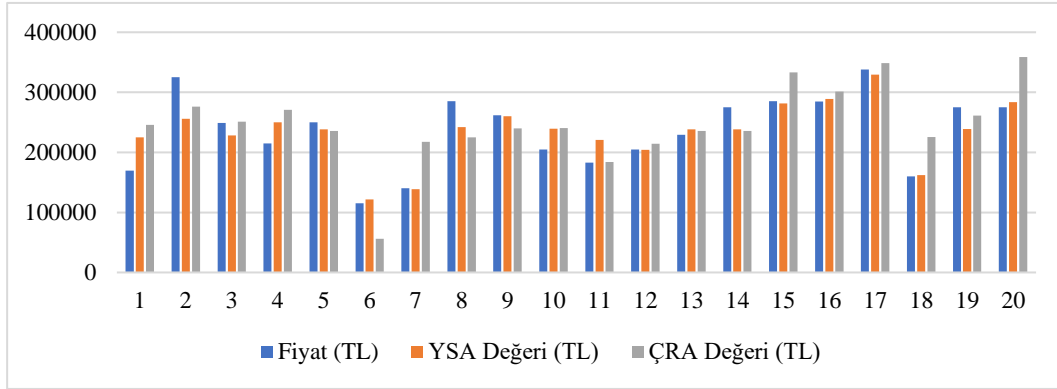
$$\text{Fiyat} = -0,093 + 0,123 \times \text{Bina Yaşı} + 0,267 \times \text{Bulunduğu kat} + 0,079 \times \text{Oda sayısı} + 0,431 \times \text{Net Alanı} + 0,121 \times \text{Site Durumu} + 0,070 \times \text{Kapalı Garaj Durumu} \quad (4)$$

İlk 20 adet konutun rayiç değerleri ile ÇRA ile hesaplanan değerlerin grafiksel gösterimi Şekil 10’da verilmiştir. Toplam test verisi için ÇRA yöntemiyle hesaplanan konut değerleri ile rayiç değerleri arasındaki doğruluk oranı %84.91 olarak elde edilmiştir.



Şekil 10. Konut rayiç ve ÇRA değerlerinin grafiksel gösterimi (ilk 20 adet)

İlk 20 adet konutun rayiç, YSA ve ÇRA ile hesaplanan değerlerin grafiksel gösterimi Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Konut rayiç, YSA ve ÇRA değerlerinin grafiksel gösterimi (ilk 20 adet)

3. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında konut rayiç değerlerinin tahmininde YSA ve ÇRA yöntemlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Konut rayiç değerlerinin gerçeğe en yakın şekilde tahmin edilmesinin önemi, insanların elindeki kısıtlı maddi kaynakların en uygun yatırıma en doğru şekilde aktarılması zorunluluğundan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte zaman da kısıtlı bir kaynaktır ve doğru tasarruf edilmesi gerekir. Bu çalışmada yalnızca 6 adet parametre kullanılarak %92.81 oranına ulaşılması yalnızca matematiksel olarak bir başarı değil, zaman tasarrufu açısından da büyük bir öneme sahip olup çalışmanın özgünlüğünü yansıtmaktadır. Doğan vd (2022) YSA yöntemiyle Ankara'nın Keçiören ilçesinde üç farklı ve komşu mahallesinde bulunan internette satış ilanlarından alınan toplam 149 adet satılık konut için 11 adet bağımsız değişken kullanmış ve regresyonu (R) %94.31, ortalama karesel hatayı (MSE) 0.000197 ve doğruluk oranı %91.59 bulmuştur. Bu çalışmadaki 149 adet satılık konut için, konut fiyatında etkili olabilecek en etkili 6 adet (bina yaşı, bulunduğu kat, oda sayısı, dairenin net alanı(m²), site durumu ve kapalı garaj durumu) değişken kullanılarak, YSA ve ÇRA yöntemleri ile ayrı ayrı analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak, literatürde konutların sahip olduğu özelliklerine göre rayiç fiyatlarının YSA ve ÇRA ile tahmin edilmesi üzerine Wilkowski ve Budzyński (2006), Özkan vd. (2007), Tabanoğlu (2019) ve Tabar vd. (2021) tarafından yapılmış çalışmalarda olduğu gibi yapılan bu çalışma ile, YSA yönteminde ortalama hatanın karesi (MSE) 0.001970, regresyon (R) değeri %95.2460 ve doğruluk oranı %92.81 olarak bulunurken, ÇRA yönteminde ortalama hatanın karesi (MSE) 0.011073, regresyon (R) değeri %81.50 ve doğruluk oranı %84.914 olarak bulunmuştur. Bu verilere bakıldığında seçilen bu YSA yönteminin ÇRA'ya kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışma sonuçları, bulunan YSA ve ÇRA yöntemlerinin konut değerlendirme uygulamalarında kullanılabilirliğini ve değerlemenin hızlı ve yüksek doğrulukla yapılabilirliğini göstermiştir.

Bu çalışmayı diğer çalışmalardan özgün kılan, daha önce yapılmış çalışmalardan daha az fakat en etkili değişkenler kullanılarak oldukça başarılı YSA sonuçlarının elde edilmesidir. Örneğin; Doğan vd (2022) tarafından yapılan çalışmada dikkate alınan 11 adet değişken ile %94.31 doğruluk oranı bulunurken, değişken sayısı daha etkili olan 6 adede indirgenerek yine çok yakın bir değer olan %92.81 doğruluk oranının bulunmasıdır.

Bu çalışmaya ek olarak, bu çalışmada ortaya konan yapay sinir ağı modelinde 6 adet değişken dikkate alınarak başka bölgeler için geliştirilebileceği gibi, ÇRA ile etkisi belirlenen kapalı garaj gibi tahmini fiyata etkisi en düşük olan değişkenler ihmal edilip, daha az sayıda değişkenle başka bölgeler için de geliştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, önerilen bu çalışmanın sonuçları ile bulanık mantık, destek vektör makinesi ve diğer yapay zekâ yöntemlerinin sonuçları ile kıyaslanması yapılabilir.

İlaveten, bu çalışmada mevcut parametreler içerisinde yer almayan “deprem riski” ve “binanın korozyon yaşı” kriterlerinin parametre olarak kullanılacağı gelecekteki çalışmalar, konut rayiç değerlerinin tahmininde daha yüksek yüzdelere ulaşabileceğini ve satın alınan konutun insan hayatı için önemini de ortaya koyacaktır.

Referanslar

Açlar, A. (1989). Taşınmaz Değerlemesi Ders Notları.

- Akış, B. (2013). İstatistiki Yöntemlerle Değer Belirleme Ve Değer Haritası Üretimi Selçuklu Örneği Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği ABD, Konya, Türkiye.
- Alşahin, S. (2015). Yapay Sinir Ağları İle Kiriş Tipi Yapılarda Hasar Tanımlama, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye.
- Bande, N., Doğan, O., Genç, Y., & Akyön, F.Ç. (2022) Yenimahalle/Ankara Özelinde Konut Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları Metodu İle Belirlenmesi, 7. Uluslararası Erciyes Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Kayseri, Türkiye.
- Bande, N. (2022). Yapay Zekâ Yaklaşımı ile Ankara'daki İki Farklı Lokasyonda Gayrimenkul Değerleme Üzerine Uygulamalar, Kırıkkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, Kırıkkale, Türkiye.
- Chatterjee, S. & Hadi, A. S. (2015). Regression Analysis By Example: John Wiley & Sons.
- Doğan, O., Bande, N., Genç, Y. & Akyön, F.Ç., Keçiören/Ankara Özelinde Konut Rayiç Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu Kullanılarak Tahmini, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 2022 (35):113-128, 2022.
- Elmas, Ç. (2007). Yapay Zekâ Uygulamaları, Ankara, Türkiye.
- García, N., Gámez, M., & Alfaro, E. (2008). ANN+GIS: An Automated System for Property Valuation, Neurocomputing, 71(4), 733-742.
- Google Earth Pro. (2020). Erişim Adresi: <https://www.google.com.tr/intl/tr/earth/>
- Güngör, E. (1999). Gayrimenkul Değerlemesi ve Türkiye'de Sermaye Piyasalarında Gayrimenkul Ekspertiz Şirketlerine Yönelik Düzenlemeler Yapılmasına İlişkin Öneriler, T.C. Başbakanlık Sermaye Piyasası Kurulu Kurumsal Yatırımcılar Dairesi, Yeterlik Etüdü, Ankara, Türkiye.
- Jayalakshmi, T., & Santhakumaran, A. (2011). Statistical Normalization and Back Propagation for Classification, International Journal of Computer Theory and Engineering, 3(1), 89-93.
- Keçiören Belediyesi. (2019). Erişim Adresi: <http://kentbs.kecioren.bel.tr/>
- Koçer, M. (2016). Fretli Kolonların Kesme, Eğilme ve Süneklilik Kapasitelerinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Bande, N., Doğan, O., Genç, Y., & Akyön, F.Ç. (2022). Yenimahalle/Ankara Özelinde Konut Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları Metodu İle Belirlenmesi. 7. Uluslararası Erciyes Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 9-10 Mart 2022, Kayseri, Türkiye.
- Doğan, O., Bande, N., Genç, Y., & Akyön, F.Ç. (2022). Keçiören/Ankara Özelinde Konut Rayiç Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu Kullanılarak Tahmini, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, (35), 113-128.
- Doğan, O., Bande, N., Genç, Y., Akyön, F.Ç., & Tanç, R. (2023a). The Importance of Digitization in Estimating Housing Fair Value with the Artificial Neural Networks Method: The Case of Yenimahalle/Ankara/Türkiye, Brilliant Engineering, 1, 4768.
- Doğan, O., Bande, N., Genç, Y., & Koç, F. (2023b). Yapay Sinir Ağları Metodu ile Konut Özellikleri Yeniden Sayısallaştırılarak Rayiç Değerinin Tahmin Edilmesi: Keçiören/Ankara Örneği, Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi, 5(1), 09-19.
- Özkan, G., Yalpır, Ş., & Uygunol, O. (2007). An Investigation on the Price Estimation of Residable Real Estates by Using Artificial Neural Network and Regression Methods, The 12th Applied Stochastic Models and Data Analysis International Conference (ASMDA), Chania, Crete, Greece.
- Öztemel, E. (2003). Yapay Sinir Ağları, İstanbul, Türkiye.
- Rossini, P.A. (1997). Artificial Neural Networks Versus Multiple Regression in the Valuation of Residential Property, Australian Land Economics Review, 3(1), 1-12.
- Sahibinden.com. (2020). Erişim Adresi: <https://www.sahibinden.com/>
- Saraç, E. (2012). Yapay Sinir Ağları Metodu İle Gayrimenkul Değerleme, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Shawn L.R., McKnight, A., Misty R.P., & Rachel N.C. (2019). Considerations for a Regression-Based Real Estate Valuation and Appraisal Model: A Pilot Study, Accounting and Finance Research, Vol. 8, No. 2; 2019. URL: <https://doi.org/10.5430/afr.v8n2p99>

Tabanoğlu, M. (2019). Konut Yapılarının Rayiç Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu Kullanılarak Tahmin Edilmesi: Düzce İli Örneği, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.

Tabar, M.E., Başara, A.C., & Şişman, Y. (2021). Çoklu Regresyon ve Yapay Sinir Ağları ile Tokat İlinde Konut Değerleme Çalışması, Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi, 3(1), 01-07.

TÜİK. Türkiye İstatistik Kurumu. (2022). Erişim Adresi: <http://www.tuik.gov.tr/>

URL-1. (2022) <http://teknogezegen.com/yapay-sinir-aglari/>

Wilkowski, W., & Budzyński, T. (2006). Application of Artificial Neural Networks for Real Estate Valuation, Shaping the Change XXIII FIG Congress, Munich, Germany.

Yalçır, Ş. (2007). Bulanık Mantık Metodolojisi ile Taşınmaz Değerleme Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulaması: Konya Örneği, Yayınlanmış Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.

Zeng, T.Q., & Zhou, Q. (2001). Optimal Spatial Decision Making Using GIS: A Prototype Of A Real Estate Geographical Information System (REGIS), International Journal of Geographical Information Science, 15(4), 307-321.

Zurada, J.M., Levitan, A.S., & Guan, J. (2001). Non-Conventional Approaches to Property Value Assessment, Journal of Applied Business Research, 22(3), 1-14.