



## BULANIK MANTIK MODELLEMESİ İLE TAŞINMAZ DEĞERLEMeye FARKLI BİR BAKIŞ

Yeşim ESEN\*<sup>1</sup>, Hanifi TOKGÖZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İzmir Çiğli Belediyesi, İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

Taşınmaz Değerleme,  
Bulanık Mantık,  
Çoklu Regresyon,  
Stepwise Regresyonu.

### Öz

Bu çalışmada taşınmaz değerlemede bulanık mantık modellemesinin uygulanabilirliğinin ve hazırlanan veri setindeki değişkenlerin azaltılmasının yöntem üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Araştırma sahası olarak İzmir ili muhtelif ilçelerinde 120 tane bağımsız bölümün değerlendirme raporu kullanılmıştır. Değişkenler seçilirken, zaman ve ekonomik açıdan kazanım sağlanması, bürokratik işlemlerin en aza indirilmesi göz önünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda değişkenlere nitelik azaltma işlemi uygulanmış olup, en az değişken ile istatistiksel olarak en başarılı veri setine ulaşılmıştır. Yapılan istatistiksel analizler taşınmaz değerlendirilmede, bulanık mantık modellemesinin daha hızlı ve düşük hata payı ile tahminde bulunduğunu göstermektedir. Çalışmanın bulguları bir bütün olarak değerlendirildiğinde; nitelik azaltma işlemi kullanılarak, bulanık mantık modellemesinin taşınmaz değerlendirilmede alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

## A DIFFERENT PERSPECTIVE TO REAL ESTATE VALUATION WITH FUZZY LOGIC MODELING

### Keywords

Real Estate Valuation,  
Fuzzy Logic,  
Multiple Regression,  
Stepwise Regression.

### Abstract

The aim of the study is to investigate the feasibility of fuzzy logic modeling in real estate valuation and the effects of reducing the variables in the prepared data set. The data set is consisted of 120 valuation reports prepared for buildings located in various districts of İzmir. In the selection of variables for the model, saving time and economic sources, minimizing bureaucratic procedures are taken in consideration. In this context, a quality reduction process was applied to the variables and statistically the most accurate model with minimum variables was tested. Statistical analyzes showed that, fuzzy logic modeling predicts the value of real estates faster and with lower margin of error. The results of the study indicated that quality reduction with fuzzy logic modeling can be an alternative method in real estate valuation processes.

### Alıntı / Cite

Esen Y., Tokgoz, H., (2021). Bulanık Mantık Modellemesi ile Taşınmaz Değerlemeye Farklı Bir Bakış, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(4), 1155-1165.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Y. Esen, 0000-0001-9154-3235  
H. Tokgöz, 0000-0002-4826-7973

### Makale Süreci / Article Process

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	08.02.2021
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	05.07.2021
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	26.07.2021
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	20.12.2021

### 1. Giriş (Introduction)

Taşınmaz değerlendirme gerek genel ekonomik dinamikler gerekse kentsel dönüşüm ve kamulaştırma süreçleri bakımından önem taşıyan konulardan biridir. Bu çok boyutlu kavram, farklı değerlendirme yöntemlerinden değerlendirme sürecinin aşamalarına, sürece bilgi teknolojilerinin entegrasyonundan değerlendirme uzmanlarının rolüne kadar geniş bir yelpaze de çalışılmaktadır (Köktürk, 2009). Değerleme çalışmaları yapılırken kullanılan farklı yöntemler, aynı

\* İlgili yazar / Corresponding author: yesimttoprak@gmail.com, +90-232-520-6000/1651

taşınmazla ait farklı değer sonuçlarını karşımıza çıkarabilmektedir. Her kurum kendi menfaatini düşünerek kendine has yöntemler kullanıp ve yine taşınmazın kendilerini ilgilendiren özelliklerini ön plana çıkartarak değerlendirme yapmaktadır (Eren vd., 1999; Nişancı, 2005). Taşınmaz değerlemesinde kullanılan değişkenler ve bu değişkenlerin hangisinin daha önemli olduğu bilinmediğinden bilimsel bir yöntemin kullanılması ile taşınmazların gerçek değeri daha isabetli belirlenebilir. Taşınmaz değerlendirme Almanya, Hollanda, İsviçre, İngiltere gibi ülkelerde bir sisteme oturtulmuş olsa da ülkemizde bu konuda bir takım yasal boşlukların bulunması bu süreci zorlaştırmaktadır (Yomralıoğlu vd. 2011). Bu konuda ülkemizde değişkenlere ilişkin mevzuatta birçok kanun, tüzük, yönetmelik, genelgeler ve tebliğler bulunmaktadır. Bazı mevzuatlardaki uygulama için taşınmaz türlerine göre değeri etkileyen değişkenler belirlenmemiş, bazılarında tür ayırımı dikkate alınmamıştır (Yalpır ve Bünyan Ünel, 2016). Bu durum, ülkemizde de taşınmaz değerlendirme konusunun diğer ülkelerdeki gibi somut bir hale getirilmesi için bazı çalışmaların başlamasını sağlamıştır (Tabar ve Şişman, 2020). Bu çalışmalarla ilgili literatürde alternatif yöntemler öne sürülmektedir. Öne sürülen bu metotlar içerisinde günümüz teknolojisinin varmış olduğu son nokta; makinelerle insan davranışlarını anlayabilen ve uygulayabilen özelliklerin kazandırılması (Elmas, 2011) olan yapay zekadır. Yapay zekâ üzerinde en çok araştırma yapılan konu yapay sinir ağlarıdır. Bulanık mantık ile ilgili çalışmalar ise son yıllarda hız kazanmıştır.

Araştırmanın, çalışma alanı toplam 30 ilçenin bulunduğu İzmir ilidir. Bu ilçelerden 16' sından alınan 120 adet bağımsız bölüme ait taşınmazın gerçek değeri ve bu taşınmazlara ait değerlendirme raporlarından 9 adet değişken verisi toplanmıştır. Kullanılan veriler 2010 ile 2013 yılları arasındaki zaman dilimlerine aittir. Tespit edilen gerçek taşınmaz değerlendirme bedelleri 55 000,00 TL ile 280 000,00 TL aralığında değişmektedir.

Oluşturulan veri seti, 9 adet bağımsız değişken (girdi) (Ulaşım, daire alanı, cephe durumu, otopark durumu, binanın yaşı, asansör, manzara, gelir seviyesi ve yapı kalitesi) ve 1 adet bağımlı değişken (çıkıtı)( bağımsız bölümün satış değeri) olarak hazırlanmıştır. Veri setine önce bulanık mantık uygulanmış ve sonuçlar çoklu regresyon analizi ile karşılaştırılmıştır. Zaman ve ekonomik açıdan kazanım sağlanması, bürokratik işlemlerin en aza indirilmesi göz önünde bulundurulduğundan veri setine nitelik azaltma işlemi uygulanmıştır. Nitelik azaltma işlemi hem stepwise regresyonu hem de bulanık mantık ile yapılmış olup her iki yöntemde de aynı 3 değişken anlam kazanmıştır. Bu 3 bağımsız değişken ve 1 adet bağımlı değişken veri setine bulanık mantık uygulanmış ve çoklu regresyon analizi ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda nitelik azaltma işlemi kullanılarak, bulanık mantık modellemesinin taşınmaz değerlemede alternatif bir yöntem olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

## 2. Literatür taraması (Literature Review)

Yapay zekâ ve taşınmaz değerlendirme ile ilgili literatürde ilk kez Borst (1991) tarafından Yapay Sinir Ağları kullanılarak taşınmaz değerlendirme çalışmalarına başlanmıştır. Worzala vd. (1995) güncel satış verilerini kullanarak yapay sinir ağı modelini, çoklu regresyon modeli ile kıyaslayarak, yapay sinir ağlarının geliştirilerek taşınmaz değerlemede kullanılabilmesini ifade etmişlerdir. Rossini (1997) makalesinde; yapay sinir ağlarının geliştirilmesiyle taşınmaz değerlemesinde daha geçerli bir analitik araç haline getirilebileceğine değinmiştir. Cechin vd. (2000) ve Khalafallah (2008) yapay sinir ağlarının taşınmaz değerlendirme ve kira verilerini başarılı biçimde modellendirmiş olduğunu teyit etmişlerdir. Kim vd. (2004) çalışmalarında, inşaat maliyetlerinin, vaka bazlı akıl yürütme ve yapay sinir ağları modelleri ile tahmin edilebileceğini ifade etmişlerdir. Esperanza ve Gallego (2004) çalışmalarında yapay sinir ağlarının en iyi çok katmanlı ileri beslemeli ağlarda çalıştığını tespit etmişlerdir. Budzyński ve Wilkowski (2006), çalışmalarında yapay sinir ağlarının hem taşınmaz değerlerinin belirlenmesinde kullanılabilir hem de taşınmaz fiyatlarını yüksek derecede etkileyen taşınmaz özelliklerinin seçimin de kullanılabilir olduğunu göstermişlerdir. Zurada vd. (2006) çalışmalarının sonucunda, taşınmaz değerlemede "bulanık" verilerin yer alıyor olmasının satış fiyatlarını tespit etme yeteneğine katkı sağlayabileceğini ileri sürmüşlerdir. Özkan vd (2007) çalışmalarında birçok veriyi regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri ile birlikte kullanarak analiz etmişler ve taşınmaz değerlendirme hızlı ve güvenilir sonuçlar elde etmişlerdir. Garcı'a vd. (2008) bu çalışmalarında yapay sinir ağı ve coğrafi bilgi sistemi kombinasyonunun taşınmaz değerlendirme çok yararlı ve güçlü bir araç olduğunu kanıtlamışlardır.

Nas Bulut (2011) tez çalışmasında taşınmazlara ait bilgileri kullanarak yapay sinir ağları ve destek vektör makinesi aracılığıyla bir yöntem geliştirmiştir. Dikmen ve Saraç (2012), bu çalışmalarında taşınmaz değerlerinin tahmini için taşınmazın hizmet seviyesi ve muhitin gelir seviyesini dikkate alan yapay sinir ağlarına dayalı bir model geliştirmişlerdir. Saraç (2012) tez çalışmasında taşınmaz değerlemesinde yapay sinir ağlarını kullanarak bir model geliştirmiştir. Çakır ve Sesli (2013) makalelerinde taşınmaz değerlendirme alanındaki yetkin kişilere bir anket çalışması yapmışlar ve güvenilirlik analizi, normallik varsayımı, varyans analizi kullanarak arsa vasıflı bir taşınmazın değerini belirlerken 15 değişken ile çalışılabileceğini belirlemişlerdir. Derinpınar ve Aydınoglu (2015) çalışmalarında, nominal değerlendirme faktörleri ve bulanık mantık yöntemi kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemlerinin taşınmaz değerlendirme uygulanabilirliğini belirlemişlerdir.

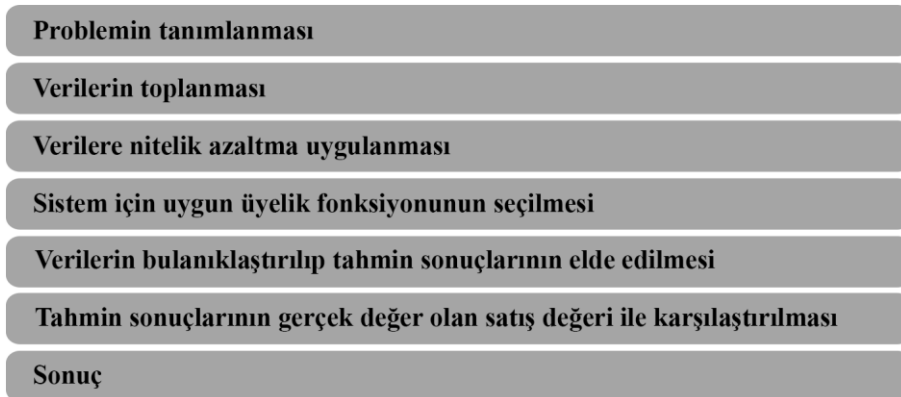
Bostancı vd. (2017) çalışmalarında bulanık bir değerlendirme gerçekleştirip, Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli karşılaştırılabilir konut memnuniyet haritası oluşturmuşlardır. Demirel vd. (2018) çalışmalarında çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ile dairelerin değerlendirilmesini yapmışlardır. Erdem (2017) makalesinde taşınmaz değerlendirme konusundaki 2010-2017 yılları arasında yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerini içerik açısından irdelenmiş ve bulanık mantık yöntemi kullanılarak yapılan taşınmaz değerlendirme çalışmalarının sayısının giderek arttığını bildirmiştir. Işıklı (2019) makalesinde Coğrafi Bilgi Sistemi kullanarak yapılan taşınmaz değerlendirme sonuçlarının yüksek doğrulukla belirlendiğini bir örnek üzerinde açıklamış ve Sermaye Piyasası Kurulu tarafından, değerlendirme için toplanan verilerin depolanması ve ihtiyaç duyulduğunda paylaşılması durumunda taşınmaz değerlendirme hesaplarının daha hızlı olacağını öne sürmüştür. Hong vd. (2020) ve Canaz Sevgen ve Aliefendioğlu Tanrıvermiş (2020) makalelerinde Rastgele Orman Regresyon yönteminin taşınmaz değerlendirilmesinde kullanılabilirliğini göstermişlerdir.

Literatüre bakıldığında, çok sayıda değişken kullanılarak hazırlanan veri setleriyle veya anket çalışmaları uygulanarak yapılan çalışmalara rastlanmıştır. Ancak zamandan ve ekonomik açıdan kazanım sağlanabilmesi, bürokratik işlemlerin azaltılması için, en az değişkene sahip veri setleri ile anlamlı sonuca ulaşılması konusunda yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak, veri setine nitelik azaltma uygulanıp en az değişken kullanılarak, bulanık mantık modellemesiyle taşınmaz değerlendirme çalışmaları için yeni bir yaklaşım önerilmektedir.

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

#### 3.1. Teorik Yöntem (Theoretical Method)

Taşınmaz değerlendirilmesinde kullanılan yöntemleri geleneksel, istatistiksel ve modern yöntem olarak üç ana başlık altında toplayabiliriz. Geleneksel yöntem olarak kullanılan piyasa yaklaşımları ya da diğer bir değişle karşılaştırmalı satış analizi günümüzde en çok kullanılan yöntemdir. Ancak bürokratik iş ve işlem basamaklarının çok olması, yapı maliyetlerinin değişik alanlar için sonuca gitmede yetersiz kalması, benzer özellikli taşınmaz bulma zorluğu gibi sıkça karşılaşılan sorunlar çok fazladır (Yalçır, 2007). Bunları en aza indirmenin yollarını ararken karşımıza modern yöntemler çıkmaktadır. Özellikle son zamanlarda bu modern yöntemlerin kullanılmasının değerlendirme çalışmalarına katkılarının yadsınamaz derecede arttığı görülmektedir. Sadece sayısal veriler olarak değil sözel ve görsel olarak da analizlere veri girişi yapılabilmektedir. Örneğin uydu görüntüleri, GPS ve lazer taramaları ile değerlendirme yapılabildiği gibi, insan beyninin düşünme şeklinin bilgisayara aktarımı (Elmas, 2011) ile de yapılabilmektedir. Ayrıca bu yöntemlerin istatistiksel analizlerle de kullanılabilirliği ispatlanmaktadır. Taşınmaz değerlendirilmesinde istatistiksel verilerin kullanılması, faydalanıcılara subjektif bulgular yerine, objektif olarak sonuçlar verebilme imkanı sağlamaktadır (Nişancı, 2005). Çalışmada hazırlanan veri setinin değerlendirilmesi amacıyla SPSS 23.0 paket programında, çoklu regresyon ve stepwise regresyon analizi ile Matlab programında bulanık mantık modellemesi kullanılmıştır. Yapılan uygulama süreci aşağıda Şekil. 1' de verildiği gibi özetlenmektedir.



Şekil 1. Modelin oluşturulmasındaki işlemler (Process of model development)

#### 3.1.1. Çoklu Regresyon (Multiple Regression)

Çoklu regresyon modelinde, etkileyen değişkenlere açıklayıcı (bağımsız değişken), etkilenen değişkene de açıklanan değişken (bağımlı değişken) adı verilir.  $Y$  bağımlı değişken;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  bağımsız değişkenler olmak üzere değişkenler arasındaki sebep sonuç ilişkisini matematiksel bir model olarak ortaya koyar (Es vd., 2014). Çoklu regresyon modelinin matematiksel gösterimi ise aşağıda Eşitlik 1'deki gibidir.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (1)$$

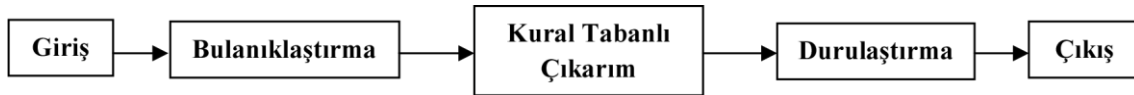
### 3.1.2. Stepwise Regresyonu (Stepwise Regression)

Stepwise Regresyonu, değişkenlerin regresyon denkleminde belirli bir istatistiksel ölçüte göre sırayla eklendiği ya da sırayla seçildiği regresyon modelidir. Hangi değişkenlerin hangi sırayla modele gireceğine matematiksel bir kritere bakarak karar verilir. Eklenen ya da çıkarılan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde anlamlılığın göre son modele karar verilir.

Üç çeşit Stepwise seçim yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki ileriye doğru seçim yöntemidir. Her defasında bir bağımsız değişken ilave edilerek en uygun regresyon modelinin bulunmasını sağlar. İkincisi geriye doğru seçim yöntemidir. Bu modele tüm bağımsız değişkenler ile başlanmaktadır. Üçüncü ve son seçim yöntemi olan adimsal seçim yönteminde ise hem ileriye doğru seçim yöntemi hem de geriye doğru seçim yöntemi aynı anda kullanılmaktadır (Kayaalp vd., 2015). Çalışmada söz konusu regresyon modelinin kullanılmasının ana nedeni bağımsız değişkenin ya da değişkenlerin hangisinin regresyon modelini anlamlandıracığını saptamaktır.

### 3.1.3. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık mantık her gün kullandığımız ve davranışlarımızı yorumladığımız yapıya ulaşmamızı sağlayan sadece (1) ve (0) mantığı içermeyen, günlük yaşantımızda kullandığımız daha esnek bir yaklaşımdır (Şen 2009; Kuzugüdenli 2018; Koçak ve Yiğit 2020). Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise insana özgü tecrübe ile öğrenme olayının kolayca modellenenilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır (Özgür ve Kara, 2020). Bulanık mantık tabanlı bir sistem Şekil 2' de görüldüğü gibi; giriş, bulanıklaştırma, kural tabanlı çıkarım, durulaştırma ve çıkış bölümlerinden meydana gelmektedir (Kuzugüdenli 2018; Jang vd. 1996; Anand ve Tyagi 2012; Güner ve Çomak 2014; Yalpir 2007).



Şekil 2. Bulanık mantık akış diyagramı (Fuzzy logic flow chart)

Giriş, bağımlı ve bağımsız değişkenleri içerir. Bu değişkenlere karşılık gelen üyelik fonksiyonlarının seçilip, çalıştırılarak bir sonraki basamak olan bulanıklaştırma gerçekleştirilir. Bulanıklaştırılmış değişkenler, kural tabanlı çıkarım basamağındaki her bir kuralı, bir giriş değişkeni, çıkış değişkeniyle bağlamış olur. Tüm kuralların birlikte kullanılmasıyla sistem modelinin tamamını ifade eden bir kural tabanı oluşturulur. Durulaştırmada ise oluşturulan bu kurallar bulanık ifadelerin, sayısal ifadelere dönüştürülerek, bulanık mantığın model için oluşturduğu sonucu yani çıkışı oluşturur. Çalışmamızda bulanık mantık modellemesinde üyelik fonksiyonu olarak literatürde yaygın olarak kullanılan üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Üçgen üyelik fonksiyonu Şekil 3'de gösterildiği gibi başlangıç  $(0, a_1)$ , tepe  $(a_1, a_2)$  ve bitiş noktaları  $(a_2, a_3)$  ile tanımlanmıştır.



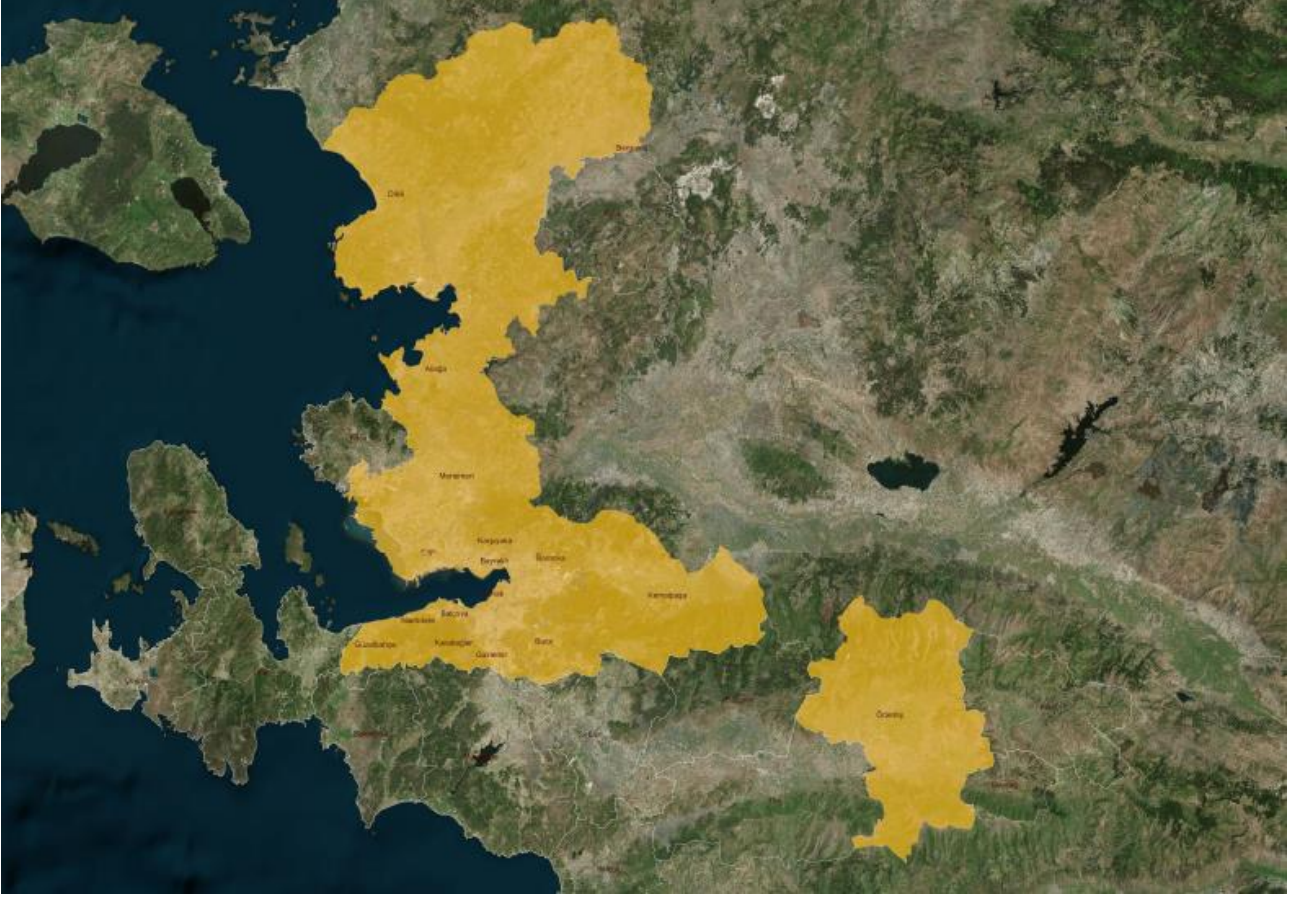
Şekil 3. Üçgen üyelik fonksiyonu (Triangle membership function)

Üçgensel üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi ise aşağıda Eşitlik 2'de gibidir.

$$\mu_A(X) = \begin{cases} 0, & X < a_1 \\ \frac{X-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq X \leq a_2 \\ \frac{a_3-X}{a_3-a_2}, & a_2 \leq X \leq a_3 \\ 0, & X > a_3 \end{cases} \quad (2)$$

### 3.2. Çalışma Alanı ve Materyal (Work Area and Material)

Bu araştırma çalışmasında, taşınmaz değerlemede bulanık mantık modellemesinin uygulanabilirliği ve hazırlanan veri setindeki değişkenlerin azaltılmasının yöntem üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma sahası olarak İzmir ili sınırları içerisinde bulunan Karşıyaka ilçesi, Konak ilçesi, Karabağlar ilçesi, Çiğli ilçesi, Bornova ilçesi, Bayraklı ilçesi, Menemen ilçesi, Aliğa ilçesi, Balçova ilçesi, Buca ilçesi, Güzelbahçe ilçesi, Kemalpaşa ilçesi, Bergama ilçesi, Ödemiş ilçesi, Narlıdere ilçesi, Gaziemir ilçesi ve Dikili ilçesinde (Şekil 4) yaklaşık 120 yapıdan alınan bağımsız bölümlerine ait değerlendirme raporları kullanılmıştır. Verilerin elde edilmesi için Code Gayrimenkul Değerleme Dan. İnş. Taah. San. Tic. Ltd. Şti. ile birlikte çalışılmıştır.



Şekil 4. Çalışmada yer alan bağımsız bölümlerin bulunduğu ilçeleri gösteren harita (Map of the districts where the independent units in the study are located)

Toplanan verilerden 9 adet bağımsız değişken (Ulaşım, daire alanı, cephe durumu, otopark durumu, binanın yaşı, asansör, manzara, gelir seviyesi ve yapı kalitesi) ve 1 adet bağımlı değişken (bağımsız bölümün satış değeri) olarak veri seti hazırlanmıştır. Hazırlanan bu veri setinin %75' i eğitim verisi ve % 25' i ise test verisi olarak sisteme tanıtılmıştır (Canaz Sevgen ve Aliefendioğlu Tanrıvermiş, 2020; Esen, 2014; Yücel, 2010). Bağımsız değişkenlerden yapı kalitesi, binada kullanılan malzemeyi, geçirmiş olduğu tadilatı, işlevini yani kısaca değerlemeyi yapan kişinin yorumunu katarak bağımsız bölümün genel yapısını içermektedir. Yapı kalitesine ilişkin sınıflama değerlendirme uzmanlarınca oluşturulan değerlendirme raporlarından alınmıştır. Ulaşım değişkeninde ise şehir merkezine ulaşımın Otobüs, Minibüs, Metro, İzban (kent içi raylı toplu taşıma sistemi) ve vapur olanaklarından hangisinin kullanıldığına bakılmaktadır. Taşınmazların bir bölgeden değil de heterojen olarak seçilmesi değişken sayısını artıracaktır. Bu çalışmada 9 değişkenden daha fazla değişken belirlenebilirdi fakat amaç, zaman ve ekonomik açıdan kazanım sağlanması bürokratik işlemlerin en aza indirilmesi göz önünde bulundurulduğunda, ortak değişkenlerin kullanılması tercih edilmiştir (Esen 2014).

### 4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Taşınmaz değerlemede veri seti 9 adet bağımsız ve 1 adet bağımlı değişken olarak hazırlanmıştır. Ulaşım, daire alanı, cephe durumu, otopark durumu, binanın yaşı, asansör, manzara, gelir seviyesi ve yapı kalitesi gibi özellikler

bağımsız, değer de bağımlı değişken verisi olarak kullanılmış ve çoklu regresyon uygulanmıştır. Kurulan regresyon modeli, istatistiksel açıdan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki varyansını ( $R^2$ ) % 75 olarak (Tablo 1) açıklamaktadır. Emlak piyasası koşullarında % 85 ve üzerindeki tahmin değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde değerlendirilmektedir (Saraç, 2012). Regresyon analizi sonucunda ulaşılan tahmin değerinin (%75), belirtilen eşik değerinin altında kalması nedeniyle değişken sayısı azaltılarak yeni modeller test edilmeye devam edilmiştir. Daha etkin bir model oluşturmak için veri setinde nitelik azaltmaya karar verilmiştir.

**Tablo 1.** Model özeti (Model summary)

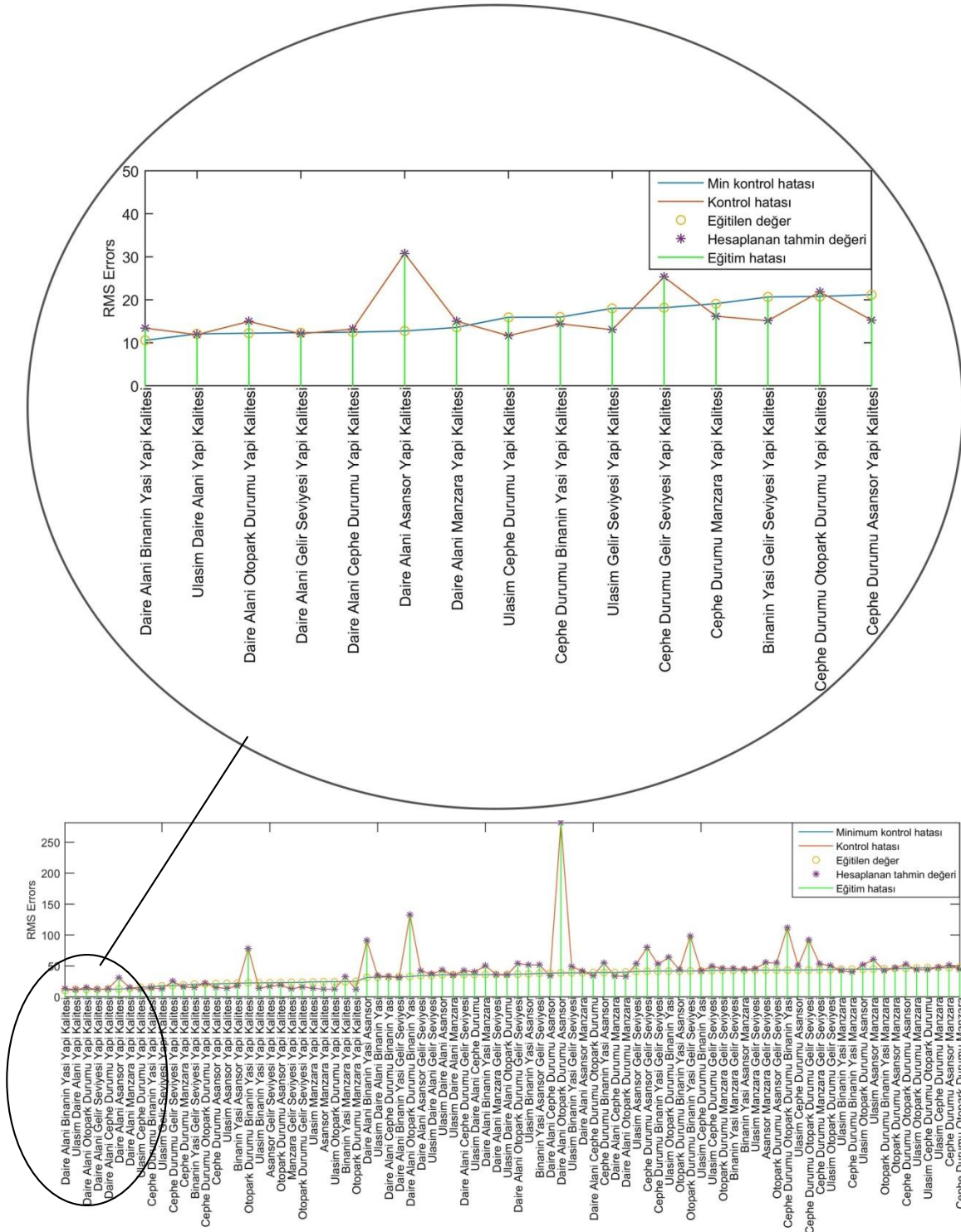
Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş (Adjusted) R <sup>2</sup>	Tahmin standart hatası (Std. Error of the estimate)
1	0,867	0,752	0,732	26,26413

Bu sebeple modele (9 değişken) stepwise regresyonu uygulanmıştır. Stepwise regresyon analizine dahil edilen 9 değişkenden 3' ünün taşınmazın satış değerini anlamlı olarak belirlediği görülmüştür. Bu anlamlı değişkenlerin 'yapı kalitesi', 'binanın yaşı' ve 'daire alanı' olduğu aşağıda Tablo 2' deki model analizinde görülmektedir.

**Tablo 2.** Kabul edilen değişkenler (Variables entered)

Model	Kabul edilen değişkenler (Variables entered)	Method
1	Yapı kalitesi	Stepwise
2	Daire alanı	Stepwise
3	Binanın yaşı	Stepwise

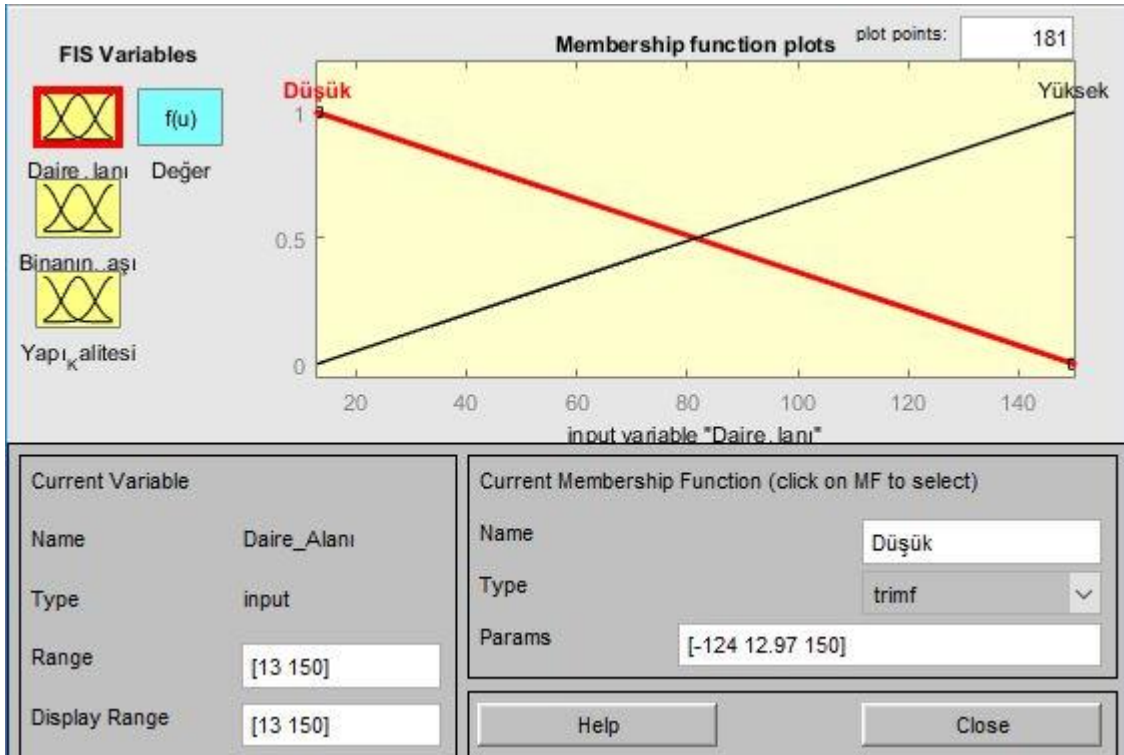
Buradan hareketle çalışma başlangıcındaki modele bulanık mantık modellemesindeki nitelik azaltma basamağı da uygulanmıştır. Uygulamada 9'un 1'li kombinasyonu sonucu toplam 9 adet model oluşmuştur. Modeller incelendiğinde 'Yapı Kalitesi' nin çıktığı en çok etkileyen değişken, diğer bir ifadeyle en düşük hata değerine sahip olduğu görülmüştür. 9'un 2'lisi sonucu toplam 36 adet model oluşmuş ve çıktığı en çok etkileyen değişkenler 'Daire Alanı ve 'Yapı Kalitesi', 9'un 3'lü kombinasyonu sonucu toplam 84 adet model oluşmuş ve çıktığı en çok etkileyen değişkenler 'Daire Alanı', 'Yapı Yaşı' ve 'Yapı Kalitesi' olarak karşımıza çıkmıştır. Bu modelleme ile de elde edilen bağımsız değişkenlerle, stepwise regresyon modelinden elde edilen değişkenlerin aynı olduğu yani; 'Yapı kalitesi', 'Binanın yaşı' ve 'Daire alanı' olduğu Şekil 5' te de görülmektedir. Her iki modelde de aynı en az değişkenlerin elde edilmesi göz önünde bulundurularak, bu değişkenlere taşınmaz değerinin hesaplanması için yeniden bulanık mantık modellemesi ve sonuçların karşılaştırılması için çoklu regresyon modeli uygulanmıştır.



Şekil 5. Nitelik azaltma model sonucu (Results of quality reduction model)

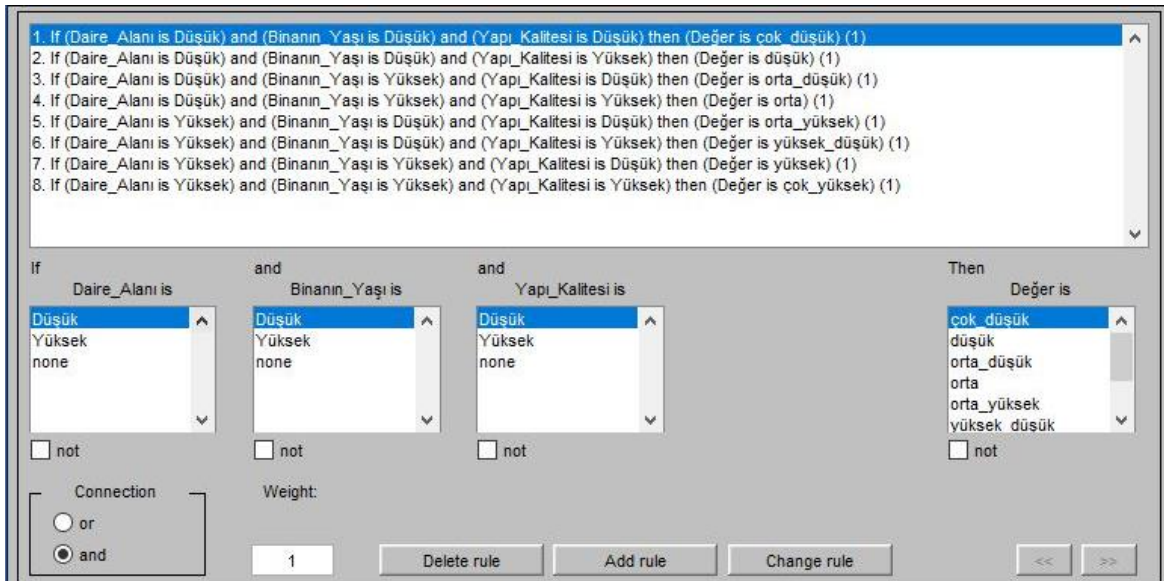
Uygulanan bulanık mantık modellemesinde taşınmaz değerinin sabit kaldığı ve bu değer belirlenmesinde eğitim için kullanılacak değişken sayısı toplam verinin % 75 i, test edilecek değişken sayısı da toplam verinin % 25 i olacak şekilde programa tanıtılmıştır. Modelde 3 girdi ve 1 çıktı veri seti oluşturulmuştur. Girdi değişkenleri 'Daire Alanı', 'Binanın Yaşı' ve 'Yapı Kalitesi' dir. Çıktı değişkeni olarak da değerleme raporlarından elde edilen ve satış değeri olarak kullanılan 'Değer' değişkeni kullanılmıştır. Bulanık mantık modelinin eğitimi için elde edilen toplam verinin % 75 'i kullanılırken, her bir değişkenin 'Değer' i belirlemesi için toplam verinin % 25' i test aşaması için kullanılmıştır. Bu modelde her bir üyelik fonksiyonu tipi ve modeli tek tek denenmiş ve eğitim datası 20 çevrim eğitilmiştir. Eğitim tamamlandıktan sonra her bir değişken için 2 adet 'Trimf' üyelik fonksiyonu ve melez öğrenme algoritması kullanılmıştır. Elde edilen veri setinden tahmin değerlerinin listelenmesi için de "Evalfis" komutu kullanılmıştır.

Daire alanı, binanın yaşı ve yapı kalitesi modellerinde giriş parametreleri için tek tek üyelik fonksiyonlarının şekilleri tanımlanmıştır. Şekil 6' da Daire alanı için oluşturulan giriş üyelik fonksiyonu model grafiği görülmektedir.



Şekil 6. Daire alanı için giriş üyelik fonksiyonu model grafiği (Input membership function pattern plot for flat area)

Kurulan model 8 kural içermektedir ve bu da 8 adet çıktı tipi oluşturmaktadır. Her bir çıktı kuralı için çok düşük, düşük, orta düşük, orta, orta yüksek, yüksek düşük, yüksek ve çok yüksek sözel değerleri Şekil 6' daki gibi sırayla tanımlanmıştır. Bütün bu sözel değer tanımlamaları sonucunda oluşan kural yapısı Şekil 7' deki gibi anlamlı hale gelmiştir. Örneğin ilk kuralın anlamı "Eğer 'Daire Alanı' düşük ve 'Binanın Yaşı' düşük 'Yapı Kalitesi' düşük ise 'Değer' çok düşüktür." anlamına gelmektedir. Sonuç olarak ilgili kural görünümü modelin çıktılarının sözel değerler kullanılarak bulanık eğer-ise kuralları ile sunulmasını sağlamıştır.



Şekil 7. Bulanık mantık modellemesinde kural görünümü (View of rules in fuzzy logic modeling)

Taşınmaz değer tahmini elde etmemize yardımcı olacak B değeri Tablo 3'te verilmiştir. B katsayısı ile 'Daire alanı', 'Binanın yaşı' ve 'Yapı kalitesi' nin değerlerini Eş.1' deki formülde yerine koyduğumuzda yaklaşık taşınmaz değeri sonucuna ulaşılmıştır. Buradan elde ettiğimiz yaklaşık taşınmaz değeri ile taşınmazın gerçek değeri arasındaki ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ve karekök ortalama hata (RMSE) kriterleri de hesaplanarak Tablo 4' te



verilmiştir.

**Tablo 3.** Çoklu regresyon özeti (Model summary)

Model	B	Standart Hata	Beta
Sabit	27,878	15,460	
Daire Alanı	0,582	0,128	0,251
Binanın Yaşı	0,647	0,307	0,109
Yapı Kalitesi	27,385	2,041	0,719

Çoklu regresyon modeli ile bulanık mantık modelinden elde edilen test sonuçlarının karşılaştırılmasında ise; MAPE ve RMSE kriterleri kullanılmıştır. Bulanık mantık modelinde MAPE değeri 0,072 bulunmaktadır. Bu değer 1,0 değerine (1-0,072) %93' lük doğruluk ile yakınken, çoklu regresyon modelinde 0,133 (1-0,133) %86' lık doğruluk ile yakınlık göstermektedir. Aynı zamanda da RMSE değerlerinde de bulanık mantık modeli diğer modele göre daha iyi performans göstermiş ve daha düşük değerlere ulaşmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında amaç en az değişken kullanarak en yakın tahmin değerini elde etmek olduğundan, taşınmaz değerlendirme veri setinde yapı kalitesi, daire alanı ve binanın yaşının kullanılabilir olduğu, bu değişkenler arasında bir uyumun olduğu ve bu modelden oldukça iyi tahminler elde edilebileceği, dolayısı ile geliştirilen bu modelin yararlı ve güçlü bir model olduğu görülmüştür.

**Tablo 4.** Taşınmaz tahmin değeri elde etmede kullanılan modellerin hata karşılaştırması (Error comparison of models used to obtain the reale state value estimation)

Model	RMSE	MAPE
Matlab	12,36	0,072
SPSS	23,63	0,133

## 5. Sonuç (Result)

Taşınmaz değerlemesinde değişken tespiti en önemli konuların başında gelmektedir. Taşınmaz değerini etkileyen değişkenler ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye ve kişiden kişiye değişmektedir. Objektif ve doğru sonuçlar elde etmek için değişkenlerin doğru belirlenip modelleme yapılması, hem zaman hem iş gücü hem de ekonomik kayıpların önüne geçecektir.

Taşınmaz değerlemede kullanılan değişkenler kamu sektöründen alınmaktadır. Bu kurumlardaki değişken girişleri; kurumun direk değişkeni üretmesi veya ikinci bir kurumdan alması ya da vatandaşın kuruma beyanıyla olmaktadır. Haliyle bu değişkenlerde hatalar olabilmektedir. Ayrıca bazı değişkenlerin hiç bulunmamasının yanında; mevcut değişkenlerin eksikliği, düzensizliği ve içeriklerinin teknik bakımdan standart olmayışı önemli ve büyük bir sorundur. Bundan dolayı bu bilgileri kullanılabilir hale getirmek zaman ve emek gerektirmektedir. Anlaşılabileceği üzere değerlemede en önemli problemlerden biri değere etki eden değişkenlerin net olmaması, diğeri klasik değerlendirme yöntemlerinin yetersiz kalması nedeniyle yöntem arayışının devam etmesidir. Teknolojinin gelişmesiyle değişkenlerin kendi başına ve aralarındaki ilişkilere göre ağırlıklı etkilerinin hesaplanabilmesi gibi olanaklar yeni yöntem arayışlarını devam ettirmektedir.

Bu çalışmada ise, taşınmaz değeri tespit edilmesinde gerekli değişkenler toplanırken yaşanan bürokratik işlemlerin zaman ve ekonomik açıdan kazanım sağlanması için bir model geliştirilmiştir. Model geliştirilirken karşılaşılan sorunların en başında elde edilen çok sayıda değişkenden, hangisinin veya hangilerinin dikkate alınması gerektiği gelmektedir. Yine bu çalışmamızda ulaşım, daire alanı, cephe durumu, otopark durumu, binanın yaşı, asansör, manzara, gelir seviyesi ve yapı kalitesi değişken olarak oluşturulmuştur. Bu değişkenleri aza indirebilmek için nitelik azaltma modeli kullanılmıştır. Geliştirilen bu modelde değişkenlerin en aza indirilerek gerçek değere en yakın tahmin değerine ulaşmak amaçlanmıştır. Bu bakımdan elde edilen veri setine uygulanan nitelik azaltma işlemi sonucunda değişkenler en aza indirilmiştir. Daha sonra bu değişkenlere bulanık mantık modeli tekrar uygulanmıştır. Bulanık mantık modeli ile elde edilen sonuçlar çoklu regresyon analizi ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında taşınmaz değerlemesinde en az değişken kullanılan bulanık mantık modelinin, gerçek değere en yakın tahmin değerlerini verdiği görülmüştür. Böylece bulanık mantık modeli ile en az değişken kullanılarak taşınmaz değerlemenin uygulanabilirliği ortaya konulmuştur.

## Teşekkür (Acknowledgement)

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' nde Dr. Öğretim Üyesi Hanifi TOKGÖZ' ün danışmanlığında Yeşim Esen tarafından yürütülen "Kamulaştırma bedel tespitinde uygulanan kriterlerin irdelenmesi -İzmir örneği" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

## Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

## Kaynaklar (References)

- Anand, M. S., Tyagi, B., 2012. Design and Implementation of Fuzzy Controller on FPGA, *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 4(10): 35-42.
- Borst, R.A., 1991. Artificial Neural Networks: The Next Modelling/Calibration Technology For The Assessment Community, *Property Tax Journal*, 10(1), 69-94.
- Bostancı, B., Bakır, Y. N., Doğan, U., Güngör, K. M., 2017. Research on GIS-Aided Housing Satisfaction Using Fuzzy Decision-Making Techniques", *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(4): 1193-1207.
- Budzyński, T., and Wilkowski, W., 2006. Application of Artificial Neural Networks for Real Estate Valuation", *23 FIG Congress*, Munich, Germany, 8-13 October.
- Canaz Sevgen, S., ve Aliefendioğlu Tanrıvermiş, Y., 2020. Mass Appraisal With A Machine Learning Algorithm: Random Forest Regression, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(3), 301-311.
- Cechin, A., Souto, A., and González, M. A., 2000. Real Estatevalue at Porto Alegre City Using Artificial Neural networks, *Unisinos University*, Brazil, 237-242.
- Çakır, P. ve Sesli, F. A., 2013. Arsa Vasıflı Taşınmazların Değerine Etki Eden Faktörlerin ve Bu Faktörlerin Önem Sıralarının Belirlenmesi", *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3): 1-16.
- Demirel, B., Yelek, A., Alağaç, H. M., Eren, T., 2018. Taşınmaz Değerleme Kriterlerinin Belirlenmesi ve Kriterlerin Önem Derecelerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi ile Hesaplanması", *Kırıkkale University Journal of Social Sciences*, 8(2): 665-682.
- Derinpınar, M. A., ve Aydınöğlü, A. Ç. 2015. Bulanık Mantık ile Coğrafi Bilgi Teknolojilerini Kullanarak Taşınmaz Değerlemesi, *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Dikmen, S. U., Saraç, E., 2012. Estimation of the Selling Price of Apartment Units Using Artificial Neural Networks", *Third International Conference on Construction in Developing Countries*, Bangkok, Thailand.
- Elmas, Ç., 2011. Yapay Zeka Uygulamaları, 2, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Erdem, N., 2017. Türkiye'de Taşınmaz Değerleme Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerinin İçerik Analizi", *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1): 112-126.
- Eren, E., Tüdeş, T. ve Yomraloğlu, T., 1999. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Raster Tekniği İle Kent Taşınmaz Değer Haritalarının Üretilmesi, *Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu*, Trabzon, 231-239.
- Es, H. A., Kalender, F. Y. Ve Hamzaçebi, C., 2014. Forecasting the net Energy Demand of Turkey by Artificial Neural Networks", *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 26(3): 495-504.
- Esen, Y., 2014. Kamulaştırma Bedel Tespitinde Uygulanan Kriterlerin İrdelenmesi –İzmir Örneği, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Esperanza, M., and Gallego, J., 2004. Artificial Intelligence Applied to Real Estate Valuation an Example for the Appraisal of Madrid", *Catastro*, 255-265.
- García, N., Gámez, M., and Alfaro, E., 2008. ANN+GIS: An Automated System for Property Valuation", *Science Direct Neuro computing*, 71: 733-742
- Güner, N. Ve Çomak, E., 2014. Lise Öğrencilerinin Matematik Dersine Yönelik Tutumlarının Bulanık Mantık Yöntemi ile İncelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(5): 189-196.
- Hong, J., Choi, H., Kim, W., 2020. A House Price Valuation Based On The Random Forest Approach: The Mass Appraisal Of Residential Property In South Korea, *International Journal of Strategic Property Management*, 24(3), 140-152.
- Işıklı, M., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşınmaz Değerlemesi", *Yapı Bilgi Modelleme*, 1(1): 27-32.
- Jang, J. S. R., Sun, C.T. and Mizutani, E., 1996. Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence", *PrenticeHall*, A. B. D.
- Kayaalp, G. T., Çelik Güney, M. Ve Cebeci, Z., 2015. Çoklu Doğrusal Regresyon Modelinde Değişken Seçiminin Zootekniye Uygulanışı", *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1): 1 – 8.
- Khalafallah, A., 2008. Neural Network Based Model For Predicting Housing market Performance, *Tsinghua Science and Technology*, 13: 325-328.
- Kim, G. H., An, S. H., and Kang, K. I., 2004. Comparison of Construction Costestimating Models Based on Regression Analysis, Neural Networks, and Case-Based Reasoning", *Building and Environment*, 39:1235-1242.
- Koçak, Ç., Yiğit, T., 2020. Teknoloji Bağımlılığının Bulanık Mantık ile Sınıflandırılması, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(5): 126 – 132.
- Köktürk, E., 2009. Taşınmaz Değerleme: Durum Saptaması ve Yönelimler, *Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara
- Kuzugüdenli, E., 2018. Bulanık Mantık Yöntemiyle Kızılçamda Verimliliğin Modellenmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3): 426 – 434.
- Nas Bulut, B., 2011. YSA ve DVM Yöntemleri ile Taşınmaz Değerlemesi İçin Bir Yaklaşım Geliştirme", *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nişancı, R., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Nominal Değerleme Yöntemine Dayalı Piksel Tabanlı Kentsel Taşınmaz Değer Haritalarının Üretilmesi, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özgür, B., Kara, R., 2020. Hastane Pnömatik Sistemlerinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(5): 25 – 34.

- Özkan, G., Yalpir, Ş., and Uygunol, O., 2007. An Investigation on the Price estimation of Residable Real Estates by Using Artificial Neural Network and Regression Methods", *XIIth Applied Stochastic Models and Data Analysis International Conference (ASMDA)*.
- Rossini, P., 1997. Application of Artificial Neural Networks to The Valuation of Residential Property, *3. Annual Pacific-Rim Real Estate Society Conference*, Palmerston North, New Zealand.
- Saraç, E., 2012. "Yapay Sinir Ağları Metodu ile gayrimenkul Değerleme", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şen, Z., 2009. Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme", Genişletilmiş 3. Baskı, Su Vakfı Yayınları.
- Tabar, M. E., ve Şişman, Y., 2020. Bulanık Mantık ile Arsa Değerleme Modelinin Oluşturulması. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 2(1), 18-24.
- Worzala, E., Lenk, M., and Silva, A., 1995. An Exploration of Neural Networks And It Sapplication to Real Estate Valuation", *The Journal of Real Estate Research*, 10(2): 185-201.
- Yalpir, Ş., 2007. Bulanık Mantık Metodolojisi İle Taşınmaz Değerleme Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulaması: Konya Örneği, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yalpir, Ş., Bünyan Ünel, F., 2016. Türkiye 'de ve Uluslararası Çalışmalarda Arsa Değerlemede Kullanılan Kriterlerin İrdelenmesi ve Faktör Analizi ile Azaltımı, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6, 303 – 322.
- Yomralıoğlu, T., Nişancı, R., Çete, M., Candaş, E., 2011. Dünya'da ve Türkiye'de Taşınmaz Değerlemesi, *Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı*, Okan Üniversitesi.
- Yücel, A., 2010. *Tedarikçi Seçimi Probleminde Bütünleşik Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı*, *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zurada, J. M., Levitan, A. S., and Guan, J., 2006. Non-Conventional Approaches to Property Value Assessment", *Journa of Applied Business Research*, 22(3): 1-14.