



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE MEKANSAL KARAR
DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ: AKSARAY İLİ
ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ**

AKSARAY, 2018



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE MEKANSAL KARAR
DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ: AKSARAY İLİ
ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ**

AKSARAY, 2018

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 152352301 numaralı Doktora öğrencisi, "Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE MEKANSAL KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ: AKSARAY İLİ ÖRNEĞİ" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mehmet Reşit TOLUN
Başkent Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Konya Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
Konya Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK
Aksaray Üniversitesi

Teslim Tarihi: 04.06.2018

Savunma Tarihi: 03.07.2018

ÖNSÖZ

Hazırlanan doktora çalışma ile Mekansal Karar Destek Sistemleri ve Makine Öğrenmesi tekniklerinin entegre edildiği bir model geliştirilmiştir. Bu modelin oluşturulabilmesi ve tüm kullanıcılar tarafından kullanılabilmesi için makine öğrenmesi algoritmalarından tez kapsamında kullanılan yöntemleri içeren bir yazılım geliştirilmiştir. Bu modellerin taşınmaz değer haritaları üretiminde etkin bir şekilde kullanılabilmesi için de gerekli altyapı hazırlanmıştır. Aksaray ili merkez ilçede bir pilot çalışma yapılmış, kullanılan yöntemlerin doğrulukları hesaplanmış ve performansları değerlendirilmiştir.



DOĞRULUK BEYANI

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tezin hazırlanmasında bana yardımcı olan, emeğini hiçbir zaman esirgemeyen, kendisinden çok şey öğrendiğim saygıdeğer hocam Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ'a ve doktora çalışmalarımı yönlendirmede bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Mehmet Reşit TOLUN ve Sayın Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Doktoraya başlangıç döneminden bitiş dönemine kadar her çalışmamda yanımda olan, bu yolda yalnız bırakmayan ve destekleyen Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca desteklerini eksik etmeyen kıymetli arkadaşlarım Arş. Gör. Cemil GEZGİN'e, Arş. Gör. Ahmet Tarık TORUN'a, Arş. Gör. Osman ORHAN'a, Arş. Gör. Ozan ÖZTÜRK'e, Arş. Gör. Halil İbrahim GÜNDÜZ'e, Arş. Gör. Mustafa Haydar TERZİ'ye ve Arş. Gör. Aydan YAMAN'a teşekkür ederim.

Tüm yaşamım boyunca yanımda olan, maddi manevi hiçbir yardımını esirgemeyen, varlıklarıyla bana güç veren babam Salih BİLGİLİOĞLU'na, annem A.Gül BİLGİLİOĞLU'na, kız kardeşim E. Merve BİLGİLİOĞLU'na teşekkür ederim.

Hayatımda bir kardeş, dost ve meslektaş olarak maddi ve manevi hiçbir yardımını esirgemediğim yanımda olan, kardeşim Arş. Gör. B. Baha BİLGİLİOĞLU'na teşekkür ederim.

Son olarak hayatta benim için her şeyden önemli olan ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Araş. Gör. Hacer BİLGİLİOĞLU'na teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	i
DOĞRULUK BEYANI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SAYFA	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1 Karar Destek Sistemleri.....	5
2.1.1 Karar Destek Sistemlerinin türleri	6
2.2 Mekansal Karar Destek Sistemleri	7
2.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	7
2.4 CBS ve MKDS ilişkisi.....	9
2.5 MKDS Süreci	10
2.6. Zeki Mekansal Karar Destek Sistemleri	14
2.7 Yapay Zeka.....	17
2.7.1 Yapay Zeka araştırma alanları ve yaklaşımlar.....	17
2.7.2 Uzman Sistemler	18
2.8 Makine Öğrenmesi	19
2.8.1 Makine Öğrenmesi kavramı.....	19
2.8.2 Makine Öğrenmesi yöntemleri	20
2.8.2.1 Sınıflandırma.....	21
2.8.2.2 Kümeleme	21
2.8.2.3 Birliktelik kuralları.....	22
2.8.3 Makine Öğrenme süreci	23
2.8.3.1 Problemin tanımlanması	24
2.8.3.2 Verinin hazırlanması	24
2.8.3.3 Modelin kurulması	26
2.8.3.4 Modelin kullanılması	26
2.9 Taşınmaz Değerleme	26
2.9.1 Taşınmaz mal değerlendirme yöntemleri.....	28
2.9.1.1 Karşılaştırma yöntemi	28
2.9.1.2 Gelire göre değerlendirme yöntemi	29
2.9.1.3 Maliyete göre değerlendirme yöntemi	29
2.9.2 Küme değerlendirme	30
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	34
3.1 Makine Öğrenmesi Teknikleri ve Mekansal Karar Destek Sistemleri Entegrasyonu	34
3.2 MÖ Tabanlı Taşınmaz Değerleme Yazılımı	36

3.3 Çalışma Bölgesi	42
3.4 Taşınmaz Değerlemeye Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi	44
3.5 Veri Kaynakları	45
3.6 Faktör Mesafelerin Belirlenmesi	48
3.7 Veri Setinin Hazırlanması	49
3.8 Çoklu Rekreasyon Analizi.....	51
3.9 Yapay Sinir Ağları.....	54
3.9.1 Yapay Sinir Ağlarının yapısı	55
3.9.2 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları	56
3.9.3 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları	57
3.9.4. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	58
3.10 Destek Vektör Makineleri (DVM)	60
3.11 CHAID (Chi-Squared Automatic Interaction Detection).....	63
3.12 Karar Ağaçları	67
3.12.1 Ağaç modeli.....	67
3.12.2 ID3 algoritması	69
3.12.3 C4.5 algoritması.....	71
3.12.4 Rastgele Orman algoritması.....	72
3.12.5 CART (Classification And Regression Tree) algoritması	73
3.13 Yöntem Performanslarının Karşılaştırılması	75
3.14 Taşınmaz Değer Haritasının Üretimi.....	76
4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	78
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ.....	88

KISALTMALAR DİZİNİ

AUC	Area Under Curve
CART	Classification And Regression Tree
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CHAID	Chi-Squared Automatic Interaction Detection
DVM	Destek Vektör Makineleri
KDS	Karar Destek Sistemleri
MKDS	Mekansal Karar Destek Sistemleri
MÖ	Makine Öğrenmesi
MTYS	Model Tabanlı Yönetim Sistemi
ROC	Receiver Operating Characteristics
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VTYS	Veri Tabanı Yönetim Sistemi
YSA	Yapay Sinir Ağları
ZKDS	Zeki Karar Destek Sistemleri
ZMKDS	Zeki Mekansal Karar Destek Sistemleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: MKDS bileşenleri.....	10
Şekil 2.2: MKDS işlem adımı (Malczewski, 1999).....	11
Şekil 2.3: MKDS genel mimarisi.	13
Şekil 2.4: Karar verme paradigmaları arası ilişki.	15
Şekil 2.5: ZKDS teknolojik alt yapısı.....	16
Şekil 2.6: ZMKDS alt yapısı.	16
Şekil 2.7: Yapay zeka araştırma alanları.	17
Şekil 2.8: Uzman sistemin genel yapısı (Lucas ve Van Der Gaag, 1991).	18
Şekil 2.9: Makine öğrenmesi modelleri (Mitchell, 1997).....	20
Şekil 2.10: Makine öğrenme süreci (Giovinazzo, 2002).	24
Şekil 3.1: MÖ tabanlı MKDS işlem akış şeması.	35
Şekil 3.2: Program akış diyagramı.....	36
Şekil 3.3: Geliştirilen program ara yüzü.....	37
Şekil 3.4: Yazılıma veri setinin yüklenmesi.	37
Şekil 3.5: Veri tanımlamalarının yapılması.	38
Şekil 3.6: Analiz için yöntem seçimi.	39
Şekil 3.7: Eğitim ve test verileri dağılımının seçimi.	40
Şekil 3.8: Analiz sonucu ve yüzde doğruluğunun gösterimi.	41
Şekil 3.9: Analiz çıktılarının alınması.	42
Şekil 3.10: Çalışma bölgesi.	43
Şekil 3.11: Aksaray ili merkez ilçe imar planı.	45
Şekil 3.12: Veri kaynakları (A: Haliz Hazır Harita B: Ortofoto Görüntüsü).	47
Şekil 3.13: Emsal olarak kullanılan parseller.	48
Şekil 3.14: Yürüyüş mesafesi örneği.	49
Şekil 3.15: Veri tiplerinin veri setine girilmesi.	51
Şekil 3.16: ROC eğrisi (Çoklu Rekreatyon Analizi).....	54
Şekil 3.17: Biyolojik sinir hücresi (Ataseven, 2013).....	55
Şekil 3.18: Yapay Sinir Ağı hücresi (Ataseven, 2013).....	56
Şekil 3.19: Çok katmanlı Yapay Sinir Ağı (Silahtaroglu, 2008).	57
Şekil 3.20: İleri beslemeli Yapay Sinir Ağları (Dolgun, 2006).	58
Şekil 3.21: Geri beslemeli Yapay Sinir Ağları (Silahtaroglu, 2008).	58
Şekil 3.22: Yapay sinir ağ modeli örneği.	59
Şekil 3.23: ROC eğrisi (Yapay Sinir Ağları).....	60
Şekil 3.24: DVM’de hiper düzlem ve ayırıcı vektörler.	61
Şekil 3.25: ROC eğrisi (DVM).....	63

Şekil 3.26: ROC eğrisi (CHAID).	67
Şekil 3.27: Basit bir ağaç yapısı.	68
Şekil 3.28: Örnek ID3 karar ağacı.	70
Şekil 3.29: ROC eğrisi (ID3).	71
Şekil 3.30: ROC eğrisi (C4.5).	72
Şekil 3.31: ROC eğrisi (Rastgele Orman).	73
Şekil 3.32: Örnek CART ağaç yapısı.	74
Şekil 3.33: ROC eğrisi (CART).	75
Şekil 3.34: Tüm yöntemlere ait ROC eğrileri.....	76
Şekil 3.35: Taşınmaz değer haritası (Yapay Sinir Ağları).....	77



ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: MKDS'de kullanılan yöntemler (Greene, 2011).	12
Çizelge 2.2: Veri tabanlarında olası kodlama biçimleri.	25
Çizelge 2.3: Değerleme yöntemleri ve ihtiyaç duyulan veriler (Yılmaz, 2010).	30
Çizelge 2.4: Küme değerlendirme sistemi mevcut ülkeler.	31
Çizelge 2.5: Küme değerlemesi ile tek taşınmaz değerlendirme süreci karşılaştırması (Yılmaz, 2010).	32
Çizelge 3.1: Arsa değerini etkileyen faktörler.	44
Çizelge 3.2: Örnek veri seti.	50
Çizelge 3.3: Model özeti.	52
Çizelge 3.4: ANOVA tablosu.	52
Çizelge 3.5: Model katsayıları ve anlamlılıkları.	53
Çizelge 3.6: Yapay sinir ağları modeline göre kriterlerin önem dereceleri.	59
Çizelge 3.7: Destek vektör makineleri modeline göre kriterlerin önem dereceleri. ..	62
Çizelge 3.8: CHAID modeli kriterlerin önem dereceleri.	66
Çizelge 3.9: Yöntem doğrulukları.	75

DOKTORA TEZİ

MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE MEKANSAL KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ:AKSARAY İLİ ÖRNEĞİ

SÜLEYMAN SEFA BİLGİLİOĞLU

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ

ÖZET

Hayatın her alanında makro ve mikro ölçekte sayısız kararlar alınmaktadır. Kararlara etki eden kriterlerin sayısı arttıkça, kriterlerin sıralanması ve ağırlık değerlerinin hesaplanması daha karmaşık hale gelmektedir. Özellikle mekanla ilişkili karar analizlerinde, gerek veri yoğunluğu, gerekse kriterlerin fazlalığı problemi daha kompleks hale getirmektedir. Bu problemin çözümüne yönelik, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Karar Destek Sistemleri (KDS) temellerine dayalı Mekansal Karar Destek Sistemleri (MKDS) yöntemleri geliştirilmiştir. MKDS kamu, özel ve akademik çevreler tarafından son yıllarda taşınmaz değerlendirme, heyelan duyarlılık, uygun yer seçimi gibi pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda genelde uzman görüşü gerektiren yöntemler kabul görmekte ve tercih edilmektedir. Uzmanla dayalı bu yöntemlerde, uzmanların farklı bakış açıları ve subjektif değerlendirme gibi etkenler uygulamaların yaygınlaşmasını ve otomatikleştirmesini zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, veri yapısında meydana gelecek değişikliklerde (kriter ekleme/eksiltme) mekânsal analizlerinin yenilenmesi gerektiğinden, dinamik modeller de oluşturulamamaktadır. CBS kullanarak kararların hızlı, etkin ve objektif alınabilmesi ve bunların otomatikleştirilebilmesi için karar analizlerinde insan etkisini en aza indirecek dinamik yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, bir çok farklı uygulamada kullanımı giderek artan yapay zeka tekniklerinin Coğrafi Bilgi Sistemlerine dayalı KDS'ye entegre edilmesine ihtiyaç vardır. Yapay zeka tekniklerindeki son yıllarda ki gelişmeler ile birlikte Makine Öğrenmesi (MÖ) olarak adlandırılan ve kendi kendine öğrenebilen sistemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, envanter bilgilerine dayalı MKDS'lere yapay zeka tekniklerinden makine öğrenmesi tekniğinin entegre edilmesi ve bu sistemlerinin otomatikleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla makine öğrenmesinde öne çıkan denetimli öğrenme algoritmalarından Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri, CHAID ve Karar Ağacı algoritmalarından ID3, C4.5, CART ve Rastgele Orman algoritmaları Aksaray ili taşınmaz değer haritasının üretiminde kullanılmış ve performansları değerlendirilmiştir. Ayrıca istatistiksel bir yöntem olan ve literatürde sıklıkla kullanılan Çoklu Regresyon Analizi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tüm bu yöntemleri kapsayan bir yazılım geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Makine Öğrenmesi, Mekansal Karar Destek Sistemleri, Taşınmaz Değerleme, Yapay Zeka

Temmuz, 2018; 90 sayfa

Ph.D. THESIS

DEVELOPMENT OF SPATIAL DECISION SUPPORT SYSTEMS WITH MACHINE LEARNING TECHNIQUES: CASE OF AKSARAY PROVINCE

SÜLEYMAN SEFA BİLGİLİOĞLU

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ

ABSTRACT

All every spheres of life, numerous decisions are taken on a macro and micro scale. As the number of criteria that have an influence on the decisions increases, ranking of criteria and calculation of weight values are becoming more complex. Particularly, the decision analysis associated with spatial will be more complex due to data density as well as excess of criteria. For the solution of this issue, Spatial Decision Support Systems (SDSS) methods have been developed based on Geographic Information Systems (GIS) and Decision Support Systems (DSS). Recently, GIS-based Multi-criteria Decision Making Methods have been used in many applications such as selection of appropriate settlement area, property evaluation and landslide susceptibility by the public, private and academic circles. Generally in these practices, methods requiring expert opinion are preferred and accepted. In these expert-based methods, factors such as differences in views of experts and subjective evaluation, caused by interpretation make it difficult to popularize and automate applications. Furthermore, dynamic models cannot be created as the spatial analysis needs to be revised when the changes (criteria adding / decrease) that will occur in the data structure. Dynamic methods need to be developed in order to minimize the human impact in decision analysis so that decision making can be fast, effective and objective. In this context, artificial intelligence techniques, which are increasingly used in many different applications, need to be integrate SDSS. Over recent years self-learning systems have been developed with the advances in Artificial intelligence techniques. In this study, it is aimed to integrate machine learning techniques of artificial intelligence into the data driven SDSS and automate these systems. For this purpose, supervised learning algorithms such as Artificial Neural Networks, Support Vector Machines, CHAID, ID3, C4.5, CART and Random Forest were used for the generation of the Aksaray Province real estate valuation map and their performances were evaluated. In addition, the results obtained were compared by using the statistical method, Multiple Regression Analysis, which is frequently used in the literature. A software covering all the methods mentioned above was developed to enhance.

Keywords: Geographic Information Systems, Machine Learning, Spatial Decision Support Systems, Land Valuation, Artificial Intelligence

July, 2018; 90 pages

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanoğlunun hayatının birçok safhasında “karar verme” durumunda kaldığı görülmektedir. Her bir karar istenen bir sonuç doğurabileceği gibi karar vericiyi istenmeyen durumlarla da karşı karşıya bırakabilir. Bu nedenle karar verme sürecinin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bundan 5-10 yıl öncesine kadar karar verme süreçlerinde karşılaşılan en büyük problemlerden biri olan bilgi toplamak, günümüzde bu karmaşık verilerden anlamlı sonuçlar çıkartılması olarak değişmiştir. Veri miktarı arttıkça karar vericilerin bu verileri anlamaları ve yorumlamaları da zorlaşmaktadır. Bu durumun çözümü için Karar Destek Sistemleri (KDS) ortaya çıkmıştır (Hersh, 1999). İstatistik, yöneylem araştırması, bilgisayar bilimleri gibi çeşitli bilim alanlarında gerçekleşen ilerlemeler, karar verme yöntemlerinin değişim ve gelişimini beraberinde getirmektedir. Lineer programlama, dinamik programlama ve envanter kontrolü gibi geliştirilen yeni pek çok metot, optimal çözüme/karara ulaşmak ya da yakın sonuçlar üretmek amacıyla kullanılmaktadır. KDS yöntemlerini kullanmaktaki amaç alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir (Herişçakar, 1999). Pratik uygulamaları olduğu kadar teorik gelişimi açısından karar analizi alanında çok hızlı bir gelişime sahip KDS geniş uygulama alanı olan bir yapı sunmaktadır (Jankowski 1995, Eastman vd. 1995, Wu 1998, Günes ve Umarusman 2003, Murphy 2003, Suguraman ve Degroote 2010, Malczewski ve Rinner 2015). Giderek artan bir şekilde kamu, özel ve sivil kuruluşların dahil olduğu pek çok organizasyon bir karar destek sistemi olarak Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) kullanmaktadır. CBS'nin en önemli özelliğinden birisi konumsal analiz fonksiyonlarıdır (Yomralıoğlu, 2000). Bir karar formülasyonunda mekansal bilgi gerekli bir faktör olduğunda CBS, KDS ile birleşerek Mekansal Karar Destek Sistemleri adını almaktadır (Jones ve Taylor, 2004). MKDS bir veya bir grup kullanıcıya mekana dayalı karar problemlerinde verilen kararlarda yüksek bir başarı sağlamasına destek olmak amacı ile tasarlanan bilgisayar tabanlı sistemlerdir (Malczewski, 1999).

MKDS, birtakım mekânsal teknikler ile karar almada yardımcı olur ve karar verme süreci içerisinde karar vericiler için planlı ve programlı bir biçimde çalışma olanağı sağlar (Eastman vd. 1993, Malczewski 1999, Jankowski ve Nyerges 2001).

Karar analizlerin başlangıcında problemin ne olduğu iyi bir şekilde belirlenmelidir. Karar problemi, sistemin mevcut durumu ile istenen ya da beklenen durum arasındaki algılanan fark olarak tanımlanmıştır (Malczewski, 1999). Ortaya konan hedef/problem spesifik, ölçülebilir, ulaşılabilir, amaca uygun ve zamanla bağlantılı olmalıdır. Problemin tanımlanmasından sonra sonuçları ve kararları doğrudan etkilediği için en önemli adımlardan biri olan kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Fakat kriter sayılarındaki fazla artış analizleri daha da zorlaştırmaktadır ayrıca kriterlerin etkileri bölgeden bölgeye değişiklik göstermesinden dolayı bu parametrelerde bir belirsizlik söz konusu olmaktadır (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001). MKDS de en önemli bir diğer adım ise kriterlerin değerlendirilmesidir. MKDS problemleri içinde karar vericiler tarafından çeşitli önemlilik derecelerine göre belirlenmiş kriterler mevcuttur. Kriterlerin görece önemliliklerinin belirlenmesi ve bilgi edinilmesi için her bir kritere ağırlık atanır. Bir ağırlık değeri, diğer kriterleri dikkate alarak bir kriterin görece önemliliğinin belirlenmesidir. Ağırlıkların türetilmesi sırasında karar vericilerin tercihlerinin ağırlıkları belirlemedeki etkisi MKDS problemi içerisindeki en önemli adımdır. Ağırlıkların belirlenebilmesi için iki teknik bulunmaktadır (Malczewski 1999, Suguraman ve Degroote 2010). Bunlar; ilgili literatür taramalarının yapılmasıyla diğer çalışmalarda kullanılan ağırlıkların araştırılması ve ilgili kişiler, karar vericiler ya da uzmanlardan bilgi edinilmesidir.

Karar Çözümlemeleri aşaması için literatürde çok fazla yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır; Analitik Hiyerarşi Süreci, Analitik Ağ Süreci, Ağırlıklı Toplam Metodu, Sıralı Ağırlıklı Ortalama Çözümlemesi vb. uzmana dayalı olarak yapılan bu yöntemlerde karşılaşılan bazı problemler vardır (Suguraman ve Degroote, 2010). Bunlar; uzmanlık bilgisinin olmayışı, uzmanlardan bilgi edilmesindeki güçlükler, aynı konuya uzmanların farklı bakış açıları, dar alana yönelik olması, üst düzey yöneticilerin tutuculuğu, uzmanların objektif ve bağımsız denetim mekanizmalarının olmayışı, ortak terminoloji olmayışı, maliyet yüksekliği ve zaman fazlalığıdır. Özellikle aynı konuda uzmanların uzlaşamaması, farklı bakış açılarına sahip olmaları ve uzmanlar üzerindeki yönetici baskısı, MKDS analizlerinde karşılaşılan en büyük problemdir. Bundan dolayı yapılan karar analizlerinde objektif sonuçlar elde edilememektedir. MKDS de karşılaşılan bir diğer

problem ise kriterlerin artması ile birlikte kriter değerlendirmesi adımındaki zorluklardır. Kriter sayısı arttıkça yapılacak analizler de artmakta bunun sonucunda maliyet ve zaman fazlalığına sebep olmaktadır. Ayrıca yapılacak analizlerde kriter etkileri bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda her bölge için uzmanlaşmış kişilerin bulunamaması da yapılacak MKDS işlemlerini ulusal boyutlara çıkarılamamasının bir sebebidir. Karar analizlerinin dinamik bir şekilde otomatikleştirilebilmesi, bu analizlerde Yapay Zeka tekniklerinin kullanılması ile mümkündür (Klopman, 1984).

Yapay zeka; insan zekâsına özgü olan, algılama, öğrenme, çoğul kavramları bağlama, düşünme, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarımsıma yapma ve karar verme gibi yüksek bilişsel fonksiyonları veya otonom davranışları sergilemesi beklenen yapay bir işletim sistemidir (Bundy, 1997). Daha basit bir tanıma göre ise Yapay Zeka; bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekasına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlardır (Feigenbaum, 1989). Yapay zeka'nın temelleri olarak Matematik, Felsefe, Dilbilim, Ekonomi, Sinirbilim ve Bilgisayar olduğu söylenmektedir. Bu alanlardaki gelişmelere paralel olarak yapay zeka kavramı da değişmekte ve yeni yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır. Yapay zeka çok farklı uygulama alanına ve bunun sonucunda farklı alt alanlara ayrılmıştır (Michalski vd., 2013). Yapay zeka alt alanları incelendiğinde mekanla ilgili yapılacak karar analizlerinde kullanılabilecek iki teknik bulunmaktadır. Bunlarda ilki uzman sistemlerdir (Expert Systems). Uzman sistemler; "bir problemi o problemin uzmanlarının çözdüğü gibi çözebilen bilgisayar programları geliştiren teknolojidir" diye tanımlanmaktadır. Uzman sistemlerde veriler toplanarak uzman tecrübeleri ile birlikte bilgi mühendisleri tarafından bilgisayarlara kodlamalar ile aktarılmaktadır. Aktarılan bilgiler ışığında mekansal anlamda kararlar yapay zeka algoritmaları sayesinde alınabilmektedir (Ulug, 1990). Klasik MKDS yöntemlerine benzer uzman görüşlerine gereksinim duyulduğundan, yapay zeka tekniği alt dalı olan uzman sistemler bu tez çalışması kapsamında tercih edilmemiştir.

Mekanla ilgili yapılacak karar analizlerinde kullanılabilecek bir diğer yapay zeka alt alanı ise makine öğrenmesi (Machine Learning) teknikleridir. Makine öğrenmesi, bilgisayarların algılayıcı verisi ya da veritabanları gibi veri türlerine dayalı öğrenimini olanaklı kılan algoritmaların tasarım ve geliştirme süreçlerini konu edinen bir bilim dalıdır (Mitchell, 1997). Makine öğrenimi araştırmalarının odaklandığı konu bilgisayarlara karmaşık örüntüleri algılama ve veriye dayalı akılcı

kararlar verebilme becerisi kazandırmaktır. Makine öğrenmesi, çok büyük miktarlardaki verinin elle işlenmesi ve analizinin yapılması mümkün olmadığı yada zor olduğu durumlarda geçmişteki verileri kullanarak gelecek için tahminlerde/çıkarımlarda bulunmak için geliştirilmiştir. Bu teknik; "bir kişi verilere bakarak nasıl tecrübe edinip uzman olabiliyor ve çıkarım yapabiliyorsa, makinelerde ham verilerden kendi kendilerine tecrübe edinerek o konuda uzmanlaşıp çıkarımlar yapabilir" düşüncesi ile ortaya çıkmış ve yapay zekanın geleceği olarak nitelendirilmektedir (Michalski ve Kodratoff, 1990). Makine öğrenmesi tekniğinin MKDS entegrasyonu için tercih edilmesinin en önemli sebebi, uzmanlardan bağımsız kendi kendine öğrenebilme ve çıkarımlar yapabilme özelliğine sahip olmasıdır.

Bu tez çalışmasında, veri güdümlü CBS tabanlı karar destek sistemlerine yapay zeka tekniklerinden makine öğrenmesi tekniğinin entegre edilmesi ve bu sistemlerinin otomatikleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla makine öğrenmesinde öne çıkan denetimli öğrenme algoritmalarından Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri, CHAID ve Karar Ağacı algoritmalarından ID3, C4.5, CART ve Rastgele Orman algoritmaları Aksaray ili taşınmaz değer haritasının üretiminde kullanılmış ve performansları değerlendirilmiştir. Ayrıca istatistiksel bir yöntem olan ve literatürde sıklıkla kullanılan Çoklu Regresyon Analizi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tüm bu yöntemleri kapsayan ve kullanıcıların sonuçları karşılaştırabileceği bir yazılım geliştirilmiştir. Ayrıca, Makine öğrenmesinin MKDS kullanılmasıdaki avantaj ve dezavantajları ortaya çıkartılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Karar Destek Sistemleri

Karar verme insanların her zaman karşı karşıya kaldığı ve alternatifler içerisinde yapmış olduğu seçimlerin genel bir ifadesi olarak belirtilmektedir. Yönetim bilimi çerçevesinde karar verme; farklı hedefler, bu hedeflere erişilmesi için gerekli imkanlar, yollar ve araçlar arasından doğru tercih ve seçim yapma işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bilgisayar destekli karar verme; karar probleminin bilgisayar yazılımları aracılığıyla modellenmesi, çözümlenmesi ve analizi işlemlerinin bir bütünüdür. Bu yazılımlar; Karar analizinde kullanılan algoritmaları içerisinde bulunduran ve bu algoritmalar aracılığı ile karar vericilere problemin modellenmesini, modelin çözümlenmesini, sonuçların analiz edilmesini ve yorumlanmasını olanak sağlayan programlardır (Öz ve Baykoç, 2004).

Gün geçtikçe teknolojinin artması ile birlikte gerçekleşen veri miktarındaki artış, karar sayısını ve karar süreçlerini de artırmakta ve buna bağlı olarak bir karmaşıklığa neden olmaktadır. Bu nedenle karar vericiler çok yoğun veri ile karar analizleri yapmak zorunda kalmaktadır. Bu nedenle karar vericilerin daha verimli, etkin ve hızlı bir şekilde bu analizleri gerçekleştirebilmesi için Karar Destek Sistemleri (KDS) olarak adlandırılan araçlar araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Kısaca KDS, farklı kaynaklardan elde edilen bilgilerin düzenlenmesi, kararların modellenmesi, analizlerin yapılması ve sonuçların sunulması işlevlerini yerine getiren ve karar vericilere karar anında alınacak kararlarda destek sağlayan bilgisayar temelli sistemlerdir (Sauter, 1997). Bir KDS üç temel bileşene sahiptir. Bu bileşenler; Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS), Model Tabanlı Yönetim Sistemi (MTYS), Kullanıcı Arayüzüdür.

KDS'ler, basit karar çözümleme yöntemlerini kapsadığı gibi, kompleks algoritmaları da kapsamaktadır. Veri tabanlarından yapılan sorgulamalar ile elde edilen raporlar, ilk kullanılan karar destek yöntemleri olarak söylenebilir. Ayrıca, veriler üzerinden yapılan istatistiksel, matematiksel ve sezgisel yöntemlerin kullanılması, karar sürecinde, kavrama yeteneği açısından insan zekasının önüne geçmiştir (Güleç, 2007). Dolayısı ile kriterlerin yönetilmesi ve çoklu seçim kriterleri konularında

KDS'ler önemli ölçüde fayda sağlayan bir yönetim sistemleridir.

Bilgi işleme ve saklama konularında insan beyninin kısıtlı kapasiteye sahip olmasından dolayı karar verme işlemlerinde hata yapması veya yanlış analizler yapması olağandır. Toplumun çoğunluğunu etkileyen önemli derecedeki alınacak kararlarda, karar vericiler insan beyni ile çözülmesi mümkün olmayacak kompleks kararlar ile karşılaşabilirler. KDS'ler doğru yöntemler ile bu tip durumlarda alınacak kararlar için uygundur (Çetinyokuş ve Gökçen, 2002).

2.1.1 Karar Destek Sistemlerinin türleri

Günümüzde karar destek sistemleri şu kategorilerde incelenmektedir (Power 2001, 2002, 2004):

Model güdümlü karar destek sistemi: Finansal, optimizasyon ve simülasyon modellerine erişim ve kullanmayı ele alır ve analitik karar destek araçlarını kullanır. Veriye ihtiyaç duymaz fakat karar verici tarafından sağlanan kısıtlı veri ve parametreleri kullanabilir. Temel düzeyde fonksiyonelliğe sahiptir.

Veri güdümlü karar destek sistemi: Zaman serileri gibi geçmişe endeksli büyük çaplı verileri veritabanı sorgulamaları ile analiz eder. Yüksek düzeyde fonksiyonellik ve karar destek sağlar.

Komünikasyon güdümlü karar destek sistemi: Çok sayıda karar verici arasında kararlar ilgili işbirliği ve komünikasyon için ağ ve iletişim teknolojilerini kullanır. Grup bazlı iletimi destekleyen iletişim teknolojileri bu tip karar destek sistemleri için dominant unsurdur.

Doküman güdümlü karar destek sistemi: Doküman analizi ve bilgi çıkarımı için bilgisayar depolama ve işleme teknolojilerini kullanır. Büyük doküman veritabanları; yapılandırılmamış taranmış dokümanlar, web sayfaları, görüntü, ses ve videolardan oluşur.

Bilgi tabanlı karar destek sistemi: Karar verici ve kullanıcıya öneri veya tavsiye sunarlar. Özel bir problem çözme bilgisi ve yeteneği ile donatılmış bilgisayar sistemleridir. Bu tür sistemleri geliştirmek için kullanılan yöntemler, yapay zeka teknolojilerini kullandıkları için zeki karar destek yöntemleri olarak bilinmektedir (Power, 2007).

2.2 Mekansal Karar Destek Sistemleri

MKDS, mekanla bağlantılı karmaşık problemleri çözümünde literatürde önde gelen pradiğmalar olarak ortaya çıkmıştır (Prastacos ve Prinnet, 2004). MKDS, bir veya birden çok kullanıcıya mekansal kararların alımında yüksek başarıda karar vermeye destek olması amacı ile geliştirilen bilgisayar tabanlı sistemlerdir (Malczewski, 1999). MKDS'nin temelini CBS ve KDS oluşturmaktadır ve günümüzde mekanla ilişkili çok farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Zou vd., 2008). Kamu, özel ve akademik çevrelerin dahil olduğu birçok organizasyon CBS'yi giderek artan bir şekilde karar destek sistemi olarak kullanmaktadır. Bir karar analizinde mekanla ilgili bir faktör olduğunda KDS ve CBS birleşerek MKDS'leri oluşturmaktadır (Jones ve Taylor, 2004).

Mekanla ilgili alınacak kararlarda MKDS'nin sağladığı destek tüm araştırmacılar tarafından kabul edilmesine rağmen, terimin tanımlanmasında bir anlaşmazlık vardır. Bazı araştırmacılar CBS'nin yeniden düzenlenmiş bir şekilde oluşturulan bir paketi olarak tanımlarken, diğerleri modelleme ve/veya KDS sonuçlarını grafiksel olarak gösterilmesini sağlayan bir sistem olarak tanımlamaktadır (Murphy, 2003).

Genel olarak MKDS, mekansal veritabanı, veri modelleme ve analizi ile sonuç haritalama özelliklerinin birleşmesi ile meydana gelen ve karar vericilere alınacak kararlarda yardımcı olmayı sağlayan bilgisayar destekli bir sistemdir (Armstrong vd. 1991, Densham 1991).

KDS'ye ek olarak MKDS'ler;

- Mekansal veri entegrasyonu sağlamakta,
- Mekansal verilerde karmaşık yapı ve ilişkilerin kullanıcıya sunumuna sağlamakta,
- Mekansal analiz tekniklerini kapsamakta,
- Mekansal verilerin haritalar ile görsel sunumlarını kapsamaktadır.

MKDS'de bulunan ek özellikler mekansal olmayan ve mekansal veri tabanlarının entegre edilerek mekansal ve sayısal modellerin sağlanmasına olanak kılmaktadır.

2.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Geçmişten günümüze veri miktarındaki sürekli artış, verilerin nasıl depolanacağı, analizler için gerekli verilerin hangi şekilde ayıklanacağı ve istenildiğinde etkin bir şekilde nasıl sorgulanacağı ya da analiz edileceği sorunları da paralel olarak artmaktadır. Bilgi sistemi kavramı bu ve benzeri sorunların çözümü için ortaya

atılmıştır. Bu sistemler 1970'li yılların başından itibaren bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte sürekli büyüyen ve gelişen bir endüstri haline gelmiştir. Bilgi sistemlerinin çok farklı sınıflandırılması olmasına rağmen temelde genel olarak mekansal olmayan ve mekansal bilgi sistemleri olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Mekansal bilgi sistemleri, yönetsel ve planlama amaçlı geliştirilen ve konuma bağlı verilerin toplanması, modellenmesi, analizi ve kullanıcılara sunulması işlevlerini yerine getiren yazılım, donanım ve yöntemlerin bütünüdür. Mekandan bağımsız bilgi ile geliştirilen bilgi sistemleri ise mekansal olmayan bilgi sistemleridir. Mekansal olmayan ve mekansal bilgileri bir arada kapsaması sebebi ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin bir çatı olduğu söylenebilir (Kavzaoğlu ve Arslan, 2007).

CBS, çok farklı disiplin tarafından yaygın olarak kullanılmasından dolayı birçok tanımı mevcuttur. Bu tanımların bir çoğunda farklı görüşler öne sürülse de temelde hepsi aynı noktaya işaret edilmektedir. Clarke (1986), CBS'yi mekansal verinin alınması, depolanması, erişimi, analizi ve gösterimi için bilgisayar destekli bir sistem olarak tanımlamıştır. Genel olarak günümüzde kabul gören CBS tanımı ise, konuma dayalı gözlemlerden elde edilen mekansal ve mekansal olmayan bilgilerin toplanması, saklanması işlenmesi ve kullanıcılara sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2000).

Coğrafi bilgi sistemlerinde temel fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- Veri üretimi
- Veri depolama ve yönetimi
- Manipulasyon
- Mekansal analizler
- Veri görselleştirme ve sunumu (Özerbil, 2004)

CBS, coğrafi varlıkları sadece mekansal bilgileri ile değil, aynı zamanda mekansal varlıklara ait metinsel bilgileri olan öznitelik bilgileri ile de tanımlamaktadır. Mekansal olmayan ve mekansal bilgiler bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler ile birlikte veri tabanı sistemleri içerisinde ilişkilendirilmiştir. Bu kapsamda sonuç olarak yeni bir bilgi sistemi olan CBS uygulamaları ortaya çıkmıştır (Yomralıoğlu, 2000).

1960'lı yılların başında Kanada arazilerinin değerlendirilmesi amacı ile yapılan, Kanada CBS isimli uygulama CBS adı ile gerçekleştirilen ilk çalışmadır. Bu çalışma

eyalet yönetimi ve federal hükümetinin maddi desteği ile gerçekleştirilen büyük kapsamlı bir uygulamadır (Foresman, 1998). O günden günümüze kadar ki süreç içerisinde CBS farklı disiplinler tarafından birçok uygulama alanına sahip olmuş ve gelişen teknoloji ile birlikte kendini yenilemiştir. Literatürde, CBS alanında farklı konularda yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Çevre yönetimi (Monmonier 1999, Gottlieb 2002), veri dönüşüm yöntemleri (Hohl, 1998), mekansal veri analizleri (Berry 1997, Mitchell 1999, Longley ve Batty 1996, Griffith ve Sone 1999, Stein 1999, Zieler 1999), doğal kaynak yönetimi (Maidment 1993, Snyder 1997, Lang 2001) gibi konularda CBS ile ilgili yapılmış pek çok çalışma mevcuttur.

2.4 CBS ve MKDS İlişkisi

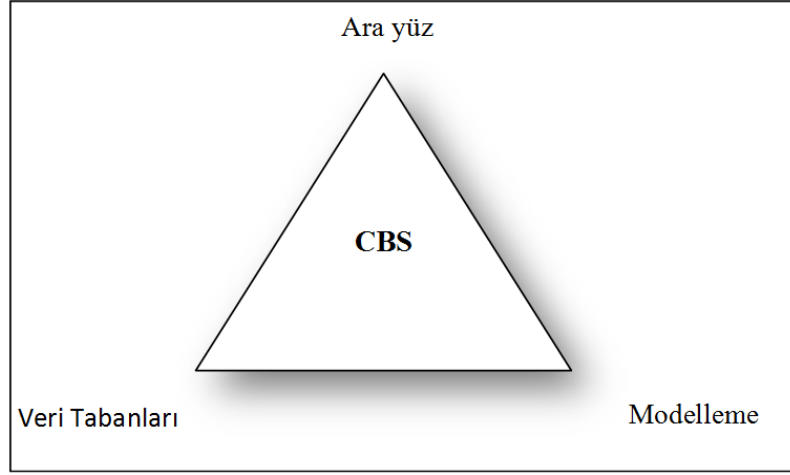
MKDS'de karmaşık kararların alınmasında CBS etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Bunun sebepleri şu şekilde sıralanabilir;

- Veri görüntüleme özelliğinden dolayı çözümlerin etkili ve hızlı bir şekilde yapılması.
- Veritabanlarında mekansal olmayan ve mekansal bilgilerin birlikte tutulması.
- Verilerden sorgulama yapma, ölçme ve mekansal analiz yapabilme gibi özelliklere sahip olması.

MKDS'ler aşağıda belirtilen işlemlere ve özelliklere sahip olması gerekmektedir;

1. Grafik ekran özelliğine sahip olması,
2. Veri tabanı yönetim sistemleri içermesi,
3. Tablo raporlama özelliklerine sahip olması,
4. Modelleme yeteneğine sahip olması,
5. Karar vericilere yardımcı olması (Densham ve Rushton, 1988).

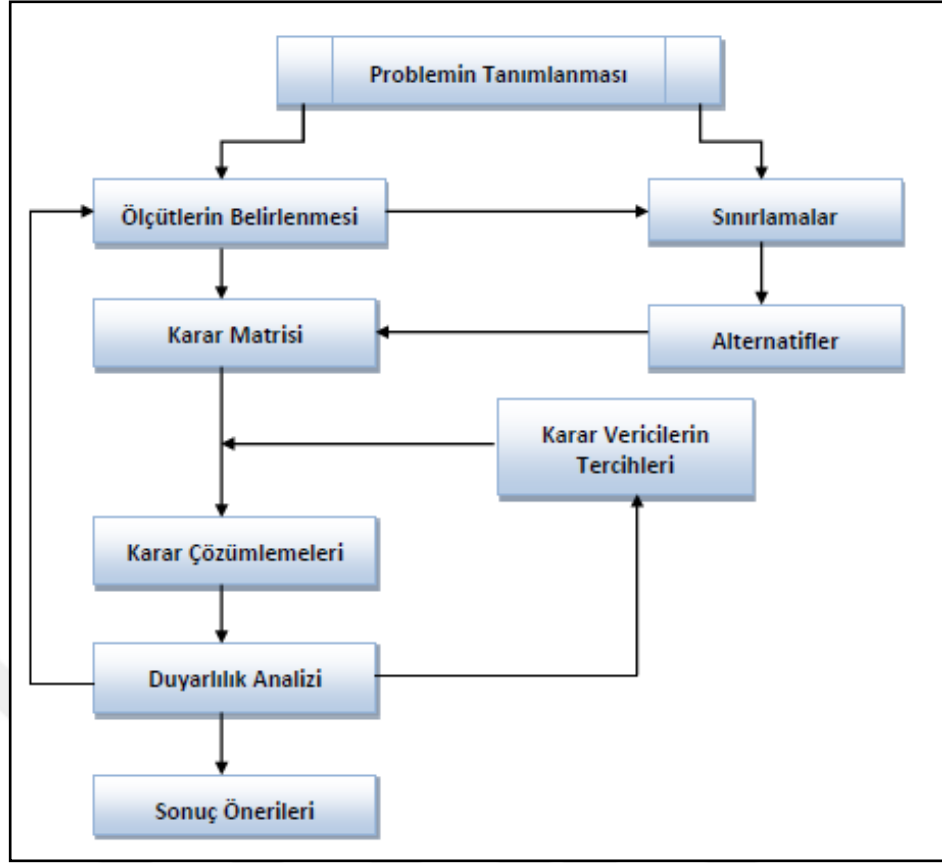
1, 2 ve 3 numaralı maddelerdeki özellikler CBS tarafından sağlanmaktadır. 4 ve 5 numaralı maddelerde belirtilen özelliklerin ilave edilmesi ile birlikte MKDS sağlanmış olacaktır. Şekil 2.1'de MKDS bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 2.1: MKDS bileşenleri.

2.5 MKDS Süreci

MKDS, mekânsal teknikler sayesinde etkin karar alımında yardımcı olmaktadır ve karar verme süreci içerisinde karar vericiler için programlı ve planlı bir biçimde çalışma olanağı sağlamaktadır (Eastman vd. 1993, Malczewski 1999, Jankowski ve Nyerges 2001). MKDS, kompleks ve geniş ölçekli birçok karar problemlerin modellenmesi ve analizlerin yapılarak yorumlanması için oldukça önemli derecede uygun bir yöntemdir (Eeckhaut vd., 2012). MKDS süreci farklı adımlar halinde bölümlendirilebilir (Şekil 2.2) (Malczewski, 1999).



Şekil 2.2: MKDS işlem adımı (Malczewski, 1999).

Problemin Tanımı; karar analizlerin başlangıcında problemin ne olduğu iyi bir şekilde belirlenmelidir. Sistemin mevcut durumu ile istenen veya beklenen durum arasındaki algılanan fark karar problemi olarak tanımlanmaktadır (Malczewski, 1999). Ortaya konan hedef/problem spesifik, ölçülebilir, ulaşılabilir, amaca uygun ve zamanla bağlantılı olmalıdır.

Ölçütlerin Belirlenmesi; problemin tanımlanmasından sonra sonuçları ve kararları doğrudan etkilediği için en önemli işlem adımlarından biri olan ölçütlerin belirlenmesi gerekmektedir. Ölçütler, kararı etkileyen tüm etkileri yansıtan ve karar problemine bağlı olarak seçilen kapsamlı hedefler setidir. Fakat ölçütler ve etkilerinin bölgeden bölgeye değişiklik göstermesinden dolayı bu parametrelerde bir belirsizlik söz konusudur (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001). Ölçütlerin belirlenmesi için iki teknik bulunmaktadır. Bu teknikler, diğer çalışmalarda kullanılan ölçütlerin literatür taraması yapılarak araştırılması ve konu ile ilgili uzmanların uzmanlık bilgilerine danışılması ve bilgi edinilmesidir (Malczewski, 1999).

Alternatifler; her bir alternatif karar değişkenleri olarak ayrılmaktadır (Malczewski, 1999). Karar değişkenleri, problemle bağlantılı olarak sınırlandırılmış ve

sınırlandırılmamış bir biçimde oluşturulmaktadır. MKDS ile karar analizlerinde alternatifler, çalışma bölgesi içerisindeki farklı mekansal birimleri temsil edebilmektedir. Bu gibi durumlarda karşılaştırmalar mekansal birimler arasında yapılmaktadır. Mekansal birimler, vektör veri modelinde ise nokta, çizgi, poligonlar arasında raster veri modelinde ise grid hücreler arasında karşılaştırmalar yapılmaktadır.

Ölçütlerin ağırlıklandırılması; karar sürecinde en önemli olan bu adımda, karar vericilerin veya uzmanların fikirleri ışığında, ölçütler/kriterler karar modeli ile birleştirilmektedir. Bu fikirler genel anlamda ölçütlerin/kriterlerin birbirlerine göre önem derecesini vurgulamaktadır. Alternatifler, ağırlıklar ve öznetelikler, girdi verisi olarak bir araya getirildiğinde, karar tablosu veya karar matrisi haline dönüştürülmektedir (Malczewski, 1999). Ölçüt/kriter ağırlıklarının belirlenmesinde başlıca kullanılan yöntemler puanlama, sıralama ve ikili karşılaştırmadır. Ölçüt ağırlıkları tüm yöntemler için toplamı bir olacak şekilde normalleştirilmektedir.

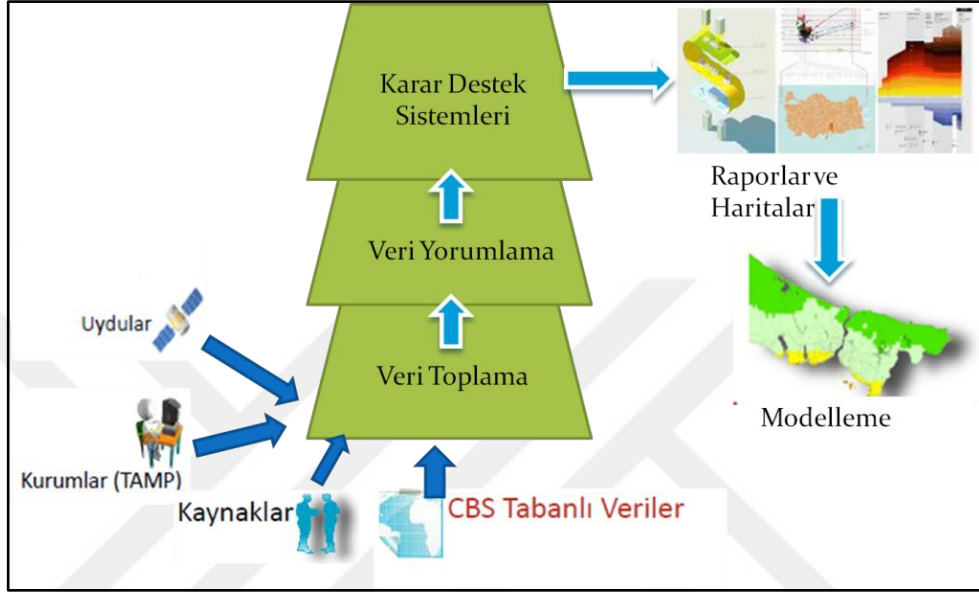
Karar Çözümlemeleri; MKDS karar çözümlemeleri aşamasında çok fazla ve farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler aşağıda Çizelge 2.1'de gösterilmiştir (Greene, 2011).

Çizelge 2.1: MKDS'de kullanılan yöntemler (Greene, 2011).

Tela fi Edici Olmayan Önc. Yöntemler	Ağırlıklandırılmalı Yöntemler	Tela fi Edici Önc. Yöntemi		Üstünlüğe göre Önc. Yöntemi	Matematiksel Programlama Yöntemleri	Buluşsal Yöntemler
		Ekleme li Metotlar	Ekleme siz Metotlar			
Birleştirici	Sıralama			Electre	Lineer / Tam Sayı Prog.	Çok amaçlı optimizasyon
Ayrıştırıcı	Derecelendirme	Ağırlıklandırılmış Doğrusal Kombinasyonu	Baskın Set	Promethee	Hedef / Uzlaş Prog.	Genetik Algoritmalar
Sözlüksel	Değiş Tokuş	Bulanık Ağırlıklı Toplam	İdeal Nokta		Etkileşimli Prog.	Benzetimli Tavlama
Eleme	Analitik Hiyerarşi Süreci	Sıralı Ağırlıklı Ortalama	Makul Hedef Metodu			
Baskınlık						

Karar çözümlmeleri yapıldıktan sonra ilgili yöntemin doğruluğunun belirlenmesi için duyarlılık analizi yapılmaktadır. Duyarlılık analizi sonucunda karar vericiler tarafından uygun doğruluk elde edilmesi durumunda karar verme süreci tamamlanmakta ve çıkan sonuçlar yorumlanarak sonuç ve öneriler yapılır.

Bir MKDS işlemi yukarıda anlatıldığı gibi gerçekleşmektedir. Daha basit anlamda MKDS genel mimarisi Şekil 2.3'de gösterilmektedir.



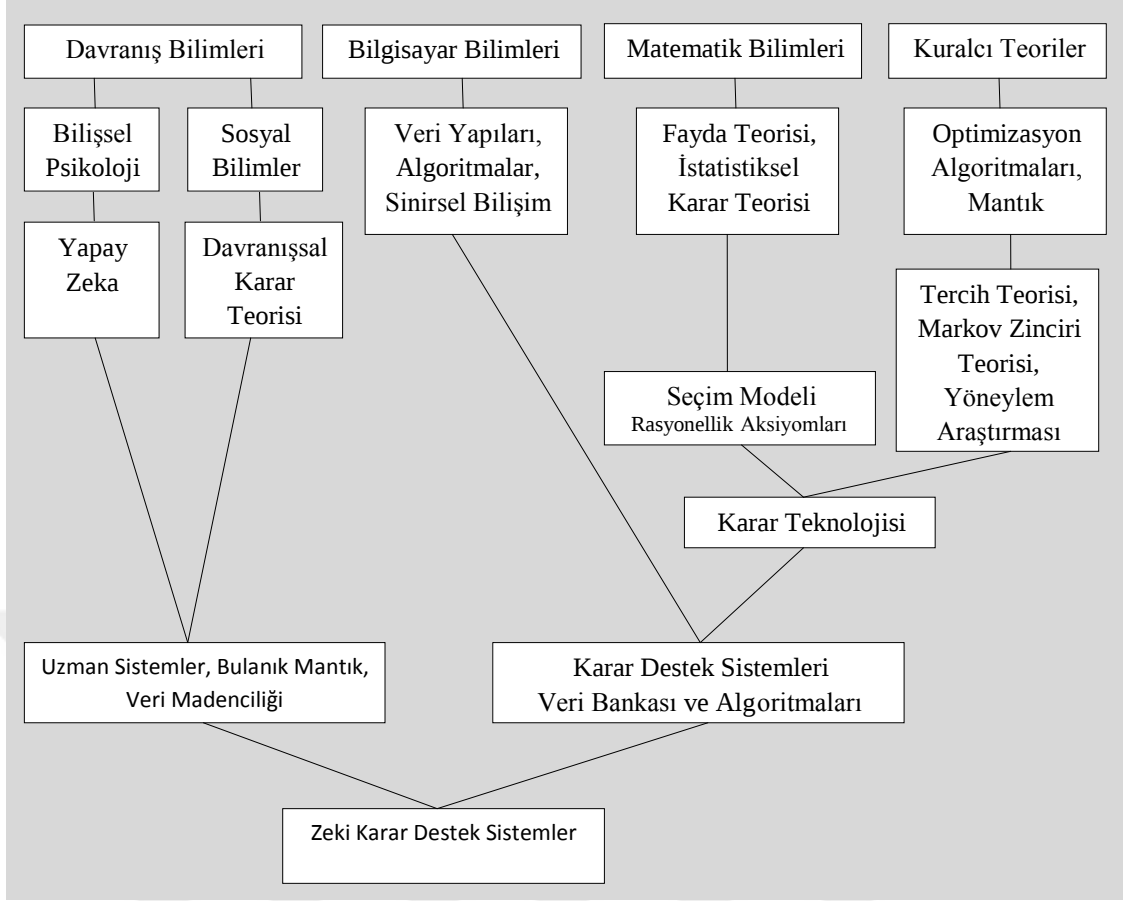
Şekil 2.3: MKDS genel mimarisi.

Klasik MKDS genel mimarisine bakıldığında farklı kaynaklardan ve farklı kurumlardan toplanan mekansal ve mekansal olmayan veriler bir veri tabanı yönetim sisteminde toplanmaktadır. Karar analizi için toplanan ve depolanan bu veriler, karar vericiler tarafından değerlendirilerek karar analizi için gerekli ölçütler belirlenmektedir. Daha sonra belirlenen bu ölçütlerin önem derecelerinin belirlenmesi amacı ile gerekli uzman görüşleri alınmaktadır. Ağırlıkların belirlenmesi sonrasında seçilen karar çözümleme yöntemleri ile birlikte sonuç ürünler (Raporlar, haritalar) elde edilmektedir. Elde edilen ürünler modellenerek karar verme işlemi gerçekleşmektedir. Karar analizlerinin belirli sürelerde güncellenmesi, ölçütlerin ekleme veya eksiltme gibi değişikliklerin yapılması gerektiği durumlar söz konusu olabilmektedir. Bu gibi durumlarda klasik MKDS sürecinin en baştan başlayarak tekrar yapılması gerekmektedir. Bu durum MKDS analizlerinin statik bir yapıda olduğu sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Dolayısı ile birçok kamu kurum ve kuruluşun yanında özel sektör tarafından dinamik modellerin geliştirilmesi oldukça zor bir hale gelmektedir. Ayrıca ölçüt önem dereceleri

bölgeden bölgeye değişiklik göstermesi sebebi ile ulusal anlamda bir model geliştirilmesi bir diğer karşılaşılan güçlük olarak söylenebilir. Uzmana dayalı bu yöntemlerde, uzmanların farklı bakış açıları, sübjektif değerlendirme, yorumlamanın getirdiği zaman ve maliyet artışı gibi etkenler uygulamaların yaygınlaşmasını ve otomatikleştirmesini zorlaştırmaktadır. Bu ve benzeri problemlerin çözülerek dinamik ve ulusal modellerin geliştirilmesi ve yapılacak analizlerin otomatikleştirilmesi gerekmektedir. CBS kullanılarak kararların hızlı, etkin ve objektif alınabilmesi ve bunların otomatikleştirilebilmesi için karar analizlerinde insan etkisini en aza indirecek dinamik yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, bir çok farklı uygulamada kullanımı giderek artan yapay zeka tekniklerinin MKDS'ye entegre edilmesine ve Zeki Mekansal Karar Destek Sistemlerinin (ZMKDS) kullanılmasına ihtiyaç vardır.

2.6. Zeki Mekansal Karar Destek Sistemleri

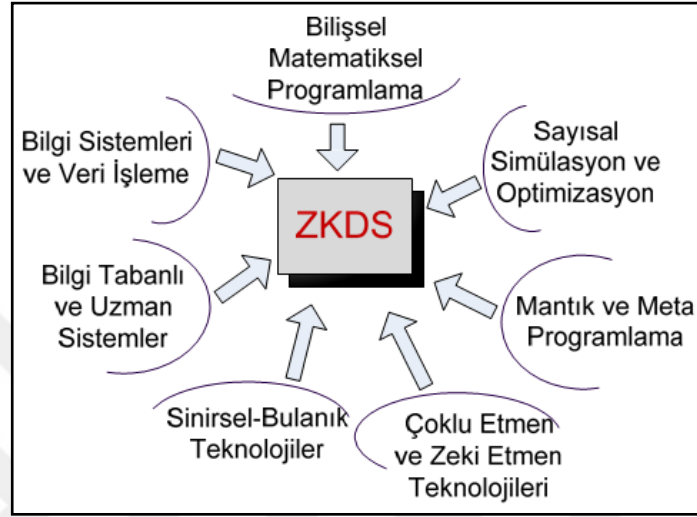
KDS, önemli kararları güçlendirmek için gözlemsel (deneysel) destek sağlamaktadır. Karar vericinin yerine geçmemekte sadece karar verme aşamasında yardımcı olmaktadır. Bu yüzden birçok günlük uygulamada hayati önem taşımaktadır. KDS araştırma alanı, birçok bilim dalının farklı özelliklerinin birleşiminden oluşmaktadır. Farklı bilim dallarına göre disiplinler arası karar verme paradigmaları arasındaki ilişki Şekil 2.4'te gösterilmiştir (Zimmermann, 1996).



Şekil 2.4: Karar verme paradigmaları arası ilişki.

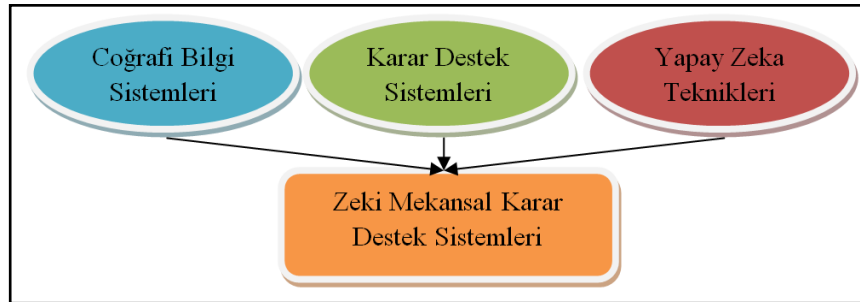
Şekil 2.4'ten görüldüğü üzere KDS; bilgisayar bilimlerinden veri yapıları, algoritmalar ve sinirsel bilişim, kuralcı teorilerden fayda teorisi ve istatistiksel karar teorisi, matematik bilimlerinden optimizasyon algoritmaları, mantık, tercih teorisi ve yöneylem araştırması konularının birleşiminden oluşmaktadır. Buna ek olarak davranış bilimlerinden davranışsal karar teorisi, bilişsel psikolojiden yapay zeka, uzman sistemler, bulanık mantık, veri madenciliği gibi araştırma alanları karar destek sistemlerine dâhil edilince Zeki Karar Destek Sistemleri (ZKDS) veya Bilgi Tabanlı Karar Destek Sistemleri elde edilmektedir. Genelde karar algoritması ve modelleri özel bir probleme yöneliktir. KDS optimizasyon yöntemleri; matematiksel programlama, yöneylem araştırması vb. içermektedir. Bu tür modellerde uzmanlık bilgisi dikkate alınmaz. Bu yüzden KDS model ve algoritmaları bazen gerçek problemlerde oldukça kötü bir yaklaşım sergilemekte bu da sistemi bilgi işleme yerine sembol işlemeye yönlendirmektedir. Bununla birlikte insan algılama yeteneğinin sınırlı olması ve gerçek hayattaki karmaşıklıktan dolayı, tamamen kavranması zor durumlar mevcuttur. Bu gibi durumlarda etkin karar verme oldukça zordur. Karmaşık yapıdaki bilgilerden anlamlı kararlar alınabilmesi için uzman

sistemler, veri madenciliği ve makine öğrenmesi gibi yapay zeka teknikleri kullanılarak modelleme yapılabilir (Turban ve Aronson, 2004). Bu teknikleri kullanan karar destek sistemleri Zeki Karar Destek Sistemleri olarak adlandırılır ve bu teknikler sistemin geçerliliği konusunda etkin rol oynarlar (Klein ve Methlie, 1995). ZKDS'nin bilimsel araştırma geliştirme ve teknolojik alt yapısı Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5: ZKDS teknolojik alt yapısı.

Mekanla bağlantılı karmaşık problemlerin çözümünde, kullanıcıya mekansal kararların alımında yüksek başarıda karar vermeye destek olması ve insan algılama yeteneğinin yetersiz olduğu karmaşık yapıdaki bilgilerden anlamlı kararlar alınabilmesi için MKDS'lere ZKDS'ler de kullanılan yapay zeka teknikleri entegre edilerek Zeki Mekansal Karar Destek Sistemleri (ZMKDS) geliştirilmiştir. Bu sayede yapay zeka tekniklerinin kullanılması ile karar analizlerinin dinamik bir şekilde otomatikleştirilebilmesi mümkün hale gelecektir. ZMKDS; CBS, KDS ve Yapay Zeka tekniklerinin entegrasyonu ile oluştuğu söylenebilir (Şekil 2.6).



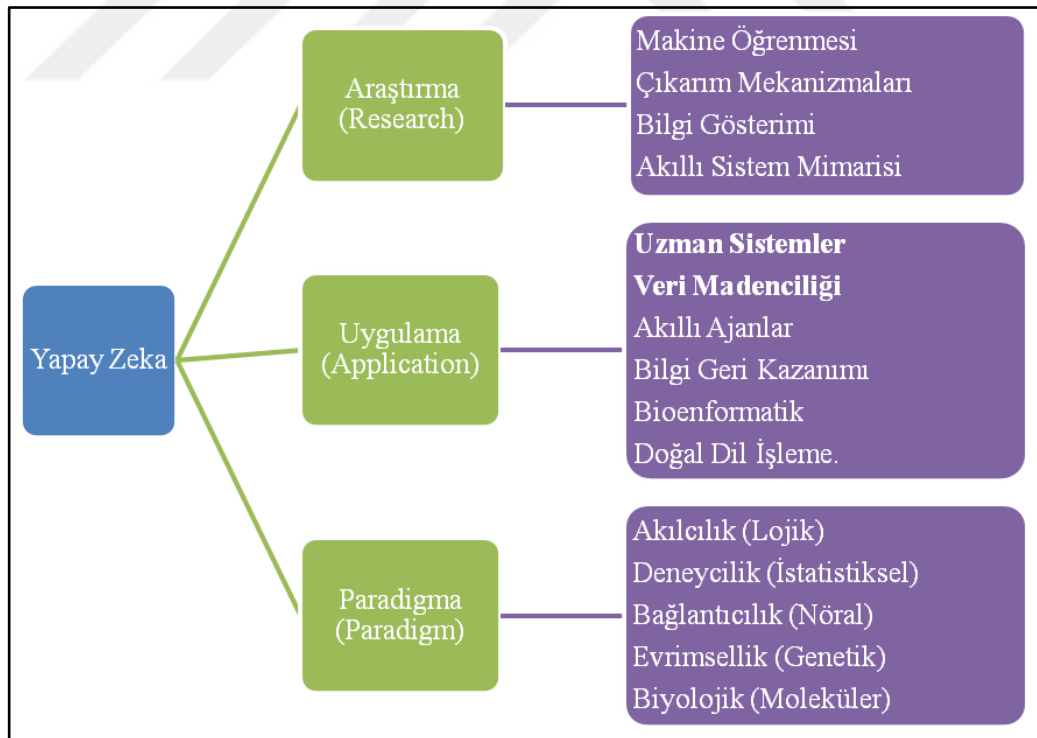
Şekil 2.6: ZMKDS alt yapısı.

2.7 Yapay Zeka

Yapay zeka; insan zekâsına özgü olan, öğrenme, algılama, çoğul kavramları bağlama, fikir yürütme, düşünme, iletişim kurma, sorun çözme, çıkarım yapma ve karar verme gibi yüksek bilişsel fonksiyonları veya otonom davranışları sergilemesi beklenen yapay bir işletim sistemidir (Bundy, 2012). Daha basit bir tanıma göre ise Yapay Zeka; bilgi edinme, görme, algılama, düşünme ve karar verme gibi insan zekasına özgü yetenekler ile donatılmış bilgisayarlardır (Feigenbaum, 1989).

2.7.1 Yapay Zeka araştırma alanları ve yaklaşımlar

Yapay Zeka kavramı ilk defa 1956'da Hanover, New Hampshire, Dartmouth College'da yapılan bir konferansta ortaya atılmış ve günümüze kadar bir çok gelişim göstermiştir. Yapay zeka'nın temelleri olarak Matematik, Felsefe, Dilbilim, Ekonomi, Sinirbilim ve Bilgisayar olduğu söylenmektedir. Bu alanlardaki gelişmelere paralel olarak yapay zeka kavramı da değişmekte ve yeni yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır. Yapay zeka çok farklı uygulama alanına ve bunun sonucunda farklı alt alanlara ayrılmıştır (Michalski vd., 2013). Bu alanlar ve yaklaşımlar Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7: Yapay zeka araştırma alanları.

Yapay Zeka araştırma alanlarına bakıldığında, uygulamalarda; Uzman Sistemler, Veri Madenciliği, Zeki Ajanlar, Bilgi Erişim, Biyoinformatik ve Doğal Dil İşleme

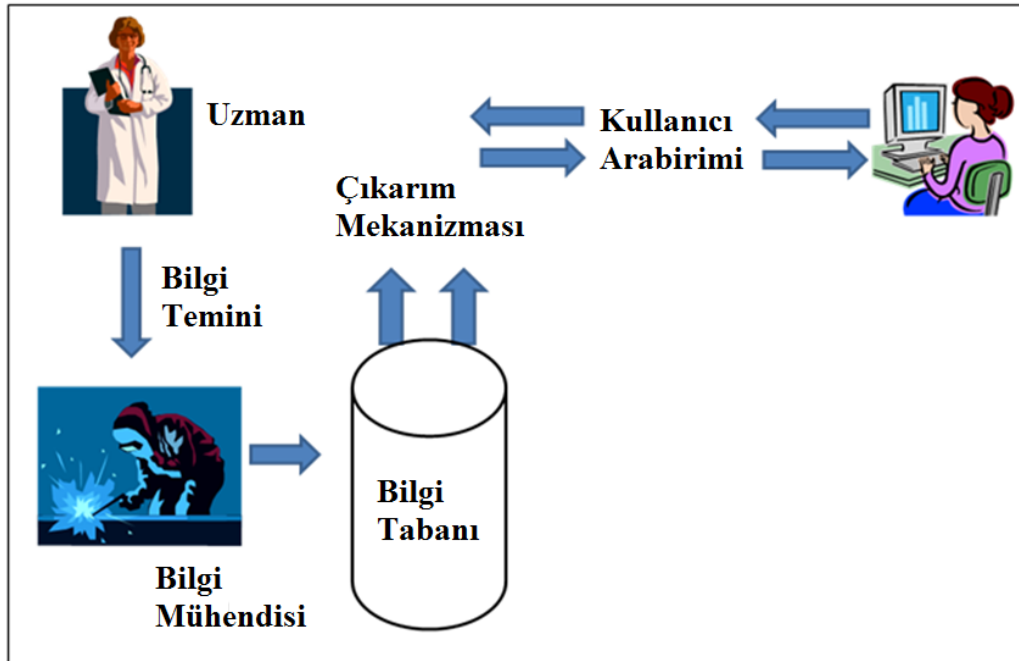
teknikleri kullanılmaktadır. Mekansal anlamda yapılacak karar analizleri için bu uygulama alanlarından veri madenciliği ve uzman sistemler uygundur. Veri madenciliğinde kullanılan birçok teknik ve yöntem mevcuttur. Bu tez çalışmasında Makine Öğrenmesi yöntemleri irdelenmiştir.

2.7.2 Uzman Sistemler

Uzman sistemler; "bir problemi o problemin uzmanlarının çözdüğü gibi çözebilen bilgisayar programları geliştiren teknolojidir" diye tanımlanmaktadır. Bir uzman sistemin 4 temel elemanı vardır (Ulug, 1990):

- Bilginin Temin Edilmesi
- Bilgi Tabanı
- Çıkarım Mekanizması
- Kullanıcı Arabirimi

Uzman sistemler yapay zekanın bir alt koludur ve diğerlerinden farklı olarak, uzman sistemler algoritma kullanmamaktadır. Bu sistemlerde önemli olan veriden çok bilgidir ve bilgiye dayalı işlemler yapılmaktadır. Uzman sistemlerde; daha önce uzmanlardan alınan bilgiler ışığında Bilgi Mühendisleri tarafından sisteme tanımlanmış ve oluşturulmuş bilgi tabanından bilgiler çağırılmaktadır. Çıkarım mekanizmaları ile analizler yapılarak arama gerçekleştirilmektedir. Daha sonra bilgi dahilinde sonuca varılarak açıklaması yapılmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Uzman sistemin genel yapısı (Lucas ve Van Der Gaag, 1991).

Uzman sistemlerde bilgi çeşitli yollardan elde edilebilir. İnsan uzmanlar, veri tabanları, matematiksel modeller ve simülasyon programları bunlardan bazılarıdır. Kullanıcıdan, ara yüz yoluyla aldığı verileri kendi içinde bulundurduğu çıkarım mekanizmasında, bilgi tabanındaki bilgilerle harmanlayarak işler ve arayüz ile kullanıcıya iletir. Fakat Uzman Sistemlerin karar analizlerinde bazı dezavantajlar vardır. Bu dezavantajlar şu şekildedir (Lucas ve Van Der Gaag, 1991);

- Uzmanlık bilgisinin yeterli olmayışı
- Uzmanlardan bilgi edilmesindeki zorluklar
- Uzmanların aynı konu hakkında farklı bakış açıları
- Üst düzey yöneticilerin baskısı
- Uzmanlık konusunda objektif ve bağımsız denetim mekanizmalarının olmayışı
- Ortak terminoloji olmayışı
- Maliyet yüksekliği ve zaman fazlalığı
- Yaratıcılık
- Öğrenme.

Özellikle aynı konuda uzmanların uzlaşamaması, farklı bakış açılarına sahip olmaları ve uzmanlar üzerindeki yönetici baskısı, karar analizlerinde karşılaşılan en büyük problemidir. Bundan dolayı yapılan karar analizlerinde objektif sonuçlar elde edilememektedir. Ayrıca yapılacak analizlerde kriter etkileri bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda her bölge için uzmanlaşmış kişilerin bulunamaması da yapılacak analizlerin ulusal boyutlara çıkarılamamasının bir sebebidir.

2.8 Makine Öğrenmesi

2.8.1 Makine Öğrenmesi kavramı

Makine öğrenmesi, veritabanları ya da bilgisayarların algılayıcı verisi gibi veri türlerine dayalı öğrenmeyi olanaklı hale getiren algoritmaların tasarım ve geliştirme süreçlerini konu edinen bir bilim dalıdır (Mitchell, 1997). Makine öğrenmesi araştırmalarının genel olarak odaklandığı konu bilgisayarlara karmaşık örüntüleri algılama ve veriye dayalı çıkarımlar yapabilme becerisi kazandırmaktır. Çok büyük miktarlardaki verinin elle işlenmesi ve analizinin yapılması zor olduğu yada mümkün olmadığı durumlarda geçmişteki verileri kullanarak gelecek için çıkarımlarda bulunmak için makine öğrenmesi geliştirilmiştir. Bu teknik; "bir kişi verilere bakarak nasıl tecrübe edinip uzman olabiliyorsa, makinelerde ham verilerden kendi

kendilerine tecrübe edinebilir" düşüncesi ile ortaya çıkmış ve yapay zekanın geleceği olarak nitelendirilmektedir (Michalski ve Kodratoff, 1990).

Makine öğrenmesi, elde edinilen verilere dayanarak verilen problemin modellerini oluşturan bilgisayar algoritmalarının genel adıdır. Başka bir deyişle, makine öğrenme algoritmaları veriden öğrenmekte ve bilinen özelliklere dayalı tahminler yapmaktadır.

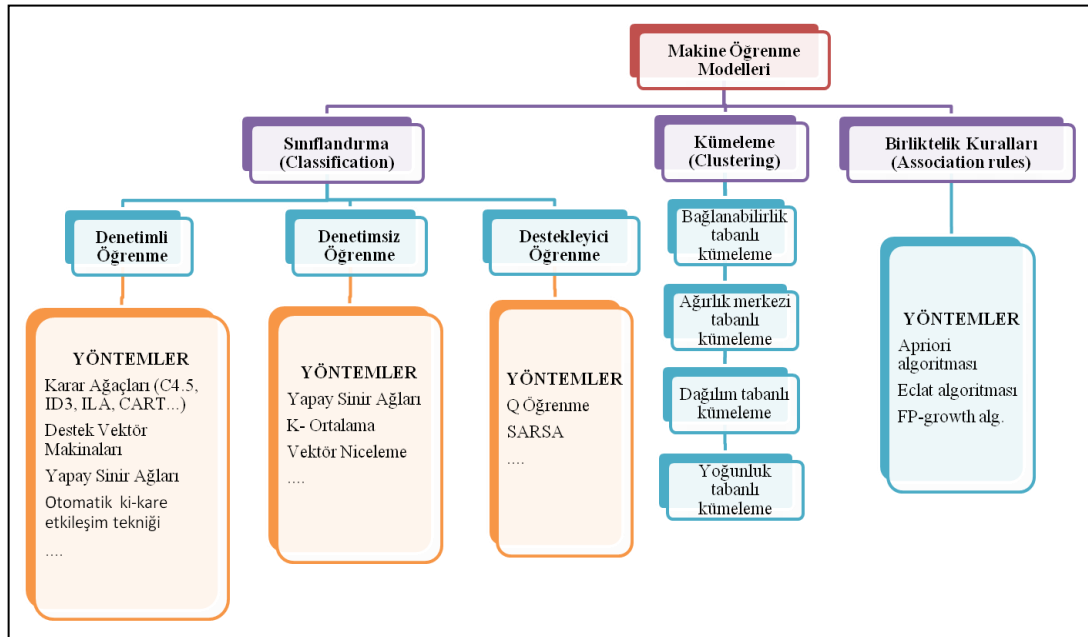
2.8.2 Makine Öğrenmesi yöntemleri

İstatistik, bilgisayar bilimi ve veritabanı yönetimi gibi birçok disiplinin birleşmesinden oluşan makine öğrenmesi için kullanılabilecek çok sayıda model ve algoritmalar vardır. Uygulamanın başarısı için seçilecek olan algoritmanın doğru seçilmesi çok önemlidir. Verinin yapısı seçilecek algoritma üzerinde etkili olduğu unutulmamalıdır.

Makine öğrenmesi modelleri gördükleri işlevlere göre üç ana başlık altında toplanmaktadır (Mitchell, 1997);

- Sınıflandırma (Classification)
- Kümeleme (Clustering)
- Birliktelik Kuralları (Association Rules) (Şekil 2.9).

Bu modellerin her biri için geliştirilmiş teknik ve algoritmalar vardır (Silahtaroglu, 2008). Sınıflandırma modeli tahmin edici, kümeleme ve birliktelik kuralları tanımlayıcı modellerdir (Özekes, 2003).



Şekil 2.9: Makine öğrenmesi modelleri (Mitchell, 1997).

2.8.2.1 Sınıflandırma

Sınıflandırma en yaygın olarak kullanılan ve çok bilinen makine öğrenmesi yöntemlerinden biridir. Örüntü tanıma, görüntü işleme, kalite kontrol, dolandırıcılık ve pazarlama sınıflandırma konularının başlıca kullanıldığı alanlarındandır. Sınıflandırma tahmin edici bir modeldir; bir kutudaki renkli topların tahmin edilmesi aslında sınıflandırma işlemidir (Silahtaroglu, 2008).

Sınıflandırma, her gözlemin karakteristiğinin önceden tanımlanmış gruplardan hangisine ait olduğunu bulmayı amaçlar, yani verinin içerdiği ortak özelliklere göre ayırıştırır.

Sınıflandırma işlemi iki adımda gerçekleşmektedir. Birinci adım, veri tabanında bulunan değişkenlere uygun bir modelin ortaya konmasıdır. Model veri tabanındaki nitelikler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sınıflandırma işleminin gerçekleşmesi için veriler belirli bir oranda ayrılarak eğitim verisi olarak kullanılmaktadır. Bu veriler rastgele olacak şekilde seçilmekte ve öğrenme algoritmaları bu verilere uygulanmaktadır. Sonuç olarak sınıflama modeli elde edilmiş olur. Diğer adımda ise elde edilen model sınıflandırma işlemi için kullanılmaktadır (Han ve Kamber, 2006).

Sınıflandırma algoritmaları ile farklı performans ve başarı yüzdeleri elde etmek mümkündür. Bir grup verinin sınıflandırma başarısı, verilerin ayrılabilirliği ve sınıflandırma algoritmalarının başarısına bağlıdır. Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makinesi, Karar Ağaçları en çok kullanılan sınıflandırma yöntemleridir.

Sınıflandırma modellerinde kullanılan başlıca teknikler şu şekildedir;

- Karar Ağaçları
- Yapay Sinir Ağları
- Destek Vektör Makineleri
- Otomatik ki-kare etkileşim tekniği

2.8.2.2 Kümeleme

Kümeleme, veritabanını farklı gruplara ayırır. Kümelemenin amacı, kendi içinde aynı özellikler taşıyan ancak birbirinden önemli farklar içeren farklı gruplar oluşturmaktır. Yani kümeleme işlemi sonunda elde edilen kümeler içerisinde yer alan nesneler arasındaki benzerlik maksimum; kümelerin ise birbirleri arasındaki farklılık maksimum olur. Veriler kümelere ayrılırken, benzerlik ve uzaklık kavramlarından yararlanılarak oluşturulur. Kümelemenin sınıflamadan farkı,

başlangıçta oluşacak küme hakkında bir fikrin olmaması ve verilerin hangi özelliklere göre kümeleneceğinin bilinmemesidir. Sonuçların anlaşılabilirliği için küme hakkında bilgili olan birisinin kümeleri yorumlaması gerekmektedir. Küme oluştururken değişken seçimine dikkat edilmelidir. Bazı değişkenler üzerinde dönüşüm yapılarak yeni bir değişken oluşturulmuşsa, dönüşümde kullanılan değişkenler kümenin dışında tutulmalıdır, çünkü kullanıcı bu değişkenleri zaten gruplamada kullanmıştır (Özkan, 2008).

Kümeleme ile bölümlmeyi (segmentation) karıştırmamak gerekir (ancak bazı kaynaklarda kümeleme ile bölünme aynı anlamda da kullanılabilir). Bölümleme, ortak özellik taşıyan grupların belirlenmesinin genel adıdır. Kümeleme ise daha önceden ortak özellikleri tanımlanmamış verilerin gruplara ayrılmasını sağlayan bir bölünme yöntemidir, sınıflamada ise gruplara atmak için önceden tanımlama yapılması gerekir (Edelstein, 1999).

Literatürde çok sayıda kümeleme algoritması kullanılmaktadır. Algoritmalar kümelemenin oluşturuluş şekline göre birbirlerinden ayrıldıkları gibi kullanılan yapılacak çalışmanın amacına veya kullanılacak veri tipine göre de farklılıklar göstermektedir. Kümeleme algoritmaları genel olarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan olarak ikiye ayrılmaktadır (Silahtaroglu, 2008);

Hiyerarşik Yöntemler;

- Toplaşım Kümeleme Algoritmaları,
- Bölünür Kümeleme Algoritmaları.

Hiyerarşik Olmayan Yöntemler;

- Yer Değiştirmeli Algoritmalar,
- Olasılıksal Algoritmalar,
- K-Medoid Yöntemler,
- K-Means Yöntemler,
- Yoğunluğa Dayalı Algoritmalar,
- Yoğunluğa Dayalı Bağlantılı Kümeleme,
- Yoğunluk Fonksiyonlu Kümeleme.

2.8.2.3 Birliktelik kuralları

Birliktelik kuralları, büyük hacimli veri setleri arasından ilişki bağlantılarını ve ilgi çekecek ilişkileri bulunması amacı ile kullanılır. Büyük veritabanlarında müşterilerin davranışlarını yakalamaya çalışır. Birliktelik kuralları bir ürün satın alındığında, o

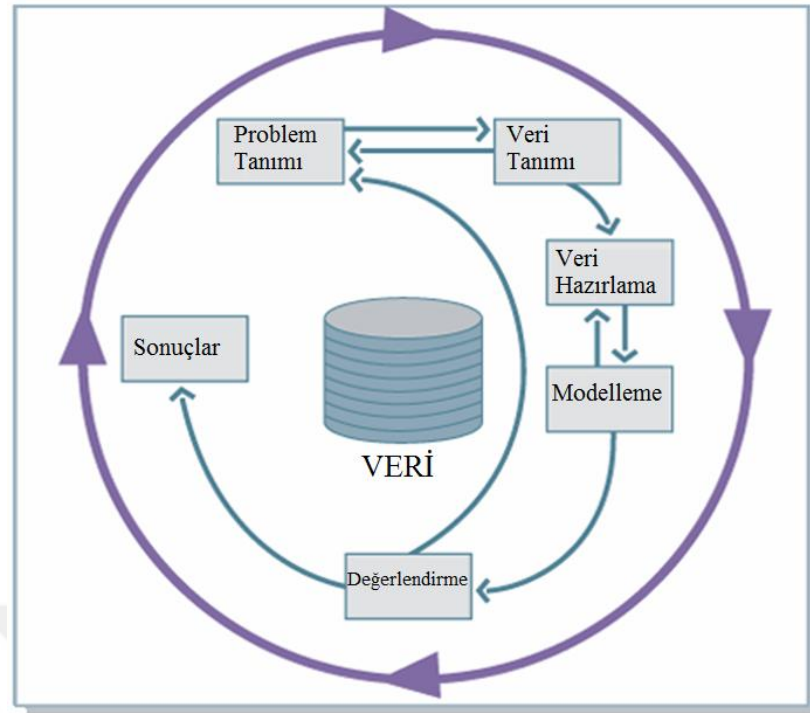
ürünle beraber başka hangi ürünlerin alındığının belirlenmesini araştırır. Kullanıldığı en yaygın örnek pazar sepeti analizidir (market basket analysis). Sepet analizi aracılığıyla müşteriler tarafından alışverişte satın alınan hizmet, mal veya ürün gruplarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen bilgiler kullanarak raf düzenlemelerini belirleyerek; satış oranını arttırabilir, etkili satış stratejileri geliştirilebilir, promosyonların daha etkili olması sağlanabilir (Timor ve Şimşek 2008).

Birliktelik kuralları uygulanmasında iki önemli kıstas bulunmaktadır. Bu kıstaslar destek (support) ve güven (confidence) ölçütleridir. Büyük veri setleri içerisinde anlamsız bilgilerin ayıklanarak anlamlı bilgilerin bulunmasında bu iki kriter kullanılmaktadır. A olayı olduğu anda B olayının da gerçekleşme olasılığına güven, kesişen olayların meydana gelme sayısının toplam olay sayısına oranı ise destek olarak ifade edilir. Hem destek hem de güven değerlerinin yüksek olması iki ürünün satın alınmasındaki bağıntının önemli olduğu anlamına gelmektedir (Timor ve Şimşek, 2008).

Birliktelik kuralları kullanım alanları içinde kategorik değişken olan her yer olarak tanımlanabilir. Apriori algoritması birliktelik kurallarında en bilinen ve en yaygın kullanılan algoritmadır.

2.8.3 Makine Öğrenme süreci

Makine Öğrenmesi çok fazla miktarda veri içerisindeki bilgi keşfidir. MÖ belirli bir süreç sonucu elde edilen anlamlı bilgilerdir, süreçteki adımlar birbirini takip ettiğinden dikkatle izlenmesi gerekmektedir çünkü bir aşamanın çıktısı diğer aşamanın girdisi olacaktır. MÖ süreci düzgün işlemediği takdirde istenilen verilere ulaşmak çok daha zor olacaktır. Bu sebeple standart bir süreç söz konusudur. Bu standart süreç bir konsorsiyum tarafından belirlenmiştir. Bu süreç 4 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Makine öğrenme süreci (Giovinazzo, 2002).

2.8.3.1 Problemin tanımlanması

Problemin tanımlanması bütün bilim dallarında çözümü noktasındaki en temel ve en önemli adımdır. Başarılı bir sonuç elde etmenin en temel şartıdır. Yapılacak olan araştırmanın ve istenilen veri analizinin elde edilmesinde, makine öğrenmesinin ne amaçla yapılacağını belirlemektir. Elde edilecek olan sonuçların başarı yüzdelerinin nasıl ölçüleceği tanımlanmalıdır. Problemin tanımlanması aşamasında öncelik elde edilmek istenen veri seti analizidir. Bu sebeple elde edilmek istenen sonuca ulaşacak veri analizi problemin başlangıcı olacaktır. Yapılacak uygulamanın sonucunu etkileyen faktörleri belirlemelidir. Analizin doğru sonuç vermesi için veri analiz projesinin dikkatle planlamalı ve özel, gerçekleştirilebilir, ölçülebilir bir sonucun olmasına bağlıdır (Giovinazzo, 2002).

2.8.3.2 Verinin hazırlanması

MÖ, eldeki birçok veriden anlamlı sonuçlar elde eden bir çalışma prensibi olduğundan doğru ve yeterli veri elde etmek çok önemlidir. Elde edilecek veriler ile kurulacak model de çıkacak sorunlarda yeniden veri hazırlama kısmına geri dönecektir. Verinin hazırlanması; verinin toplanması, verinin birleştirilmesi ve temizlenmesi ile verinin dönüştürülmesi aşamalarından oluşmaktadır (Moss, 2003).

Doğru ve güvenilir veri toplama belirlenecek ve kullanılacak veri ile doğru sonuç elde etmede çok önemlidir. Bu aşamada elde var olan veya toplanması gereken

verilerin büyük bir titizlikle sonuca hizmet edecek bir şekilde güvenilir kaynaklardan elde edilmelidir (Giovinazzo, 2002). Veri elde etme aşamasında gösterilecek özen analiz yapacak olan kişinin doğru sonuçlar elde etmesinde en önemli faktördür. Bu aşamadaki doğru adımlar ilerleyen süreçte problemlerle karşılaşma olasılığını minimuma indirir.

MÖ'de kullanılacak verilerin farklı kaynaklardan toplanması veri uyumsuzluğuna sebep olacaktır. Farklı zamanlarda elde edilmesi, farklı birimlerin kullanılması, farklı kodlamaların kullanılması, farklı ölçü birimlerinin kullanılması, farklı sosyal yapılardan edilmesi gibi birçok durum veri uyumsuzluğuna sebep olabilir. Bu uyumsuzlıklardan kaynaklı elde edilen verilerin birleştirilmesi ve temizlenmesi gerekmektedir (Moss, 2003). Aşağıdaki Çizelge 2.2'de bir veri tabanında kişilerin cinsiyetlerine göre kodlamaları görülmektedir. Analizi uygulayan kişi bu kodlamayı bir çok farklı şekilde gerçekleştirebilir.

Çizelge 2.2: Veri tabanlarında olası kodlama biçimleri.

ERKEK	KADIN
0	1
1	0
1	2
“ERKEK”	“KADIN”
“erkek”	“kadın”
“E”	“K”

Tabloda da görüldüğü gibi elde edilmek istenen veri farklı kodlamalarla elde edilmiştir. Analizi yapacak kişi bu verileri birleştirmek zorundadır. Ayrıca veride bulunan eksik veya kayıp bilgilerde gözden geçirilmelidir. Örneğin veri tabanındaki kişilerin yaşları biliniyorken bazı kişiler için yanlış bilgiler olabileceği gibi hiçbir veri de olmayabilir. Bu durumdaki eksiklikler “kayıp veriler” olarak tanımlanmalıdır. Aynı şekilde bazı kayıtlar aşırı uç değerler veya yanlış girilmiş değerler olabilir. Bu tür verilere gürültü denilmektedir (Jiawei ve Micheline, 2001). Doğru ve güvenilir bir analiz elde etmek için elde edilen verilerin eksik kısımları zamanla tamamlanmalıdır. Bir diğer yöntem ise verilerin tahmin yolu ile tamamlanmasıdır. Veri girme aşamasında verilerin yanlış girilmesi mümkündür, bu verilerin göz ardı edilmesi analiz sonucunu etkileyebilmektedir. Bu neden ile uç değerler gözden geçirilip veri tabanından temizlenmelidir. Tüm bu düzenlemeler gerçekleştirildikten sonra veriler aynı ortamda aynı kodlama sistemi ile toplanmalıdır (Özmen, 2003).

Veri tabanında ki veriler aynı sonucu veriyorsa bu değişkenlerden biri fazladır. Örneğin bir veri listesinde kişilerin yaşları ve doğum yılları mevcutsa bunlardan biri fazladır. Bu verilerden biri veri tabanından kaldırılmalı veya birleştirilmelidir (Jiawei ve Micheline, 2001).

Dönüştürme aşamasında, kullanılacak model ile bağlantılı olarak bazı veri gruplarının uygun şekilde tanımlanması gerekmektedir. Bu uygunluk mevcut değil ise uygun şekle dönüştürülmelidir. Örneğin 0/1 olarak tanımlanmış bir verinin, modele uygun olarak Erkek/Kadın biçimine dönüştürülmesi sonuç açısından daha faydalı olacaktır. Eğer bir problemde karar ağacı modeli kullanılacaksa gelir düzeyinin Düşük/Orta/Yüksek şeklinde tanımlanması, yapay sinir ağları modeli kullanılacaksa kişinin borç bilgisi için Evet/Hayır şeklinde ifadelerin kullanılması daha anlamlı olacaktır (Akpınar, 2000).

2.8.3.3 Modelin kurulması

MÖ'de istenilen sonucu elde etmekte doğru güvenilir veri toplamayla birlikte bu verileri anlamlı kılacak analizi yapmak için doğru modelin kullanılması gerekmektedir. İyi kurgulanmış veri modeli, analiz sonucunun kalitesini de etkileyecektir. İyi bir uygulayıcısı, analiz sonucunda hangi veri örüntülerinin bulunabileceğini tahmin edebilir. Eğer model doğru kurulmazsa ise, veri setinde bulunabilecek veri ve veri ilişkilerinin doğru sonuç verilmesi mümkün olmaz. Önemli örüntüler tespit edilemez. Dolayısı ile modelden başarılı sonuç elde etme olasılığı düşük olur (Berry ve Linoff, 1998).

2.8.3.4 Modelin kullanılması

MÖ süresince izlenilmesi gereken yöntemlerin sonuncusudur. Yapılacak olan analize ve istenilen sonuçlara ulaşmamızı sağlayacak adımların yapılmasına denir. Bu bir yöntem olabileceği gibi başka bir modelin alt parçası da olabilir. MÖ'de kurulan model canlıdır yani sürekli bir gelişim ve değişim içindedir. Bu sebeple modelin kullanılması da yaşayan bir süreçtir. Kullanılan model süreç içinde değişebilmektedir (Akpınar, 2000).

2.9 Taşınmaz Değerleme

Arazi, hayatımız ve varlığımız için çok önemli bir olgudur. Bu önemi nedenle arazi, coğrafyacıların, hukukçuların, ekonomistlerin ve sosyologların her zaman odak noktası olmuştur. Bu mesleklerin yapmış olduğu arazi ve arazi kullanımı ile ilgili çalışmalar toplumları ve milletleri doğrudan etkilemektedir. Arazinin kendisinin veya

üzerinde yapılan iyileştirmelerin değerlendirilmesi ekonomik bir husustur. Her arazi “gayrimenkul” olarak adlandırılmaktadır. Değer, gayrimenkulün toplumun ihtiyaçlarını karşılama kapasitesine bağlı olarak belirlenmektedir. Değerin yaratılmasına, gayrimenkulün dayanıklılığı, yerinin sabitliği, eşsizliği, göreceli olarak sınırlı bir arzının olması ve özel yararlılığı katkıda bulunur.

Gayrimenkul, fiziksel bir varlık olan arazi ve bu arazi üzerine insanlar tarafından yapılmış yapılar olarak tanımlanır. Gayrimenkul, yerin üstünde, üzerinde veya altındaki tüm ilaveleriyle birlikte, görülebilen, dokunulabilen maddi bir ‘şey’dir. Her devletin yerel yasaları, gayrimenkulü, kişisel mülkten ayıran esaslar koymuşlardır. Bu yasal kavramlar bazı devletlerce kabul edilmemiş olsa da önemli terim ve kavramları belirtmek için burada benimsenmişlerdir.

Taşınmaz Mülkiyeti, bir taşınmaz mala sahip olmaktan kaynaklanan tüm menfaatleri ve gelirleri kapsar. Taşınmaz mülkiyeti üzerindeki menfaat ve gelir hakkının bir delili olarak fiziksel olarak taşınmazın dışında bir tapu ile kanıtlanmalıdır. Taşınmaz mülkiyeti, fiziksel olmayan bir kavramdır.

Kişisel mülkiyet, taşınmaz mal olmayan tüm maddi ve maddi olmayan varlıklar üzerindeki hak ve menfaatleri kapsar. Maddi kişisel mülk kalemleri, bir taşınmaz mala sabit olarak bağlı olmayıp hareketlilik niteliğine sahiptir.

Muhasebeye varlıklar geçmişteki işlemlerin sonucu olarak işletme tarafından kontrol edilen ve ileride işletmeye ekonomik fayda akışı sağlaması beklenen kaynaklardır. Bir mala sahip olma aslında maddi olmayan bir şeydir. Bununla beraber sahip olunan varlık maddi veya gayri maddi olabilir (T.C. Resmi Gazete, 2006).

Fiyat, bir mal veya hizmet için arz veya talep edilen veya ödenen tutar için kullanılan bir terimdir. Satış fiyatı, kamuya açıklanmış veya gizli tutulmuş olsun, tarihi bir gerçektir. Belirli bir alıcı ve/veya satıcının, finansal olanakları, amaçları ve özel menfaatleri nedeniyle bir mal veya hizmet için ödedikleri fiyat ile başkaları tarafından o mal ve hizmete atfedilen değer arasında herhangi bir ilişki olabilir veya olmayabilir.

Maliyet, mal ve hizmetler için ödenen tutar veya o mal ve hizmeti üretmek için katlanılması gereken bedeldir. Söz konusu mal veya hizmet tamamlandığında, maliyet artık tarihi bir gerçektir. Mal veya hizmet için ödenen bedel alıcı için onun maliyeti olmaktadır.

Pazar, alıcılar ve satıcılar arasında fiyat mekanizması aracılığı ile mal ve hizmet alış verişinin yapıldığı ortamdır. Pazar kavramının içinde, alıcı ve satıcılar arasında mal

ve/veya hizmet alış verişinde herhangi bir kısıtlama olmaması fikri zımnen yer almaktadır. Alıcı ve satıcılar, arz ve talep ilişkisine, fiyat belirleyici diğer faktörlere, tarafların kendi olanak ve bilgilerine, mal ve hizmetlerin göreceli kullanımlarına, kişisel ihtiyaç ve isteklerine göre davranırlar. Pazar, yerel, bölgesel, ulusal veya uluslararası olabilir.

Değer, satın alınacak bir mal veya hizmet için alıcılar ve satıcılar arasında oluşturulan fiyat ile ilgili ekonomik bir kavramdır. Değer gerçek bir veri olmayıp belirli bir değer tanımına göre belirli bir zamanda mal ve hizmetler için ödenmesi muhtemel bir fiyatın bir takdirinden ibarettir. Değerin ekonomik anlamdaki kavramı, değerlemenin yapıldığı tarihte malın sahibi veya hizmeti alan kişiye tahakkuk eden yararlar hakkında piyasanın görüşünü yansıtır.

Pazar Değeri veya bazı ülkelerdeki kullanımı ile Açık Pazar Değeri mülk değerlemesi ile ilgili en bilinen değerdir. Her ne kadar, yaygın kullanım bizi, aksi belirtilmedikçe ifade edileni Pazar Değeri olarak anlamaya yönlendirse de Pazar Değeri veya hangi değer esas kullanılıyorsa o, her bir değerlendirme işleminde açıkça belirtilmeli ve tanımlanmalıdır. Bir gayrimenkulün Pazar Değeri, onun yalın fiziksel durumundan çok piyasa tarafından kabul edilen yararlılığını temsil eder. Belirli bir işletme veya şahsa ait varlıkların faydası, piyasa veya belirli bir endüstri tarafından kabul edilenlerden farklılık gösterir.

2.9.1 Taşınmaz mal değerlendirme yöntemleri

Taşınmaz malların değerlemesi çalışmalarında literatürde genel olarak üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; karşılaştırma, gelir ve maliyet yöntemleridir (Çizelge 2.3).

2.9.1.1 Karşılaştırma yöntemi

Emsal yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Değeri belirlenecek olan taşınmazın mahallinde bulunan, benzer nitelikleri taşıyan ve aynı zamanda güncel alım satım değerleri de mevcut olan taşınmazların niteliklerinin, değeri belirlenecek taşınmazın nitelikleriyle karşılaştırılması esasına dayanan bir yöntemdir. Özellikle arsa niteliği taşıyan taşınmazların değerlendirilmesi çalışmalarında, gerek taşınmazların nitelikleri gerekse alım-satım fiyatlarıyla ilgili nitelikli, yeterli ve güncel veri bulunması durumunda etkin bir şekilde kullanılan bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Taşınmazlara ait alım-satım değerleri ülkemizde herhangi bir kurum ve kuruluş bünyesinde mevcut bulunmamaktadır. Dolayısı pazar değerlerine ulaşmak için emsal yöntemine göre yapılacak değerlendirme çalışmalarında genellikle piyasa

araştırması yapmak gerekmektedir (Demir 2006, ete 2008). Emsal olarak gösterilen taşınmaz sayısı arttıkça karşılaştırma ile bulunacak taşınmazın değer doğruluğu da artmaktadır. Ayrıca bu yöntemin tercih edilmesindeki bir diğer husus ise değer belirlemedeki anlaşılma kolaylığıdır.

2.9.1.2 Gelire göre değerleme yöntemi

Değeri belirlenecek taşınmazın yıllık net gelirinin tahmini esasına dayanan bir yöntemdir (Yomralıoğlu, 1997). Taşınmazın değerleme tarihindeki mevkii ve şartlarına göre ve olduğu gibi kullanılması halinde getireceği gelir baz alınarak yıllık net gelir hesaplanır. Yöntem genellikle, kiralık konut, işyeri ve tarım arazileri gibi gelir getiren taşınmazların değerlemede yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.9.1.3 Maliyete göre değerleme yöntemi

1319 sayılı Emlak Vergisi Kanunu uyarınca her yıl Maliye ile evre ve şehircilik Bakanlıkları tarafından müştereken tespit ve ilan edilen bina metrekaresi normal inşaat maliyetleri veya Mühendislik ve Mimarlık Hizmetleri şartnamesinin ekinde yayınlanan birim fiyatlar çerçevesinde, yapıların inşaat maliyetlerinin hesaplanması esasına dayanır. Yöntem genellikle konut, ticari ve endüstriyel amaçlı olarak kullanılan ve gelir yöntemine göre değeri hesaplanamayan; otel, fabrika, iş hanı gibi yönetsel yapıların değerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tespit edilen toplam maliyet değerinden yıpranma payı gibi değer azaltıcı etkiler çıkarılarak yapının mevcut haldeki değerine ulaşılabilmektedir.

Çizelge 2.3: Değerleme yöntemleri ve ihtiyaç duyulan veriler (Yılmaz, 2010).

Değerleme yöntemi	İhtiyaç duyulan veriler
Karşılaştırma yöntemi	- Taşınmazın bulunduğu mahaldeki en son alım-satım fiyatları - Seçili taşınmazların nitelik ve öznitelik verileri (Nitelik; kentsel işlev, yapılanma koşulları Öznitelik; jeolojik- topoğrafik yapı, hak ve kısıtlılıklar, manzara)
Gelire göre değerlendirme yöntemi	- Taşınmazın yıllık net geliri - Yıllık enflasyon oranı - Taşınmaza ait nitelik ve öznitelik verileri
Maliyete göre değerlendirme yöntemi	- Taşınmaz üzerinde bulunan bina ve diğer ekonomik değerlerin yapım ve elde edilme maliyetleri (birim m² fiyatları) - Yıpranma payı - Bakım-onarım masrafı - Taşınmaza ait nitelik ve öznitelik verileri

2.9.2 Küme değerlendirme

Küme Değerleme (IAAO, 1990) “çok sayıdaki taşınmazın ya da taşınmazlardan oluşan grupların değerlendirme günündeki değerlerinin standartlaştırılmış süreçlerle ve istatistiksel testlerle belirlenmesi işlemi” olarak tanımlanmaktadır.

Ülkemizde uzun yıllardan beri tespit edilen, emlak vergisinin en önemli problemi, Pazar değerinin çok uzağında kalması ve hesaplama yöntemlerinin bilimsel altyapıdan uzak ve standartlarının sağlanamaması olmasıdır.

Adil bir vergi değerinin hesaplanması uluslar arası değerlendirme modelleri incelendiğinde küme değerlendirme ile yapıldığı görülmektedir. UN ECE, uzun adı ile Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonunun 2000-2001 yıllarında 29 ülkede yapmış olduğu anket çalışması sonucunda, 21 ülkede vergilendirme amaçlı küme değerlendirme sisteminin olduğu 4 ülkede ise sistemin oluşturulmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4: Küme değerlendirme sistemi mevcut ülkeler.

Ülke	Vergilendirme amaçlı küme değerlendirme sistemi var	Vergilendirme amaçlı küme değerlendirme sistemi yok	Vergilendirme amaçlı küme değerlendirme sistemi oluşturulmakta
Almanya	X		
Avusturya	X		
Azerbaycan	X		
Belçika	X		
Beyaz Rusya			X
Bosna Hersek		X	
Danimarka	X		
Ermenistan	X		
Estonya	X		
Finlandiya	X		
Fransa	X		
Gürcistan	X		
Hollanda	X		
İngiltere	X		
İspanya	X		
İsveç	X		
İsviçre	X		
İtalya	X		
İzlanda	X		
Kıbrıs	X		
Letonya	X		
Litvanya			X
Macaristan		X	
Malta		X	
Norveç		X	
Romanya	X		
Rusya			X
Slovakya	X		
Slovenya			X

Küme değerlemesi; vergilendirme ve kamulaştırma gibi aynı anda birden fazla taşınmaz değerlendirilmesi gerektiği durumlarda, belirli bir zaman için oluşturulan değerlendirme modeli ile örneklem kümesi üzerinde yapılan çeşitli yöntemler ile elde edilen bilgileri kullanılarak değerlendirme kümesine değer biçen, işlem sonuçlarının

denetlendiği ve yapılan değerleme çalışmasının doğruluğunun belirlendiği bir değerleme sürecidir (Yılmaz, 2010).

Standart tek taşınmaz değerleme işlemi belirli bir taşınmazın, belirlenen tarihteki satış değerinin tespiti iken, küme değerlemesi; birden çok taşınmazın belirli bir tarihteki değerinin, belirlenmiş standart süreçler ve istatistiksel testlerle bulunması işlemidir. Küme değerlemesi, birçok taşınmaz için geçerli olacak standartlaştırılmış işlem süreçlerine, yani belirli bir değerleme modeline gereksinim duymaktadır. Küme değerlemesi için oluşturulacak olan değerleme modelinde tek taşınmaz değerlemesinden farklı olarak, örneklem kümesinden edinilen bilgilerle değerleme kümesinin değerleme işlemi yapılmaktadır (IAAO 2003, Yılmaz 2010) (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5: Küme değerlemesi ile tek taşınmaz değerlemesi süreç karşılaştırması (Yılmaz, 2010).

İşlem	Küme Değerlemesi	Tek Taşınmaz Değerlemesi
Tanım ve amaç	Yasal gereksinimlere uygun olarak genellikle vergi amaçlı değerleme temelini belirlemek için kullanılır.	Değerleme sınırlarının, geçerlilik tarihinin, taşınmaz haklarının değerlemeye dahil edilip edilmeyeceğinin kısacası değerleme ile ilgili tüm sınırlamaların müşteri tarafından belirlendiği değerleme türüdür.
Veri toplama	Mevcut taşınmazların özelliklerinin ve pazar bilgisinin sürekli olarak tutulduğu bir veri tabanı programına gerek duyar.	Verilerin kapsamı yapılan değerleme işine ve müşteri taleplerine göre değişiklik gösterir.
Pazar analizi	En yüksek ve en iyi kullanıma dayanmaktadır.	En yüksek ve en iyi yarar analizini kapsar.
Değerleme modeli belirlenmesi ve düzeltilmesi	Oluşturulacak değerleme süreci, karşılaştırmaya esas oluşturulan taşınmaz gruplarına bağlıdır.	Değerlemeye konu taşınmaz değerleme sürecinin ana konusudur. Karşılaştırma için ele alınan taşınmazlar genellikle 6 ya da daha az taşınmazdan oluşur.
Değerleme modelinin kontrolü	Kabul edilen analizlerin ve amaç ölçütlerinin test edilmesi ile geçerlilik kazanır.	Değerlemenin güvenilirliği daha subjektiftir. Değerlemenin doğruluğu yapılan analize ve karşılaştırmaya esas taşınmazlara bağlıdır.

Küme değerlemesi, çoğunlukla bilgisayar desteği ile yürütülmesi sebebiyle, bilgisayar destekli küme değerlemesi (Computer Aided Mass Appraisal - CAMA)

olarak da bilinir. Vergi değerlemelerinde olduğu gibi özel sektör uygulamalarında da aynı temellere ve içeriğe sahip otomatikleştirilmiş değerleme modelleri (Automated Valuation Models - AVM) kullanılır (ağdaş 2007, Yılmaz 2010).



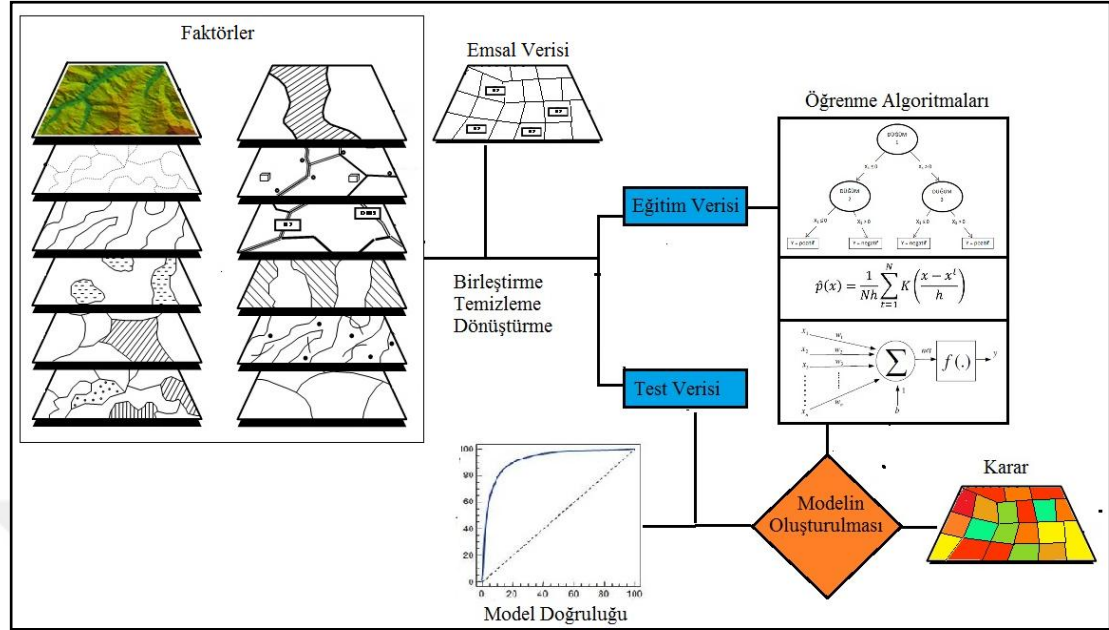
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasında, veri güdümlü mekansal karar destek sistemlerine yapay zeka tekniklerinden makine öğrenmesi tekniğinin entegre edilmesi ve bu sistemlerinin otomatikleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, makine öğrenmesinde öne çıkan denetimli öğrenme algoritmalarından Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri, CHAID ve Karar Ağacı algoritmalarından ID3, C4.5, CART ve Rastgele Orman algoritmaları, Aksaray ili taşınmaz değer haritasının üretiminde kullanılmıştır. Her bir makine öğrenme algoritmasının performansları değerlendirilmiş ve model doğrulukları belirlenmiştir. Ayrıca istatistiksel bir yöntem olan ve literatürde sıklıkla kullanılan Çoklu Regresyon Analizi ile de oluşturulan model sonuçları karşılaştırılmıştır. Tüm bu yöntemleri kapsayan ve kullanıcıların sonuçları karşılaştırabileceği bir yazılım geliştirilmiş ve yapılan tüm analizler bu yazılımda gerçekleştirilmiştir.

3.1 Makine Öğrenmesi Teknikleri ve Mekansal Karar Destek Sistemleri Entegrasyonu

Makine öğrenmesi çok büyük miktarlardaki verinin elle işlenmesi ve analizinin yapılması zor olduğu durumlarda, verileri kullanarak öğrenme işlemi gerçekleştirilmekte ve çıkarımlarda bulunmaktadır. Bir kişi verilere bakarak nasıl öğrenebiliyor ve uzman olabiliyorsa, makinelerde ham verilerden kendi kendilerine öğrenebilir düşüncesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu düşünce ışığında, tez kapsamında mekansal anlamda yapılacak veri güdümlü karar analizlerinde, mekansal veriler Bölüm 4.3'te anlatılan makine öğrenme süreçlerine entegre edilmiştir. Makine öğrenme modellerinden sınıflandırma, literatürde sıklıkla kullanılan, daha doğru sonuçlara sahip ve KDS'ler için en uygun olan modeldir. Sınıflandırma modelin de üç temel öğrenme türü vardır. Bunlar; Denetimli, Denetimsiz ve Destekleyici öğrenmedir. Mekansal karar analizlerinde, eldeki verilerin kullanılarak sistemin hem eğitilmesi hem de başarısının tarafsız bir şekilde ölçülebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda kullanılması gerekli öğrenme türü denetimli öğrenmedir. Denetimli öğrenmede; sonuçları bilinen veriler üzerinden öğrenme yapılarak, sonuçları bilinmeyen veri kümesi için sonuçlar tahmin edilmeye çalışılmaktadır.

Mekansal veriler ile yapılacak denetimli sınıflandırma modeli işlem akış şeması Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: MÖ tabanlı MKDS işlem akış şeması.

Mekansal anlamda yapılacak karar analizlerinde en temel ve en önemli adım problemin tanımlanmasıdır. Bu aşamada öncelikle alınacak kararı etkileyen faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Mekansal verilerin çok farklı kaynaklardan elde edilmesi, veri uyumsuzluğuna sebep olmaktadır. Bu kapsamda faktörlerin belirlenmesi sürecinden sonra verilerin analizlere uygun hale getirilmesi için verinin birleştirilmesi, temizlenmesi ve dönüştürülmesi işlemleri yapılmalıdır.

Yapılacak analizler veri güdümlü olması sebebi ile bu verilerin titizlikle toplanması gerekmektedir. Yapılacak analizler uzmandan bağımsız bir şekilde sadece bu veriler ışığında gerçekleşecektir. Emsal verilerinin sayısı arttıkça oluşturulacak modelin ve dolayısı ile sonuçların doğruluğu da artacaktır. Toplanan bu emsal verileri belirli bir oranda eğitim ve test verisi olmak üzere ikiye ayrılmalıdır. Eğitim ve test verilerinin seçiminin rastgele olacak şekilde olması model güvenilirliğini artıracaktır. Eğitim verileri ile öğrenme işlemi gerçekleşecek ve model oluşturulacaktır. Oluşturulan bu model, değeri bilinen test verilerinde uygulanacak ve değerler modele göre tekrar hesaplatılacaktır. Hesaplanan değer ile gerçek değer arasındaki fark ile doğruluk analizi yapılacaktır.

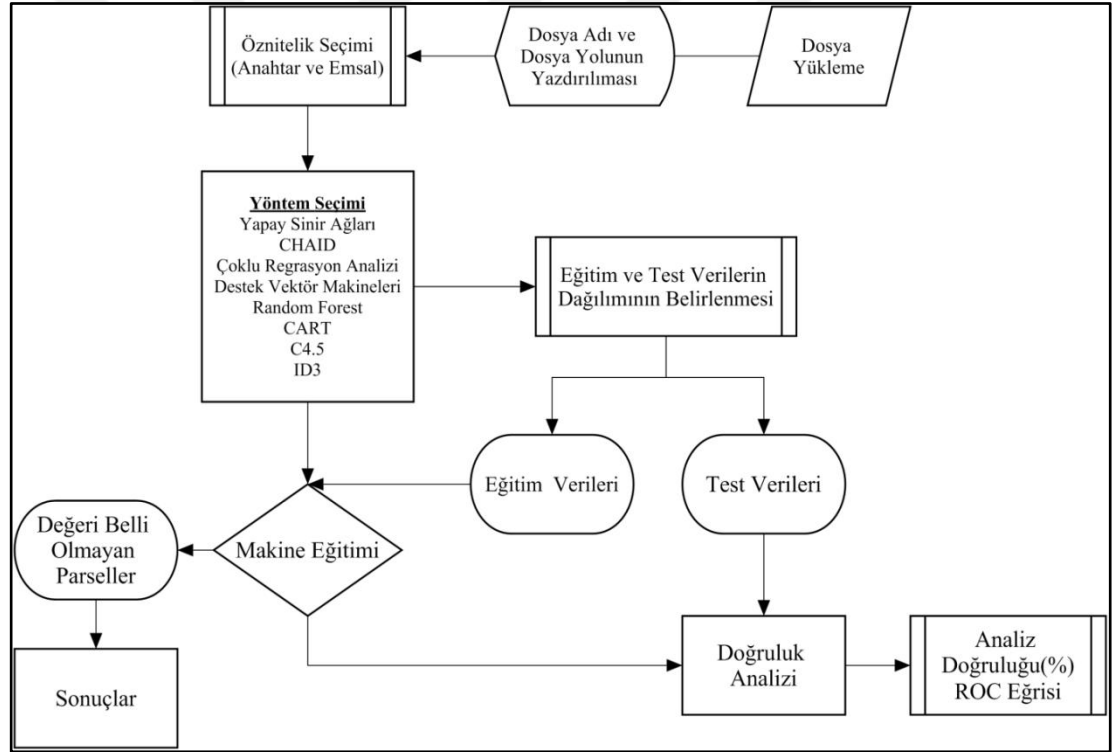
Doğru güvenilir ve güncel veri toplamanın yanında bu verileri anlamlı kılacak analizi yapmak için doğru modellerin kurulması önemlidir. Öğrenme algoritmaları her veri setinde aynı sonuçları elde edememektedir. Dolayısı ile oluşturulan veri setine uygun

bir öğrenme algoritması seçilmeli ve model oluşturulmalıdır. Oluşturulan model doğruluğu yeterli olması durumunda sonucu bilinmeyen tüm verilere uygulanabilir ve sonuçlar ışığında karar alma işlemi gerçekleştirilebilir.

3.2 MÖ Tabanlı Taşınmaz Değerleme Yazılımı

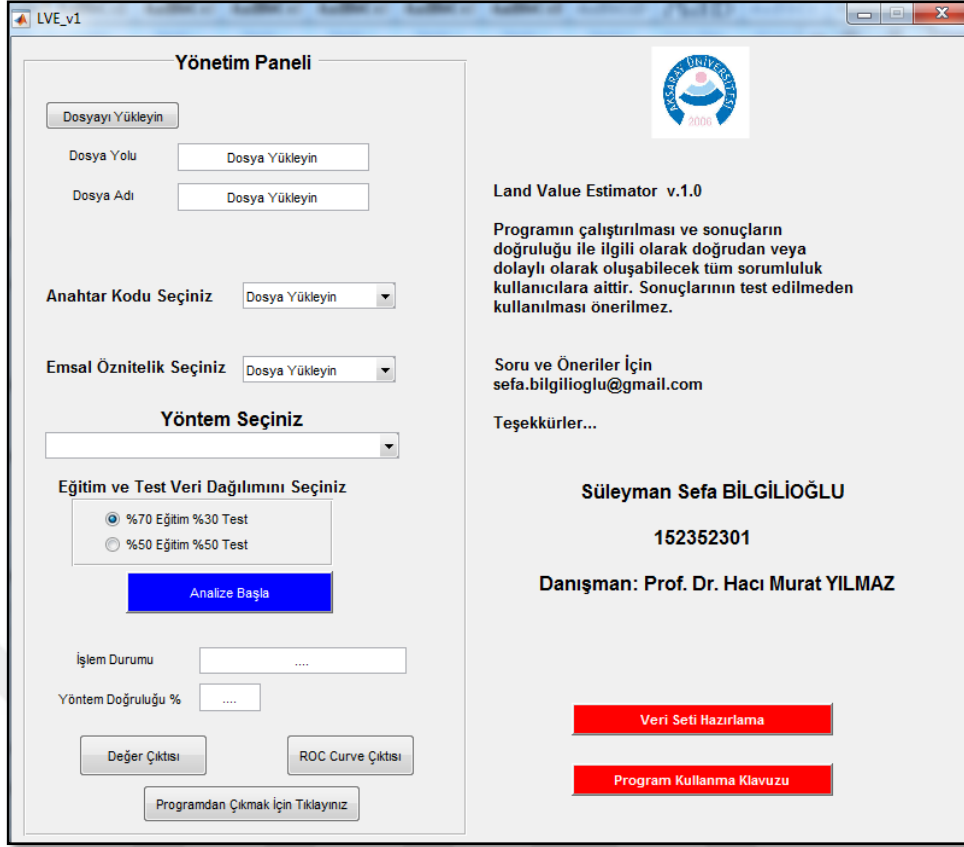
Taşınmazlara ait değerlerin otomatik olarak hesaplanabilmesi amacı ile tez kapsamında uygulanan Makine öğrenmesi yöntemlerinin bulunduğu bir yazılım geliştirilmiştir.

Yazılım, MATLAB R2015a programı kullanılarak hazırlanmıştır. Karmaşık işlemlerin basitleştirilerek sonuç elde edebilmeyi sağlaması, sonuçların hızlı bir şekilde elde edilebilmesi, hesaplama güvenliği, gibi özelliklerinin olmasından dolayı bu programın tercih edilmiştir. Programın çalışma prensibini gösteren akış diyagramı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



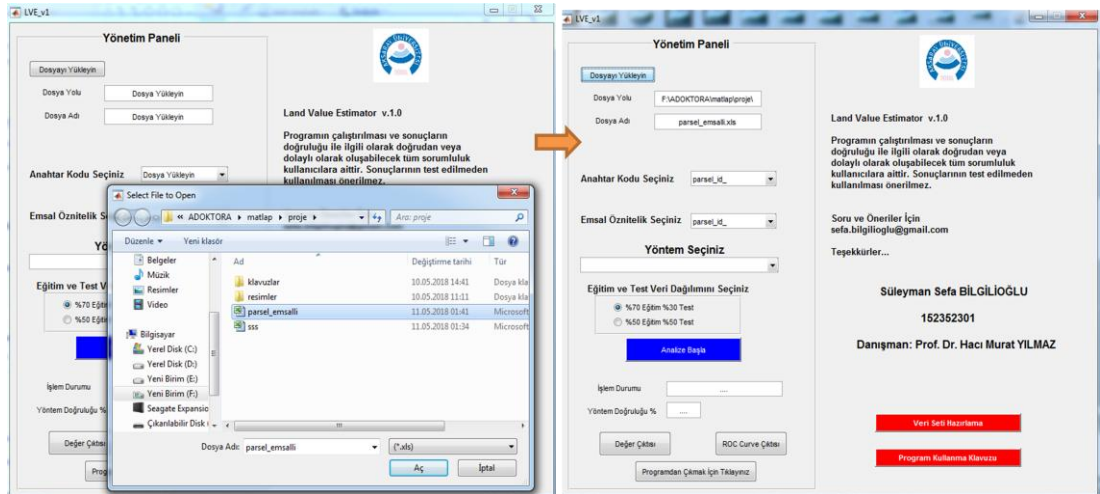
Şekil 3.2: Program akış diyagramı.

Geliştirilen "Land Value Estimator" isimli program ara yüzü iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım yönetim paneli olarak adlandırılan analizin gerçekleştirildiği kısımdır. Bir diğer kısım ise kullanıcılara veri seti hazırlama ve program kullanımı hakkında bilgiler vermektedir. Program, ara yüzü Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Geliştirilen program ara yüzü.

Analiz işlemleri için kullanıcıdan ilk önce veri setinin bulunduğu dosyanın yüklenmesi istenmektedir. Yüklenecek veri setinde yazılım .xls, .ascı ve .csv formatlarını desteklemektedir. Seçilen dosyanın yazılıma yüklendikten sonra "Dosya Yolu" penceresinde yüklenen dosyanın bilgisayarda nerede yer aldığı ve "Dosya Adı" kısmında yüklenen dosyanın adı yazılmaktadır. Dolayısı ile kullanıcı doğru dosyayı yükleyip yüklenmediğini kontrol edebilecektir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Yazılıma veri setinin yüklenmesi.

Veri Setinin yazılıma eklenmesi ile birlikte bir diğer aktif hale gelen kısımlar anahtar kod ve emsal öznitelik seçimidir (Şekil 3.5). Veri setindeki tüm sütun adları otomatik olarak popup menü içerisinde yazdırılacaktır. Anahtar kod seçiminde veri setinde her bir satırı birbirinde ayıran ve sadece ilgili satıra ait olan anahtar kod sütunu seçilecektir. Emsal öznitelik seçiminde yöntemlerin eğitim ve test için kullanacakları öznitelik sütununun seçilmesi istenmektedir. Bu iki veri haricindeki veri setinde yer alan tüm öznitelikler analiz için kullanılacaktır.

The screenshot shows the 'LVE_v1' software window. The 'Yönetim Paneli' (Management Panel) is the main interface. It includes a 'Dosyayı Yükle' (Load File) button, a 'Dosya Yolu' (File Path) field with the value 'F:\ADOKTORA\matlab\proje\', and a 'Dosya Adı' (File Name) field with the value 'parcel_emsal.xls'. Below these, there is a dropdown for 'Anahtar Kodu Seçiniz' (Select Key Code) with 'parcel_id_' selected. A dropdown for 'Emsal Öznitelik Seçiniz' (Select Emsal Feature) is also present, with 'parcel_id_' selected. A 'Yöntem' (Method) dropdown is visible, showing a list of methods including 'spor', 'sosyal', 'eczane', 'sinema', 'bana', 'hastane', 'ibadet', 'itfaiye', 'sehir_mrk', 'terminal', 'ENH', 'kati_atik', 'sehraras', 'ana_yollar', 'egitim_drm', 'bina_yog', 'nufus_yog', 'jeoloji_dr', 'egim', and 'emsal_son'. The 'Eğitim ve Test Veri Dağılımı' (Training and Test Data Distribution) section has two radio buttons: '%70 Eğitim %30 Test' (selected) and '%50 Eğitim %50 Test'. There is a blue 'Analize Et' (Analyze) button. The 'İşlem Durumu' (Process Status) field is empty. The 'Yöntem Doğruluğu %' (Method Accuracy %) field is empty. There is a 'Değer Çıktısı' (Value Output) button and a 'Programdan Çıkmak İçin Tıklayınız' (Click to Exit Program) button. On the right side, there is a logo of 'SÜLEYMAN SEFA BİLGİLİOĞLU' and the text 'Land Value Estimator v.1.0'. Below this, there is a disclaimer: 'Programın çalıştırılması ve sonuçların doğruluğu ile ilgili olarak doğrudan veya dolaylı olarak oluşabilecek tüm sorumluluk kullanıcılara aittir. Sonuçlarının test edilmeden kullanılması önerilmez.' (The use of the program and the accuracy of the results are the responsibility of the users. The use of the results without testing is not recommended). There is also contact information: 'Soru ve Öneriler için sefa.bilgilioglu@gmail.com' and 'Teşekkürler...' (Thanks...). At the bottom right, there are two red buttons: 'Veri Seti Hazırlama' (Prepare Data Set) and 'Program Kullanma Klavuzu' (Program User Manual).

Şekil 3.5: Veri tanımlamalarının yapılması.

Analizde kullanılacak özniteliklerin tanımlamalarının yapılmasından sonra analiz için kullanılacak yöntem seçimine geçilecektir. Bu kısımda tez kapsamında uygulanan Çoklu Regresyon Analizi, Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri, CHAID ve Karar Ağacı algoritmalarından ID3, C4.5, CART ve Rastgele Orman algoritmaları yer almaktadır. Kullanıcı bu yöntemlerden herhangi birini seçebilecek ve analizlerin o yöntemden yapabilecektir (Şekil 3.6).

Yönetim Paneli

Dosyayı Yükle

Dosya Yolu: F:\ADOKTORA\matlab\proje\

Dosya Adı: parsel_emsalli.xls

Anahtar Kodu Seçiniz: parsel_id_

Emsal Öznitelik Seçiniz: emsal_son

Yöntem Seçiniz

- Çoklu Rekreasyon Analizi
- Yapay Sinir Ağları**
- Destek Vektör Makineleri
- CHAID (Chi-Squared Automatic Interaction Detection)
- ID3
- C4.5
- Random Forest
- CART (Classification And Regression Tree)

İşlem Durumu:

Yöntem Doğruluğu %:

Değer Çıktısı

ROC Curve Çıktısı

Programdan Çıkmak İçin Tıklayınız

Land Value Estimator v.1.0

Programın çalıştırılması ve sonuçların doğruluğu ile ilgili olarak doğrudan veya dolaylı olarak oluşabilecek tüm sorumluluk kullanıcılara aittir. Sonuçlarının test edilmeden kullanılması önerilmez.

Soru ve Öneriler için
sefa.bilgilioglu@gmail.com

Teşekkürler...

Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU

152352301

Danışman: Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ

Veri Seti Hazırlama

Program Kullanma Klavuzu

Şekil 3.6: Analiz için yöntem seçimi.

Yöntem Seçiminden sonra analizde kullanılacak eğitim ve test verilerinin yüzde dağılımı seçimi yapılacaktır. Yazılım bu kısımda iki seçenek sunmaktadır. Bunlar %70 Eğitim ve %30 Test ile %50 Eğitim ve %50 Testtir. Seçilecek dağılım oranına göre, daha önce veri tanımlama kısmında eğitim olarak seçilen sütun içerisinde rastgele olarak yazılım eğitim ve test verilerini seçecektir (Şekil 3.7).

The screenshot shows the 'LVE_v1' software window. The 'Yönetim Paneli' (Management Panel) is the main interface. It includes a 'Dosyayı Yükle' (Load File) button, a 'Dosya Yolu' (File Path) field with the value 'F:\ADOKTORA\matlab\proje\' and a 'Dosya Adı' (File Name) field with the value 'parcel_emsall.xls'. There are two dropdown menus: 'Anahtar Kodu Seçiniz' (Select Key Code) with 'parcel_id_' and 'Emsal Öznitelik Seçiniz' (Select Emsal Feature) with 'emsal_son'. A 'Yöntem Seçiniz' (Select Method) dropdown is set to 'Yapay Sinir Ağları' (Artificial Neural Networks). Under 'Eğitim ve Test Veri Dağılımını Seçiniz' (Select Training and Test Data Distribution), the '%70 Eğitim %30 Test' (70% Training 30% Test) radio button is selected. A blue 'Analize Başla' (Start Analysis) button is present. Below it, 'İşlem Durumu' (Process Status) and 'Yöntem Doğruluğu %' (Method Accuracy %) fields are shown. At the bottom, there are buttons for 'Değer Çıktısı' (Value Output), 'ROC Curve Çıktısı' (ROC Curve Output), and 'Programdan Çıkmak İçin Tıklayınız' (Click to Exit Program). On the right side, there is a logo of Ankara University, the title 'Land Value Estimator v.1.0', a disclaimer, contact information for Sefa Bilgilioglu, and a list of buttons: 'Veri Seti Hazırlama' (Prepare Data Set) and 'Program Kullanma Kılavuzu' (Program User Guide).

Şekil 3.7: Eğitim ve test verileri dağılımının seçimi.

Analize başla komutuyla daha sonra seçilen eğitim verileri ve yöntem ile makine öğrenmesi gerçekleştirilecektir. Öğrenme işleminden sonra test olarak ayrılan verilerin değerleri hesaplanacak ve doğruluk belirlenecektir. İşlem tamamlandıktan sonra yazılımda işlemin bittiğini ve doğruluğu yazacaktır (Şekil 3.8).

The screenshot displays the LVE_v1 software window. The 'Yönetim Paneli' (Management Panel) on the left contains the following elements:

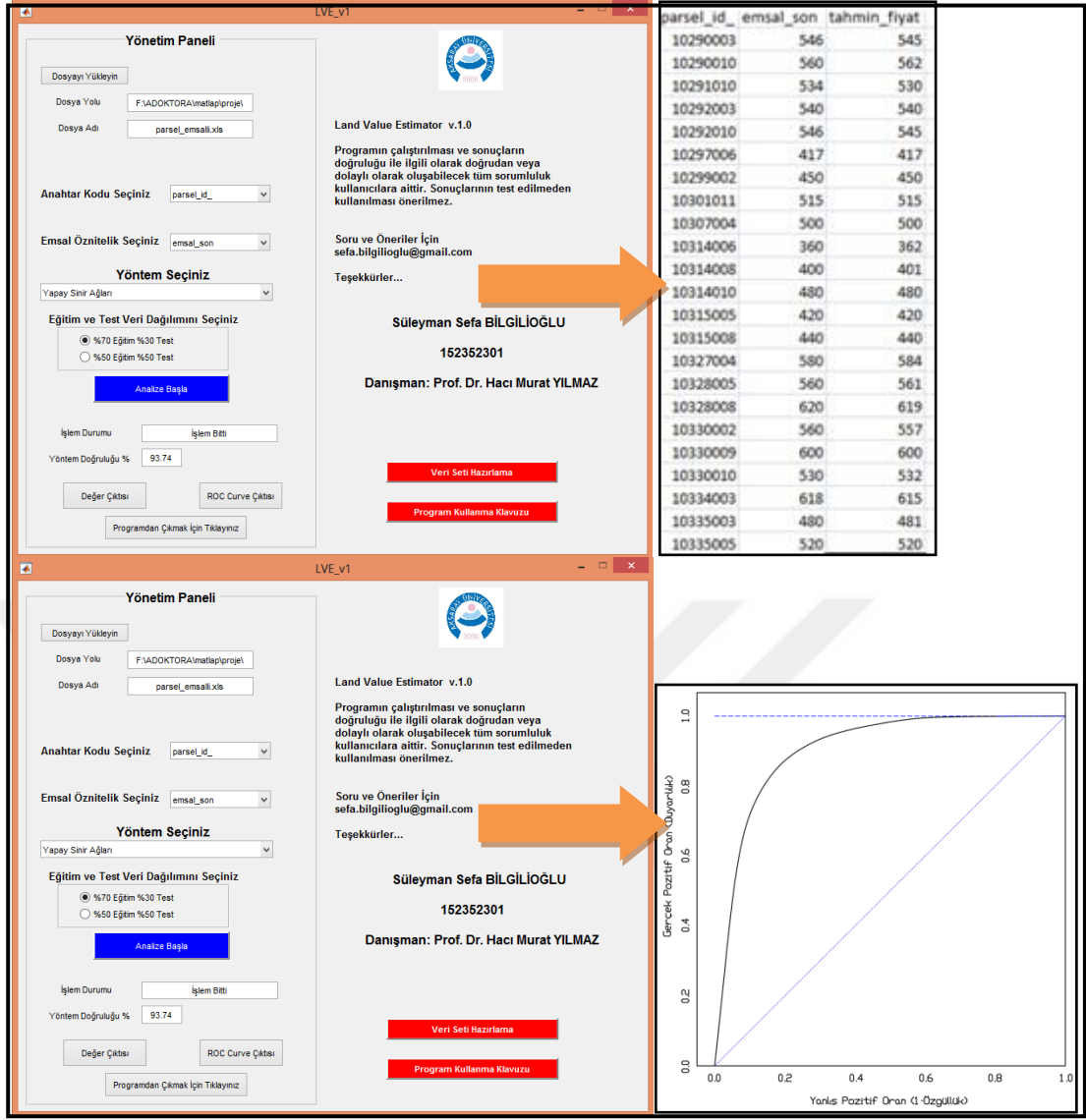
- Dosyayı Yükle** button.
- Dosya Yolu** text box: F:\ADOKTORA\matlap\proje\
- Dosya Adı** text box: parsel_emsali.xls
- Anahtar Kodu Seçiniz** dropdown menu: parsel_id_
- Emsal Öznitelik Seçiniz** dropdown menu: emsal_son
- Yöntem Seçiniz** dropdown menu: Yapay Sinir Ağları
- Eğitim ve Test Veri Dağılımını Seçiniz** section with two radio buttons:
 - ☒ %70 Eğitim %30 Test
 - ☐ %50 Eğitim %50 Test
- Analyze Başla** button.
- İşlem Durumu** text box: İşlem Bitti
- Yöntem Doğruluğu %** text box: 93.74
- Değer Çıktısı** button.
- ROC Curve Çıktısı** button.
- Programdan Çıkmak İçin Tıklayınız** button.

The right side of the window contains the following information:

- Land Value Estimator v.1.0**
- Programın çalıştırılması ve sonuçların doğruluğu ile ilgili olarak doğrudan veya dolaylı olarak oluşabilecek tüm sorumluluk kullanıcılara aittir. Sonuçlarının test edilmeden kullanılması önerilmez.
- Soru ve Öneriler İçin: sefa.bilgilioglu@gmail.com
- Teşekkürler...
- Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU**
- 152352301**
- Danışman: Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ**
- Veri Seti Hazırlama** button.
- Program Kullanma Klavuzu** button.

Şekil 3.8: Analiz sonucu ve yüzde doğruluğunun gösterimi.

Yazılımda iki farklı analiz çıktısı alınmaktadır. Bunlardan ilki öğrenme sonrasında değeri belli olmayan verilerin hesaplanması sonucu elde edilen tahmini değerlerin veri setinde yeni bir sütun içerisinde yazdırıldığı rapordur. Bir diğeri ise yöntem doğruluğunu gösteren Receiver Operating Characteristic (ROC) eğrisidir. Bu eğride eğri altında kalan alan yöntem doğruluğunu göstermektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Analiz çıktılarının alınması.

3.3 Çalışma Bölgesi

Aksaray ili, Edirne, İstanbul, Ankara, Adana, İskenderun karayolu ile Samsun, Konya, Kayseri, Antalya karayolu üzerinde bulunmakta ve Orta Anadolu'nun merkezi konumundadır. Aksaray ili, 36°23' Kuzey Enlemleri ile 34°41' Doğu Boyamları arasında ve denizden yüksekliği 965 m'dir. İl yüzölçümü yaklaşık olarak 7.800 km² dir. Konya Ovası' nın devamını kapsayan geniş bir arazi yapısında olan ilin büyük bir kısmı ovalıklardan oluşmaktadır. Aksaray, Kuzeybatıda Ankara, Güneydoğuda Niğde, Batıda Konya ve Kuzeydoğuda Nevşehir, Güneyinde ise Konya iliyle çevrilidir.

Aksaray ili 1989 yılının 15 Haziran günü vilayet olmuştur. Aksaray ili ne bağlı 7 İlçe bulunmaktadır. Bunlar, Merkez, Eski, Ortaköy, Gülağaç, Ağaçören,

Aksaray merkez ilçeye bağlı 44 mahallesi mevcuttur. Kent merkezi hızlı bir gelişme göstermekte ve son yıllarda mahalle sayısında ve nüfusunda hızlı bir artış gerçekleşmiştir. Kente il dışından ve kırsal alandan hızlı bir göç olmaktadır. Merkez ilçe sınırları içerisinde imarsız ve imarlı parseller bulunmaktadır. İlçe genelinde toplam 241.651 adet konut bulunmakta olup; bu konutların 188.690 (%78) i imarlı konut ve 52.961 (%22) si imarsız müstakil konut şeklindedir.

43

3.4 Taşınmaz Değerlemeye Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi

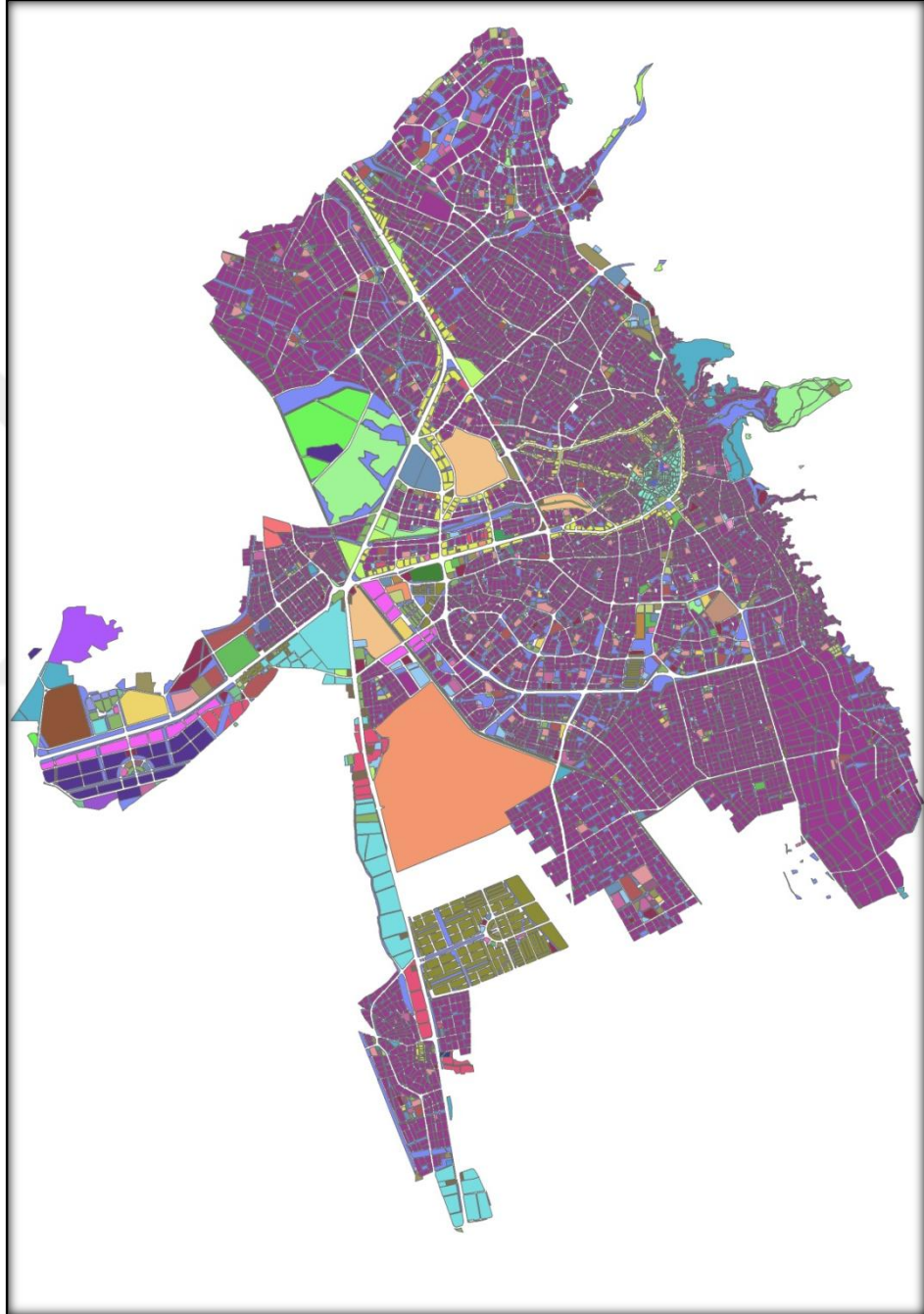
Yapılan literatür çalışması sonrasında tez çalışması kapsamında çalışma bölgesinde taşınmaz değer haritaları üretimi için belirlenen arsa değerini etkileyen toplam 67 faktör 4 ana başlıkta toplanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1: Arsa değerini etkileyen faktörler.

Yasal Özellikler	İmar Durumu	İnşaat Alanı	Eğitim Kuruluşları	İlköğretilere
		Emsal		Ortaöğretilere
		Kat Adedi		Kreşlere
		Yapı Nizamı		Teknik okullara
		Ön Bahçe Mesafesi		Üniversitelere
		Yan Bahçe Mesafesi	Resmi Kuruluşlar	Valilik/kaymakamlıklara
		TAKS		Belediyeye
		Cinsi		Adliyeye
		Arsa Üzerinde Yapı Var mı?		Diğer Resmi Kurumlara
	Alan	Alan		Hapishanelere
Fiziksel Özellikler	Ada içindeki konum	Köşebaşı/Ara Parsel	Güvenlik Birimleri	Emniyet Müdürlüğüne
	Geometrik Yapı	Cephe Uzunluğu		Karakollara
		Parselin Şekli		Askeri Alanlara
		Cephe Sayısı		İtfaiyelere
	Yolun Durumu	Yol Genişliği	Alışveriş Merkezleri	AVM'lere
Mahalli Özellikler	Arsanın Eğimi	Eğim		Süpermarketlere
	Arsanın Bakısı	Bakı		Pazar Yerlerine
	Demografik Yapı	Eğitim	Kültürel Merkezler	Sinema Tiyatrolarına
	Çevresel Görünüm	Nüfus yoğunluğu		Tarihi Turistik Yerlere
		Yapılaşma Yoğunluğu		Diğer kültürel tesislere
Konumsal Özellikler (Uzaklık)	Yer altı, Zemin ve Yerüstü İle ilgili	Mahallenin Eğimi	Eğlence Merkezleri	Fuar, panayır Alanlarına
		Jeolojik Durum		Spor Tesislerin
	Sanayi Bölgeleri	Sanayii ye		Stadyumlara
	Mezarlıklar	Mezarlıklara		Sosyal Tesislere
	İbadethaneler	İbadethanelere	Yeşil Alanlar	Parklara
	İş Merkezleri	İş Merkezlerine		Piknik Alanlarına
	Şehir Meydanları	Şehir Meydanlarına		Çocuk Bahçelerine
	Şehir Merkezi	Şehir Merkezine	Toplu Taşıma Noktaları	Terminallere
	Bankalar	Bankalara		Belediye Otobüsü Duraklarına
	Ş.Arası Yollara Cephe	Ş.Arası Yollara Cephe Varmı?	Sağlığa Zararlı Alanlar	Arıtma Tesislerine
	Ana Yollar	Ana Yollara		Benzin İstasyonlarına
	Sağlık Kuruluşları	Sağlık Ocağına		Trafoları
		Eczaneler		Enerji Nakil Hatlarına
		Sağlık Tesislerine		
		Devlet/Özel Hastanelerine		

3.5 Veri Kaynakları

Çalışma Bölgesinde bulunan arsalar ait yasal özellikler; İnşaat Alanı, Emsal, Kat Adedi, Yapı Nizamı, Ön Bahçe Mesafesi, Yan Bahçe Mesafesi, TAKS, Cinsi, Alan, Köşebaşı/Ara Parsel olması, Cephe Uzunluğu, Cephe Sayısı, Yol Genişliği İmar planlarından elde edilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Aksaray ili merkez ilçe imar planı.

Parsel Şekli, ilgili parselin sınırlarındaki kırıklık açıları ve köşe sayısına bağlıdır. Birbirine yakın noktalarda aradaki açının küçük olması parsel biçimini fazla etkilemez. Ancak parsel seklinin değere etkisi ifade edilirken genelde köşe sayısı ile

ilgili olarak iç açıları toplamına bağlı matematiksel bağıntılardan yararlanılır (Yomralıoğlu ve Nişancı, 2004).

Parselin şekli (V_p) şu şekli hesaplanmıştır; $V_p = (k/4) * 400 V_p$; parselin şekli için değer puanı ve k ; parsel köşe sayısıdır.

Arsalara ait eğim ve bakı değerleri, çalışma bölgesine ait hali hazır haritalardan elde edilen eş yükseklik eğrileri ile oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli ile oluşturulmuştur.

Mahallerin eğitim durumu için Türkiye İstatistik Kurumundan Aksaray merkez ilçe mahallelere ait eğitim ve nüfus bilgileri elde edilmiştir. Eğitim durumu; mahallelerdeki önlisans, lisans, yüksek lisans ve doktora derecesine sahip olan kişi sayısının toplam mahalle nüfusuna oranı olarak hesaplanmıştır. Nüfus yoğunluğu; mahallelerde yaşayan nüfusun mahalle yüzölçümüne oranı olarak hesaplanmıştır.

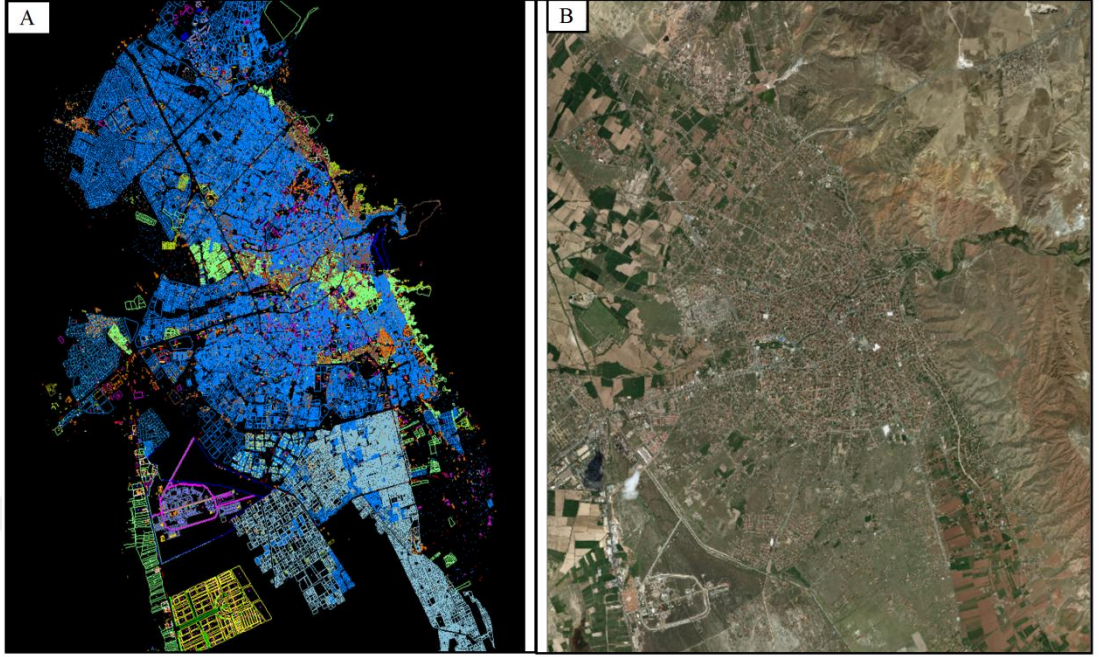
Mahalle Yapılaşma Yoğunluğu, halihazır haritalardan elde edilen binalar, bölgeye ait hava fotoğrafları ile güncellenmiş ve mahallelerdeki toplam bina alanının mahalle alanına oranı olarak hesaplanmıştır. Arsa üzerinde yapı olup olmadığı da elde edilen ve güncelliği kontrol edilen binalar ile belirlenmiştir.

Jeolojik Durum, çalışma bölgesinde yapılan sondaj ve jeolojik etüt çalışmaları ile elde edilen sınırlamalar kullanılmıştır.

Çalışma bölgesi olan Aksaray il merkezi'nden Nevşehir- Konya ve Ankara-Adana karayolları geçmektedir. Arsaların bu yollara sınır olması değeri açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda Şehirler arası yollara cephesi bulunan arsalar belirlenmiştir.

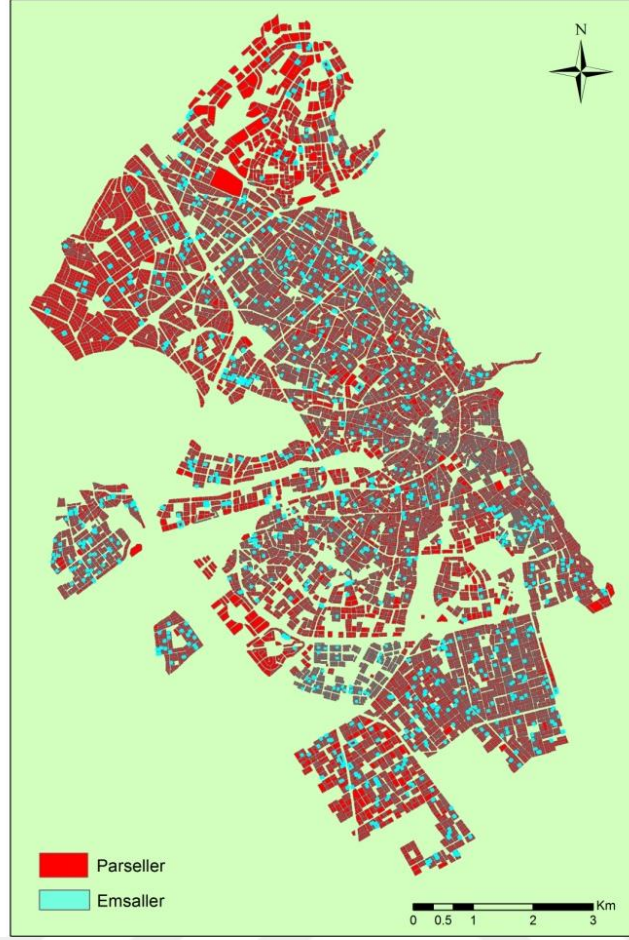
Hali hazır haritalar (Şekil 3.12a), ortofoto görüntüler (Şekil 3.12b), elde edilen adres bilgilerinin coğrafi kodlaması (geo-coding) ve arazi çalışmaları yapılarak arsaların değerini etkileyecek, bölgedeki ekonomik tesis ve sosyal donatılar (Sanayii, Mezarlıklar, İbadethaneler, İş Merkezleri, Şehir Meydanları, Şehir Merkezi, Bankalar, Ana Yollar, Sağlık Ocağı/Sağlık Merk., Eczaneler, Sağlık Tesisleri, Devlet/Özel Hastaneleri, İlköğretimler, Ortaöğretimler, Kreşler, Teknik Okullar, Üniversiteler, Valilik/Kaymakamlıklar, Belediye, Adliye, Diğer Resmi Kurumlar, Hapishaneler, Emniyet Müdürlüğü, Karakollar, Askeri Alanlar, İtfaiyeler, AVM, Süpermarketler, Pazar Yerleri, Sinema Tiyatroları, Tarihi Turistik Yerler, Diğer kültürel tesisler, Fuar/Panayır Alanları, Spor Tesisleri, Stadyumlar, Sosyal Tesisler, Parklar, Piknik Alanları, Çocuk Bahçeleri, Terminaller, Belediye Otobüsü Durakları, Arıtma Tesisleri, Benzin İstasyonları, Trafolar, Enerji Nakil Hatları) belirlenmiştir.

Farklı kaynaklardan toplanan tüm veriler ITRF-96 datumuna dönüştürüldükten sonra verilerin koordinatları UTM (33-3) projeksiyon koordinat sisteminde elde edilmiştir.



Şekil 3.12: Veri kaynakları (a: Hali Hazır Harita b: Ortofoto Görüntüsü).

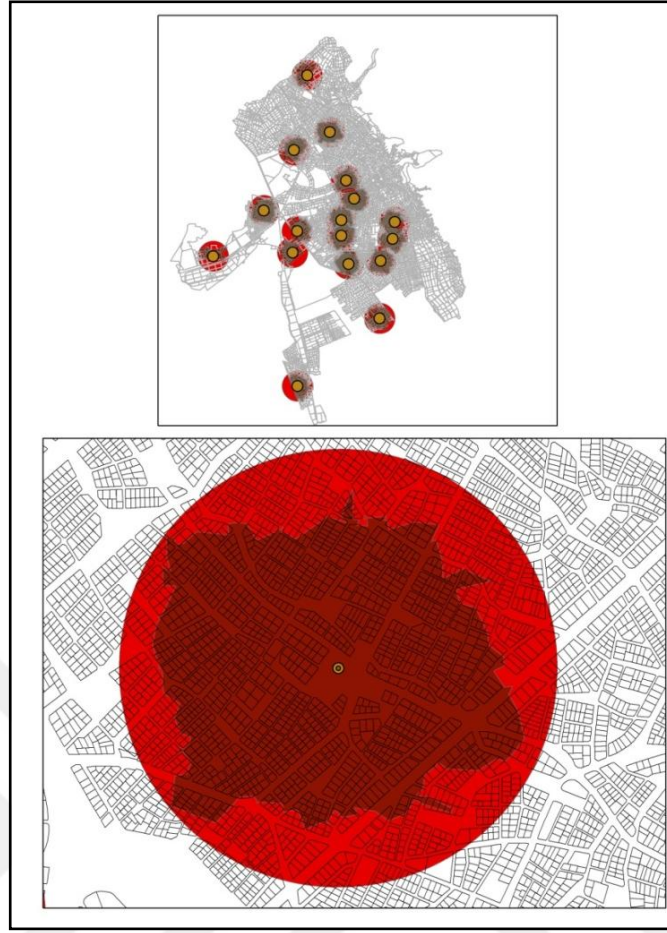
Emsal verileri ise taşınmazın gerçekleşmiş satış verileri olarak alınmıştır. Çalışma bölgesinde tüm alanı kapsayacak şekilde toplam 1682 adet emsal verisi toplanmıştır (Şekil 3.13). Bu satış verileri son 1 yıla ait olup bu veriler üzerinden TÜFE ve ÜFE oranları kullanılarak 18.02.2018 tarihine ötelenmiştir.



Şekil 3.13: Emsal olarak kullanılan parseller.

3.6 Faktör Mesafelerin Belirlenmesi

Arsaların değerine etki eden faktörlere olan uzaklığının belirlenmesi, bir başka ifadeyle mesafenin tanımlanması gerekmektedir. Literatürde en kısa mesafe olarak, pisagor ya da kuş uçuşu mesafesi alınmaktadır. Faktör merkezli, değişik mesafelerde çizilen çemberler, hangi taşınmazları içine alıyorsa çember yarıçapı, taşınmazın faktöre olan uzaklığı olarak dikkate alınmaktadır. Bu yöntemin sahip olduğu dezavantajlar ve uygulamada hedefe varışlarda asıl olan yürüyüş mesafelerinin kullanılması yapılan analizleri gerçeklikten uzaklaştırmaktadır. Şekil 3.14'de yukarıda bahsedilen yöntemin gerçeklikten uzaklığını göstermektedir. Kırmızı ile gösterilen çember 500m yarıçapında oluşturulmuş ve içerisinde koyu alan ise 500m yürüme mesafesini göstermektedir. CBS teknolojilerinin gelişimi ağ analizlerinin gelişimini de kapsamış ve günümüzde yol ağı üzerinden kalkış ve varış noktaları arasındaki toplam mesafeyi, maliyeti ya da geçen zamanı hesaplayan sistemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada hesaplanan mesafeler, yürüyüş mesafesidir.



Şekil 3.14: Yürüyüş mesafesi örneği.

3.7 Veri Setinin Hazırlanması

Veri toplama süreci her gözlem için en az bir değer göstergesi ile beraber bir dizi gayrimenkul özelliği ve karakteristiğinden meydana gelmektedir. Bu karakteristikler bir modelde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler için esas teşkil etmektedirler. Taşınmaz karakteristik verilerinin kullanılabilir hale getirilmesi için değişkenlerin kategorize edilmesi gerekmektedir.

- i. Niceliksel veriler devamlıdır ve ölçümlere dayalıdır (alan gibi); bunlar aynı zamanda sayılara da dayalı olabilirler (örneğin cephe sayısı). Niceliksel değişkenler nispeten daha objektiftir ve doğrulanabilirler.
- ii. Niteliksel değişkenler kategorik veya münferittir. Bunlar daha önce tanımlanmış olan, kullanım amacı gibi, bir takım kategorilere bağlıdır. En iyi kategorinin seçilebilmesi için kategorilerin açıkça tanımlanması önemlidir. Kategoriler tüm olasılıkları içermelidir. Ancak açık uçlu kategoriler modellemede sorunlar yaratabilir.
- iii. İkili değişkenler bir durumun varlığını ya da yokluğunu ifade etmektedir.

Bunlar zaman zaman etkisiz değişkenler olarak da nitelendirilir. Genellikle, bir durum varsa 1 eğer yoksa 0 olarak kodlanmaktadır.

Bu kapsamda toplanan veriler kategorize edilip kodlar verilerek veri seti oluşturulmuştur (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Örnek veri seti.

Ada	Parsel_No	Cins	Nizam	Kat_Say.	Yola_Cep.	Cep. Sayı	Bina	Jeo_D	Belediye
1991	553	K	A	4	12	1	0	37626	3
2005	29	İ	B	5	12	2	1	37626	1
852	12	K	A	3	10	1	1	37626	4
4094	9	K	A	4	15	1	1	36896	4
4014	2	K	A	4	15	1	1	36896	4
816	11	K	B	3	12	1	1	37626	4
2005	26	İ	B	5	12	2	1	37626	1
873	30	K	A	3	10	1	1	37626	4
482	132	İ	B	4	12	1	1	37626	1
567	17	İ	B	2	10	1	1	37626	1
831	13	K	B	3	7	1	1	36896	4
482	129	İ	B	4	10	1	1	37626	1

Veri Seti oluşturulurken aşağıda açıklamaları yapılmış veri tiplerine göre yapılmıştır (Şekil 3.15);

- Sürekli: Sürekli değişkenlerin tanımlanmasında kullanılır.
- Kategorik: Kategorisi sayısı belirsiz olan metin tipindeki değişkenlerin tanımlanmasında kullanılır.
- Etiket: Kategori sayısı iki olan değişkenler için kullanılır (Evet, Hayır)
- Nominal: Üç ya da daha fazla kategori sayısı olan ve aralarında sıra ilişkisi olmayan değişkenler için kullanılır (Evli, Bekar, Boşanmış).
- Sıralı: Üç ya da daha fazla kategori sayısı olan ve aralarında sıra ilişkisi (Hiyerarşi) olan değişkenlerin tanımlanmasında kullanılır (Küçük, Orta, Büyük).
- Türsüz: Yukarıdaki veri tiplerine uymayan ve çok sayıda değer içeren veriler için kullanılır.

Field	Measurement	Values
parsel_id_	Continuous	[1.0290003E7,4.85215005E8]
Mah_kodu	Nominal	"Aratol Bahçeli","Aratol İstiklal","Bahçeli,Bayrambaba,Büyükbölce...
Cinsi	Flag	Ticaret/Konut
nizam	Nominal	A,B,BL,I
Kat_sayisi	Ordinal	"2 Kat","3 Kat","4 Kat","5 Kat","6 Kat","8 Kat"
ada_durumu	Flag	Kose/Ara
yola_cephe	Ordinal	"10 m","12 m","15 m","17 m","20 m","25 m","30 m","40 m","50 m"...
cephe_sayi	Ordinal	"1 cephe","2 cephe","3 cephe","4 cephe"
bina	Flag	yok/var
adliye	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
aille_sag	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
askeri	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
avm	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
belediye	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
benzinli	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
emniyet	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
fuar	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
hapis	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","çok uzak"
ilkogrt	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
kres	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
kulturtesi	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
market	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
meydan	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
sanayi	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
saglik	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m"
resmikrm	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m"
rekre	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
Pazar	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
otobus	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
ortaogrt	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
mezar	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
trafo	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
karakol	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
yukseogrt	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
valilik	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
teknikokul	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
tarihi	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
stat	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
spor	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
sosyal	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
eczane	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
sinema	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
banka	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
hastane	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
ibadet	Flag	"750-1500 m"/"0-750 m"
itfaiye	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
sehir_mrk	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
terminal	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m","çok uzak"
ENH	Ordinal	"0-750 m","1500-2250 m","750-1500 m"
kati_atik	Flag	"çok yakın"/"uzak"
sehraras	Flag	yok/var
ana_yollar	Flag	yok/var
egitim_drm	Ordinal	A,B,C,D,E
bina_yog	Ordinal	"az yoğun","orta yoğun","yoğun","çok az yoğun"
nufus_yog	Ordinal	"az yoğun","orta yoğun","çok az yoğun","çok yoğun"
jeoloji_dr	Nominal	A,B,C,D,E
egim	Ordinal	düz,yüzde0-5,yüzde10-15,yüzde15-20,yüzde20-25
emsal_son	Continuous	[165.0,3800.0]

Şekil 3.15: Veri tiplerinin veri setine girilmesi.

3.8 Çoklu Rekreyasyon Analizi

Veriler ve değişkenler bakımından bazı varsayımlara dayalı olarak çalışan istatistiksel bir yöntemdir.

Toplu Değerlemede Çoklu Regresyon Analizi ile model kurulurken, taşınmazın tahmini değeri bağımlı değişken, taşınmazın değerine etkisi olan alan, denize uzaklık, oda sayısı gibi nitelikler ise bağımsız değişkenlerdir. Çoklu Regresyon Analizinde, genel olarak model gösterimi (Denklem 3.1):

$$Y = b_0 + b_1 \times_1 + b_2 \times_2 + \dots + b_p \times_p \quad (3.1)$$

Y: Bağımlı Değişken (Taşınmaz Değeri)

X_i : Bağımsız Değişkenler (Taşınmazın değerine etkisi olan nitelikler)

b_i : Parametreler (bağımsız değişkenlerin katsayıları/ağırlıkları)

biçimindedir.

Çoklu Regresyon Analizi, diğer yöntemlere göre daha kolay ve anlaşılır olması nedeniyle toplu değerlendirme çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan istatistiksel yöntemdir. Birçok ülkede toplu değerlendirme sistemi bu yönteme dayalı olarak kurulmuştur. Ancak varsayımların hem fazla oluşu, hem de sağlanabilmelerinin oldukça zor olması nedeniyle uygulamada sıkıntılara yol açmaktadır.

Model Özeti tablosuna bakıldığında, ideal olarak 2 civarında olması beklenen Durbin-Watson Test İstatistiği'nin 1.688 olduğu görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan veriler ve gerçek dünya göz önünde bulundurulduğunda, artıklar arasında çok yüksek bir korelasyon olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Düzeltilmiş R^2 değeri : % 62.5 olarak elde edilmiştir. Buna göre, modelde kullanılan bağımsız değişkenler, bağımlı değişken “Değer”i % 62.5 oranında açıklamaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3: Model özeti.

Model Özeti				
R	R^2	Dengelenmiş R^2	Tahminin Standart Hatası	Durbin-Watson
0,805	0,648	0,625	0,06831	1,732

ANOVA tablosuna bakıldığında, kurulan modelin anlamlı olduğu görülmektedir. Burada Significancy (Sig.) diğer adı ile p değeri 0.05'in altında olması modelin anlamlılığını ifade etmektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4: ANOVA tablosu.

ANOVA					
Model	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Regresyon	1,856	14	0,133	28,404	0,000
Artık	1,008	216	0,005		
Toplam	2,864	230			

Katsayılar tablosunda yer alan “Collinearity Statistics” sütununda “Tolerance” ve “VIF” değerlerine bakılarak çoklu bağlantı varsayımı araştırılabilir. Buna göre, VIF değerleri 10'dan küçük veya Tolerance değerleri 1'den küçük olduğu için, çoklu bağlantı (multicollinearity) sorunu bulunmamaktadır (Çizelge 3.5).

Katsayılar çizelgesi yardımıyla, hangi değişkenlerin anlamlı olduğu tespit edilebilir ve Regresyon Denklemi yazılabilir. p değerleri 0.05'ten büyük olan değişkenler anlamlı değildir ve modele alınmayacaktır.

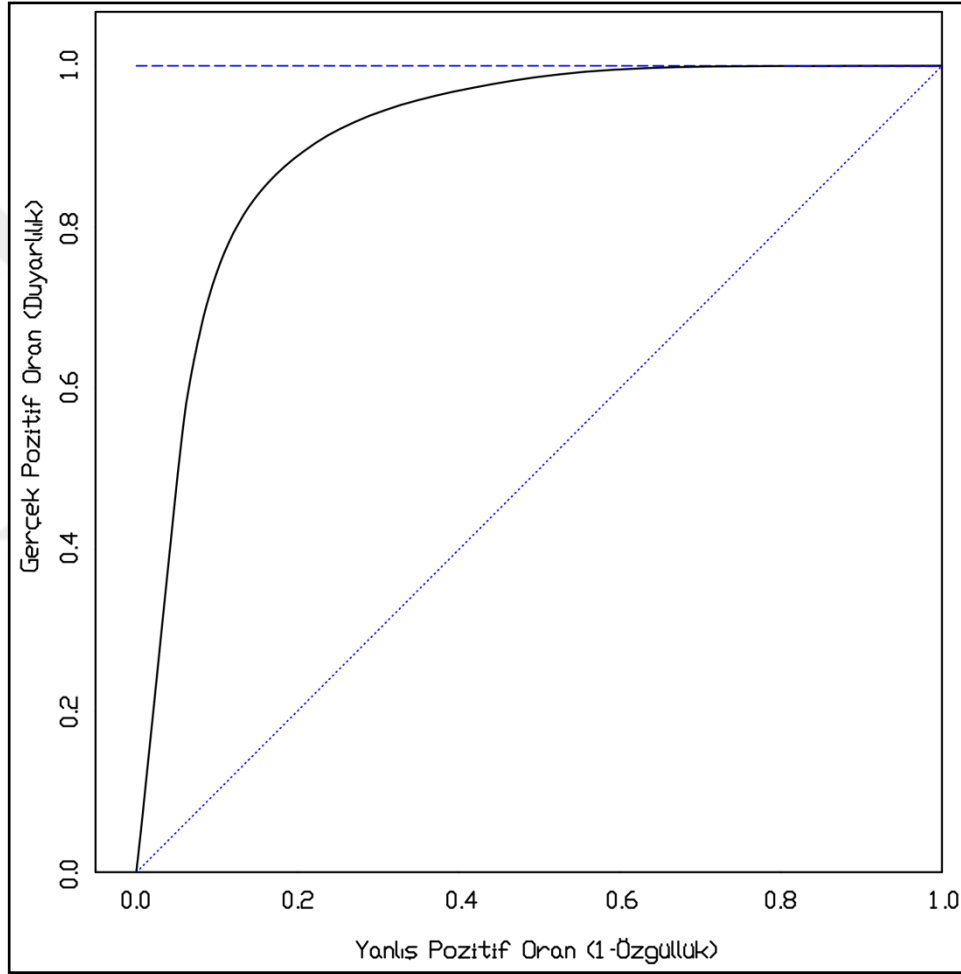
Çizelge 3.5: Model katsayıları ve anlamlılıkları.

	Unstandardized		Standardized	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
Değişken	0,458	0,085		5,375	0,000		
Cinsi	0,019	0,016	0,021	1,178	0,039	0,561	1,781
nizam	0,039	0,012	0,058	3,174	0,002	0,541	1,849
Kat_sayisi	0,018	0,003	0,157	6,468	0,000	0,310	3,227
ada_durumu	0,001	0,008	0,002	0,081	0,036	0,238	4,198
yola_cephe	0,002	0,000	0,135	6,967	0,000	0,492	2,033
cephe_sayi	0,013	0,007	0,056	1,904	0,057	0,213	4,693
bina	-0,006	0,005	-0,018	1,091	0,276	0,701	1,426
adliye	0,022	0,010	-0,214	5,100	0,000	0,104	9,620
aile_sag	0,000	0,005	-0,002	0,062	0,051	0,181	5,538
askeri	0,037	0,009	0,182	4,212	0,000	0,098	9,171
avm	0,008	0,018	0,037	0,461	0,045	0,028	5,136
belediye	0,003	0,012	-0,011	0,270	0,088	0,107	9,348
benzinli	0,004	0,004	0,023	1,173	0,041	0,476	2,102
emniyet	0,012	0,011	0,042	1,087	0,077	0,121	8,277
fuar	0,008	0,010	-0,040	0,793	0,028	0,072	3,971
hapis	0,016	0,007	0,078	2,347	0,019	0,168	5,958
ilkogrt	0,001	0,005	-0,003	0,129	0,097	0,457	2,188
kres	0,003	0,004	-0,020	0,776	0,038	0,264	3,782
kulturtesi	0,016	0,004	0,108	3,938	0,000	0,245	4,077
market	0,012	0,005	-0,088	2,561	0,011	0,157	6,387
meydan	0,012	0,006	-0,076	2,184	0,029	0,150	6,652
sanayi	-0,003	0,004	-0,023	0,931	0,042	0,305	3,282
saglik	0,001	0,005	0,004	0,277	0,042	0,753	1,328
resmikrm	0,002	0,004	0,010	0,548	0,064	0,575	1,741
rekre	0,013	0,005	0,079	2,631	0,009	0,206	4,858
Pazar	0,009	0,004	-0,050	2,240	0,025	0,363	2,752
otobus	0,015	0,005	-0,081	3,022	0,003	0,254	3,940
ortaogrt	0,015	0,004	0,075	4,091	0,000	0,546	1,831
mezar	-0,041	0,010	0,125	4,180	0,000	0,206	4,847
trafo	0,019	0,005	0,096	3,597	0,000	0,260	3,847
karakol	-0,003	0,005	-0,017	0,567	0,050	0,217	4,615
yuksekogrt	0,007	0,006	-0,046	1,295	0,096	0,144	6,930
valilik	0,004	0,010	-0,017	0,371	0,110	0,088	1,333
teknikokul	0,017	0,004	-0,112	3,806	0,000	0,213	4,686
tarihi	0,010	0,004	0,067	2,290	0,022	0,216	4,621
stat	0,014	0,006	0,067	2,259	0,024	0,209	4,780
spor	0,010	0,010	0,040	0,980	0,028	0,111	9,027
sosyal	0,018	0,009	-0,084	1,963	0,050	0,101	9,919
eczane	0,005	0,004	-0,036	1,155	0,048	0,184	5,429
sinema	0,040	0,017	-0,186	2,282	0,023	0,028	6,070
bana	0,028	0,006	-0,183	4,424	0,000	0,107	9,306
hastane	-0,014	0,006	0,078	2,257	0,024	0,152	6,587
ibadet	0,001	0,011	0,001	0,051	0,050	0,745	1,342
itfaiye	-0,032	0,014	-0,110	2,253	0,025	0,077	4,951
sehir_mrk	0,037	0,014	-0,129	2,656	0,008	0,077	3,933
terminal	0,001	0,009	0,002	0,061	0,051	0,282	3,552
ENH	0,000	0,005	-0,001	0,033	0,073	0,759	1,318
kati_atik	0,012	0,025	0,008	0,473	0,136	0,730	1,369
sehraras	-0,087	0,019	-0,097	4,629	0,000	0,415	2,410
ana_yollar	0,058	0,009	0,115	6,461	0,000	0,578	1,731
egitim_drm	0,013	0,004	-0,106	3,494	0,001	0,200	5,005
bina_yog	0,005	0,006	-0,029	0,910	0,163	0,179	5,600
nufus_yog	0,002	0,003	-0,012	0,522	0,102	0,324	3,084
jeoloji_dr	0,003	0,002	-0,027	1,229	0,120	0,382	2,617
egim	0,001	0,001	-0,017	0,831	0,006	0,460	2,176

Bu durumda Regresyon Denklemi: Model katsayılar tablosundaki B değerleri katsayılar olmak üzere;

$\text{LOG (Değer)} = 4.213 + 0.019 * (\text{Cinsi}) + 0.039 * (\text{Nizam}) + 0.018 * (\text{Kat sayısı}) \dots - 0.003 * (\text{Sanayi}) \dots$ şeklinde hazırlanmıştır.

Model, değeri bilinen fakat modele girdi olarak girmeyen taşınmazlar üzerinde test edilmiştir. Bu kapsamda ROC (Receiver Operating Characteristics) eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.16). ROC eğrisi altında kalan alan değeri (AUC; Area Under Curve) olan % 91.25 model doğruluğunu göstermektedir.



Şekil 3.16: ROC eğrisi (Çoklu Rekreasyon Analizi).

3.9 Yapay Sinir Ağları

Genel anlamda yapay sinir ağları (YSA), beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar halinde düzenlenmektedir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak yapay sinir ağları, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi saklama ve

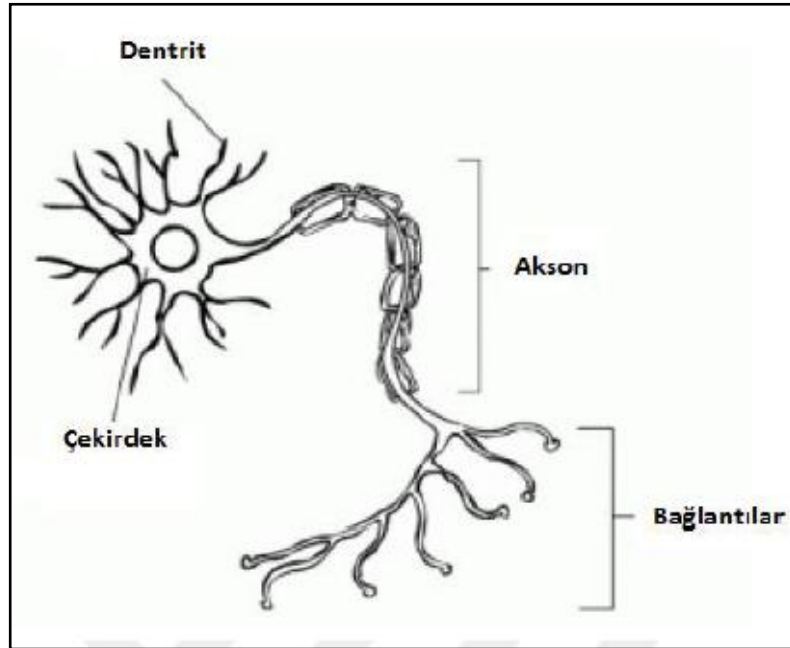
genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir (Ataseven, 2013).

Yapay sinir ağları, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerden sonra özellikle mühendislik alanında güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Sinir ağları, biyolojik sinir sisteminden ilham alarak modellenmiştir. Pek çok sinir ağı, biyolojik sinir ağlarının, öğrenme ve tepki verme gibi çeşitli özelliklerini gerçeklemek için geliştirilmiştir. Yapay sinir ağları, bir giriş katmanı, bir veya daha fazla gizli katman ve bir çıkış katmanı içermektedir. Analiz, sınıflandırma, model tanıma ve işlevsel izleme konularında yüksek umutlar vaat etmektedir.

Yapay sinir ağları uygulanan ağ modeline göre değişik karakteristik özellikler göstermelerine karşın öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, tahminde bulunma, özellik belirleme ve optimizasyon gibi temel birkaç ortak özelliğe sahiptirler (Dündar vd., 2011).

3.9.1 Yapay Sinir Ağlarının yapısı

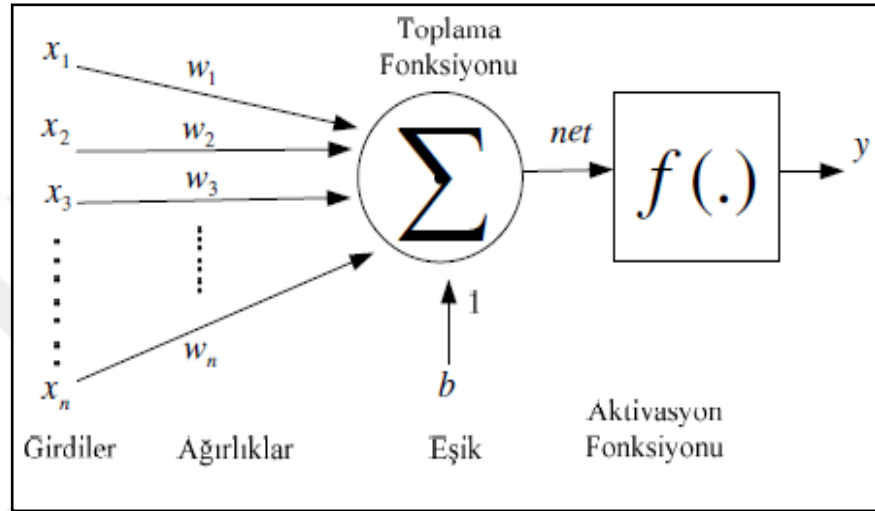
Yapay sinir ağları biyolojik sinir hücrelerine benzer yapıdadırlar. Biyolojik sinir hücreleri, aralarında bağlar kurarak sinir sistemini oluştururlar. Yapay sinir hücreleri de aralarında bağ kurarak yapay sinir ağlarını oluştururlar. Aynı gerçek sinir hücrelerinde olduğu gibi, yapay sinir hücrelerinin de giriş sinyallerini aldıkları (Dentrit), bu sinyalleri toplayıp işledikleri (Çekirdek) ve çıktıları ilettikleri bölümleri (Akson ve Bağlantılar) bulunmaktadır. Şekil 3.17’de bir biyolojik sinir hücresi görülmektedir.



Şekil 3.17: Biyolojik sinir hücresi (Ataseven, 2013).

En basit yapay sinir hücresi Şekil 3.18’de görüldüğü gibi beş ana kısımdan oluşmaktadır (Ataseven, 2013);

- Girdiler
- Ağırlıklar
- Toplama Fonksiyonu
- Eşik
- Aktivasyon fonksiyonu



Şekil 3.18: Yapay Sinir Ağı hücresi (Ataseven, 2013).

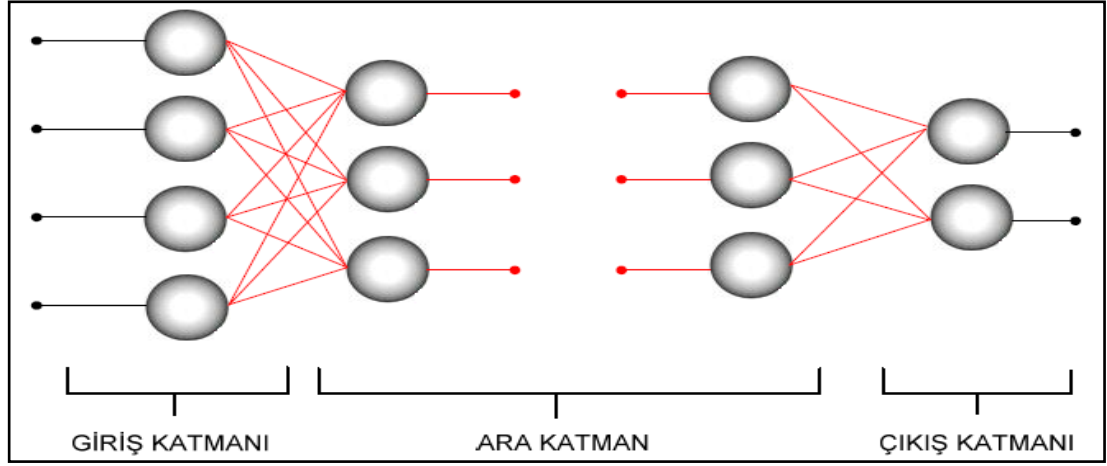
Girdiler, hücreye gelen bilgilerdir. Bunlar, ağıın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir. Her bir girdi, o girdiyi işlem elemanına bağlayan ağırlık çarpanı ile çarpılarak, toplam fonksiyonu ile birleştirilir. Toplam fonksiyonu aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Denklem 3.2) (Kaynar ve Taştan, 2009).

$$net = \sum_{i=1}^n w_i X_i + b \quad (3.2)$$

Toplam fonksiyonu çıktısı doğrusal ya da doğrusal olmayan türevlenebilir bir transfer fonksiyonundan geçirilerek sinir hücresinin çıktısı hesaplanmaktadır (Kaynar ve Taştan, 2009).

3.9.2 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları

Tek katmandan oluşan bir yapay sinir ağı sadece doğrusal fonksiyonları çözümleyebilir. Çok katmanlı bir yapay sinir ağı modeli, bir giriş, bir veya daha fazla gizli katman ve bir de çıkış katmanından oluşur (Şekil 3.19). Her bir katmanda da bir veya daha fazla sayıda işlem elemanı bulunur. Bir katmandaki bütün işlem elemanları bir üst katmandaki bütün işlem elemanlarına bağlıdır.



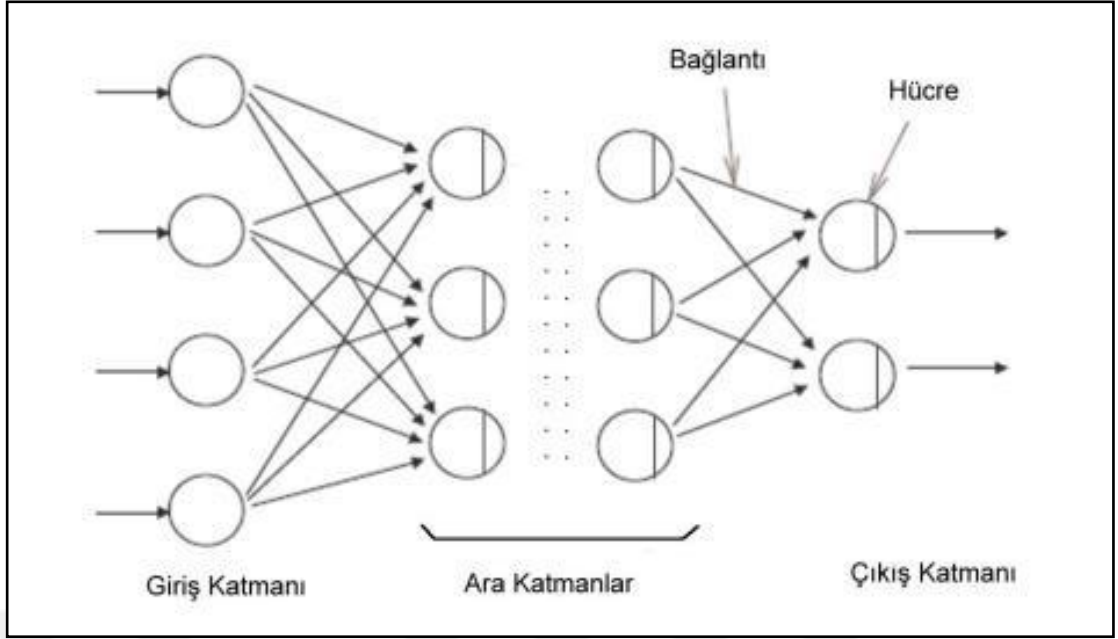
Şekil 3.19: Çok katmanlı Yapay Sinir Ağı (Silahtaroglu, 2008).

Yapay sinir ağlarında belirsiz olan konulardan birisi gizli katmanların sayısıdır. Giriş ve çıkış katmanındaki işlemci elemanı sayısı tamamen uygulanan probleme bağlıdır. Gizli katmanların sayısı hakkında kesin bir kural yoktur. Gizli katmanlar düğümlerden oluşmaktadır. Gizli düğüm sayısı çok az olan bir ağ, karmaşık yapıları ayırt edemez ve gerçek sonucu sadece doğrusal bir yönde tahmin edebilir. Buna karşılık, ağda çok fazla gizli düğüm varsa, aşırı ezberleme nedeniyle verilerin içindeki gürültüyü izleyerek, eğitimsiz veriler için genellemenin zayıflamasına neden olur. Gizli katmanların sayısı arttıkça, eğitim aşırı derecede zaman almaktadır. En iyi gizli katman sayısını bulma yaklaşımı deneme yanılma yöntemidir. Bu çalışmada 10 düğümlü gizli katmanın en iyi sonuç verdiği bulunmuştur.

YSA, literatüre bakıldığında çok iyi birer sınıflandırıcı durumundadırlar. Yapılan bir takım çalışmalarda (Delen vd. 2005, Huang vd. 2007, Tso vd. 2007, Yeh ve Lien 2009) YSA'nın çok iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. İleri sürümlü ve hatayı geriye yaymaya dayalı olmak üzere temel iki tür yapay sinir ağı modeli bulunmaktadır.

3.9.3 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

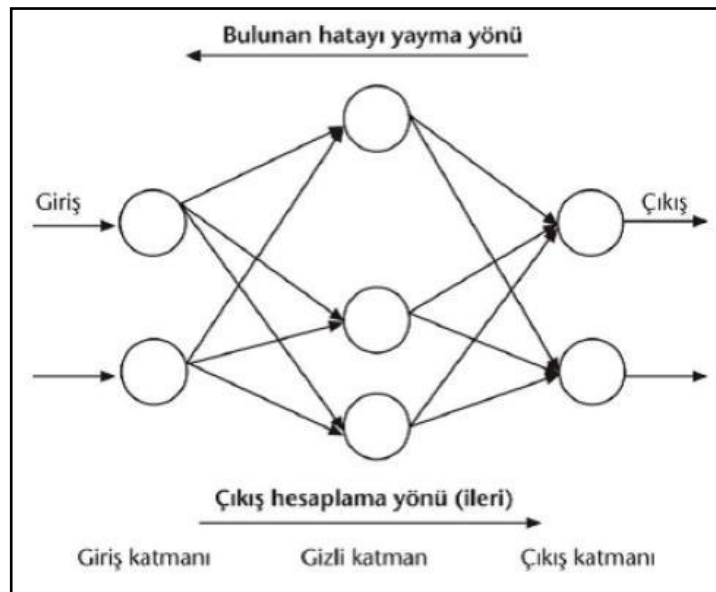
İleri beslemeli ağlarda bilgi akışı, çıkışa doğru düzenli olarak ilerler. Her katman bir sonraki katmanın giriş vektörünü oluşturur. Giriş katmanına gelen bilgiler değişikliğe uğramadan önce gizli katmanlara ilerler daha sonra gizli katmanlardan çıkış katmanına gidip orda değerlendirildikten sonra ağ çıkışı belirlenir. Bu akış Şekil 3.20'de gösterilmektedir (Dolgun, 2006).



Şekil 3.20: İleri beslemeli Yapay Sinir Ağları (Dolgun, 2006).

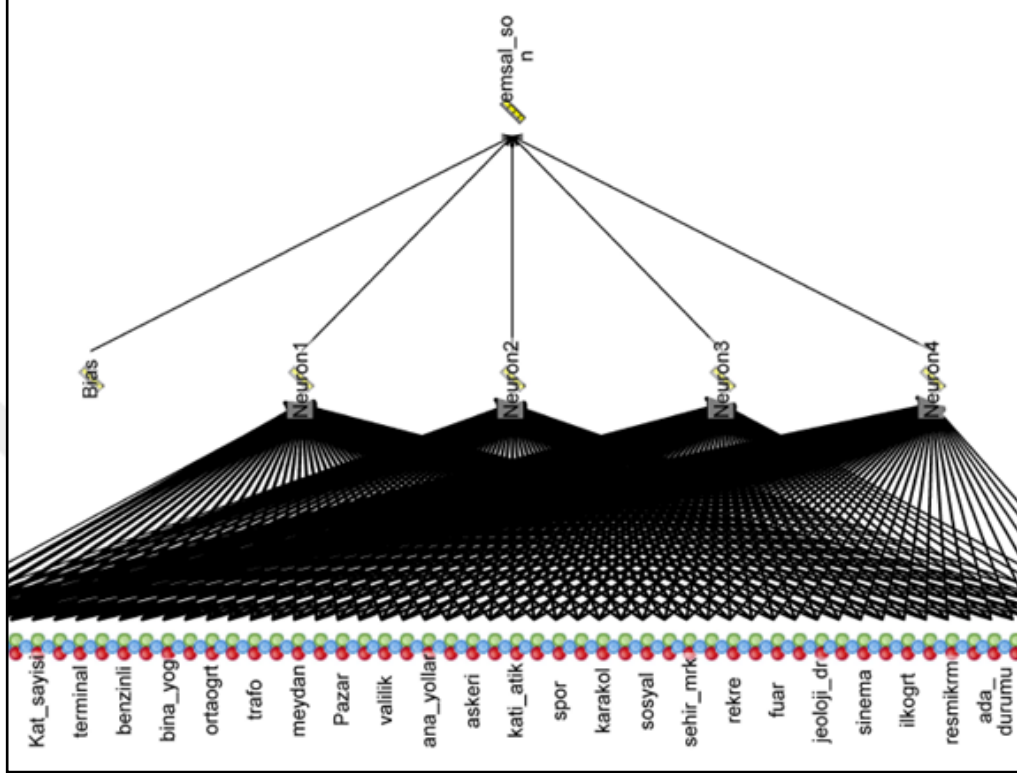
3.9.4. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Geri beslemeli YSA'larda, ileri beslemelilerin aksine bir yapay sinir hücresi çıktısı yalnızca kendinden sonraki yapay sinir hücresinin katmanına giriş olarak verilmez. Kendinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan herhangi bir hücreye de giriş olarak bağlanabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli yapay sinir ağları doğrusal olmayan, dinamik bir davranış göstermektedir. Geri besleme özelliğini kazandıran bağlantıların bağlanış şekline göre, aynı yapay sinir ağıyla farklı davranışta ve yapıda geri beslemeli yapay sinir ağları elde edilebilir (Şekil 3.21) (Silahtaroglu, 2008).



Şekil 3.21: Geri beslemeli Yapay Sinir Ağları (Silahtaroglu, 2008).

Uygulamada hazırlanan veri seti %70 eğitim verisi %30 test verisi olarak rastgele seçilmiştir. Eğitim verisi kullanılarak yapay sinir öğrenme model örneği Şekil 3.22'de gösterilmiştir. Modelden elde edilen kriter önem dereceleri Çizelge 3.6'da verilmiştir (ilk onbeş kriter).

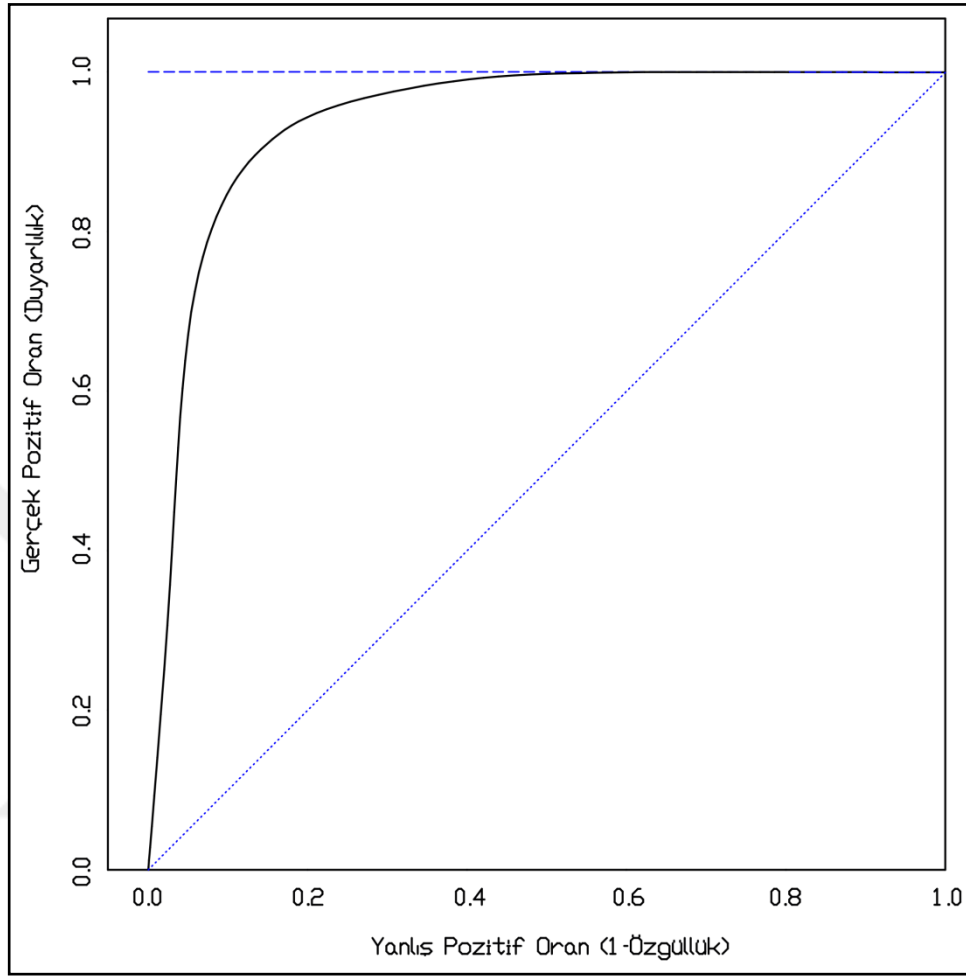


Şekil 3.22: Yapay sinir ağ modeli örneği.

Çizelge 3.6: Yapay sinir ağları modeline göre kriterlerin önem dereceleri.

Nodes	Önem Derecesi
Kat Adedi	0.0312
Yola Cephesi	0.0310
AVM'lere Yakınlık	0.0268
Cephe Uzunluğu	0.0262
Yapı Nizamı	0.0248
Köşebaşı/Ara Parsel	0.0246
Cephe Sayısı	0.0234
İnşaat Alanı	0.0231
TAKS	0.0225
Eğitim Durumu	0.0224
Yapı Yoğunluğu	0.0218
Şehir Merkezine Yakınlık	0.0208
Pazar Yerlerine Yakınlık	0.0208
Cinsi	0.0203
Otobüs Duraklarına Yakınlık	0.0199

Model, değeri bilinen fakat modele girdi olarak girmeyen taşınmazlar üzerinde test edilmiştir. Bu kapsamda ROC eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.23). ROC eğrisi altında kalan alan değeri olan % 93.75, model doğruluğunu göstermektedir.



Şekil 3.23: ROC eğrisi (Yapay Sinir Ağları).

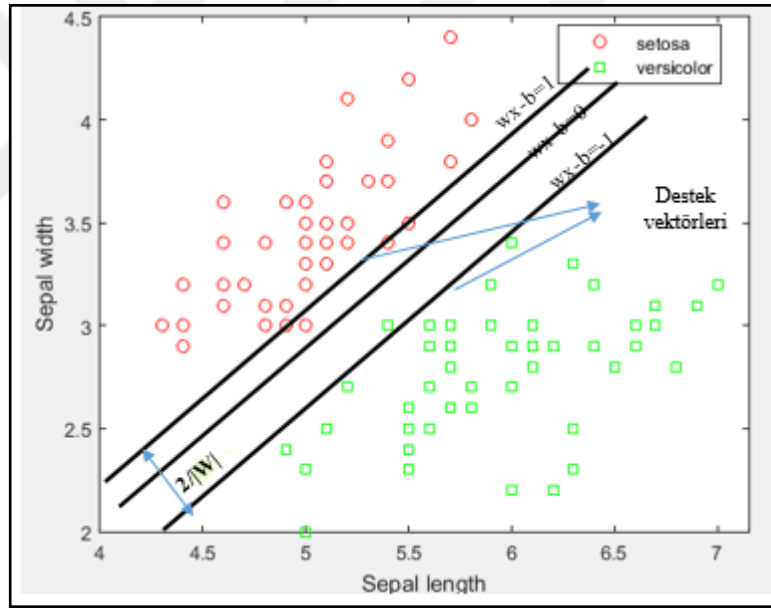
3.10 Destek Vektör Makineleri (DVM)

DVM dentimli bir öğrenme metodudur (Carrizosa vd., 2017) Bir başka tanıma göre DVM istatistiksel öğrenme teorisi alanında ortaya çıkmış bir öğrenme metodudur. DVM lineer olmayan örnek uzayını, örneklerin lineer olarak ayrılabilceği bir yüksek boyuta aktararak, farklı örnekler arasındaki maksimum sınırın bulunması esasına dayanır (Demirci, 2007). DVM’de problemler lineer olarak ayrılabilen ve lineer olarak ayrılamayan olmak üzeri ikiye ayrılır. Lineer olarak ayrılan problemlerde özellikler arasından geçen hiper düzlemi bulmak amaçlanmaktadır. Bu hiper düzlem sınıflara ait özelliklerin birbirine en uzak olduğu iki doğrudan oluşur. Doğrusal bir denklem a_x+b şeklinde düşünüldüğünde burada amaç sınıfları ayıracak denklem için a ve b değerlerini hesaplamaktır. Günlük hayattaki problemler genelde

lineer ayrılamamaktadır. Lineer olarak ayrılabilen problemlerde sınıflar arasında çizilecek doğrunun sınıflara uzaklığı maksimize etmeye çalışılırken, lineer olarak ayrılamayan problemlerde ise hiperdüzlem doğrusal olmayan bir fonksiyon olarak belirlenmektedir.

Bir elemandan oluşan eğitim kümesinin $A=\{a_i, b_i\}$, $i=1,2,\dots,n$ olduğu varsayalım. Burada $b_i=(-1,1)$ etiket değerleri iken a_i ve b_i , n boyutlu bir uzayda özellik vektörüdür.

Doğrusal olarak ayrılabilme durumunda, bu iki değerli veriler bir aşırı düzlem ile ayrılabilir. DVM'nin amacı, bu aşırı düzlemin iki örnek grubuna en uzaklıkta olmasını sağlamaktır (Eray, 2008). Bu işlem iki grup için çizilecek paralel vektörlerle gerçekleştirilecektir. Bu iki paralel vektöre eşit uzaklıktaki düzlem de aşırı düzlemdir. Şekil 3.24'da bir veri setindeki veriler 100x2 boyutundaki kısmı ve şekilsel olarak hiper düzlem gösterilmiştir.



Şekil 3.24: DVM'de hiper düzlem ve ayırıcı vektörler.

Şekil 3.28'de verilen w katsayısı değiştiğinde vektörün yönü değişecek, b sabiti değiştiğinde ise vektörün eğimi değişmeden düzlem üzerinde kayması sağlanacaktır. $2/W$ iki vektör arasındaki mesafeyi vermektedir.

$$f(x_i) = W_{txi} + b = y_i, i = 1,2,3 \dots m \quad (-1 < y_i < 1) \quad (3.3)$$

$$\{x; -1 \leq y \leq 1\} \quad (3.4)$$

Denklem 3.3’de, i özellik sayısı, y_i ise iki destek vektörü arasında kalan hiper düzleme ait noktaları içeren fonksiyondur. Karar fonksiyonu y_i değerinin -1 ve 1 sınıfına ayırır ve genel olarak Denklem 3.4’de tanımlanmıştır.

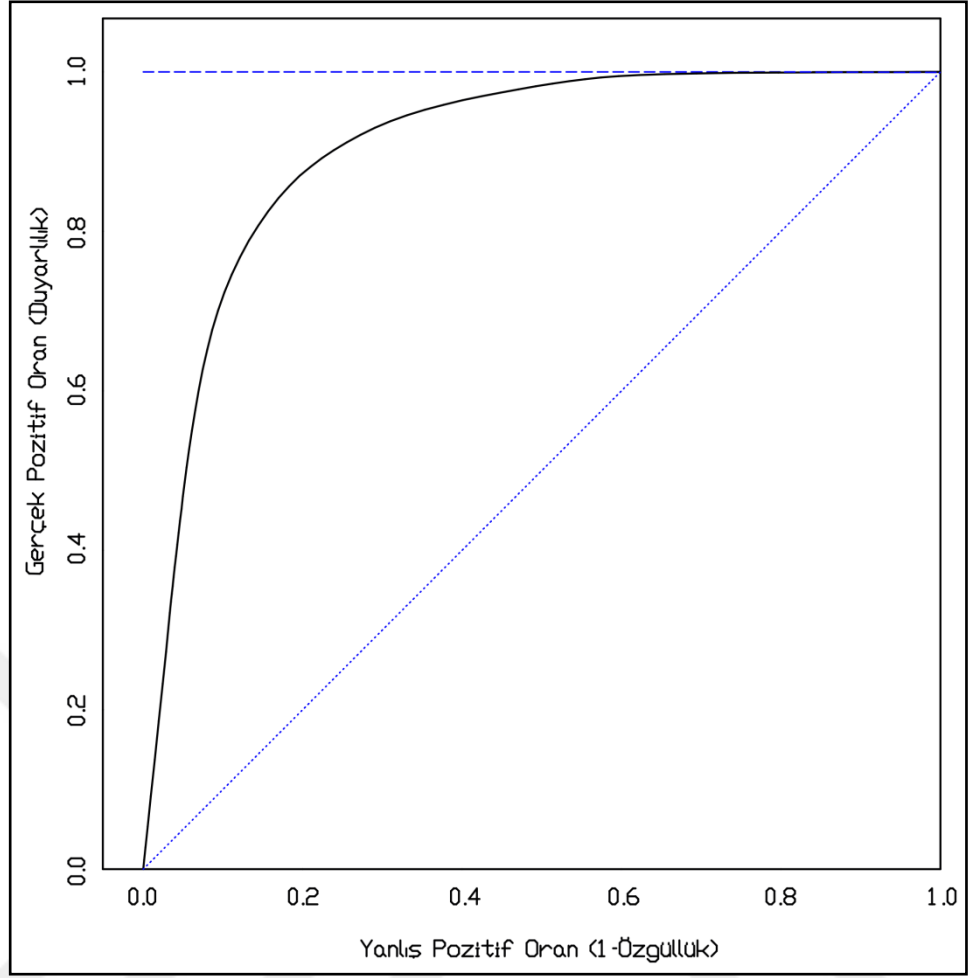
Sonsuz sayıda karar fonksiyonu vardır. Bu karar fonksiyonları ayırıcı hiperdüzlem olarak adlandırılır. Genelleştirme kabiliyeti ayırıcı hiperdüzleme bağlıdır. En geniş sınırlı hiperdüzlem optimal ayırıcı hiperdüzlem olarak tanımlanmaktadır. Optimal ayırıcı hiperdüzlemi seçmek önemlidir; çünkü hatayı minimize eder (Erdem, 2008).

Uygulamada hazırlanan veri seti %70 eğitim verisi %30 test verisi olarak rastgele seçilmiştir. Eğitim verisi kullanılarak destek vektör makine öğrenme modeli uygulanmıştır. Modelden elde edilen kriter önem dereceleri (ilk onbeş kriter) Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7: Destek vektör makineleri modeline göre kriterlerin önem dereceleri.

Nodes	Önem Derecesi
Kat Adedi	0.0304
Yola Cephesi	0.0299
AVM'lere Yakınlık	0.0274
Şehir Merkezine Yakınlık	0.0269
Cephe Uzunluğu	0.0251
Köşebaşı/Ara Parsel	0.0241
İbadethanelere Yakınlık	0.0239
Parsel Şekli	0.0229
İnşaat Alanı	0.0224
Eczanelere Yakınlık	0.0221
Yapı Nizamı	0.0210
İlköğretilere Yakınlık	0.0209
Cephe Sayısı	0.0202
TAKS	0.0200
Cinsi	0.0199

Model öncesinde ayrılan test verilerine model uygulanmış ve ROC Eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.25). Buna göre model doğruluğu % 90.89 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.25: ROC eğrisi (DVM).

3.11 CHAID (Chi-Squared Automatic Interaction Detection)

CHAID (Chi-Squared Automatic Interaction Detection) otomatik ki-kare etkileşim tekniği sınıflandırılmış bağımlı değişkenlerin tanımlanması ve analizi için kullanılır. MÖ'de sıkça kullanılan bu analiz yöntemin amacı, veri setini bağımlı değişkenleri analizde kullanılan bağımsız değişkenleri daha homojen alt kategorilere bölmektir. Analizin güvenli ve doğru sonuçlar vermesi veri kümesinin homojen alt kategorilere bölünmesine bağlıdır. Problemin çözümü için yapılan analizlerin güvenilirliği için veri setinin büyüklüğü önemlidir. Büyük veri setlerini bağımlı değişkeni destekleyecek ve açıklayacak diğer değişkenleri ve bu değişkenlerle ilgili verileri homojen bir şekilde ortaya koymak CHAID analizinin temel mantığıdır. CHAID bağımlı değişken için gerekli homojen alt grupları belirler. Oluşturulan alt gruplarla sağlanmak istenen amaç tahmin edici veri kümeleri elde etmektir. Bu amaçla oluşturulan alt gruplar ilerleyen adımlarda bağımlı değişkenine bağlı analizleri tahmin etmek için kullanılır. Regresyon problemlerinde de kullanılan CHAID analizi karar ağaçları

oluşturulmasında da kullanılan bir analiz yöntemidir. CHAID analizinde bir çok çapraz tablo kullanılması ve istatistiksel önem oranının hesaplanmasından kaynaklı ki-kare ismi de kullanılır (Hoare, 2004). CHAID analizi; Bağımlı değişkeni en iyi bir şekilde açıklamak için kullanılır. Bağımlı değişkenleri açıklamak için kullanılan veriler, sınıflayıcı, sıralayıcı ve aralık ölçekli olabilir. Veri analizinde kayıp verileri bir alt kategori olarak alıp p değeri hesaplamada kullanır. Bağımlı değişkeni açıklamak için oluşturulan alt kategorileri bağımsız olarak yeniden tanımlayıp kategorize eder. Homojen alt gruplara ayırma işlemindeki her adımda her bölünme işlemi yeniden bağımsız olarak gerçekleştirir (Pehlivan, 2006). CHAID analizi, büyük veri setlerinde değişkenleri kategorize eder. Belirlenen özellikler bakımından bir birini yakın olan kategorileri birleştirir, istenilen değişkenlere göre bölerek veri setini analiz edilebilir durumda özetlemiş olur. Her bağımsız değişken için oluşturulmuş alt kategoriler birleştirilir ve bağımlı değişkene göre kontenjan tabloları oluşturulur. Bonferroni p değerleri ile χ^2 değerleri hesaplanır. Bağımsız değişkenler için hesaplanan p değerleri kıyaslanarak en küçük değere sahip olan bağımsız değişkene göre alt kategorilere ayrılır (Pehlivan, 2006). CHAID analizi, Bağımlı değişkeni açıklayıp analiz etmek için homojen alt gruplara ayırır. Bağımlı değişkenin tahmin edilebilmesi için belirli özelliklere göre ayrılan bu homojen alt gruplar bağımsız olarak yeniden kategorileştirilir. Belirli bir süreç ve yöntem ile birleştirme işlemine tabi tutulur. Birleştirme işlemi tüm alt gruplar birbirleriyle incelenip sonuçlanana kadar devam eder. Bu işlemin sonlandırılması Bonferroni dizisindeki p değerine göre belirlenir (Doğan ve Özdemir, 2003).

Bonferroni yaklaşımında, belirlenmiş her bir alt kategori için ortalama vektörü hesaplanır. Hesaplanan vektörlerin, alt grupların hesaplanmış olan genel ortalama vektörlerinden farkları belirlenir. Alt kategorilerin vektörleri ile genel ortalama vektör farkının sıfır olup olmadığı kontrol edilir. Genel ortalama vektörü $\bar{x}$ ve her grubun i. değişkene göre ortalama vektörleri aşağıda belirtildiği gibi gösterilir (Denklem 3.5).

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ . \\ . \\ \bar{x}_p \end{bmatrix} \quad \bar{x}_1 = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} \\ \bar{x}_{21} \\ . \\ . \\ \bar{x}_{p1} \end{bmatrix} \quad \bar{x}_2 = \begin{bmatrix} \bar{x}_{12} \\ \bar{x}_{22} \\ . \\ . \\ \bar{x}_{p2} \end{bmatrix} \quad \dots \quad \bar{x}_g = \begin{bmatrix} \bar{x}_{1g} \\ \bar{x}_{2g} \\ . \\ . \\ \bar{x}_{pg} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Her grubun ortalama vektörünün, genel ortalama vektöründen farkları değişkenlere göre aşağıdakilere göre belirlenir (Denklem 3.6).

$$d_1 = \bar{x}_{.1} - \bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} \\ \bar{x}_{21} \\ . \\ . \\ \bar{x}_{p1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \bar{x}_{1.} \\ \bar{x}_{2.} \\ . \\ . \\ \bar{x}_{p.} \end{bmatrix} \dots d_g = \begin{bmatrix} \bar{x}_{1g} \\ \bar{x}_{2g} \\ . \\ . \\ \bar{x}_{pg} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \bar{x}_{1.} \\ \bar{x}_{2.} \\ . \\ . \\ \bar{x}_{p.} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

k. grup ile j. grup i. değişken ortalamaları arasındaki ortalama farklarına ait $1-\alpha$ güven aralığı,

$$(d_{ki} - d_{ji}) = (\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{ji}) \pm t \left(\frac{\alpha}{pg(g-1)}, (N - g) \right) \sqrt{\left(\frac{1}{n_k} + \frac{1}{n_j} \right) \frac{w_{ii}}{N-g}} \quad (3.7)$$

Denklem 3.7 eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada, $N=n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_g$, p değişken sayısı, g grup sayısı ve w_{ii} ise W matrisinin köşegen elemanlarını ifade etmektedir. W matrisi gruplar için değişimi göstermekte olup,

$$W = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i) (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)' \quad (3.8)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır (Denklem 3.8). Burada, g grup sayısını, n_i ise i. gruptaki birim sayısını ifade eder. Her bir değişken için gruplar ikiye ayrılarak dikkate alınır. Yapılan hesaplamalar ile elde edilen i. değişken için aralığın sıfır değerini içerip içermediği kontrol edilir. Değerin sıfırdan farklı olması, belirlenen alt kategoriler ile istatistiksel olarak net bir farkın olup olmadığı anlaşılır. Sıfırdan farklı ise elde edilen değer kategoriler arasındaki ilişki için farklılıkların olduğu yorumu yapılabilir aksi durumda farklılık söz konusu olmaz (Özdamar, 2004).

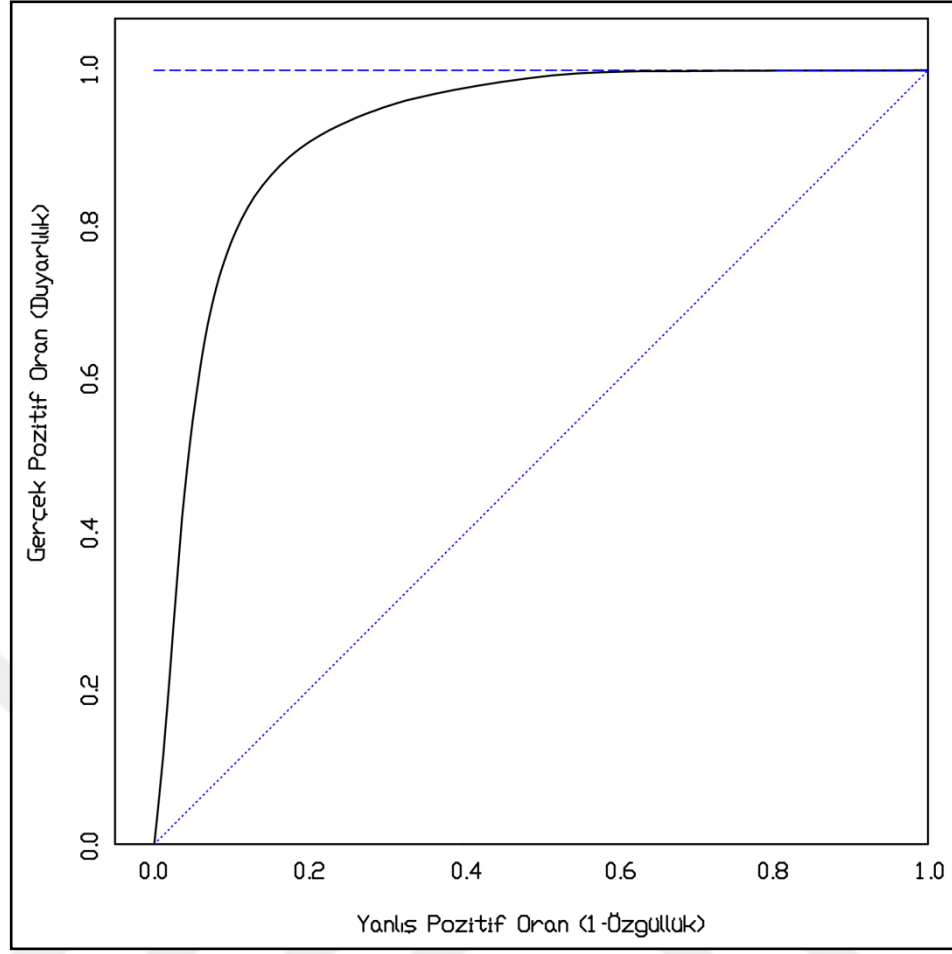
Chaid Analizi'nin genel algoritmasını şu şekilde izah edilmiştir. Bağımlı değişkenin kategori sayısı $d \geq 2$ olsun. Analiz edilecek olan belirli bir açıklayıcı değişken $c \geq 2$ sayıda kategoriye sahip olsun. Burada amaç, $c \times d$ kotenjans tablosunu açıklayıcı değişkenindeki uygun kategorileri birleştirme yolu ile en anlamlı $j \times d$ tablosuna indirgemektir. Kavramsal olarak ilk hesaplanacak değer $T_j(i)$ istatistiğidir. $T_j(i)$ $j \times d$ tablosunu oluşturmadaki i. metot için, χ^2 istatistiğidir ($j:2,3,4,\dots,c$; i'nin değişim aralığı açıklayıcı değişkenin tipine bağlıdır). $T_j(*) = \max T_j(i)$ ise en iyi $j \times d$ tablo için, χ^2 istatistiği elde edilmiş olur. Yani, en önemli $T_j(i)$ seçilir. Monotonik ya da dichotomous serbest açıklayıcı değişkenin varlığında $T_j(i)$ Fisher metoduna göre bulunabilir. Bu dinamik program c^2 hesaplarına dayanır. $d \geq 3$ ve açıklayıcı değişken sıralı kategorilere sahip değilse Fisher metodundan yararlanılamaz (Kass, 1980).

Eğitim verileri ile uygulanan CHAID algoritması ile öğrenme modeli uygulanmıştır. Model sonrasında elde edilen kriter önem dereceleri Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8: CHAID modeli kriterlerin önem dereceleri.

Nodes	Önem Derecesi
İnşaat Alanı	0.0314
Yapı Nizamı	0.0304
Şehir Merkezine Yakınlık	0.0294
Köşebaşı/Ara Parsel	0.0297
Yola Cephesi	0.0260
Kat Adedi	0.0249
Cinsi	0.0241
Cephe Uzunluğu	0.0230
AVM'lere Yakınlık	0.0228
Cephe Sayısı	0.0224
Fuar Alanlarına Yakınlık	0.0220
TAKS	0.0216
Eczanelere Yakınlık	0.0209
Kreşlere Yakınlık	0.0203
Parsel Şekli	0.0196

Model, değeri bilinen fakat modele girdi olarak girmeyen taşınmazlar üzerinde test edilmiştir. Bu kapsamda ROC eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.26). ROC eğrisi altında kalan alan değeri olan % 91.90, model doğruluğunu göstermektedir.



Şekil 3.26: ROC eğrisi (CHAID).

3.12 Karar Ağaçları

Bir veya birden fazla bağımsız değişkeni farklı olasılık ve ikili homojen dağılımlarla, kategorik veya sürekli değişkenler ile bağımlı değişkeni tahmin etmeye, değişkendeki değişimi belirlemeye yarayan ve şekil yönünden ters ağaç görüntüsü oluşturan modellemeye ağaç modelleri denir (Marian vd., 2002). Verilerin görsel olarak modellenmesi, bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve bu ilişkiden yola çıkarak tahmin yürütülmesi için karar ağaçları kullanılır. Ağaç modelleri, bağımsız değişkene ait temel sorulardan aldığı cevaplar ile oluşturduğu ağaç dalları ile bağımlı değişkeni hangi bağımsız değişkenlerin etkilediğini belirler (Temel, 2004).

3.12.1 Ağaç modeli

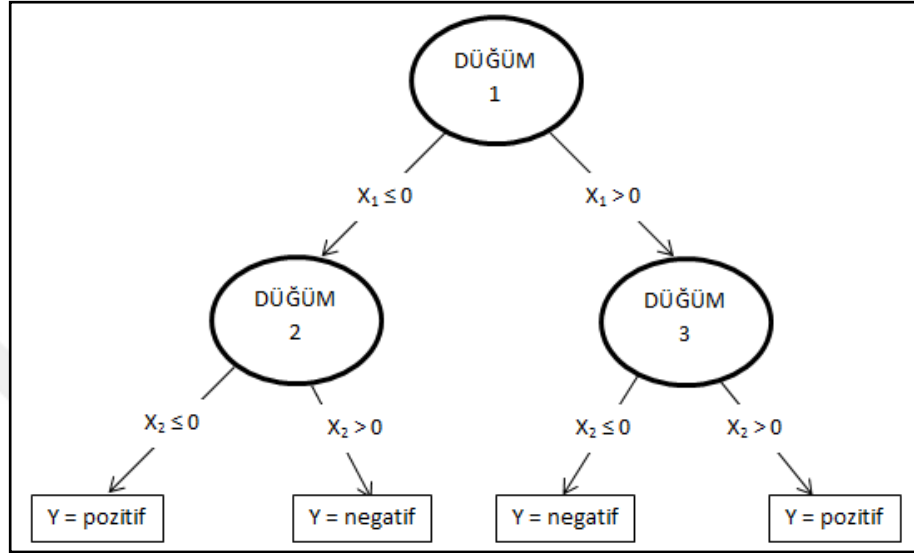
Ağaç modelinde, X_1 ve X_2 ; $[-1; +1]$ aralığında değişen düzgün olasılık dağılımdan rastgele seçilen n_1 ve n_2 örneklerin içerdiği bağımsız değişkenler olduğunda, bağımlı

değişken Y ise bağımsız değişken değerlerine çarpma kuralı uygulanarak elde edilen sonuç değişkeni ise; çarpma kurallarına göre;

$X_1 * X_2 \geq 0$ ise Y pozitifdir.

$X_1 * X_2 < 0$ ise Y negatiftir.

Bağımlı değişken pozitif ve negatif diye iki seviyeye sahiptir. Ölçme seviyelerine bakılmaksızın, Şekil 3.27 çarpma kuralının ağaç yapısını göstermektedir.



Şekil 3.27: Basit bir ağaç yapısı.

Ağaç modellerinde karar verme noktalarına düğüm denir. Şekil 3.27'deki ağaç modelinde başlangıç düğüm DÜĞÜM 1'dir (Speybroeck vd., 2003). Başlangıç düğümü bağımsız değişkenlerin tüm etki olasılıklarını içerdiği için en karmaşık düğümdür. Bu düğüme aile düğümü ya da kök düğümü de denir. Kök düğümü iki alt çocuk düğüme ayrılır. Şekil 3.27'deki örnek ağaç modelinde çocuk düğümler düğüm 2 ve düğüm 3'tür. Başka bir deyişle her aile düğümü çocuk düğümlerin bir araya gelmesi ile meydana gelir. Kök düğümü oluşturan yeni düğümler belirlenen özeliğin tüm koşullarını tanımlamak zorundadır. Kök düğüm iki alt gruba bölündüğünde mutlak Şart tüm olasılıkları barındırmak zorunda olmasıdır. Her çocuk düğümü bir sonraki adımda aile düğümü olur. Bu ifade matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir; $DüğüM\ 1 = DüğüM\ 2 \cup DüğüM\ 3$

Kök düğümünden her bölünmede oluşan çocuk düğümleri kök düğüme göre daha homojendir. Örnek Şekilde çocuk düğümlerinde henüz karar verme gerçekleşmemiştir ve dolayısıyla çocuk düğümler saf değildir. Amaç çocuk düğümlerini belirlenmiş ayırma kriterlerine göre ikili bölümlere ayırarak karar noktalarını yani terminal düğümlerini elde etmektir. Terminal düğümlerde sapma

sıfır olarak kabul edilir. Terminal düğümler ağaç yapısındaki en homojen düğümler olduğu söylenebilir. Terminal düğümlerden sonra bölünme gerçekleşmez (Bremner ve Tablin, 2002).

Ağaç modellemede temel amaç; Kök düğümünden başlayarak ayırmalara başlayarak homojen alt gruplara ayırarak karar noktalarına ulaşp bağımlı değişkeni tanımlamaktır. Düğüm'deki gözlemler sıfıra eşit veya sıfırdan küçük iseler düğüm 2'ye aksi takdirde düğüm 3'e atanırlar. Aynı Şekilde terminal düğümlere ulaşana dek gözlemler bağımsız değişkenlere göre diğer düğümlere atanırlar. Şekil 3.27'den de anlaşılacağı üzere bağımlı değişkene ait grupları sınıflandırma birden fazla bağımsız değişken kullanılır. Böylece, bağımsız değişkenler arasındaki etkileşim ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi ağaç modelleriyle tanımlanabilmektedir (Lewis, 2000).

Verilerin etkileşimi belirlenmesi ve modelin elde edilmesinden sonra tahminler yapılabilmesi için istatistiksel analizlere başvurulur. Ağaç modelleri, veriler arasındaki etkileşimi görsel olarak sunar ve istatistiksel analizlerde kolaylık sağlar. Ağaç modelleri, çalışma yürütücüsüne problemi ayrı ayrı her bir bağımsız değişkenin etkisini incelemesinde kolaylık sağlar ve karmaşık problemlerin olası alt kümelerinin aşamalı olarak değerlendirilmesine olanak sağlar (Temel, 2004).

Ağaç modellerinin sınıflama ve tahmin olmak üzere iki temel amacı vardır. Sınıflama, veri setini sistematik, anlaşılır ve tahmin edilebilir bir şekilde modeller. Tahmin ise gözlenmeyen verileri sınıflandırma sonuçlarına göre güvenli bir meydana gelme olasılığından yola çıkarak yorumlamaktır. Sınıflandırma ve tahmin etme aşamalarında kolaylık sağlayan ağaç modelleri kullanılmaktadır (Temel, 2004).

Literatürde çok farklı karar ağacı oluşturma algoritmaları vardır. Bu çalışmada ID3, C4.5, Rastgele Orman ve CART (Classification And Regression Tree) algoritmaları karar ağaçlarının üretiminde kullanılmıştır.

3.12.2 ID3 algoritması

J.R. Quinlan tarafından 1986 yılında geliştirilen karar ağacı algoritmasıdır. Eğitim verilerinin ayrılma oranının ne kadar iyi olduğunu ölçmek için entropi ve bilgi kazancından faydalanılır. Entropi ve bilgi kazancı aşağıda anlatılmıştır (Han ve Kamber, 2006):

D , eğitim kümesini, C_i ; $i=1, \dots, m$ sınıf sayısını, $C_{i,D}$; D 'deki C_i sınıfının gözlem kümesini, $|D|$ ve $|C_{i,D}|$ de sırası ile D ve $C_{i,D}$ 'deki gözlemlerin sayısını gösterebilir.

$P_i = \frac{C_{i,D}}{D}$, D'deki C_i sınıfına ait rasgele bir gözlemin olasılığını gösterebilir. D'deki bir gözlemi 33 sınıflandırmak için olası bilginin hesaplanması Denklem 3.9'da gösterilmiştir:

$$Bilgi(D) = Entropi(D) = - \sum_{i=1}^m p_i * \log_2(p_i) \quad (3.9)$$

Değişken A $\{a_1, a_2, \dots, a_v\}$ gibi v farklı değerden oluşsun. A niteliği D'yi $\{D_1, D_2, \dots, D_v\}$ şeklinde v parçaya ayırabilir. (D_j'de A değişkeni a_j değerini alan gözlemler yer alır); fakat amaç en iyi sınıflandırmayı bulmaktır. Bundan dolayı öncelikle iyi sınıflandırma için ayırma sonrasında hala ne kadar bir bilginin gerektiği Denklem 3.10'daki gibi bulunur.

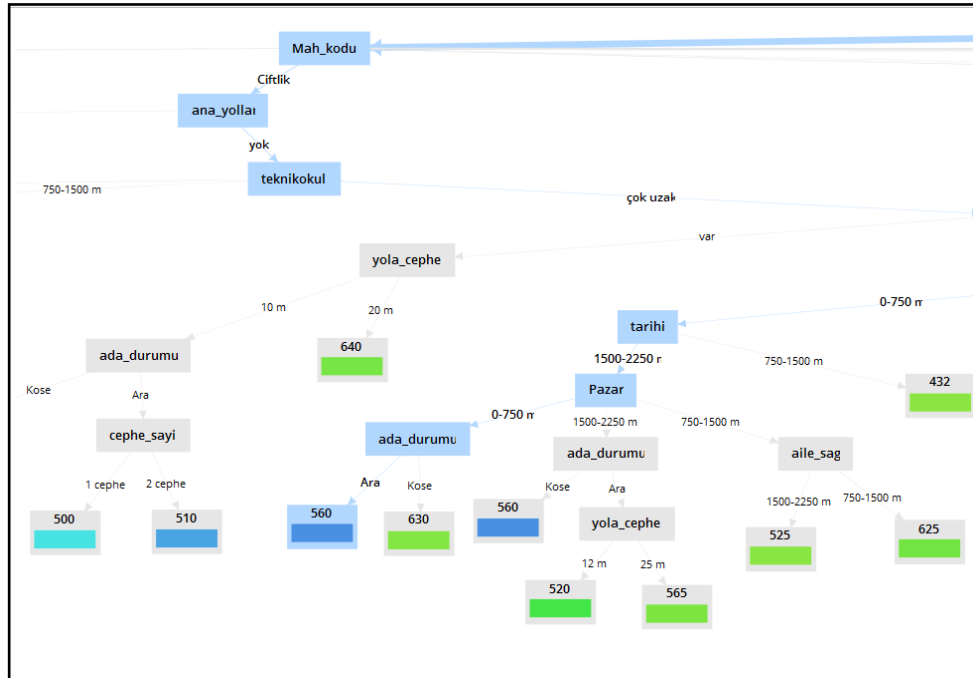
$$Bilgi_A(D) = \sum_{j=1}^v \frac{D_j}{|D|} * Bilgi(D_j) \quad (3.10)$$

Daha sonrasında da bilgi kazanımı Denklem (3.11)'de görüldüğü gibi Denklem 3.9 ve Denklem 3.10'un farkından hesaplanmaktadır.

$$Kazanım(D) = Bilgi(D) - Bilgi_A(D) \quad (3.11)$$

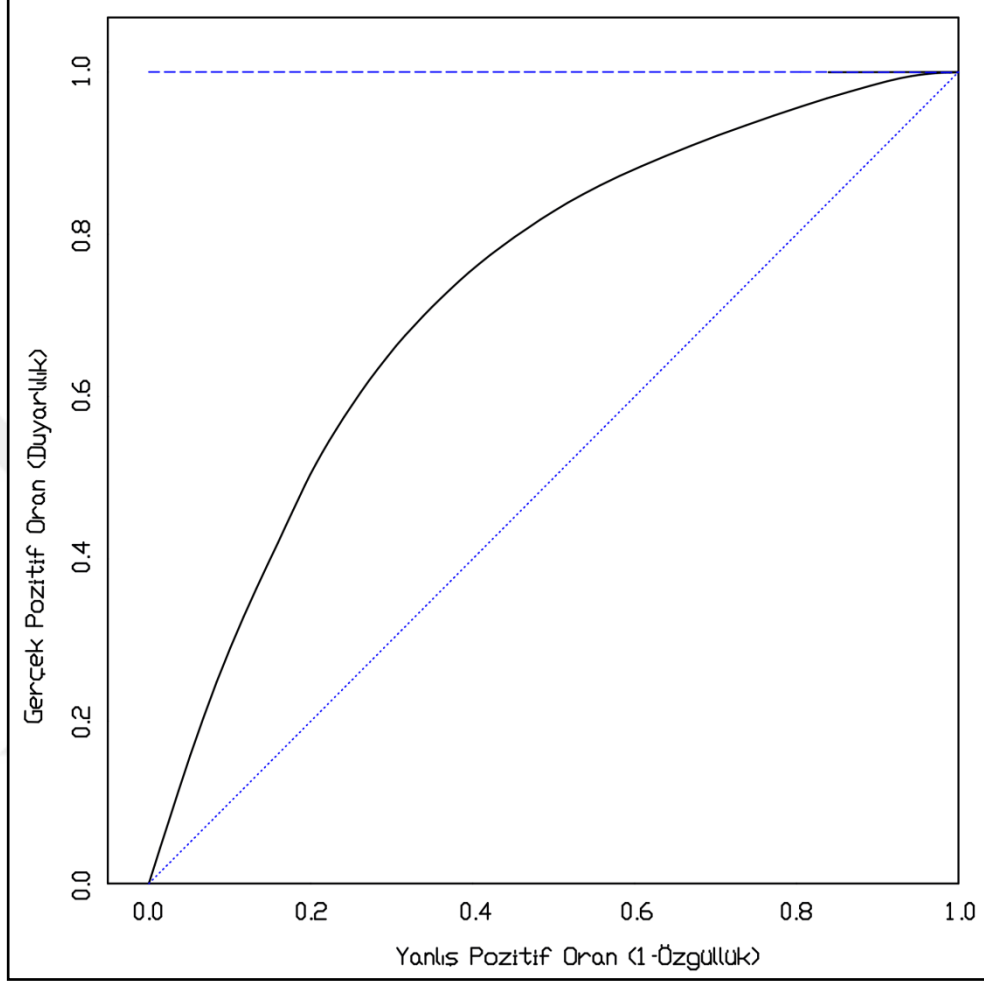
Böylece karar ağacı oluşturulurken bölme işlemi için A değişkeni kullanıldığında ne kadar bilgi kazancı elde edileceği görülmüş olur (Mitchell, 1997).

Eğitim verileri kullanılarak çalışma bölgesine ait karar ağacı ID3 algoritmasına ile üretilmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.28: Örnek ID3 karar ağacı.

Üretilen ağaç yapısında her bir lif bir kural olacak şekilde IF-THEN kralları üretilmiştir. Üretilen ağaç yapısında toplam lif ve kural sayısı 618'dir. Model öncesinde ayrılan test verilerine model uygulanmış ve ROC Eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.29). Buna göre model doğruluğu % 71.54 olarak bulunmuştur.

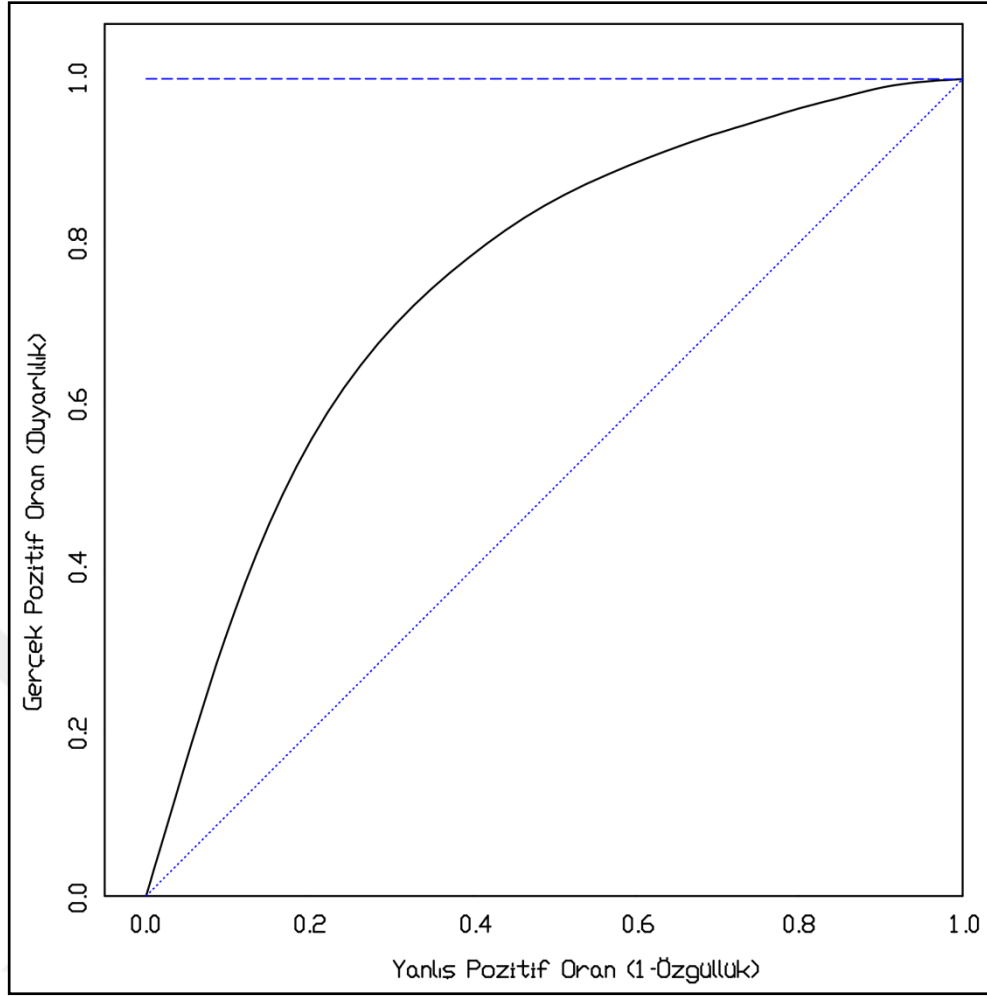


Şekil 3.29: ROC eğrisi (ID3).

3.12.3 C4.5 algoritması

C4.5 algoritması, Quinlan tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir. Temel olarak entropiye dayalı bu algoritmanın ID3'e göre en büyük farkı sayısal veriler üzerinde de çalışabilmesi ve eksik verileri de işleyebilme yeteneğidir. Yine bununla birlikte C4.5, ağaç üzerinde oluşan gereksiz yapıları budama (prunning) özelliğine sahiptir.

Bu kapsamda C4.5 algoritması kullanılarak üretilen modelde toplam 482 lif mevcuttur ve kuralları üretilmiştir. Model öncesinde ayrılan test verilerine model uygulanmış ve ROC Eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.30). Buna göre model doğruluğu % 72.69 olarak bulunmuştur.

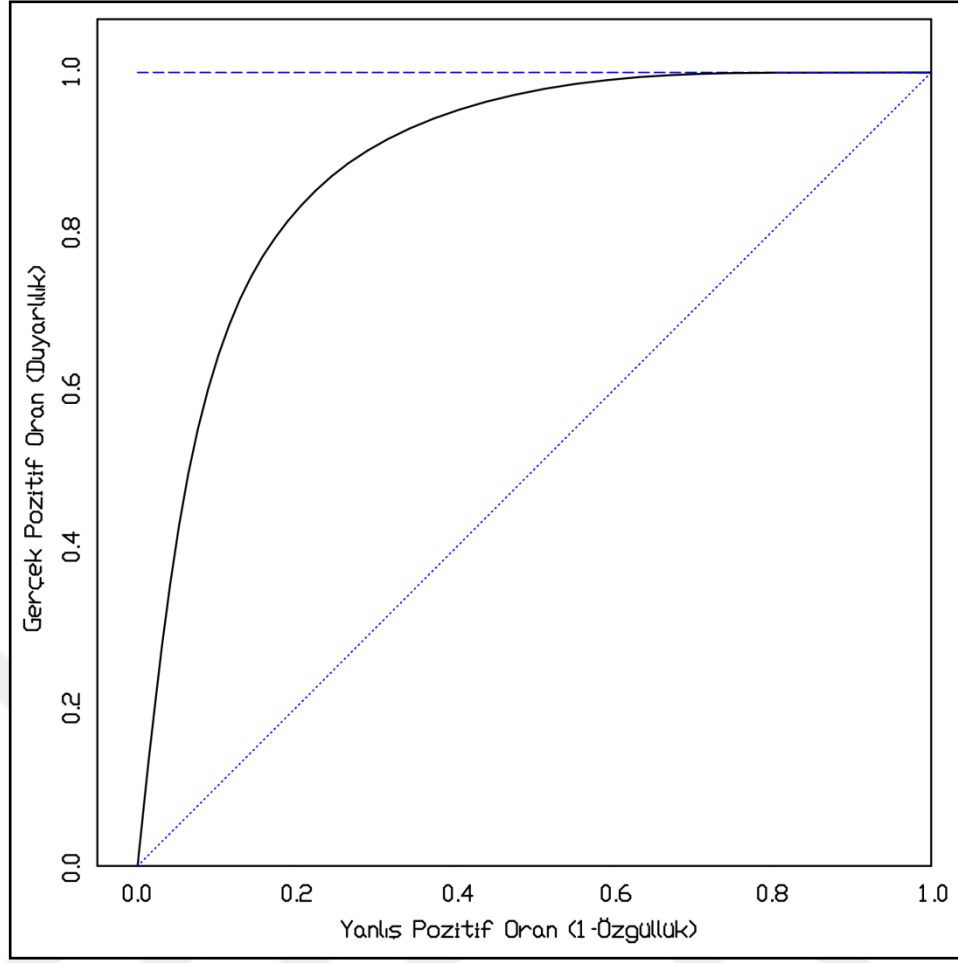


Şekil 3.30: ROC eğrisi (C4.5).

3.12.4 Rastgele Orman algoritması

Rastgele orman algoritmasında mevcut eğitim kümesi üzerinden n tane karar ağacı oluşturur. Her ağaç için eğitim kümesi rastgele örneklenir. Bu yüzden her ağaç diğerlerinden farklı olmaktadır. Aynı şekilde, ağacı oluşturmak için seçilen öznelilikleri de rastgele seçer ve arasından information gain uygulayarak ağacı inşa etmektedir.

Bu kapsamda Rastgele orman algoritması uygulanarak 10 adet ağaç üretilmiş ve bu ağaçlardan kurallar üretilmiştir. Model öncesinde ayrılan test verilerine model uygulanmış ve ROC Eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.31). Buna göre model doğruluğu % 89.42 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.31: ROC eğrisi (Rastgele Orman).

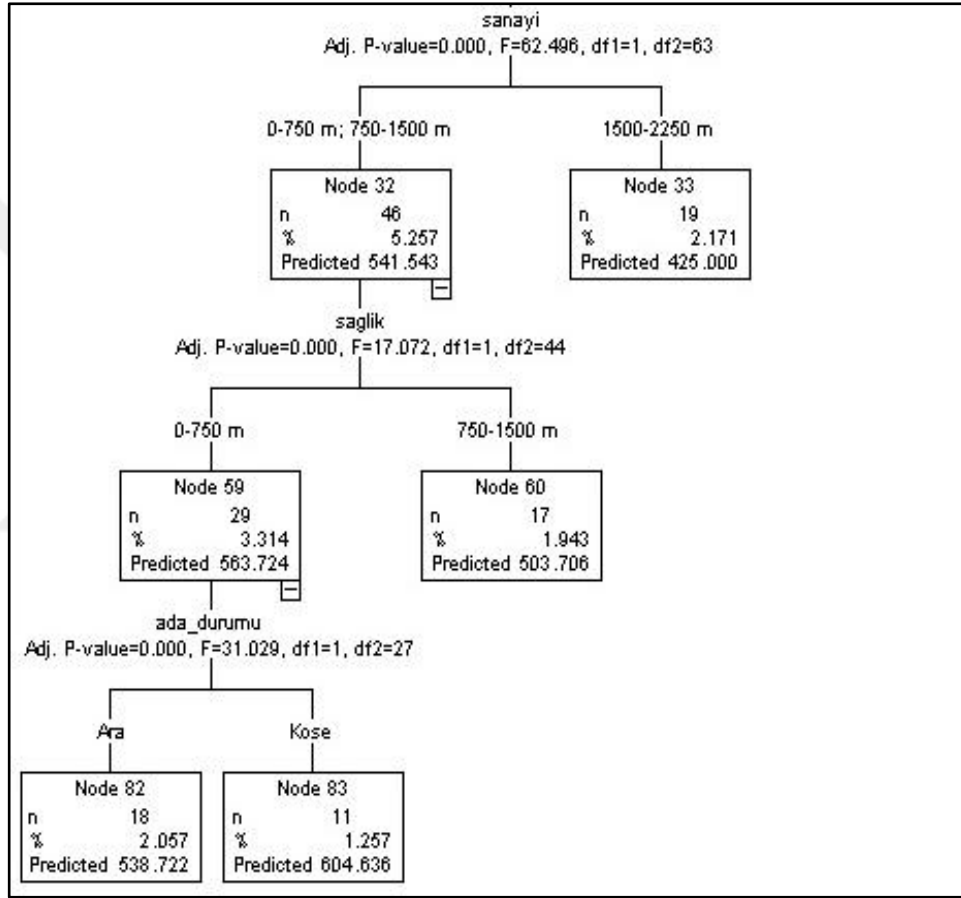
3.12.5 CART (Classification And Regression Tree) algoritması

Sınıflama ve regresyon ağaçları (CART) kategorik ya da sürekli bağımlı değişkenlerin analiz ve tahmin etmek üzere geliştirilmiş parametrik olmayan istatistiksel bir metottur. Bağımlı değişkenin sürekli olup olmamasına göre CART sınıflama ve regresyon diye iki farklı isimde adlandırılır. Bağımlı değişken kategorik ise sınıflama, sürekli ise regresyon ağacı ismini alır (Fu, 2003). CART bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin, aralarındaki etkileşime göre, ikili alt gruplara ayrılması ile elde edilen ağaç modelidir. Tekrarlı ikili alt gruplara ayırma, karar noktalarına ulaşıncaya kadar devam eder (Chipman vd., 2000). CART kök düğümden başlayan, ikili alt gruplara ayırma ile terminal düğümler elde edilene dek devam eden mekanik bir öğrenme metodudur. İkili alt gruplara ayırma işlemi ile her adımda daha homojen alt gruplar elde edilir (Bevilacqua vd., 2003).

CART'ın temel amacı bağımlı değişkene göre ana veri matrisini (bağımsız değişkenler matrisi) homojen alt gruplara ayırmaktır. Alt grupların oluşturulmasında veri dallanan bir ağaç şeklinde hiyerarşik bir düzende sunulur. Ağaç şekil içindeki

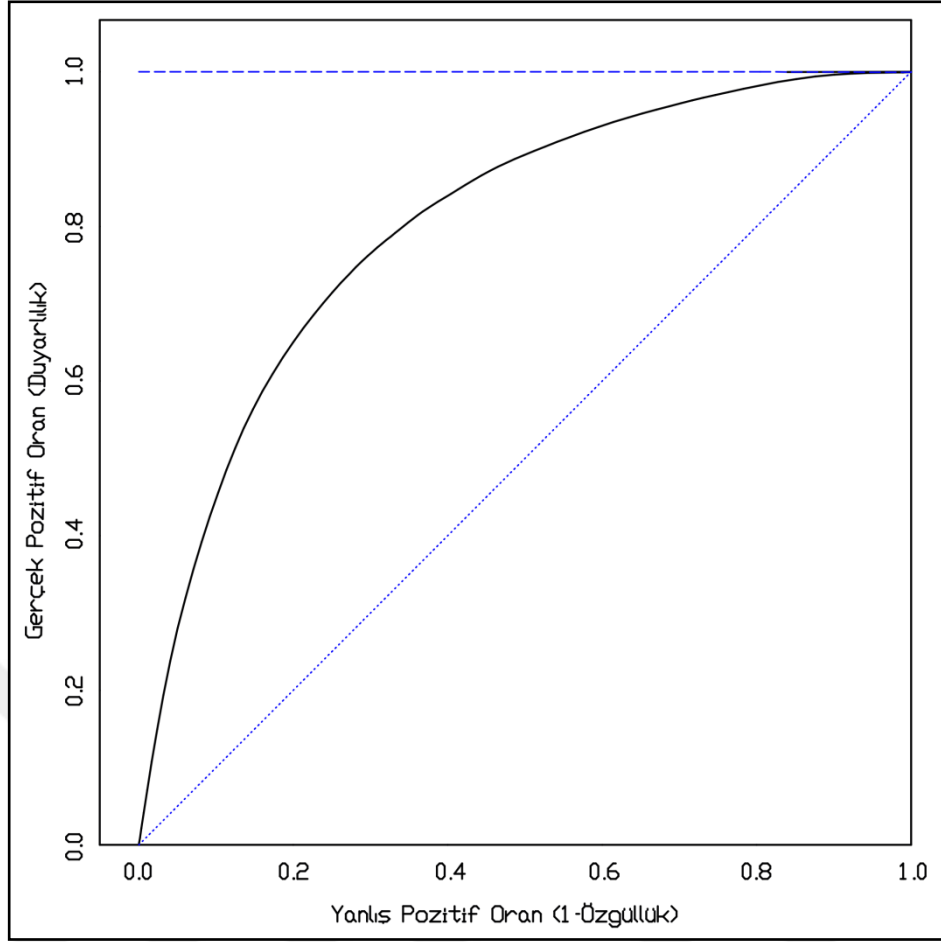
ara düğümlerde en iyi ayrımı yapmış olan bağımlı değişkenler gösterilir. Bu düğümlerin dallarında ayırıcı bağımlı değişkenlerin kritik değeri verilir. Yapraklar bağımlı değişkenin değerlerini gösterir. Kök düğüm (ilk düğüm noktası) noktasından itibaren yapraklara kadar (en son düğüm) hatlar bulunmaktadır. Bu hatlar boyunca sınıflar arası ayrımın maksimize edildiği ve her sınıfın içindeki varyasyonun minimize edildiği ayrımların kuralları gösterilmektedir.

Bu kapsamda CART algoritması kullanılarak üretilen modelde toplam 376 lif mevcuttur ve kuralları üretilmiştir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32: Örnek CART ağaç yapısı.

Model öncesinde ayrılan test verilerine model uygulanmış ve ROC Eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.33). Buna göre model doğruluğu % 78.42 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.33: ROC eğrisi (CART).

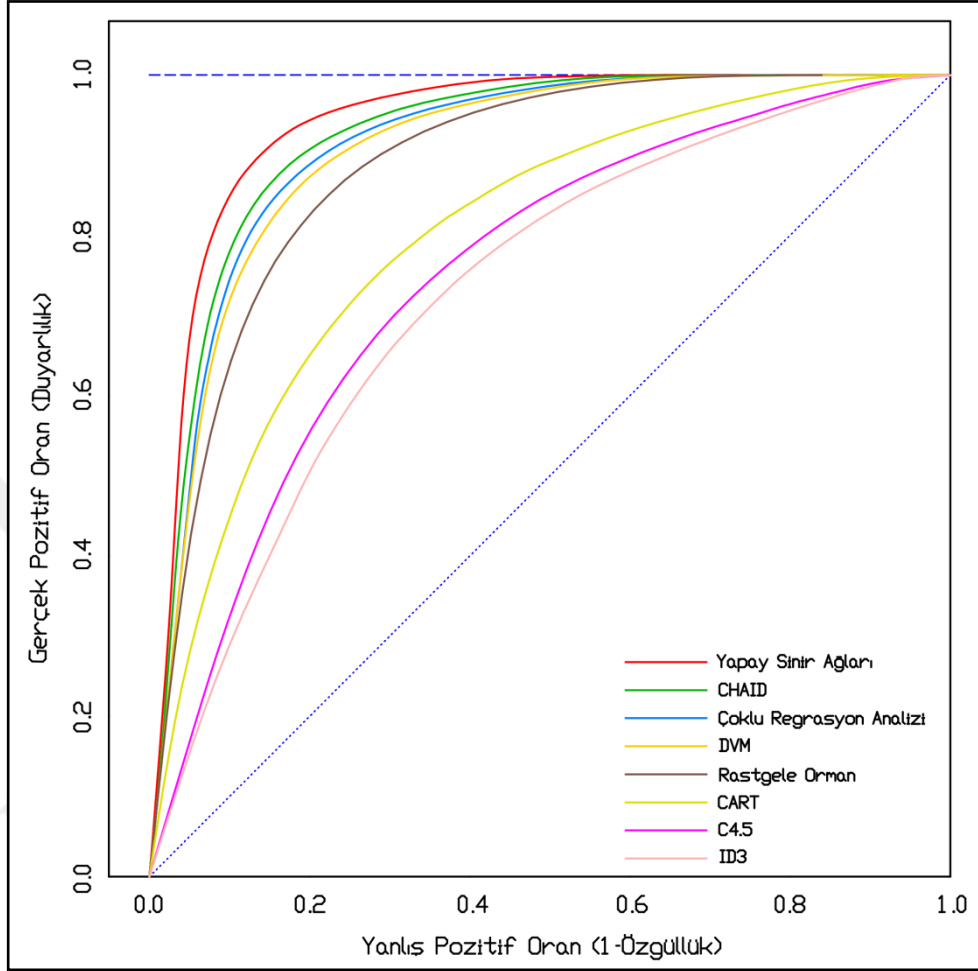
3.13 Yöntem Performanslarının Karşılaştırılması

Taşınmaz değer haritalarının oluşturulması için toplu değerlendirme yöntemi olarak Çoklu regresyon analizi, yapay sinir ağları, destek vektör makineleri, CHAID ve karar ağacı algoritmalarından ID3, C4.5, CART ve Rastgele Orman algoritmaları kullanılmıştır. Yapılan doğruluk analizleri sonuçları Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9: Yöntem doğrulukları.

Yöntem	Doğruluk
Yapay Sinir Ağları	93.75
CHAID	91.90
Çoklu Regresyon Analizi	91.25
Destek Vektör Makineleri	90.89
Rastgele Orman	89.42
CART	78.42
C4.5	72.69
ID3	71.54

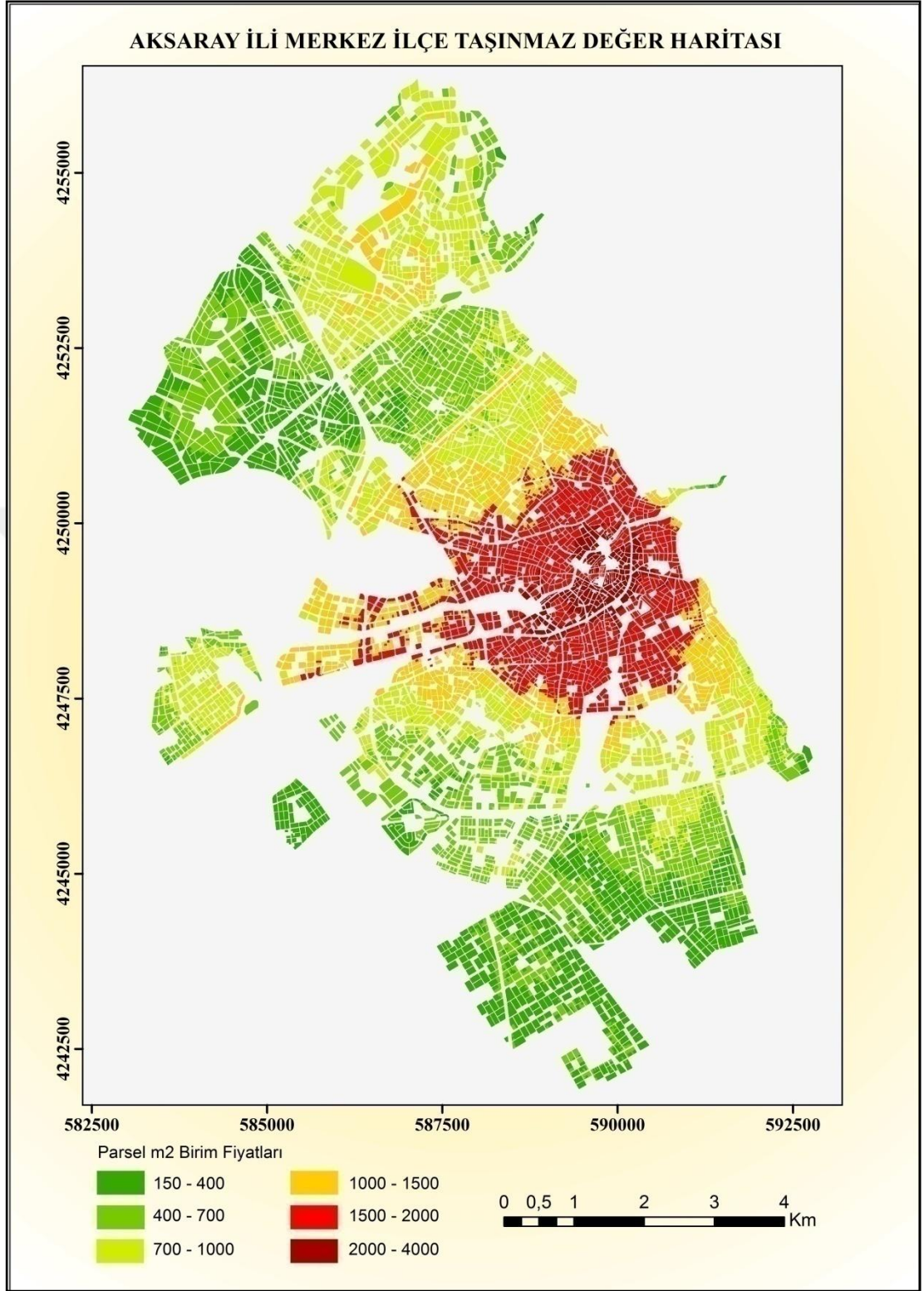
Tüm modeller, değeri bilinen fakat modellere girdi olarak girmeyen taşınmazlar üzerinde test edilmiştir. Bu kapsamda tüm modellere ait ROC eğrileri çizilmiştir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34: Tüm yöntemlere ait ROC eğrileri.

3.14 Taşınmaz Değer Haritasının Üretimi

Çalışma bölgesinde satış değeri bilinen test ve eğitim verisi olarak kullanılan parseller dışında kalan 39433 adet parselde modeller uygulanmıştır. Sonuç olarak çalışma bölgesinde bulunan tüm parsellere ait değer tahmini yapılmış ve taşınmaz değer haritası üretilmiştir. Şekil 3.35'de model doğruluğu en yüksek olan yapay sinir ağları yöntemine göre üretilmiş taşınmaz değer haritası gösterilmektedir. Taşınmaz değer haritası m² birim fiyatlarına göre sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.35: Taşınmaz değer haritası (Yapay Sınır Ağları).

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Karar verme olgusu, güncel hayatımızda sürekli olarak karşımıza çıkan bir süreç olmakla birlikte karar verme sürecinde kendi sezgi ve yöntemlerimizi değerlendirerek eyleme döken işlemidir. Alınan her karar beraberinde iyi ya da kötü sonuçlar getirebilir. Fakat iş yaşantısında, kamu kurum veya kuruluş adına alınan kararlar, sorumlu olunan kurum, kişiler ve hatta toplumu etkileyebileceği için, karar süreci açıklanabilir olmalı ve sezgisel davranışlardan çok daha nesnel bir yöntemle alınmalıdır. Önceden kişisel algı, deneyim ve sezgilere göre alınan kararlar, günümüzde bu alandaki teknolojik gelişmelerden yararlanarak sorgulanabilir kararlar haline dönüşmüştür. Teknolojik gelişmelerdeki artışın bir diğer sonucu ise özellikle karar vermede kullanılan verilerin eskiye oranla her yıl giderek artması ve ilişkilerin karmaşıklığı karar vermeyi zorlaştırmasıdır.

MKDS, birtakım mekânsal teknikler ile karar almada yardımcı olur ve karar verme süreci içerisinde karar vericiler için planlı ve programlı bir biçimde çalışma olanağı sağlar. Karar analizlerin başlangıcında problemin ne olduğu iyi bir şekilde belirlenmelidir. Problemin tanımlanmasından sonra sonuçları ve kararları doğrudan etkilediği için en önemli adımlardan biri olan kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Fakat kriter sayılarındaki fazla artış analizleri daha da zorlaştırmaktadır ayrıca kriterlerin etkileri bölgeden bölgeye değişiklik göstermesinden dolayı bu parametrelerde bir belirsizlik söz konusu olmaktadır.

Kriterlerin değerlendirilmesi MKDS de en önemli bir diğer adımdır. MKDS problemleri içinde karar vericiler tarafından çeşitli önemlilik derecelerine göre belirlenmiş kriterler mevcuttur. Kriterlerin görece önemliliklerinin belirlenmesi ve bilgi edinilmesi için her bir kritere ağırlık atanır. Ağırlıkların türetilmesi sırasında karar vericilerin tercihlerinin ağırlıkları belirlemedeki etkisi MKDS problemi içerisindeki en önemli adımdır. MKDS analizlerinin en önemli adımlarından biri olan kriter değerlendirmesi adımı uzman görüşlerine başvurulmaktadır ve uzmana dayalı olarak yapılan bu yöntemlerde karşılaşılan bazı problemler vardır. Özellikle aynı konuda uzmanların uzlaşamaması, farklı bakış açılarına sahip olmaları ve uzmanlar üzerindeki yönetici baskısı, MKDS analizlerinde karşılaşılan en büyük

problemdir. Bundan dolayı yapılan karar analizlerinde objektif sonuçlar elde edilememektedir. MKDS de karşılaşılan bir diğer problem ise kriterlerin artması ile birlikte kriter değerlendirmesi adımıındaki zorluklardır. Kriter sayısı arttıkça yapılacak analizler de artmakta bunun sonucunda maliyet ve zaman fazlalığına sebep olmaktadır. Ayrıca yapılacak analizlerde kriter etkileri bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda her bölge için uzmanlaşmış kişilerin bulunamaması da yapılacak MKDS işlemlerini ulusal boyutlara çıkarılamamasının bir sebebidir. Karar analizlerinin dinamik bir şekilde otomatikleştirilebilmesi, bu analizlerde Yapay Zeka tekniklerinin kullanılması ile mümkündür. Mekanla ilgili yapılacak karar analizlerinde kullanılabilecek yapay zeka alt alanlarından biri makine öğrenmesi (Machine Learning) teknikleridir. Bu teknik; "bir kişi verilere bakarak nasıl tecrübe edinip uzman olabiliyor ve çıkarım yapabiliyorsa, makinelerde ham verilerden kendi kendilerine tecrübe edinerek o konuda uzmanlaşıp çıkarımlar yapabilir" düşüncesi ile ortaya çıkmıştır. Makine öğrenmesi tekniğinin MKDS entegrasyonu için tercih edilmesinin en önemli sebebi, uzmanlardan bağımsız kendi kendine öğrenebilme ve çıkarımlar yapabilme özelliğine sahip olmasıdır.

Yapılan çalışmada, veri güdümlü mekansal karar destek sistemlerine yapay zeka tekniklerinden makine öğrenmesi tekniğinin doğrudan entegre edilmesi ve bu sistemlerinin otomatikleştirilmesi konularında bir model ihtiyacı olduğu saptanmıştır. Bu tez çalışmasında yapılan tasarım ve çalışma alanı üzerindeki uygulamaların, MKDS için bir model olması amaçlanmıştır.

Bu amaçla makine öğrenmesinde öne çıkan denetimli öğrenme algoritmalarından Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri, CHAID ve Karar Ağacı algoritmalarından ID3, C4.5, CART ve Rastgele Orman algoritmalarını kapsayan modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller, Aksaray mücavir alanı içerisinde uygulama imar planları yapılmış toplam 41074 adet parsel için taşınmaz değer haritalarının üretiminde test edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda taşınmaza etki eden toplam 67 adet faktör belirlenmiştir. 1682 adet parsel için satış değerleri elde edilmiş ve TEFE ÜFE oranları kullanılarak 18.02.2018 tarihine ötelenmiştir.

Uygulanan modellerin doğrulukları; Yapay Sinir Ağları %93.75, CHAID %91.90, Destek Vektör Makineleri %90.89, Rastgele Orman %89.42, CART %78.42, C4.5 %72.69, ID3 %71.54 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca istatistiksel bir yöntem olan ve literatürde sıklıkla kullanılan Çoklu Regresyon Analizi ile oluşturulan modelin doğruluğu Çoklu Regresyon Analizi %91.25 olarak hesaplanmıştır.

Yapay Sinir Ağları, CHAID ve Destek Vektör Makineleri yöntemleri ile oluşturulan modeller çok sıklıkla kullanılan çoklu regresyon analizine göre daha gerçekçi sonuçlar vermiştir.

Bu tez kapsamında kullanılan tüm yöntemleri kapsayan ve kullanıcıların sonuçları karşılaştırabileceği bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım sayesinde analizler otomatikleştirilmiştir. Yazılım farklı bir veri setinde de çalışabilecek şekilde geliştirilmiştir.



KAYNAKLAR

- Akpınar, H., 2000. Veri Tabanlarında Bilgi Keşfi ve Veri Madenciliği, İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi, İstanbul, 1, 1-22.
- Armstrong, M.P., Rushton, G., Honey, R., Dalzeil, B.T., Lolonis, P., De, S. ve Densham, P., 1991. Decision support for regionalization: a spatial decision support system for regionalization service delivery systems, Computers, Environment & Urban Systems, 15, 37-53.
- Ataseven, B., 2013 Yapay sınır ağları ile öngörü modellenmesi, Öneri Dergisi, vol. 10, no. 39, 101–115.
- Berry, J.K., 1997. Beyond Mapping: Concepts, Algorithms, and Issues in GIS, GIS World Inc., USA.
- Berry, M.J.A. ve Linoff, G., 1998. Data Mining Solutions. Wiley Computer Publishing, 1998, 25, ABD.
- Bevilacqua, M., Braglia, M. ve Montanari, R., 2003. The classification and regression tree approach to pump failure rate analysis. Reliability Engineering and System Safety, 59-67.
- Bremner, A.P. ve Taplin, R., 2002. Modified classification and regression tree splitting criteria for data with interactions. Australian Statistical & Data Analysis, 1-11.
- Bundy, A., 1997. Artificial intelligence techniques, In Artificial Intelligence Techniques, Springer, Berlin, Heidelberg, 1-129.
- Bundy, A., 2012. Artificial intelligence techniques: a comprehensive catalogue. Springer Science ve Business Media.
- Carrizosa E., Gomez A.N. ve Moralez D.R., 2017. Clustering categories support vector machines, Omega (UK), 66, 1, 28–37.
- Chipman, H.A. George, E.I. ve McCulloch, R.E., 2000. Hierarchical priors for bayesian CART shrink age. Statistic and Computing, 17-24.
- Clarke, K.C., 1986. Recent trends in geographic information system research. Geo-Processing, 3,1-15.
- Çağdaş, V., 2007. Türkiye için bir emlak vergi sistemi tasarım modeli önerisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çete, M., 2008. Türkiye için bir arazi idare sistemi yaklaşımı, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çetinyokuş, T. ve Gökçen, H., 2002. Borsada Göstergelerle Teknik Analiz İçin Bir Karar Destek Sistemi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., C17, 1, 43-58.

- Delen, D., Walker, G. ve Kadam, A., 2005. Predicting breast cancer survivability: a comparison of three data mining methods, *Artificial Intelligence in Medicine*, 34, 2, 113-127.
- Demir, H., 2006. Kadastronun mali boyutu (Bileşeni), TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Kadastro Kongresi, Ankara, 2006.
- Demirci D.A., 2007. Destek vektör makineleri ile karakter tanıma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Densham, P.J. ve Rushton, G., 1988. Decision support systems for locational planning, Croom-Helm, London, 56-90.
- Densham, P.J., 1991. Spatial decision support systems. *Geographical information systems*, 1, 403-412.
- Doğan, N. ve Özdamar, K., 2003. Chaid analizi ve aile planlaması ile ilgili bir uygulama, *Temel Klinik Tıp Bilimleri*, 23, 392-397.
- Dolgun, M. Ö., 2006, Büyük alışveriş merkezleri için veri madenciliği uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dündar T., Yılmaz A., ve Çağlar Ö., 2011. Sleep apnea detection for prephase diagnosis using third level holter recording device, In *Signal Processing and Communications Applications (SIU) IEEE 19th Conference*, 865-868.
- Eastman, J.R., Kyem, P. A., ve Toledano, J., 1993. A procedure for multi-objective decision making in GIS underconditions of conflicting objectives. In *Proceedings of European conference on Geographical Information Systems, EGIS*, 93, 438-448.
- Eastman, J.R., Weigen, J., Kyem, P.A.K. ve Toledano, J., 1995. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, 5, 539-547.
- Edelstein, A.H., 1999. *Introduction to Data Mining and Knowledge Discovery*, Third Edition, Two Crows Corporation, Maryland, ABD
- Eeckhaut, M., ve Hervas, J., 2012. State of the art of national landslide databases in Europe and their potential for assessing landslide susceptibility, hazard and risk, *Geomorphology*, 139, 545-558.
- Eray, O., 2008. Destek Vektör Makineleri ile Ses Tanıma Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Erdem M., 2008. Mesleki bel ağrısı riskinin destek vektör makineleri ile sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Feigenbaum, E.A., 1989. An Interview: Expert Systems, 6, 2, 112-115.

- Foresman, T.W., 1998, The History of GIS: Perspectives from the Pioneers, Prentice Hall, ABD
- Fu, C., 2003. Combing log linear model with CART analysis. An application to birth data, Computational and Statistic&Data Analysis, 1-11.
- Giovinazzo, W.A., 2002. Internet Enabled Business Intelligence. Prentice Hall PTR, 330-333, ABD.
- Gottlieb, R., 2002. Environmentalism Unbound: Exploring New Pathways for Change, The MIT Press, ABD.
- Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M., 2001. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, 5, 23, 189-206.
- Greene, R., Devillers, R., Luther, J.E., ve Eddy, B.G., 2011. GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis, Geography Compass, 5, 6, 412-432.
- Griffith, D.A. ve Sone, A., 1999. Casebook for Spatial Statistical Data Analysis: A Compilation of Analyses of Different Thematic Data Sets, Oxford University Press, New York, ABD.
- Güleç, F.M., 2007. Kurumsal verilerin yapay zekâ modelleri ile işlenmesi için modelleme aracı alt yapı tasarım ve gerçekleştirimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güneş, M. ve Umarusman, N., 2003. Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Opimizasyonu Uygulaması, Review of Social, Economic & Business Studies, 2, 242-255.
- Han, J. ve Kamber, M., 2006. Data Mining Concepts and Techniques, Second Edition, Morgan Kaufman Publishers, ABD.
- Herişçakar, E., 1999. Gemi ana makina seçiminde çok kriterli karar verme yöntemleri AHP ve SMART uygulaması, Gemi İnşaatı Ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi, 99, 240-256.
- Hersh, M.A., 1999. Sustainable decision making: the role of decision support systems: Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, 29, 3, 395-408.
- Hoare, R., 2004. Using CHAID for classification problems. The New Zealand Statistical Association Conference, Wellington, New Zealand.
- Hohl, P., 1998. GIS data conversion: strategies, techniques, and management, New York, ABD.
- Huang, Y., MacGullagh, P., Black, N. ve Harper, R., 2007. Feature selection and classification model on type 2 diabetic patients' data, Artificial Intelligence in Medicine, 41, 3, 251-262.

- IAAO, 1990. Property appraisal and assessment administration (eds: J.K. Eckert, R.J. Gloudemans, R.R. Almy), International Association of Assessing Officers, Chicago, 752.
- IAAO, 2003. Property appraisal and assessment administration (eds: J.K. Eckert, R.J. Gloudemans, R.R. Almy), International Association of Assessing Officers, Chicago, 752.
- Jankowski, P., 1995. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods, *International Journal of Geographical Information Systems*, 9, 251-273.
- Jankowski, P. ve Nyerges, T., 2001. GIS supported collaborative decision making: results of an experiment, *Annals of the Association of American Geographers*, 91, 1, 48-70.
- Jiawei, H. ve Micheline, K., 2001. *Data Mining Concepts and Techniques*, Morgan Kaufman Publishers, 106, ABD.
- Jones, M. ve Taylor, G., 2004. Data Integration Issues for a Farm Decision Support System, *Transactions in GIS*, 8, 4, 459-477.
- Kass, G.V., 1980. An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data, *Applied statistics*, 119-127.
- Kavzaoglu, T. ve Arslan, A., 2007. Hazine arazileri yönetim bilgi sistemi tasarımı: Çankaya örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Trabzon.
- Kaynar, O. ve Taştan S., 2009. Zaman serisi analizinde MLP yapay sinir ağları ve ARIMA modelinin karşılaştırılması, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33, 161-172.
- Klein, R.L. ve Methlie, L.B., 1995. *Knowledge-Based Decision Support Systems*, John Wiley & Sons, 527, New York.
- Klopman, G., 1984. Artificial intelligence approach to structure-activity studies; Computer automated structure evaluation of biological activity of organic molecules, *Journal of the American Chemical Society*, 106, 24, 7315-7321.
- Lang, L., 2001. *Managing natural resources with GIS*, Environmental System Research Institute, 117, Redlands, CA.
- Lewis, R., 2000. *An introduction to classification and regression tree analysis* Academic Emergency Medicine, 1-14, California.
- Longley, P. ve Batty, M., 1996. *Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment*, John Wiley & Sons Inc., ABD.
- Lucas, P., ve Van Der Gaag, L., 1991. *Principles of expert systems*, Addison-Wesley, ABD.

- Maidment, D.R., 1993. Handbook of Hydrology, McGraw- Hill, ABD.
- Malczewski, J. ve Rinner, C., 2015. Multi criteria decision analysis in geographic information science, New York, ABD.
- Malczewski, J., 1999. GIS and multicriteria decision analysis, John Wiley & Sons, US.
- Marian, M., Nestler, I. ve Bernd, H., 2002. GIS-based regionalization of soil profiles with classification and regression trees, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 165, 1, 39-43.
- Michalski, R.S., Carbonell, J.G. ve Mitchell, T.M., 2013. Machine learning: An artificial intelligence approach, Springer Science & Business Media
- Michalski, R.S., ve Kodratoff, Y., 1990. Research in machine learning: Recent progress, classification of methods, and future directions. In Machine Learning, 3, 3-30
- Mitchell, A., 1999. The ESRI guide to GIS analysis, geographic patterns and relationships (Vol. 1), ESRI Press, ABD.
- Mitchell, T.M., 1997. Machine learning, WCB/McGraw-Hill, ABD.
- Monmonier, M., 1999. Air Apparent; How Meteorologists Learned to Map, Predict, and Dramatize Weather, University of Chicago Press, ABD.
- Moss, L.T., 2003. Nontechnical Infrastructure of BI Applications, DM Review, 13, 1, 42-45.
- Murphy, S., 2003. Development and assesment of a spatial decision support system for conservation planning, Ph.D. Thesis, The University of Maine.
- Öz, E. ve Baykoç, Ö.F., 2004. Tedarikçi seçimi problemine karar teorisi destekli uzman sistem yaklaşımı, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 19, 3, 275-286.
- Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 2, Kaan Kitapevi, 280-281, Eskişehir.
- Özekes, S., 2003. Veri madenciliği ve uygulama alanları, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2, 3, 65-82.
- Özerbil, T., 2004. Coğrafi analiz tekniklerinin mekansal karar destek sistemlerinde kullanımına yönelik uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkan, Y., 2008. Veri Madenciliği Yöntemleri, Papatya Yayıncılık, 216, İstanbul.
- Özmen, İ. 2003. Veri Madenciliği Süreci, Veri Madenciliği ve Uygulama Alanları Konferansı, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.

- Pehlivan, G., 2006. CHAID analizi ve bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Power, D.J., 2001. Supporting Decision-Makers: An Expanded Framework, e-Proceedings Informing Science Conference, 431- 436, Krakow, Poland.
- Power, D.J., 2002. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers, 225, Greenwood / Praeger, Westport, CT.
- Power, D.J., 2004. Specifying an Expanded Framework for Classifying and Describing Decision Support Systems, Communications of the Association for Information Systems, 13, 158-166.
- Power, D.J., 2007. A brief history of decision support systems, Alındığı tarih: 04.03.2018 adres:<http://DSSResources.COM/history/dsshhistory>.
- Prastacos, P. ve Prinett, V., 2004. ANFAS: A Decision Support System for Simulating River Floods, Proceedings of the 7th AGILE Conference on Geographic Information Science, University of Crete Press, 63-72, Heraklion, Greece.
- Sauter, V., 1997. Decision Support Systems: An Applied Managerial Approach, John Wiley & Sons, ABD.
- Silahtaroglu, G., 2008. Kavram ve Algoritmalarıyla Temel Veri Madenciliği, Papatya Yayıncılık, 174, İstanbul.
- Snyder, J.P., 1997. Flattening the Earth; Two Thousand Years of Map Projections, The University of Chicago Press, ABD.
- Speybroeck, N., Berkvens, D., Mfoukio-Ntsakala, A., Aert, M., Hens, N., Huylenbroeck, G. ve Thys E., 2003. Classification trees versus multinomial models in the analysis of urban farming systems in central Africa. Agricultural Systems, 1-17.
- Stein, M.L., 1999. Interpolation of Spatial Data : Some Theory for Kriging, Springer-Verlag, ABD.
- Sugumaran, R. ve Degroote, J., 2010. Spatial decision support systems: principles and practices, Crc Press, ABD.
- T.C. Resmi Gazete, Sermaye Piyasasında Uluslararası Değerleme Standartları Hakkında Tebliğ, (26100), 06.03.2006, 11-19.
- Temel, Ö. G., 2004. Sınıflama ve Regresyon Ağaçları, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniv. Sağlık Bil. Enst., Mersin.
- Timor, M., Şimşek ve U.T., 2008. Veri madenciliği sepet analizi ile tüketici davranışı modellenmesi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi, 59, 3-10.

- Tso, G.K.F. ve Kelvin, K.K.W., 2007. Predicting electricity energy consumption: A comparisons of regression analysis, decision tree and neural networks, *Energy*, 32, 9, 1761-1768.
- Turban, E. ve Aronson, J.E., 2004. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Prentice Hall 960, New Jersey.
- Uluğ, M.E., 1990. U.S. Patent No: 4,918,620. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Wu, F., 1998. SimLand: a prototype to simulate land conversion through the integrated GIS and CA with AHP-derived transition rules, *Int. J. Geographical Information Science*, 12, 1, 63-82.
- Yeh, I. ve Lien, C., 2009. The comparisons of data mining techniques for predictive accuracy of probability of default of credit card clients, *Expert Systems for Applications*, 36, 2, 2473-2480.
- Yılmaz, A., 2010. Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri ile Taşınmaz Değerleme ve Oran Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel kavramlar ve Uygulamalar, Seçil ofset, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T., 1997. Taşınmazların Değerlendirilmesi ve Kat Mülkiyeti Mevzuatı, JEFOD-Kentsel Alan Düzenlemelerinde İmar Planı Uygulama Teknikleri, 153-169, Trabzon.
- Yomralıoğlu, T. ve Nişancı R., 2004. Nominal asset land valuation technique by GIS, FIG Working Week Athens, Greece.
- Zieler, M., 1999. *Modeling Our World: The Esri Guide to Geodatabase Design*, ESRI Inc., ABD.
- Zimmermann, J. H., 1996. Fuzzy logic on the frontiers of decision analysis and expert systems, In *Proceedings of the Biennial Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS-1996)*, 65-69 Berkeley, California.
- Zou, X., Luo, M., Su, W., Li, D., Jiang, Y., Ju, Z. ve Wang, J., 2008. Spatial decision support system for the potential evaluation of land consolidation projects, *WSEAS Transactions on Computers*, 7, 7, 887-898.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU

Eğitim Durumu (Okul Adı ve Mezuniyet Yılı)

Lise : Tokat Anadolu Lisesi, 2004

Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi, 2011

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, 2014

Doktora : Aksaray Üniversitesi, 2018

Haberleşme Bilgileri

Adres :Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita
Mühendisliği Bölümü Merkez/Aksaray

Telefon : 03822883917

E-Posta : sefa.bilgilioglu@gmail.com

BİLİMSEL YAYINLAR

A. SCI, SCI-Expanded, SSCI, AHCI dışındaki uluslararası endekslerde veya Ulakbim UVT'de indekslenen dergilerde yayınlanan; Tam metin makale, Özet, teknik not, editöre mektup, derleme, makale çevirisi

Bilgilioğlu S. S., Bilgilioğlu B. B., 2017. Selection of Suitable Site for Municipal Solid Waste Disposal Sites for the Aksaray (Turkey) using AHP and GIS Methods. Journal of Scientific and Engineering Research, 4(11), 36-45.

Öztürk O., Bilgilioğlu B.B., Çelik M., **Bilgilioğlu, S. S.**, Uluğ, R., 2017. İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. Geomatik, 2(3), 135-142.

Yılmaz, H , Mutluoğlu, Ö , Ulvi, A , Yaman, A , **Bilgilioğlu, S. S.**, 2018. İnsansız Hava Aracı İle Ortofoto Üretimi Ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği. Geomatik, 3(2), 103-110.

B. Diğer hakemli dergilerde yayınlanan tam metinli makaleler

Bilgilioğlu S. S., Erdem E., Fıçıcı E.C., Şeker D. Z., 2011. İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesi 3 Boyutlu Kampüs Bilgi Sistemi Tasarımı. Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, (Özel sayı) 2011/3

C. Uluslararası kongre, sempozyum, panel, çalıştay (workshop) gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü veya poster olarak programda yer alan ve sunulan;

C.1. Tam metin olarak yayımlanan bildiri

Reis, S. ve **Bilgilioğlu, S., S.**, Disaster Risk Management and Cadastre, World Cadastre Summit, Congress and Exhibition, 20-24 Nisan 2015, İstanbul.

C.2. Özet metin olarak yayımlanan bildiri

Bilgilioğlu S. S., Eraslan H., Karataş K., Evaluation of the Sufficiency and Accessibility of Open and Green Areas with GIS Technologies - A case Study of Tokat (Turkey) City, 1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT 2017), 2-4 Kasım 2017, Tokat.

Bilgilioğlu S. S., Bilgilioğlu B. B., Orhan O., Selection Of Suitable Site For Radioactive Waste Repository Using GIS And Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP): Akkuyu/TURKEY, International Symposium on GIS Applications in Geography and Geosciences (ISGGG 2017), 18-21 Ekim 2017, Çanakkale.

Bilgilioğlu S. S., Yilmaztürk F., Güllü B., Bilgilioğlu H., Yaman A., Investigation of The Detectability of Different Geological Formations/Impurities in Open Pit Mine with UAV, International Symposium on GIS Applications in Geography and Geosciences (ISGGG 2017), 18-21 Ekim 2017, Çanakkale.

Bilgilioğlu S. S., Yılmaz H. M., Usage of Machine Learning Based Data Mining Techniques in Spatial Decision Support Systems, International Symposium on GIS Applications in Geography and Geosciences (ISGGG 2017), 18-21 Ekim 2017, Çanakkale.

Bilgilioğlu H., **Bilgilioğlu S. S.**, Güllü B., Comparison of the Interpolation Methods for Evaluation and Presentation of the Geochemical Data: Sarıcakaya Granitoid (Eskişehir-Turkey), International Conference on Advance and Innovations in Engineering (ICAIE 2017), 10-12 Mayıs 2017, Elazığ.

Bilgilioğlu, S., S. ve Reis, S., 2015. GIS-based Landslide Susceptibility Mapping Using Fuzzy Logic in Rize (Turkey), World Multidisciplinary Earth Science Symposium, 7-11 September 2015, Prague, Czech Republic.

D. Ulusal kongre, sempozyum, panel, çalıştay (workshop) gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü veya poster olarak programda yer alan ve sunulan;

D.1. Tam metin olarak yayımlanan bildiri

Reis, S., **Bilgilioğlu, S. S.**, Arazi Yönetiminde Afet Tehlike Haritalarının Planlama ve Mevzuat Açısından Değerlendirilmesi, IV. Arazi Yönetimi Çalıştayı-Yeni (6360) Büyükşehir Yasası ve Arazi Yönetimi, 12-13 Mayıs 2014, KTÜ, Trabzon.

Öztürk O., Bilgilioğlu B. B., Çelik M.F., **Bilgilioğlu S. S.**, Uluğ R., İnsaniz Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması, IX. Türkiye Ulusal Fotogrametri Ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB-2017), 27-29 Nisan 2017, Afyon.

D.2. Özet metin olarak yayımlanan bildiri

Gezgin C., Bilgilioğlu B. B., **Bilgilioğlu S. S.**, Orhan O., Torun A. T., Ekercin S., In-SAR Tekniği ve Standart Topografik Haritalar Kullanılarak Üretilen SYM Doğruluklarının Araştırılması, IX. Türkiye Ulusal Fotogrametri Ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB-2017), 27-29 Nisan 2017, Afyon.

Reis, S., **Bilgilioğlu, S. S.** ve Öztürk, O., CBS ile Taşkın Tehlike Analizi: Trabzon Fol Deresi Örneği, Baki Canik Su Medeniyeti Sempozyumu, 7-9 Ekim 2013, Aksaray.

E. Araştırma Faaliyetleri

Heyelan Tehlike Haritaları Üretilmesi İçin Coğrafi Veri Modelinin Geliştirilmesi ve Afet Yönetiminde Kullanılması, ASÜ, BAP, Bütçe:3880 TL, Araştırmacı, 2014 (1 yıl).

İHA Yardımı İle Magmatik Kayaların Sınıflandırılabilirliğinin Araştırılması, ASÜ, BAP, Bütçe:7632 TL, Araştırmacı, 2017 (1 yıl).

Alay Han'ın 3B Modelinin İnsansız Hava Aracı (İHA) İle Oluşturulması, ASÜ, BAP, Bütçe:11535 TL, Araştırmacı, 2018 (1 yıl).