



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**KÖPRÜLÜ KAVŞAKLARDA BETONARME
İNŞAAT MALİYETİ VE ETKİN YAPISAL
PARAMETRELERİN AKILLI BİR SİSTEM
İLE TAHMİN EDİLMESİ**

Gökhan ÇİPER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Gökhan ÇİPER tarafından hazırlanan “Köprülü Kavşaklarda Betonarme İnşaat Maliyeti ve Etkin Yapısal Parametrelerin Akıllı Bir Sistem ile Tahmin Edilmesi” adlı tez çalışması 05/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Osman Nuri ÇELİK

Üye (Danışman)

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER

İmza


.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
LEE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Gökhan ÇİPER

Tarih: 05.09.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÖPRÜLÜ KAVŞAKLARDA BETONARME İNŞAAT MALİYETİ VE ETKİN YAPISAL PARAMETRELERİN AKILLI BİR SİSTEM İLE TAHMİN EDİLMESİ

Gökhan ÇİPER

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2019, 96 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Prof. Dr. Osman Nuri ÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER

Bu çalışmada, 50 adet köprülü kavşak projesi incelenmiştir. Alt geçit yapı uzunluğu (m), kapalı kesit alanı (m^2), fore kazık (m^3), sanat yapıları (m^3), prekast cephe paneli (m), ön germeli prefabrik giriş (m^3) ve birim fiyat esaslı yaklaşık maliyetler hesap edilmiş, veri tabloları oluşturulmuş ve Orange programına girdi-çıktı verisi olarak tanımlanmıştır. Köprülü kavşak projelerinin betonarme inşaat maliyetlerini tahmin etmek amacıyla yapay zekanın bir parçası olan makine öğrenmesi algoritmalarından karar ağaçları (tree), destek vektörü makineleri (SVM), olasılıksal dereceli azalma (SGD), rastgele orman (RF) ve yapay sinir ağlarından (YSA) yararlanılarak öğrenme ve test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Girdi parametrelerinin köprülü kavşak betonarme inşaat maliyetine etkisi irdelenmiş ve maliyet tahminlemesi yapılmıştır. Bahse konu algoritmalar ile elde edilen sonuçlar birbiri ile kıyaslanmış ve yapay sinir ağları yönteminin performansı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Köprülü Kavşak, Makine Öğrenmesi, Maliyet Tahmini, Orange, Yapay Sinir Ağları, Yapay Zeka

ABSTRACT

MS THESIS

**ESTIMATION OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION COSTS AND
EFFECTIVE STRUCTURAL PARAMETERS WITH A SMART SYSTEM AT
BRIDGE INTERCHANGE**

Gökhan ÇİPER

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2019, 96 Pages

Jury

**Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Prof. Dr. Osman Nuri ÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER**

In this study, 50 bridged intersection projects were examined. Length of underpass structure (m), closed section area (m²), bored pile (m³), engineering structures (m³), precast facade panel (m), pre-tensioned prefabricated beam (m³) and approximate costs based on unit price were calculated, data tables were created and defined as input-output data to Orange program. Decision trees (Tree), support vector machines (SVM), stochastic gradient descent (SGD), random forest (RF) and neural network (YSA) from machine learning algorithms, which are part of artificial intelligence, in order to estimate the concrete construction costs of bridge junction projects and learning and test procedures. The effect of input parameters on the cost of bridged intersection reinforced concrete construction is examined and cost estimation is performed. The results of these algorithms were compared with each other and the performance of artificial neural network method was demonstrated.

Keywords: Artificial Intelligence, Crossroads, Cost Estimate, Machine Learning, Neural Networks, Orange

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda ilgi ve sabırla bana yol gösteren, değerli bilgi birikimi ve önerilerinden yararlandığım, çalışmanın oluşmasında büyük katkısı olan danışmanım Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimi tamamlayabilmem için benden desteğini esirgemeyen, her zaman arkamda olan aileme, büyük sevgisi ve yaşantıma kattığı renk için eşim Şerife Kübra ÇİPER'e ve canım oğlum Furkan ÇİPER'e sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmamın maliyet tahmin modeli kurulması bölümünü oluşturmamda program bilgisi ve teknik katkılarıyla bana yön veren Necmettin Erbakan Üniversitesi Adli Bilişim Mühendisliği akademik personeli Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKIŞ'a şükranlarımı sunarım.

Gökhan ÇİPER
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Akıllı Sistemler Kullanılarak Maliyet Tahminine Yönelik Yapılan Çalışmalar ...	4
2.2. Akıllı Sistemler Kullanılarak Kavşaklar Üzerine Yapılan Çalışmalar	10
2.3. Akıllı Sistemler Kullanılarak Yapılan Diğer Çalışmalar	11
3. KAVŞAKLAR	13
3.1. Eş Düzeyli (Hemzemin) Kavşaklar	14
3.2. Farklı Düzeyli (Kath) Kavşaklar	16
3.3. Kavşak Tipi Seçimi.....	21
4. TAHMİN AMACIYLA KULLANILAN AKILLI SİSTEMLER	24
4.1. Makine Öğrenme Yöntemleri	25
4.2. Makine Öğrenmesinde Kullanılan Algoritmalar	26
4.2.1. Karar ağaçları (Tree).....	26
4.2.2. Destek vektörü makineleri (SVM).....	27
4.2.3. Olasılıksal dereceli azalma (SGD).....	28
4.2.4. Random forest (RF)	28
4.2.5. Yapay sinir ağları (YSA)	29
4.3. Ağ Performansını Değerlendirme Kriteri Seçimi	39
4.3.1. Ortalama kare hata (Mean squared error-MSE)	39
4.3.2. Kök ortalama kare hata (Root mean squar error-RMSE)	39
4.3.3. Ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE).....	40
4.3.4. Determinasyon katsayısı (R^2)	40
5. VERİLERİN ANALİZİ VE MALİYET TAHMİN MODELİ KURULMASI	41
5.1. İnşaat Sektöründe Maliyet Tahmininin Önemi.....	41
5.2. Verilerin Toplanması	41
5.3. Analiz.....	48
5.3.1. Kullanılan paket program (Orange).....	48
5.3.2. Veri setinin oluşturulması	51

5.3.3. Farklı algoritmalar ile maliyet tahmin modeli kurulması	53
5.3.4. Yöntemlerin kıyaslanması	61
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
6.1 Sonuçlar	63
6.1.1. Yapısal parametrelerin maliyete etkileri ve önem dereceleri	64
6.1.2. Tahmin performanslarının değerlendirilmesi	64
6.2 Öneriler	65
KAYNAKLAR	67
EKLER	72
ÖZGEÇMİŞ	96



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

e^{NET}	:	Net çıktı değeri
e_j^2	:	Çıktı değerinin karesi
E	:	Hata oranı
G_i	:	Girdi değerleri
I_i	:	Girdi parametreleri
R	:	Korelasyon katsayısı
R^2	:	Determinasyon katsayısı
O	:	Çıktı parametresi
W_i	:	Ağırlık katsayıları
W^*	:	Global ağırlık katsayısı
α	:	Momentum katsayısı / Langrange çarpanı
lr	:	Öğrenme katsayısı
ϵ	:	Hata oranındaki birim değişme
x_i	:	Normalize edilecek hücreyi,
x_i'	:	x_i hücresinin normalize edilmiş halini,
$min(x_i)$:	Normalize edilecek veri kümesindeki minimum değer
$maks(x_i)$:	Normalize edilecek veri kümesindeki maksimum değer

Kısaltmalar

Ark.	:	Arkadaşları
BA	:	Betonarme
BFY	:	Birim fiyat esaslı yaklaşık maliyet
CBR	:	Vaka tabanlı akıl yürütme (Case-Based Reasoning)
EKAP	:	Elektronik Kamu Alımları Platformu
GBYSA	:	Geri beslemeli yapay sinir ağı
GİT	:	Görüntü işleme tekniği
İBYSA	:	İleri beslemeli yapay sinir ağı
KBYSA	:	Kaskat bağlı yapay sinir ağı
LOS	:	Yeterli hizmet seviyesi (Level of Services)
MAE	:	Ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error)
MAPE	:	Ortalama mutlak yüzde hata (Mean Absolute Percentage Error)
MLP	:	Çok katmanlı algılayıcı (Multilayer Perception)
MSE	:	Ortalama karesel hata (Mean Squared Error)
RA	:	Regresyon analizi
RF	:	Rastgele orman (Random forest)
RMSE	:	Kök ortalama kare hata (Root Mean Squar Error)
SGD	:	Olasılıksal dereceli azalma
SVM	:	Destek vektörü makineleri
Tree	:	Karar ağaçları
TOKİ	:	Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu
YDB	:	Yüksek dayanımlı beton
YSA	:	Yapay sinir ağları

1. GİRİŞ

Ulaşım, ekonomik refah seviyesinin artışına paralel şekilde çoğalan taşıt sahipliği ve kentsel büyümelere bağlı olarak artan konut sayısının şehrin ana arterlerinde yarattığı trafik yoğunluğu ile büyük kentlerin en büyük sorunu haline gelmiştir.

Karayollarında özellikle büyük kentlerde şehir içi taşıt trafiğinin, belirli gün ve saatlerde yoğunlaşması, sürücü ve yayalar için trafiğin çekilmez hale gelmesine neden olmaktadır. Trafik yoğunluğunun sonuçları; trafikte yaşanan zaman kayıpları, bekleme nedeniyle araçların fazla yakıt tüketmesi, bu tüketimin hem kişisel bütçe hem de ülke ekonomisine getirdiği yük ve çevreye verilen zararlar olarak sayılabilir. Daha da kötüsü yoğun trafiğe, dikkatsiz, umursamaz ve saygısız sürücüler de eklenince uzun sürelerini trafikte geçiren insanların sinir sisteminin zorlamasının yanı sıra, kaza yapma ihtimalini de arttırmaktadır. Trafik sisteminde ortak kullanım alanı olarak tanımladığımız kavşak noktaları ise sisteme ait gecikme ve çatışmaların en yoğun tecrübe edildiği noktalar olmuştur.



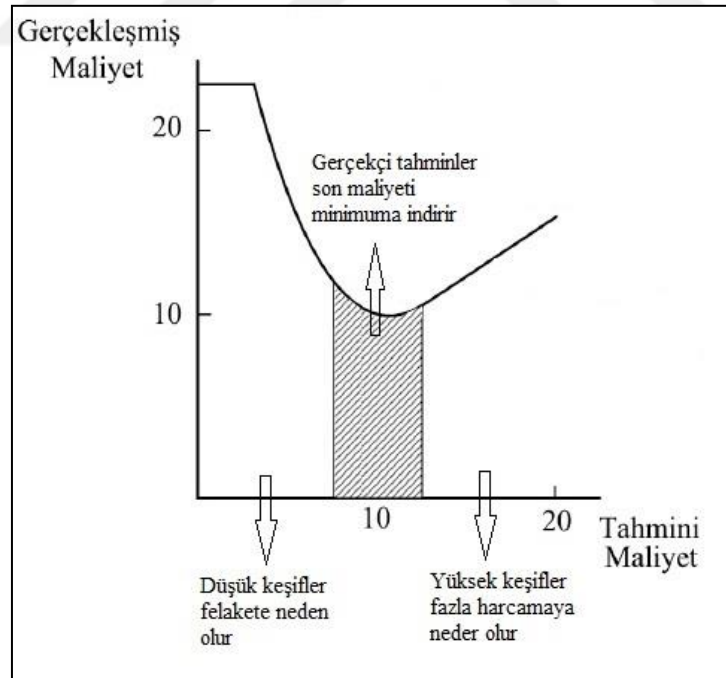
Şekil 1.1. Kavşakta trafik yoğunluğu (<https://yenikapihaber.com/d/news/14963.jpg>)

Ulusal ve ülkeler arası çok yönlü ilişkilerle ilgili gelişmelerin ekonomi ve dolaylı olarak inşaat sektöründe yarattığı dalgalanma, gelişen teknoloji ile yeni olanaklarla donanan endüstrinin hızla ilerlemesi, ölçekleri büyüyen ve daha da kompleksleşen projelerin planlı bir şekilde yürütülmesini ve denetlenmesini gerektirmektedir. Bu sebeple kavşakların, trafiğin seyir ve konforu ile can ve mal

güvenliği açısından yeterince iyi hizmet verebilmesi için doğru bir şekilde planlanması, projelendirilmesi ve işletilmesi icap etmektedir.

İnşaat maliyeti tahmini; yatırımların planlanması, yatırım için gerekli kaynak miktarının belirlenmesi, kamuya ait kaynakların etkin kullanımı açısından fizibilite yapılması, yaklaşık maliyet tahmini ve teklif belirlenmesi için en önemli unsurlardan biridir. Kavşak inşaatlarında ise yapım öncesi aşamada inşaat maliyetinin doğru tahmin edilmesi, uygun kavşak tipinin seçilmesi adına tasarımcıya yol göstermesi, yatırımı planlayan ilgili idarenin gerekli olan parasal kaynağı sağlaması ve kavşak ihalesine giren yüklenicilerin doğru teklifler vererek ihaleyi almalarıyla birlikte kavşak inşaatı projesinin hayata geçirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Freiman'ın Şekil 1.2'de gösterildiği şekilde, ortaya koyduğu üzere doğru yapılan bir maliyet tahmini son maliyetlerin asgariye indirilmesi yönünde etkili olurken, düşük veya yüksek tahminlerin maliyeti arttırıcı bir öge olduğu bilinmektedir. Bu noktadan hareketle, tasarım ve planlama sürecinde yapılan maliyet tahminleri bir köprülü kavşak projesinin hayata geçirilip geçirilmemesi arasındaki en önemli çizgilerden birini oluşturmaktadır (Freiman, 1983).



Şekil 1.2. Freiman maliyet eğrisi (Freiman, 1983)

İnşa maliyeti, proje ve mahal listesinde belirtilen imalatların metrajları ve ilgili idarelerin yayınladığı güncel birim fiyatların çarpılması sonucu oluşan kalemler

toplamıdır. Projenin metraj ve maliyetlerinin hesaplanması tecrübe gerektiren, zaman alıcı ve karmaşık bir işlemdir. Güncel piyasa koşullarının etkisinde sürekli değişiklik gösteren işçilik, malzeme ve ekipman fiyatları nedeniyle maliyetlerin tam olarak belirlenmesi zorlaşmaktadır. Elle yapılan maliyet hesabı artık yeterli olmamakta, bilgisayar destekli maliyet hesaplama sistemleri daha doğru sonuçlar vermekte, ayrıca pratik ve hızlı olduğundan tercih edilmektedirler.

İnsan davranışlarının modellenmesi fikri üzerine kurulu olan yapay zeka bilimi, bilgisayar programlarına olaylar hakkında bilgi toplama, olaylar arasındaki ilişkileri öğrenebilme ve karar verebilme yeteneği kazandırmıştır. Matematiksel modelin kurulamadığı veya kurulmasının zor olduğu problemlerde, bilgisayar programları tarafından çeşitli algoritmalar kullanılarak bu problemlerde modelleme yapılabilmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Günümüzde inşaat sektörünün içerisinde bulunduğu dalgalı durum, yatırım için gerekli kaynakları elde etme gücü, karar verme için deneyim faktörünün oynadığı önemli rol ve sektördeki yoğun rekabet göz önüne alınarak; değerlendirmelerin nitelikli, yeterli doğrulukta ve olabildiğince hızlı yapılabilmesi için yapay zeka ve makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanılması fikri, bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Bu fikirden hareketle, köprülü kavşakların betonarme inşaat maliyetine etki eden birden çok parametre ile maliyet tahminine çalışılmış, veri setlerinin oluşturulması için ülkemizin çeşitli illerinde ihale edilmiş ve yapımı tamamlanmış olan 50 adet köprülü kavşak projesi incelenmiştir. Bundan sonra uygulanacak köprülü kavşak betonarme inşaat maliyetlerinin tahmin edilmesi amacıyla yönelik olarak, Orange 3 (v 3.21.0) yazılımı kullanılarak Yapay Zeka esaslı modeller üretilmiştir. Bahse konu modellerin öğrenme, bilgiyi saklama ve genelleme yapma özelliklerinden yararlanarak parametrelerin maliyete etkisi irdelenmiş, maliyet tahmin performansı araştırılmıştır. Birim Fiyat Esaslı Maliyet (BFY) yöntemiyle hesaplanan değerler ile karar ağaçları (tree), destek vektörü makineleri (SVM), olasılıksal dereceli azalma (SGD), rastgele orman (RF) ve yapay sinir ağı (YSA) olmak üzere 5 farklı makine öğrenmesi algoritması kullanılarak oluşturulan modellerden elde edilen değerler karşılaştırılarak değerlendirmelerde bulunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yapay zeka, tahmin, sınıflandırma ve ilişki tanımlama kabiliyetleri ile mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılmıştır.

2.1. Akıllı Sistemler Kullanılarak Maliyet Tahminine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Kaynak araştırması sonucunda elde edilen, inşaat sektöründe maliyet tahminine yönelik yapılan yapay zeka uygulamaları ile ilgili çalışmalar ve bulgular aşağıda sunulmuştur.

Hegazy ve Aayed (1998) yaptıkları çalışmada, Kanada'nın Newfoundland kentinde inşa edilen 18 adet karayolu projesi ve maliyet verilerini kaynak olarak kullanarak yapay sinir ağları (YSA) tabanlı maliyet tahmin modeli oluşturmuştur. Oluşturulan YSA tahmin modelinde, ağ aralıklarını belirlemek için simpleks optimizasyonu ve genetik algoritmalar olmak üzere iki teknik kullanmıştır. Çözümlerde, 18 adet karayolu projesine ait veri setinin 14'ünü ağın eğitimi ve 4'ünü de ağın test edilmesi için ayırmıştır. Sonuç olarak simpleks optimizasyon yönteminin diğerlerine göre maliyet tahmininde daha iyi sonuç verdiğini ampirik olarak kanıtlamışlar, kullanıcı girişini basitleştirmek ve maliyet tahminini otomatikleştirmek için elektronik tablo makrolarını kullanarak kullanıcı dostu bir arayüz geliştirmişlerdir.

Regresyon analizi (RA), YSA ve vaka tabanlı akıl yürütmeye (CBR) dayalı inşaat maliyeti tahmin modellerinin karşılaştırılması ile ilgili bir çalışma yapan Gwang ve arkadaşları (2004), çalışmada veri olarak Güney Kore'nin Seul kentinde inşa edilmiş 530 adet konut projesine ait verileri kullanılmışlardır. Regresyon analizi 490 adet proje verisi ile yapılmış, 40 adet proje verisi test için ayrılmıştır. Her bir model için, toplam kat alanı, kat adedi, toplam ünite sayısı, süre, çatı tipi, bodrum kullanımı ve temel tipi girdi parametreleri; maliyet değeri çıktı parametresi olarak belirlenmiştir. YSA modeli için NeuroShell 2 yazılımı, CBR modeli için ESTEEM Development Tool programı kullanılmış ve performans değerlendirme kriteri olarak ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) kriteri seçilmiştir. Araştırma neticesinde RA, YSA ve CBR modellerinden elde edilen sonuçlar kıyaslanmış, inşaat maliyeti tahmininde YSA modelinin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Sodikov (2005), gelişmekte olan ülkelerde inşa edilecek karayolu projelerin yaklaşık maliyetlerinin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi ile ilgili bir makale

çalışması yapmıştır. 65 ülkenin yol çalışmaları verilerini içeren ROCKS veri tabanından faydalanarak Polonya'dan 38, Tayland'dan 42 karayolu projesine ait proje maliyeti ile arazi tipi, yol parametreleri vb. değişkenleri aralarındaki ilişkiyi YSA ile araştırmak üzere seçmiştir. Sonuç olarak projeye ait detay ve bilgi eksikliği gibi durumlarda değişkenler arasında ilişki kurulmasının güçleştiği durumlarda YSA tekniğinin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Baykan (2007) çalışmasında inşaat projelerinde kaynak ihtiyacının belirlenmesi için YSA yaklaşımı kullanarak bir uygulama yapmıştır. İnşaat projelerine ait kaynak ihtiyacının belirlenmesi için yapay sinir ağlarının öğrenme ve genelleme yeteneklerinden yararlanmıştır. Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ) ve Türkkonut tarafından üretilen 62 adet konut tipi inşaat projesinin ele alındığı analizde, daha önce uygulaması yapılmış proje bilgilerini kullanmıştır. YSA modelinde dört farklı algoritma kullanılmış; ağın her bir algoritma ile tahmin performansı üzerinde değerlendirme yapabilmek için, çoklu doğrusal regresyon analizine başvurulmuştur. Sonuçta, YSA yaklaşımı ile ilgili problemin çözümünde hızlı ve verimli sonuçlara ulaşılabildiği ortaya konulmuştur.

Uğur (2007) çalışmasında TOKİ ve Türkkonut'tan sağladığı benzer özelliklere sahip konut projelerini incelemiş ve YSA analizi ile yapı maliyetlerini tahmin etmeye çalışmıştır. 58 adet proje verisi eğitim için, 5 adet projeye ait veriler ise test için ayrılmak üzere toplam 63 adet betonarme (BA) taşıyıcı sisteme sahip, ayırık nizam ve çok katlı konut projesi incelenmiştir. Projelerden hesap edilen 5 adet değişken girdi parametresi, projelerin inşaat maliyeti ise çıktı parametresi olarak ağa tanıtılmış ve çok katmanlı, danışmanlı ve geri beslemeli yapay sinir ağı (GBYSA) oluşturulmuştur. Birbirinden farklı YSA konfigürasyonları ile test için ayrılan 5 adet proje için maliyet tahminleri yapılmış ve bu tahminler birim fiyat esasına göre hesaplanan yaklaşık maliyetler (BFY) ile kıyaslanmıştır. En düşük ortalama hata değeri % 4.79 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca her parametrenin değişimi ile yapı maliyetinin aldığı değerler incelenmiş ve elde edilen neticeler yorumlanmıştır.

Öztürk (2009) çalışmasında tasarım aşamasında hesap edilebilen 17'şer parametresi bulunan 16 adet hafif raylı ve metro projesine ait veriler ile, söz konusu projeler için maliyet tahmin modeli geliştirmek için çok değişkenli regresyon analizi ve YSA modeli yaklaşımlarını kullanmıştır. Değerlendirme kriteri olarak ortalama hata yüzdesi sonuçları incelenmiş ve YSA yaklaşımında sonucun 5.76, RA yaklaşımında ise 2.32 olarak belirlenmiştir. Neticede, çalışmada kullanılan yaklaşımların maliyet

tahmininde başarılı olduğu ortaya konulmuştur. Bu modellerin hat işleri içeren projelerin ihaleye giriş kararının alınması aşamasında faydalı olacağı düşünülmektedir.

Cheng ve arkadaşları (2010) “Automation in Construction” adlı kitapta makine öğrenmesi algoritmalarından destek vektörü makinesi (SVM) algoritmasını kullanarak nihai proje maliyetinin tahmin edilmesi ile ilgili yaptığı çalışmadan bahsetmişlerdir. Maliyet tahmini yapabilmek için destek vektörü makineleri ve dağılım genetik algoritma olmak üzere iki yapay zeka yaklaşımını bir araya getirerek bir öğrenme modeli oluşturmuşlardır. Sonuçta bu çalışma ile proje yöneticilerine güvenilir tahminler sunmuş, proje maliyetini etkin bir şekilde kontrol etmelerini sağlamış ve olası sorunları ele alarak uygun kalıcı önlemler almaları için faydalı bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

Gülçiçek (2011) çalışmasında YSA ile kaba inşaatların yaklaşık maliyetini tahmin etmeye çalışmış ve yapı parametrelerinin yaklaşık maliyete etkisini irdelemiştir. Bu kapsamda, kat sayısı 7 ve 15 olan benzer özelliklere sahip projeleri incelemiş, deprem bölgesi, zemin sınıfı ve bina önem katsayısı değişkenlerini kullanarak İDESTATİK 6 2007 yazılımı ile statik ve BA analizi yapmıştır. Her çözüm sonucu hesaplanan bina taşıyıcı sistem (kaba inşaat) maliyetine ait, beton, kalıp ve demir metrajları çıkarılarak maliyet hesabı yapılmıştır. Sonuçlar Neuro Solutions yazılımında YSA ile programlanarak, bahse konu projeler için maliyet tahmini yapılmış olup %98 doğruluk oranına ulaşılmıştır. Ayrıca yapılan analizlerde deprem bölgesi, zemin sınıfı ve bina önem katsayısı parametrelerinin kaba inşaat maliyetine etkileri araştırılmıştır.

Uğur ve ark. (2011) yığma konut tipi yapıların maliyet tahmininin yapılması için YSA ile modelleme gerçekleştirmişlerdir. YSA yaklaşımını kullanılarak hızlı ve doğruya yaklaşan maliyet tahminleri yapılabilmesini amaçlamışlardır. Bu motivasyondan hareketle benzer niteliklere sahip ve değişken ebatlarda 24 adet konut projesi üretilmiş ve tümü için ayrı ayrı metraj ve keşif hesaplamaları yapılmıştır. Yaklaşık maliyetleri oluşturan 41 adet maliyet kaleminin hesaplanması yerine yalnızca yaklaşık maliyete daha fazla etkisi olduğu öngörülen 17 adet kalem girdi parametresi olarak kullanılarak YSA modeli oluşturulmuştur. Üzerinde çalışılan projelerden 21’i ağın öğrenmesi, 3’ü ağın test edilmesi için ayrılmıştır. Sonuç olarak tasarlanan YSA modeli ile %94.13’lük doğruluk oranı ile maliyet tahmini yapılmıştır. Ayrıca, veri sayısının arttırılmasıyla YSA modeli ile yapılan tahminin doğruya daha da yaklaşacağı ve bu modelin farklı yapısal özelliklere sahip yapıların maliyet tahmininde de kullanılabileceğini öngörmüşlerdir.

Arafa ve Alqedra (2011) tarafından inşaat projelerinin ön tasarım maliyetinin tahmini için geliştirilen YSA modelinde; zemin kat alanı, tip kat alanı, kat adedi, kolon sayısı, temel tipi, asansör sayısı ve oda sayısı olmak üzere 7 adet parametre girdi katmanı olarak belirlenmiştir. Çıktı olarak ise taşıyıcı sistem maliyeti tanımlanmıştır. Konut tipi yapı projelerinin ön tasarım maliyet tahminini geliştirmek için çok katmanlı ileri beslemeli bir YSA modeli kullanılmıştır. Tasarım, MATLAB Versiyon 2009b ile yapılmıştır. Çalışmada 35 adet projenin verileri YSA eğitimi için, 36 adet projenin verileri ise test ve doğrulamalar için kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; ortalama sapma 0.960, standart sapma 0.420 ve tahmini değerin gerçek değere oranının determinasyon katsayısı %97 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak bu çalışmada geliştirilen YSA modeli ile ön tasarım aşamasında maliyet tahmininde mevcut sınırlı proje verileri ile başarılı tahmin sonuçları elde edilmiştir.

Wang ve ark. (2012) erken planlama aşamasında proje maliyeti ve zamanlamasını tahmin etmek için YSA ve SVM ile tasarım yapmışlardır. Toplam 92 adet bina proje verileri yapay zeka modeli geliştirmesinde ve test edilmesinde kullanılmıştır. Çalışmanın sonucu yapay zeka tekniklerinin proje maliyetini tahmin etmede etkili ve tatmin edici sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Saraç (2012), YSA metodu ile gayrimenkul değerlendirme yapılmasına ilişkin bir çalışma yapmıştır. Bu kapsamda, İstanbul şehrinin 33 ilçesinden toplam 400 adet konut tipi yapının gayrimenkul değerlendirme raporlarını incelemiştir. Söz konusu konutların gayrimenkul değerini en çok etkilediği düşünülen 12 adet parametre belirlenerek sayısallaştırılmış ve veri seti haline getirilmiş olup, farklı ağ mimarisine sahip YSA modelleri oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda, en başarılı sonuçları çok katmanlı algılayıcı olan Multilayer Perceptron (MLP) modelinin verdiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında YSA'nın gayrimenkul değerlemesi için kullanılabilir ve başarılı bir yöntem olduğu saptanmıştır.

Yılmaz (2012), yapay zeka yöntemlerini kullanarak Osmanlı dönemi mimarlık eserlerinin restorasyon inşaatı maliyetlerini tahmin etmeye çalışmıştır. Bu bağlamda, anıtsal yapının hasar düzeyi değerinin belirlenmesi için bulanık mantık yöntemini ve restorasyon inşaatı maliyetlerinin tahmini için YSA yöntemini, aşamalı olarak birlikte kullanmıştır. Veri setinin oluşturulması için ilgili idarelerden temin edilen cami, hamam ve türbelerden oluşan 43 adet anıtsal kubbeli yapının röleve, restütisyon ve restorasyon projelerinden hesap edilen imalat kalemlerine ait metraj verilerinden yararlanılmıştır. Bahse konu yapılara ait toplam 153 adet kubbe modülünden 130'u YSA'nın eğitimi

için, 20 adedi test için, kalan 3 adedi ise modelin sınanması amacıyla kullanılmıştır. BFY yöntemi ile hesap edilen gerçekleşmiş bakım-onarım maliyeti değerleri, YSA modeli ile bulunan tahmini maliyet değerleriyle karşılaştırılmış ve ortalama hata oranı % 12.48 düzeyinde çıkmıştır.

Bahadır (2013) çalışmasında prekast dış cephe kaplama sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın uygun teklif fiyat vermede yaşadığı problemden yola çıkarak, YSA kullanılarak gelecekte verilecek tekliflerde, düşük hata oranlarıyla teklif fiyat tahmini yapılması amaçlanmıştır. Bu motivasyondan hareketle, 80 adeti ağın eğitimi için, 20 adeti ağın tahmin performansını test etmek için ayrılmak üzere toplam 100 adet farklı özelliklere sahip projeye ait verileri kullanmıştır. Çalışmada YSA modeline ilaveten RA yöntemini de kullanmış olup, yöntemleri birbiriyle kıyaslamıştır. Sonuç olarak, teklif oluşturma aşamasında YSA modeli ile daha başarılı neticeler alındığı anlaşılmıştır.

Yıldız (2013) “Kapasite, Güvenlik ve Maliyet Analizi ve Geliştirilmesi ile Optimize Edilmiş Kavşak Tipini Belirleyen Program Üretilmesi” konulu Yüksek Lisans Tezi kapsamında, Türkiye genelinde toplam 55 kavşak incelenmiş, şehirler arası ve şehir içi yollarda karayolunu kapasite ve güvenlik olarak etkileyen önemli faktörlerden biri olan kavşakların seçiminde yol gösterecek bir model geliştirilerek, bu model bir yazılım ile desteklenmiştir. Modeli oluşturan bilgisayar yazılımı ile birlikte kavşak tipi belirlenmesi çalışması maliyet ve güvenlik parametreleri açısından optimize edilerek aynı zamanda tüm çalışmaların bir veri tabanında toplanarak konsolide edilmesi sağlanmıştır.

Kabir ve arkadaşlarının (2014) çalışmalarında materyal olarak Nijerya’da inşa edilmiş 260 adet kamuya ait bina projesinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Üzerinde çalışılan projelerin %70’i ait veriler YSA’nın eğitilmesi için kullanılmış, projelerin %20’sine ait veriler test grubu olarak ayrılmış, kalan %10’u ise modelin doğrulama verileri olarak kullanılmıştır. Modelin girdi katmanı 9 adet değişkenden oluşmakta olup, çıktı parametresi olarak proje maliyeti tanımlanmıştır. YSA mimarisi, SPSS programında, çok katmanlı perseptron modülü ile modellenmiştir. Modelin performansı ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ve ortalama karesel hata (MSE) değerleriyle ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, test veri kümesinden modelin ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değeri %5.4 ve ortalama karesel hata (MSE) değeri ise 0.1273 olarak bulunmuştur. Bu hata değerlerinden anlaşıldığı üzere geliştirilen YSA modeli ile maliyet tahmini problemlerinde tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Roxas ve Ongpeng (2014) yapı maliyet tahmini için geliştirdikleri YSA modelinde veri olarak Filipinlerde inşa edilen 30 adet bina projeye ait parametreleri kullanmışlardır. Bu projelerin %60'ına ait verileri ağı eğitimi için, %20'sini test grubu, kalan %20'sini doğrulama verileri olarak belirlemişlerdir. Ağa girdi katmanı olarak, bodrum sayısı, kat alanı, kat adedi, beton hacmi, kalıp alanı ve betonarme donatı ağırlığı olmak üzere 6 adet parametre tanımlanmış, çıktı katmanı olarak ise yapı maliyeti girilerek, MATLAB yazılımında modellenmiştir. Çalışma sonucunda YSA modelinden sırasıyla, eğitim verilerinden 0.96812, doğrulama verilerinden 0.70199 ve test verilerinden 0.9548 kolerasyon katsayıları (R) elde edilmiştir. Ortalama karesel hata (MSE) değeri ise 2.98×10^{15} olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, ön tasarım aşamasındaki eksik ve doğrusal olmayan veri kümesine rağmen geliştirilen bu YSA modeli ile iyi bir maliyet tahmini yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kasaplı (2014) çalışmasında YSA yöntemi ile içmesuyu şebekelerinin maliyetini tahmin etmek amacıyla İbank tarafından onaylı 258 adet içme suyu projesi içerisinde kullanılabilir durumda olan 73 adet içme suyu projesini veri seti olarak modellemede kullanmıştır. Maliyet tahmini için, birbirinden farklı YSA modelleri oluşturulmuş, deneme yanılma yöntemiyle tahmin performansları gözlemlenerek oluşturulan, 6 girdi parametrelili, 65 adet projenin eğitim verisi ve 8 adet projenin test verisi olduğu şekilde tasarlanan veri seti ile yapılan YSA ve RA yöntemleri ile maliyet tahmininin kabul edilebilir ölçülerde olduğu görülmüştür. MATLAB yazılımı kullanılarak oluşturulan YSA modelinde ortalama hata %4.14, MS Excel Çözücü ile oluşturulan YSA modellerinde en düşük ortalama hata %1.45, çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemiyle ise %11.96 ortalama hata sonuçları elde edilmiştir.

Ünsal (2017) "Yapay Sinir Ağları Modeliyle Betonarme Taşıyıcı Sistem Maliyetinin Tahmin Edilmesi" konulu Yüksek Lisans Tezi çalışmasında, farklı mimari özelliklere sahip 68 adet konut tipi yapı proje verileri çalışmada materyal olarak seçilmiştir. YSA analizlerinde Log-Sigmoid ve Hiperbolik Tanjant fonksiyonları kullanılmıştır. 68 adet projeden oluşan veri kümesi 17'şerli 4 farklı gruba ayrılmış ve her grup 17 adet test, 51 adet eğitim kümesinden oluşmuştur. Böylece 4 defa çapraz doğrulama gerçekleştirilmiştir. Ayrıca SPSS version 20.0 paket programı kullanılarak Çoklu Regresyon Analizi yapılmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda taşıyıcı sistem maliyetinin hesabı için hedeflenen sonuçlara; YSA ile ortalama %15, regresyon modeli ile %34 hata payı ile yakınsama sağlanmıştır. Bu tür tahmin modellerinin proje

ön tasarım aşamasında maliyet tahini için kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

2.2. Akıllı Sistemler Kullanılarak Kavşaklar Üzerine Yapılan Çalışmalar

Literatür taraması sonucunda elde edilen, kavşaklarda yaşanan problemlerle ilgili yapay zeka uygulamaları ve bulgular aşağıda sunulmuştur.

Başkan (2004) izole sinyalize kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmeleri, yani taşıtların kendi kontrolü dışındaki sebeplerden ötürü kaybettiği zamanı tahmin etmek için YSA tabanlı bir model geliştirmiştir. Arazi gözlemlerinden elde edilen verilerin bir kısmını eğitim, kalan kısmını da test için ayırmak suretiyle kullanmış ve model sonuçları ile azari gözlemlerini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, ortalama %12 düzeyinde hata ile tahminleme gerçekleştirmiştir.

Çalışkanelli (2006) çalışmasında yakın mesafeli sinyalize kavşaklar ile kontrolsüz kavşakların birbirleriyle etkileşimlerini araştırmıştır. Bu bağlamda sinyalize bir kavşaktan ayrılan araçların zaman içinde ve mesafeye bağlı olarak davranışlarını Cowan M3 dağılımı kullanarak incelemiştir. Ayrıca sinyalize kavşak noktasına yakın mesafede bulunan bir denetimsiz kavşağın sinyalizasyondan ayrılan araç hareketlerinden nasıl etkileneceğini simülasyon programıyla saptamaya çalışmıştır. Sonuç olarak, her iki kavşağın da birbiriyle koordineli olarak çalışan sinyalize kavşaklar olarak projelendirmeleri önerisinde bulunmuştur.

Eraslan (2008) çalışmasında ışıklı kavşaklarda Amerikan ve Avusturalya Yöntemleri ile gecikme analizi üzerine incelemelerde bulunmuş ve bahse konu yöntemleri örnek bir kavşak üzerinden irdelemiştir. Işıklı kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmelerini tahmin etmek amacıyla Synchro (Amerikan Yöntemi) ve Sidra (Avusturalya Yöntemi) benzetim programlarından faydalanmıştır. Yapılan sınıma benzetimleri sonucunda Sidra devre süresi olarak, Sychro'ya göre 60 saniye daha az gecikme değeri öneren bir sinyal faz planı oluşturmuştur. Hesaplanan veriler ve yapılan analizler ışığında ışıklı kavşakların analizinde Avusturalya Yönteminin daha uygun sonucuna ulaşılmıştır.

Aköz (2011) "Kısmi Araç Yörüngeleri Kullanımı ile Kavşaklardaki Trafik Olaylarının Görüntü Tabalı Çözülmesi" adlı doktora tezi çalışmasında, öncelikle olağan dışı trafik olaylarını algılayabilmek için araçların olağan hareketlerini video görüntüleri yardımıyla kümeleyerek olağan yol modelleri öğrenilmiştir. Eldeki

modellere göre olağan dışı davrandığı belirlenen araçların sapma şiddetinin tanımlanması ve sınıflandırılması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma için k-en yakın komşuluk ve SVM algoritması yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, olağan dışı araç hareketlerinin olasılıksal olarak belirlenebileceği ve olağan dışı olayların bu olasılıklara bağlı olarak şiddet analizlerinin başarıyla yapılabileceğini göstermektedir.

Akmaz (2012) çalışmasında Konya şehrindeki önemli sinyalize kavşaklardan bazılarını bilgisayar programı yardımıyla incelemiştir. Konya İlinde bulunan 3 adet sinyalize kavşakta, kavşaklarda maksimum kapasite, hizmet düzeyi ve minimum gecikmeyi sağlayacak optimum devre sürelerini bulmak için Amerikan ve Avusturalya Yöntemleri ile modelleme yapılmış olup sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ışığında mevcut kavşakların optimize edilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur.

Korkmaz (2016) “Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Sinyalize Kavşaklarda Gecikme Modelleri” isimli Yüksek Lisans Tezi çalışmasında, sezgisel optimizasyon yöntemlerinin kavşaklardaki gecikme hesabında uygulanması sağlanarak mevcut modellerle karşılaştırılması sonucu performansları değerlendirmiştir. Böylelikle farklı yaklaşımların ve model formlarının gecikme hesabında etkin şekilde kullanılıp daha kolay ve pratik şekilde gecikme hesabı yapılabileceğini ortaya koymuştur.

2.3. Akıllı Sistemler Kullanılarak Yapılan Diğer Çalışmalar

İnşaat mühendisliği alanında yapay zeka; betonun basınç dayanımının bulunmasında (Lee, 2003), şehirlerarası yük taşımacılığı tür seçiminin modellenmesinde (Tortum, 2003), kirişsiz döşemeli betonarme bir binada oluşan yatay deplasmanın hesaplanmasında (Özsoy ve Fırat, 2004), öngerilmeli betondan boşluklu plak köprülerin analizinde (Caferov, 2005), tuğla duvardaki ve tesisattaki ısı kaybının belirlenmesinde (Keleşoğlu ve Fırat, 2006), günlük buharlaşmanın hesaplanmasında (Doğan ve diğ., 2007), kirişsiz döşemeli betonarme yapıların yatay kuvvetler altında rijitlik değerlerinin analizinde (Özbayrak, 2008) kullanılarak başarılı sonuçlara ulaşılmıştır.

Pala ve ark. (2003) çalışmalarında, zemin- yapı dinamik etkileşimini YSA ile modellemiştirlerdir. YSA'nın çözümü zor ve/veya zaman alan hesaplamaları kolay ve hızlı bir şekilde yapabildiğini belirtmişlerdir. YSA'nın öğrenme kabiliyeti sayesinde, hesaplamalara yeni bir bakış açısı getirdiğini ifade etmişlerdir.

Çevik ve ark. (2015) yapı mühendisliği problemlerinin çözümü için makine öğrenmesi algoritmalarından olan SVM ile modelleme yaparak, söz konusu problemin çözümü için bu modelin verimliliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak, yapı mühendisliği problemlerinin çözümünde, SVM' nin diğer makine öğrenmesi algoritmalarına göre daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Çankaya (2013) betonun basınç dayanımı, maksimum deformasyon kapasitesi ve elastisite modülünün görüntü işleme tekniği (GİT) ve YSA yöntemleriyle bulunmasına yönelik yaptığı çalışmada yüksek doğruluk oranına ulaşmıştır.

Erdal (2016) çalışmasında inşaat sektöründe makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanımının sektöre katkısını, beton basınç dayanımının tahmin edilmesi örneği üzerinden açıklamıştır. İnceleme yapılmak üzere farklı karışım oranlarına sahip yüksek dayanımlı beton (YDB) numuneleri hazırlanmıştır. Bu numunelerin basınç dayanımları, YSA ve SVM makine öğrenmesi algoritmaları ile tahmin edilmeye çalışılmış ve sonuçta çok başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. SVM modelinin tahmin başarısının YSA modeline göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Beton firmaları ve diğer araştırma laboratuvarlarında, betonun basınç dayanımının tahmini için SVM modeli kullanmasının alternatif bir yöntem olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir.

3. KAVŞAKLAR

Kavşaklar, trafik sisteminde farklı istikametlerdeki trafik akımlarının birbiri ile kesiştiği, birleştiği ve ayrıştığı ortak kullanım alanlarıdır. Kavşaklar, yol kullanıcılarının kesiştiği alanlarda, trafiğin akışı ve güvenliğinin yeterli seviyede sağlanamaması, trafik hacminin artmasıyla akım hızı ve yol kapasitesinin azalması; bekleme, akaryakıt giderleri, gürültü kirliliği ve kaza ihtimalinin artması gibi olumsuzlukların bertaraf edilmesi için mühendisler tarafından tasarlanan yapılardır. Kavşaklar, kendilerine bağlanan yollardaki diğer kavşaklarla etkileşim halindedirler ve birbirlerinin kapasite ve hizmet seviyelerine tesir ederler.

Kavşak tasarlayan bir tasarımcının, mühendisliğin en temel ilkelerinden olan “ekonomi, emniyet ve estetiklik” kuralını dikkate alarak projelendirme yapması gerekir. Yani, kavşaklarda kaza riskini minimuma indirip kapasiteleri mümkün olduğunca yüksek tutarak emniyet sağlanmalı, yapım, bakım ve işletme maliyetlerini az tutarak ekonomiklik sağlanmalı, bulunduğu çevreye, sosyal ve kültürel konuma göre tasarım yaparak estetiklik sağlanmalıdır.

Kavşak tasarımını etkileyen parametreleri genel olarak tanımlamak gerekirse;

- İnsan faktörü: Kavşak yapımı planlanan bölgedeki motorlu ve motorsuz taşıtlar ile yayaların olağan ve olağan dışı hareketleri ve alışkanlıkları gözlemlenmelidir.
- Trafik faktörü: Kavşağın geometrik yapısı ile birlikte, kavşağı kullanan araçların cinsi, sayısı, hızları, kavşağa katılma ve ayrılma şekilleri, kesişme noktalarındaki trafik hareketlerinin engellenmesine göre uygun çözümler getirilmelidir.
- Ekonomik faktör: Tasarım yapılacak kavşak noktasını kullanan araçların yakıt tüketim miktarları, yapım, işletme, bakım ve kaza maliyetleri olarak değerlendirilebilir. Söz konusu maliyetlerle birlikte kentsel büyümeler ve kavşak yakınındaki ticari ve endüstriyel faaliyetler göz önünde bulundurularak kavşağın katma değeri yani uzun vadeli katkısı düşünülerek tasarım yapılmalıdır.
- Fiziki faktör: Çalışmanın yapılacağı bölgenin arazi ve topografik yapısı kavşağı kullanan sürücü ve yayaların davranışlarını belirleyen temel kriterlerden biridir.
- Çevresel faktör: Kavşak tasarımı yapılan yerin iklim koşulları, kültürel ve doğal özellikleri dikkate alınarak tasarım yapılmalıdır.

Böylelikle taşıt ve yaya trafiğinin seyir güvenliği, konforu ve yüksek hizmet düzeyi sağlanmış olacaktır.

Kavşaklar temel olarak kesiştikleri düzlemlerin durumlarına göre sınıflandırılabilir. Buna göre, eş düzeyli kavşaklar ve farklı düzeyli kavşaklar olarak iki grupta ele alınırlar.

3.1. Eş Düzeyli (Hemzemin) Kavşaklar

Birden fazla yol ağının aynı düzlemde kesiştiği ortak kullanım alanlarıdır. Araçlar ve/veya yayalar bu ortak alanı farklı zamanlarda sıra ile kullanırlar. Bu kavşaklarda trafik güvenliği, trafik işaretlemeleri ve ışıklı sinyalizasyon sistemleri ile sağlanmaktadır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Sinyalize olmayan hemzemin kavşak

https://im.haberturk.com/yemel_haber/2018/09/17/ver1537187162/63407662_620x410.jpg



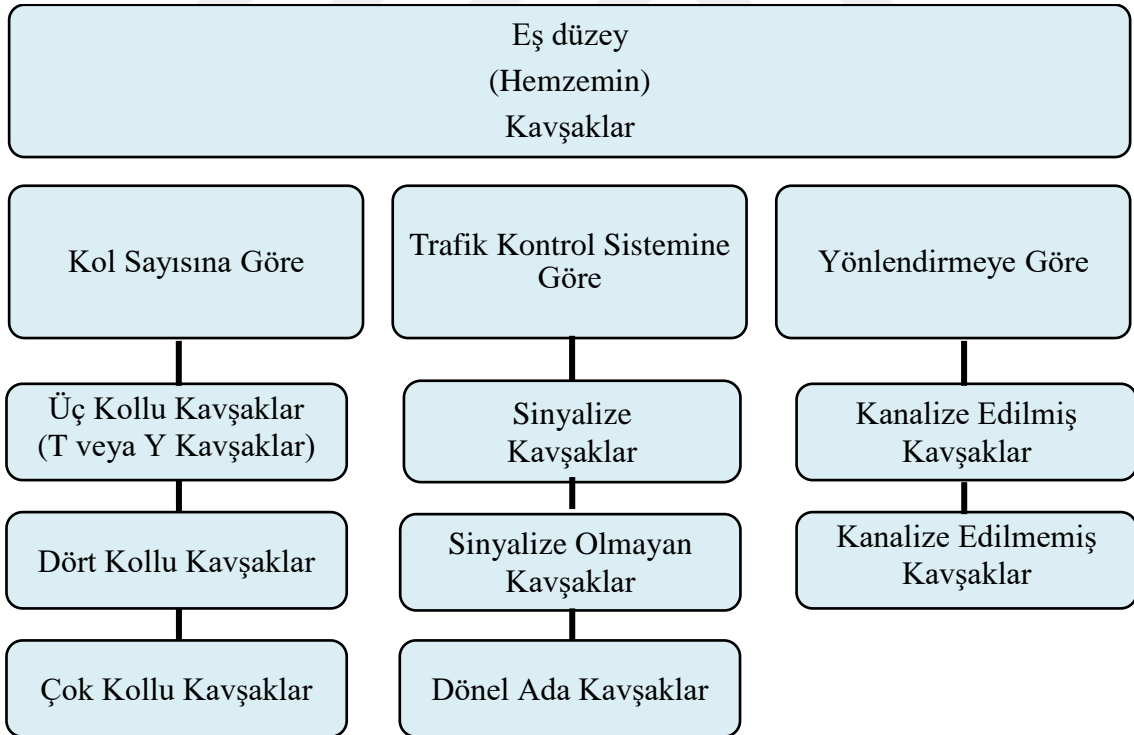
Şekil 3.2. Sinyalize hemzemin kavşak https://photos.wikimapia.org/p/00/02/13/31/83_big.jpg

Türkiye İstatistik Kurumunun (TUİK) 2017 yılı raporuna göre ülkemizde 1.202.716 adet trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 182.669' u ölümlü yaralanmalı kaza olup yarıya yakınının eş düzey kavşaklarda meydana geldiği bilinmektedir. Bununla birlikte, bilhassa şehir içi ulaşımdaki gecikme ve çatışmaların birçoğunun bu tip kavşaklarda meydana geldiği görülmektedir. Gecikme ve kazaların mihrakı olan bu noktaların detaylı fizibilite çalışmalarına istinaden en iyi şekilde tasarlanması gerekir. Eş düzeyli kavşaklar genel olarak Şekil 3.3'deki gibi sınıflandırılarak gösterilebilir.

Kol sayısına göre; üç kollu kavşaklar (T veya Y kavşaklar), dört kollu kavşaklar ve çok kollu kavşaklar olarak sınıflandırılırlar.

Trafik kontrol sistemine göre ise; ışıklı işaretlerle kontrol edilen (sinyalize) kavşaklar, ışiksiz trafik işaretleri bulunan veya hiçbir işaret kullanılmayan (sinyalize olmayan) kavşaklar olarak gruplandırılırlar.

Trafiğin yönlendirilmesine göre; kanalize edilmiş kavşaklar (işaretlemeler veya adalar yardımıyla) ve kanalize edilmemiş kavşaklar olarak da sınıflandırılabilirler.



Şekil 3.3. Hemzemin kavşak tipleri

“Ulaştırma sisteminin bir döngü şeklinde geliştiği artık bilinen bir gerçektir. Yolcuların taleplerini karşılayan bir ulaştırma sistemi, bölgenin gelişmesine ve ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. Bu gelişim, bölgedeki trafik

hacimlerinde artışa bu ise daha gelişmiş ulaşım sistemine ihtiyaca neden olmaktadır. Bu döngü göz önünde bulundurulduğunda ulaşım sistemlerinin geliştirilmesine olan ihtiyacın sürekli büyümesi kaçınılmazdır. Bu nedenle bugün yeterli kapasitede olan hemzemin kavşakların sinyalize kavşaklara, sinyalize kavşakların dönel ada kavşaklara, dönel ada kavşakların ise katlı kavşaklara dönüşmesi gerekebilmektedir. Bu durumda ulaştırma mühendislerinin en önemli görevlerinden biri gerekli görülen düzenlemelerin ve projelerin doğru zamanda yapılmasını sağlamaktır (Koç, 2010).”

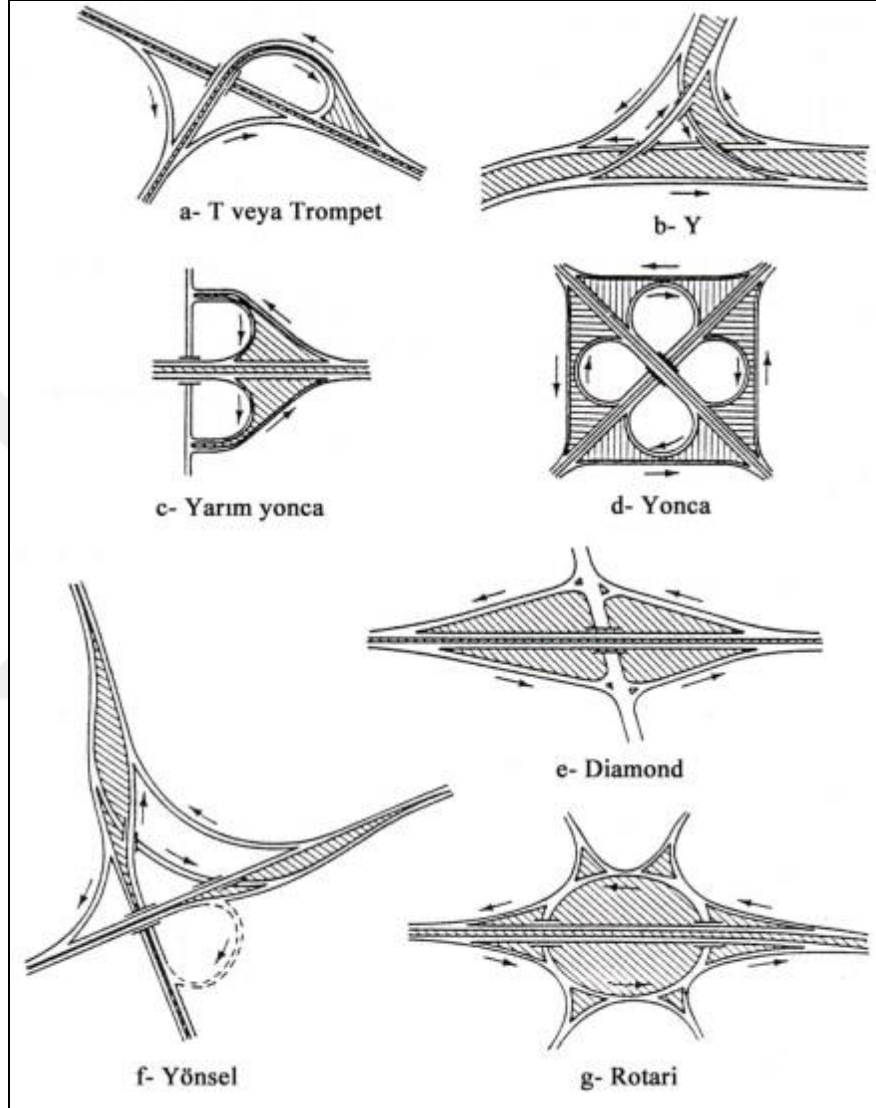
3.2. Farklı Düzeyli (Katlı) Kavşaklar

Yoğun trafik akımlarının bulunduğu kesişen yollarda, trafik akımının kesintiye uğramaksızın sağlanması ve dönüşlerdeki bekleme süresini minimum seviyeye indirmek amacıyla düzenlenen farklı seviyelerdeki yolların oluşturduğu kavşak türüdür. Bu kavşak türünde yüksek kapasite sağlanması, enerji kaybı ve çevre kirliliği gibi sorunların hafifletilmesi, taşıt ve yayaların güvenlik riskinin azaltılması ve yol işletme maliyetlerinin düşürülmesini sağlayacak şekilde tasarım esastır. En belirgin uygulamaları Şekil 3.4’de görülmektedir.

Farklı seviyeli kavşakları tasarlarken dikkat edilmesi gereken genel hususlar aşağıda verilmektedir.

- Tüm yönlerdeki trafiğin güvenli bir şekilde akışının sağlanması gerekmektedir.
- Sürücülerin dikkatini dağıtmadan, gideceği yönün doğru, kolay ve akıcı bir seçim yapabilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Kazaya ve dikkat dağınıklığına sebebiyet verecek durumlardan kaçınılmalıdır.
- Sürücünün yön değiştireceği noktalar arasında yeterli mesafe ve süre sağlanmalıdır.
- Kavşak bölgesinin rahatlıkla görülmesi, girişlerde, çıkışlarda ve dönüşlerde sürücünün uygun görüş açısı ve mesafesinin sağlanması gerekmektedir.
- Kavşağa giriş ve çıkışlar hususi durumlar dışında sağdan verilmelidir.
- Sürücülerin kavşaktan güvenli bir geçiş yapabilmesi için uygun trafik işaretleri, zamanında ve kolaylıkla görülmesi sağlanacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Kavşak geçişlerinde mümkün olduğunca anayoldaki hız değişmemelidir. Ama bazı durumlarda hız sınırlaması zorunlu olabilir.

- Genel bir kural olarak köprülÜ kavşaklar arasındaki mesafe şehir geçişlerinde 1.5 km'den, kırsal kesimlerde ise 3 km'den daha az olmamasına dikkat edilmelidir (KGM, 2005).
- Yayaların güvenliği sağlanacak şekilde tasarlanmalıdır.



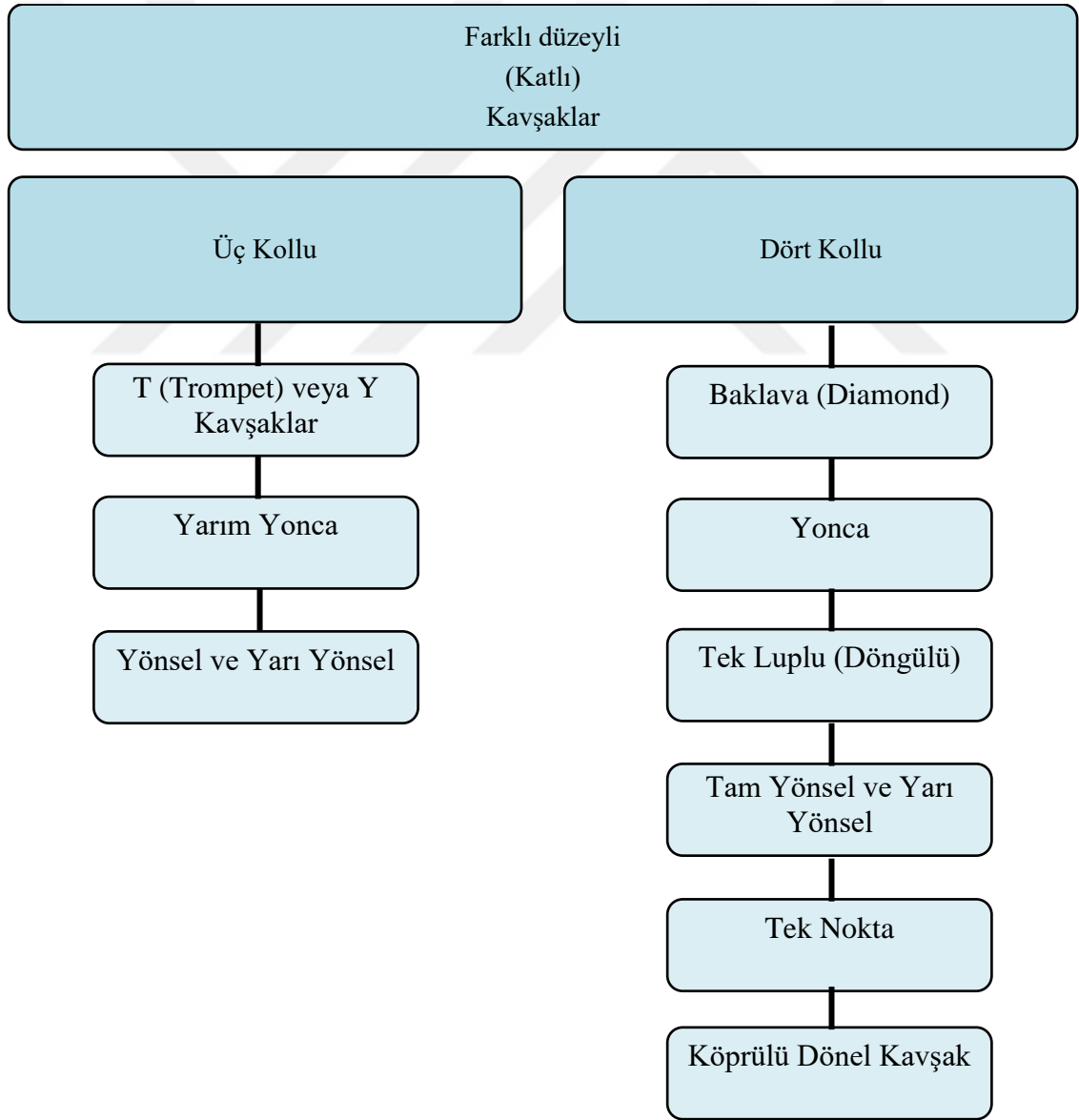
Şekil 3.4. Farklı seviyeli kavşakların genel uygulamaları (KGM, 2005)

Taşıt ve yaya güvenliği ile trafikte yaşanan gecikmelere karşı en etkili çözüm olan farklı seviyeli kavşakların bazı dezavantajları da mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi belirtilebilir;

- Kamulaştırma, yapım, bakım ve işletme maliyetleri yüksek olduğundan büyük finansman sağlanmalıdır.

- Kentleşme ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde kavşak için kullanılacak alan sınırlıdır.
- Trafik akımında kontrolsüz sürat artışına neden olabilmektedir.
- İnşa edilen farklı seviyeli kavşaklar kendinden sonraki kavşak noktasında yeni bir farklı seviyeli kavşak ihtiyacı hasıl olmasına sebep olabilir.

Farklı seviyeli kavşaklar, kol sayılarına göre, üç veya dört kollu olarak sınıflandırılırken; seviye ayırımına göre, iki, üç veya çok katlı kavşak olarak gruplandırmaktadır. Ayrıca uygulanan yapı sayısına göre tek, çift veya çok yapılı olarak da gruplandırmak mümkündür. Farklı düzeyli kavşaklar genel olarak Şekil 3.5'deki gibi sınıflandırılarak gösterilebilir.



Şekil 3.5. Farklı düzeyli kavşak tipleri

Üç kollu katlı kavşaklar aşağıda tanımlanmıştır.

1-T (Trompet) veya Y Kavşaklar : Daha çok birbirini kesen anayol ve ekspres yolu bağlamak için kullanılan; serbest akım hızının yüksek, anayolu kesen hızın daha düşük olduğu tali yol için uygulanan kavşak tipidir. Tali yolların ana yola bağlanma açısına bağlı olarak “T” tasarımı veya “Y” tasarımı uygulanmaktadır. Yolların kesiştiği açı $75^\circ \leq a \leq 115^\circ$ “T” tipi kavşak, $a < 75^\circ$ veya $a > 115$ ise “Y” tipi kavşak olarak ayrılır (KGM, 2005).

2- Yarım Yonca Kavşaklar: Ana yolun her iki yönünde seyreden araçların sol yöne dönüş hareketlerini döngü rampalarıyla sağladığı kavşak tipidir.



Şekil 3.6. Yarım yonca kavşak

https://www.gencgazete.net/resimler/680x385/resimler/haber/haber/9_2015//oyobjdjt3pcpyla567.jpg

3- Yönsel ve Yarı Yönsel Kavşaklar: Tek ve çift yönlü, bir veya daha çok farklı kotlarda rampa bağlantıları bulunan, dolayısıyla bir ya da daha fazla sayıda sola dönüş imkanı sağlayacak şekilde tasarlanan kavşak tipidir. Genellikle iki anayolun kesişiminde kullanılmaktadır.

Dört kollu katlı kavşaklar aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

1- Baklava (Diamond) Kavşak: Genellikle anayola paralel dört rampadan oluşan ve her rampanın kestiği yola sağa-sola dönüş imkanı veren köprülü kavşak tipidir (KGM, 2005).

- 2- Yonca Kavşak: Sol dönüşler için rampaların uygulandığı ve çakışmaların tamamen ortadan kaldırıldığı köprülü kavşak tipidir.
- 3- Tek Luplu (Döngülü) Kavşak: Bu tip katlı kavşaklar düşük trafik yoğunluğu olan yerlerde ve topoğrafyanın başka çözüme el vermediği durumlarda uygulanır. Dönüş hareketlerinin minimum olduğu iki yönlü rampalarla oluşturulan ve rampa terminallerinin “T” şeklini aldığı kavşak tipidir.
- 4- Tam Yönsel ve Yarı Yönsel Kavşak: Bu tip kavşaklar her bir yön için en uygun bağlantının diyagonal olarak yapıldığı, yüksek kapasiteli, güvenli ve birden fazla yapıya ihtiyaç duyulduğundan maliyetlidir. Tün yönler doğrudan erişim varsa tam yönsel, bazı yönlerde döngülerle son buluyorsa yarı yönsel olarak isimlendirilir.



Şekil 3.7. Dört seviyeli yönsel kavşak

<https://www.cnnturk.com/fotogaleri/yasam/diger/2010/11/01/aman.viraja.dikkat/9511/index.html?page=4>

- 5- Tek Nokta Kavşak: Kamulaştırma alanının kısıtlı olması, topoğrafyanın elverişli olmaması gibi nedenlerden dolayı geliştirilmiş farklı seviyeli bir kavşak tipidir.



Şekil 3.8. Florida tek nokta kavşak (Koç, 2010)

6- Köprülü Dönel Kavşak: Bu tip kavşaklarda genellikle ana yol alt kısımdan geçer, diğer yollar ise üst kısımda dönel kavşağa girer.

Bu çalışmada, farklı düzeyli (katlı) kavşaklardan olan 50 (Elli) adet köprülü dört kollu ve /veya dönel kavşak tipi proje ve yapı maliyetleri üzerine çalışılmıştır.

3.3. Kavşak Tipi Seçimi

Kavşak tipi seçiminden önce kavşak kapasitesi ve yol hizmet sınıfı kavramlarından bahsetmek gerekir.

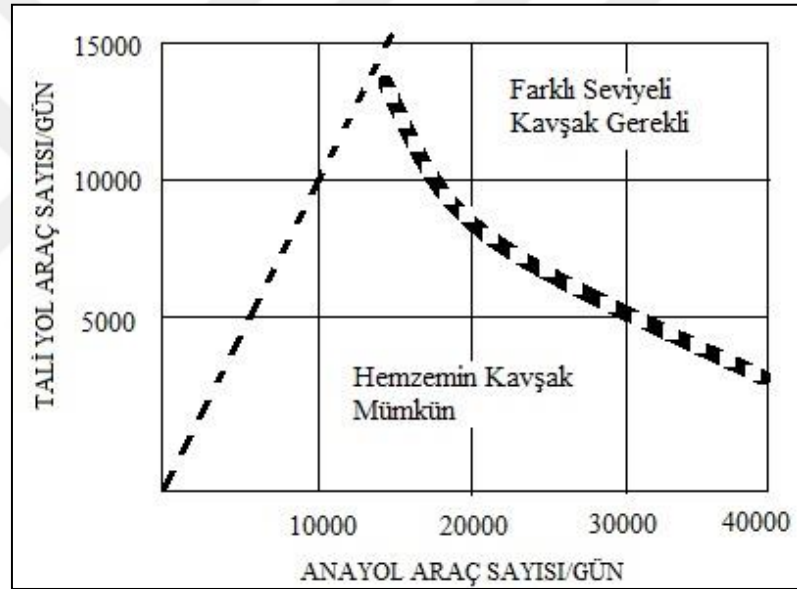
Kavşak kapasitesi, birbiriyle kesişen trafik akımlarının bulunduğu yol kesitinden, kontrol altındaki belli bir zaman aralığında geçebilecek araç ve yayaların maksimum sayısı olarak verilmektedir.

Hizmet düzeyi ise; yolu kullanan sürücüler ve yolcuların yoldaki trafik koşulları hakkındaki hoşnutluk derecesi olarak da ifade edilebilir. A, B, C, D, E ve F olmak üzere 6 türlü hizmet düzeyine etki eden faktörler hız, seyahat süresi, sürücünün manevra serbestlik derecesi, taşıt takip aralığı, trafikteki kavşak ve sinyalizasyon nedeniyle trafik akışında yaşanan kesintiler, güvenlik ve kullanıcı konforu olarak sayılabilir. A hizmet düzeyi, yolun işletme şartları bakımından en iyi durumunu, F hizmet sınıfı ise en olumsuz durumu temsil eder.

Kavşaklar trafik hacminin fazlalığı, mevcut yolun kapasite yetersizliği, güvenliğin artırılması gibi ihtiyaçlara cevap verebilmek için tasarlanır. Bu nedenle, kavşak tipi seçimi inşaat maliyetleri, kaza riski, çevre durumu ve seyir süresi maliyetlerinin göz önünde bulundurulduğu bir sosyo ekonomik bakış açısıyla yapılmalıdır.

Bir hemzemin kavşağın kabul edilebilir gecikmeleri ve hizmet durumu çok fazla değişkene bağlı olup, hemzemin kavşağın yeterliliği ile ilgili tahminler deneyimler esas alınarak kabaca belirlenebilmektedir. Bu tahmin, kesişen ana ve tali yollardaki trafik hacimlerinin dikkate alınarak oluşturulduğu bir şema kullanılarak yapılabilir.

Şekil 3.9'da İngiltere'den elde edilen deneyimler esas alınarak hazırlanmış bir tablo örneği görülmektedir (Karayolu Tasarımı Raporu, 2000).



Şekil 3.9. Trafik hacmine göre farklı seviyeli kavşak gereksinimi (Karayolu Tasarımı Raporu, 2000)

Farklı seviyeli kavşakların tasarımında öncelikle yapılması gereken ana yol ve tali yollardaki trafik sayımıdır. Bu sayım ve gözlem neticesinde, seyahat eden araç ve yayaların hareketleri ile hacimleri belirlenecek, elde edilen trafik hacimleriyle gerçekleştirilecek kapasite analizleri neticesinde istenen hizmet seviyesindeki kavşak tasarlanacaktır. Ancak, kavşak tipinin seçiminde tek unsur kapasite olmayıp aşağıda belirtilen hususların da kavşak tipinin seçimi ve tasarımı üzerinde önemli bir rolü bulunduğu bilinmektedir. Kavşak tipi seçiminde,

- Kesişen kol sayısı
- Kesişen yolların önemi ve fonksiyonu

- Transit kompozisyonu ve ağır taşıt oranı
- Tasarım hızı
- Erişme kontrol derecesi
- Topografya ve zemin koşulları
- Arazi kullanım durumu ve nüfus yoğunluğu
- Doğa ve kültür özelliği
- Kamulaştırma imkanı ve maliyeti
- Yakınındaki diğer kavşaklar ile ilişkisi
- Yaya hareketleri
- Tasarım kriterleri
- Yapım maliyeti

gibi hususlara ilave olarak her bir kavşak tipinin avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurulmalı, birer mühendislik yapısı olan kavşakların tipinin doğru seçilmesinin üzerinde tasarımcının önemli bir rolü olduğu unutulmamalıdır (KGM, 2005).

Bu çalışmada, kavşak tipi seçimi, yatırım için finansman ayarlanması, kamu kaynaklarının etkin kullanımı için fizibilite yapılabilmesi açısından önemli olduğu düşünülen yapım maliyeti ve maliyet tahmini yöntemleri incelenmiştir.

4. TAHMİN AMACIYLA KULLANILAN AKILLI SİSTEMLER

Çalışmanın bu bölümünde yapay zeka uygulamaları, makine öğrenmesi teknikleri ve veri madenciliği kavramlarından bahsedilecektir. Ayrıca, çalışmada kullanılacak olan algoritmalar ve performans değerlendirme kriterleri detaylı olarak açıklanacaktır.

Modern dünyada bilgisayarlar ve bilgisayar programları hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Teknolojik gelişmeler takip edildiğinde evvelden yalnızca elektronik veri transferi ve hesaplamaların otomasyonunu yapmak üzere tasarlanan bilgisayarların gün geçtikçe büyük dataları süzgeçten geçirerek özetleyebildiği ve eldeki verilerden çıkarım yaparak olaylar arasındaki ilişkileri öğrenebilme ve olaylar hakkında karar verebilme kabiliyeti kazandığı görülmektedir. Matematiksel modelin kurulamadığı veya zor olduğu problemler için bilgisayarlar tarafından çözüm üretilebilmektedir. Bilgisayarların bu özelliklerle donatılması ve yeteneklerinin gelişmesini sağlayan çalışmalar “yapay zeka” çalışmaları olarak adlandırılmaktadır.

Akıllı sistemlerin esas özelliği sorunlar için çözüm üretirken mevcut bilgilerden yararlanarak olaylar arasındaki gizli ilişkileri çözümlenmesi, bu bilgiler ışığında benzer problemler hakkında tahminde bulunabilmesi ve karar verebilecek bilgi düzeyine ulaşmasıdır. Bu olaya “makine öğrenmesi” denmektedir.

Makine öğrenmesi, problemin çözümü için örneklere ait girdilerden yararlanarak veri tabanlı tahmin ve karar verme amacıyla modelleme yapılması için bilgisayar algoritmalarını araştıran bir disiplindir.

Makine öğrenmesi yöntemlerinin büyük veri tabanlarına uygulanması veri madenciliği olarak adlandırılır. Veri madenciliğinin büyük miktardaki verinin anlamlı örüntüler bulmak amacıyla bilgisayar programları vasıtasıyla işlenmesi olduğunu söyleyebiliriz. Genellikle veri madenciliği, makine öğrenmesi ve yapay zeka birbiri yerine kullanılmakla birlikte, esasen farklı maksatları olan lakin ortak araçları kullanabilen akademik disiplinlerdir. Veri madenciliğine örnek verecek olursak, büyük bir toptan marketin birbirine yakın raflara konacak ürünleri belirlemek için 20 yıllık müşteri alışveriş fişlerini inceleyip; hangi ürünleri birlikte aldığını tespit etmesi ve bu ürünleri raflarda peşi sıra koyması gösterilebilir. Örneğin çocuk bezi alan birinin bebek maması alması muhtemel ve mantıklıdır, ancak veri madenciliği sayesinde bebek bezi

alan birinin alkol ürünü aldığı sonucu da ortaya çıkabilmektedir. İşte bu büyük veri kümesi içerisinde bilginin çıkarılması veri madenciliğidir.

Makine öğrenmesi sadece bir veri tabanı problemi olmayıp, aynı zamanda yapay zekanın bir parçasıdır. Değişen bir ortamda bulunan bir sistem öğrenme yeteneğine sahip olmalıdır. Sistem bu değişiklikleri öğrenebilir ve uyarlayabilirse, sistem tasarımcısı tüm olası durumlar için öngörme ve çözüm sunma ihtiyacı duymaz.

Makine öğrenmesi, örnek verileri veya geçmiş deneyimleri kullanarak bir performans ölçütünü optimize etmek için bilgisayarları programlamaktır. Matematiksel modellerin oluşturulmasında istatistik teorisini kullanır, çünkü temel görev bir örneklemeden çıkarım yapmaktır. Bu işlemleri, istatistiksel analiz teknikleri, genetik algoritma yöntemleri ve yapay zeka algoritmalarını bir arada kullanarak yapar. Makine öğrenmesi ve veri madenciliği işlemlerini gerçekleştirmek için ticari ve açık kaynak olmak üzere birçok araç bulunmaktadır. Ticari programlardan sıkça kullanılanlar SPSS Clementine, Excel, SPSS, SAS, Angoss, KXEN, SQL Server, MATLAB'dır. Açık kaynak programlar ise Orange, RapidMiner, WEKA, Scriptella ETL, jHepWork, KNIME, ELKI'dir (Dener ve ark., 2009).

Bu çalışmada yapı maliyeti tahmin modeli oluşturmak için açık kaynak kodlu veri madenciliği programlarından olan Orange kullanılmıştır.

4.1. Makine Öğrenme Yöntemleri

Makine öğrenmesi yöntemleri genel literatürde, danışmanlı ve danışmansız öğrenme olarak ikiye ayrılmaktadır. Danışmanlı öğrenmede, danışman öğrenilmesi istenen olguya ait örneklerin her biri için yer alan girdileri ve o değerlere karşılık gelen çıktı değerleri sisteme tanıtılır. Girdileri danışmanın belirlediği çıktılara göre şekillendirmek sistemin işidir. Bu yolla girdi-çıktı arasındaki ilişkiler öğrenilmektedir. Danışmansız öğrenme ise, herhangi bir danışmanın bulunmadığı, sadece girdi değişkenlerine sahip gözlemlerden oluşan öğrenme yöntemidir (Keskin, 2018).

Bu tez çalışmasında, eldeki örnek projelere ait veriler eğitim aşamasında sisteme girdi parametreleri ve bunlara karşılık gelen çıktı parametresi olarak tanımlanmış olup, bunlara göre bağlantı ağırlık katsayılarının güncellenmesi gerçekleştirilmiştir. Sistem eldeki örnek verilerden genellemeler yaparak problemi temsil eden bir çözüm uzayı üretmektedir. Bu nedenle, çalışmada danışmanlı öğrenme yöntemi kullanılmaktadır.

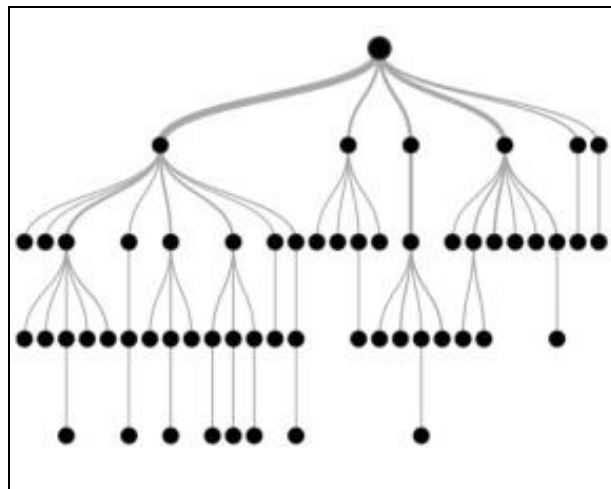
4.2. Makine Öğrenmesinde Kullanılan Algoritmalar

Bu aşamada tez kapsamında maliyet tahmin modeli oluşturmak amacıyla Orange programı tarafından kullanılacak makine öğrenmesi algoritmalarından bahsedilecektir. Bu doğrultuda Orange vasıtasıyla kullandığımız karar ağaçları (Tree), destek vektörü makineleri (SVM), olasılıksal dereceli azalma (SGD), rastgele orman (RF) ve yapay sinir ağları (YSA) olmak üzere 5 farklı algoritma üzerinde yoğunlaşmış ve bu algoritmaların kendi aralarındaki performans değerleri kıyaslanmıştır.

4.2.1. Karar ağaçları (Tree)

Girdi verilerinin test edildiği, sorulan sorularla hangi yöne yöneleceklerini belirleyen karar düğümleri, dal ve uç yapraklardan oluşan ağaç şeklinde modellenmiş bir algoritmadır. Öğrenme aşamasında ana fikir veri kümesi elemanlarının niteliklerine göre alt gruplara ayrılmasıdır. Bu işlem, problemi daha ufak parçalara ayırmaya yarar ve tahmin üzerindeki etkisi yeterince azalınca kadar devam eder.

Karar ağaçları, hem sayısal hem de kategorik verileri işleyebilmesi, birden fazla çıktı verisi olan problemlerin çözümünde kullanılabilir olması, basit görsel yapısıyla birçok algoritmaya göre anlama ve yorumlanmalarının kolay olması, istatistiksel testler kullanılarak söz konusu modelin doğrulanması mümkün olduğundan ile sınıflandırma algoritmaları arasında sıklıkla kullanılan tekniklerden biridir. Karar ağacı algoritmasının genel yapısı şekil 4.1’de verilmiştir.

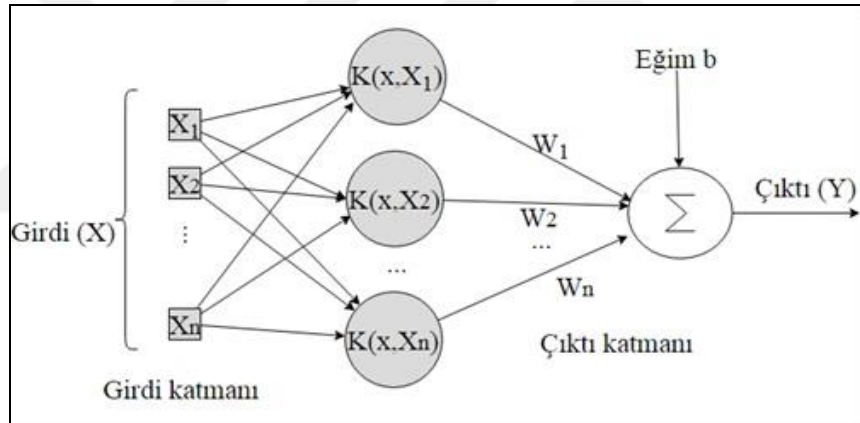


Şekil 4.1. Karar ağacı genel yapısı (Ulgen, 2017)

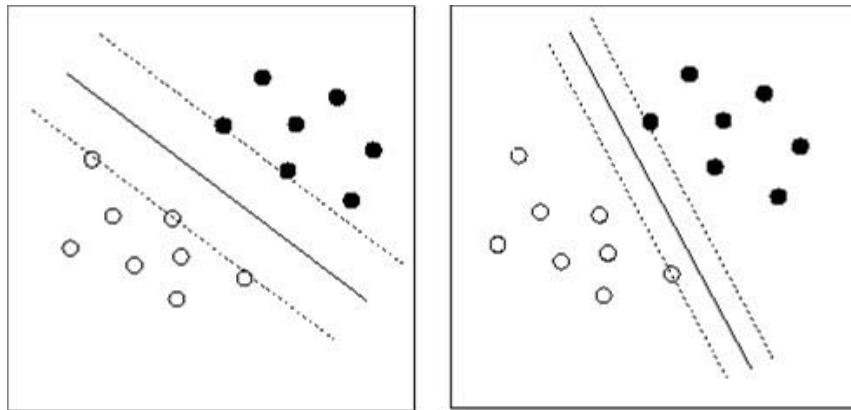
4.2.2. Destek vektörü makineleri (SVM)

Denetimli öğrenme algoritmalarından SVM, yüksek boyutlu uzayda etkili olması, belleği verimli bir şekilde kullanması ve karar fonksiyonu için çok farklı çekirdek fonksiyonları kullanması sebebiyle etkili makine öğrenmesi algoritmalarından birisidir. SVM, sınıflandırma problemlerinin çözümü ve örüntü tanıma için geliştirilen bir sistemdir.

SVM'nin çalışması temel olarak istatistiksel öğrenme teorisine ve en uygun karar fonksiyonunun tahmin edilebilmesi ile hatanın minimizasyonuna dayanmaktadır. SVM ile ilgili genel süreç Şekil 4.2'de özetlenmiştir. Marjin uzaklıklarına bakılarak sınıflandırma yapılır. Marjinlerin birbirinden uzak olması sınıflandırma performansını olumlu olarak etkilemektedir (Pekel, 2018). Marjinler birbirinden ne kadar uzak ise sınıflandırma performansı o kadar o kadar iyi olmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. SVM çalışma mantığı

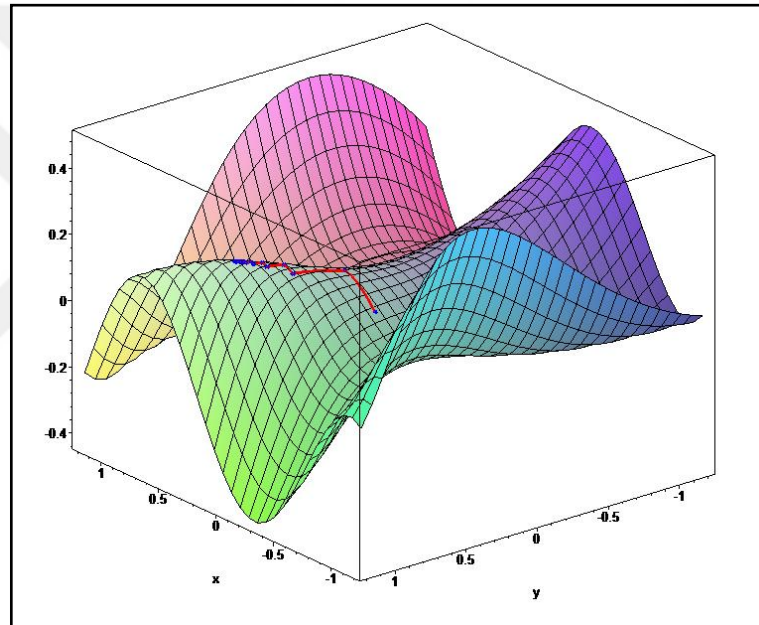


Şekil 4.3. Marjinlerine göre nesnelerin sınıflandırılması

4.2.3. Olasılıksal dereceli azalma (SGD)

SGD, günümüzde makine öğrenmesinde büyük ölçekli öğrenme problemlerine başarıyla uygulanmaktadır. SGD’de veri setindeki her bir eğitim örneği için rastgele olacak şekilde ağırlık katsayısı güncellemesi gerçekleştirilir. Makine öğrenmesinde büyük ölçekli öğrenme problemlerinin çözümü için kullanılan basit ama verimli bir yöntemdir (Şekil 4.4).

Olasılıksal dereceli azalmanın avantajları, verimlilik ve uygulama kolaylığı olup; dezavantajları, düzenleme parametresi ve yineleme sayısı gibi bir dizi hiper parametre gerektirir ve ölçeklemeye duyarlıdır (Anonim, 2017).



Şekil 4.4. SGD (Anonim, 2017)

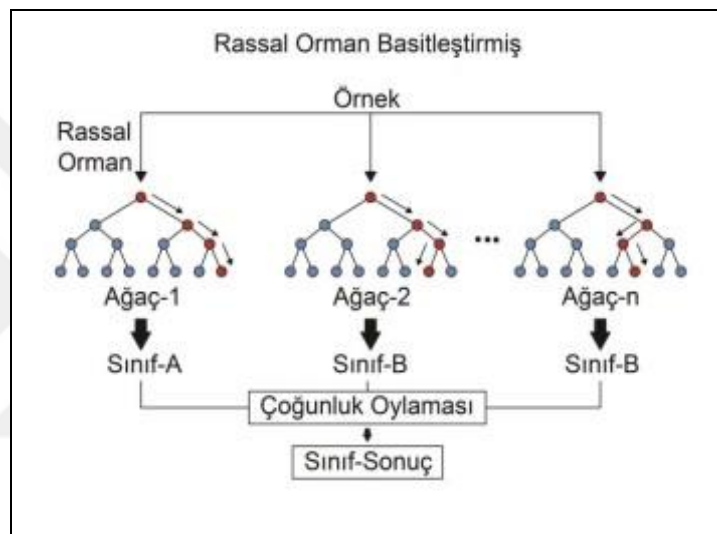
4.2.4. Random forest (RF)

Denetimli öğrenme algoritmalarından olan rastgele orman (RF), daha gerçekçi ve kararlı sınıflandırma işlemi için veri kümelerinden rastgele seçilen birden fazla karar ağacı ile bir orman oluşturur. RF’nin avantajları gerçekçi, hızlı ve istikrarlı bir tahmin sonucu üretmesidir.

RF algoritmasını bir örnekle anlatacak olursak, Furkan’ın beğenebileceği farklı yemeklerin bulunduğu bir restorana gitmek için arkadaşından tavsiye almak için talepte bulunduğunu varsayalım. Furkan’ın arkadaşı ilk olarak ona ne tür yemeklerden hoşlanıp

hoşlanmadığını soracaktır ve Furkan'ın verdiği cevapları baz alarak, arkadaşı Furkan'a tavsiye vermeye başlayacaktır. Bu kısımda arkadaşı bir karar ağacını (tree) oluşturmaktadır.

Sonrasında Furkan farklı tavsiyeler almak için daha fazla arkadaşına bu soruyu sorarak doğru karar verebilmesine yardımcı olacaklarını düşünür. Arkadaşları ona rastgele sorular sorarak, cevaplar doğrultusunda onu yönlendirdiler. Bu ise bir RF algoritması yaklaşımıdır. Furkan aldığı cevaplar doğrultusunda ona en çok tavsiye edilen restorana gitmeye karar verir. RF algoritmasını basitleştirilmiş bir örneği Şekil 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.5. RF genel yapısı (Koehrsen, 2017)

4.2.5. Yapay sinir ağları (YSA)

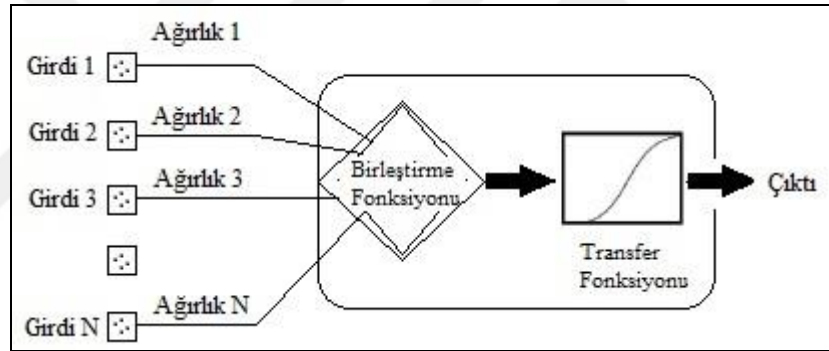
YSA, ilgili problemlere ilişkin eldeki verileri kullanarak öğrenme süreci geçiren, veri yapısındaki ilişkileri ortaya çıkaran, öğrenme ve test aşamalarının ardından karar verme kabiliyeti kazanan bir makine öğrenmesi algoritmasıdır.

YSA'nın temel prensibi İnsan beyninde bulunan sinir hücrelerini şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit etmek olup, biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu olarak görülen bilgisayar programlarıdır. Bu şekilde, insanoğluna özgü deneme-yanılma yoluyla öğrenme yeteneğini bilgisayar ortamına taşıyabildiği düşünülen YSA teknolojisi bir bilgisayar sistemine inanılmaz bir örnek veriden öğrenme kapasitesi sağlamakta, avantajlar ve kolaylıklar sunmaktadır (Yurtoğlu, 2005).

YSA'nın ek küçük elemanları sinir hücreleridir. Önceden yapılan hesaplamalara ait veriler bu sinir hücrelerindeki belleklerde saklanır. YSA, girdi olarak tanımlanan veriye göre, belleğinde saklı bilgiye dayanarak bir çıkış verir. Sinirin belleğindeki bilgilerin gelen giriş bilgilerine göre güncellenmesi ile öğrenme işlemi yapılır (Çankaya, 2013).

4.2.5.1. Yapay sinir hücresi ve çalışma prensibi

Biyolojik sinir ağlarını taklit eden yapay sinir ağlarında da ana unsur, sinir hücreleridir. Bir yapay sinir ağı birbiriyle bağlantılı birçok basit yapay sinir hücresinden oluşur, bu hücreler YSA'nın çalışmasında esas teşkil eden temel bilgi işleme birimidir. Tasarlanan hücre modellerinde farklılıklar olabileceği gibi genelde bir yapay sinir hücresi modeli 5 temel bileşenden oluşmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Yapay sinir hücresi yapısı

1. Girdiler: Hücrenin kendisinden, diğer hücrelerden veya dış ortamdan sinire giren bilgilerdir. Bunlar ağı'nın öğrenmesi istenen örneklerden oluşturulur.
2. Ağırlıklar: Hücreye gelen bilgiler, ağırlık katsayılarıyla çarpılarak hücreye girer ve ağırlıklar, girdi parametresinin çıktı parametresi üzerindeki etkisini (göreceli kuvvetini) gösterir.
3. Birleştirme (Toplama) Fonksiyonu: Hücreye gelen net girdiyi hesaplayıp çıkan sonucu transfer (aktivasyon) fonksiyonuna göndermektedir. Yani, bir işlem elemanından gelen bilgileri birleştirme görevi yapmaktadır. En sık kullanılan birleştirme fonksiyonu tipleri Çizelge 4.1'de gösterilmiş olup bunlardan en yaygın kullanılanı hücreye gelen girdi değerlerinin kendi ağırlıklarıyla çarpılarak bulunan

ağırlıklı toplamdır. Tasarlanan model için en ideal birleştirme fonksiyonu deneme yanılma yoluyla bulunur.

Çizelge 4.1. Bazı Birleştirme (Toplama) Fonksiyonları

Fonksiyonun Adı	Fonksiyon
Toplam	$Net\ Girdi = \sum_i G_i W_i$
Çarpım	$Net\ Girdi = \prod_i G_i W_i$
Maksimum	$Net\ Girdi = \max(G_i W_i), \quad i = 1 \dots N$
Minimum	$Net\ Girdi = \min(G_i W_i), \quad i = 1 \dots N$
Çoğunluk (Signum)	$Net\ Girdi = \sum_i sgn(G_i W_i)$
Kümülatif Toplam	$Net\ Girdi = Net_{eski} + \sum_i G_i W_i$

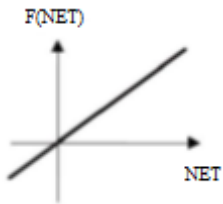
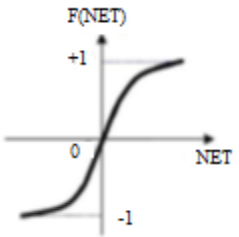
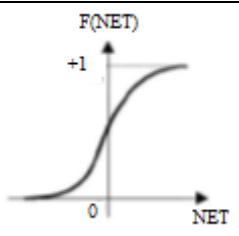
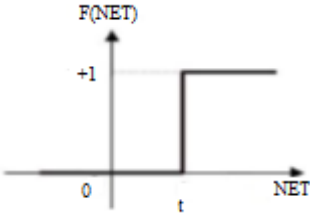
4. Transfer (Aktivasyon) Fonksiyonu: Söz konusu fonksiyon ile hücreye gelen net girdi işlenerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktı belirlenir. Çözümü aranan probleme en uygun fonksiyonun hangisi olduğunu belirlemek için belli bir formülüzasyon bulunmayıp, deneme yanılma yöntemiyle belirlenir. Doğrusal olmayan yapısıyla yapay sinir ağı uygulamalarında yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonu “sigmoid fonksiyonu” dur.

Transfer fonksiyonları, çıktı parametrelerini $[0, 1]$ veya $[-1, 1]$ aralığında sınırlandırdığında, sıkıştırma veya eşik fonksiyonu olarak da adlandırılmaktadır.

Uygulamada en fazla kullanılan aktivasyon fonksiyonları Çizelge 4.2’de sunulmuş olup, genel özellikleri aşağıda anlatılmıştır:

- Lineer (doğrusal) aktivasyon fonksiyonunda hücreye gelen girdiler direkt olarak hücrenin çıktı olarak kabul edilir.
- Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonunda hücre çıktısı gelen net girdi değerinin tanjant fonksiyonunda yerine konulması ile hesaplanır. $[-1, 1]$ aralığında çıktı değeri üretir.
- Sigmoid aktivasyon fonksiyonu geri yayılım tekniği ile eğitilen ağlarda iyi sonuçlar verir. $[0, 1]$ aralığında çıktı değeri üretir.
- Eşik (basamak) aktivasyon fonksiyonu genellikle tek katmanlı ağlarda kullanılır. Hücre çıktı değeri $[0, 1]$ aralığında değişir.

Çizelge 4.2. Bazı Aktivasyon Fonksiyonları

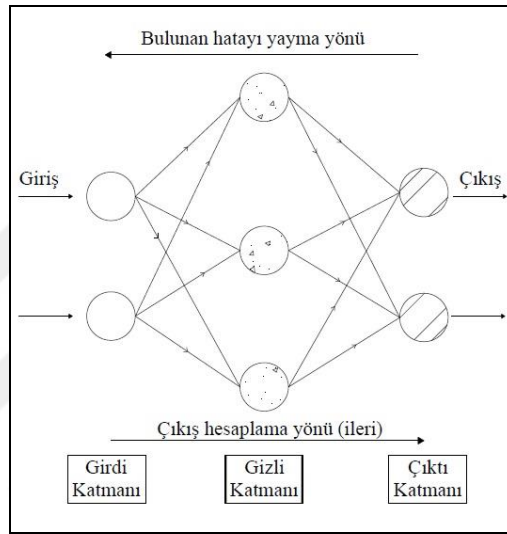
Fonksiyon Türü	Fonksiyon	Fonksiyonun Grafiği
Lineer (Doğrusal) Fonksiyon	$F(NE T) = NE T$	
Hiperbolik Tanjant Fonksiyonu	$F(NE T) = \frac{e^{NE T} + e^{-NE T}}{e^{NE T} - e^{-NE T}}$	
Sigmoid Fonksiyonu	$F(NE T) = \frac{1}{1 + e^{-NE T}}$	
Eşik (Basamak) Fonksiyonu	$F(NE T) = \begin{cases} 1, & NE T > t \\ 0, & NE T \leq t \end{cases}$	

4.2.5.2. Yapay sinir ağı modelleri

Yapay sinir hücreleri arasındaki bağlantının şekline göre değişen 3 tip YSA modeli bulunur. Bunlar; İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (İBYSA), Kaskat Bağlı Yapay Sinir Ağları (KBYSA) ve Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (GBYSA)'dır. İBYSA'da, hücreler sırasıyla giriş, gizli ve çıkış katmanlarına ayrılmışlardır. Giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bir sinyal iletimi vardır. Her sinir yalnızca kendinden önceki katmanda bulunun hücreler tarafından beslenebilir. KBYSA, beslenme şekli ve yapı olarak İBYSA ile benzerlik göstermekte olup, İBYSA ile çözülmesi güç olan problemlerin çözümünde kullanılırlar. GBYSA' da ise, çıkış katmanındaki hücrelerin, giriş katmanındaki veya önceki ara katmanlardaki sinirleri geri beslediği ağ yapısıdır. Bu ağ modelinde iki yönde de sinyal akışı vardır. Bu kısımda tezde kullanılan GBYSA açıklanmıştır.

4.2.5.3. Geri beslemeli yapay sinir ağları (GBYSA)

GBYSA'da, sinir ağı çıkışı ve ara katmanlardaki çıkışlar kendi katmanlarındaki hücreler arasında olduğu gibi önceki katmanlardaki hücreleri de beslerler. Bu yapısı ile GBYSA, doğrusal olmayan dinamik bir davranış gösterir. Dolayısıyla, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta GBYSA yapıları elde edilebilir. Aşağıda bulunan Şekil.4.7.'de iki katmanlı ve çıkışlarından giriş katmanına doğru geri beslemeli bir YSA yapısı görülmektedir (Kabalcı, 2015).



Şekil 4.7. GBYSA

4.2.5.4. GBYSA'da ağ performansını etkileyen faktörler

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında, ağın tahmin performansını etkileyen faktörler aşağıda belirtilmiştir:

- İlk olarak seçilen ağırlık katsayısı değerleri,
- Öğrenme katsayısı,
- Hata değerlendirme kriteri seçimi,
- Bağlantı ağırlık güncellemeleri için belirlenen katsayılar,
- Uygun ağ mimarisinin belirlenmesi,
- Eldeki problemin türüne uygun algoritma seçimi,
- Girdi-çıkıktı parametreleri ve veri aralığı,
- Eğitim süresi.

GBYSA'da eğitim süresinin uzun olması ve global minimum hata değerlerine ulaşmada yaşanan zorluklar gibi dezavantajlar, yukarıda belirtilen faktörlerin doğru seçimi ile giderilebilir.

İki katmanlı bir YSA'da n tane sinir için her bir sinirin diğerine ve kendi kendine bağlantısı olduğu düşünülürse, n^2 tane ağırlık katsayısı güncellemesi yapılır. Hatanın geriye yayılımı da bu ağırlık üzerinden gerçekleştirildiği için, bu işlemler oldukça uzun zaman alır. Eğitim aşamasında, hesaplanan hatalarda global minimuma ulaşamama, yerel minimum değerlerine yakalanma sorunu vardır. Bu durumda ağ kabul edilmeyecek bir çözüme doğru gider. Bu sorun öğrenme katsayısında yapılacak değişimle giderilebilir (Çankaya, 2013).

4.2.5.5. Öğrenme

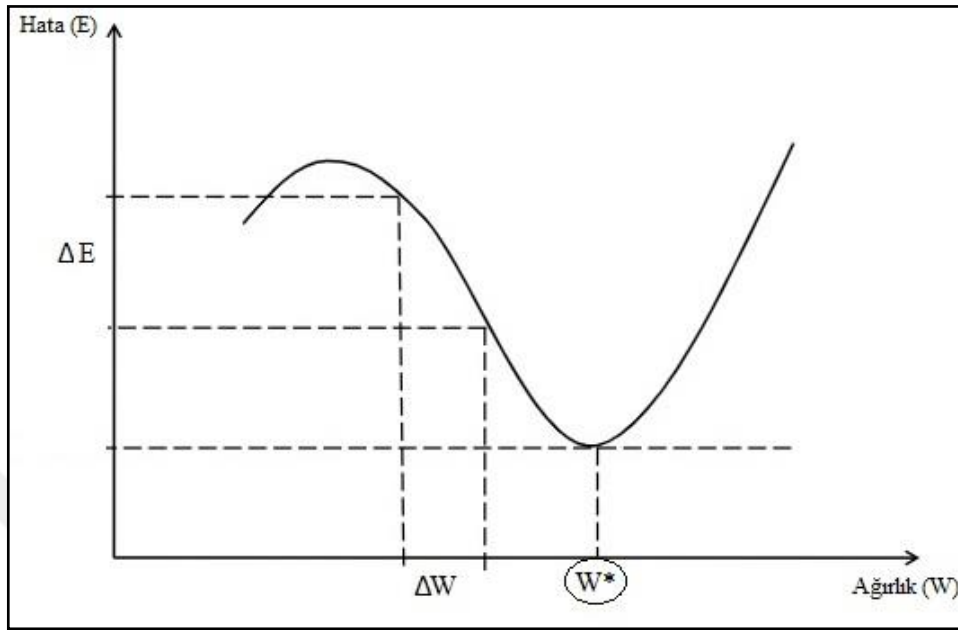
YSA'ları eldeki verilerle kendisini eğiterek öğrenebilme ve veriler arasındaki saklı ilişkiyi ortaya çıkarma özelliklerine sahiptirler. Yani, ağa eğitim için girilen veri kümesindeki girdi değerlerine karşılık gelen istenen çıktı değerlerini veren kuralları kendisi öğrenir. Öğrenme işlemi, geri beslemeli veya ileri beslemeli olarak girdi-çıkı değerleri arasındaki ilişkiyi sağlayan bağlantı ağırlıklarının güncellenmesi vasıtasıyla gerçekleşir.

4.2.5.6. Bağlantı ağırlık katsayılarının güncellenmesi

YSA'ya tanımlanan girdi parametrelerinin her biri için ağırlık katsayıları belirlenir. Girdi parametrelerine karşılık gelen YSA'nın o anki çıkış değeri ile ağa tanımlanan olması istenen çıktı değeri arasındaki farka göre ilk olarak belirlenen bağlantı ağırlık katsayılarının güncellenmesi gerçekleştirilir. Ardışık olarak ayarlanan bu ağırlık katsayıları çözülmek istenen probleme ait bilgileri saklı tutar.

Şekil 4.8' de gösterilen hata uzayında W^* en az hatanın olduğu ağırlık katsayısı, ΔW her iterasyonda ağırlık katsayısında yapılan değişim miktarı, ΔE ağırlık katsayısında yapılan değişimle düşürülen hata miktarıdır. Şekilden anlaşıldığı üzere problemin çözümü için global minimum hata değeri W^* olmasına rağmen pratikte bu hata değerini yakalamak çok zor ve zaman alıcı olmaktadır. Söz konusu değere ulaşmak için bilinen bir yöntem yoktur. Ağ, eğitim esnasında kendisi bu çözümü yakalamak için uğraşmaktadır. Bazen yerel bir çözüme takılabilmekte ve tahmin performansını daha

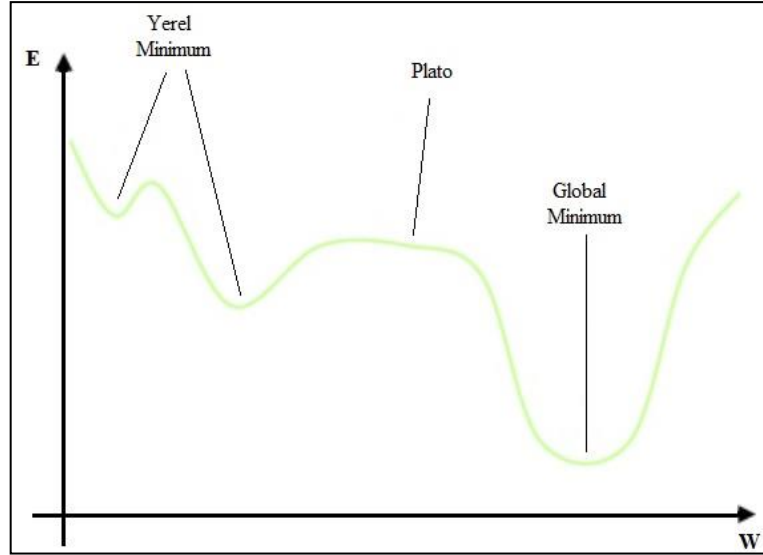
iyileştirmek imkansız olmaktadır. O nedenle belirlenen bir hata düzeyine (tolerans düzeyi) ulaşıldığında eğitim sonlandırılır.



Şekil 4.8. Öğrenmenin hata uzayındaki gösterimi

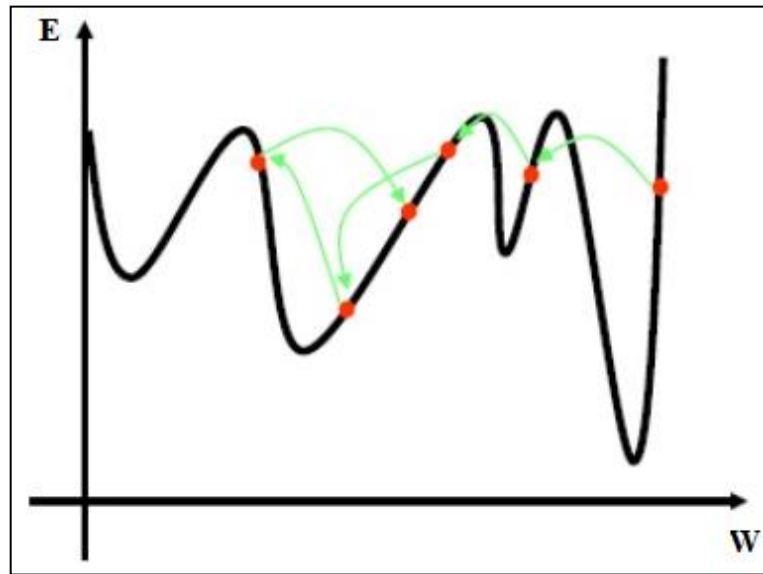
4.2.5.7. Öğrenme katsayısı (l_r), momentum katsayısı (α) ve iterasyon

Eğitim süresini değiştirecek parametrelerden biri olan öğrenme katsayısını tayin etmek için belli başlı bir ölçüt yoktur. Bu oran genellikle deneme yanılma yöntemiyle tayin edilir. Öğrenme katsayısı, girdi ağırlıklarının değişim miktarını belirlemektedir. Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, büyük öğrenme katsayılarının tanımlanması, yerel çözümler arasında ağırlık dolaşması ve salınım yapmasına neden olup, ağırlık öğrenme işleminde aksamaya sebep olur. Böyle bir durumu engellemek için öğrenme katsayısını küçük değerlerde tutmak gerekir. Öğrenme katsayısı, $0.001 < l_r < 1$ aralığında seçilen sabit bir sayıdır. Öte yandan öğrenme katsayısının çok küçük seçilmesi, öğrenmeyi yavaşlatacağından çözülecek probleme en uygun değer seçilir (Çankaya, 2013).

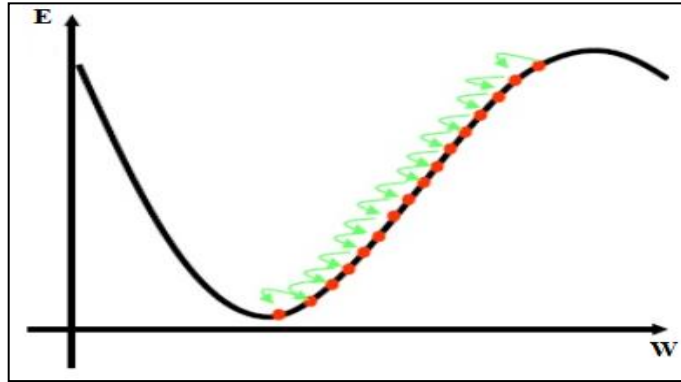


Şekil 4.9. Yerel ve global minimum hatalar

Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de görüldüğü üzere, momentum katsayısı da öğrenme performansını etkiler ve problemin niteliğine göre belirlenmelidir. Momentum katsayısı, ağırlık katsayılarının güncellenmesi esnasında bir önceki iterasyondaki değişimin belirli bir oranının yeni değişim miktarına eklenmesidir. Bu katsayının kullanımı ile yerel çözümlere takılıp kalan ve eğitimin sonlandırılması gereken durumlarda, sıçrama yaparak daha iyi sonuçlara ulaşılması amaçlanmıştır. Bu katsayının çok küçük veya çok büyük olması yerel minimumlardan kurtulmayı veya global minimuma ulaşmayı daha da zor hale getirebilir.

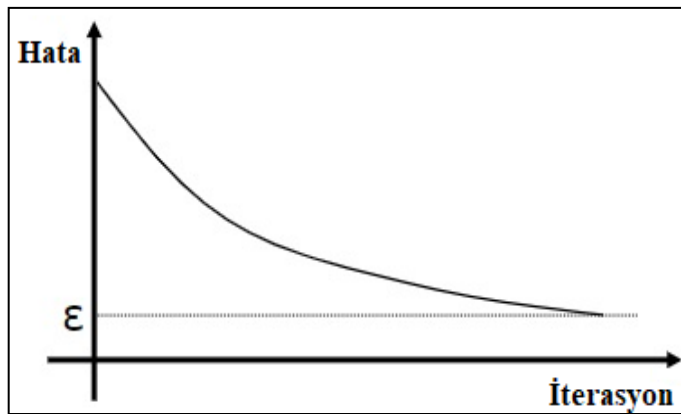


Şekil 4.10. Momentum katsayısının büyük seçilmesi ile ağırlıkların değişimi



Şekil 4.11. Momentum katsayısının küçük seçilmesi ile ağırlıkların değişimi

İterasyonun kelime anlamı tekerrür, tekrarlama, yineleme veya ardışık işlem anlamına gelmektedir. İterasyon bu çalışmada, ağırlık eğitimi esnasında girdi parametrelerine karşılık programın yaptığı maliyet tahminlerinin adım adım ilerleyerek asıl ulaşılmak istenen değerler olan birim fiyat esaslı maliyetlere belirli bir duyarlılık derecesi ile yaklaşması için yapılan eğitim işleminin tekrarlanması olarak ifade edilebilir. Bazı problemlerin çözümü sadece 100 iterasyon sürerken bazıları 8-10 milyon iterasyon gerektirebilir. Bu konuda da elimizde belli bir kriter yoktur. Deneme yanılma yolu ile optimum değer belirlenmesi gerekir. Şekil 4.12’de iterasyon sayısı ile hata oranının değişimi gösterilmektedir. Burada, öğrenen bir ağırdaki hatanın her iterasyonda düştüğü ancak ϵ değerine ulaşıldıktan sonra hata değişiminin sonlandığı görülür. Bu durumda öğrenme işlemi sonlanmış ve çözüm için daha iyi bir hata oranına ulaşamayacağı belirlenmiştir. Eğer elde edilen çözüm kabul edilemez ise o zaman ağırlık yerel minimuma takılmış demektir.



Şekil 4.12. Ağırlık öğrenme eğrisi

4.2.5.8. Veri normalizasyonu

Veri normalizasyonu, özellikle büyük miktardaki verilerden anlamlı örüntüler çıkarmak için bilgisayar programlarının veri işleme alanlarında kullanılan bir yöntemdir. Asıl amaç, arasında çok fazla farklılık bulunan verilerin tek bir düzen içerisinde ele alınmasıdır. Farklı bir kullanımı ise değişik ölçekleme sisteminde bulunan verilerin birbiri ile kıyaslanabilmesini sağlamaktır.

Verilerin normalizasyonu, giriş verilerinin transfer edilirken fonksiyonun aktif olan bölgesinden aktarılmasını sağladığından seçilen yöntem YSA performansını direkt olarak etkileyecektir. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını kümülatif toplamlarla koruma eğilimleri nedeniyle zorunludur ve aşırı değerlendirilmiş kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar (Sağıroğlu ve ark., 2003).

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı aktivasyon fonksiyonlarının ürettikleri çıktı değerleri göz önüne alınarak girdi verilerine normalizasyon işlemi uygulanmalıdır. Kullanılan aktivasyon fonksiyonlarına göre uygulanması gereken normalizasyon işlemi fonksiyonları Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Değerler kendi içerisinde normalize edilir, bu işlem yapay sinir ağının öğrenmesini hızlandırır.

Çizelge 4.3. Normalizasyon İşlemi Fonksiyonları

Aktivasyon Fonksiyonu	Normalizasyon	Fonksiyon
Hiperbolik Tanjant	[-1,1]	$x_i' = \frac{2(x_i - \min_{(x_i)})}{(\max_{(x_i)} - \min_{(x_i)})} - 1$
Sigmoid	[0,1]	$x_i' = \frac{x_i - \min_{(x_i)}}{\max_{(x_i)} - \min_{(x_i)}}$

Burada;

x_i : normalize edilecek hücreyi,

x_i' : x_i hücresinin normalize edilmiş halini,

$\min(x_i)$: normalize edilecek veri kümesindeki minimum değeri,

$\max(x_i)$: normalize edilecek veri kümesindeki maksimum değeri temsil eder.

4.3. Ağ Performansını Değerlendirme Kriteri Seçimi

Seçilen makine öğrenmesi algoritması ve örnek veriler ile eğitimi tamamlanan ağın, test aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada ağın test için ayırdığı veriler ağa sunulmakta ve en iyi sonucu veren ağ mimarisinin belirlenmesi için seçilen performans değerlendirme kriterleri doğrultusunda teste tabi tutulmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan performans değerlendirme yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

4.3.1. Ortalama kare hata (Mean squared error-MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_j^2 \quad (4.1)$$

Regresyon denklemi için, en yaygın olarak kullanılan performans değerlendirme kriteri MSE'dir. MSE, bir makine öğrenmesi modelinin, tahmin performansını ölçer, her zaman pozitif değerlidir ve tahmin edilen değerler olması gereken değerlere ne kadar yakınsa MSE o kadar küçük olur; olması gereken değerden ne kadar uzaklaşırsa MSE o kadar büyük olur.

4.3.2. Kök ortalama kare hata (Root mean squar error-RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n e_j^2}{n}} \quad (4.2)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

RMSE, tahmin hatalarının standart sapması ve ortalama kare hatanın kare köküdür. Yani, hatalar, regresyon hattının veri noktalarından ne kadar uzakta olduğunun bir ölçüsüdür; RMSE ise bu hataların ne kadar yayıldığıнын bir ölçüsüdür. Başka bir deyişle, verilere en iyi uyan çizgi etrafında o verilerin ne kadar yoğunlaştığını söyler. RMSE değeri 0'dan ∞ 'a kadar değişebilir. Hata miktarı sifira ne kadar yakın ise o kadar iyi tahmin performansı göstermiş demektir. RMSE değerinin sifir olması modelin hiç hata yapmadığı anlamına gelir. RMSE, büyük hataları daha fazla cezalandırmanın avantajına sahiptir, bu yüzden bazı durumlara daha uygun olabilir (Anonim, 2017).

4.3.3. Ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |e_j| \quad (4.3)$$

MAE, her bir hata değerini pozitif yapmak için hatanın mutlak değerini almakta, bunları toplamakta ve ortalamasını almaktadır. MAE değeri kolay yorumlanabilir olduğu için regresyon ve zaman serisi problemlerinde sıkça kullanılmaktadır. MAE değeri 0'dan ∞ 'a kadar değişebilir. Hata değerinin sıfıra yaklaşması tahmin performansının iyiliğine işaret eder.

4.3.4. Determinasyon katsayısı (R^2)

Determinasyon katsayısı, ağ modelinin doğruluğunu ölçmek için kullanılan bir doğruluk katsayısı ve regresyon denkleminin tahmin başarısını yansıtan bir istatistiktir. Bir lineer regresyon problemine çalışırken, belirlediğimiz lineer regresyon modelimiz, değişkenler arasındaki korelasyonu (ilişkiyi) bulurken en küçük kareler yöntemini kullanarak yani, gerçek noktalar ile ilişkili çizilen regresyon eğrisini çizerken en az hatayı bulup fit etmeye çalışır. Bunu yaparken modelin tahmin edip oluşturduğu doğru üzerindeki noktalar ile gerçekte ölçülen dataolar arasındaki uzaklığın karesini alarak yapar. R^2 değeri $[-1,1]$ arası değerler almakla birlikte negatif değerler ters ilişkiyi, bire yakın pozitif değerler gerçek değere yakınlığı, sıfır değeri ise parametreler arasında hiçbir ilişki olmadığını gösterir (Dinç, 2018).

5. VERİLERİN ANALİZİ VE MALİYET TAHMİN MODELİ KURULMASI

5.1. İnşaat Sektöründe Maliyet Tahmininin Önemi

Maliyet tahminindeki temel amaç, kıt kaynakları en etkin şekilde kullanarak, değerlendirilerek istenilen kalitede hizmet ya da ürünün sağlanması için gereken maliyeti belirleyebilmektir. Maksimum üretkenliğin elde edilmesi ve projenin öngörülen kalitede tamamlanabilmesi için oluşacak harcamaların önceden doğru tahmin edilmesi ve aynı zamanda belirlenen maliyet limitleri içerisinde etkin bir maliyet kontrol sistemi ile denetlenmesi gereklidir (Kuruoğlu ve ark., 2012).

Belirsizliklerin çok olduğu ve birçok iç ve dış faktörlerin etkisinde olan inşaat sektöründeki projelerin istenilen başarıya ulaşmasındaki en önemli unsur, ön tasarım, tasarım ve ihale evresinde maliyet tahminlerinin doğru yapılmasıdır. Bunun için maliyet tahmini, fizibilite çalışmalarında, yapım öncesi ihale evresinde ve teklif aşamasında önemli bir yer tutmaktadır.

Maliyet tahmininin ön tasarım, tasarım ve ihale aşamalarında meydana geldiği, düşük tahminlerin zarara yol açtığı, yüksek tahminlerin ekstra bütçe harcadığı ve gerçekçi tahminlerin ise son maliyetleri azalttığı bilinmektedir (Kasaplı, 2014).

Bu çalışmada bahse konu köprülü kavşak projelerinin inşa maliyeti, yapı, yol, altyapı, deplase, elektrik ve mekanik gibi imalat grupları ve bunların kalemlerinden oluşmaktadır. Ancak, genellikle bir köprülü kavşak projesinin inşa maliyetinin %65-85'lik kısmını yapı imalatları oluşturduğundan ve öğrenme ile tahminin belli bir noktaya odaklanmasını sağlayabilmek açısından, çalışmada sadece yapısal parametreler ve yaklaşık maliyete etkileri incelenmiştir.

5.2. Verilerin Toplanması

Bu tez çalışmasında, veri setlerinin oluşturulması için ülkemizde Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü, Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP) ve belediyelerden temin edilen köprülü kavşak projeleri incelenmiştir. Verilerin sağlıklı olduğu düşünülen ve birbirine benzer özelliklere sahip 50 (Elli) adet köprülü kavşak projesi çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir.

Yapılan analizde, bahse konu 50 adet tek yöndeki trafik akımının alt geçit marifetiyle kesintiye uğramaksızın devam ettiği, diğer yönlerdeki trafik akımlarının üst

tarafıta ışıklı sinyalizasyon veya dönel kavşak ile sağlandığı köprülü kavşak projelerine ait veriler kullanılmıştır. Bu projeler üzerinden her biri için, köprülü kavşak betonarme inşaat maliyetleri ve bu maliyetleri en çok etkilediği düşünölen alt geçit yapı uzunluğu (m), kapalı kesit alanı (m²), fore kazık (m³), sanat yapıları (m³), prekast cephe paneli (m), ön germeli prefabrik kiriş (m³) parametreleri (Çizelge 5.1) hesap edilmek suretiyle çalışmaya dahil edilmiştir olup, değişkenlere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

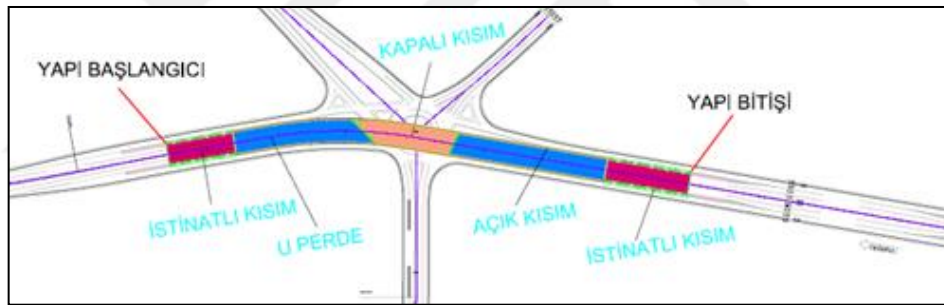
Çizelge 5.1. Tahmin modeli için belirlenen değişkenler

S.No	Proje Adı	Alt geçit yapı uzunluğu	Kapalı kesit alanı	Fore kazık	Sanat yapıları	Prekast cephe paneli	Ön germeli prefabrik kiriş	Köprülü Kavşak Betonarme İnşaat Maliyeti
		(m)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m)	(m ³)	(TL)
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	O
1	Proje-1							
2	Proje-2							
3	Proje-3							
...	...							
50	Proje-50							

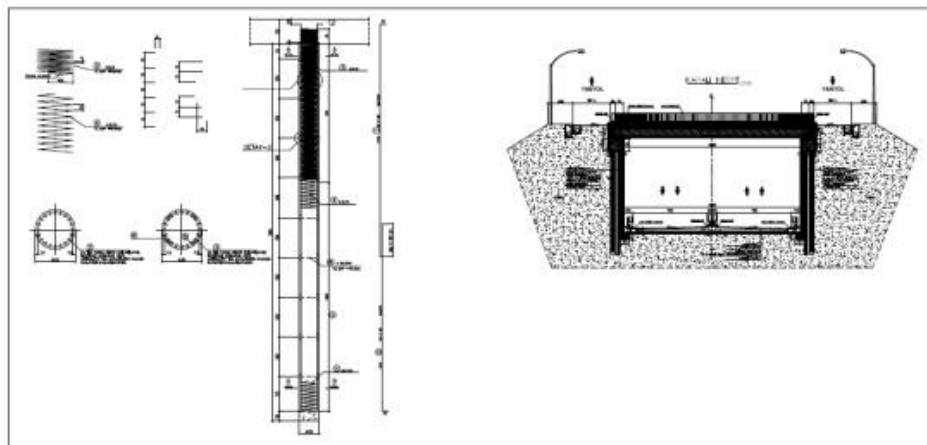
- I₁ [Alt geçit yapı uzunluğu (m)]: Çalışmada incelenen köprülü kavşaklar genellikle istinat duvarı, U perdeler, ANO (kapalı kesit) ve fore kazık yapılarından oluşmaktadır. Alt geçit yapı uzunluğu yol ekseninde bu yapılardan ilki ile sonu arasındaki mesafedir.
- I₂ [Kapalı kesit alanı (m²)]: Farklı istikametlerdeki trafik akımlarının birbiriyle keşiştiği noktalarda bir yöndeki trafik akımının alt geçit marifetiyle kesintiye uğramadan devam ettiği kısımda üzeri yerinde dökme tabliye veya prefabrik kiriş ile örtölü alandır.
- I₃ [Fore kazık (m³)]: Köprülerde derin temel açarken şev stabilitesini sağlamak için zeminin dikine doğru yapılan inşaat imalatı olup fore kazık çapı ve derinlikleri dikkate alınarak hesaplanan hacimdir.
- I₄ [Sanat yapıları (m³)]: İstinat duvarları, U perdeler, ANO ve varsa yerinde dökme tabliye için kullanılan beton miktarı veya hacimdir.
- I₅ [Prekast Cephe paneli (m)]: Özel olarak hazırlanmış kalıpların içerisine projesine uygun donatı yerleştirilerek, uygun kimyasal ilaveli beton dökölmesi, vibrasyon ve buhar küründen geçirilerek hazırlanan panelin

şantiyeye nakledilip yerine montajının yapılması suretiyle köprülü kavşağın fore kazıklı yüzeylerinin kapatılmasını sağlayan yapı elemanıdır.

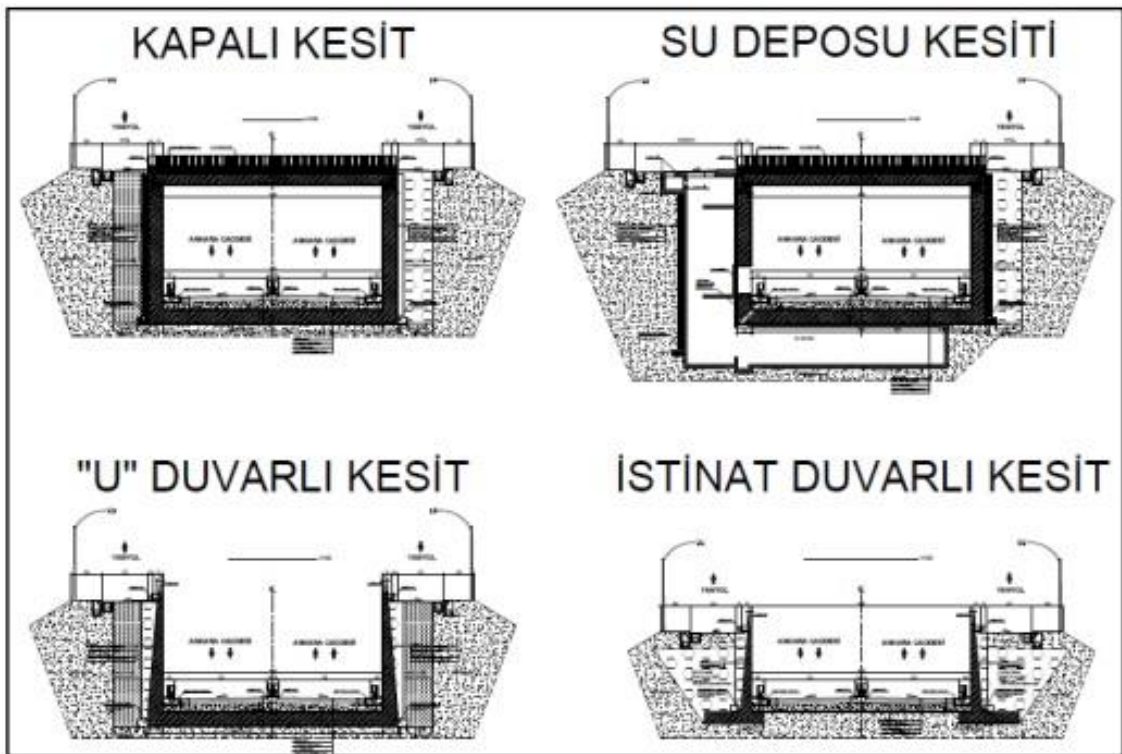
- I_6 [Ön germeli prefabrik kiriş (m)]: Köprülerde büyük açıklıkları ekonomik şekilde geçmek için kesiti arttırmak yerine, betona ön germe kuvveti verilerek, hesap edilen yükler altındaki betonda çekme gerilmesini yok etmek ya da belli bir seviyeye kadar azaltma düşüncesiyle fabrikada imal edilen ve kapalı kesiti oluşturan kirişlerin toplam uzunluğudur.
- O [Betonarme inşaat maliyeti (TL)]: Köprülü kavşak projesinin inşaat maliyeti; yapı, yol, altyapı, deplase, elektrik ve mekanik gibi imalat grupları ve bunların kalemlerinden oluşmaktadır. Ancak, inşaat maliyetinin büyük bir kısmını yapı imalatları oluşturduğundan ve öğrenme ile tahminin belli bir noktaya odaklanmasını sağlayabilmek açısından, çalışmada sadece yapısal parametreler dikkate alınmıştır. Birim fiyat esasına göre belirlenmiş olup, metraj ve birim fiyat çarpımlarının toplamıdır.



Şekil 5.1. Örnek bir köprülü kavşağın yapı uzunluğu ve sanat yapıları plan görünüşü



Şekil 5.2. Örnek fore kazık ve kapalı kesit detayı



Şekil 5.3. Örnek bir köprülü kavşağın sanat yapıları kesit görünüşü



Şekil 5.4. Örnek prefabrik kirişler ve köprülü kavşakta prefabrik panel montajı

Köprülü kavşakların isimleri, ihale tarihleri, betonarme inşaat maliyetleri, güncellenmiş betonarme inşaat maliyetleri, girdi parametreleri ve ölçü birimlerinin tam olarak sunulduğu tablo Çizelge 5.2’de sunulmuştur.

Anılan verilere örnek teşkil etmesi için; veri setinde yer alan tüm projelere ait görseller EK-1’de sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Analiz için kullanılan veri seti

Veri No	Proje Adı	Altgeçit Yapı Uzunluğu	Kapalı Kesit Alanı	Fore Kazık	Sanat Yapıları	Prekast Cephe Paneli	Ön Germeli Prefabrik Kiriş	Köprülü Kavşak BA İnşaat Maliyeti		Köprülü Kavşak BA İnşaat Maliyeti
		(m)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m)	(m ³)	İhale Ay/Yıl BF İle (TL)	İhale Ay/Yıl	Ocak/2019'a Güncellenmiş BF İle (TL)
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆			(O)
1	ADANA ÇEVRE YOLU BORSA KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	489	1170	10458,46	794,61	710,44	404,02	7.426.549,64 TL	08-.12	19.589.271,79 TL
2	AĞAÇ İŞLERİ SANAYİHIZLI TREN KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	413	490	5819,30	677,24	326,6	253,89	4.432.834,46 TL	06-.13	8.867.337,70 TL
3	ANKARA 2.CADDE ÖVEÇLER ALT GEÇİDİ	224	280	0,00	3710	0	0,00	1.755.775,28 TL	01-.08	5.187.472,65 TL
4	ANKARA CADDESİ GALERİCİLER KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	545	2396	3720,27	15774	0	867,87	25.830.406,11 TL	01-.18	34.337.629,20 TL
5	ANKARA CEYHUN ATIF KANSU ALT GEÇİDİ	230	380	0,00	3140	0	0,00	1.451.822,04 TL	01-.08	4.289.437,38 TL
6	ANKARA FEN LİSESİ KAVŞAĞI	544	7400	0,00	32110	0	0,00	9.789.421,56 TL	01-.07	30.787.870,35 TL
7	ANTALYA-MANAVGAT-ALANYA GÜLTEPE KÖP.KAV.	562	2550	11452,00	596	558	1529,39	10.100.736,20 TL	02-.12	21.149.272,18 TL
8	AZERBAIJAN KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	460	1890	8534,52	1400	544	1077,38	6.181.484,95 TL	02-.12	12.943.005,73 TL
9	BEYŞEHİR ÇEVRE YOLU ÜZERİNDE FATİH CAD. KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	557	2182	3362,06	15565	0	676,26	24.980.774,52 TL	01-.18	33.208.172,29 TL
10	BÜSAN KAVŞAK DÜZENLEMESİ	2087	7953	34732,67	14840	2525	3189,42	22.914.938,93 TL	03-.08	63.982.919,84 TL
11	ÇAKIRLI CAD.-LAMCI GEÇİDİ	450	1182	4096,92	1596	550	719,73	5.048.235,67 TL	12-.05	17.667.159,16 TL
12	ÇEÇENİSTAN CADDESİ KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	510	2630	10173,60	1029	630	1011,60	8.017.633,62 TL	06-.13	16.038.285,97 TL
13	EREĞLİ KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	810	2024	11968,68	4413	960	782,73	14.512.028,95 TL	01-.08	42.876.079,39 TL

Çizelge 5.2. (Devam) Analiz için kullanılan veri seti

14	KULE-MALAS KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	230	400	3711,06	1858	60	413,19	3.728.584,70 TL	01-.12	7.799.735,10 TL
15	OSMANİYE DEVLET BAHÇELİ KAVŞAĞI	680	7600	9291,39	16520	0	1734,00	32.305.297,77 TL	03-.17	47.071.913,31 TL
16	OTOGAR KAVŞAĞI	600	1680	0,00	12500	0	676,26	8.939.756,90 TL	12-.06	28.101.100,43 TL
17	SİLLE KAVŞAĞI	650	855	5174,72	1734	740	562,05	5.443.180,36 TL	01-.06	18.723.904,58 TL
18	SİVAS GAZİ LİSESİ ALT GEÇİDİ	360	465	4202,50	2715	480	163,97	5.802.652,23 TL	06-.17	8.342.294,02 TL
19	SİVAS HALFELİK ALT GEÇİDİ	530	980	0,00	9330	0	0,00	6.659.095,14 TL	05-.16	11.042.438,24 TL
20	SİVAS YUKARI TEKKE ALT GEÇİDİ	380	1045	7159,20	4480	540	0,00	7.813.954,44 TL	05-.17	11.241.869,55 TL
21	ŞEFİKCAN CAD.KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	390	1960	1997,54	10643	0	710,07	16.695.672,18 TL	01-.18	22.194.377,99 TL
22	YENİ İSTANBUL CAD.ELMALI HAMDİ YAZIR CAD. KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	570	2795	2996,69	18180	0	1001,39	28.216.969,92 TL	01-.18	37.510.204,79 TL
23	KARABÜK BALIKPAZARI TCDD ALT GEÇİDİ	460	2288	7008,48	16500	0	0,00	8.280.447,65 TL	10-.10	19.900.614,96 TL
24	FLORYA SAHİL YOLU ALT GEÇİDİ	90	588	1491,5	3600	40	0,00	2.240.854,23 TL	06-.11	5.020.827,08 TL
25	ŞANLIURFA CENGİZ TOPEL ALT GEÇİDİ	125	438	0	1975	0	0,00	942.221,04 TL	06-.11	2.111.127,59 TL
26	ANKARA ŞEKER FAB. ÖNÜ KÖP. KAVŞAĞI 1	400	1665	0	8109	0	0,00	5.157.758,76 TL	12-.11	10.830.450,57 TL
27	ANKARA ŞEKER FAB. ÖNÜ KÖP. KAVŞAĞI 2	70	1280	1483,65	1110	120	622,38	1.719.252,92 TL	12-.11	3.610.148,79 TL
28	ANKARA ŞEKER FAB. ÖNÜ KÖP. KAVŞAĞI 3	245	160	0	4770	0	0,00	3.868.319,07 TL	12-.11	8.204.343,10 TL
29	AVANOS KAVŞAĞI ALT GEÇİDİ	200	150	0	1160	0	0,00	631.382,00 TL	02-.12	1.322.009,54 TL
30	BAĞCILAR-KOÇMAN CADDESİ ALT GEÇİDİ	285	975	4129,1	4550	485	0,00	5.591.875,30 TL	07-.12	11.807.972,23 TL
31	ATATÜRK BULVARI EFOR AVM ÖNÜ KÖP.KAV.	420	1810	10055,85	2240	840	639,03	15.226.583,44 TL	02-.17	22.416.459,52 TL
32	ESKİ OTOGAR (JANDARMA) KAV. ALT GEÇİDİ	160	860	4094,56	3770	200	538,26	7.745.481,71 TL	07-.17	11.055.753,60 TL

Çizelge 5.2. (Devam) Analiz için kullanılan veri seti

33	ATATÜRK BULVARI ESKİ STADYUM KAV. ALT GEÇİDİ	265	590	3858,28	4365	155	432,53	9.027.072,01 TL	02-.18	11.686.753,24 TL
34	TURGUT ÖZAL BULVARI TELEKOM KAV. ALT GEÇİDİ	600	2870	13906,18	1060	790	1261,36	26.418.076,76 TL	06-.18	30.700.174,42 TL
35	YENİ YHT GARI ALT GEÇİDİ	565	1500	10625,76	3320	720	0,00	21.666.500,68 TL	01-.19	21.666.500,68 TL
36	ELAZIĞ ÇAYDAÇIRA KAVŞAĞI ALT GEÇİDİ	530	2380	15674,88	3850	820	1181,29	10.230.056,70 TL	12-.10	24.343.797,42 TL
37	PAYAS BELEDİYESİ ALT GEÇİDİ	400	72	0,00	5800	0	0,00	3.377.650,89 TL	03-.14	6.133.124,11 TL
38	UŞAK BELEDİYESİ OTOGAR KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	400	1195	3719,02	1870	410	453,66	5.789.647,32 TL	12-.15	9.866.388,93 TL
39	HATAY BELEDİYESİ KAVASLI KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	485	870	10990,00	2950	580	0,00	12.302.308,41 TL	04-.16	20.702.493,67 TL
40	UŞAK BELEDİYESİ STADYUM KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI	400	1825	8975,38	1535	470	670,02	7.765.097,60 TL	05-.15	13.294.697,20 TL
41	BOSNA HERSEK BULVARI CAHİT DALOKAY KÖP. KAVŞAĞI	500	1245	11202,26	4760	770	543,81	13.948.280,53 TL	09-.16	22.900.901,34 TL
42	KAYSERİ MKP BULVARI KIZILIRMAK CAD ALT GEÇİDİ	365	1375	7991,93	1760	500	0,00	9.371.325,24 TL	05-.17	13.482.446,04 TL
43	KAYSERİ MKP BULVARI KARTAL KAVŞAĞI ALT GEÇİDİ	270	820	5911,99	1160	420	0,00	6.247.550,16 TL	05-.17	8.988.297,36 TL
44	KOCA SİNAN BULVARI TUNA-30 AĞUSTOS KAVŞAĞI	760	6200	15486,48	22250	0	0,00	36.559.963,65 TL	06-.17	52.561.132,51 TL
45	GAZİANTEP YEŞİLVADI 10 NOLU CAD KÖP KAVŞAĞI	525	4200	5867,09	2680	610	2875,31	14.634.601,49 TL	09-.17	20.663.531,34 TL
46	GEZ MAHALLESİ KÖP. KAVŞAĞI	215	700	2764,77	1500	240	0,00	4.972.299,53 TL	02-.18	6.437.306,74 TL
47	AYAŞ YOLU SİNCAN OSB ÖNÜ ALT GEÇİDİ	560	2680	16499,32	1320	660	1037,05	22.460.843,82 TL	11-.18	22.061.527,59 TL
48	AYAŞ - ANKARA YOLU BUL. ERYAMAN MAH. ALT GEÇİDİ	135	1070	5557,05	1620	200	0,00	7.908.895,96 TL	11-.18	7.768.288,36 TL
49	KARAPINAR ALT GEÇİDİ	530	800	15260,40	4980	710	408,46	29.959.528,32 TL	06-.17	43.071.890,45 TL
50	HAVA LOJ. KÖP. KAVŞAĞI	580	2460	3658,48	16480	435	890,12	22.134.420,25 TL	01-.18	29.424.373,22 TL

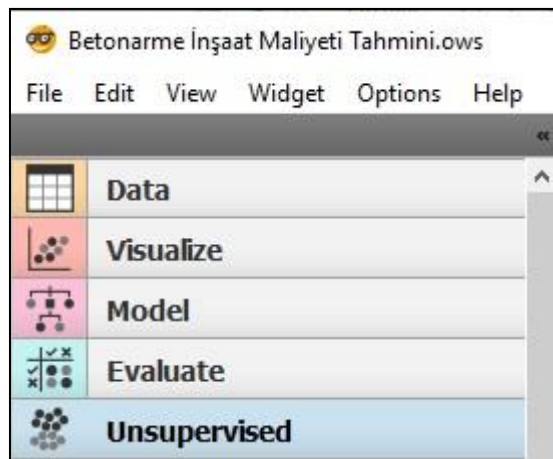
5.3. Analiz

5.3.1. Kullanılan paket program (Orange)

Ele alınan problemin yapısına uygun makine öğrenmesi yaklaşımını gerçekleyebilen paket yazılımların sayısı ve çeşitliliği her geçen gün artmaktadır. Yapılan çalışmada, kullanım kolaylığı ve sonuçların gösterimi açısından en uygun yazılımlardan biri olan, Orange 3 (v 3.21.0) paketi kullanılmıştır.

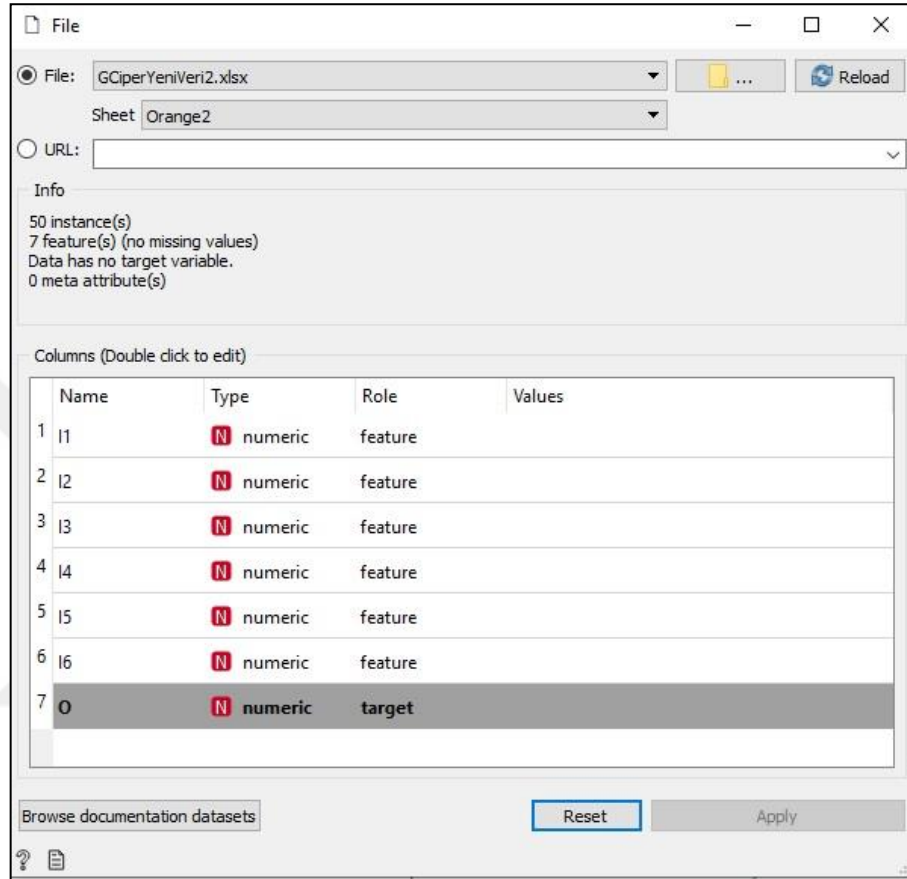
Orange, kullanıcıya veri hazırlama, keşifsel veri analizi, modelleme gibi imkanlar sağlayan bir açık kaynak veri madenciliği programıdır. Programda C++ ya da Python modülleri ile en önemli veri madenciliği ve makine öğrenmesi algoritmaları geliştirilmiştir. Veri ön işleme, özellik skorlama ve filtreleme, modelleme, model değerlendirme ve keşif teknikleri gibi geniş kapsamlı bileşen seti içerir. Orange GPL (Genel Kamu Lisansı) altında ücretsiz olarak dağıtılmaktadır.

Programı açılışta kullanıcıya beş modül sunmaktadır (Şekil 5.5). Bunlar sırasıyla, verilerin giriş ve bir veri dosyası kaydedilmesi için veri (data) modülü, verilerin niteliklerine göre gösterim şeklinin seçilmesine imkan sunan görselleştirme (visualize) modülü, makine öğrenmesi algoritmalarının seçimi için model modülü, problemin çözümüne uygun değerlendirme kriterinin seçimi için değerlendirme (evaluate) modülü ve denetimden (unsupervised) öğrenme algoritmalarının seçimine imkan sunan modüldür.



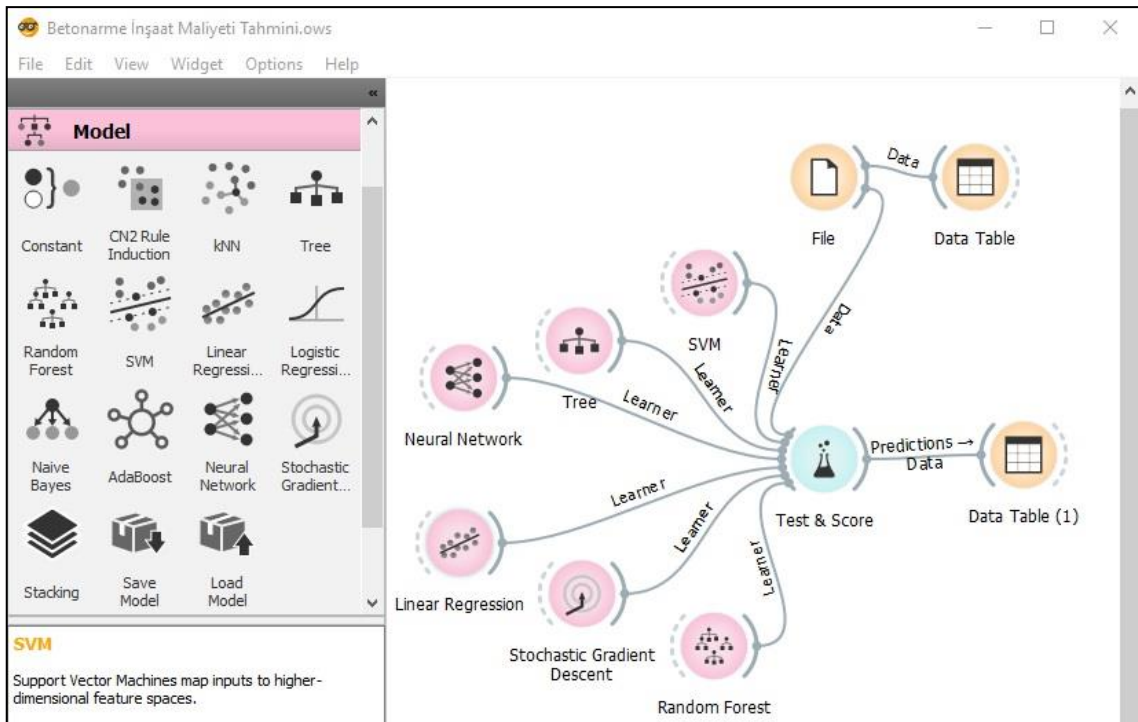
Şekil 5.5. Orange programı açılış ekranı

Veri dosyası editörü (Şekil 5.6), problemi tanımlayan girdi ve çıktı setlerinin programa girilerek, [.ows] uzantılı bir dosyaya kaydedilmesini sağlar. Girdi ve çıktı tablolarındaki veriler düzenlenebilir, aralarındaki ilişkilere ait bazı istatistikler görülebilir, kullanıcının tanımladığı grafikler değerlendirilebilir.

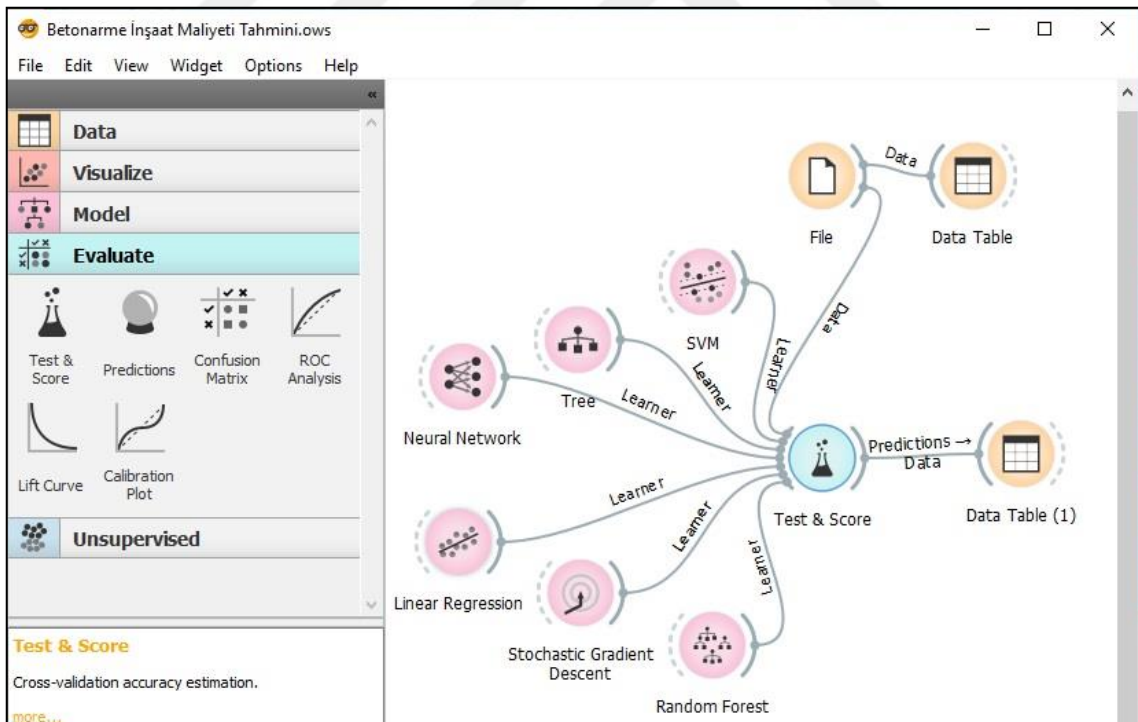


Şekil 5.6. Orange programı veri editörü modülü

Model ve değerlendirme modülüne geçildiğinde (Şekil 5.7 ve Şekil 5.8), program kullanıcıdan öğrenme algoritmalarını belirlemesini ister. Burada ağın mimarisi (gizli katman sayısı, transfer fonksiyonu, bağlantı tipi), öğrenme ve momentum katsayısı tanımlanarak), değerlendirme, verilerin ölçeklenmesine (normalizasyon) ilişkin detaylar ve ağın durdurma kriteri belirlenir.



Şekil 5.7. Orange programı veri modelleme modülü



Şekil 5.8. Orange programı veri değerlendirme modülü

Program basit ve anlaşılır bir ara yüze sahip olup, eldeki problemin çözümüne yönelik parametreler ve algoritmalar sürükle bırak yöntemi ile ana ekrana yerleştirilir.

Ana ekranda oklar ile gösterilen veri aktarımı, öğrenme, test ve sonuç aşamaları gerçekleşerek veri setlerindeki girdi-çıkı parametreleri arasında bağlantılar kurulur. Her bir test verisinde tahminleme gerçekleştikten sonra girdilerin ağırlıkları değiştirilir. Bu işlem, belirlenen durdurma kriterine ulaşmaya kadar geri yayımlı olarak devam eder.

Eldeki veriler, programa girilecek küme sayısına göre rastgele gruplara bölünür, program her çalıştığında rastgele seçilen ilk küme test için ayrılır ve bu test kümesi için hata oranları belirlenir. Çapraz doğrulama yöntemiyle tüm kümeler test ve öğrenme işlemine rastgele olarak dahil edilir. Küme içerisinde bulunacak veri sayısını belirlemek için genel geçer bir kural olmayıp deneme yanılma yöntemi ile belirlenir.

Program tarafından belirlenen hata kriterleri ile ağı test ve sonuçları görüntülenir. Problemin çözümü için seçilen algoritmalarından hangisinin daha iyi sonuç verdiği ve girdi parametrelerinin çıktı parametresine etkileri gözlemlenebilir.

5.3.2. Veri setinin oluşturulması

Projelerden hesaplanan; alt geçit yapı uzunluğu (m) (I_1), kapalı kesit alanı (m^2) (I_2), fore kazık (m^3) (I_3), sanat yapıları (m^3) (I_4), prekast cephe paneli (m) (I_5), ön germeli prefabrik kiriş (m^3) (I_6) değerleri, oluşturulan çok katmanlı, geri beslemeli, danışmanlı öğrenme özelliklerinde yapılandırılarak programa veri seti olarak girilmiştir (Girdi verileri). Her projenin betonarme inşaat maliyeti ihale edildiği ay-yıl baz alınıp birim fiyat esaslı maliyet yöntemi ile hesaplanıp, TUIK tablolarından faydalanmak suretiyle Yİ-ÜFE ile Ocak-2019 endeksine göre güncellenmiş ve ağı çıktı verisi (O) olarak tanıtılmıştır. Ağı daha kolay eğitilmesi amacıyla girdi verileri 1,000'e, çıktı verileri de 1,000,000'a bölünerek programa data olarak girilmiştir.

50 adet projeye ait girdi-çıkı parametreleri, 10 fold cross validation yöntemi ile 10'arlı kümelere ayrılmış olup, rastgele olarak ilk küme test amacı ile program tarafından ayrılmıştır. Bahse konu veriler, 5 farklı makine öğrenme algoritmasında farklı özelliklerde yapılandırılmış sistemlere girilmiş, danışmanlı öğrenme işlemine tabi tutulmuştur. Köprülü kavşakların isimleri, ihale tarihleri, betonarme inşaat maliyetleri, güncellenmiş betonarme inşaat maliyetleri, girdi parametreleri ve ölçü birimlerinin tam olarak sunulduğu tablo Çizelge 5.2'de verilmiş olup eğitimin kolaylaştırılması için sadeleştirilerek programa girilen veri tablosu Çizelge 5.3'te sunulmuştur.

Çizelge 5.3. Tahmin modeline veri olarak girilen normalize edilmiş değerler

Veri No	Alt Geçit Yapı Uzunluğu	Kapalı Kesit Alanı	Fore Kazık	Sanat Yapıları	Prekast Cephe Paneli	Ön Germeli Prefabrik Kiriş	Köprülülük Kavşak BA İnşaat Maliyeti
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	O
Veri-1	0,48900	1,17000	10,45846	0,79461	0,71044	0,40402	19,58927
Veri-2	0,41300	0,49000	5,81930	0,67724	0,32660	0,25389	8,86734
Veri-3	0,22400	0,28000	0,00000	3,71000	0,00000	0,00000	5,18747
Veri-4	0,54500	2,39600	3,72027	15,77400	0,00000	0,86787	34,33763
Veri-5	0,23000	0,38000	0,00000	3,14000	0,00000	0,00000	4,28944
Veri-6	0,54400	7,40000	0,00000	32,11000	0,00000	0,00000	30,78787
Veri-7	0,56200	2,55000	11,45200	0,59600	0,55800	1,52939	21,14927
Veri-8	0,46000	1,89000	8,53452	1,40000	0,54400	1,07738	12,94301
Veri-9	0,55700	2,18200	3,36206	15,56500	0,00000	0,67626	33,20817
Veri-10	2,08700	7,95300	34,73267	14,84000	2,52500	3,18942	63,98292
Veri-11	0,45000	1,18200	4,09692	1,59600	0,55000	0,71973	17,66716
Veri-12	0,51000	2,63000	10,17360	1,02900	0,63000	1,01160	16,03829
Veri-13	0,81000	2,02400	11,96868	4,41300	0,96000	0,78273	42,87608
Veri-14	0,23000	0,40000	3,71106	1,85800	0,06000	0,41319	7,79974
Veri-15	0,68000	7,60000	9,29139	16,52000	0,00000	1,73400	47,07191
Veri-16	0,60000	1,68000	0,00000	12,50000	0,00000	0,67626	28,10110
Veri-17	0,65000	0,85500	5,17472	1,73400	0,74000	0,56205	18,72390
Veri-18	0,36000	0,46500	4,20250	2,71500	0,48000	0,16397	8,34229
Veri-19	0,53000	0,98000	0,00000	9,33000	0,00000	0,00000	11,04244
Veri-20	0,38000	1,04500	7,15920	4,48000	0,54000	0,00000	11,24187
Veri-21	0,39000	1,96000	1,99754	10,64300	0,00000	0,71007	22,19438
Veri-22	0,57000	2,79500	2,99669	18,18000	0,00000	1,00139	37,51020
Veri-23	0,46000	2,28800	7,00848	16,50000	0,00000	0,00000	19,90061
Veri-24	0,09000	0,58800	1,49150	3,60000	0,04000	0,00000	5,02083
Veri-25	0,12500	0,43800	0,00000	1,97500	0,00000	0,00000	2,11113
Veri-26	0,40000	1,66500	0,00000	8,10900	0,00000	0,00000	10,83045
Veri-27	0,07000	1,28000	1,48365	1,11000	0,12000	0,62238	3,61015
Veri-28	0,24500	0,16000	0,00000	4,77000	0,00000	0,00000	8,20434
Veri-29	0,20000	0,15000	0,00000	1,16000	0,00000	0,00000	1,32201
Veri-30	0,28500	0,97500	4,12910	4,55000	0,48500	0,00000	11,80797
Veri-31	0,42000	1,81000	10,05585	2,24000	0,84000	0,63903	22,41646
Veri-32	0,16000	0,86000	4,09456	3,77000	0,20000	0,53826	11,05575
Veri-33	0,26500	0,59000	3,85828	4,36500	0,15500	0,43253	11,68675
Veri-34	0,60000	2,87000	13,90618	1,06000	0,79000	1,26136	30,70017
Veri-35	0,56500	1,50000	10,62576	3,32000	0,72000	0,00000	21,66650
Veri-36	0,53000	2,38000	15,67488	3,85000	0,82000	1,18129	24,34380
Veri-37	0,40000	0,07200	0,00000	5,80000	0,00000	0,00000	6,13312
Veri-38	0,40000	1,19500	3,71902	1,87000	0,41000	0,45366	9,86639

Çizelge 5.3. (Devam) Tahmin modeline veri olarak girilen normalize edilmiş değerler

Veri-39	0,48500	0,87000	10,99000	2,95000	0,58000	0,00000	20,70249
Veri-40	0,40000	1,82500	8,97538	1,53500	0,47000	0,67002	13,29470
Veri-41	0,50000	1,24500	11,20226	4,76000	0,77000	0,54381	22,90090
Veri-42	0,36500	1,37500	7,99193	1,76000	0,50000	0,00000	13,48245
Veri-43	0,27000	0,82000	5,91199	1,16000	0,42000	0,00000	8,98830
Veri-44	0,76000	6,20000	15,48648	22,25000	0,00000	0,00000	52,56113
Veri-45	0,52500	4,20000	5,86709	2,68000	0,61000	2,87531	20,66353
Veri-46	0,21500	0,70000	2,76477	1,50000	0,24000	0,00000	6,43731
Veri-47	0,56000	2,68000	16,49932	1,32000	0,66000	1,03705	22,06153
Veri-48	0,13500	1,07000	5,55705	1,62000	0,20000	0,00000	7,76829
Veri-49	0,53000	0,80000	15,26040	4,98000	0,71000	0,40846	43,07189
Veri-50	0,58000	2,46000	3,65848	16,48000	0,43500	0,89012	29,42437

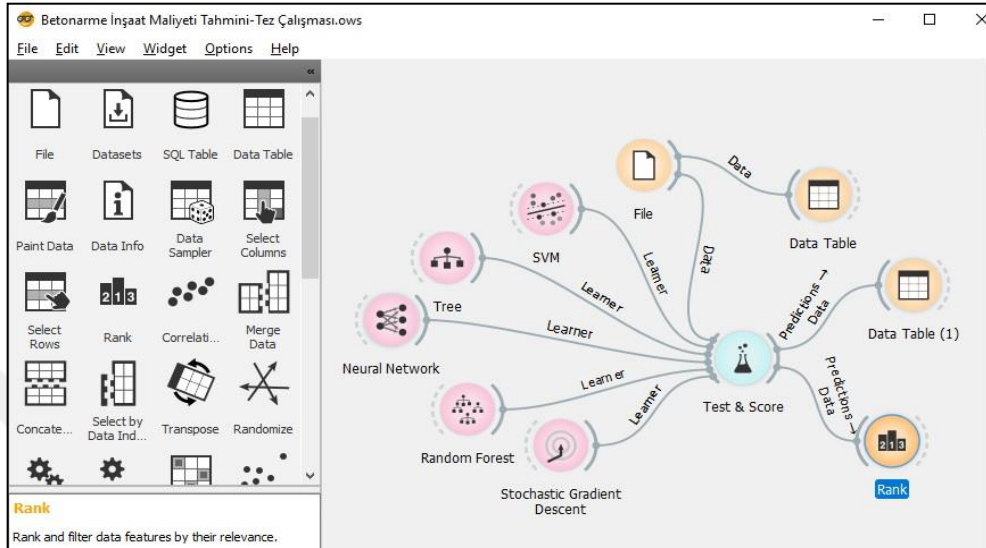
5.3.3. Farklı algoritmalar ile maliyet tahmin modeli kurulması

Hazırlanan veri setleri orange programına data tablosu olarak girilmiştir. Öğrenme algoritmasının seçimi için, programın model modülünden daha önceki bölümlerde detaylı olarak açıkladığımız makine öğrenmesi yöntemlerinden karar ağaçları (tree), destek vektörü makineleri (SVM), olasılıksal dereceli azalma (SGD), rastgele orman (random forest) ve yapay sinir ağları (neural network) seçilmiştir. Girilen verilere çapraz doğrulama yöntemi uygulanarak, test ve tahmin işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan öğrenme ve test işlemlerinin ardından farklı algoritmalar ile hesap edilen betonarme inşaat maliyeti tahminleri; MSE, RMSE, MAE ve R^2 performans değerlendirme kriterlerine göre analiz edilerek tahmin performansları değerlendirilmiş ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, yeni projelerde maliyet tahmini için oluşturulacak tahmin modellerinin ve elde edilecek verilerin kullanılabilirliği konusu değerlendirilmiş, bu konuda sağlanan sonuçlara göre, maliyet değerinin doğruya yakınlığı, diğer yöntemlerle olan performans karşılaştırmaları ve bu yöntemlerin kullanılarak sağlanabilecek maliyet ve zaman tasarrufu yorumlanmıştır. Buna ek olarak, esas alınan girdi parametrelerinin maliyete etkileri bakımından önem sıralaması yapılmıştır.

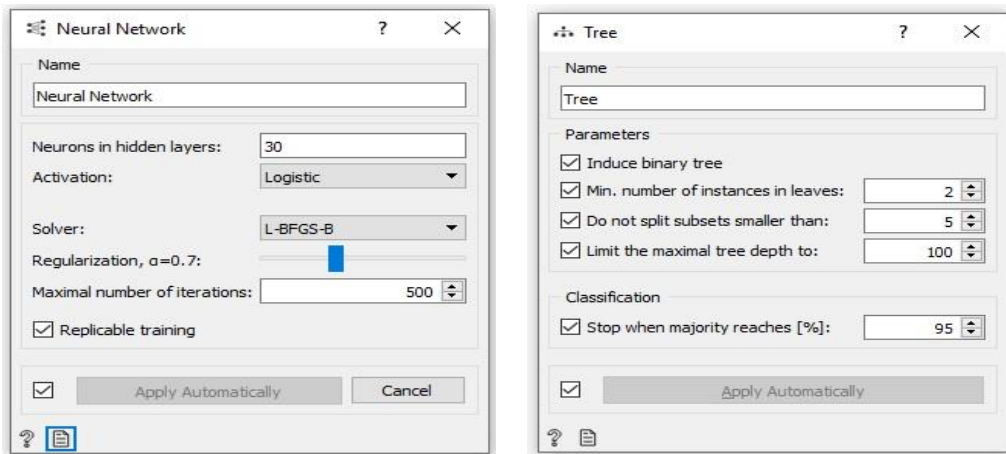
Hesaplamaların yapıldığı Orange programının genel kullanım özellikleri önceki bölümlerde verilmiştir. Aşağıda mevcut veri setinin bu programa girilmesi, tahminleme başarısının artması için farklı algoritmalarda belli kriterlerin seçimi ilgili şekiller yardımı ile ifade edilmiştir.

Şekil 5.9’da orange programı ana ekranında girdi ve çıktı parametrelerinin programa tanıtılması, seçilen makine öğrenmesi algoritmaları, öğrenme, test ve sonuç işlemleri ile girdi parametrelerinin çıktı parametresine etkisinin gösterimi (rank) görülmektedir.



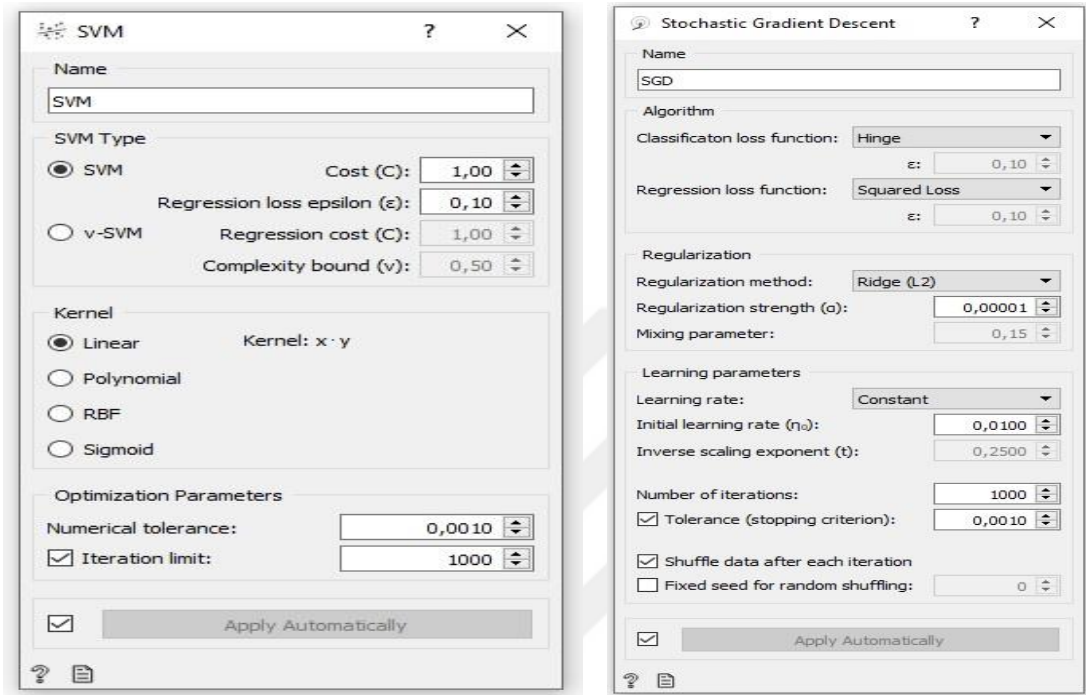
Şekil 5.9. Tez çalışması şematik görünüm

Şekil 5.10’da yapay sinir ağları (neural network) algoritmasında gizli katmanlardaki nöron sayısı seçimi, aktivasyon, düzenleme katsayısı, çözücü ve maksimum itterasyon sayısının seçilmesi ve karar ağaçları (tree) algoritmasında yapraklardaki örneklerin minimum sayısı, küçük alt kümeler bölme sayısı, maksimum ağaç derinliği sınırlaması ve tahmin değerine yaklaşma oranı yüzdesinin seçilmesi gösterilmiştir.



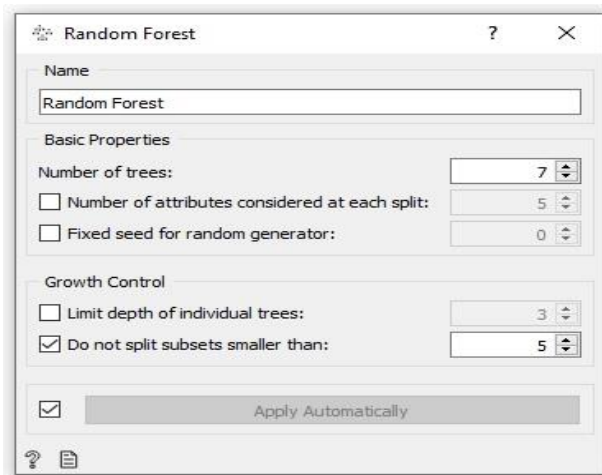
Şekil 5.10. YSA ve karar ağacı metodu değişkenlerin seçimi

Şekil 5.11’de destek vektörü makineleri (SVM) algoritmasında eşik değeri, regrasyon kaybı, çekirdek fonksiyonu ve optimizasyon parametrelerinin seçilmesi ve olasılıksal dereceli azalma (SGD) algoritmasında birleştirme ve aktivasyon fonksiyonları, öğrenme parametreleri, itterasyon sayısı ve hata toleransının seçilmesi gösterilmiştir.



Şekil 5.11. SVM ve SGD metodu değişkenlerin seçimi

Şekil 5.12’de rastgele orman (random forest) algoritmasında ağaç sayısı ve büyüme kontrolü değerlerinin seçimi gösterilmiştir.



Şekil 5.12. RF metodu değişkenlerin seçimi

Eldeki 50 adet köprülü kavşak projesine ait veriler, orange programı kullanılarak 10-fold cross validation yöntemi ile rastgele olarak beşerli 10 adet kümeye ayrılmıştır. Bu kümelerden rastgele ilki program tarafından test verisi olarak ayrılmakta olup, kalan veri kümeleri ise ağı eğitimi için kullanılmıştır (Tüm veri kümeleri hem test hem de eğitim verileri arasında yer almıştır).

Yukarıda belirtilen algoritmalar kullanılarak makine öğrenmesi gerçekleştirilmiş, ağı test edilmesi sonucu elde edilen maliyet tahminleri, gerçek maliyet değerleri ve girdi parametreleri Çizelge 5.4'te sunulmuştur.



Çizelge 5.4. Girdi-çıkıtlı verileri ve test sonuçları tablosu

Fold	Veri No	Girdi Verileri						Çıktı Verileri					
		Alt Geçit Yapı Uzunluğu	Kapalı Kesit Alanı	Fore Kazık	Sanat Yapıları	Prekast Cephe Paneli	Ön Germeli Prefabrik Kiriş	Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Elde Edilen Maliyet Tahminleri					Köprülü Kavşak BA İnşaat Maliyeti
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	O _{YSA}	O _{Tree}	O _{SVM}	O _{RF}	O _{SGD}	O _{Gerçek}
1	Veri-14	0,23000	0,40000	3,71106	1,85800	0,06000	0,41319	7,18520	8,87258	8,32284	5,11186	12,52350	7,79974
1	Veri-18	0,36000	0,46500	4,20250	2,71500	0,48000	0,16397	10,46770	11,44810	11,39300	7,95287	11,54090	8,34229
1	Veri-31	0,42000	1,81000	10,05585	2,24000	0,84000	0,63903	17,23690	21,04190	17,69460	15,55300	16,11890	22,41646
1	Veri-40	0,40000	1,82500	8,97538	1,53500	0,47000	0,67002	13,27980	17,83840	15,77290	12,24230	16,88640	13,29470
1	Veri-46	0,21500	0,70000	2,76477	1,50000	0,24000	0,00000	5,83623	8,87258	6,75465	7,43067	8,46942	6,43731
2	Veri-20	0,38000	1,04500	7,15920	4,48000	0,54000	0,00000	14,21680	12,88200	14,72750	13,70920	14,76680	11,24187
2	Veri-26	0,40000	1,66500	0,00000	8,10900	0,00000	0,00000	10,46660	9,55904	14,57740	19,42600	14,85830	10,83045
2	Veri-27	0,07000	1,28000	1,48365	1,11000	0,12000	0,62238	7,52059	9,55904	5,49939	11,11370	7,04162	3,61015
2	Veri-33	0,26500	0,59000	3,85828	4,36500	0,15500	0,43253	10,34380	10,02200	11,00390	9,14616	12,17460	11,68675
2	Veri-49	0,53000	0,80000	15,26040	4,98000	0,71000	0,40846	25,61030	10,02200	22,09760	17,29250	22,70360	43,07189
3	Veri-4	0,54500	2,39600	3,72027	15,77400	0,00000	0,86787	32,44420	34,52690	21,47040	26,38760	28,39200	34,33763
3	Veri-5	0,23000	0,38000	0,00000	3,14000	0,00000	0,00000	4,75264	6,49056	5,29037	6,90405	6,62438	4,28944
3	Veri-9	0,55700	2,18200	3,36206	15,56500	0,00000	0,67626	30,15110	34,52690	20,79230	26,38760	27,22150	33,20817
3	Veri-13	0,81000	2,02400	11,96868	4,41300	0,96000	0,78273	33,31180	54,53870	24,96250	42,25070	23,50290	42,87608
3	Veri-38	0,40000	1,19500	3,71902	1,87000	0,41000	0,45366	11,76040	7,97011	11,14210	11,29800	10,11870	9,86639
4	Veri-7	0,56200	2,55000	11,45200	0,59600	0,55800	1,52939	20,96080	24,58930	21,14070	25,51240	23,46170	21,14927
4	Veri-16	0,60000	1,68000	0,00000	12,50000	0,00000	0,67626	26,60260	33,38090	19,02280	27,46990	20,71500	28,10110
4	Veri-42	0,36500	1,37500	7,99193	1,76000	0,50000	0,00000	10,94580	9,24067	13,81930	11,24100	13,98760	13,48245

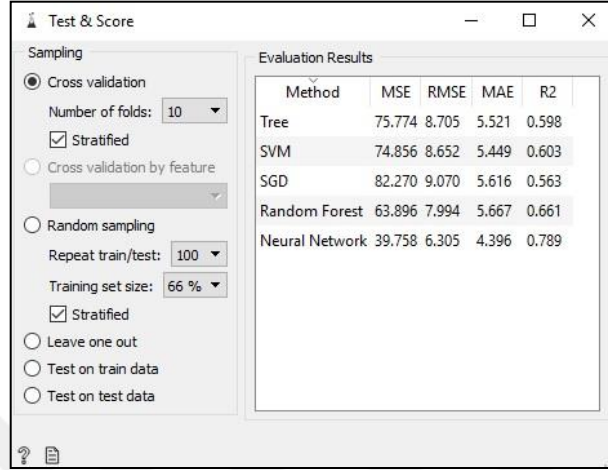
Çizelge 5.4. (Devam) Girdi-çıkı verileri ve test sonuçları tablosu

4	Veri-47	0,56000	2,68000	16,49932	1,32000	0,66000	1,03705	31,06610	24,58930	25,65540	28,06750	28,30010	22,06153
4	Veri-48	0,13500	1,07000	5,55705	1,62000	0,20000	0,00000	5,37201	9,24067	8,06792	9,23836	10,06530	7,76829
5	Veri-10	2,08700	7,95300	34,73267	14,84000	2,52500	3,18942	46,49660	47,50300	92,55050	43,91990	107,99800	63,98292
5	Veri-17	0,65000	0,85500	5,17472	1,73400	0,74000	0,56205	26,71420	47,50300	17,13010	36,34120	20,46900	18,72390
5	Veri-25	0,12500	0,43800	0,00000	1,97500	0,00000	0,00000	3,14695	5,23376	2,19713	5,70956	-0,74200	2,11113
5	Veri-32	0,16000	0,86000	4,09456	3,77000	0,20000	0,53826	9,42638	11,57890	9,03671	8,81554	7,10199	11,05575
5	Veri-35	0,56500	1,50000	10,62576	3,32000	0,72000	0,00000	24,47300	32,70530	21,73260	28,48040	23,03580	21,66650
6	Veri-1	0,48900	1,17000	10,45846	0,79461	0,71044	0,40402	18,92030	15,54950	13,91550	19,68710	15,58300	19,58927
6	Veri-6	0,54400	7,40000	0,00000	32,11000	0,00000	0,00000	31,07960	16,35450	54,30730	42,96740	49,69710	30,78787
6	Veri-28	0,24500	0,16000	0,00000	4,77000	0,00000	0,00000	5,39887	7,78092	7,79984	4,76220	9,27431	8,20434
6	Veri-34	0,60000	2,87000	13,90618	1,06000	0,79000	1,26136	21,04910	21,56960	21,99550	30,04630	21,96370	30,70017
6	Veri-45	0,52500	4,20000	5,86709	2,68000	0,61000	2,87531	27,52060	21,56960	24,89880	25,54750	20,71080	20,66353
7	Veri-2	0,41300	0,49000	5,81930	0,67724	0,32660	0,25389	10,97850	10,64620	11,49780	18,48740	13,07990	8,86734
7	Veri-12	0,51000	2,63000	10,17360	1,02900	0,63000	1,01160	20,30460	21,94460	19,10740	22,88140	19,49390	16,03829
7	Veri-22	0,57000	2,79500	2,99669	18,18000	0,00000	1,00139	36,25730	35,01050	26,53430	29,68440	30,89480	37,51020
7	Veri-30	0,28500	0,97500	4,12910	4,55000	0,48500	0,00000	8,51439	11,37130	11,62980	10,14140	11,23120	11,80797
7	Veri-37	0,40000	0,07200	0,00000	5,80000	0,00000	0,00000	8,31937	10,64620	9,72655	12,48680	12,28880	6,13312
8	Veri-3	0,22400	0,28000	0,00000	3,71000	0,00000	0,00000	5,15645	6,26605	6,42080	7,57078	8,17945	5,18747
8	Veri-24	0,09000	0,58800	1,49150	3,60000	0,04000	0,00000	5,58070	2,34776	5,89191	5,08973	7,73724	5,02083
8	Veri-36	0,53000	2,38000	15,67488	3,85000	0,82000	1,18129	36,87270	31,94450	25,30780	26,58520	27,09920	24,34380
8	Veri-41	0,50000	1,24500	11,20226	4,76000	0,77000	0,54381	31,93790	20,92080	20,91620	23,95370	21,81640	22,90090
8	Veri-44	0,76000	6,20000	15,48648	22,25000	0,00000	0,00000	42,04360	51,31030	34,33610	40,14170	43,30060	52,56113
9	Veri-11	0,45000	1,18200	4,09692	1,59600	0,55000	0,71973	11,84870	21,67080	12,06370	15,46700	12,70400	17,66716
9	Veri-19	0,53000	0,98000	0,00000	9,33000	0,00000	0,00000	16,49140	29,44450	17,52730	30,27260	17,96650	11,04244
9	Veri-21	0,39000	1,96000	1,99754	10,64300	0,00000	0,71007	18,99060	8,38931	19,95660	17,41420	20,14630	22,19438

Çizelge 5.4. (Devam) Girdi-çıkıtı verileri ve test sonuçları tablosu

9	Veri-23	0,46000	2,28800	7,00848	16,50000	0,00000	0,00000	33,63940	13,24000	30,61130	29,84200	29,30170	19,90061
9	Veri-50	0,58000	2,46000	3,65848	16,48000	0,43500	0,89012	36,92280	37,03200	30,72440	33,90820	27,10600	29,42437
10	Veri-8	0,46000	1,89000	8,53452	1,40000	0,54400	1,07738	16,84710	17,76490	16,93580	18,50500	17,25800	12,94301
10	Veri-15	0,68000	7,60000	9,29139	16,52000	0,00000	1,73400	34,36350	53,14000	30,34150	32,60500	34,50790	47,07191
10	Veri-29	0,20000	0,15000	0,00000	1,16000	0,00000	0,00000	3,70902	5,30474	3,71406	4,89578	5,96821	1,32201
10	Veri-39	0,48500	0,87000	10,99000	2,95000	0,58000	0,00000	21,07980	21,47040	18,02550	18,43610	19,77240	20,70249
10	Veri-43	0,27000	0,82000	5,91199	1,16000	0,42000	0,00000	8,62351	7,97011	10,06200	10,74350	10,80740	8,98830

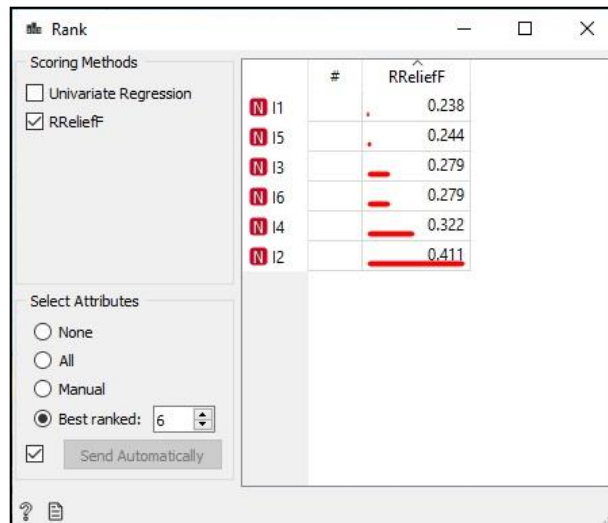
Beş farklı öğrenme algoritması ile oluşturulan maliyet tahmin modellerinin birim fiyat esasına göre hesaplanan maliyet değeri ile kıyaslanması suretiyle ortaya çıkan hata oranları MSE, RMSE, MAE ve R^2 performans değerlendirme kriterlerine göre Şekil 5.13'te verilmiştir.



Method	MSE	RMSE	MAE	R2
Tree	75.774	8.705	5.521	0.598
SVM	74.856	8.652	5.449	0.603
SGD	82.270	9.070	5.616	0.563
Random Forest	63.896	7.994	5.667	0.661
Neural Network	39.758	6.305	4.396	0.789

Şekil 5.13. Test sonucu hata oranları

Çıktı parametresi olan betonarme inşaat maliyetine etkileyen girdi parametrelerinin önem derecesi programın sıralama (rank) modülü vasıtasıyla Şekil 5.14'te sunulmuştur. Sıralama modülü, sınıflandırılmış veri kümelerini dikkate alır ve parametreler arasındaki ilişkiyi korelasyona göre puanlar. Puanlama yöntemi olarak bu çalışmada kullanılan RreliefF, bir özneliğin benzer veri örnekleri üzerindeki etkisini ayırt edebilme yeteneği olarak tanımlanabilir.



#	RReliefF
11	0.238
15	0.244
13	0.279
16	0.279
14	0.322
12	0.411

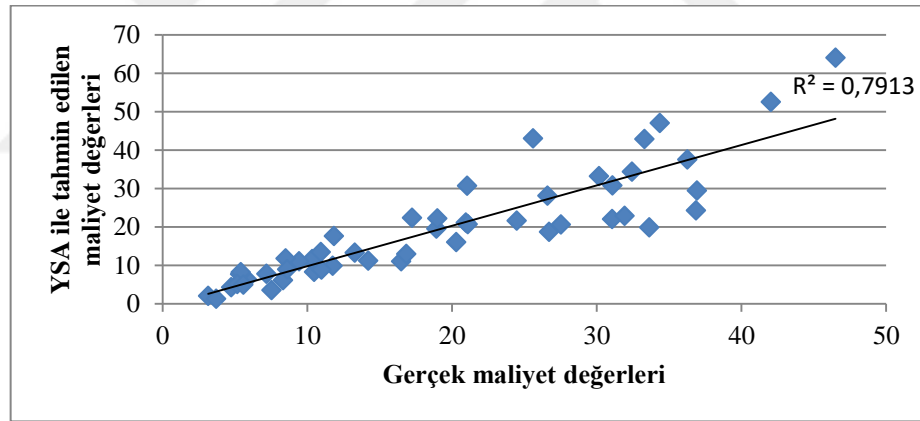
Şekil 5.14. Girdi parametrelerinin çıktı parametresine etkileri

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere köprülü kavşak betonarme inşaat maliyetine en fazla etki eden parametre I_2 (kapalı kesit alanı) olup, en az etkisi olan girdi parametresi ise I_1 (alt geçit yapı uzunluğu) olmuştur.

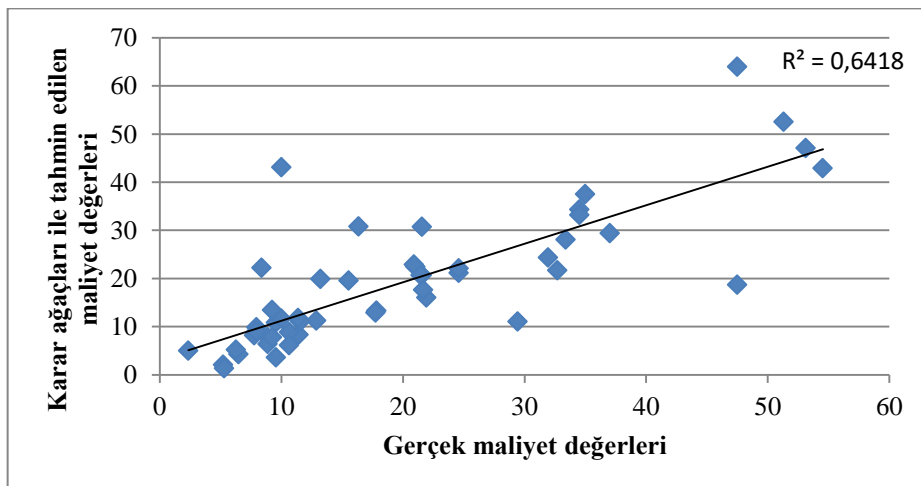
5.3.4. Yöntemlerin kıyaslanması

50 adet köprülü kavşak projesine ait verilerin girdi ve çıktı parametresi olarak programa tanıtılması ve 5 farklı makine öğrenmesi algoritması kullanılarak oluşturulan maliyet tahmin modellerinin performansları Excel programı ile determinasyon katsayısı (R^2) hesap edilerek grafiksel olarak Çizelge 5.5 – Çizelge 5.9’da gösterilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü üzere en iyi tahmin performansı $R^2=0,7913$ değeri ile YSA yönteminde ortaya çıkmış olup diğer yöntemlerin tahmin performanslarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

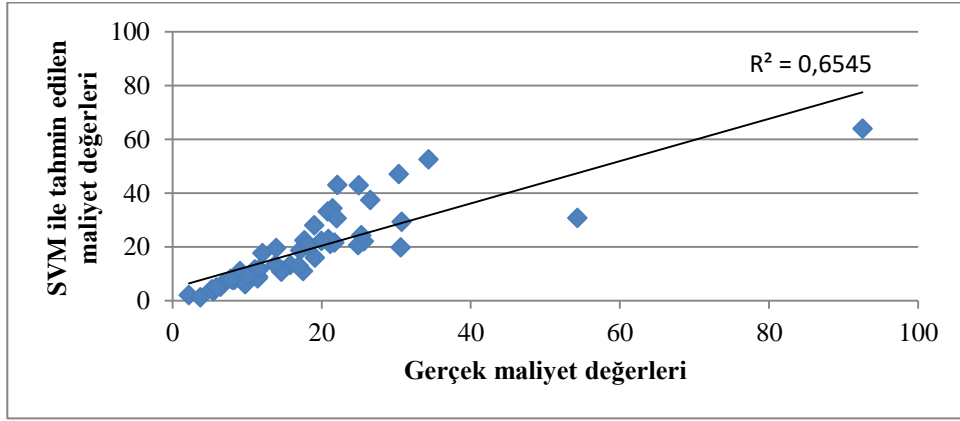
Çizelge 5.5. YSA yöntemi tahmin performansı grafiği



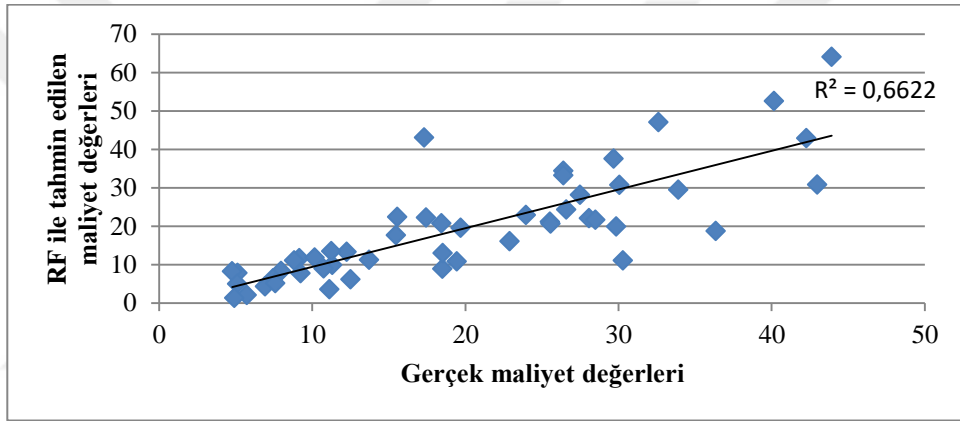
Çizelge 5.6. Karar ağaçları yöntemi tahmin performansı grafiği



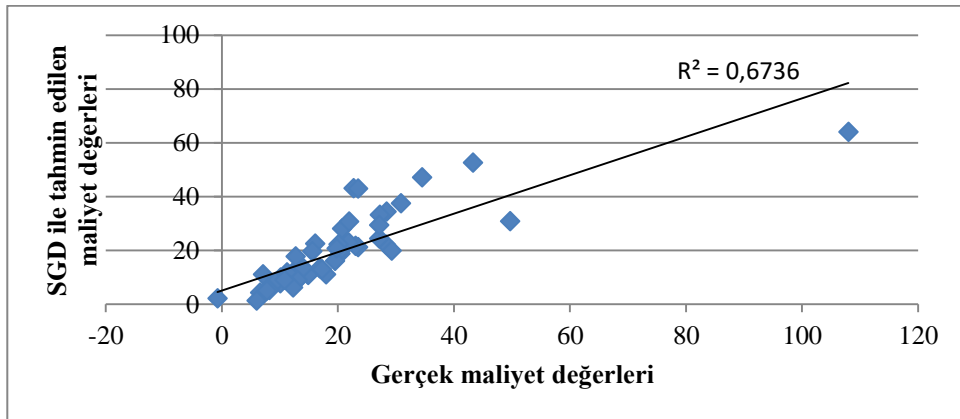
Çizelge 5.7. SVM yöntemi tahmin performansı grafiği



Çizelge 5.8. RF yöntemi tahmin performansı grafiği



Çizelge 5.9. SGD yöntemi tahmin performansı grafiği



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

İnşaat maliyeti tahmini; yatırımların planlanması, yatırım için gerekli kaynak miktarının belirlenmesi, kamu kaynaklarının etkin kullanımı açısından fizibilite yapılması ve yaklaşık maliyet tahmininden teklif belirlemeye kadar en önemli unsurlardan biridir. Kavşak inşaatlarında yapım öncesi aşamada inşaat maliyetinin doğru tahmin edilememesi, yatırımın bedeline göre finansman temin edilememesi, ihale aşamasında yaklaşık maliyetin doğru hesaplanmaması nedeniyle yaşanan sorunlar, kavşak inşaatı yatırımının gecikmesine, aynı zamanda trafik akışının seyir güvenliği ve konforunu sağlayacak doğru kavşak tipinin belirlenememesine neden olmaktadır. Ayrıca, inşaat sektörünün içinde bulunduğu yoğun rekabet ortamı ve ekonomik dalgalanmalar düşünüldüğünde, planlama ile uğraşan teknik elemanın kullanabileceği, hızlı ve verimli bir takım yöntemlere ihtiyaç duyulduğu aşikardır. Bu sorunlardan hareketle, köprülü kavşak betonarme inşaat maliyetini tahmin etmede kullanılabilecek yapay zeka yöntemleri araştırılmış ve Orange yazılımı vasıtasıyla beş farklı makine öğrenme algoritması kullanılarak yapılan tahmin sonuçları karşılaştırılmış ve uygulanan yöntemlerin performansı değerlendirilmiştir.

Köprülü kavşak projeleri; yapı, yol, altyapı, deplase, elektrik ve mekanik gibi imalat grupları ve bunların kalemlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, tecrübe ile sabit bir genelleme yapılarak, köprülü kavşak inşaat maliyetinin büyük bir kısmını yapı imalatları oluşturduğundan ve öğrenme ile tahminin belli bir noktaya odaklanmasını sağlayabilmek açısından, sadece yapısal parametreler ve yaklaşık maliyete etkileri incelenmiştir.

Bu amaçla temin edilen 50 adet köprülü kavşak projesine ait veriler çalışma kapsamında tahmin modeli geliştirmede kullanılmıştır.

Bu doğrultuda maliyet tahmin modellemeleri için köprülü kavşak betonarme inşaat maliyeti çıktı bağımlı değişkenine etkisi olan; alt geçit yapı uzunluğu (m), kapalı kesit alanı (m^2), fore kazık (m^3), sanat yapıları (m^3), prekast cephe paneli (m), ön germeli prefabrik kiriş (m^3) değerleri girdi bağımsız değişkeni olarak oluşturulmuştur.

50 adet köprülü kavşak projesine ait veriler, beşer veriden oluşan 10 kümeye ayrılarak çapraz doğrulama yöntemiyle eğitim ve teste tabi tutulmuş olup (rastgele ilk küme test verisi olarak ayrılmaktadır), performans değerlendirme ölçütü olarak MSE,

RMSE, MAE ve R^2 kriterleri kullanılmıştır. Ayrıca, çıktı parametresine etkileyen girdi parametrelerinin önem dereceleri ifade edilmiştir.

6.1.1. Yapısal parametrelerin maliyete etkileri ve önem dereceleri

Orange programı ile yapılan hesaplamaların analizi sonucu elde edilen verilerden biri de girdi vektörü parametrelerinin önem derecelerinin RreliefF puanlama yöntemiyle Şekil 5.11’de gösterildiği gibi ifade edilmesidir. Bu verilere göre, köprülü kavşak betonarme inşaat maliyeti hesaplanırken 0.411 değeri ile en büyük ağırlığı olan kriter kapalı kesit alanı olup bunu sıra ile sanat yapıları, prefabrik kiriş, fore kazık, prekast cephe paneli izlemektedir. Alt geçit yapı uzunluğu ise 0.238 değeri ile sıralamada en sonda yer almakta diğer bir ifadeyle maliyete etkileyen kriterler arasında en düşük ağırlığa sahip olmaktadır.

6.1.2. Tahmin performanslarının değerlendirilmesi

Maliyet tahmin modeli olarak beş farklı makine öğrenme algoritması kullanılmış, yukarıda belirtilen tahmin performansı değerlendirme kriterleri dikkate alınarak analiz yapılmıştır. Buna göre tüm değerlendirme kriterlerine göre en iyi performansı gösteren makine öğrenme algoritması “Neural Network” yani yapay sinir ağı yöntemi olmuştur. YSA algoritması MSE değerlendirme kriterine göre 39.758, RMSE değerlendirme kriterine göre 6.305, MAE değerlendirme kriterine göre 4.396 ve R^2 değerlendirme kriterine göre 0.789 yaklaşımla köprülü kavşak betonarme inşaat maliyeti tahmininde bulunmuştur. Şekil 5.11’de görüldüğü gibi diğer dört algoritmanın hata oranları birbirine yakın olup, farklı performans değerlendirme kriterlerinde birbirlerine az da olsa üstünlük kurmuşlardır.

Çalışmanın sonucunda, köprülü kavşak projelerinin tasarımı aşamasında kavşak tipinin seçiminde, projenin ihtiyaç duyacağı kaynak miktarının belirlenmesinde, ihale aşamasında yaklaşık maliyetin belirlenmesi için YSA yaklaşımının hızlı ve verimli bir yöntem olarak kullanılabilmesi ortaya konulmuştur. Özellikle çok sayıda inşaat projesinin kaynak programını yapmak zorunda olan planlamacıların, geçmiş bilgilerden yararlanarak, oldukça hızlı ve doğruya yakın sonuçlar alabilecekleri görülmektedir. Ancak bu yaklaşımın kullanılabilmesi için geçmiş proje bilgilerine ihtiyaç duyulduğundan, bilgilerin doğru ve sağlıklı olarak arşivlenmesi sorunu ön plana

çıkılmaktadır. İleriki çalışmalar için de en büyük sorunun nitelikli bilgiye ulaşmak olacağı söylenebilir.

Hem ulusal hem de uluslararası ekonomik ve sosyal gelişmelerin inşaat sektöründe yarattığı dalgalanma, sektörün içinde bulunduğu yoğun rekabet ortamı gerek yatırımcı gerekse yüklenici açısından planlı hareket etme gerçeğini öne çıkardığından, bu çalışmada ele alınan makine öğrenmesi algoritmalarından YSA yaklaşımının etkin bir planlama aracı olarak kullanılabileceği görülmektedir.

Veri miktarının az olması makine öğrenmesi algoritmalarının veriyi ezberlemesine ve tahmin performansının düşmesine sebep olacaktır. Veri miktarının artırılması, sonucun doğruya daha çok yaklaşmasında etkili olacaktır. Ancak, çok sayıda benzer nitelikte proje ve ilgili verilerin sağlanıp, değerlerinin hesaplanması, projenin yapıldığı tarihteki yaklaşık maliyetinin güncellenmesi ve ağa girilecek normlara getirilmesi bu yöntemin uygulanmasında en çok vakit ve enerji harcanan konu niteliğindedir.

Çeşitli makine öğrenme algoritmalarının kullanılmasına imkan sunan orange yazılımının, açık kaynak kodlu bir program olması, lisans ücreti vb. bir ücret ödmeden kişisel bilgisayarlarda kullanılabilmesi, ara yüzün anlaşılır ve kolay olması, hızlı işlem yapılabilme imkanı sunması bu yöntemin kullanılmasındaki önemli hususlardandır.

6.2 Öneriler

- Son yıllarda Big Data'nın artması (sosyal medya paylaşımları, fotoğraf arşivleri, sürekli kayıt aldığımız "log" dosyaları vb. farklı kaynaklardan elde edilen tüm verilerin anlamlı ve işlenebilir hale dönüştürülmüş biçimi) ve artan veri miktarı ile daha başarılı sistemlerin oluşturulabilmesi, "Derin Öğrenmeyi" son yıllarda sıkça üzerinde çalışılan bir konu haline getirmiştir. Derin öğrenme ile geleneksel makine öğrenmesi algoritmalarıyla elde edilen başarı oranlarından daha yüksek oranlara ulaşılabilirdiği bilinmektedir. Ayrıca, geleneksel algoritmalar insan bağımlı özellikler ile çalışabilirken, derin öğrenme insan bağımsız özellikler ile çalışabilmektedir. Bu, derin öğrenme algoritmasının ayırt edici özellikleri kendi kendine öğrenmesi anlamına gelir. Köprülü kavşak betonarme inşaat maliyetinin tahmini için ileride yapılacak çalışmalarda derin öğrenme yönteminin kullanılması düşünülebilir.

- Girdi parametreleri YSA algoritmasına özgü olan ağ yapısındaki değişkenlerin deneme yanılma yoluyla optimize edilmesiyle daha doğru sonuçlara ulaşılabilir. Ancak, bu çalışmada problem inşaat mühendisliği ana bilim dalında yapılan bir maliyet tahmini olduğundan sonuçlar yeterli olmaktadır. Bilgisayar mühendisliği ana bilim dalında değişkenlerin sonuca etkisiyle ilgili daha detaylı çalışmalar yapılabilir.
- 5 farklı makine öğrenmesi algoritması içinden en iyi sonucu YSA yöntemi vermiş olup, bu yöntemin diğer tahmin yöntemleri ile birlikte kullanılmasının (melez model), nihai tahminlere ulaşmada daha sağlıklı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.
- Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, daha fazla veri elde edilmesi koşuluyla kamu ihalelerinde yaklaşık maliyetin tahmini için YSA temelli paket programlar oluşturulabilir. Böylelikle belirli değişkenlerin programa girilmesiyle belirli yaklaşımda maliyet tahmini yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Akmaz, M. M., 2012, *Konya'nın Önemli Sinyalize Kavşaklarının Bilgisayar Programı ile İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Aköz, Ö., 2011, *Kısmi Araç Yörüngeleri Kullanımı ile Kavşaklardaki Trafik Olaylarının Görüntü Tabanlı Çözümlemesi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anonim, 2017, Olasılıksal Dereceli Azalma [online], <https://veribilimcisi.com/2017/07/19/olasiliksal-dereceli-azalma-stochastic-gra%C2%ADdi%C2%ADent-descent-sgd/> [Ziyaret Tarihi: 19.07.2019].
- Anonim, 2017, MSE, RMSE, MAE, MAPE ve Diğer Metrikler [online], <https://veribilimcisi.com/2017/07/14/mse-rmse-mae-mape-metrikleri-nedir/> [Ziyaret Tarihi: 19.07.2019].
- Arafa M., Alqedra M., 2011, Early Stage Cost Estimation Of Buildings Construction Projects Using Artificial Neural Networks. *Journal Of Artificial Intelligence*, ISSN 1994-5450/DOI: 10.3923/jai.2011.63.75, 4(1): 63-75.
- Ayhan, S. ve Erdoğan, Ş., 2014, Destek Vektör Makineleriyle Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Çekirdek Fonksiyonu Seçimi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9(1), 175–198.
- Bahadır, Y., 2013, *Cam Elyaf Katkılı Cephe Kaplama Elemanlarına Yönelik Teklif Fiyatı Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (YSA) kullanılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Başkan, Ö., 2004, *İzole Sinyalize Kavşaklardaki Ortalama Taşıt Gecikmelerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Baykan, U. N., 2007, *İnşaat Projelerinde Kaynak İhtiyacının Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Tahmini*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Caferov, O., 2005, *Öngerilmeli Betondan Boşluklu Plak Köprülerin Yapay Sinir Ağları ile Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Cheng MY., Peng HS., Wu YW., Chen TL., 2010, Estimate at Completion for Construction Projects Using Evolutionary Support Vector Machine Inference Model, *Automation in Construction*, 19(5), 619-629,2010.
- Çalışkanelli, S. P., 2006, *Yakın Mesafeli Sinyalize Kavşaklarla Kontrolsüz Kavşak Etkileşimleri*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Çankaya, G., 2013, *Görüntü İşleme Teknolojisi ile Betonun Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Çevik, A., Kurtoğlu, A. E., Bilgehan, M., Gülşan, M. E., Albegmprli H. M., 2015, Support Vector Machines in Structural Engineering: a Review, *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(3), 261–281.
- Dener, M., Dörterler, M., Orman, A., 2009, Açık Kaynak Kodlu Veri Madenciliği Programları: Weka’da Örnek Uygulama, *Akademik Bilişim’09 – XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 11-13 Şubat 2009*, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Dinç, S., 2018, R Kare, Düzeltilmiş (Adjusted) –R Kare [online], <http://verilogtr.com/2018/12/10/r-kare-duzeltilmis-adjusted-r-kare/> [Ziyaret Tarihi: 30.07.2019].
- Doğan, E., Işık, S., Sandalcı, M., 2007, Günlük Buharlaşmanın Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tahmin Edilmesi, *İMO Teknik Dergi*, 4119-4131.
- Emel, G.G., ve Taşkın, Ç., 2002, Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları, *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt XXI*, Sayı 1, 129-152.
- Eraslan, O., 2008, *Işıklı Kavşaklarda Amerikan ve Avustralya Yöntemleri ile Gecikme Analizi ve Örnek Bir Kavşak Çözümü*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdal, H., 2016, Contribution of Machine Learning Methods to the Construction Industry: Prediction of Compressive Strength, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(3), 109–114. <https://doi.org/10.5505/pajes.2014.26121>
- Fidancı, A. S., 2017, Random Forest Algoritması. <https://www.slideshare.net/SezerFidanc/random-forest-algoritmas>, [Ziyaret Tarihi 15 Temmuz 2019].
- Freiman, F., 1983, *The Fast Cost Estimating Models*, Transactions of the 27th Annual Meeting of the American Association of Cost Engineers, Philadelphia PA, 26-29 June.
- Gülçiçek, Ü., 2011, *Yapı Parametrelerinin Değişimi ile Yaklaşık Kaba İnşaat Maliyet Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Gwang-Hee K., Sung-Hoon A., Kyung-In K., 2004, Comparison Of Construction Cost Estimating Models Based On Regression Analysis, Neural Networks, And Case-Based Reasoning, *Building and Environment*, 39 (2004) 1235 –1242.
- Haykin, S., 1999, *Neural Networks*, Second Edition, Prentice Hall.

- Hegazy, T. ve Aayed, A., 1998, Neural Network Model for Parametric Cost Estimation of Highway Projects, *Journal of Construction Engineering and Management*, 124, 210-218.
- Kabir B., Shehu A. B., Baba S. W., 2014, *A Computer-Based Cost Prediction Model For Institutional Building Projects In Nigeria, An Artificial Neural Network Approach. Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol.12 Iss 4 pp. 519 – 530.
- Karayolu Tasarımı Raporu, 2000, Ek-1 Kavşak Tipi Seçimi ile İlgili Olarak Önerilen Esaslar, *Sweroad, Ankara*, 3-15.
- Kasaplı K., 2014, *İçmesuyu Şebekelerinde Maliyet Tahmini Amacıyla Yapay Sinir Ağları Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keleşoğlu, Ö. ve Fırat, A., 2006, Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18:1, 133-141.
- Keskin A. D., 2018, *Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmalarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop.
- KGM, 2005, Karayolları Tasarım El Kitabı, Yayın No 1, Ankara.
- Koç, H., 2010, *Eşdüzey Kavşaklardan Katlı Kavşaklara Geçiş Örnekleri ve Uygunluklarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koehrsen, W., 2017, Random Forest Simple Explanation, <https://medium.com/@williamkoehrsen/random-forest-simple-explanation-377895a60d2d>. [Ziyaret Tarihi 15 Temmuz 2019].
- Korkmaz, E., 2016, *Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Sinyalize Kavşaklarda Gecikme Modelleri*, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kırıkkale.
- Kuruoğlu, M., Yönez, E., Topkaya, E., Çelik, L. Y., 2012, İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 1A0298, 7, (1), 263-272.
- Lee, S. C., 2003, Prediction of Concrete Strength Using Artificial Neural Networks, *Engineering Structures*, 25, 849-857.
- Özbayrak, A., 2008, *Kirişsiz Döşemeli Betonarme Yapıların Yatay Kuvvetler Altında Rijitlik Değerlerinin Yapay Sinir Ağları ile Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kayseri.

- Özsoy, İ. ve Fırat, M., 2004, Kirişsiz Döşemeli Betonarme Bir Binada Oluşan Yatay Deplasmanın Yapay Sinir Ağları ile Tahmini, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6:1, 51-63.
- Öztürk, E., 2009, *Cost Estimation of Trackworks of Light Rail and Metro Projects*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Pala, M., Çağlar, N., Elmas, M., 2003, Yapay Sinir Ağları ile Zemin-Yapı Dinamik Etkileşimi, *International XII. Turkish Symposium On Artificial Intelligence And Neural Networks*, TAINN, 65-69.
- Pekel, E., 2018, *Farklı Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Roxas C. L., Ongpeng J. M., 2014, *An Artificial Neural Network Approach to Structural Cost Estimation of Building Projects in the Philippines*, DLSU Research Congress, 1-8.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., 2003, *Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları - I: Yapay Sinir Ağları*, Ufuk Kitap Kırtasiye Yayıncılık Tic. Ltd. Şti., Kayseri.
- Saraç, E., 2012, *Yapay Sinir Ağları Metodu ile Gayrimenkul Değerleme*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sodikov, J., 2005, Cost Estimation of Highway Projects in Developing Countries: Artificial Neural Network Approach, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1036-1047.
- Tortum, A., 2003, *Yapay Sinir Ağları ve Birleştirilmiş Sinirsel Bulanık Sistemler ile Şehirlerarası Yük Taşımaları Tür Seçiminin Modellenmesi*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Uğur, L. O., 2007, *Yapı Maliyetinin Yapay Sinir Ağı ile Analizi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uğur, L. O., Baykan, U. N., Korkmaz, S., 2011, *Yığma Konutların Maliyet Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Kullanılması*, 6. İnşaat Yönetimi Kongresi, Bursa, 25-27 Kasım.
- Ulgen, E. K. 2017., Makine Öğrenimi Bölüm-5 (Karar Ağaçları). <https://medium.com/@k.ulgen90/makine-ogrenimi-bolum-5-karar-agaclaric90bd7593010>, [Ziyaret Tarihi 15 Temmuz 2019].
- Ünsal M. A., 2017, *Yapay Sinir Ağları Modeliyle Betonarme Taşıyıcı Sistem Maliyetinin Tahmin Edilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Wang YR., Yu CY., Chan HH., 2012, Predicting Construction Cost and Schedule Success Using Artificial Neural Networks Ensemble and Support Vector

Machines Classification Models, *International Journal of Project Management*, 30(4), 470-478.

Yıldız, D., 2013, *Kapasite, Güvenlik ve Maliyet Analizi ve Geliştirilmesi ile Optimize Edilmiş Kavşak Tipini Belirleyen Program Üretilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Yılmaz, İ., 2012, *Osmanlı Dönemi Mimarlık Eserleri Restorasyon İnşaat Maliyetlerinin Yapay Zeka Yöntemleri ile Tahmini*, Doktora Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Yurtoğlu, H., 2005, *Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler için Türkiye Örneği*, Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, Ekonomik Modeller ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.



EKLER

EK-1 Çalışmada kullanılan köprülülük kavşaklar



Şekil EK-1.1. Konya Adana Çevre Yolu Borsa Köprülülük Kavşağı (Veri-1)

(http://www.konya.bel.tr/bldfoto/14/fen/kopru_b_5.jpg)



Şekil EK-1.2. Ağaç İşleri Sanayi Hızlı Tren Köprülülük Kavşağı (Veri-2)

(<https://earth.google.com/web/search/konya+galericiler/@37.90693106,32.50976138,1013.24560383a,279.00895118d,35y,->

[48.52683645h,48.87576555t,0r/data=CigiJgokCTeF6GEkaUJAEV2H5pJUY0JAGR1h2mrzcD9AIZNeJa1XD9A](https://earth.google.com/web/search/konya+galericiler/@37.90693106,32.50976138,1013.24560383a,279.00895118d,35y,-48.52683645h,48.87576555t,0r/data=CigiJgokCTeF6GEkaUJAEV2H5pJUY0JAGR1h2mrzcD9AIZNeJa1XD9A))

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.3. Ankara 2. Cade Öveçler Alt Geçidi (Veri-3)

https://earth.google.com/web/@39.88576833,32.82392984,1002.7331543a,0d,67.32259789y,3.10312752h,76.88623148t,0r/data=CgAiGgoWcno5eTJPMERsdE1EU3lSa3ZwXlpcDxAC?utm_source=referral&utm_campaign=marketing&utm_term=carmen1



Şekil EK-1.4. Konya Ankara Caddesi Galericiiler KöprülÜ Kavşığı (Veri-4)

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.5. Ankara Ceyhun Atuf Kansu Alt Geçidi (Veri-5)

[\(http://www.ypm.com.tr/project/konya-yolu-ceyhun-atuf-kansu-70-gun-altgecidi/\)](http://www.ypm.com.tr/project/konya-yolu-ceyhun-atuf-kansu-70-gun-altgecidi/)



Şekil EK-1.6. Ankara Fen Lisesi Kavşağı (Veri-6)

[\(http://www.ypm.com.tr/project/fen-lisesi-kavsagi-60-gun-alt-gecidi/\)](http://www.ypm.com.tr/project/fen-lisesi-kavsagi-60-gun-alt-gecidi/)

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.7. Antalya-Manavgat-Alanya Gültepe KöprülÜ Kavşakı (Veri-7)

<https://earth.google.com/web/@36.80465277,31.39155554,28.53622167a,581.15030541d,35y,21.64850372h,0t,0r>



Şekil EK-1.8. Azerbaycan KöprülÜ Kavşakı (Veri-8)

<https://earth.google.com/web/@37.85848465,32.47610904,1029.85705816a,480.89800985d,35y,303.25772486h,0t,0r>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülü kavşaklar

Şekil EK-1.9. Konya Beyşehir Çevre Yolu Fatih Caddesi Köprülü Kavşağı (Veri-9)



Şekil EK-1.10. Bûsan Kavşak Düzenlemesi (Veri-10)

<http://www.konya.bel.tr/haberayrinti.php?haberID=2229>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.11. Çakırlı Cad. – Lamcı Alt Geçidi (Veri-11)

<https://www.biberici.com.tr/web/tr/proje/34-lamci-koprulu-kavsagi>



Şekil EK-1.12. Çeçenistan Caddesi KöprülÜ Kavşağı (Veri-12)

<https://www.biberici.com.tr/web/tr/proje/68-cecenistan-koprulu-kavsagi>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.13. Ereğli KöprülÜ Kavşakı (Veri-13)

<https://earth.google.com/web/@37.86902544,32.54851532,1008.81218323a,886.38074689d,35.00005331y,-0h,0t,0r>



Şekil EK-1.14. Konya Kule-Malas KöprülÜ Kavşakı (Veri-14)

http://www.konya.bel.tr/bldfoto/14/fen/kopru_b_7.jpg

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.15. Osmaniye Devlet Bahçeli Kavşağı (Veri-15)

http://www.medyagazete.com/images/haberler/2018/06/alt_gecitteki_bazi_kavsaklar_trafige_acildi_h24_013_5add6.jpg



Şekil EK-1.16. Konya Otogar Kavşağı (Veri-16)

http://www.konya.bel.tr/bldfoto/14/fen/kopru_b_6.jpg

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.17. Sille Kavşağı (Veri-17)

<http://wikimapia.org/6362206/tr/Sille-Yolu-K%C3%B6pr%C3%BCI%C3%BC-Kav%C5%9Fa%C4%9F%C4%B1#/photo/2812505>



Şekil EK-1.18. Sivas Gazi Lisesi Alt Geçidi (Veri-18)

http://sivas.bel.tr/Files/UserFiles/7/projeler/GAZ_LSES_ALT_GECT2.jpg

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar



Şekil EK-1.19. Sivas Halfelik Kavşağı (Veri-19)

<https://www.google.com/search?tbm=isch&q=HALFEL%C4%B0K+ALT+GE%C3%87%C4%B0%D%C4%B0&spell=1&sa=X&ved=0ahUKewjBuv68xL7jAhWE2uAKHchmBtEQBQg-KAA&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgc=7Rj4v8EA9XYg0M:>



Şekil EK-1.20. Sivas Yukarı Tekke Alt Geçidi (Veri-20)

<https://i.ytimg.com/vi/b11-PuPXUx4/maxresdefault.jpg>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.21. Şefikcan Cad. KöprülÜ Kavşağı (Veri-21)

<https://www.youtube.com/watch?v=FqVKFSBJMaw>



Şekil EK-1.22. Yeni İstanbul Caddesi Elmalılı Hamdi Yazır KöprülÜ Kavşağı (Veri-22)

http://www.konya.bel.tr/bldfoto/18/yapi/kopruson_b_1.jpg

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.23. Karabük Balık Pazarı TCDD Alt Geçidi (Veri-23)

<https://www.karabuk.bel.tr/images/fotogaleri/12112018-battickikti-1.jpg>



Şekil EK-1.24. Florya Sahil Yolu Alt Geçidi Veri-24)

<http://www.ffkmuhendislik.com/resimler/201612090072.jpg>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar



Şekil EK-1.25. ŞanlıUrfa Cengiz Topel Alt Geçidi (Veri-25)

<https://www.balikligol.com/images/haberler/9944.jpg>



Şekil EK-1.26. Ankara Şeker Fab. Önü Köp. Kavşağı 1 (Veri-26,27,28)

<https://earth.google.com/web/search/%c5%9eeker,+Ankara+%c5%9eeker+Fabrikas%c4%b1,+Aya%c5%9f+Ankara+Yolu+Bulvar%c4%b1,+Etimesgut%2fAnkara,+T%c3%bcrkiye/@39.96255824,32.67403346,816.71239264a,2028.57321419d,35y,360h,0t,0r/data=CigiJgokCYpajqUjnERAEWowfmlHm0RAGfg-aHr1VUBAIRF30218U0BA>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.27. Avanos Kavşağı Alt Geçidi (Veri-29)

http://www.fibhaber.com/images/haberler/2018/12/nevsehir_yeni_cevreyolu_imar_plani_askiya_cikti_h96467_977db.jpg



Şekil EK-1.28. Bağcılar-Koçman Caddesi Alt Geçidi 1 (Veri-30)

<http://apaweb.net/media/images/73e2c61014bc41af8ca0ee35bccd82c5/1.jpg>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.29. Atatürk Bulvarı Efor Avm Önü Köp.Kav. (Veri-31)

http://www.yeniaksaray.com.tr/images/haberler/2018/04/alt-gecidin-eksikleri-tamamlandi_e093d.jpg



Şekil EK-1.30. Eski Otogar (Jandarma) Kav. Alt Geçidi (Veri-32)

[http://www.afyon.bel.tr/upload/tr/resim/haberyonetimi/jandarma-kavsagi-\(1\)_23102017161927_1024_768_id_5981.jpg](http://www.afyon.bel.tr/upload/tr/resim/haberyonetimi/jandarma-kavsagi-(1)_23102017161927_1024_768_id_5981.jpg)

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.31. Atatürk Bulvarı Eski Stadyum Kav. Alt Geçidi (Veri-33)

<http://www.ilba.com.tr/image/show/photos/8cab4e48c72cec1425c208862908dacc.jpeg>



Şekil EK-1.32. Turgut Özal Bulvarı Telekom Kav. Alt Geçidi (Veri-34)

<https://www.insaport.com/wp-content/uploads/2018/07/20182FHaber2F7-TEMMUZ2FBASKENTTTT-7-.jpg>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.33. Yeni Yht Garı Alt Geçidi (Veri-35)



Şekil EK-1.34. Elazığ Çaydaçıra Kavşağı Alt Geçidi (Veri-36)

http://aslanozen.com/upload/dosya/elazig-cayda-cira-koprulu-kavsak-insaati3_1592494af51a49.jpg

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.35. Payas Belediyesi Alt Geçidi (Veri-37)

<http://www.iskenderungazetesi.com/wp-content/uploads/2016/11/payas-altyap%C4%B11.jpg>



Şekil EK-1.36. Uşak Belediyesi Otopark KöprülÜ Kavşağı (Veri-38)

https://www.usak.bel.tr/modules/icerikler/dataimages/IMG_A236A7-1557F7-940234-8E02FB-BF07A4-71F394.jpg

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülü kavşaklar

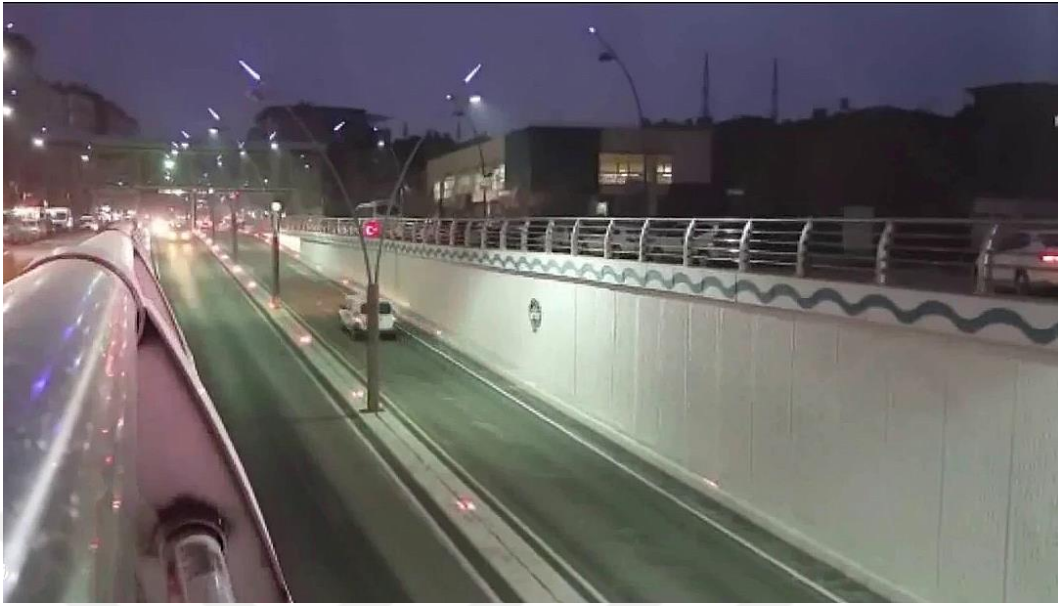
Şekil EK-1.37. Hatay Belediyesi Kavashlı Köprülü Kavşaghı (Veri-39)

<https://www.hatayitani.com/wp-content/uploads/2016/12/16564a6a9d1b7122b09135feefc4372e.jpg>



Şekil EK-1.38. Uşak Belediyesi Stadyum Köprülü Kavşaghı (Veri-40)

http://www.egedeyenigun.com/images/album/battYcYkti_18.jpg

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.39. Bosna Hersek Bulvarı Cahit Dalokay Köp. Kavşağı (Veri-41)
(<http://www.elazighakimiyethaber.com/images/habergaleri/2017/11/5877541.jpg>)



Şekil EK-1.40. Kayseri Mkp Bulvarı Kızılırmak Cad Alt Geçidi (Veri-42)
(<http://www.kayseristarhaber.com.tr/image.php/ulasim-yatirimlari-bir-bir-tamamlaniyor.jpg?width=847&height=510&cropratio=847:510&image=/upload/news/ulasim-yatirimlari-bir-bir-tamamlaniyor.jpg>)

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.41. Kayseri Mkp Bulvarı Kartal Kavşağı Alt Geçidi (Veri-43)

https://www.barankaya.com/images2/DJI_0980.jpg



Şekil EK-1.42. Koca Sinan Bulvarı Tuna-30 Ağustos Kavşağı (Veri-44)

<http://kayserihaber.com.tr/resimler/2018-10/17/1752496965278.jpg>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.43. Gaziantep Yeşilvadi 10 Nolu Cad Köp Kavşağı (Veri-45)
(<http://enam.com.tr/media/photo/96d4aaa991acfb6e1dc39a68697b9a28.jpg>)



Şekil EK-1.44. Gez Mahallesi Köp. Kavşağı (Veri-46)
(<https://earth.google.com/web/@39.9004284,41.2660421,1920.78199434a,304.67948677d,35y,-163.37988323h,8.41831901t,0r>)

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.45. Ayaş Yolu Sincan Osb Öntü Alt Geçidi (Veri-47)

<http://i.hurimg.com/i/hurriyet/75/590x332/5cf5173b7af50727dc8bc2e6.jpg>



Şekil EK-1.46. Ayaş - Ankara Yolu Bul. Eryaman Mah. Alt Geçidi (Veri-48)

<https://earth.google.com/web/@39.96788786,32.62559013,803.4057773a,781.10901771d,35y,0h,0t,0r>

EK-1 (Devamı) Çalışmada kullanılan köprülÜ kavşaklar

Şekil EK-1.47. Karapınar Alt Geçidi (Veri-49)

(<https://twitter.com/hashtag/g%C3%BCc%C3%BCm%C3%BCmilleti%CC%87%C5%9Fimizhizmet>)



Şekil EK-1.48. Hava Loj. Köp. Kavşağı (Veri-50)

(<https://earth.google.com/web/@37.89522569,32.50514343,1014.4314647a,523.37151694d,35y,56.3575592h,44.68220318t,0r>)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gökhan ÇİPER
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Antakya – 24.08.1988
Telefon : 0545 582 72 45
Faks : -
E-Posta : gkh_88@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Hüseyin Özbuğday Lisesi, Antakya, Hatay			2005
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. İnş. Müh. Böl., Selçuklu, Konya			2010
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Ens., Selçuklu, Konya			2019
Doktora	:			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011	KYS Danışmanlık	İş Güvenliği Uzman Yardımcısı
2011-2012	Alp İnşaat Planlama ve Peyz. San. Tic. Ltd. Şti.	Hakediş-Metraj Sorumlusu
2012-	Konya Büyükşehir Belediyesi	Kontrol Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Yapı Anabilim Dalı

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR