



**HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDE YAPAY SINIR
AĞLARI İLE ÜRÜN AĞAÇLARINDAKİ
DEĞİŞİMLERE BAĞLI MALİYET TAHMİNİ**

Güleser ŞİMŞEK CAN

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanları
Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR
Doç. Dr. Özer UYGUN**

**HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÜRÜN
AĞAÇLARINDAKİ DEĞİŞİMLERE BAĞLI MALİYET TAHMİNİ**

Güleser ŞİMŞEK CAN

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanları
Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR
Doç. Dr. Özer UYGUN**

**KARABÜK
Mayıs 2021**

Güleser ŞİMŞEK CAN tarafından hazırlanan “HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÜRÜN AĞAÇLARINDAKİ DEĞİŞİMLERE BAĞLI MALİYET TAHMİNİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr.Üyesi Fuat ŞİMŞİR
Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, KBÜ

Doç. Dr. Özer UYGUN
Tez Eş Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, SAÜ

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 07/05/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu) İmzası

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Buket KARATOP (İÜC)

Üye : Doç. Dr. Özer UYGUN (SAÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÖZCAN (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Muharrem ÜNVER (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Güleser ŞİMŞEK CAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDE YAPAY SINIR AĞLARI İLE ÜRÜN AĞAÇLARINDAKİ DEĞİŞİMLERE BAĞLI MALİYET TAHMİNİ

Gülezer ŞİMŞEK CAN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları:

Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR

Doç. Dr. Özer UYGUN

Mayıs 2021, 108 sayfa

Bu çalışmada, ürün ağaçlarındaki değişikliklere bağlı olarak ürün maliyetindeki değişimleri en doğru şekilde tahmin edebilen yapay sinir ağı tahmin modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda farklı alanlarda yapay zekâ kullanımının gün geçtikçe artış gösterdiği havacılık endüstrisinde ürün maliyet tahmininde nasıl bir sonuç ile karşılaşılacağı araştırılmıştır. Çalışmalar sonucunda, gerçekleşen – tahmini maliyet arasındaki hata oranı değerlendirildiğinde bu model maliyet tahmininde kullanılabilir bir yöntem olarak kendini kanıtlamıştır.

Anahtar Sözcükler : Yapay sinir ağları, ürün maliyet tahmini, havacılık endüstrisi.

Bilim Kodu : 90619

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

PRODUCT COST ESTIMATION DEPENDING ON CHANGES IN BILL OF MATERIALS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN AVIATION INDUSTRY

Güleser ŞİMŞEK CAN

**Karabuk University
Institute of Graduate Programs
Department of Industrial Engineering**

Thesis Advisors:

Assist. Prof. Dr. Fuat ŞİMŞİR

Assoc. Prof. Dr. Özer UYGUN

May 2021, 108 pages

In this study, it is aimed to develop artificial neural network estimation model that can most accurately estimate the product cost that varies depending on the changes in the production bill of materials. In this context, it has been investigated what kind of results will be encountered in product cost estimation in the aviation industry where the use of artificial intelligence in different areas is increasing day by day. As a result of the studies, when the error rate between realized and estimated cost is evaluated, this model has proven itself as a useful method in cost estimation.

Key Word : Artificial neural networks, product cost estimation, aviation industry

Science Code : 90619

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının planlanmasından bugünkü haline dek destekleriyle alıŐmamı Őekillendiren ve geliŐtiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR'e ve aynı zamanda katkıları için Do Dr. Özer UYGUN'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Tezim boyunca gerek akademik izinler gerekse bilgi sağlama konusunda destek veren, TEI- TUSAS Motor Sanayi A.Ő.'ye teşekkür ederim.

Aileme, eŐime ve yakın arkadaşlarıma bu yolda motivasyonumu korudukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
BÖLÜM 1	13
GİRİŞ	13
BÖLÜM 2	16
HAVACILIK ENDÜSTRİSİ VE YAPAY ZEKÂ'NIN YERİ.....	16
2.1. HAVACILIK ENDÜSTRİSİ VE ÜRETİM.....	16
2.2. HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDE YAPAY ZEKÂ.....	17
2.3. GELENEKSEL ÜRETİM MALİYET HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	19
2.3.1. Maliyet Sistemleri.....	20
2.3.1.1. Normal Maliyet Sistemi (Normal Costing).....	20
2.3.1.2. Tam Maliyet Sistemi (Absorption Costing – Full Costing).....	20
2.3.1.3. Kısmi Maliyet Sistemi	21
2.4. ÜRETİM MALİYET TAHMİNİ	22
BÖLÜM 3	24
YAPAY ZEKÂ	24
3.1. BAŞLICA YAPAY ZEKÂ METODLARI	24
3.1.1. Bulanık Mantık	24
3.1.2. Uzman Sistemler.....	25
3.1.3. Sezgisel Algoritmalar	26

	<u>Sayfa</u>
3.1.3.1. Genetik Algoritmalar	26
3.1.3.2. Tabu Arama Algoritması	26
3.1.3.3. Tavlama Benzetimi Algoritması	27
3.1.3.4. Karınca Kolonisi Algoritması	27
3.1.4. Bulanık Bilişsel Haritalar	28
3.1.5. Yapay Sinir Ağları	28
3.2. YSA'LARIN YAPILARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI	32
3.2.1. İleri Beslemeli Ağlar	32
3.2.2. Geri Beslemeli Ağlar	32
3.3. YSA'NIN KULLANIM SİSTEMATİĞİ	33
3.4. YSA'NIN BAŞARI KRİTERLERİ.....	34
3.4.1. Doğrusal Olmama	35
3.4.2. Öğrenme	35
3.4.3. Genelleme	35
3.4.4. Uyarlanabilirlik.....	35
3.4.5. Dağıtılmış Birleşik Hafıza	36
3.4.6. Hata Toleransı.....	36
3.4.7. Paralel İşlem Yapma.....	36
BÖLÜM 4	37
LİTERATÜR TARAMA	37
BÖLÜM 5	77
MODELLEME ÇALIŞMALARI	77
5.1. GERÇEKLEŞEN MALİYET.....	79
5.1.1. Mevcut Yöntem	79
5.2. TAHMİNİ MALİYET.....	84
5.2.1. YSA Tahmin Modeli Yöntemi	85
5.2.2. Normalizasyon.....	88

	<u>Sayfa</u>
5.2.3. Matlab Yapay Sinir Ağları Optimizasyon Araçları	89
5.2.4. Sistem Özellikleri	98
5.2.5. Deneysel Sonuçlar	99
BÖLÜM 6	101
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	101
KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ	108

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Biyolojik nöronun/sinir hücresinin şematik yapısı	29
Şekil 3.2. Bir işlem elemanı	30
Şekil 3.3. İleri beslemeli ağ/geri beslemeli ağ	33
Şekil 5.1. Ürün ağacı örneği.....	78
Şekil 5.2. Eğitim ve test seti üzerinde hatayı gösteren tipik bir eğitim eğrisi.....	90
Şekil 5.3. Eğitim, doğrulama, test yüzdelerinin belirlenmesi	91
Şekil 5.4. Gizli katman sayısının belirlenmesi.....	92
Şekil 5.5. Eğitim algoritmasının seçimi	93
Şekil 5.6. Eğitim sonuçları	94
Şekil 5.7. Eğitim sonrası regresyon sonuçları.....	95
Şekil 5.8. Eğitim sonrası hata histogramı	96
Şekil 5.9. Eğitim performansı	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Özet literatür tablo.	64
Çizelge 5.1. İşlem 1 masraf yeri.	80
Çizelge 5.2. İşlem 2 masraf yeri.	81
Çizelge 5.3. Sipariş A/üretim maliyeti kalemleri.	82
Çizelge 5.4. Sipariş B/üretim maliyeti kalemleri.	83
Çizelge 5.5. Final ürün maliyeti.	84
Çizelge 5.6. Tahmin modelinde kullanılacak veri seti.	85
Çizelge 5.7 Sistem özellikleri.	98

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BBH	: Bulanık Bilişsel Haritalar
BFY	: Birim Fiyat Yöntemi
BPN	: Back Propagation Network (Geriye Yayılma Sinir Ağı)
BOM	: Bill of Material (Ürün Ağacı)
CBR	: Case Based Reasoning (Vaka Temelli Muhakeme)
CE	: Concurrent Engineering (Eş zamanlı Mühendislik)
CNN	: Convolutional Neural Network (Evrışimsel Sinir Ağı)
COCOMO	: Construcion Cost Model (Yapı Maliyet Modeli)
DNN	: Deep Neural Network (Derin Sinir Ağı/Derin Öğrenme)
ERP	: Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
FA	: Faktör Analizi (Factor Analysis)
İHA	: İnsansız Hava Aracı
KKA	: Karınca Kolonisi Algoritması
ML	: Machine Learning (Makine Öğrenmesi)
MSE	: Mean Squared Error (Ortalama Kare Hata)
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization)
SNN	: Spiking Neural Network (İğnecikli Sinir Ağı)
SVR	: Support Vector Regression (Destek Vektör Regresyonu)
TA	: Tabu Arama
TK	: Taylor Kriging
YSA	: Yapay Sinir Ağları

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Havacılık endüstrisinde, gereksinimleri doğrulayacak tasarımların yapılması amacının yanında firmanın da çıkarlarını koruyacak tasarımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Parça değişimlerinin simüle bir ortamda üründeki maliyet etkisinin görülebilmesi, kararların hızlı alınabilmesi yoğun ve proje tipi üretim yapan pahalı bir sektörün öngörülerini kolaylaştıracaktır. Üretim ürün ağaçlarındaki değişimlere bağlı ürün maliyet tahminini, belirlenen amaç çerçevesinden çıkmadan, çözüm yöntemi olarak seçilen yapay zekâ metotlarından yapay sinir ağları modelini probleme uygun şekilde tasarlayarak kullanılabilir hale getirmektedir. Maliyet tahminin doğru yapılması, bütçe planlamalarında kârlılık analizlerinin ve satış miktarlarının gerçeğe yakın hesaplanabilmesinin ana koşuludur. Maliyet tahmini aşamalarındaki zorluklar, projenin kendine has özelliklerinden de kaynaklanabilir, proje üzerinde yeterince bilgi sahibi olmamaktan doğan nitel yorumlardan da olabilir. Projenin yaşayabileceği riskler öngörülerek, direkt ve endirekt maliyet ayrımlarının en doğru şekilde yapılmasıyla bu hatalar minimuma indirgenebilir.

Oysa ki işletmelerin en birincil amacı kâr elde etmektir. Bu amacı doğrulayan yöntemlerin kullanılabilir olması gelirlerini artırma da ve maliyetlerini azaltma konusunda büyük önem arz etmektedir. Yeni bir projeye gireceğinde kâr mı zarar mı edeceğini daha projeye girmeden bilmesi gereklidir. Küçük işletmeler için bu hesaplama kolay olsada birçok birimden oluşan büyük işletmeler için bu durum hiç kolay değildir. Bu yüzden işletmeler hem piyasa rekabeti hem de çalışma yöntemleri değiştikçe, teknoloji geliştikçe kârlılık analizlerini kolaylaştıracak yeni maliyet hesaplama yöntemlerine başvururlar.

Ancak çalışanlar, işlerin önceki yapılış biçimlerine o kadar aşinadırlar ki yeni bir çalışma yöntemini benimsetmek zor olabilmektedir. Bu durumda iş biraz da üst

yönetimin inanmışlığı ve kararlılığı ile ilgili olmaktadır. Tek bir maliyetleme yöntemi her duruma malesef uygun değildir ve maliyet hesaplama yöntemlerinin farklı çeşitlilikte özellikleri, bunların avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle işletme bazında tek bir maliyetleme yöntemi değil farklı işler özelinde farklı maliyet hesaplama yöntemlerinin işletmede kullanılabilir olmasının mümkün olduğu da bir gerçektir. Bu kapsamda faaliyet tabanlı maliyet hesaplama yapılabilmektedir. Örneğin gerçekleşen tüm faaliyetler bir kaynak grubu olarak atanabilir. Her kaynak grubunun maliyetleri ayrı ayrı hesaplanabilir. Bu gruplar için ayrı ayrı kullanılabilir kapasiteler hesaplanabilir. Birim maliyetler ve birim zamanlar hesaplanır. Daha sonrasında da faaliyetlerin birim maliyetleri hesaplanabilir.

Maliyet tahmin ve sınıflandırmalarında kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Ancak bu yöntemler yukarıda belirtilen zorlukların aşılmasında yeterli olmamaktadır. Bu yüzden işletmelerin öncelikle mevcut maliyet hesaplama yöntemlerini kolaylık, doğruluk, uygulama vb. boyutlarda analiz etmeleri gerekmektedir. Analiz sonrası mevcut yöntemin işletmenin ihtiyacına karşılık verip vermediği ortaya çıkacaktır. Önemli olan analiz esnasındaki sinyalleri doğru anlamlandırabilmektir. Özet olarak hangi yöntem seçilirse seçilsin maliyetlendirme sistemi; amaca uygun, gerçekçi, fayda odaklı, tutarlı, karşılaştırılabilir, şeffaf ve denetlenebilir olmalıdır.

Bölüm 1 ile teze giriş yapılmıştır. Bölüm 2’de havacılık endüstrisi, havacılık endüstrisinde yapay zekâ, havacılık endüstrisinde maliyet hesaplama yöntemlerinden bahsedilmiştir. Bölüm 3’te yapay zekâ kavramına giriş, başlıca yapay zekâ metodları, bu metodlardan bulanık mantık, uzman sistemler, sezgisel algoritmalar, bulanık bilişsel haritalar ve yapay sinir ağları anlatılmıştır. Avantaj ve dezavantajlarına değinilmiştir. Sonrasında bu tez için de kullanılacak olan yapay sinir ağları yöntemi detaylandırılmıştır. Yapılarına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli olarak ayrılan yapay sinir ağlarının kullanım sistemetiği ve başarı kriterlerinden bahsedilmiştir. Bölüm 4’te literatür taraması yapılmıştır. Tarama, özellikle yapay sinir ağları ile maliyet tahmini özelinde gerçekleştirilmiştir. Bölüm 5’te maliyet tahmin modelinin kurulmasını ve çalıştırılmasını içermektedir. Bu kapsamda öncelikle mevcut yöntem incelenmiş tablolarla hesaplama yöntemi gösterilmiştir. Daha sonra, gerçeğe yakın normalize edilmiş veriler oluşturulmuş YSA tahmin modelinde, modelin öğrenmesi

ve çalışması için kullanılmıştır. Bölüm 6'da sonuçlar kısmında model sonunda ulaşılan veriler değerlendirilmiştir. Bölüm 7'de tartışma ve öneriler kısmında model içinde kullanılan parametreler değiştirilerek ekstra regresyon sonucu değerlendirmesi yapılmıştır. İleriye dönük çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışmada, projelerin kendilerine özgü özelliklerinden kaynaklanan belirsizliklerin aşılmasında, yapay zekâ metotlarının kullanılabilirliği test edilecektir. Havacılık endüstrisinde hali hazırda zaten yapay zekâ kullanımının örneklerini görmekteyiz. Fakat hem çok fazla metod bulunmaktadır hem de maliyetlendirmede kullanımına dair örnekler oldukça azdır. Hele ki yapay sinir ağlarının bu sektördeki en çok kullanım alanının görsel seçilim olduğunu düşünürsek yapay sinir ağlarının maliyet tahmini yapabilmesinin düşünülmesi çok çok sonra düşünülecek bir şey olarak karşımıza çıkmıştır. İlerleyen bölümlerde en çok öne çıkan yapay zekâ metotlarının özet bir açıklamasından sonra bu problem için tercih edilen metodun geniş bir açıklaması yapılacaktır. Böylelikle metodun tercih edilme sebebi de anlaşılacaktır. Maliyet tahmin modelinin kurulumunda Matlab seçilmiştir. Fakat tabii ki farklı yazılımlar farklı uygulamalar da bu iş için rahatlıkla kullanılabilir. Çalışmanın amacı maliyetlendirmede sürece göre farklı uygulamalara güvenle gidilebileceğinin gösterilmesidir. Umulur ki işletmeler bu ve bu gibi çalışmalardan yararlanarak ileride bu yöntemleri sıklıkla kullanabilir hale gelebilsin.

BÖLÜM 2

HAVACILIK ENDÜSTRİSİ VE YAPAY ZEKÂ'NIN YERİ

Bu bölümde havacılık endüstrisi, havacılık endüstrisinde yapay zekâ ve maliyet hesaplama yöntemleri anlatılacaktır.

2.1. HAVACILIK ENDÜSTRİSİ VE ÜRETİM

Havacılıkta üretim otomasyonu, malzeme, tasarım ve süreçlerin entegre çalıştığı karmaşık sistemlerden oluşmaktadır. Ticari hava taşıtı montajı, klasik cıvatalama veya birleştirme parçalarının montajından daha fazlasıdır. Süreçleri yönetmek ve doğrulamak için daha gelişmiş sistemler gerekmektedir [1].

Ticari havacılıkta üretim, planlamada pahalı, son derece uzun vadeli ve hataların herkes için büyük sonuçlara sahip olduğu bir süreçtir. Her yeni uçak planlandığında, ihtiyaç duyulan finansman, birkaç yıl boyunca finansal olarak tam devir sayısının üzerine yaklaşan değerlerdir ve kâr edebilmek için 30 yıllık kullanım ömrü öngörülmelidir. Diğer endüstrilerin aksine havacılık endüstrisinin başarısı önemli ölçüde ürettiği güvenli ürünlerin kalitesine bağlı olarak şirketin itibarını belirleyecektir. Bu yüzden yapılan hata şirketin mali olarak asla iyileşmemesine neden olacaktır. Tasarım ve kalite aşamalarına dahil olabilme potansiyeli, tüm sistemi daha da geliştirecektir. Teknoloji değiştikçe ve ilerledikçe sistemlerin uyum sağlama ve iyileştirme için daha fazla gelişmesi gerekmektedir. Yeni teknolojiyi benimsemeyen ve buna ayak uyduramayan bir şirket küresel olarak yerini hızla kaybedecektir [1].

2.2. HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDE YAPAY ZEKÂ

Havacılıkta yapay zekânın riskleri azaltabileceği ve karmaşık süreçlerin iç ve dış problem tehditlerine daha az maruz kalmasını sağlayabileceği iddia edilmektedir. Yapay zekâ, tüm sürece üçüncü ve daha etkili bir koruma katmanı ekleme olanakları sunar. Ek olarak, sinir ağları, hata tespiti veya problem tanımlamayı lokalize etmek için karar verme sürecinin sağlanabildiği sistemlerdir.

Yapay sinir ağı, her birinin kendi yerel işlemcisine sahip olabilen birçok basit düğüm biriminin bulunduğu bir ağıdır. Tüm bu yerel birimler, sayısal veri taşıyan tek yönlü kanallarla, bağlantılarla bağlanır. Tüm birimler yerel düzeyde ve bu tek yönlü bağlantılardan gelen verilerle çalışır. Üretim, yalnızca sistemi çalıştırmaya değil, aynı zamanda işleyişi ve verimliliği artıracak şekillerde de sistemlere ihtiyaç duyar. Sinir ağları, bilgiyi bir insan beyniyle aynı biyolojik yolla işler. Ara bağlantılar işlem hızında avantaj sağlar. Yapay sinir ağı, her birinin kendi yerel işlemcisine sahip olabilen birçok basit düğüm biriminin bulunduğu bir ağıdır. Tüm bu yerel birimler, sayısal veri taşıyan tek yönlü kanallarla, bağlantılarla bağlanır. Tüm birimler yerel düzeyde ve bu tek yönlü bağlantılardan gelen verilerle çalışır. Örnek yoluyla öğrenme, insanların biyolojik öğreniminde olduğu gibi kullanılan bir yaklaşımdır. Örneğin, bir motorun çalışmasını durdurmak için bir sinyal göndermek etkili değilse, istenen çıktıyı elde etmek için sinyal diğer bağlantılar tarafından gönderilecektir. Eğitim, yapay sinir ağlarının temelidir ve genellikle denetimli veya denetimsiz olarak sınıflandırılır. İlki, giriş ve çıkış değerlerinin verildiği yerdir ve bunlar yerel verilerden mantıksal bir karar vermek için karşılaştırılır. Sinir ağları, beynin birbirine bağlı işlem elemanlarından (nöronlar) oluşan ağ benzeri modellenen bilgi işlem sistemleridir. Birbirine bağlı işlemciler paralel olarak çalışır ve birbirleriyle etkileşim halindedir. Bu sistemler; ağıın işlediği verilerden öğrenmesini sağlar, verilerdeki kalıpları ve ilişkileri tanır, herhangi bir sistemin etkin çalışmasına yardımcı olur [1].

Havacılık imalatında ana bileşenlerin nihai montajı genellikle küresel olarak yapılır. Boeing'in Güney Amerika, Avustralya ve Avrupa'da tedarikçileri vardır ve buradaki bileşenler önemli parçalar olabilmektedir. Örneğin AIRBUS, kanatları Fransız ve Alman fabrikalarında monte edilmektedir. Tüm aşamalarda kritik olan nokta,

parçalar arasındaki ve parçaların içindeki farklılıkların tutarlı olması gerektiğidir. Bunu izleyebilmek ve doğrudan veya dolaylı veri bozulmalarından korunmalarını sağlamak çok önemlidir.

Yapay sinir ağı tahmin modellerinin amacı, bir insan beyni inşa etmek hatta tamamen kopyalamaya çalışmak değil, modern sistemler, üretim ve uygulamalar için karmaşık süreçlerin analizini desteklemektir.

Havacılık sektöründe karar alabilmek ve bunları karşılaştırabilmek için üretimin tüm aşamalarında kullanılabilen bu verileri kaydedebilen, analiz edebilen ve depolayabilen yapay zekânın başlangıçtan itibaren bu sürece dahil edilmesi gerekir. İlk olarak, üretimin başlangıcından itibaren kullanılırsa denetimsiz eğitime ihtiyaç duyulacaktır; sistemi daha hızlı geliştirmek için denetimli eğitim faydalı olabilir.

Yapay bir sinir ağı, üretime başlangıçta denetlenen bir sistem ve sonunda denetlenmeyen bir sistem olarak ayarlanabilen üst düzey bir kontrol olarak eklenirse, rolü çok yönlü olacaktır. Bunun için ilk olarak, gereksinimleri karşılamaya yönelik temel endişeleri ve faaliyetleri belirlemek için denetimli YSA kullanılmalıdır. İkinci olarak, olası endişeler ve düzeltmeler için süreçteki kalıplar, kalıplardaki değişiklikler ve aykırı değerler belirlenmelidir. Üçüncüsü, yazılım güncellemelerinin uzaktan veya yerel olarak tanındığı zamanlar ve yüksek bir yetki düzeyinde yerel mutabakat, ihlallerin asgari düzeyde olmasını veya hemen tespit edilmesini sağlayacaktır. Son olarak, siber saldırıları önlemek için YSA'nın dışarıdan erişiminin olmaması gerekir. Bu, çözülecek sorunun eksenini oluşturur.

Havacılık sektöründe bir diğer yapay zekâ kullanımına bakıldığında havacılık alanındaki akıllı bilgi işlemenin talebini dikkate alan, havadaki geleneksel bilgisayar sistemlerini sinir ağı işleme modülleriyle birleştiren bir uygulamadır.

İnsan beyni, en güçlü ve verimli bilgi işleme cihazı olarak kabul edilmektedir. Çevrelediği ortamı anlayabilir, belirsizlikle başa çıkabilir ve buna göre gerçek zamanlı hareket edebilir. En önemlisi, çok az güç ve alan gerektirir. Bu nedenle araştırmacılar, bilgisayarları bazı yönlerden insan beynine daha benzer hale getirmeye çalışmaktadırlar.

Farklı vurgulara göre iki ana dal vardır: beyinden ilham alan bilgisayarlar ve beyin benzeri bilgisayarlar. İlki, akıllı algoritmalara dayanır, insan beyninin çalışma prensibini taklit ederek akıllı hesaplama sağlar. Tipik temsilcisi yapay sinir ağıdır (YSA). İkincisi, insan beyninin sinir yapısını ve çalışma mekanizmasını simüle eden biyoniklere dayanır ve tipik temsilcisi, sivri sinir ağıdır (SNN).

YSA, yapay zekâ alanında parlak bir incidir. SNN'den farklı olarak, YSA çalışmalarında akıllı endüstrinin gelişimini büyük ölçüde destekleyen birçok yararlı ara sonuç vardır. Havacılık alanında, gittikçe daha fazla görev bilgisayarlar tarafından yönetilmektedir, bu nedenle bu görevleri yerine getirmek için daha akıllı olmaları gerekmektedir. Ancak havadaki bilgisayar sistemlerinin gelişimi, talebin büyümesine ayak uyduramaz. YSA tabanlı bir bilgi işleme sistemi, istihbarat talebini karşılamak için iyi bir çözüm olabilir [1].

2.3. GELENEKSEL ÜRETİM MALİYET HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Üretimin nereye gittiğini ve neden daha iyi maliyet tahmin tekniklerinin bir üretim devrimini tetiklediğini anlamak için, üreticilerin geçmişte tahminleri nasıl ele aldıklarını kısaca değerlendirmek faydalı olacaktır.

Geleneksel maliyetlendirme, tüketilen üretim kaynaklarının hacmine göre ürünlere fabrika ek giderlerinin eklenmesidir. Bu yönetime göre, genel giderler genellikle doğrudan işçilik saatlerinin miktarına veya makine saatlerine göre uygulanır. Geleneksel maliyetlemeyle ilgili sorun, fabrika ek giderlerinin çok daha yüksek olabilmesidir, bu nedenle tüketilen kaynakların hacmindeki küçük bir değişiklik, uygulanan genel gider miktarında büyük bir değişikliği tetikler. Bu, fabrika ek giderlerinin oldukça büyük olduğu ve doğrudan işçiliğin neredeyse hiç bulunmadığı yüksek düzeyde otomatikleştirilmiş üretim ortamlarında özellikle yaygın bir sorundur.

Örneğin, geleneksel bir maliyet hesaplaması, fabrika genel giderinin ürünlere doğrudan işçilik saati başına 500 TL oranında tahsil edilmesi gerektiğini bulabilir; bu nedenle, üretim sürecinde doğrudan emeği bir saat artıran küçük bir değişiklik varsa,

genel gider 500 TL artar. Üretim kaynaklarının hacmi ile fabrika genel giderleri arasında her zaman doğrudan bir ilişki olmadığı için, uygulanan genel giderde böylesine büyük bir değişiklik anlamsızdır. Bu sorunu geleneksel maliyetlemeyle aşmak için, genel giderler ve maliyet etkenleri arasındaki ilişkinin daha ayrıntılı bir analizini kullanarak faaliyet tabanlı maliyetlendirme geliştirilmiştir. Genel giderlerin daha doğru bir şekilde tahsis edilmesini sağlamak için birçok maliyet faktörü kullanılabilir. Geleneksel maliyetlendirme, envanterin sonlandırılması amacıyla üretilen birimlerin sayısına basitçe genel gider uygulanmasının amaçlandığı mali tablo raporlaması için iyi bir yöntemdir ancak yönetimin karar verme perspektifine hiçbir katkısı yoktur.

2.3.1. Maliyet Sistemleri

Geleneksel maliyet sistemleri yaygın olarak 3 ana başlıkta ele alınmaktadır.

- Normal Maliyet Sistemi
- Tam Maliyet Sistemi
- Kısmi Maliyet Sistemi

2.3.1.1. Normal Maliyet Sistemi (Normal Costing)

Geleneksel maliyet sistemlerinden biri olan normal maliyet sisteminin temelinde mamul maliyetinin hesaplanması aşamasında genel üretim giderlerinin mamul maliyetine direkt olarak eklenmesi yerine, üretim kapasitesinden faydalandığı oranda mamul maliyetine yansıtılması, diğer kısmının ise bütçede gösterilmesi tercih edilir.

2.3.1.2. Tam Maliyet Sistemi (Absorption Costing – Full Costing)

Tam maliyet sisteminde mamul maliyeti hesabında direkt ilk madde ve malzeme, direkt işçilik ve genel üretim giderlerinin tümü dikkate alınır. Bahsi geçen bu üç gider çeşitli yöntemlerle mamul maliyeti üzerine dağıtılmış olur. Tam maliyetleme

sistemi, bu yöntemler arasında belirli yasal zorunluluklardan dolayı ülkemizde en çok tercih edilen maliyet sistemidir [2].

2.3.1.3. Kısmi Maliyet Sistemi

Kısmi maliyet sisteminde maliyeti hesaplanacak mamule diğer iki yöntemde olduğu gibi o mamule etki eden giderlerin tümü yansıtılmamaktadır. Kısmi maliyet sisteminin diğer sistemlerden ayrıldığı nokta mamule sadece değişkenlik gösteren maliyetlerin eklenmesidir.

Bu farkı ile kısmi maliyet sistemi de kendi içinde başlıklara ayrılmaktadır.

a) Değişken Maliyet Sistemi (Variable Costing)

Değişken maliyet sisteminde mamul maliyetine etki eden değişken maliyetler, bu hesaba direkt yüklenirken, sabit maliyetler sadece dönem gideri biçiminde gösterilmektedir. Bu şekilde çalışılmasının sebebi sabit giderlerin, hali hazırda üretim hacmi ne olursa olsun katlanması gereken giderler olduğunun göz önüne alınmasıdır. Dolayısıyla sabit giderler hiç üretim yapılmasa dahi girdi olarak gelecek giderlerdir. Fakat değişken giderler, baştan sona üretim miktarına bağlı biçimde artış veya düşüş gösterecek, sadece üretilen ürünle alakalı giderlerdir. Bu sebeple değişken giderler mamul maliyetine dahil edilirken, sabit giderler dönem gideri biçiminde gösterilmelidir. Bu yönü ile değişken maliyet sistemi, kısa dönem yönetim kararları alınırken yönetime daha faydalı bilgi sağlayabilen bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır.

b) Direkt Malzemeye Dayalı Maliyet Sistemi (Throughput Costing)

Literatürde bazı çalışmalar değişken maliyetlerin stok maliyetlerini artıracığını göstermiştir. Bu çalışmalar asıl direkt malzemelerin gerçek birer değişken olduğunu savunmaktadırlar. Bu yönüyle direkt malzemeye dayalı maliyet sistemi, stoklanabilir maliyetler arasında sadece direkt malzeme

maliyetlerini kabul eden stok maliyeti hesaplama metodudur. Geriye kalan işçilik maliyetleri ve değişken indirekt üretim maliyetleri, içinde bulunulan dönemin gideri olacak şekilde kabul edilir [2].

2.4. ÜRETİM MALİYET TAHMİNİ

Üretim Maliyet Tahmini, üretilen bir ürünün beklenen nihai maliyetini tahmin etmek için kullanılan metodolojilerin ve araçların toplamıdır. Bu analiz, hangi ürünlerin kârlı olacağı, hangi tedarikçilerin makul bir fiyat sunduğu ve maliyet açısından rekabetçi kalabilmek için hangi mevcut ürün tekliflerinin yeniden tasarlanması gerektiği gibi temel üretim kararlarını bildirir.

Üreticilerin, çözümlenmesi pahalı bir hata olan ek tasarım ayrıntılarıyla birleştirilmeden önce, yaşam döngüsünün başlarında maliyet etkenlerini belirleyip ortadan kaldırmaları çok önemlidir.

Alternatif tasarım kararları için maliyet tahminleri, bir ürünün maliyetinin biçimine, uygunluğuna ve işlev gereksinimlerine göre en uygun olmasını sağlamaya yardımcı olur (nihayetinde, hangi özelliklerin müşteri değerini artırdığı ile belirlenir).

Ayrıntılı üretim verileri (ör. Makine seçimi, rotalar, makine döngü süresi, malzeme kullanımı, hurda, işçilik süresi ve hem doğrudan hem de dolaylı genel masraflar) sağlayan sağlam maliyet tahminleri, maliyetleri düşürmek için tedarikçilerle gerçeklere dayalı bilgi verir.

Ürün geliştirme ve fiyat teklifi zaman çizelgeleri kısaldıkça, giderek daha fazla sayıda üretici, yalın üretim ve diğer maliyet azaltma stratejilerini takip etmek için gelişmiş maliyet tahmin yeteneklerinden yararlanmaktadır. Bu stratejilere ayak uydurmayan üreticiler, kendilerini küresel pazarda başarılı bir şekilde rekabet edemeyecekler. Maliyet optimizasyonuna yönelik bu durmak bilmeyen dürtü, bu yeni maliyet azaltma metodolojilerini destekleyen yeni teknoloji sayesinde mümkün olmuştur. Bu araçlar çoğaldıkça, oldukça rekabetçi üretime yönelik bu eğilim yalnızca hızlanacak gibi görünmektedir.

Kârlılığı sağlamak için herhangi bir üretim sürecinin en azından bazı temel maliyet tahminlerini kullanması gerekir. En düşük seviyede, bu görev, beklenen girdi maliyetlerini hesaplamak için son piyasa fiyatlarını kullanmayı ve ardından paketleme, nakliye ve kar için bir artış eklemeyi içerebilir. Bu tahmin mevcut piyasa fiyatlarının üzerinde görünüyorsa, üretim uygun değildir. Bu özel yaklaşımı benimseyen şirketler, genellikle tarihsel bilgilerin yerel veritabanlarına güvenmişlerdir.

BÖLÜM 3

YAPAY ZEKÂ

Yapay zeka'nın temeli, insana özgü düşünme yapısını anlayarak bunun benzerini bilgisayar sistemlerinde uygulamaya dayanır. Yapay zekâ, bir bilgisayarın insan gibi düşünme kabiliyeti kazanmış halidir. Daha geniş bir tanım yapılacak olursa, yapay zekâ, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekasına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlardır [3].

3.1. BAŞLICA YAPAY ZEKÂ METODLARI

Bu bölümde başlıca yapay zekâ metodları bu metodların avantaj ve dezavantajları hakkında bilgi verilecektir.

3.1.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık; klasik matematiksel yöntemlerle çözemediğimiz ve açık kavramlarla tanımlayamadığımız belirsizliklerle dolu bir veri yığınınından süreklilik, karmaşıklık ve çok değerlilik gibi ifadeleri tanımlayarak bulanıklığı(belirsizliği) modellemeye yarayan bir metoddur [3].

Avantajları;

- Matematiksel problemlerinin insan mantığına uygun olması,
- Kontrol sistemi, hassas olmadığı için kullanılan yazılımı kolaylaştırarak maliyetin düşük olması,
- Az sayıda değer ve az sayıda deneyimden yararlanabilmesi,
- Doğrudan kullanıcı girişlerine ve deneyimlerine olanak sağlaması.

Dezavantajları;

- Yapılan uygulamalarda kullanılan kuralların kesinlikle uzman deneyimlerine bağlı kalınarak koyulması,
- Üyelik fonksiyonları deneme ile bulunduğu için çözümün zaman alması,
- Kontrol sistemlerinde denetlenecek sisteme ait matematiksel modelinin her zaman oluşturulamaması.

3.1.2. Uzman Sistemler

Uzman sistemler; bilgisayar temelli sistemler olup, sembolik işlemler kullanılarak ancak bir uzmanın çözebileceği düşünme karar verme gibi işlemleri daha iyi ve sistematik şekilde geniş tabanlı çözüm sağlar. Uzman sistemler hem insan müdahalesine gerek duyulan uygulamalarda hem de makine uygulamalarında kullanılmaktadır. Uzman bilgisini datasında saklayarak sebep-sonuç ilişkilerine göre çözümlenme mekanizmalarını aktifleştirerek sonuca ulaşabilmektedir. Genel olarak yapılan işlemlerde veri hareketlerini sağlayarak kayıt altına alınmasını ve kontrol edilebilmesine imkân sağlar [3].

Avantajları;

- Uzman sistem üzerinden ulaşılan sonuçların nasıl veya neden ortaya konduğu açıklanabilmesi,
- Uzman sistemin üzerinde üçüncü kişiler yeni kurallar geliştirdiğinde değişimi kolay yapılabilmesi.

Dezavantajları;

- Uzman sistemlerde kullanılan bilgi için her zaman uzman kişinin bulunması zor olabilmesi,
- Uzman bilgisinin kural şeklinde oluşturulmasının zorluğu.

3.1.3. Sezgisel Algoritmalar

Genetik Algoritmalar, Tabu Arama Algoritması, Tavlama Benzetimi Algoritması, Karınca Kolonisi Algoritması vb. teknikleri içerir.

3.1.3.1. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritma; evrimsel hesaplamalarda da kullanılabilen başlangıç zamanı bilinmeyen çok boyutlu ve karmaşık çözüm uzayında arayarak bütün bilgileri toplayıp sonrasında mevcut çözümlerin uygunluğuna göre sonuca ulaşılmasını sağlayan bir seçilme metodudur. Doğal genetik ve seçim mekaniğine uzanan olasılıklı bir arama metodudur [3].

Avantajları;

- Süreklilik göstermeyen problemler için uygun sonuçlar vermesi,
- Problemi çözümlenmek veya modellenmek için özel bir bilgiye gerek kalmaması.

Dezavantajları;

- Çözüm seçimi sırasında hata oluştuğu takdirde çözüm süresinin uzaması.

3.1.3.2. Tabu Arama Algoritması

Tabu arama, ilk olarak tümleşik optimizasyon problemleri için geliştirilmiştir. TA'nın ayırt edici özelliği hafıza kullanımı olup bu tür uyarlanabilir hafıza temelli problemlerde oldukça başarılı olmuştur. Diğer sezgisel algoritmalara nazaran uygunluk sınırlarını veya bölgesel optimalliği geçmek ve sistematik kısıtları aşarak çalışır. TA bölgesel optimalliğin üstündeki çözüm uzayını sezgisel arama ile araştırır. Böylece arama işlemi daha esnek bir yapı kazanır [4].

3.1.3.3. Tavlama Benzetimi Algoritması

Tavlama benzetimi algoritması fiziksel tavlama olayını temel alan kombinatoriyal optimizasyon problemlerini çözmek için geliştirilen sezgisel algoritma tekniğidir. Tavlama benzetimi algoritması, problemleri demircilerin tavlama işlemine benzeterek çözüme götürür. Benzer şekilde düşünüldüğünde, problemin belli bir süreçten geçirilerek süreç anında istenilen noktaya gelindiğinde sonuca ulaşmış olması beklenir. Benzetimli tavlama algoritmasının temel özelliği, yerel optimumdan kaçarak küresel bir optimum sağlama aracı olmasıdır [5].

3.1.3.4. Karınca Kolonisi Algoritması

Karınca kolonisi algoritması, karıncaların sürü zekâsını temel alan, popülasyon bazlı sezgisel algoritmadır.

Modele göre;

- Çözüm kümesi karıncaların arama işlemi,
- Amaç fonksiyonu besine giden yol,
- Hafıza ise feromon maddeyi sembolize eder.

Bu şekilde KKA yardımıyla problemin simülasyonu ve popülasyonun sürü zekâsıyla optimum çözüme en yakın çözüm kümesi elde edilebilmektedir. [6].

Avantajları;

- Büyük popülasyonlarda eş zamanlı olarak arama yapabilmesi,
- Optimal çözümleri hızlı bir şekilde bulabilmesi,
- Koyulan yeni hedefe hızlı uyum sağlayabilmesi.

Dezavantajları;

- Herbir yineleme için olasılık dağılımının sabit kalmaması,

- Analiz etmenin teorik biçimde zorluğu,
- Deneysel bir çalışma olması,
- Hedefe ulaşma süresinin ne zaman olacağına dair bilgi eksikliği.

3.1.4. Bulanık Bilişsel Haritalar

Bulanık mantığın bilişsel haritalarla kombinasyonu bilişsel haritaların farklı alanlarda daha efektif kullanılabilmesini sağlamıştır. Kavramlar arası bağıntıların sayısal olarak değil de bulanık kümelerle ifade edilmesi nitel bir model oluşumunda fayda sağlamıştır. Karmaşık sistemlerde çoklu faktörler arasındaki grafik yöntemdir. Uzman görüşleri ile oluşturulan sistem haritasının kapsamı etkileşimlerin en doğru şekilde ifade edilmesidir. BBH'lerin eksik bilgi ile çalışabilmesi diğer metodlara göre avantaj oluşturmaktadır. Böylelikle koşullardaki herhangi bir değişiklik söz konusu olduğunda bu değişikliğin kolayca sisteme adaptasyonu sağlanmaktadır [7].

Avantajları;

- Dilsel değişkenler arasındaki modelleri çözebilme yeteneğine sahip olması,
- Eksik bilgiyle çalışabilen esnekliğe sahip olması,
- Konseptler arasındaki gizli olan ilişkileri göz ardı etmemesi.

Dezavantajları;

- Model içinde herhangi bir gelişim süreci varlığının olmaması,
- Bağlantı ağırlık değerlerinin doğrusal olarak ifade edilmesi,
- Birden çok anlamlı ifadeleri modelleyememesi,
- Birden çok ilişkiyi ifade edememesi,
- Rastlantısal çözümlere açık olmaması.

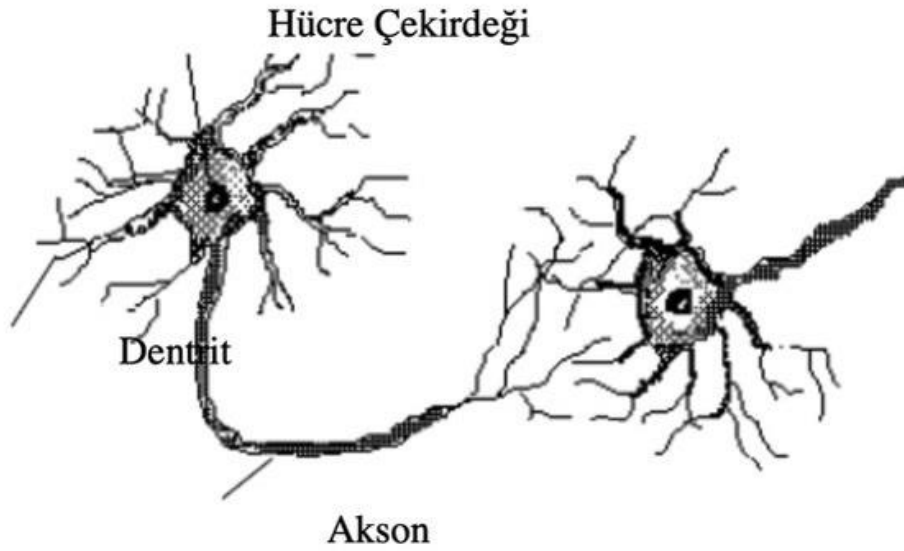
3.1.5. Yapay Sinir Ağları

Bilim adamları, insan beyninin üstün nörofiziksel özelliklerinden esinlenerek parametrik özellik göstermeyen problemlerin çözümlerinde kullanmak için beynin bu

yapısına benzer mantıkta çalışabilecek bir matematiksel modelinin benzerini ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Böylece Yapay Sinir Ağları olarak adlandırılan yeni ve günümüzün bilgisayarlarından farklı hesaplama yöntemleri kullanabilen bir metod ortaya çıkmıştır [8].

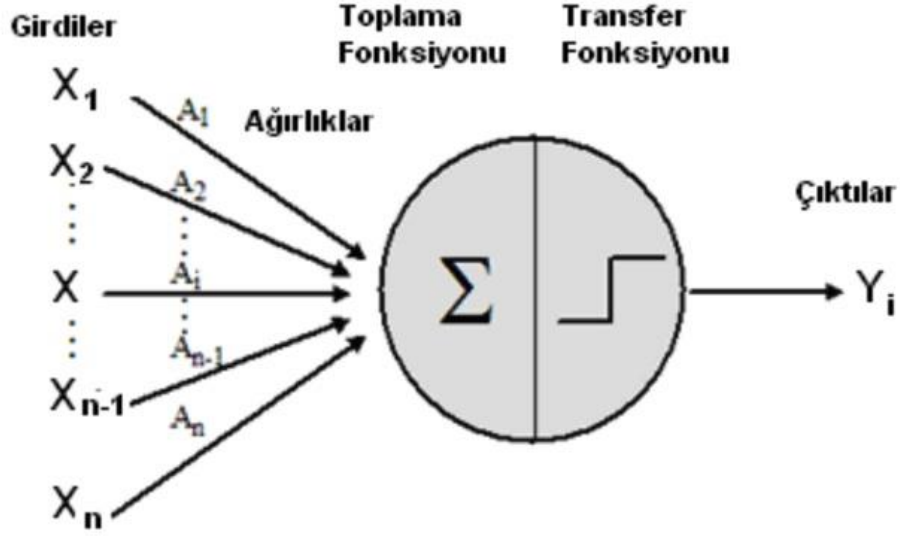
Yapay Sinir Ağları, yapay sinir hücrelerinin katman şekillerle birbirine bağlanmasıyla oluşturulmuş veri tabanlı sistemlerdir. Temeli; tamamen insan beyni örnek alınarak geliştirilmiş olan bir teknolojidir. İnsan beyninin öğrenme ve farklı şartlarda çok hızlı karar alabilme yeteneklerin, karmaşık olan sorunların çözülmesi basite indirgeyen modellerle amaçlanmıştır. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olan yapay sinir ağları, öğrenme süresinden sonra öğrenilen bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğiyle paralel olarak dağılmış bir işlemcidir. Elektronik devrelerde donanım olarak, bilgisayarlarda ise yazılım olarak gerçekleştirilmektedir [8].

Şekil 3.1’de bilim adamlarının yapay sinir ağlarını geliştirmekte esinlendiği biyolojik nöronun/sinir hücresinin şematik yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Biyolojik nöronun/sinir hücresinin şematik yapısı.

Şekil 3.2’de bilim adamlarının yapay sinir ağlarını geliştirmekte esinlendiği biyolojik nöronun/sinir hücresinin bilgisayar dünyasında görünen yapısı olan işlem elemanı gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Bir işlem elemanı.

YSA 1940'larda ortaya çıkmıştır. Nöral işlevleri simüle etmek için düğümün aktivasyon işlevini kullanır ve belleği simüle etmek için düğümler arasındaki ağırlıkları kullanır. McCulloch ve Pitts, M-P modeli olarak adlandırılan ilk basitleştirilmiş nöron modelini tasarlamışlardır. Model, nöronların durumunun ikili olduğunu varsaymış ve aktivasyon eşiğini değiştirerek mantık işlevini gerçekleştirmiştir. Bu model, biyolojik nöronların çalışma modelini bir dereceye kadar simüle etmiş ve böylece belirsizlikle başa çıkabilir, verimliliği artırabilir hale gelmiştir.

Daha sonra Rosenblatt, denetimli bir öğrenme modeli olan algılayıcı kavramını önermiştir. Çok katmanlı bir algılayıcı ağı oluşturarak, herhangi bir işlevin teorik olarak hesaplanabileceğini öngörmüştür. Daha sonra çalışma, geri yayılma algoritması ortaya çıkana kadar uzun bir sessizlik döneminden geçmiştir. Algoritma, ağırlığı etkili bir şekilde ayarlamak için bir yöntem sağlamıştır. Çok katmanlı bir algılayıcı ağ ile birleştirildiğinde, problemleri çözmek için pratik olarak kullanılabilir.

2006 yılında Hinton'un ekibi derin öğrenme kavramını ortaya atmıştır ve daha iyi başlangıç ağırlıkları elde etmek için "ön eğitim" sürecini kullanmıştır. Derin öğrenme, insan görsel sisteminden esinlenmiştir, bu nedenle bilgisayarla görme ve konuşma tanımlamada büyük bir başarı sağlamıştır. Bundan sonra yapay sinir ağı daha fazla ilgi görmüş ve yüksek hızlı geliştirme aşamasına girmiştir.

Esasen geri yayılım sinir ağı, hatalı geri yayılma algoritmalarına sahip çok katmanlı bir algılayıcı ağıdır. Bu ağ bir giriş katmanı, birkaç gizli katman ve bir çıktı katmanı içerir ve her katman gibi birkaç bağımsız nörona sahiptir. Özellikle geri yayılım sinir ağı, aktivasyon fonksiyonunun sürekli olarak farklılaştırılabilir olmasını gerektirir.

Derin sinir ağı (DNN) aynı zamanda çok katmanlı bir sinir ağıdır. Ancak gizli katmanları evrişim katmanlarına ve havuz katmanlarına bölünmüştür. Ve gerekirse yerel yanıt normalleştirme katmanlarına sahip olabilir. Ağın sonunda çıktı katmanı yerine bir sınıflandırıcı katmanı bulunur. DNN, diğer modellerden daha fazla katmana sahip olabilir, bu da DNN'nin daha karmaşık işlevler gerçekleştirmesini sağlar.

Evrişim sinir ağı (CNN), DNN'ye benzer. Tek fark, CNN paylaşılan çekirdekler kullanırken DNN'nin ayrı çekirdekler kullanmasıdır. CNN'in hesaplama özellikleri, gözlenen verilerin özelliklerini çeviri, ölçekleme ve döndürme değişmezliği ile elde edebileceğini belirler, bu nedenle konuşma analizi ve görüntü tanımadaki performansı olağanüstüdür.

Gizli katman DNN için çok önemlidir. Ayrıntı için, girdinin üst düzey özelliklerini çıkarmak için evrişim katmanı kullanılır. Ağın giriş verileri genellikle iki boyutlu olduğundan, nöronun çıkış verilerine özellik haritası denir.

Yapay sinir ağının çok parametreliliği, büyük ölçekli paralel işleme ve yüksek hata toleransı gibi özellikleri, uçağın karmaşık ortamı için çok uygundur. Örneğin, uçak durum parametrelerinin gerçek zamanlı izlenmesini sağlamak için teorik verileri birleştiren doğrusal olmayan bir parametrik model geliştirebiliriz. Ya da uçak uçuş koşullarını simüle etmek için yalnızca sınırlı ölçüm verisi gerektiren öngörücü bir model oluşturabiliriz, böylece geliştiricilerin çevresel testleri tasarlamasına ve tamamlamasına yardımcı olabilir [1].

3.2. YSA'LARIN YAPILARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Yapay sinir ağlarının arasındaki bağlantı yönlerine göre veya ağ içerisindeki işaretlerin akış yönlerine göre ikiye ayrılır; ileri beslemeli (feed forward) ve geri beslemeli (feedback, recurrent) ağlardır.

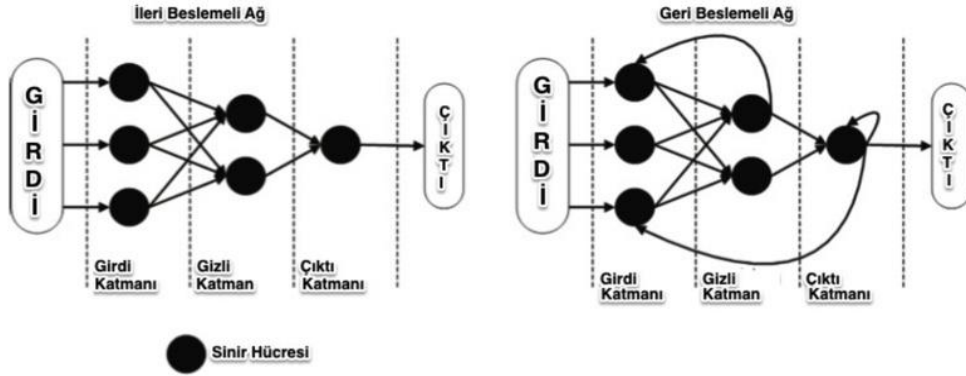
3.2.1. İleri Beslemeli Ağlar

İleri Beslemeli Ağlarda; işlemci elemanlar katmanlara ayrılmıştır. İşaretler, girdi katmanından alınan bağlantılar çıktı katmanına tek yönlü bağlantıyla iletilir. Giriş katmanında, dış ortamdan alınan bilgiler değişiklik yapılmadan orta katmanda bulunan hücrelere iletilir. Orta ve çıkış katmanında ise bilgi işlenerek ağ çıkışı belirlenir [8].

3.2.2. Geri Beslemeli Ağlar

Geri Beslemeli Ağlarda ise en az bir hücrenin çıkışı kendisine veya diğer hücrelere giriş olarak verilir. Genel olarak geri besleme, bir geciktirme elemanı üzerinden yapılmaktadır. Geri besleme, bir katman üzerindeki hücrelerin arasında olduğu gibi katmanlar arasında bulunan hücrelerin arasında da olabilir. Bu özelliği de geri beslemeli yapay sinir ağlarının doğrusal olmayan dinamik bir davranış sergilediğini göstermektedir [9].

Şekil 3.3'te İleri beslemeli ağ/geri beslemeli ağ görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 3.3. İleri beslemeli ağ/geri beslemeli ağ.

3.3. YSA'NIN KULLANIM SİSTEMATİĞİ

Yapay sinir ağlarında sistem karmaşıklığını ortadan kaldırmak için uygun metodu belirlemek, ağın geliştirilmesi ve işleyişinde büyük önem taşımaktadır.

- Ağ yapısının seçilmesi ve yapı özelliklerinin belirlenmesi; Uygun yapay sinir ağlarının yapısının seçimi, öğrenme algoritmasıyla ilişkilidir. Yapay sinir ağlarında karmaşıklığın giderilmesi veya azaltılması ağ yapısını değiştirerek mümkündür. Bu ağ yapısı da uygulama problemine bağlı olarak seçilmektedir. Ağ girdi katmanında çıktı değeri tahmin edilip, girdileri sınıflandırılarak hangi sınıfa ait olduğunu belirlenerek girdilerin içerisindeki hatalı veya eksik bilgilerin tamamlanması gerekir.
- Öğrenme algoritmasının seçilmesi ve parametrelerinin belirlenmesi; Yapay sinir ağlarının yapısının belirlenmesi sonrasındaki faktör öğrenme algoritmasıdır.
- Ara katman sayısını belirleme; Ağlarda bulunan problemlerin çözülmesi için nöronların aynı doğrultuda bir araya gelmesiyle sonuç problemin yapısına göre girdi ve çıktı katman sayısı belirlenir.

- Nöron sayısının belirlenmesi; Nörondaki fonksiyonların karakteristik özellikleri, nöron geçiş işlevinin seçilmesi ağıın verilerine ve ağıın ne öğrenmeyi istenmesine bağlıdır.
- Normalizasyon; Veriler ağıa sunulmadan önce normalizasyon işlemine tabi tutulur. Veride oluşan aşırı salınımları engellemek ve sistemdeki performansı artırmak için kullanılır.
- Performans fonksiyonunun seçilmesi; Performans fonksiyonları, istenilen çıktı değerleri ile ağıın üretmiş olduğu değerinin arasında farkının kümülatif değerleri hesaplamaktadır. Hesaplanan bu değerler sayesinde ağı bağlantılarının ağırlık değerleri değiştirilmektedir [9].

3.4. YSA'NIN BAŞARI KRİTERLERİ

Günümüzde sektörel rekabet, piyasaya yüksek kalitede ürün çıkartmaya, esnek imalat gücüne ve düşük maliyetli üretim yapma gibi unsurlara dayanmaktadır. Bu sebeple maliyeti gerçeğe en yakın şekilde tahmin etmek önemli bir adım olarak karşımıza çıkmaktadır. Gerçekçi tahminler yapabilmek için geleneksel maliyet hesaplama yöntemlerinden faaliyet tabanlı maliyet hesabı yapan sistemlere geçiş tercih edilmiştir. Faaliyet tabanlı hesaplamaların geleneksel hesaplara göre çok daha başarılı olduğu yapılan çalışmalarla ortaya çıkmıştır. Daha sonra örneklerden öğrenen bir metod yani Yapay Sinir Ağları'nın, önceden gerçekleşmiş maliyet çıktılarını alarak öğrendiği, hesaplamalarda diğer yöntemlere göre gerçeğe daha yakın maliyet tahmini yapabildiği görülmüştür. Bu bağlamda gerçeğe en yakın en hassas modelin oluşturulması hedeflenmektedir [10].

YSA hesaplama kabiliyetlerini, doğrusal olmamasından, hızlı öğrenbilmesinden, genelleme yapabilmesinden, uyarlanabilir olmasından, birleşik hafızaya sahip olmasından, hata toleransının yüksek olmasından ve paralel işlem yapabilmesinden alır. Bu kabiliyetler sayesinde YSA'lar karmaşık ve çözümlenmesi güç problemleri de çözebilmektedir. Bu sayede birçok mühendislik probleminde karşımıza YSA'lar çözüm olarak çıkmaktadır [10].

3.4.1. Doğrusal Olmama

YSA'da yer alan hücre yani temel işlem elamını doğrusal değildir. Hücrelerin birleşmesi ile meydana gelen YSA da bu sebeple doğrusal özellik göstermez. Bu özellik tüm ağa yayılır. Bu özelliği sayesinde YSA, doğrusal özellik göstermeyen karmaşık problemlere çözüm yolu olarak kullanılmaktadır.

3.4.2. Öğrenme

YSA'larda öğrenme, esasen mevcut problemdeki girdi çıktı ilişkisini tanımlayan en doğru ağırlıklara ulaşılmasıdır. Problemden elde edilen örnek verilerden istifade ederek ilgili problemi yine bu örneklerden öğrenmeye çalışır. Bu sayede çözüm sağlar.

3.4.3. Genelleme

YSA'lar mevcut probleme dair öğrendiği bilgiler içinde eksik bir bilgi varsa bile öğrendiklerinden yola çıkarak buna bir tepki verme kabiliyetine sahiptir. Örnek verilecek olursa, karakter tanıma gayesiyle eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girdileri yapılsa dahi doğru karakteri verecek şekilde çalışır. YSA'larda hafızalar birleşiktir. Bunun anlamı, önceden eğitilmiş bir ağa girdinin yalnızca bir kısmı dahi sağlansa, ağ hafızada tuttuğu bilgileri kullanarak bu girdiye en yakın değeri kabul görür ve buna uyumlu bir çıktı değeri verir. YSA'ya, hatalı, noksan veya daha önce hiç karşılaşmadığı veriler şekilde sağlansa dahi, ağ tolere edilebilir en uygun çıktıyı verecektir.

3.4.4. Uyarlanabilirlik

Belirli bir sorunu çözüme kavuşturmak için eğitilen YSA'nın ağırlıkları değiştirilerek ağ tekrar eğitilebilir. Bu işlem problemdeki değişimler gözetilerek yapılır. Bu yönüyle YSA, problemlere uygun örnek tanıma, sistem tanımlama, denetim işaret işleme vb. sahalarda kullanımı oldukça etkili bulunmaktadır.

3.4.5. Dağıtılmış Birleşik Hafıza

Bilgiyi depolama, hafızada tutma, bu bilgiden yararlanma YSA'ların en önemli özelliklerinden biridir. YSA'lar bilgiyi ağırlıklar üzerinde dağıtır. Bu sebeple bağlantı ağırlıkları nöral bir ağın hafıza merkezidir. Bu ağırlıkların asıl ifade ettiği manâ, nöral ağın o anlık olarak içerdiği bilgiyi veya daha önceden öğrenmiş olduğu davranışı yansıtmadır. İşte bu anlık veya öğrenilen bilgiler, ağdaki birçok hafıza merkezlerine dağıtılır. Eldeki verilerle eğitilmiş bir ağa, eğitim esnasında kullanılmamış farklı veriler girdi olarak verilirse söz konusu ağ daha önceki girdilerden öğrenmiş olduğu davranışlara göre beklenen çıktıya uyumlu bir çıktı değeri üretir. YSA'ya verilen girdi verileri eksik, hatalı veya daha önce hiç karşılaşılmamış olsa dahi, ağ kabul edilebilir değere en uygun çıktıyı üretmeye programlıdır. Bu özellik YSA'nın genelleştirme özelliğidir.

3.4.6. Hata Toleransı

YSA'ların geleneksel metodlara kıyasla hatayı tolere etme kabiliyetleri daha yüksektir. İşlemcileri paralel ağ şeklinde geniş bir yayılmıştır. Bu sayede ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki tüm bağlantılara kolayca sağlanabilir durumdadır. Giriş data setinde yankı bulan herhangi bir hata, bütün ağırlıklar üzerine dağıtıldığından dolayı, etkisi görmezden gelinecek seviyeye kolay bir şekilde indirgenebilir.

3.4.7. Paralel İşlem Yapma

YSA'lar entegre devre teknolojisi aracılığıyla gerçeklenmeye elverişlidir. Bu kabiliyet, YSA'nın bilgileri hızlı işlemesine ve örnekleri tanınmasına, işaretleri işlemesine, sistemleri kimliklendirmesine ve denetim yapabilmesine olanak sağlar. Bu sayede gerçek zamanlı kullanımı yaygınlaşmış olur.

BÖLÜM 4

LİTERATÜR TARAMA

Konu üretim ürün ağaçlarındaki değişimlere bağlı ürün maliyetini tahmin etme, kapsam ise yapay sinir ağları ile maliyet tahmini olacak şekilde sınırlandırılmıştır.

Üretim ürün ağaçlarındaki değişimlere bağlı ürün maliyetini tam olarak bilmek şirketler için oldukça önem arz etmektedir. En doğru tahmini yapabilmek için geliştirilen yöntemlerden biri olan yapay sinir ağlarının uygulanması ile ilgili yapılan bazı temel çalışmalar aşağıdaki gibidir:

Venkatachalam A.R.,'nin 1993 yılındaki çalışmasına göre, donanım maliyetleri düşerken, yazılım geliştirme sürecinin emek yoğun doğasından dolayı yazılım maliyetlerinin hesaplama kapasitesinin muazzam bir şekilde arttığı bir dünyada yazılım projelerini etkin bir şekilde yönetmek için, doğru tahminlere sahip olabilecek modeller üretmek önem kazanmıştır. Bu modeller yazılım maliyeti tahminine ekonomik bir yaklaşım sunsa da maliyetlerin ayrımında, birtakım zayıflıklar görülmüştür. İlk olarak, elde edilen maliyet ve çaba tahminleri farklı modellerden üretildiğinden önemli farklılıklar var gibi görünmektedir. Bu tür büyük farklılıklar yöneticilere, taahhüt edilecek kaynaklardır. İkincisi, modeller tarihsel verilere dayanmaktadır. Bu araştırmada, yazılım maliyet tahmini uzmanlığını modellemek için yapay bir sinir ağı yaklaşımı kullanılmış ve sonuçlar COCOMO modeli ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen ilk sonuçlar, sinir ağı yaklaşımının, yazılım maliyetlerini ve geliştirme süresini doğru bir şekilde tahmin etmek için umut verici bir araç olduğunu göstermektedir [11].

Li H.,'nin 1995'te yaptığı çalışmaya göre, sinir ağları, maliyet tahmininin doğasına uygun birçok özelliği gösterir eğitim verilerinden bilgileri kendi kendine organize etme yetenekleri, eksik bilgilerden sonuç üretme yetenekleri ve karmaşık ilişkilerle başa çıkabilme yetenekleri büyük güçlü yönlerdir. İnşaat karar verme süreçlerini

desteklemek için YSA uygulamasına ilişkin son araştırmalar, sinir ağlarının yararlı araçlar olduğunu göstermiştir. Bu alışmalar, bir yandan inşaat maliyet tahmininde sinir ağlarının uygulanabilirliğini ortaya koyarken, diğer yandan birçok zorluğu da ortaya çıkarmıştır. Bu alışma, sinir ağlarının yeni bir bilgi teknolojisi olarak tanımlanmasıyla başlıca güçlü yönleri olan, eğitim verilerinden bilgiyi kendi kendine organize etme yeteneklerini, eksik bilgilerden sonuçlar üretme yeteneklerini ve karmaşık ilişkilerle başa çıkma yeteneklerini ortaya koyar. Genel olarak, sinir ağlarını deneysel bir teknolojiden inşaat maliyeti tahmininde yararlı bir araca dönüştürmek için, sınırlamaları ele almanın yollarını keşfetmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Özellikle, etkili açıklama kapasiteleri ve açık hesap verebilirlik mekanizmaları geliştirilmelidir [12].

Zhang Y. F., vd'nin 1996'da yaptıkları çalışmaya göre, geri yayılım sinir ağlarını kullanan özellik tabanlı bir ürün maliyet tahmini modeli geliştirilmiştir. Bu alışma, sinir ağı yaklaşımının ürün maliyet tahminine nasıl uygulanabileceğini tartışmaktadır. Bir ürünün tüm tasarım ve proses gereksinimlerinin nihai ürün maliyetine katkıda bulunduğu varsayımına dayalı olarak ambalaj ürünleri için yeni bir yaklaşım, özelliğe dayalı maliyet tahmini önerilmektedir. Bu gereksinimler ile nihai maliyet arasında açık bir ilişki elde etmek zor olduğundan, bu ilişkiyi yaklaştırmak için sinir ağları seçilir, çünkü bunlar prosedürleri belirtmek yerine örneklerle sunarak görevleri yerine getirmek üzere eğitilebilirler. Regresyon analizi yaklaşımı, güncelleme için yeni maliyet verilerini kullanabilse de maliyet ve girdi parametreleri arasındaki ilişki, yaklaşık fonksiyonun varsaydığı ile aynı olmayabilir. Geri yayılım sinir ağlarını kullanan bir algoritma, bu dezavantajları ortadan kaldırmasa bile azaltma vaadini gösteren ambalaj ürünlerinin maliyet tahmini için geliştirilmiş bir sistemle sunulmuştur. Sinir ağı modeli, geçmiş maliyet verileri kullanılarak eğitilir. Test sonuçları, sinir ağı yaklaşımının iyi ürün maliyet tahminini destekleyebileceğini göstermektedir. Eğitim, doğrulama ve test örneklerine dayalı olarak sinir ağı ile doğrusal regresyon analizi arasında bir performans karşılaştırması gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, sinir ağı modelinin doğrusal regresyon modelinden daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir. Bu yaklaşımın avantajları ve sınırlamaları aşağıda verilmiştir.

Avantajlar:

- İşlem süresiyle ilgili ayrıntılı bilgi gerekli değildir.
- Gerçek maliyet işlevini bilmeye gerek yoktur. Gerçek maliyet verileriyle, sinir ağı bilgiyi öğrenebilir ve işlev tahmini gerçekleştirebilir.
- Sinir ağı, maliyetle ilgili yeni özellikleri kapsamak ve / veya kendini yeni üretim ortamına ve uygulamalarına göre ayarlamak için zaman zaman yeni maliyet verilerini kullanarak sinir ağını yeniden eğiterek güncellenebilir.
- Sinir ağı, farklı tasarımlardan ve işlem alternatiflerinden gelen maliyetleri değerlendirerek kavramsal tasarımın geliştirilmesine yardımcı olur.

Sınırlamalar:

- Her gizli katmandaki gizli katmanların ve nöronların sayısını belirlemek bir deneme yanılma sürecidir. Seçilen sinir ağı yapısının en iyisi olduğuna dair hiçbir garanti yoktur.
- Maliyetle ilgili özelliklerin ölçülmesi subjektiftir, bu nedenle ürün maliyet hususları üzerinde kapsamlı bir çalışma gerektirir.
- Ürün maliyetine ilişkin maliyetle ilgili özelliklerin duyarlılık çalışması zordur. Bu nedenle, mevcut sinir ağı modeli, tasarımcıyı daha iyi çözümlere yönlendirebilecek araçları sağlamamaktadır.

Maliyet tahmin performansını iyileştirmek için ağa daha fazla maliyetle ilgili özelliği (örneğin parti büyüklüğü) dahil etmek gerekmektedir. Maliyetle ilgili özelliklerin duyarlılık analizi, daha fazla araştırılması gereken bir diğer önemli alandır [13].

Bode J.,'nin 2000'de yaptığı çalışmaya göre, çok katmanlı bir algılayıcı mimarisindeki sinir ağları, verileri sınıflandırabilir ve bir dizi örnek veriye dayalı olarak fonksiyonları yaklaşık olarak belirleyebilir. Bu özellikler, ürün tasarımının erken aşamalarında sinir ağlarının maliyet tahmini için uygulanabilirliğini deneysel olarak araştırmak için kullanılır. Deneyler, bir imalat şirketinden alınan pilot maliyet verilerine dayanmaktadır. Ek olarak, özel olarak oluşturulmuş simülasyon verileri kıyaslama için kullanılır. Maliyet tahmin performansı, geleneksel yöntemlerle, yani doğrusal ve doğrusal olmayan parametrik regresyonla karşılaştırılır. Sinir ağları,

maliyet tahminlerinde daha düşük sapmalara ulaşır. Standart sinir mimarilerinin kullanımının ötesinde, performans iyileştirmesi için basit modifikasyonlar önerilir ve test edilir. Son olarak, sinir ağlarının uygun olduğu durumlar için bir profil sonuçlardan türetilir. Bu çalışma, ürün geliştirme sürecinin erken aşamasında maliyet tahminini desteklemek için sinir ağlarının potansiyelini araştırmaktadır. Geliştirme sürecinin başlangıç aşaması için, söz konusu ürünün yalnızca birkaç kavramsal özelliğinin bilinmesi tipiktir. Genellikle kurumsal pazarlama veya satış tarafından tanımlanan müşteri gereksinimlerine ve uygulanacak teknolojilerle ilgili temel mühendislik kararlarına dayanır. Maliyet mühendisi daha sonra, öznitelik değerlerinden maliyeti tahmin etmek için bir yandan bu öznitelikler ve diğer yandan maliyet arasında işlevsel bir ilişki kurma sorunuyla uğraşmalıdır. Sinir ağlarının bu işlevsel ilişkiyi ortaya çıkarmaya yardımcı olabileceği varsayılmaktadır. Sonuçlara göre, sinir ağları, bir dizi koşul geçerliyse geleneksel maliyetlendirme yöntemlerinden daha iyi maliyet tahminleri üretir. Sinir ağlarının kullanımı genellikle eğitim için bilinen vakaların önemli bir bölümünü gerektirir. Bu durumlar birbirine ve sinir ağlarının uygulanacağı yeni durumlara benzer olmalıdır. Bu gereklilik sorun yaratabilir çünkü ürün geliştirme yenilikle ilgilenir ve bu nedenle geçmiş vakalar azdır. Bununla birlikte, tahminlerin dayandırılabilmesi için geçmiş deneyim eksikliğinin hiçbir çaresi yoktur. Deneyler, birkaç düzine eğitim vakasının tatmin edici sonuçlar için yeterli olduğunu göstermektedir. Sinir ağları, diğer tüm maliyet tahmin yöntemleri gibi, maliyeti bilinen öznitelik değerlerinden türetir. Bu, yalnızca maliyetle işlevsel bir ilişki varsa mümkündür. Geçmiş durum verileri ve araştırılan ürün için maliyet etkisine sahip hiçbir nitelik yoksa, herhangi bir maliyet tahmini çabası işe yaramaz. Ancak bu, öznitelik değerleri ile maliyet arasındaki ilişkinin doğrudan olmasını gerektirmez. Bu, sinir ağlarının önemli bir avantajıdır çünkü maliyet mühendisinin parametrik bir tahminciye sağlanması gereken fonksiyon tipini belirlemesi zordur. Sinir ağları, veriler arasındaki gizli ilişkileri tespit edebildiği için, bir maliyet mühendisinin, maliyet üzerinde etkisi olduğu düşünülen tüm özellikleri toplaması yeterlidir [14].

Lotfy E. A., ve Mohamed A. S.'nin 2002'de yaptıkları çalışmaya göre, en yakın karşılaşılan vakaları bir sinir ağına sunarak karmaşık adaptasyonda yeni bir tekniğin sonuçları araştırılmıştır. Böylece bu teknik çözülün sorunun alanını öğrenir. Yeni

sorun daha sonra eğitimli sinir ağına beslenir ve çıktı bu sorunun çözümü haline gelir. Metodoloji çelik konstrüksiyondaki bir soruna uygulanır ve aranan çıktı, önceden tasarlanmış çelik binaların maliyet tahminidir. Bu adımların başarılı olduğunu kanıtlamak için birkaç deney yapılır. Sistem doğrulaması yapılır ve hem sistemin hem de metodolojinin CBR’de tam bir adaptasyon mekanizması geliştirmede başarılı olduğunu gösterir. Vaka temelli muhakeme uyarlamasında yeni bir teknik başarıyla geliştirilmiştir. Teknik, sinirsel hesaplamayı CBR sürecinin en zor kısmı olan vaka adaptasyonu için uygular. Yeni tekniğin uygulanması, birçok müteahhit firmanın karşılaştığı gerçek dünyadaki bir problem dahilinde yapılır; o da ön mühendisliği yapılmış çelik binaların maliyet tahminidir.

Geri alma doğruluğunu, geri alma tutarlılığını, vaka tekrarını, vaka kapsamını ve genel sistem performansını ölçmek için sistem birkaç test yapılarak doğrulandı. Sistem doğrulaması hem sistemin hem de metodolojinin, CBR’de eksiksiz bir karmaşık adaptasyon mekanizması geliştirmede başarılı olduğunu göstermektedir [15].

Günaydın H.M., ve Doğan S. Z.’nin 2004’te yaptıkları çalışmaya göre, bina tasarım süreçlerinin erken aşamalarında maliyet tahmini problemlerinin üstesinden gelmek için sinir ağı metodolojisinin kullanımı araştırmışlardır. Türkiye’deki 4-8 katlı konut binalarının betonarme yapı sistemlerinin metrekare maliyetinin tahmin edilmesinde kullanılan sekiz tasarım parametresi ile sinir ağı metodolojisinin eğitimi ve test edilmesi için otuz projeden elde edilen maliyet ve tasarım verileri kullanılarak ortalama maliyet tahmini yapılmıştır ve doğruluğunda %93 başarı elde edilmiştir. Sinir ağları örneklerden öğrenirler ve bu nedenle bir sinir ağı maliyet tahmini modelinin performansı, örneklerin niteliğine ve miktarına büyük ölçüde bağlıdır. Ne kadar çok örnek varsa, tahmin hatası o kadar azdır. Bu nedenle, modelleme ve tahmin yöntemlerini incelemek ve doğru bir bina maliyeti tahmin modeli oluşturmak için, çeşitli tip ve koşullardaki binaların güvenilir, yüksek kaliteli, tam ölçekli maliyet verilerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın temel amacı, bina tasarım sürecinin ilk aşamalarında yapısal sistemin maliyet tahmini için bir sinir ağını kullanmanın yeni ve alternatif bir yaklaşımını araştırmaktır. Yaklaşımın, erken tasarım aşamasında mevcut olan sekiz parametreyi kullanarak metrekare başına bina

maliyetinin doğru tahminlerini sağlayabildiği gösterilmiştir. Bu model, gelecekteki bina tasarım süreçlerinin yapısal sistemi için ekonomik ve hızlı bir maliyet tahmin aracı sağlayabilecek bir metodoloji oluşturmaktadır. Geleneksel maliyet tahminlerinin başlıca dezavantajları arasında ayrıntılı proje bilgisi ihtiyacı, proje geliştirmeye ilgili belirsizlikler, bazı tasarım parametrelerindeki değişiklikler vb. Yer alır. Doğrusal regresyon analizi, erken tasarım parametreleri kullanıldığında çok az başarı gösterir veya hiç başarı göstermez. Bununla birlikte çalışmada kullanılan model, sinir ağlarının denetimli öğrenimi ilkelerini uygulayarak binaların yapısal sistemlerinin erken maliyet tahmini için geliştirilmiştir, sinir ağlarının bir binanın yapısal bir sisteminin maliyeti ile ilgili belirsizlikleri azaltabildiğini kanıtlamıştır. YSA'nın bilgiyi kurallarla değil örneklerle yakalama yeteneği, maliyet tahmini açısından çok ilginç ve yenilikçi bir faktördür. YSA yaklaşımı, toplam bina maliyetini tahmin etmek için tam ölçekli bilgiye dayalı bir model oluşturma olasılığını genişletmiştir. Bu yaklaşım, tasarım ve inşaat süreçlerinin herhangi bir aşamasında toplam bina maliyetini tahmin etmek için karmaşık doğrusal olmayan haritalamayı çözüp, kalite, üretkenlik, inşa edilebilirlik, değer mühendisliği, çizelgeleme vb. Proje yönetiminin diğer alanlarında da kullanılabilir [16].

Demirel Y.,'nin 2007 yılındaki çalışmasına göre, Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKKONUT) tarafından yaptırılan konutların maliyetlerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) ile tahmin etmeyi amaçlamıştır. Oluşturulan YSA'dan sağlanan veriler, Regresyon Analizi verilerine göre BFY ile bulunan maliyetlere daha yakın ve uygulanabilir sonuçlar sağlamıştır. Bu alandaki çalışmalarda hibrit yöntemlerin kullanılmasının daha verimli tahminler için avantaj sağlayacağı ve farklı yapı tipleri için benzer araştırmaların yapılmasının olumlu gelişmeler yaratacağı sonucuna varılmıştır [17].

Alex D. P.,'nin 2007'de yaptığı çalışmaya göre, Kanada'daki inşaat sektörü, son yıllarda dinamik bir değişim göstermektedir. Maliyet tahmini, inşaat sektörünün başarısının ayrılmaz bir parçasıdır. Son altı yılda, Edmonton Şehri Drenaj ve Bakım Departmanı, Edmonton'daki konut sakinleri için su ve kanalizasyon hizmetlerinin kurulumunda yaklaşık %12'lik bir marjinal artış gördü. Mevcut tahmin prosedürü, projelerin seyri sırasında tahmin edilen ve gerçekleşen maliyetler arasında %60 etkisi

olacak şekilde ve bazı durumlarda da %60'ın üzerinde tutarsızlıklar görülmüştür. Bu araştırma, mevcut süreç içinde tahminler ve fiili maliyetler arasındaki bu maliyet farklılığını etkileyen faktörleri araştırmaktadır. Önerilen metodoloji, Yapay Sinir Ağını (YSA) ve Edmonton Şehri tarafından kullanılan 'SmartEST' mevcut tahmin sistemini entegre eden modüle dahil etmektir. Yapay Sinir Ağı modelinin gerekçesi, Edmonton Şehri projelerinden elde edilen verilerin doğrulama seti kullanılarak yapılmıştır. Yukarıda bahsedilen durum çalışması, analiz edilen girdi faktörlerinin etkinliğini doğrular ve geliştirilen modelin başarılı bir şekilde uygulandığını gösterir. Geliştirilen YSA modeli, başarılı bir şekilde uygulanmasında tahmini bir sıcaklık tahmin modelinin dahil edilmesi dahil olmak üzere çevreden faktörlerin kullanımını vurgulamaktadır. Bu modelin avantajı, kullanıcının ihtiyacına göre bilgi sağlama yeteneğidir. Araştırma, çeşitli faktörlerin arasında bir korelasyon olduğunu göstermiş ve geliştirilen Yapay Sinir Ağı Modeli, tahmini ve gerçek maliyetler arasındaki farklılığı azaltarak yaklaşık %80 tahmin doğruluğuna ulaşmıştır [18].

Sezer A.,'nin 2008 yılındaki çalışmasına göre, yazılım projelerinden elde edilen örnek veri kümeleri üzerinde yapay sinir ağı uygulaması ile maliyet tahmini üzerine çalışmıştır. Yazılım projelerinin maliyet tahmininde yapay sinir ağı uygulaması ile daha başarılı sonuçlar elde etmek için yazılım maliyetini etkileyen faktörlerin sayısının artırılabilir olması durumunda doğruluk payının yükseleceğini öngörmüştür [19].

Deng S., ve Yeh T.H.'nin 2009'da yaptıkları çalışmaya göre, uçak kanat kutusu yapısal tasarımına yönelik maliyet tahmin modellerini oluşturmak için Destek Vektör Regresyonu (SVR) ve Geriye Yayılma Sinir Ağı (BPN) olmak üzere iki makine öğrenme yöntemi kullanılmış ve her iki yöntem için de uygulanabilirliği ve verimliliği doğrulanmıştır. Vaka çalışmasında, kanat kutusunun dört farklı ana yapısal parça grubu, Direkler / Kaburga / Deriler / Kirişler seçilmiştir. Parça veri tabanında, parça boyutları dahil edilmiş ve parça gruplarının sınıflandırılması için kullanılmıştır. Her parça grubunda doğruluğu test etmek için 150 parça listesi, eğitim numuneleri için kullanılan 100 parça listesi, numuneleri tahmin etmek için kullanılan 50 parça listesi vardır. Kanat kutusu vaka çalışmasıyla doğrulandıktan sonra, sonuçlar SVR veya BPN'nin tasarım maliyetlerini kesin olarak tahmin edebildiğini

göstermiştir. Ancak BPN ile karşılaştırıldığında SVR, daha az karar parametresi kullanırken global olarak en uygun çözümü elde edebilmiştir. İstatistiksel parametrik maliyet tahmin yöntemleri hızlı bir şekilde yanıt veremediği veya hızla değişen uluslararası ortam karşısında hemen güncellenmediği için bu araştırma, parametreleri eğiterek, test ederek ve ayarlayarak maliyet tahmin modelleri geliştirmek için makine öğrenimi yöntemleri SVR ve BPN kullanmış ve makine öğrenimi yönteminin uçak gövdesi yapısal tasarım maliyet tahmin modeli geliştirmenin uygulanabilir ve verimli olduğunu göstermiştir. Bu araştırma, Wing-Box'ın yapısal tasarım maliyetini tahmin etmek için bir proje olduğunu varsaymaktadır. Sonuçtan hem SVR hem de BPN'nin tahmin hassasiyetini garanti edebileceği gösterilmiştir. [20].

Duran O., vd'nin 2009'da yaptıkları çalışmaya göre, kurulan sinir ağlarının, bir kabuk ve borulu ısı eşanjörlerinin maliyet tahmini ile ilgili belirsizlikleri azaltabildiğini kanıtlamıştır. Maliyet tahmini, üretilen ürünlerin geliştirme aşamalarında önemli bir faktördür. Maliyetin bir dizi genel özelliğin bir işlevi olarak erken tahmin edilmesi, tasarımcılara malzeme seçimi, üretim süreçleri ve esas olarak ürünün morfolojik özellikleri gibi kararlarda yardımcı olmaktadır. Çalışmalar, maliyet düşürme için en büyük potansiyelin, %80'inin erken tasarım aşamalarında olduğunu göstermiştir. Bu aşamada yanlış bir karar vermek, geliştirme sürecinin ilerleyen kısımlarında son derece maliyetlidir. Ürün modifikasyonları ve proses değişiklikleri, geliştirme döngüsünde sonradan meydana geldikçe daha pahalıdır. Bu nedenle, maliyet tahmincilerinin bir ürün üretmenin gerçek maliyetini yaklaşık olarak tahmin etmesi gerekir. Genel çalışma, nitel ve nicel teknikler olarak kategorize edilir. Sinir ağlarının denetimli öğrenimi ilkeleri uygulanarak kabuk ve borulu ısı değiştiricilerin erken maliyet tahmini için sinir ağı tabanlı bir model geliştirilmiştir. Maliyet tahmini tahmin modellerinin kullanımı yüksek düzeyde tasarlanmış ürün geliştirme sürecinin ilk aşamaları, maliyet yönetimi sürecinin başlaması için temel bir öneme sahiptir ve "yap / yapma" kararlarını etkiler. Tasarım çözümleri ve üretim maliyetleri arasındaki neden-sonuç ilişkilerine dair öngörülen bilgi hem dâhili üretim faaliyetleri hem de satın alınan parçalar için son derece yararlıdır. Yapay sinir ağları yaklaşımı sayesinde, ısı eşanjörlerinin toplam maliyetini tahmin etmek için tam ölçekli bilgiye dayalı bir model oluşturma olasılığı genişletilmiştir. Bu yaklaşım, tasarım sürecinin herhangi bir aşamasında toplam ısı

eşanjörü maliyetini tahmin etmek için karmaşık doğrusal olmayan haritalamayı çözer [21].

Tsionas E., vd'nin 2009'da yaptıkları çalışmaya göre, ekonomide maliyet ve üretim fonksiyonlarının tahmini, genellikle birçok durumda tatmin edici olandan daha az olan standart şartnamelere dayanır. Bu bağlamda, önerilen yaklaşım ekonomi, istatistik ve makine öğrenimi araştırmalarının güçlü yönlerini birleştirerek YSA'lar tarafından verilen keyfi maliyet ve üretim işlevlerine küresel bir yaklaşım önermektedir. Ekonomi ve iş dünyasındaki birçok karar, maliyet ve üretim işlevlerinin doğru tahminlerine bağlıdır. Yapay Sinir Ağları'nın (YSA) parametrik olmayan özelliği, teorik ilişkinin bir öncül olarak bilinmediği ekonomik fenomenleri modellemede onları oldukça esnek ve çekici kılmaktadır. Böylece, verileri önceden belirlenmiş bir modelle uydurmak yerine, YSA'lar, verilerin kendisinin modelin temeldeki süreç tahminini desteklemek (veya reddetmek) için kanıt olarak hizmet etmesine izin verir. Bu çalışma, istatistiksel topluluğun araçlarını YSA teknolojisi ile birleştirmektedir. Birden çok çıktıya izin veren YSA'lara dayanan sırasıyla yeni esnek maliyet ve üretim fonksiyonları önerir. Genelde doğrusallaştırılmış çok faktörlü modeller vasıtasıyla tahmin edilen yaygın olarak kullanılan maliyet ve üretim fonksiyonlarının, birçok durumda tatmin edici olandan daha az olduğu bilinmektedir. Ancak YSA'lar, verilerin kendisinin modelin tahminini desteklemek için kanıt olarak hizmet etmesine izin verir. YSA spesifikasyonları tarafından verilen, sırasıyla keyfi maliyet ve üretim fonksiyonlarına genel bir yaklaşım önermiştir. Dolayısıyla yeterli gözlem olması koşuluyla, ekonomik analizde giderek artan şekilde olduğu gibi, bu ilişkiler bilinmediğinde veya doğrusal olmadığında YSA'lar önemli bir role sahiptir. Görünüşe göre YSA'lar geleneksel yaklaşımlara umut verici alternatifler olacaktır. Açıktır ki, teknik verimliliği ölçmek için YSA'lara dayalı bir çıktı mesafe fonksiyonunun oluşturulması da dahil olmak üzere, konuyla ilgili gelecekteki araştırmalar büyük ilgi çekecektir [22].

Che Z. H.,'nin 2010'da yaptığı çalışmaya göre, karmaşık geleneksel maliyet tahmini akışını basitleştirmek için plastik enjeksiyon ürünleri ve kalıpları için maliyet tahmini yaklaşımı incelenmiştir. Tasarımcıların ve Ar-Ge uzmanlarının, tekrarlayan modifikasyonlardan kaynaklanan ürün geliştirme zamanını ve maliyetini azaltmak

için ürün tasarımının erken aşamalarında ürün maliyetinin rekabet gücünü göz önünde bulundurması beklenmektedir. İşletme rekabetçiliğini arttırmak için, ürün tasarım aşamasında kısaltılmış ürün geliştirme süresi ve daha düşük maliyetle eş zamanlı mühendislik (CE) kavramı tanıtılmalıdır. CE, ürün yaşam döngüsünde ürün tasarımını etkileyen temel faktörlerin, yaşam döngüsü maliyetini azaltmak için Ar-Ge'nin ilk tasarım aşamasında dikkate alınması gerektiğini savundu. Kaynakları kullanmak ve üretim maliyetlerini azaltmak için, maliyeti analiz etmek ve tahmin etmek ve ilk ürün geliştirme döneminde maliyeti daha fazla kontrol etmek gerekir. Toplam maliyetin %70-80'ini ve kalitenin %80'ini belirler. Konsept tasarım aşamasında uygun planlar seçilebilirse, maliyet etkin bir şekilde azaltılabilir. Ancak maliyet tahmini, proje geliştirme aşamasında belirsizliğe ve riske yol açacaktır. Bu çalışma, maliyet tahmininin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için uzman bilgisi ve geçmiş deneyime dayalı maliyet tahmini problemini çözmüştür. Aşırı tahmin kaynakların israf edilmesine, eksik tahmin ise düşük kaliteye neden olacaktır. Bu nedenle, ilk tasarım aşamasında müşteri talebine göre maliyetler doğru bir şekilde tahmin edilebiliyorsa, maliyet kontrol amacına ulaşmak için kaynaklar etkin bir şekilde kullanılabilir. Plastik enjeksiyon kalıplama ürünleri ve kalıpları için maliyet tahmini çok önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada FA, PSO ve BP yöntemlerini entegre eden bir yapay sinir ağı yaklaşımı (FAPSO-TBP) önerildi. FA ve PSO, sırasıyla uygun girdi faktörlerini seçmek ve BP modeli için optimum parametre değerlerini belirlemek için kullanılmıştır. Plastik ürün maliyet tahmini için uygun BP ağı yaklaşımını oluşturmak için, önerilen yaklaşım ilk olarak şartname teklif verileriyle eğitim ve test yapmak için kullanılmıştır. FAPSO-SBP ve GBP'yi karşılaştırarak, bu çalışma önerilen FAPSO-TBP'nin diğerlerinden daha iyi kararlılığa ve çözüm kapasitesine sahip olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca, plastik enjeksiyon kalıplama için maliyet tahmininin doğruluğunun, PSO'nun BP sinir ağına dahil edilmesiyle geliştirilebileceğini gösteriyor. PSO, BP sinir ağının parametre ayarını azaltabilir. Bu nedenle FAPSO-TBP, plastik enjeksiyon kalıplama için ürün ve kalıp maliyeti tahmini problemlerinin çözümünde daha etkilidir [23].

Liu H.,'nin 2010'da yaptığı çalışmaya göre, ürün maliyetlerini yönetmek ve kontrol etmek için, seçilen tahmin yöntemi, anahtar maliyet faktörlerini tanıyabilmeli veya maliyet faktörleri üzerinde hassasiyet analizi gerçekleştirme kapasitesine sahip

olmalıdır. Duyarlılık analizi, maliyet faktörlerinin maliyet üzerindeki etkisini nicelendirir ve kritik etkileri olan maliyet faktörlerini tanımlar. Duyarlılık analizinin sonuçları, karar vericilerin ürün maliyetlerini yönetmesine ve azaltmasına yardımcı olabilir. TK (Taylor Kriging) kısmi farklılaşma denklemi geliştirilmiş ve maliyet faktörleri üzerindeki duyarlılık analizine yardımcı olmak için kullanılmıştır. Bu çalışma, maliyet faktörleri üzerinde maliyet tahmini ve duyarlılık analizi için TK, regresyon ve YSA yeteneklerini karşılaştırır ve analiz eder. Maliyet tahmini ile ilgili deneysel bir durumda, TK'nın regresyona göre daha iyi ancak YSA'dan daha kötü olan doğru sonuçlar sağladığı gösterilmiştir [24].

Attarzadeh I., ve Ow S. H.,'nin 2010 yılında yaptıkları çalışmaya göre, doğru ve tutarlı bir şekilde model maliyeti tahmin edebilme, özellikle erken aşamalarda projenin yaşam döngüsü için oldukça büyük bir önem arz etmektedir. Yazılım geliştirme, planlama ve yürütme yöneticilerin yazılım fiyat tespiti, kaynak tahsis, program düzenlemesi ve süreç izleme faaliyetlerinin hepsi buna bağlıdır. Son yıllarda yazılım geliştirme, önemli bir yatırım haline gelmiştir. Dolayısıyla birçok kuruluş için doğru yazılım maliyet tahmini modelleri etkili bir şekilde tahmin etmek, izlemek, kontrol etmek için gereklidir. Tahmin doğruluğu, modelleme doğruluğundan büyük ölçüde etkilenir. İyi tasarlanmış yazılım tahmini modelleri artık yazılım mühendisliği topluluğunun en önemli hedeflerinden biri haline gelmiştir. Bu yöntemler arasında COCOMO II (Yapıcı Maliyet Model), basitliği nedeniyle en yaygın kullanılanıdır. Projedeki kişi-aydaki çabayı tahmin etmek için farklı aşamalar içerir. Bu çalışmada COCOMO II ile yapay sinir ağlarına ve eğitime dayalı algoritmalar uygulanmıştır ve pozitif sonuçlar elde edilmiştir [25].

Uğur L., vd.'nin 2011 yılında yaptıkları çalışmaya göre, çalışmalarında tek katlı yığma konut yapılarının inşaat maliyetlerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda esas alınan kat planına sahip tek katlı yığma konutların maliyetlerinin tahmininde oluşturulan YSA modeli ile %5'lik hata oranı dâhilinde kabul edilebilir maliyet değerleri elde edilmiştir [26].

Kotb M. T., vd.'nin 2011'de yaptıkları çalışmaya göre, küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), maliyet artışlarından ve aşımından büyük ölçüde etkilenir.

Güvenilir maliyet faktörleri tahmini ve yönetimi, genel olarak işletmelerde ve özel olarak KOBİ'lerde Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemlerinin benimsenmesinin başarısı için bir anahtardır. Bu alandaki araştırmaların çoğu, COCOMO aile modelleri tarafından hesaplanan tahminlerin geliştirilmesini hedeflemektedir. Bu araştırma, COCOMO'yu daha yeterli olabilecek ve ERP benimsemelerine odaklanabilecek diğer modellerle değiştirmeye çalışan bir dizi modelin başlangıcıdır. Bu çalışma, maliyet faktörleri tahmini için geri beslemeli bir yapay sinir ağı modelini araştırmıştır. KOBİ'ler sınırlı bütçelere ve kıt kaynaklara sahip oldukları için büyük işletmelere göre büyük ölçüde etkilenir ve maliyetlere karşı daha hassastır. Önerilen çerçeve, mimarların veya proje yöneticilerinin COCOMO gibi sistemler için bir girdi olarak işlev noktalarını tanımlamalarına gerek kalmadan maliyet faktörleri tahminine izin verir. Önerilen çerçeve, sinir ağı tabanlıdır. Maliyet faktörü tahmini için ileri geri beslemeli bir yapay sinir ağı önerilmiştir. Sinir ağı, veri faktörlerinin sayısına eşit sayıda nöron içeren bir giriş katmanından, giriş nöronlarının sayısına eşit sayıda nöron içeren gizli bir ağ ve maliyet aralıklarını kapsayan otuz altı çıkış nöronundan oluşur. Deneyler, veri toplamının doğruluğunun başarılı ve doğru maliyet faktörü tahmini için önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Gelecekteki bir çalışma olarak, eğitim için kullanılan veriler alaka ve korelasyonlara göre gruplandırılmalıdır. Bu çalışmanın bir uzantısı, faktörler arasındaki bağımlılıkları ve ilişkileri tanımlaması gereken korelasyona dayalı bir tekniktir. Girdi kalıpları korelasyona göre sınıflandırılmalıdır ve eğitim ilgili veri kalıpları üzerinde ayrı ayrı rol oynar. Bir girdi modeli test edildiğinde, önce sınıflandırılır ve ardından ilgili ağ üzerinden yayılır [27].

Chang P. C., vd.'nin 2012 yılında yaptıkları çalışmaya göre, küresel cep telefonu pazarının ölçeği, son yıllarda hızla büyümektedir. Müşterinin yüksek oranda talebi, yüksek kaliteyle üretime dönüşmüştür, daha kısa teslimat süreleri ve daha düşük ürün maliyetleri ortaya çıkmıştır. Ancak maliyetteki eksik hesaplamalar nedeniyle hala sözleşmelerde para kaybedilmektedir. İmalat maliyetlerinin tahmin edilmesi bu noktada önem arz etmektedir. Bu çalışmada CBR ve YSA incelenmiştir. CBR'nin benzer durumları kullanarak nicel faktörlerin hesaplanması ve YSA'nın öngörme yeteneği ile doğrusal olmayan, bu iki yaklaşımı birleştiren ve ürün birim maliyetini tahmin edebilen bir model geliştirmek gelecekte farklı veri madenciliği yaklaşımları,

karar ağacı ve destek vektörleri gibi, daha fazla yöntemle birleştirilerek çalışılabilir. Özellikle, üretim maliyetlerini tahmin etmede bulanık benzerlik ile CBR – YSA birleşimi çok ilginç sonuçları ortaya koyacaktır [28].

Bisen Ö., ve Dikmen S. Ü,'nün 2012 yılında yaptıkları çalışmaya göre, bütçe planlamalarında, projenin kendine has özelliklerinden kaynaklanan belirsizliklerin aşılmasında, yapay zekâ yöntemlerinin kullanılabilirliğini analiz etmiştir. Mali parametreler, süre, sözleşme koşulları, proje dokümanları ve diğer olmak üzere beş başlık altında toplanan proje karakteristik özelliklerinin, uzman görüşleriyle belirsizlik mertebelerinin girilmesi ile oluşturulan kural tabanının dikkate alınarak proje karakteristik özelliklerinden kaynaklanan belirsizlik seviyesinin tespitini yapay zekâ metotları ile yapmanın daha doğru olacağı ortaya konulmuştur [29].

Mehta H.D, vd.'nin 2012 yılında yaptıkları çalışmaya göre transformatörler güç sistemlerinin en hayati bileşenleridir ve elektrik gücünün iletimi ve dağıtımında önemli bir rol oynamaktadırlar. Endüstriyel bir ortamda, transformatör maliyetinin doğru tahmini, üretici ve endüstriyel kuruluşlar için önemli bir görevdir. Ürün Maliyet Tahmini, bir ürünün üretilmeden önce maliyetinin tahmin edilmesiyle ilgilidir. Aşırı rekabetçi Pazar nedeniyle, bir transformatörün ürün maliyetini erken ve doğru bir şekilde tahmin etmeye ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, mevcut maliyet tahmini yöntemleri, erken sonuçlar elde etmek amacıyla doğruluğu tehlikeye atar. Buna karşılık, doğruluk ancak tasarım ve süreç planlama ayrıntıları bilinince düzgün bir şekilde elde edilebilir, ancak o zamana kadar maliyet tahmini çok geç olacaktır. Çalışmanın temel amacı, tasarım ve süreç planlama detaylarına dayanmadan bir transformatör maliyetinin erken ve doğru tahmin edilmesi için bir metodoloji geliştirmektir. Transformatör hammaddelerinin maliyetini tahmin etmek için kullanılan MLP ağ modelinin sonucu, MLP ağının iyi bir performansa sahip olduğunu ve bu model için makul tahmin doğruluğunun elde edildiğini göstermektedir. Sonuçlar, gelişmiş yapıya sahip YSA modelinin en az hatayla iyi bir tahmin yapabileceğini ve son olarak bu sinir ağının, trafo üretim projesinin ilk aşamasında transformatör maliyetini tahmin etmek için önemli bir araç olabileceğini düşündürmektedir [30].

Tawfek H., vd'nin 2012'de yaptıkları çalışmaya göre, kalite maliyeti, herhangi bir inşaat projesinin toplam maliyetinin önemli bir unsurudur. Sonuç olarak, bu tür bir kalite maliyetinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, herhangi bir inşaat projesinin tahmini maliyetinin güvenilirliğini önemli ölçüde etkileyebilir. Farklı bir şekilde ifade edilirse, herhangi bir inşaat projesi için doğru ve güvenilir maliyet tahmini, bu projenin beklenen kalite maliyeti için derinlemesine araştırma yapılmadan mümkün değildir. Bu çalışmanın temel amacı, inşaat firmalarının gelecekteki herhangi bir bina projesi için kalite maliyetini değerlendirmesini sağlayacak bir sinir ağı modeli oluşturmaktır. Bu, şirketin performansını ve tekliflerin doğruluğunu iyileştirerek diğer şirketlerle rekabet etme becerisini geliştirecektir. Beklenen kalite maliyetini etkileyen ana faktörler açıkça tanımlanmıştır. Model geliştirmenin farklı dizileri derinlemesine incelenmiştir. Modelin geçerliliği bir dizi vaka çalışması uygulaması kullanılarak değerlendirilmiştir. Kalite maliyeti, herhangi bir inşaat projesinin toplam maliyetinin önemli bir unsurudur. Bu çalışmanın amacı, kalite maliyetini etkileyen en önemli faktörleri belirlemek ve herhangi bir bina inşaat projesinin beklenen kalite maliyeti için daha güvenilir bir değerlendirme elde etmesine yardımcı olabilecek bir Yapay Sinir Ağı modeli geliştirmektir. Bu model, 10 nöron (düğüm) içeren bir giriş katmanından, teğet transfer işlevine sahip sekiz gizli düğüme sahip bir gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşmaktadır. Önerilen modelde testin sonuçları (%80) doğruluk göstermiştir [31].

Defersha, F. M., vd'nin 2012'de yaptıkları çalışmaya göre, parametrik olmayan sinir ağlarının bu özelliğini kullanarak, bazı büyük uçak alt montajlarının maliyet tahmini için uygulanabilirliğini araştırmayı hedeflemişlerdir. Çalışma, Kanada'nın Montreal kentinde bulunan bir havacılık şirketi ile iş birliği içinde gerçekleştirilmiştir. Biri genetik iniş algoritması ve diğeri genetik algoritma ile eğitilen iki sinir ağı modeli ele alınıp birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmaya göre hedef maliyet tahmininde sinir ağlarını eğitmek için genetik algoritma kullanılmıştır. Geçmiş verileri kullanan çalışmada, genetik algoritma tarafından eğitilen sinir ağı modelinin hem eğitim hem de doğrulama veri setlerine uyum gösterdiği görülmüştür. Sayısal örnekler, genetik algoritma tarafından eğitilen sinir ağlarının daha iyi genellemeye sahip olduğunu göstermiştir. Bu özellik, sınırlı veriye sahip yeni programlarda maliyetlerin doğru tahmin edilmesi için gereklidir. Ancak diğer çalışmalarda da belirtildiği gibi ANN

modellerinin uygulamasının bir sınırlaması da vardır ki o da endüstriyel bir ortamda uygulanmasının yönetim tarafında ANN modellerini kendi soyut fenomenlerinin yerine koymaya veya içinde kullanmaya isteksiz olmalarıdır. Bu nedenle, ANN modellerinin birbirlerine ve diğer tahmin modellerine kıyasla ne zaman kötü performans gösterebileceğini daha iyi anlamak için diğer algoritmaları da test etmek, ANN'nin gelecekteki yeri için önemlidir. [32].

Özcan B., ve Fırlalı A.,'nın 2014'te yaptıkları çalışmaya göre, sac metal damgalama kalıplarının toplam maliyetini tahmin etmek için akıllı bir sistem kurulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda firmada bugüne kadar uygulanan geleneksel bir yaklaşımla damgalama kalıplarının maliyetinin tahmin edildiği bu bağlamda YSA ve çoklu regresyon analizi ile üç maliyet tahmin modelinin performansı incelenmektedir. İncelemeler, önceki maliyetlerin verilerine dayanır. Karşılaştırmalı çalışma, YSA sisteminin geleneksel doğrusal regresyon analizi modelinden ve maliyet tahmini için kullanılan geleneksel yaklaşımdan daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Böylelikle damgalama kalıpları üreten firmaların YSA modeli ve belirlenen kriterler ile oldukça doğru bir tahmin elde etmesi mümkündür. Geriye yayılma algoritması ile sinir ağlarının denetimli öğrenimi ilkeleri uygulanarak damgalama kalıplarının erken maliyet tahmini için bir YSA modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada en önemli şey, maliyeti doğrudan etkileyen doğru faktörleri belirlemektir. Doğru faktörleri seçmek büyük ölçüde deneyime bağlıdır. Yaklaşımın, teklif aşamasında mevcut olan sekiz parametreyi kullanarak damgalama kalıplarının doğru tahminlerini sağlayabildiği kanıtlanmıştır. Geleneksel maliyet tahmin yönteminin en büyük dezavantajı, ayrıntılı proje bilgisine duyulan ihtiyacı içerir. Bu model, sinir ağlarının bir damgalama kalıbının maliyeti ile ilgili belirsizlikleri azaltabildiğini kanıtlamıştır. Bu yöntemle şirketler, bir projenin kendileri için uygun olup olmadığını teklif ettiklerinde daha iyi ve hızlı kararlar alabilirler. Çok daha güvenli bir iş kurmak, karı artıracak ve şirketi sektördeki diğer üreticilerle rekabet edebilmek için daha iyi bir konuma getirecektir. YSA'nın şu anda kullandıkları geleneksel yöntemle göre yüksek tahmin doğruluğu nedeniyle, çalışmanın yapıldığı şirketler YSA yöntemini kullanmaya karar vermişlerdir [33].

Kasaplı K.,'nin 2014 yılındaki çalışmasına göre, içme suyu şebekelerinde maliyet tahmini amacıyla yapay sinir ağları kullanımı çalışması yapmıştır. Çalışma sonunda, yatırım maliyeti tahmin otomasyonunun olmadığı bir ortamda, belirlenen bağımsız girdi değişkenleri ile içme suyu şebekesi inşaat maliyetinin tahmin edilmesi amacıyla oluşturulan YSA modellemelerinden elde edilen tahmin sonuçlarının, diğer tahmin sonuçlarına göre daha tutarlı ve uygulanabilir sonuçlar olduğu görülmüştür. İçme suyu şebekesi inşaat maliyetini öngörmeye YSA modellemesinin elverişli bir araç olduğu tespit edilmiştir. Böylece içme suyu şebeke inşaatlarına ait finansman temini ve ihale aşamalarında önemli girdi olan inşaat maliyeti tahmininde YSA modellerinin kullanımıyla, özellikle kamu yatırımlarında ciddi faydalar sağlanabileceği düşünülmektedir [34].

Karahan M.,'nin 2015 yılındaki çalışmasına göre, yapay sinir ağları metodu ile ihracat miktarlarının tahmininde ARIMA ve YSA metodunun karşılaştırmalı analizini yapmıştır. Tasarlanan YSA modeli, yaygın olarak kullanılan ileri beslemeli geri yayımlı bir sinir ağına sahiptir. Bu ağın tercih edilmesinin sebebi hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modellerdeki tahmin başarısı, kullanım kolaylığı ve yakınsama hızıdır. YSA modelleri, mevsimsel etkiler yansıtılmamış olsa bile diğer modellerden üstün performans sağlamakta, ek olarak mevsimsel etkilerin yansıtılması durumunda da performansını daha da artırmaktadır. Yapılan bu uygulamada da yapay sinir ağlarıyla tasarlanan model, geleneksel zaman serileri metodlarından ARIMA metodu ile karşılaştırılmış, elde edilen sonuçlar, YSA-Lojistik regresyon modeli karşılaştırmasında da olduğu gibi YSA'nın lehine oldukça olumlu olmuştur. Çalışmadan elde edilen veriler sayesinde, bir sezon önceden üretim planlamalarını sağlıklı bir şekilde yapabilecek ve yapacakları yatırımlar için önceden öneriler geliştirebileceklerdir [35].

Gunduz M. Ve Sahin H. B.'nin 2015'te yaptıkları çalışmaya göre, enerji günümüz dünyasında giderek daha önemli hale gelirken, enerji kaynakları önemli ölçüde azalmaktadır. En değerli enerji kaynaklarından biri hidro enerjidir. Sınırlı enerji kaynakları ve aşırı enerji kullanımı nedeniyle, enerji maliyetleri artmaktadır. Elektrik üretim üniteleri arasında hidroelektrik santraller, yenilenebilir enerji kaynakları olmaları ve yakıt maliyetleri olmaması nedeniyle oldukça önemlidir. Bir

hidroelektrik santral yatırımının uygulanabilir olup olmadığına karar vermek için, proje maliyeti ve yatırımın elektrik üretim miktarı kesin olarak tahmin edilebilmelidir. Bu çalışmada, elli dört hidroelektrik santral projesi, çoklu regresyon ve yapay sinir ağı araçları kullanılarak analiz edilmektedir. Sonuç olarak, projenin erken aşamalarında hidroelektrik santral proje maliyetini tahmin etmek için iki maliyet tahmin modeli geliştirilmiştir. Erken maliyet tahmin modellerinin önemli noktaları, kullanımı kolaydır, farklı proje türleri için geçerlidir ve kabul edilebilir bir hata aralığı dahilinde maliyeti tahmin etmek için kullanılabilir. Bu çalışmanın ürünleri, çoklu regresyon ve yapay sinir ağlarına dayalı olarak geliştirilmiş iki maliyet tahmin modelidir. Bu modeller kırk dokuz HES projesinden elde edilen verilere dayanılarak geliştirilmiş ve beş proje ile doğrulanmıştır. Doğrulama sonuçlarının karşılaştırılmasına göre sinir ağı modelinin regresyon analizine göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür [36].

Keskin M. Ve Alptekin G. I.,'nın 2016'da yaptıkları çalışmaya göre yazılım maliyet tahmininde işlev puanı analizi ve yapay sinir ağları kullanımı, 'E-bursum' yazılımına ilk önce işlev puanı analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar tatmin edici bulunmuştur. İşlev puanı analizinin avantajı, maliyet tahmininin yazılım gereksinim analizi sırasından itibaren yapılabilecek olması, uygulama araçlarından, yöntemlerinden veya programlama dillerinden bağımsız olması ve teknik dünyaya çok yakın olmayan kullanıcıların bile uygulayabilecek olmasıdır [37].

Algahtani A., ve Whyte A.,'nın 2016'da yaptıkları çalışmaya göre, işletme maliyetini tahmin etmek için regresyon ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerinin performansı karşılaştırılmıştır. YSA modelinin işletme maliyetini tahmin etmede performansını test etmek için 20 bina projesinden oluşan bir veri seti kullanılmıştır. Maliyet açısından önemli maddeler kavramı, tahmine yardımcı olmada önemli olarak tanımlanır. Ek olarak, regresyon modellemede önemsiz faktörleri ortadan kaldırmak için aşamalı bir teknik kullanılır. YSA performansında maliyet faktörlerinin önemini belirlemek için bir bağlantı ağırlığı yöntemi uygulanmaktadır. Bu sonuçlara dayanarak, bir YSA modelinin, bina projelerinin işletme maliyetini tahmin ederken bir MR modelinden daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, YSA yönteminin tüketilen hazırlık süresini azalttığı ve maliyet tahmininin doğruluğunu

artırdığı tespit edilen yaşam döngüsü tahmini bilgi tabanını genişletir. Yerinde amaca uygun bileşenler için uygundur. Sonuç olarak, YSA modellemesinin işletme maliyetlerini tahmin etmek için en iyi (en doğru araç ve) yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bu makalede, inşaat projelerinin işletme maliyetlerinin tahmin edilmesi için geliştirilen model, gelecekteki proje maliyet tahminlerinin doğruluk düzeylerini artırmaya yardımcı olacak bir yol olarak sunulmuştur [38].

Karaoğlan A. D., ve Karademir O.,'nun 2017'de yaptıkları çalışmaya göre, müşteri tarafından verilen teknik özelliklere göre bir transformatör üreticisinin güç trafosu siparişlerinin akış sürelerini tahmin etmek için ileri beslemeli bir geri yayılım yapay sinir ağı kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, yapay bir sinir ağının öngörü yeteneğinin bu tür problemler için çok iyi olduğunu ve mevcut şirket uygulamasından daha iyi maliyet tahminiyle sonuçlandığını göstermektedir. Türkiye'deki bir elektrik transformatörü üreticisi için bir vaka çalışması yapılmıştır. Elektromekanik sanayi sektörü, yüksek varlık devir hızı ve düşük kâr marjına sahip, emek yoğun ve rekabetçi bir sektördür. Bu nedenle gerçekçi fiyat teklifleri verebilmek ve bu sektörde rekabet edebilmek için alınan siparişlerin maliyetinin düşük bir varyansla hesaplanması esastır. Bir ürün maliyetinin ana faktörleri işçilik, malzeme ve genel giderleridir. Gerçek işçilik maliyeti ancak üretimden sonra hesaplanabilir ancak fiyat teklifinin üretimden önce hazırlanması gerekir. Bu çalışma için seçilen şirkette trafo üretimi için emek yoğun proje tipi bir üretim sistemi kullanılmaktadır. Sık üretilen birkaç benzer trafo haricinde, müşterilerden alınan sınırsız sayıda farklı trafo siparişi vardır. Şirket tarafından daha önce üretilmemiş bir transformatör siparişi alınır, işçilik süresini hesaplamamanın yolu, daha önce üretilen transformatörlerin akış sürelerini veri tabanından gözden geçirmek ve olası akış süresi ve işçilik maliyetini tahmin etmeye çalışmaktır. Fakat şirkette işlem sürelerini ve akış sürelerini doğru bir şekilde hesaplamak için herhangi bir hesaplama uygulaması yoktur. Bu da müşterilere doğru fiyat tekliflerinin verilmesinde sorun yaratmaktadır. Maliyet tahmininde üretim sürelerinin ve işçilik maliyetlerinin doğru hesaplanması önemlidir. Bu vaka çalışmasındaki şirket için, sıklıkla üretilen birkaç benzer transformatör dışında, müşterilerden alınan çok sayıda farklı transformatör siparişi vardır. Bu da ilk defa üretilecek siparişlerin bilinmeyen işlem süreleri ve akış süreleri nedeniyle müşterilere doğru fiyat teklifleri vermede zorluk yaratmaktadır. Bu

çalışmada, müşterinin talep ettiği teknik özellikleri kullanan yapay bir sinir ağı, akış süresini tahmin etmek için tasarlanmıştır. Sonuçlar, YSA'nın doğru tahmin kabiliyetinin bu tür problemler için maliyet tahminini iyileştirdiğini göstermektedir [39].

Juszczyk M.,'nin 2017'de yaptığı çalışmaya göre, yapay ağların kullanıldığı inşaat projelerinde parametrik olmayan maliyet tahmini, esas olarak erken tahminler için uygun olarak sunulmuştur. Bu kavramsal tahminler değişkenlere, yani projeyi veya bir tesisi karakterize eden maliyet tahminlerine dayanır. Tamamlanan projeler bazında toplanan veriler bir araya getirilerek mevcut proje maliyet tahmin sürecine uygulanmaktadır. Çalışmanın amacı, inşaat işlerinin maliyet tahminine yönelik yapay zekâ araçlarına dayalı yaklaşımın fırsatlarını ve zorluklarını tartışmaktır. Önerilen yaklaşım, parametrik olmayan maliyet tahmini kavramına ve yapay sinir ağlarının uygulanmasına dayanmaktadır. Maliyet tahminin amacı, mevcut bilgilere dayanarak hesaplanan bir projenin olası maliyetini tahmin etmek, değerlendirmek veya hesaplamaktır. Maliyet analizleri, bir projenin başarısı için önemli olan birçok karar için temel oluşturduğundan, bir inşaat projesinin tüm döngüsünde maliyet tahmini süreci büyük önem taşımaktadır. Çalışmaya göre YSA kullanımı ile, inşaat işleri düzeyinde maliyet tahminlerini önemli ölçüde daha kısa sürede teslim etme imkânı, hızlı maliyet varyant analizi imkânı, geleneksel maliyet tahmin yöntemlerine alternatif yaratılabilecektir [40].

Çakar T.,'nin 2017 yılındaki çalışmasına göre, her bir parti üretiminde parti için öngörülen üretim süresinin üstüne çıkılmakta olan, bunun da ürünün gerçek maliyetinin tam olarak belirlenememesine neden olduğu otomotiv sektöründe geleneksel maliyet metoduna göre birim maliyet hesabı ile yapay sinir ağlarıyla maliyet tahminini karşılaştırmıştır. Burada eğitilen YSA maliyet tahmininde kullanılmış ve faaliyet bazlı maliyet hesaplama sistemiyle de karşılaştırılarak başarısını ispatlamıştır. Ayrıca daha hassas maliyet tahmini yapabilen bir araç olduğunu da ispatlamıştır [41].

Arora S., vd'nin 2017'de yaptıkları çalışmaya göre, yazılım proje yönetiminin en zorlu görevi maliyet tahminidir. Maliyet tahmini, yazılım geliştirme girişimleri için

gerekli varlıkları ve programları doğru bir şekilde değerlendirmektir. Sadece projenin maliyetinin tahmini değil, üretilecek yazılım ürününün boyutunun tahmini, projede gerekli çabanın tahmini vb. tahminleri içerir. Genel proje yaşam döngüsü, yazılım geliştirme maliyetinin doğru tahmininden etkilenir. COCOMO modeli, algılayıcı öğrenme algoritmasını kullanmak için gerçekleştirilirken ve hazırlanırken tek katmanlı ileri beslemeli sinir sistemi kullanımını gerçekleştirir. Gelecekteki maliyeti tahmin etmekten bahsetmek, tek katmanlı yapay sinir ağına dayalı bir maliyet tahmin modelinin kurulmasına bağlıdır. Yazılım geliştirme çabasını tahmin etmek için kullanılan sinir ağı, kimlik aktivasyon işlevine sahip tek katmanlı ileri beslemeli ağıdır. Sinir ağı aracılığıyla doğru değerlere ulaşılmıştır [42].

Fawzy M., vd'nin 2018'de yaptıkları çalışmaya göre, Potamogeton pectinatus'un sulu çözeltilerden Ni (II) iyonları biyosorpsiyonu için uygulamasını araştırmıştır. YSA'nın biyosorpsiyon sürecinin yüksek tahmin gücüne sahip olduğunu ve deneysel yanıtı tam olarak yakın değerleri tahmin etmek için kullanılabileceğini ortaya koymuştur [43].

Leszczynski Z., ve Jasinski T.'nin 2018'de yaptıkları çalışmaya göre, ürün maliyetini tahmin etmenin bir yöntemi olarak yapay sinir ağlarını (YSA) sunmaktır. Test nesnesi yeni nesil bir asenkron motordur. Çalışmanın temel araştırma problemi, ileri üretim teknolojisi ile ürün maliyetlerinin tahmin süreci için yapay sinir ağlarının modellenmesidir. Sonuçlar, ürünlerin maliyetlerini tahmin etmede YSA modellerini kullanmanın faydasını ve avantajlarını tartışmaktadır. Yapay sinir ağları, ürün maliyet tahmini için diğer yöntemlerin uygulanmasındaki tüm zorlukları ortadan kaldırmaz. Bunlar, özellikle teknolojik ve üretim bağımlılıklarının doğasının yanı sıra maliyetler ve taşıyıcıları arasındaki dağılımın yeterince tanınmadığı durumlarda, geleneksel regresyon analizine, parametrik tahmine uygun maliyetli bir alternatiftir. Yapay sinir ağları, çok ileri teknolojiye sahip ürünler için karakteristik olan değişkenler (maliyet ve taşıyıcıları) arasındaki doğrusal olmayan, çok boyutlu (birkaç düzine maliyet taşıyıcı) ilişkilerin tanınması durumunda başarılıdır. Sinir ağlarının bu önemli avantajı, ürün maliyet planlayıcılarının teknolojik ve üretim analizlerine ve derin teknolojik bilgiye olan ihtiyacı azaltır. Pratik bir bakış açısıyla, yapay sinir ağları, regresyon analizinden çok daha fazla sayıda potansiyel maliyet

taşıyıcısının (hatta birkaç düzine) analiz edilmesini sağlar. YSA modeli, bağımsız değişkenler (maliyet taşıyıcıları) ile bağımlı değişken (ürün maliyeti) arasındaki işlevsel ilişkiyi matematiksel olarak açıklamaya gerek kalmadan ürün maliyetini tahmin edebilir. Yapay sinir ağlarının dezavantajı, YSA modelinin az sayıda veri seti ile inşa sürecindeki önemli risktir. Gerek literatür çalışmaları gerekse yapılan ampirik çalışmaların sonuçlarına göre, veri örneklerinin sayısı tahmin kalitesini etkileyen temel unsurlardan biridir. Makalede yapılan teorik ve ampirik analiz, YSA modellerinin ileri teknoloji ve üretimin dijitalleştirilmesiyle endüstriyel bir ortamda ürün maliyet tahminleri için en yenilikçi araç olduğu ifadesini tamamen haklı çıkarmaktadır. Çalışmada sunulan YSA model yapısının kavramı ve prosedürleri, daha fazla teorik ve pratik araştırma için bir referans noktasıdır [44].

Yadav A., vd'nin 2018'de yaptıkları çalışmaya göre, elektrik fiyat piyasası bağlamında karar vermede en temel parametre elektriğin fiyat tahminidir. Fiyat tahmini olmadan, üreticiler ve tüketiciler için günümüzün rekabetçi piyasasında operasyonlarını ve fiyat yönetimlerini anlamaları veya planlamaları çok mümkün değildir. Kısa vadeli fiyat tahmini, net kârlarını artırmak ve doğru teklif verme teknikleri kullanmak açısından firmalar için bir araçtır. Tahmin yöntemleri arasında, YSA'nın bu kadar belirgin hale gelmesinin birincil nedeni, doğrusal olmayan bağlantıları öğrenme kapasitesindedir. Bu çalışmada, MATLAB R14a'yı kullanarak Ontario güç piyasasında beklenen maliyeti bulmak için yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Saat başına maliyet ve saatlik güç yükü başına kaydedilen bilgiler, tahminin bir parçası olarak kullanılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, yapay sinir ağının (YSA) son derece hassas kısa vadeli değer tahmini yapabildiği bilgisine ulaşılmıştır [45].

Winalytra I., vd'nin 2018'de yaptıkları çalışmaya göre, inşaat projelerini yürütmeden önce mal sahibinin ortak sorunlarından biri, erken bir aşamada proje maliyetini tahmin etmedeki karmaşıklığıdır. Hatalı maliyet tahmini, mal sahibini proje bütçesinde daha fazla düzenleme yapmaya zorlayacaktır. Bu çalışma, köprü üstyapıları için bir başlangıç maliyet tahmin modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır. Maliyet tahmin modeli, Daerah Istimewa Yogyakarta'daki (DIY) bir köprünün detay mühendislik tasarımının on üç verisine dayanılarak geliştirilmiştir.

Maliyet tahmini, her inşaat projesinin önemli bir ilk adımıdır. Aynı zamanda inşaat projesinin erken aşamasında detaylı planlama ve iş şartnamesinin olmaması nedeniyle başlangıçtaki en zor adımdır. Bu sorunu çözmek için, bir inşaat maliyet tahmin modeli geliştirilmelidir, böylece ilk aşamanın maliyeti iyi bir doğruluk seviyesi ile kolayca ve basit bir şekilde tahmin edilebilir. Tahminde yaygın olarak bulunan sayısal yaklaşımlardan biri Yapay Sinir Ağıdır (YSA). YSA modeli, maliyet tahmini gibi belirsizliklerin erken bir aşamada çözülmesine yardımcı olur. Model iki yaklaşımla geliştirilmiştir, Çoklu Doğrusal Regresyon (MLR) ve Yapay Sinir Ağı (YSA). Veri analizine dayanarak, köprü açıklığının ve genişliğinin maliyeti etkileyen önemli faktörler olduğu sonucuna varılmıştır. Üstyapının maliyetini etkileyen faktörler olarak köprü açıklığının korelasyon değeri %89,0, köprü genişliği %74,2, kaldırım boyutu %66,1 ve korkuluk tipi %46,1'dir. İki farklı yöntemle yapılan tahmin sonuçları, Yapay Sinir Ağı tahmininin Çoklu Doğrusal Regresyondan daha iyi performansa sahip olduğunu, ancak farkın anlamlı olmadığını göstermiştir [46].

Matel E., vd'nin 2019'da yaptıkları çalışmaya göre, azalan kâr marjları ve azalan pazar payları ile küresel olarak rekabetçi bir dünyada, bir projenin maliyeti, inşaat endüstrisindeki bir bina tasarım sürecinin ilk aşamalarında karar vermede en önemli kriterlerden biridir. Pazarda rekabetçi kalabilmek için şirketlerin projelerini doğru bir şekilde tahmin etmeleri çok önemlidir. Bununla birlikte, projenin kapsamı ve detayları hakkında çok az şey bilindiğinden, geleneksel maliyet tahmin yöntemleri yavaş ve yanılma eğilimindedir. Hesaplama gücünün artmasıyla birlikte, ihale aşamasında yetersiz ayrıntılar karşısında güvenilir kalabilecek daha doğru maliyet tahmini için Yapay Sinir Ağları (YSA) gibi Makine Öğrenimi (ML) tabanlı yöntemleri kullanma eğilimi bulunmaktadır. Maliyet tahmini için YSA kullanımı müteahhitler açısından bolca araştırılırken, mühendislik danışmanlığı firmaları için ML tabanlı yöntemlerin geliştirilmesi ve uygulanması konusunda çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Model geliştirilirken öncelikle mühendislik hizmetlerinin maliyetini etkileyen etkili faktörler belirlenmiştir. Daha sonra 132 projenin verileri kullanılarak bir model geliştirilmiştir. Ardından, modelin performansını sistematik olarak iyileştirmek ve ince ayar yapmak için sezgisel bir yöntem geliştirilmiştir. Sonunda, bulgular yapay sinir ağlarının (YSA) küçük veri kümeleriyle bile oldukça doğru bir maliyet tahmini elde edebileceğini göstermiştir. Bu çalışmada geliştirilen

model, MAPE göz önüne alındığında modelin doğruluğunda %14,5'lik bir iyileşme göstermiştir. Bu araştırmanın amacı, mühendislik hizmetlerinin ihalesi için doğru bir ML tabanlı maliyet tahmin yöntemi geliştirme olasılığını araştırmaktır. Bu, mühendislik hizmetlerinin ön maliyetlerini tahmin etmek için sistematik bir sinir ağı modeli geliştirilerek optimize edilmiştir. Sinir ağının gelişimi, verilerdeki sıkıntıyı gidermek için önlemler içermektedir. Ağın optimizasyonu için uygulanan sistematik metodoloji, modelin performansını iyileştirmede çok etkili olduğunu kanıtlamıştır. Sonuçlar, YSA'nın ihale aşamasında mevcut olan minimum verilerle bile oldukça doğru bir maliyet tahmini elde etmek için kullanılabilirliğini göstermiştir. Bununla birlikte, mevcut araştırmanın birtakım sınırlamaları vardır. İlk olarak, modelin daha büyük bir veri setiyle doğrulanması gerekir. İkinci olarak, modelin ayrıca yeni projelere uygulanması ve sonuçların uzmanlar tarafından yapılan gerçek tahminle karşılaştırılmasıyla harici olarak doğrulanması gerekir. Son olarak, ML'ye dayalı maliyet tahmininin pratikte benimsenmesi konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. YSA'ların kara kutu doğası göz önüne alındığında, bir organizasyon içindeki modele güven inşa etmek zor görünmektedir. Sinir ağları doğru tahmin edicilerdir, ancak modelin yapısı ve davranışı için bir gerekçe sunmak zordur [47].

Nayunigari M. K., vd'nin 2019'da yaptıkları çalışmaya göre, Cr (VI) 'yı sulu solüsyonlardan çıkarmak için katyonik bir adsorban, yani poliamin / folik asit kullanılmıştır. YSA, Adsorpsiyon sürecini büyütmenin maliyet tahmini, arıtılmış atık suyun m³'ü başına 3.53 \$ 'lık bir toplam maliyeti (amorti edilmiş ve işletme maliyetleri dahil) tasvir etmiştir [48].

Guo H., vd'nin 2019'da yaptıkları çalışmaya göre, Madencilik Sermaye Maliyeti (MCC), bir açık ocak madenin veya yer altı madenin fizibilitesini belirleyen değerlendirmeler için temel kriterlerden biridir. MCC, madenin ömrü boyunca projelerin net bugünkü değerini büyük ölçüde etkiler. Bu çalışmada yapay sinir ağı (YSA), rastgele orman (RF), destek vektör makinesi (SVM) sınıflandırma regresyon ağacı (CART) üzerinde beş girdi değişkenine dayalı olarak MCC'yi tahmin etmek için madencilik projelerinin 74 çalışması toplanmış ve analiz edilmiştir. Modellerin performans, kalite, doğruluğunu değerlendirmek için kök ortalama kare hatası (RMSE), korelasyon katsayısı (R²), ortalama mutlak hata (MAE) ve mutlak yüzde

hata (APE) kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, YSA, RF, SVM ve CART modellerinin, yüksek doğrulukla MCC'yi tahmin etmede gelişmiş teknikler olduğunu göstermiştir. Bunlardan YSA modeli 138.103 RMSE, 0.990 R2, 114.589 MAE ve %7.770 APE ile en baskın doğruluk performansını vermiştir. Kalan modeller (yani RF, SVM, CART) 172.975–379.691 aralığında RMSE, 0.924–0.987 aralığında R2, 134.982–301.196 aralığında MAE ve %10.339 aralığında APE ile daha düşük performans sağlamıştır [49].

Hashemi S. T., vd'nin 2019'da yaptıkları çalışmaya göre, santral projelerinde maliyet tahmini, yöneticilerin eldeki nakit nedeniyle projeyi üstlenip üstlenmemelerine karar vermesine yardımcı olan bir etken olmuştur. Bu projelerde maliyet tahmini büyük önem taşırken, yöneticilerin genel bütçelerini kontrol altında tutmalarına yardımcı olabilmektedir. Bu çalışmada proje maliyetinin tahmini için ilk olarak yapay bir sinir ağı modeli geliştirilmiştir ve en iyi ağ mimarisini seçmek için kurulan bu model genetik algoritma ile birleştirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, genetik algoritma ile optimize edilmiş yapay sinir ağı da dahil olmak üzere hibrit bir model kullanarak enerji santrali projelerinin maliyetini tahmin etmek için bir model önermektir. En iyi ağ mimarisi, %94,71'e eşit doğrulukla iki gizli katmanlı bir sinir ağıdır. Ağın girdilerinin nihai sonuç üzerindeki etkisini araştırmak için bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Santral projelerinin maliyetini önceden belirleme sürecinde en etkili faktör olduğunu göstermiştir. Tüm bu çalışmalar değerlendirildiğinde literatürde maliyet hesap tahminin yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak yapıldığı örneklerin çok az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle bunların arasında Türkiye'de havacılık endüstrisinde kullanıldığı bir örnek ile karşılaşılmaştır. Bu çalışmanın mevcut sektörler için ışık olması planlanmaktadır. Havacılık endüstrisinin seçilme sebebi, önemli bir sektör olmasının yanında, Türkiye için getirisinin ve görürüsünün büyük farklar yaratan bir sektör olmasıdır. Aynı amaçla farklı ülkelerde kilit taşı olan sektörlerde özellikle kullanılması önerilmektedir. Bu sebeple çalışmaya sadece bir maliyet tahmini olarak bakılmaması gerekmektedir. Amaç tam olarak doğru bilgiye en az bilgi ile en kısa yoldan ulaşmak ve en doğru kararları en hızlı biçimde verebiliyor olmasıdır [50].

Badawy M.'nin 2020 yılında yaptığı çalışmaya göre, inşaat yönetiminde önemli bir süreç olan maliyet tahmini, karar vermede proje yöneticilerine yardımcı bir süreçtir. İdeal alternatifleri seçmelerine ve istenmeyen çözümlerden kaçınmalarına yardımcı olur. Erken aşamadaki maliyet tahmini, herhangi bir ayrıntılı tasarım veya çizim kullanmadan benzer projeler için geçmiş verilere dayanmaktadır. Yanlış bir maliyet tahmini, proje karlarını zarara dönüştürebilir. Dahası, birçok değişken faktörün varlığı, maliyetin doğru tahmin edilmesini çok kritik hale getirmektedir. Ancak çizim ve dokümantasyon eksikliği nedeniyle maliyeti erken aşamada doğru değerlerle tahmin etmek kolay değildir. Bu araştırma, YSA ve regresyon modellerinin bir melezini kullanarak konut projelerinin maliyetini erken bir aşamada tahmin etmek için bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır. Önerilen model, önceki araştırmadaki sorunları önlemek için oluşturulmuştur. Bu araştırmanın yapısı, yapay sinir ağları, regresyon analizi ve önerilen hibrit modeli kullanarak maliyet tahmini için farklı modellerin geliştirilmesini içerir. 174 konut projesinin incelenmesinden elde edilen verileri kullanarak hibrit modelin etkinliğini doğrulamak için bir vaka çalışması gerçekleştirilmiştir. YSA modeli için ortalama mutlak yüzde hatası %10,98 ve eğitim aşaması için bağıl hata %1,9 iken, test aşaması için bağıl hata %9,6 ve uzatma için %10 olmuştur. Regresyon modellerini oluşturmak için dört regresyon yöntemi test edilmiştir. MAPE'nin minimum değeri, gamma regresyonundan çıkarılmıştır ve %18,37 olmuştur. Dolayısıyla YSA modeli, regresyon modellerinden daha doğru sonuç vermiştir. Hibrit model ise YSA modelini ve çoklu doğrusal regresyonu kullanarak tüm regresyon modellerini birleştirerek uyguladığında MAPE %10,64 olmuştur. Bu hibrit modelin sonucu, YSA modeli için MAPE biraz daha düşük olmuştur. Dolayısıyla, YSA modeli regresyon modelinden daha doğru sonuç vermekle birlikte erken aşamada maliyeti tahmin etmek için önerilen hibrit model YSA modelinden veya regresyon modelinden daha güvenilir ve doğru sonuç vermiştir [51].

El-Kholy A. M., vd'nin 2020'de yaptıkları çalışmaya göre, beklenmedik maliyetlerin çok yüksek olması durumunda projenin ekonomik tamamlanamayacak olmasına, iptal edilmesine ve diğer organizasyonel faaliyetler için kilit fonlarının bulunmamasına neden olabilmektedir. Maliyet tahmininin düşük olması durumunda ise, tatmin edici olmayan performans sonuçlarına neden olabilmektedir. Mevcut

araştırmanın amacı, çelik fiyatlarının değişkenliği nedeniyle bina projelerinde maliyeti tahmin etmek için YSA ve regresyon tabanlı modeller geliştirmektir. Modellerin geliştirilmesinde iki senaryo benimsenmiştir. İlk senaryoda, duyarlılık analiz oranı, çelik maliyetinin toplam proje doğrudan maliyet oranına, iki olasılık dağılımına ve riskle başa çıkmada üç tip yüklenicinin eğilimi olan yedi bağımsız değişkene uygulanmıştır. İkinci senaryoda, yalnızca duyarlılık ve parçalama oranı olan iki bağımsız değişken, bir tür olasılık dağılımı için çelik maliyetinin toplam proje doğrudan maliyet oranına oranı kullanılmıştır. Doğrulama sonuçlarına göre YSA modelleri regresyon tabanlı modellerle karşılaştırıldığında YSA modellerinin maliyet tahmin olasılığının daha güçlü olduğunu ortaya çıkarmıştır [52].

Karaca I., vd'nin 2020'de yaptıkları çalışmaya göre, yukarıdan aşağıya tahmin uygulamalarının ve bunların bütçe doğruluğuna katkılarının daha iyi anlaşılması, toplu taşıma kuruluşlarının sınırlı inşaat fonlarını daha verimli bir şekilde tahsis etmesine olanak tanır. Çalışma sonuçları yapay sinir ağı (YSA) ve çoklu regresyon modelleri aracılığıyla elde edilen tahminlerin karşılaştırılmasından elde edilmiştir. Yukarıdan aşağıya modellerin, özellikle daha yüksek karmaşıklık düzeylerine ve daha düşük örneklem boyutlarına sahip projeler için, kurum maliyet tahminlerinin tahmin doğruluğunu (proje maliyetlerinin ortalama mutlak yüzde hatası olarak ölçüldüğünde) iyileştirmek için bir araç sağladığını göstermektedir. Bulgular aynı zamanda makine öğrenimi ve yapay sinir ağı literatüründe ortak bir model oluşturma endişesi olan önyargı-varyans değiş tokuşunun, basitleştirilmiş modellerin tahmin performansını açıklamada büyük olasılıkla anahtar bir faktör olduğunu göstermektedir [53].

Mir M., vd'nin 2021'de yaptıkları çalışmaya göre, inşaat projelerinin uygun şekilde yönetilmesi ve bütçelendirilmesi için malzeme maliyetlerinin doğru tahmin edilmesi çok önemlidir. Malzeme fiyatlarındaki dalgalanma, inşaat projelerinde ilk tahmini maliyetten sapmalara sebep olmaktadır. Geleneksel makine öğrenimi teknikleri, malzeme fiyatları ile ilişkili yüksek belirsizlikler nedeniyle genellikle doğru tahmine dayalı tahminler üretmede başarısız olur. Bu sorunu ele almak için, bu araştırma, tahmin aralıklarının oluşturulması yoluyla belirsizlikleri ölçmek için yapay sinir ağı (YSA) tabanlı bir yöntem önermektedir. YSA'yı doğrudan aralıkları oluşturmak

üzere eğitmek için optimal alt-üst sınır tahmin yöntemi benimsenmiştir. Önerilen yöntem, ABD'de asfalt ve çelik için inşaat malzemesi fiyatlarını tahmin etmek için kullanılır. Geleneksel regresyon analizinin ve YSA tabanlı tek noktalı tahminlerin, malzeme fiyatının tahmini için sınırlı değere sahip olduğu gösterilmiştir. Bunun aksine, tahmin aralıkları malzeme fiyatları için güvenilir tahminler sağlar ve ilk tahmini maliyetlerin yanlışlığından dolayı proje başarısızlığı olasılığını azaltır. Diğer üç maliyet fonksiyonundan elde edilen sonuçlar, modelin doğruluğunu kanıtlamak için önerilen optimal alt-üst sınır tahmin yöntemi maliyet fonksiyonu ile karşılaştırılır. Elde edilen sonuçlar, önerilen optimal alt-üst sınır tahmin yöntemi maliyet fonksiyonunun en doğru tahmin aralıklarını sunduğunu göstermektedir. Bu çalışma, eğitim sürecini ve doğrulama amacını izlemek ve kontrol etmek için bir istifleme prosedürü kullanır. Önerilen aralık tahmin yöntemi, maliyet tahmin çalışmaları için yeni bir yön sunar ve proje yöneticilerine proje maliyetleriyle ilişkili riskleri yönetmek için ekstra bilgi sağlar [54].

Kovačević M., vd'nin 2021'de yaptıkları çalışmaya göre, yapay sinir ağları (YSA) ve YSA toplulukları, regresyon ağacı toplulukları (rastgele ormanlar, artırılmış ve torbalı regresyon ağaçları), vektör regresyon (SVR) yöntemini ve Gauss proses regresyonunu (GPR) destekler. Model eğitimi ve değerlendirmesi için 181 adet betonarme köprü için inşaat maliyetleri ve tasarım özelliklerinden bir veritabanı oluşturulmuştur. İnşaat maliyetlerini tahmin etmek, herhangi bir inşaat projesinde en önemli ön adımlardan biridir, çünkü maliyet tahmini, inşaat gecikmelerini önlemek ve projenin başarılı bir şekilde tamamlanmasını sağlamak için çok önemlidir. Ulaşım altyapısı inşa etme ihtiyacı hakkında bir karar vermek için, proje uygulamasının erken aşamasında inşaat maliyetini olabildiğince doğru bir şekilde tahmin etmek gerekir. Köprülerinin inşaat maliyetlerinin tahmini, çeşitli faktörlerden etkilenen karmaşık bir süreçtir. Bu makale, maliyetleri tahmin etmek için kullanılacak son teknoloji makine öğrenme yöntemlerine kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Modelleri eğitmek ve değerlendirmek için, Pan-European Corridor X üzerinde inşa edilen 181 köprü için proje ve sözleşme belgelerini içeren bir veri seti oluşturulmuştur. Tüm modeller, 10 kat çapraz doğrulama kullanılarak eşit koşullar altında eğitilmiş ve test edilmiştir. İlgili performans ölçütlerine göre, test edilen modellerin çoğu, girdi özellikleri arasındaki karmaşık ilişkileri başarılı bir şekilde

yakalayabilmekte ve güçlü genelleme yeteneği sergileyebilmektedir. Bu makalede yürütülen araştırma, makine öğrenimine dayalı yöntemlerin insan faktörünün getirdiği önyargıları ortadan kaldırdığını ve inşaat endüstrisi için beton köprülerin inşaat maliyetlerini tahmin etmek için hızlı ve güvenilir bir araç sunduğunu doğrulamıştır [55].

Tüm bu çalışmalar değerlendirildiğinde literatürde yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalar muazzam derecede fazla olmasına rağmen maliyet hesap tahmininin yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak yapıldığı örneklerin o kadar fazla olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle bunların arasında Türkiye’de havacılık endüstrisinde kullanıldığı bir örnek ile karşılaşılmamıştır. Bu çalışmanın mevcut sektörler için ışık olması planlanmaktadır. Havacılık endüstrisinin seçilme sebebi, önemli bir sektör olmasının yanında, Türkiye için getirisinin ve görüşünün büyük farklar yaratan bir sektör olmasıdır. Aynı amaçla farklı ülkelerde kilit taşı olan sektörlerde özellikle kullanılması önerilmektedir. Bu sebeple çalışmaya sadece bir maliyet tahmini olarak bakılmaması gerekmektedir.

Çizelge 4.1’de bu araştırma için incelenmiş çalışmalar özet olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Özet literatür tablo.

Çalışma	Yazar	Tarih	Amaç	Yöntem	Sonuç
Software cost estimation using artificial neural networks	Venkatachalam, A. R vd.	1993	Yazılım maliyetlerinin tam olarak tahmin edilmesindeki zayıflıklar.	Yazılım maliyet tahmini uzmanlığını modellemek için yapay bir sinir ağı yaklaşımı kullanılmış ve sonuçlar COCOMO modeli ile karşılaştırılmıştır.	Elde edilen ilk sonuçlar, sinir ağı yaklaşımının, yazılım maliyetlerini ve geliştirme süresini doğru bir şekilde tahmin etmek için umut verici bir araç olduğunu göstermektedir.
Neural networks for construction cost estimation	Li, H., vd.	1995	Sinir ağlarını deneysel bir teknoloji denetiminden inşaat maliyeti tahmininde yararlı bir araç	YSA uygulamaları kullanılmıştır.	Bu çalışma, sinir ağlarının yeni bir bilgi teknolojisi olarak tanımlanmasıyla

			dönüştürmek.		başlıca güçlü yönleri olan, eğitim verilerinden bilgiyi kendi kendine organize etme yeteneklerini, eksik bilgilerden sonuçlar üretme yeteneklerini ve karmaşık ilişkilerle başa çıkma yeteneklerini ortaya koyar.
Feature-based cost estimation for packaging products using neural networks	Zhang, Y. F., Fuh, J. Y. H., and Chan, W. T.,	1996	Bu çalışma, sinir ağı yaklaşımının ürün maliyet tahminine nasıl uygulanabileceğini tartışmaktadır	Eğitim, doğrulama ve test örneklerine dayalı olarak yapay sinir ağı ile doğrusal regresyon analizi arasında bir performans karşılaştırması gerçekleştirilmiştir.	Sonuçlar, sinir ağı modelinin doğrusal regresyon modelinden daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir.
Neural networks for cost estimation: simulations and pilot application	Bode, J.,	2000	Bu çalışma, ürün geliştirmenin erken aşamasında maliyet tahminini desteklemek için sinir ağlarının potansiyelini araştırmaktadır.	YSA uygulamaları kullanılmıştır.	Sonuçlara göre, sinir ağları, bir dizi koşul geçerliyse geleneksel maliyetlendirme yöntemlerinden daha iyi maliyet tahminleri üretir.
Applying neural networks in case-based reasoning adaptation for cost assessment of steel buildings	Lotfy, E. A. and Mohamed, A. S.,	2002	Bu çalışmada, en yakın karşılaşılan vakaları bir sinir ağına sunarak karmaşık adaptasyonda yeni bir tekniğin sonuçları araştırılmıştır.	YSA uygulamaları kullanılmıştır.	Sistem doğrulaması hem sistemin hem de metodolojinin, CBR'de eksiksiz bir karmaşık adaptasyon mekanizması geliştirmede başarılı olduğunu göstermektedir.
A neural network approach for	Gunaydin, H. M., and Dogan S. Z.,	2004	Bina tasarım süreçlerinin erken	YSA uygulamaları kullanılmıştır.	Türkiye'deki 4-8 katlı konut binalarının

early cost estimation of structural systems of buildings			aşamalarında maliyet tahmini problemlerinin üstesinden gelmek için sınır ağı metodolojisinin kullanımı araştırmışlardır.		betonarme yapı sistemlerinin metrekare maliyetinin tahmin edilmesinde kullanılan sekiz tasarım parametresi ile sınır ağı metodolojisinin eğitimi ve test edilmesi için otuz projeden elde edilen maliyet ve tasarım verileri kullanılarak ortalama maliyet tahmini yapılmıştır ve doğruluğunda %93 başarı elde edilmiştir
Toplu konut inşaat maliyetlerinin yapay sınır ağları ile tahmini	Demirel, Y.,	2007	Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKKONUT) tarafından yaptırılan konutların maliyetlerinin Yapay Sınır Ağları (YSA) ile tahmin etmeyi amaçlamıştır.	YSA Regresyon Analizi BFY	Oluşturulan YSA'dan sağlanan veriler, Regresyon Analizi verilerine göre BFY ile bulunan maliyetlere daha yakın ve uygulanabilir sonuçlar sağlamıştır.
Cost estimation for the city of Edmonton's water and sewer installation services using an artificial neural network model (Alberta).	Alex, D. P.,	2007	Bu araştırma, mevcut süreç içinde tahminler ve fiili maliyetler arasındaki bu maliyet farklılığını etkileyen faktörleri araştırmaktadır.	Önerilen metodoloji, Yapay Sınır Ağını (YSA) ve Edmonton Şehri tarafından kullanılan 'SmartEST' mevcut tahmin sistemini entegre eden modüle dahil etmektedir.	Araştırma, çeşitli faktörlerin arasında bir korelasyonu olduğunu göstermiş ve geliştirilen Yapay Sınır Ağı Modeli, tahmini ve gerçek maliyetler arasındaki farklılığı azaltarak yaklaşık %80 tahmin doğruluğuna ulaşmıştır.
Yazılım projelerinde	Sezer, A.,	2008	Yazılım projelerinden	YSA uygulamaları	Yazılım projelerinin

yapay sinir ağı uygulaması ile maliyet tahmini			elde edilen örnek veri kümeleri üzerinde yapay sinir ağı uygulaması ile maliyet tahmini üzerine çalışılmıştır.	kullanılmıştır.	maliyet tahmininde yapay sinir ağı uygulaması ile daha başarılı sonuçlar elde etmek için yazılım maliyetini etkileyen faktörlerin sayısının artırılabilir olması durumunda doğruluk payının yükseleceğini öngörmüştür
Applying machine learning methods to the airframe structural design cost estimation- A case study of Wing-Box Project	Deng S. and Yeh T.-H	2009	Uçak kanat kutusu yapısal tasarımına yönelik maliyet tahmin modellerini oluşturmak için Destek Vektör Regresyonu (SVR) ve Geriye Yayılma Sinir Ağı (BPN) olmak üzere iki makine öğrenme yöntemi kullanılmış ve her iki yöntem için de uygulanabilirliği ve verimliliği doğrulanmıştır.	SVR BPN	Bu araştırma, parametreleri eğiterek, test ederek ve ayarlayarak maliyet tahmin modelleri geliştirmek için makine öğrenimi yöntemleri SVR ve BPN kullanmış ve makine öğrenimi yönteminin uçak gövdesi yapısal tasarım maliyet tahmin modeli geliştirmenin uygulanabilir ve verimli olduğunu göstermiştir.
Neural networks for cost estimation of shell and tube heat exchangers	Duran, O., Rodriguez, N., and Consalter, L. A.,	2009	Bu çalışma, tasarım sürecinin herhangi bir aşamasında toplam ısı eşanjörü maliyetini tahmin etmek için karmaşık doğrusal olmayan problemin YSA ile çözümünü araştırmaktadır.	YSA uygulamaları kullanılmıştır.	Kurulan sinir ağlarının, bir kabuk ve borulu ısı eşanjörlerinin maliyet tahmini ile ilgili belirsizlikleri azaltabildiğini kanıtlamıştır.

Global approximation s to cost and production functions using artificial neural networks	Tsionas, E. G., Michaelides, P. G., and Vouldis, A. T.,	2009	Bu çalışmanın amacı, ekonomi, istatistik ve makine öğrenimi araştırmalarının güçlü yönlerini birleştirerek YSA'lar tarafından verilen keyfi maliyet ve üretim işlevlerine küresel bir yaklaşım önermektedir.	YSA uygulamaları kullanılmıştır.	Yeterli gözlem olması koşuluyla, ekonomik analizde giderek artan şekilde olduğu gibi, bu ilişkiler bilinmediğinde veya doğrusal olmadığında YSA'lar önemli bir role sahiptir.
PSO-based back-propagation artificial neural network for product and mold cost estimation of plastic injection molding	Che, Z. H.,	2010	Bu çalışmada, karmaşık geleneksel maliyet tahmini akışını basitleştirmek için plastik enjeksiyon ürünleri ve kalıpları için maliyet tahmini yaklaşımı incelenmiştir.	FA PSO BP	Bu çalışmada FA, PSO ve BP yöntemlerini entegre eden bir yapay sinir ağı yaklaşımı (FAPSO-TBP) önerilmiştir.
Cost estimation and sensitivity analysis on cost factors: A case study on taylor kriging, regression and artificial neural networks	Liu, H.,	2010	Bu çalışma, maliyet faktörleri üzerinde maliyet tahmini ve duyarlılık analizi için TK, regresyon ve YSA yeteneklerini karşılaştırır ve analiz etmektedir.	TK Regresyon YSA	Maliyet tahmini ile ilgili deneysel bir durumda, TK'nın regresyona göre daha iyi ancak YSA'dan daha kötü olan doğru sonuçlar sağladığı gösterilmiştir
Proposing a new software cost estimation model based on artificial neural networks	Attarzadeh, I. and Ow, S. H.,	2010	Doğru yazılım maliyet tahmini modelleri ile etkili bir şekilde maliyeti tahmin etmek, izlemek, kontrol etmek için bir model araştırılacaktır.	COCOMO YSA	Bu çalışmada COCOMO II ile yapay sinir ağlarına ve eğitime dayalı algoritmalar uygulanmıştır ve pozitif sonuçlar elde edilmiştir
Yığma konutların maliyet tahmininde yapay sinir ağlarının	Uğur, L. O., Baykan, U. N., ve Korkmaz, S.,	2011	Çalışmada tek katlı yığma konut yapılarının inşaat maliyetlerinin	YSA	Çalışma sonucunda esas alınan kat planına sahip tek katlı yığma konutların

(YSA) kullanılması			Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır.		maliyetlerinin tahmininde oluşturulan YSA modeli ile %5'lik hata oranı dâhilinde kabul edilebilir maliyet değerleri elde edilmiştir
Back-propagation artificial neural network for erp adoption cost estimation	Kotb, M. T., Haddara, M., and Kotb, Y. T.,	2011	Bu çalışma, maliyet faktörleri tahmini için geri beslemeli bir yapay sinir ağı modelini araştırmıştır.	COCOMO YSA	Deneyler, veri toplamanın doğruluğunun başarılı ve doğru maliyet faktörü tahmini için önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.
Forecasting of manufacturing cost in mobile phone products by case-based reasoning and artificial neural network models	Chang, P. C., Lin, J.-J., and Dzan, W. Y.,	2012	Küresel cep telefonu pazarlarında artan taleplerin maliyette eksik hesaplamalara sebep olmasına çözüm araştırılacaktır.	CBR YSA	Doğrusal olmayan, bu iki yaklaşımı birleştiren ve ürün birim maliyetini tahmin edebilen bir model geliştirmek gelecekte farklı veri madenciliği yaklaşımları, karar ağacı ve destek vektörleri gibi, daha fazla yöntemle birleştirilerek çalışılabilir.
Üstyapı projelerinin maliyet tahmin çalışmalarında belirsizliklerin yapay zekâ teknikleriyle analizi	Bisen, Ö., ve Dikmen, S. Ü.,	2012	Bütçe planlamalarında, projenin kendine has özelliklerinden kaynaklanan belirsizliklerin aşılmasında, yapay zekâ yöntemlerinin kullanılabilirliği ni analiz edilmiştir.	YSA	Proje karakteristik özelliklerinden kaynaklanan belirsizlik seviyesinin tespitini yapay zekâ metotları ile yapmanın daha doğru olacağı ortaya konulmuştur.
Cost estimation of transformer main materials using artificial neural networks	Mehta, H. D., Patel, R. M., and Trivedi, P. H.,	2012	Çalışmanın temel amacı, tasarım ve süreç planlama detaylarına dayanmadan bir transformatör maliyetinin erken ve doğru	MLP YSA	Sonuçlar, gelişmiş yapıya sahip YSA modelinin en az hatayla iyi bir tahmin yapabileceğini ve son olarak bu sinir ağının,

			tahmin edilmesi için bir metodoloji geliştirmektedir.		trafo üretim projesinin ilk aşamasında transformatör maliyetini tahmin etmek için önemli bir araç olabileceğini düşündürmektedir
Assessment of the expected cost of quality (COQ) in construction projects in egypt using artificial neural network model	Tawfek, H. S., Mohammed, H. E.-D. H., and Abdel Razek, M. E.,	2012	Bu çalışmanın temel amacı, inşaat firmalarının gelecekteki herhangi bir bina projesi için kalite maliyetini değerlendirmesi ni sağlayacak bir sinir ağı modeli oluşturmaktır.	YSA	Önerilen modelde testin sonuçları (%80) doğruluk göstermiştir
A case study on target cost estimation using back-propagation and genetic algorithm trained neural networks	Defersha, F. M., Bhuiyan, N. F., and Chen, M.,	2012	Çalışmada parametrik olmayan sinir ağlarının bu özelliğini kullanarak, bazı büyük uçak alt montajlarının maliyet tahmini için uygulanabilirliğini araştırmayı hedeflemiştir.	Genetik Algoritma YSA	ANN modellerinin birbirlerine ve diğer tahmin modellerine kıyasla ne zaman kötü performans gösterebileceğini daha iyi anlamak için diğer algoritmaları da test etmek, ANN'nin gelecekteki yeri için önemlidir.
Artificial neural networks for the cost estimation of stamping dies	Ozcan, B. and Fıglalı, A.,	2014	Sac metal damgalama kalıplarının toplam maliyetini tahmin etmek için akıllı bir sistem kurulmaya çalışılmıştır.	YSA Çoklu Regresyon Analizi	YSA'nın şu anda kullandıkları geleneksel yöntemlere göre yüksek tahmin doğruluğu nedeniyle, çalışmanın yapıldığı şirketler YSA yöntemini kullanmaya karar vermişlerdir
İçmesuyu şebekelerinde maliyet	Kasaplı, K.,	2014	İçme suyu şebekelerinde maliyet tahmini	YSA	YSA modellerinden elde edilen

tahmini amacıyla yapay sinir ağıları kullanımı			amacıyla yapay sinir ağıları kullanımı çalışması yapmıştır.		tahmin sonuçlarının, diğer tahmin sonuçlarına göre daha tutarlı ve uygulanabilir sonuçlar olduğu görülmüştür.
Yapay sinir ağıları metodu ile ihracat miktarlarının tahmini: ARIMA ve YSA metodunun karşılaştırmalı analizi	Karahan, M.,	2015	Yapay sinir ağıları metodu ile ihracat miktarlarının tahmininde ARIMA ve YSA metodunun karşılaştırmalı analizini yapmıştır.	ARIMA YSA	Yapılan bu uygulamada da yapay sinir ağılarıyla tasarlanan model, geleneksel zaman serileri metodlarından ARIMA metodu ile karşılaştırılmış, elde edilen sonuçlar, YSA-Lojistik regresyon modeli karşılaştırmasında da olduğu gibi YSA'nın lehine oldukça olumlu olmuştur
An early cost estimation model for hydroelectric power plant projects using neural networks and multiple regression analysis	Gunduz, M. and Sahin, H. B.,	2015	Bu çalışmada, elli dört hidroelektrik santral projesi, çoklu regresyon ve yapay sinir ağı araçları kullanılarak analiz edilmektedir.	YSA Çoklu Regresyon Analizi	Doğrulama sonuçlarının karşılaştırılmasına göre sinir ağı modelinin regresyon analizine göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.
Yazılım Maliyet Tahmininde İşlev Puanı Analizi ve Yapay Sinir Ağları Kullanımı	Keskin, M. ve Alptekin, G. I.,	2016	Yazılım maliyet tahmininde işlev puanı analizi ve yapay sinir ağıları kullanımı, 'E-bursum' yazılımına ilk önce işlev puanı analizi uygulanmıştır.	YSA İşlev Puanı Analizi	Yapay sinir ağıları kullanılarak yapılan tahmin gerçek girdilerle karşılaştırıldığına da, tahmin doğruluk oranı %90'ın üzerinde olmuştur
Estimation of life-cycle costs of buildings: regression vs artificial neural	Alqahtani, A. and Whyte, A.,	2016	İşletme maliyetini tahmin etmek için regresyon ve yapay sinir ağıları (YSA) yöntemlerinin	YSA Regresyon	YSA modellemesinin işletme maliyetlerini tahmin etmek için en iyi (en doğru araç ve)

network			performansı karşılaştırılmıştır		yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.
Flow time and product cost estimation by using an artificial neural network (ANN): A case study for transformer orders	Karaoglan, A. D. and Karademir, O.,	2017	Müşteri tarafından verilen teknik özelliklere göre bir transformatör üreticisinin güç trafosu siparişlerinin akış sürelerini tahmin etmek için çalışma yürütülmüştür.	YSA	YSA'nın doğru tahmin kabiliyetinin bu tür problemler için maliyet tahminini iyileştirdiğini göstermektedir
The challenges of nonparametric cost estimation of construction works with the use of artificial intelligence tools	Juszczyk, M.,	2017	Yapay ağların kullanıldığı inşaat projelerinde parametrik olmayan maliyet tahmini, esas olarak erken tahminler için uygun olarak sunulmuştur.	YSA	Çalışmaya göre YSA kullanımı ile, inşaat işleri düzeyinde maliyet tahminlerini önemli ölçüde daha kısa sürede teslim etme imkânı, hızlı maliyet varyant analizi imkânı, geleneksel maliyet tahmin yöntemlerine alternatif yaratılabilecektir
Otomotiv endüstrisinde yapay sinir ağı kullanarak maliyet tahmin modeli geliştirme	Çakar, T.,	2017	Otomotiv sektöründe geleneksel maliyet metoduna göre birim maliyet hesabı ile yapay sinir ağlarıyla maliyet tahminini karşılaştırmıştır.	Geleneksel Birim Maliyet Tahmini YSA	Burada eğitilen YSA maliyet tahmininde kullanılmış ve faaliyet bazlı maliyet hesaplama sistemiyle de karşılaştırılarak başarısını ispatlamıştır.
Software cost estimation using single layer artificial neural network	Arora, S. and Mishra, N.,	2017	Yazılım proje yönetiminde maliyet tahmini çalışması yapılmıştır.	COCOMO YSA	Sinir ağı aracılığıyla doğru tahmin değerlerine ulaşılmıştır
Regression model, artificial neural network, and cost estimation for biosorption of	Fawzy, M., Nasr, M., Adel, S., and Helmi, S.,	2018	Potamogeton pectinatus'un sulu çözeltilerden Ni (II) iyonları biyosorpsiyonu için uygulamasını	YSA	YSA'nın biyosorpsiyon sürecinin yüksek tahmin gücüne sahip olduğunu ve deneysel yanıtı tam olarak yakın

Ni(ii)-ions from aqueous solutions by <i>potamogeton pectinatus</i>			araştırmıştır.		değerleri tahmin etmek için kullanılabileceğini ortaya koymuştur
An artificial neural networks approach to product cost estimation: The case study for electric motor	Leszczyński, Z. and Jasiński, T.,	2018	Çalışmanın temel araştırma problemi, ileri üretim teknolojisi ile ürün maliyetlerinin tahmin süreci için yapay sinir ağlarının modellenmesidir.	YSA	Makalede yapılan teorik ve ampirik analiz, YSA modellerinin ileri teknoloji ve üretimin dijitalleştirilmesiyle endüstriyel bir ortamda ürün maliyet tahminleri için en yenilikçi araç olduğu ifadesini tamamen haklı çıkarmaktadır
One hour ahead short-term electricity price forecasting using ANN algorithms	Yadav, A., Sahay, A., Yadav, M. R., Bhandari, S., Yadav, A., and Sahay, K. B.,	2018	Bu çalışmada, MATLAB R14'ü kullanarak Ontario güç piyasasında beklenen maliyeti bulmak için yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır.	YSA	Elde edilen sonuçlara göre, yapay sinir ağının (YSA) son derece hassas kısa vadeli değer tahmini yapabildiği bilgisine ulaşılmıştır
Cost estimation model for I-Girder bridge superstructure using multiple linear regression and artificial neural network	Winalytra, I., Nugroho, A. S. B., and Triwiyono, A.,	2018	Bu çalışma, köprü üstyapıları için bir başlangıç maliyet tahmin modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır	YSA Çoklu Doğrusal Regresyon	Yapay Sinir Ağı tahmininin Çoklu Doğrusal Regresyondan daha iyi performansla sahip olduğunu, ancak farkın anlamlı olmadığını göstermiştir
An artificial neural network approach for cost estimation of engineering services	Matel, E., Vahdatikhaki, F., Hosseinyalamdary, S., Evers, T., and Voordijk, H.,	2019	Bu araştırmanın amacı, mühendislik hizmetlerinin ihalesi için doğru bir ML-YSA tabanlı maliyet tahmin yöntemi geliştirme olasılığını araştırmaktır.	ML YSA	Sonuçlar, YSA'nın ihale aşamasında mevcut olan minimum verilerle bile oldukça doğru bir maliyet tahmini elde etmek için kullanılabileceğini göstermiştir.
Artificial neural network and cost	Nayunigari, M. K., Gupta, S. K., Nasr, M., Andaluri, G., Suri, R. P. S., and	2019	Cr (VI) 'yı sulu solüsyonlardan çıkarmak için katyonik bir	YSA	YSA, Adsorpsiyon sürecini büyütmenin

estimation for Cr (VI) removal using polycationic composite adsorbent	Maity, A.,		adsorban, yani poliamin / folik asit kullanılmıştır		maliyet tahmini, arıtılmış atık suyun m ³ 'ü başına 3.53 \$ 'lık bir toplam maliyeti (amorti edilmiş ve işletme maliyetleri dahil) tasvir etmiştir
Forecasting mining capital cost for open-pit mining projects based on artificial neural network approach	Guo, H., Nguyen, H., Vu, D.-A., and Bui, X.-N.,	2019	Bu çalışmada yapay sinir ağı (YSA), rastgele orman (RF), destek vektör makinesi (SVM) sınıflandırma regresyon ağacı (CART) üzerinde beş girdi değişkenine dayalı olarak MCC'yi tahmin etmek için madencilik projelerinin 74 çalışması toplanmış ve analiz edilmiştir.	YSA RF SVM CART	Bu çalışmanın sonuçları, YSA, RF, SVM ve CART modellerinin, yüksek doğrulukla MCC'yi tahmin etmede gelişmiş teknikler olduğunu göstermiştir. Bunlardan YSA modeli 138.103 RMSE, 0.990 R ² , 114.589 MAE ve %7.770 APE ile en baskın doğruluk performansını vermiştir.
A hybrid conceptual cost estimating model using ANN and GA for power plant projects	Hashemi, S. T., Ebadati E., O. M., and Kaur, H.,	2019	Bu çalışmanın temel amacı, genetik algoritma ile optimize edilmiş yapay sinir ağı da dahil olmak üzere hibrit bir model kullanarak enerji santrali projelerinin maliyetini tahmin etmek için bir model önermektir.	Genetik Algoritma YSA	En iyi ağ mimarisi, %94,71'e eşit doğrulukla iki gizli katmanlı bir sinir ağıdır.
"A hybrid approach for a cost estimate of residential buildings in Egypt at the early stage	Badawy, M.,	2020	Bu araştırma, YSA ve regresyon modellerinin bir melezini kullanarak konut projelerinin maliyetini erken bir aşamada	Bu araştırmanın yapısı, yapay sinir ağları, regresyon analizi ve önerilen hibrit modeli kullanarak maliyet	YSA modeli regresyon modelinden daha doğru sonuç vermekle birlikte erken aşamada maliyeti tahmin etmek için önerilen hibrit

			tahmin etmek için bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır.	tahmini için farklı modellerin geliştirilmesini içerir	model YSA modelinden veya regresyon modelinden daha güvenilir ve doğru sonuç vermiştir
Prediction of simulated cost contingency for steel reinforcement in building projects: ANN versus regression-based models	El-Kholy, A. M., Tahwia, A. M., and Elsayed, M. M.,	2020	Mevcut araştırmanın amacı, çelik fiyatlarının değişkenliği nedeniyle bina projelerinde maliyeti tahmin etmek için YSA ve regresyon tabanlı modeller geliştirmektir.	YSA Regresyon	Doğrulama sonuçlarına göre YSA modelleri regresyon tabanlı modellerle karşılaştırıldığında da YSA modellerinin maliyet tahmin olasılığının daha güçlü olduğunu ortaya çıkarmıştır
Improving the Accuracy of Early Cost Estimates on Transportation Infrastructure Projects	Karaca, I., Gransberg, D. D., and Jeong, H. D.,	2020	Yukarıdan aşağıya tahmin uygulamalarının ve bunların bütçe doğruluğuna katkılarının daha iyi anlaşılması için yapay sinir ağı (YSA) ve çoklu regresyon modelleri aracılığıyla elde edilen tahminlerin karşılaştırılması nı içeren bir çalışmadır.	YSA Çoklu Regresyon Analizi	ML-Yapay sinir ağının literatürde ortak bir model oluşturma endişesi olan önyargı-varyans değiş tokuşunun, basitleştirilmiş modellerin tahmin performansını açıklamada büyük olasılıkla anahtar bir faktör olduğunu göstermektedir
Neural network-based interval forecasting of construction material prices	Mir, M., Kabir, H.M.D., Nasirzadeh, F., and Khosravi, A.,	2021	Bu araştırma, tahmin aralıklarının oluşturulması yoluyla belirsizlikleri ölçmek için yapay sinir ağı (YSA) tabanlı bir yöntem önermektedir.	YSA	Önerilen aralık tahmin yöntemi, maliyet tahmin çalışmaları için yeni bir yön sunar ve proje yöneticilerine proje maliyetleriyle ilişkili riskleri yönetmek için ekstra bilgi sağlar [
Construction cost estimation of reinforced and prestressed concrete bridges using	Kovačević, M., Ivanišević, N., Petronijević, P., and Despotović, V.,	2021	Ulaşım altyapısı inşa etme ihtiyacı hakkında bir karar vermek için, proje uygulamasının	Yapay sinir ağları (YSA) ve YSA toplulukları, regresyon ağacı toplulukları	Makine öğrenimine dayalı yöntemlerin insan faktörünün getirdiği

machine learning			erken aşamasında inşaat maliyetini olabildiğince doğru bir şekilde tahmin etmek amacıyla bir model karşılaştırılması yapılmaktadır.	(rastgele ormanlar, artırılmış ve torbalı regresyon ağaçları), vektör regresyon (SVR) yöntemini ve Gauss proses regresyonunu (GPR) destekler	önyargıları ortadan kaldırdığını ve inşaat endüstrisi için beton köprülerin inşaat maliyetlerini tahmin etmek için hızlı ve güvenilir bir araç sunduğunu doğrulamıştır
------------------	--	--	---	--	--

BÖLÜM 5

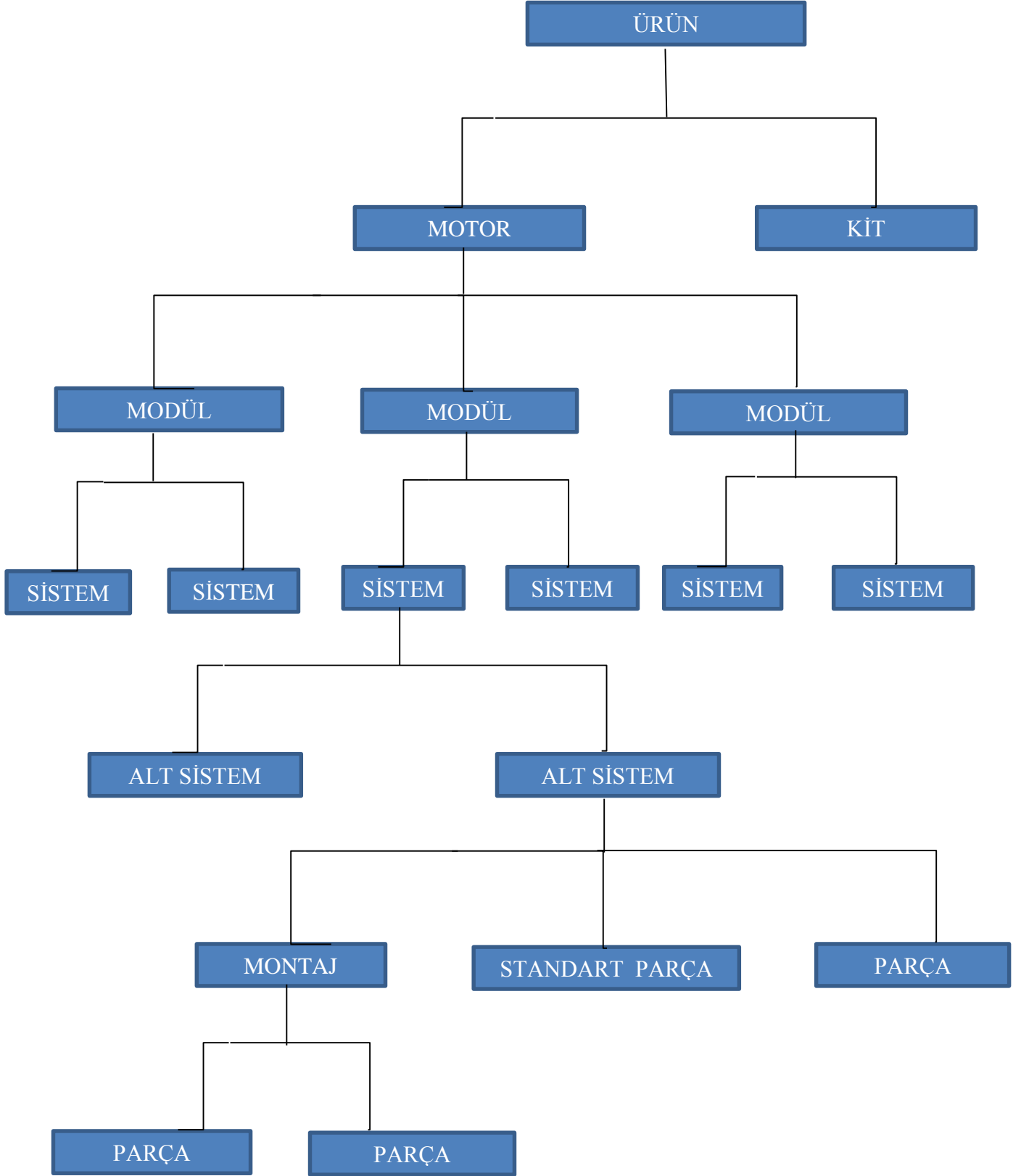
MODELLEME ÇALIŞMALARI

Bu bölümde, TEI – TUSAŞ Motor Sanayi’nde ürün maliyeti tahmini için yapay sınır ağı modeli oluşturularak bu modelin tahmin başarısı araştırılmıştır. Kullanılan veriler gerçeğe yakın rassal verilerdir. Savunma sanayi bilgi gizliliği de göze alınarak veriler belli yüzdelerde değiştirilmiştir. Geleneksel maliyet hesabının sınırlarını zorlamak adına girdi olarak kullanılan maliyet başlıkları kırımlara uğratılmıştır. Bunun yanında maliyete büyük ölçüde etki eden bir unsur olan “sistemde açılan değişiklik adedi” girdi olarak eklenmiştir. Gerçekleşen ve tahmin arasında hata oranı tespiti yapılarak modelin başarı oranı ölçülmüştür.

Tahmin modeli öncesinde çalışmayı daha iyi anlayabilmek adına TEI içinde genellikle üretimi yapılan uçak motoru için örnek ürün ağacı Şekil 5.1’de gösterilmektedir.

Bu ürün ağacı altında bulunan motor-modül-sistem gibi üst ürün ağaçları için tahmin modeli oluşturulabildiği gibi çok fazla varyasyonu olduğu bilinen altsistem-montaj-parça-standart parça vb. alt ürün ağaçlarına da tahmin modeli kurulumu sağlanabilmektedir.

Gerçekleşen maliyet kısmında yer alan tablolardan da görüldüğü gibi firma tam maliyet sistemine göre maliyet hesabını gerçekleştirmektedir.



Şekil 5.1. Ürün ağacı örneği.

5.1. GERÇEKLEŞEN MALİYET

Teorik olarak ürün maliyeti, üretilen ürünün son tüketiciye ulaştırılana kadar geçirdiği süreçte gerekli tüm imalat işlemlerin firmaya mâl olduğu bedeldir. Kullanılan malzemelerin, gerektirdiği iş gücünün ve otomasyon maliyetlerinin tamamının toplamı ile ürünün maliyeti hesaplanabilmektedir. Ürün maliyeti hesaplama sürecinde giderler aşağıdaki gibi 3 ana kalemde düşünülmektedir:

- Hammadde ve malzeme giderleri
- İş gücü giderleri
- Fabrika / üretim bandı giderleri
- Ana giderler; hammadde ve malzeme giderleri, iş gücü giderleridir.
- Fabrika/üretim bandı giderleri ise yan giderlerdir.

5.1.1. Mevcut Yöntem

Çizelge 5.1’de İşlem 1 Masraf Yeri gösterilmiş olup Sipariş Üretim Maliyeti’ne direkt işçilik veya genel üretim giderleri başlığı altında girdi olarak hesaplanmaktadır. Çizelge 5.2’de İşlem 2 Masraf Yeri gösterilmiş olup Sipariş Üretim Maliyeti’ne direkt işçilik veya genel üretim giderleri başlığı altında girdi olarak hesaplanmaktadır. Çizelge 5.3’de Sipariş A/Üretim Maliyeti Kalemleri gösterilmiş olup A Siparişine ait miktar ve birimler göz önünde bulundurularak tüm ilk madde malzeme giderlerinin, direkt işçilik giderlerinin, genel üretim giderlerinin toplam tutarı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.4’de Sipariş B/Üretim Maliyeti Kalemleri gösterilmiş olup B Siparişine ait miktar ve birimler göz önünde bulundurularak tüm ilk madde malzeme giderlerinin, direkt işçilik giderlerinin, genel üretim giderlerinin toplam tutarı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.5’de Final Ürün Maliyeti gösterilmiş olup üretim maliyetleri değişebilen ürünlerin giriş çıkış stoklarına göre yıl sonu işlemleri yapılmaktadır.

Çizelge 5.1. İşlem 1 masraf yeri.

İŞLEM 1 MASRAF YERİ		BİRİM
DİREKT İŞÇİLİK GİDERLERİ	300.000	TL
ÜCRET	150.000	TL
FAZLA MESAI	25.000	TL
İKRAMIYE	50.000	TL
SGK	60.000	TL
YARDIMLAR	15.000	TL
GENEL ÜRETİM GİDERLERİ	567.000	TL
AMORTİSMAN	60.000	TL
SARF MALZEMELERİ	105.000	TL
BAKIM MALZEMELERİ	88.000	TL
ELEKTRİK & DOĞALGAZ	115.000	TL
EĞİTİM & SEYAHAT	15.000	TL
YEMEK	92.000	TL
SERVİS	85.000	TL
HABERLEŞME	7.000	TL
DİREKT İŞÇİLİK AKTİVİTESİ	2.500	SAAT
MAKİNE SAATİ AKTİVİTESİ	2.700	SAAT
DİREKT İŞÇİLİK BİRİM FİYATI	120,00	TL/SAAT
MAKİNE SAATİ BİRİM FİYATI	210,00	TL/SAAT

Çizelge 5.2. İşlem 2 masraf yeri.

İŞLEM 2 MASRAF YERİ		BİRİM
DİREKT İŞÇİLİK GİDERLERİ	272.000	TL
ÜCRET	147.000	TL
FAZLA MESAI	25.000	TL
İKRAMİYE	35.000	TL
SGK	55.000	TL
YARDIMLAR	10.000	TL
GENEL ÜRETİM GİDERLERİ	552.750	TL
AMORTİSMAN	55.000	TL
SARF MALZEMELERİ	100.000	TL
BAKIM MALZEMELERİ	85.000	TL
ELEKTRİK & DOĞALGAZ	110.000	TL
EĞİTİM & SEYAHAT	20.000	TL
YEMEK	90.000	TL
SERVİS	86.000	TL
HABERLEŞME	6.750	TL
DİREKT İŞÇİLİK AKTİVİTESİ	3.200	SAAT
MAKİNE SAATİ AKTİVİTESİ	3.350	SAAT
DİREKT İŞÇİLİK BİRİM FİYATI	85,00	TL/SAAT
MAKİNE SAATİ BİRİM FİYATI	165,00	TL/SAAT

Çizelge 5.3. Sipariş A/üretim maliyeti kalemleri.

	ÜRETİM MALİYETİ KALEMLERİ	MİKTAR	BİRİM	FİYAT	TUTAR
SİPARİŞ A					
	710- İLK MADDE MALZEME GİDERLERİ				27.500,00 ₺
	MALZEME 1	2,00	ADET	10.000,00	20.000,00 ₺
	MALZEME 2	1,00	ADET	7.500,00	7.500,00 ₺
	720- DİREKT İŞÇİLİK GİDERLERİ				5.530,00 ₺
	İŞLEM 1 (DİREKT İŞÇİLİK)	5,00	SAAT	120,00	600,00 ₺
	İŞLEM 2 (DİREKT İŞÇİLİK)	3,00	SAAT	85,00	255,00 ₺
	İŞLEM 3 (DİREKT İŞÇİLİK)	5,00	SAAT	105,00	2.625,00 ₺
	İŞLEM 4 (DİREKT İŞÇİLİK)	8,00	SAAT	95,00	1.710,00 ₺
	İŞLEM 5 (DİREKT İŞÇİLİK)	4,00	SAAT	85,00	340,00 ₺
	730- GENEL ÜRETİM GİDERLERİ				9.980,00 ₺
	İŞLEM 1 (MAKİNE SAATİ)	5,00	SAAT	210,00	1.050,00 ₺
	İŞLEM 2 (MAKİNE SAATİ)	3,00	SAAT	165,00	495,00 ₺
	İŞLEM 3 (MAKİNE SAATİ)	25,00	SAAT	195,00	4.875,00 ₺
	İŞLEM 4 (MAKİNE SAATİ)	18,00	SAAT	170,00	3.060,00 ₺
	İŞLEM 5 (MAKİNE SAATİ)	4,00	SAAT	125,00	500,00 ₺
	TOPLAM MALİYET				43.010,00 ₺

Çizelge 5.4. Sipariş B/üretim maliyeti kalemleri.

	ÜRÜN MALİYETİ KALEMLERİ	MİKTAR	BİRİM	FİYAT	TUTAR
SİPARİŞ B					
	710- İLK MADDE MALZEME GİDERLERİ				27.500,00 ₺
	MALZEME 1	2,00	ADET	10.000,00	20.000,00 ₺
	MALZEME 2	1,00	ADET	7.500,00	7.500,00 ₺
	720- DİREKT İŞÇİLİK GİDERLERİ				5.379,00 ₺
	İŞLEM 1 (DİREKT İŞÇİLİK)	4,80	SAAT	120,00	576,00 ₺
	İŞLEM 2 (DİREKT İŞÇİLİK)	3,10	SAAT	85,00	263,50 ₺
	İŞLEM 3 (DİREKT İŞÇİLİK)	24,00	SAAT	105,00	2.520,00 ₺
	İŞLEM 4 (DİREKT İŞÇİLİK)	17,50	SAAT	95,00	1.662,50 ₺
	İŞLEM 5 (DİREKT İŞÇİLİK)	4,20	SAAT	85,00	357,00 ₺
	730- GENEL ÜRETİM GİDERLERİ				9.699,50 ₺
	İŞLEM 1 (MAKİNE SAATİ)	4,80	SAAT	210,00	1.008,00 ₺
	İŞLEM 2 (MAKİNE SAATİ)	3,10	SAAT	165,00	511,50 ₺
	İŞLEM 3 (MAKİNE SAATİ)	24,00	SAAT	195,00	4.680,00 ₺
	İŞLEM 4 (MAKİNE SAATİ)	17,50	SAAT	170,00	2.975,00 ₺
	İŞLEM 5 (MAKİNE SAATİ)	4,20	SAAT	125,00	525,00 ₺
	TOPLAM MALİYET				42.578,50 ₺

Çizelge 5.5. Final ürün maliyeti.

ÜRÜN MALİYETİ	MİKTAR	BİRİM	FİYAT	TUTAR
AÇILIŞ STOK	3	ADET	42.900,00	128.700,00 ₺
GİRİŞ	2	ADET	42.794,25	85.588,50 ₺
ÜRETİM SİPARİŞİ A	1	ADET	43.010,00	43.010,00 ₺
ÜRETİM SİPARİŞİ B	1	ADET	42.578,50	42.578,50 ₺
KÜMÜLE STOK	5	ADET	42.857,70	214.288,50 ₺
ÇIKIŞ	4	ADET	42.857,70	171.430,80 ₺
KAPANIŞ STOK	1		42.857,70	42.857,70 ₺

5.2. TAHMİNİ MALİYET

Bu bölümde kurulacak tahmin modeli MATLAB üzerinde Deep Learning Toolbox'tan yararlanılarak kurulmuştur. Bu toolbox içinde yapay sinir ağlarında Curve Fitting yöntemi tercih edilmiştir. Verileri kullanmadan önce normalizasyon işlemi yapılmıştır.

5.2.1. YSA Tahmin Modeli Yöntemi

Çizelge 5.6'da tahmin modelinde kullanılacak veri seti gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Tahmin modelinde kullanılacak veri seti.

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y
Ürün Ağacı Değişikliği	Hammalzeme Giderleri	Tasarım Maliyeti	Üretim Maliyeti	Sistemde Açılan Değişiklik Talebi	Sabit Fabrika Giderleri	GERÇEKLEŞEN MALİYET
ÜrünAğacı 1	28074	4057	10275	23	14687	63789
ÜrünAğacı 2	29954	3606	10365	35	11592	61794
ÜrünAğacı 3	28386	4607	9368	41	12114	61268
ÜrünAğacı 4	28821	4938	10028	27	12060	64940
ÜrünAğacı 5	28562	4672	9672	21	11946	61321
ÜrünAğacı 6	27838	4158	8886	41	12475	61621
ÜrünAğacı 7	29352	4517	10495	26	10278	63570
ÜrünAğacı 8	28681	3863	10285	26	12647	64820
ÜrünAğacı 9	27533	4883	8855	33	12455	62413
ÜrünAğacı 10	30012	3594	9427	50	11521	59897
ÜrünAğacı 11	27850	3907	9947	38	11992	60824
ÜrünAğacı 12	27969	3709	9729	45	11267	59256
ÜrünAğacı 13	29243	4902	8934	49	10163	62034
ÜrünAğacı 14	29323	4462	9362	50	13139	63777
ÜrünAğacı 15	28514	3762	8856	46	12838	61453
ÜrünAğacı 16	27968	3906	10553	41	13998	63815
ÜrünAğacı 17	28597	3656	9818	44	10120	58884
ÜrünAğacı 18	28736	4424	10501	33	11371	63034
ÜrünAğacı 19	28128	3459	9543	39	10742	59619
ÜrünAğacı 20	27950	4210	9494	23	10199	58291

ÜrünAğacı 21	30391	3063	9331	37	10672	60999
ÜrünAğacı 22	29087	4664	9408	25	10211	59011
ÜrünAğacı 23	29583	3615	10388	40	12669	65221
ÜrünAğacı 24	28727	3126	8949	22	12653	62498
ÜrünAğacı 25	27866	4662	10554	38	13567	66410
ÜrünAğacı 26	30022	4518	10152	47	11648	62135
ÜrünAğacı 27	28540	3416	8865	30	12254	62556
ÜrünAğacı 28	28555	4676	9866	24	12646	62583
ÜrünAğacı 29	28517	3500	9404	41	14957	64618
ÜrünAğacı 30	27838	4952	9817	43	14722	62598
ÜrünAğacı 31	30237	3560	10369	37	13688	63472
ÜrünAğacı 32	28018	4328	9060	25	11861	62295
ÜrünAğacı 33	27520	3517	9569	35	12610	61353
ÜrünAğacı 34	28868	4653	10543	36	11343	61666
ÜrünAğacı 35	27923	3842	9497	45	11208	57482
ÜrünAğacı 36	29209	3558	9298	44	12035	61252
ÜrünAğacı 37	28585	4565	9047	50	14946	63902
ÜrünAğacı 38	27569	4254	10111	44	11573	60822
ÜrünAğacı 39	27580	3100	9731	21	13314	58762
ÜrünAğacı 40	28165	3294	10205	49	14239	62006
ÜrünAğacı 41	29152	4280	9402	46	11407	62447
ÜrünAğacı 42	29303	4689	10482	42	12478	63655
ÜrünAğacı 43	27596	4985	9261	34	11600	61759
ÜrünAğacı 44	28881	4225	8834	20	13330	61830
ÜrünAğacı 45	28537	3431	10272	25	10213	58502
ÜrünAğacı 46	29496	3316	9719	42	11152	62626
ÜrünAğacı 47	28773	4160	10405	35	12937	65573
ÜrünAğacı 48	30156	3102	9233	40	12458	63020
ÜrünAğacı 49	30149	3343	9859	21	10882	59264
ÜrünAğacı 50	30144	3334	9006	25	11521	59727

ÜrünAğacı 51	29573	4388	9470	48	13079	66097
ÜrünAğacı 52	30118	4213	9618	44	13536	66904
ÜrünAğacı 53	29288	3009	9352	40	13386	65013
ÜrünAğacı 54	29451	4596	8817	23	11015	63191
ÜrünAğacı 55	28315	3832	9424	30	10094	57014
ÜrünAğacı 56	27594	3038	10522	44	13866	61156
ÜrünAğacı 57	28327	3089	9319	40	11669	61527
ÜrünAğacı 58	30383	4375	9586	32	11284	65548
ÜrünAğacı 59	28209	4146	10239	41	11086	62913
ÜrünAğacı 60	29671	3369	10464	48	10023	59935
ÜrünAğacı 61	29828	4457	8795	46	11133	63999
ÜrünAğacı 62	29106	4610	9509	26	14154	66142
ÜrünAğacı 63	28130	4422	8952	40	10427	60968
ÜrünAğacı 64	29390	3772	10062	35	13978	63129
ÜrünAğacı 65	27912	3952	9058	23	13017	60206
ÜrünAğacı 66	27890	3208	9995	21	12084	60365
ÜrünAğacı 67	30128	4510	8857	30	11770	61595
ÜrünAğacı 68	30260	4365	10349	35	13785	65673
ÜrünAğacı 69	27942	3520	10339	46	12197	59908
ÜrünAğacı 70	29266	3243	9383	29	13469	61657
ÜrünAğacı 71	29703	4392	10019	46	12660	63737
ÜrünAğacı 72	28863	3784	10328	33	14763	63030
ÜrünAğacı 73	28151	3186	10049	28	10855	57732
ÜrünAğacı 74	29005	3390	9950	29	14145	64282
ÜrünAğacı 75	30025	4101	8962	35	13826	62238
ÜrünAğacı 76	27744	3646	9031	33	10271	56656
ÜrünAğacı 77	28698	4965	9059	43	10971	59330
ÜrünAğacı 78	29510	4683	9107	45	10014	60508
ÜrünAğacı 79	28839	3311	10028	24	11394	59495
ÜrünAğacı 80	30084	3430	9525	24	14208	62787

ÜrünAğacı 81	28818	3056	9831	39	10578	58864
ÜrünAğacı 82	28453	4397	10020	26	12574	64961
ÜrünAğacı 83	29181	3592	10084	21	13578	63303
ÜrünAğacı 84	30170	3675	9470	47	11948	64634
ÜrünAğacı 85	30307	3238	9540	32	10656	59179
ÜrünAğacı 86	29543	4200	9438	45	14907	65444
ÜrünAğacı 87	27623	3234	9098	25	13499	63037
ÜrünAğacı 88	28087	3182	10404	47	14394	63439
ÜrünAğacı 89	29146	3445	10080	35	14982	66243
ÜrünAğacı 90	29890	3381	10482	28	12493	65810
ÜrünAğacı 91	28361	3191	9768	21	10294	56711
ÜrünAğacı 92	29841	4466	10335	41	13019	66935
ÜrünAğacı 93	28954	3385	8961	38	11867	60686
ÜrünAğacı 94	28576	3700	9710	33	10775	62603
ÜrünAğacı 95	29678	4982	10235	45	12504	63662
ÜrünAğacı 96	29681	4743	9247	44	11179	64191
ÜrünAğacı 97	28627	3501	9744	26	11012	62577
ÜrünAğacı 98	28063	3040	9959	48	13272	62843
ÜrünAğacı 99	28855	3901	9386	31	10631	60417
ÜrünAğacı 100	28001	3980	9568	29	11159	57907

5.2.2. Normalizasyon

İstatistikte birbirinden çok farklı dünyadaki sayıların birbiri ile ilişkilendirilmesi için birbiri üzerinde hesaplama yapılabilmesi için yapılan işlemlere normalizasyon denir. Sayıları norm formda kullanma anlamına gelmektedir. Kullanılacak verilerin hepsinin belirli sayı aralığında olması sağlanır genellikle bu aralık 0-1 arasındır.

Bu çalışmada Feature Scaling yani min-max normalizasyon yöntemi kullanılmıştır.

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (5.1)$$

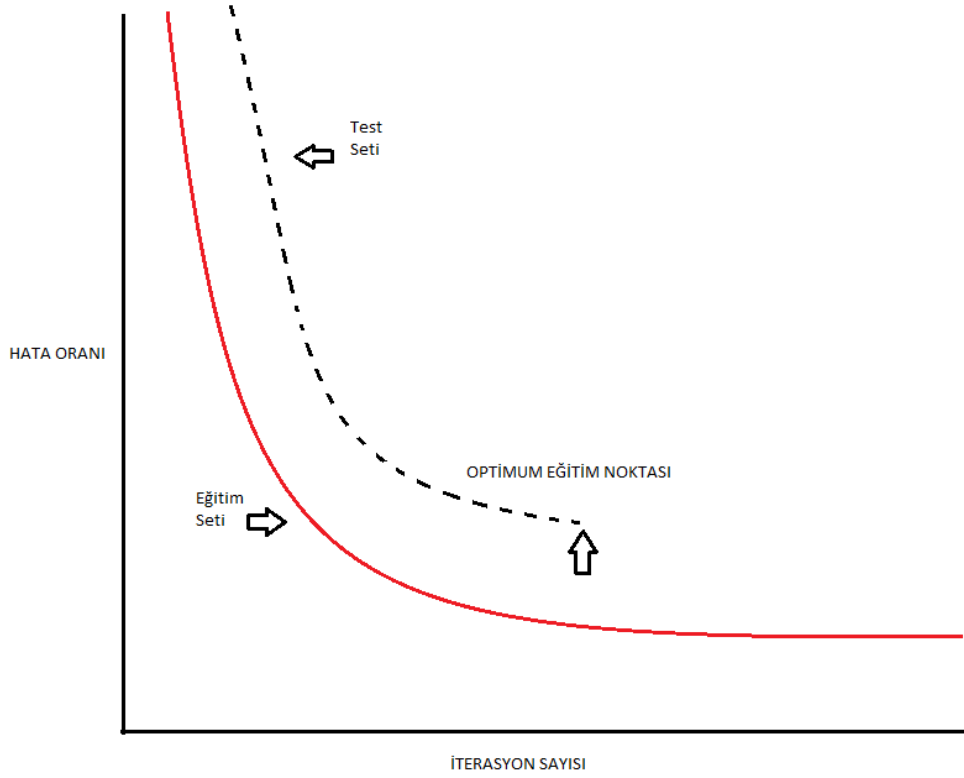
Denklem 5.1’de min-max normalizasyon formülü verilmiştir.

5.2.3. Matlab Yapay Sinir Ağları Optimizasyon Araçları

4 ana seçeneğe bakılacak olursa;

- Clustering seçeneği, çok fazla çıktının olmadığı ve ağın kendisinin bu değerleri öğrenmesini istediğimiz durumlarda kullanılmaktadır.
- Dynamic Time Series seçeneği, belirli bir aralıkta oluşmuş çıktının sonraki belirlenmiş bir aralıktaki çıktısını tahmin etmek istediğimiz durumlarda kullanılmaktadır.
- Pattern recognition and classification seçeneği, çıktılarımızın birden çok gruplar halinde olduğu durumlarda kullanılmaktadır.
- Input-output and curve fitting seçeneği, learning ve training yaparak tahmin etmesini istediğimiz durumlarda kullanılmaktadır.

Şekil 5.2’de Eğitim ve test seti üzerinde hatayı gösteren tipik bir eğitim eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Eğitim ve test seti üzerinde hatayı gösteren tipik bir eğitim eğrisi.

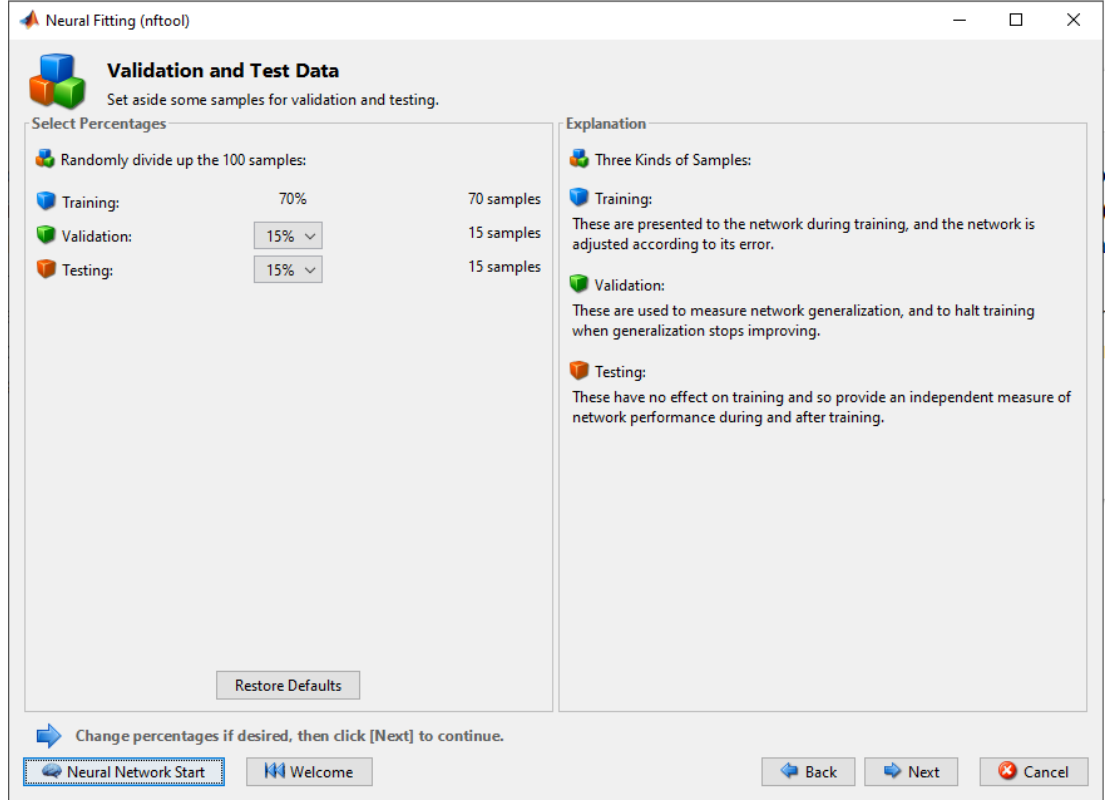
Literatürde bir YSA modelinde iterasyon sayısı arttıkça hata oranının azaldığı görülmektedir. İterasyon sayıları değiştirilerek optimum eğitim sayısına ulaşılmaktadır. Bu nedenle modeli kurduktan ve ağı eğittikten sonra eğitime, doğrulamaya ve teste girecek verilerin yüzdeleri değiştirilerek yeniden eğitime alınmalıdırlar.

Fakat YSA problemlerinde optimizasyon araçları kullanımı ile verilerinize en uygun ağırlık, gizli katman nöron sayısı, iterasyon sayısı, transfer fonksiyonu v.b değerler sizin yerinize sisteme tanıtılmış olacaktır.

Aşağıdaki modelde 5 girdi-100 örnek, 1 çıktı-100 örnek ile eğitilen ağı durumunu ve sonuçları verilmiştir.

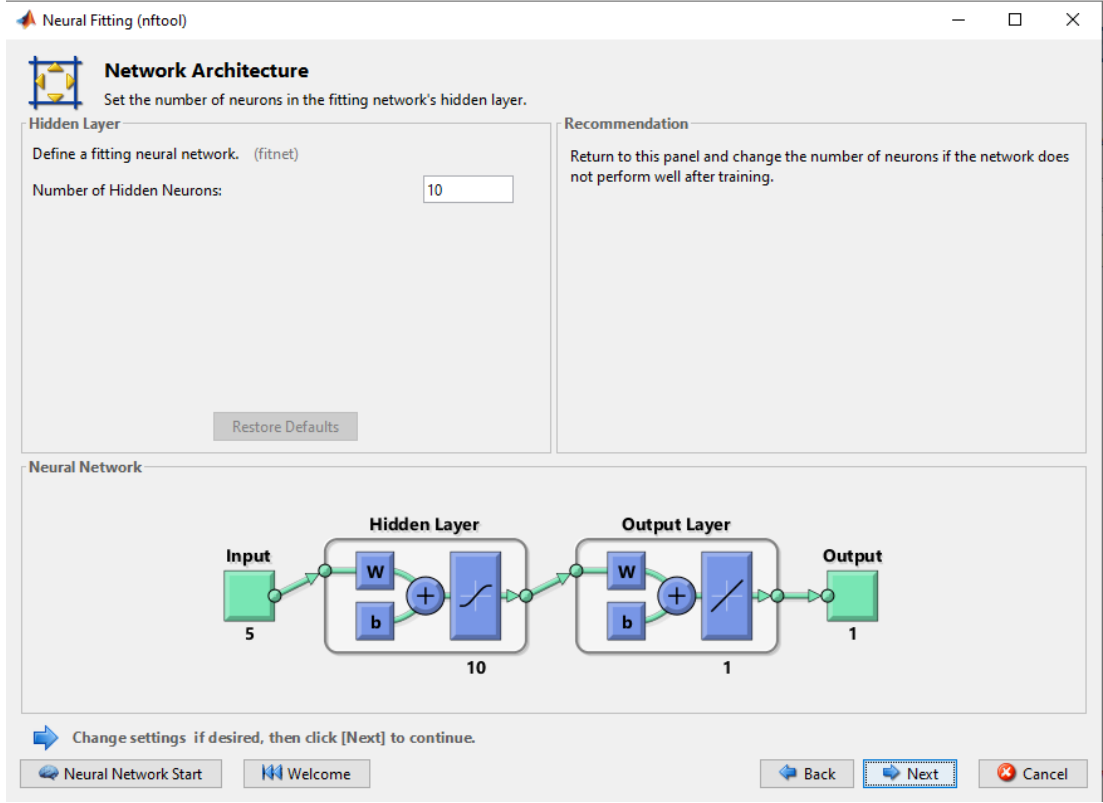
Çalışmada istenilen, geçmiş ürün ağaçları değişikliklerinden maliyete etki eden tüm girdi ve çıktıları öğrenerek gelecek ürün maliyetlerinin tahminlerini yapması gereken

bir modelin kurulmasıdır. Bu nedenle çalışmada yapay sinir ağı modelinde curve fitting optimizasyonu kullanılmıştır.



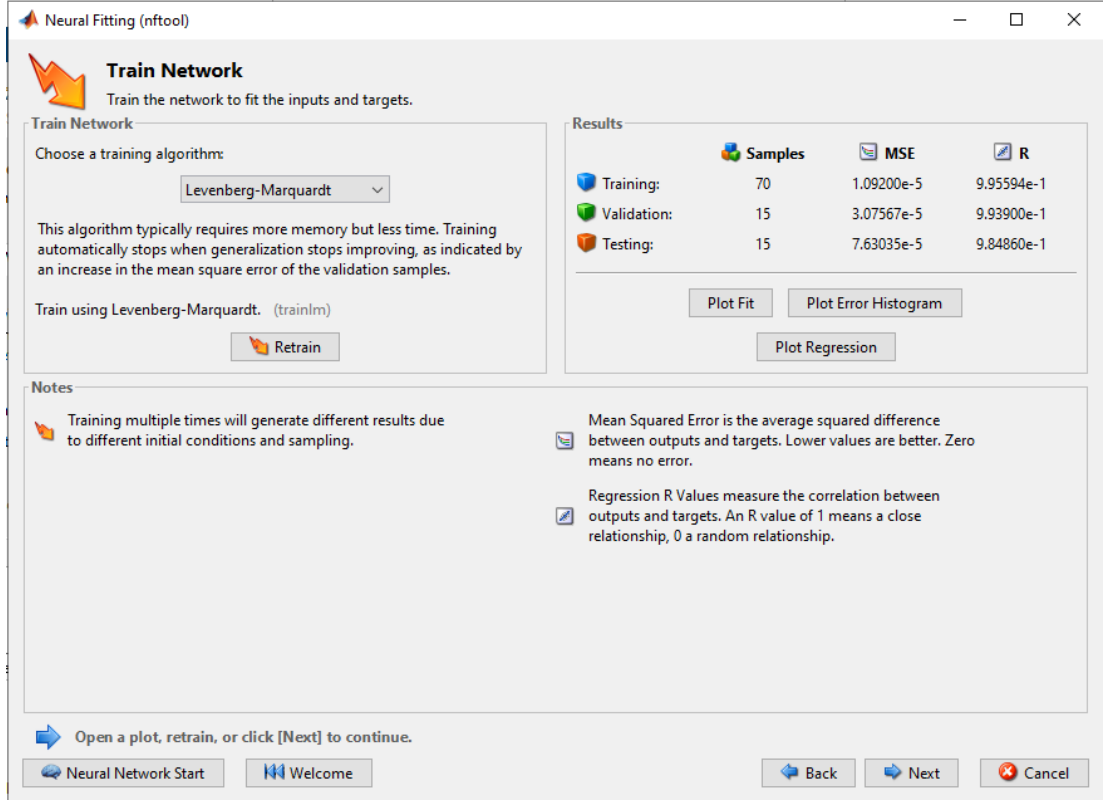
Şekil 5.3. Eğitim, doğrulama, test yüzdelerinin belirlenmesi.

Şekil 5.3'te elimizdeki verilerin ne kadarının eğitime ne kadarının doğrulamaya ne kadarının teste ayrılması gerektiğini belirlenmektedir. Curve Fitting'in verdiği değerleri değiştirmeden doğrulama ve test yüzdeleri %15 olacak şekilde ilerlenmiştir.



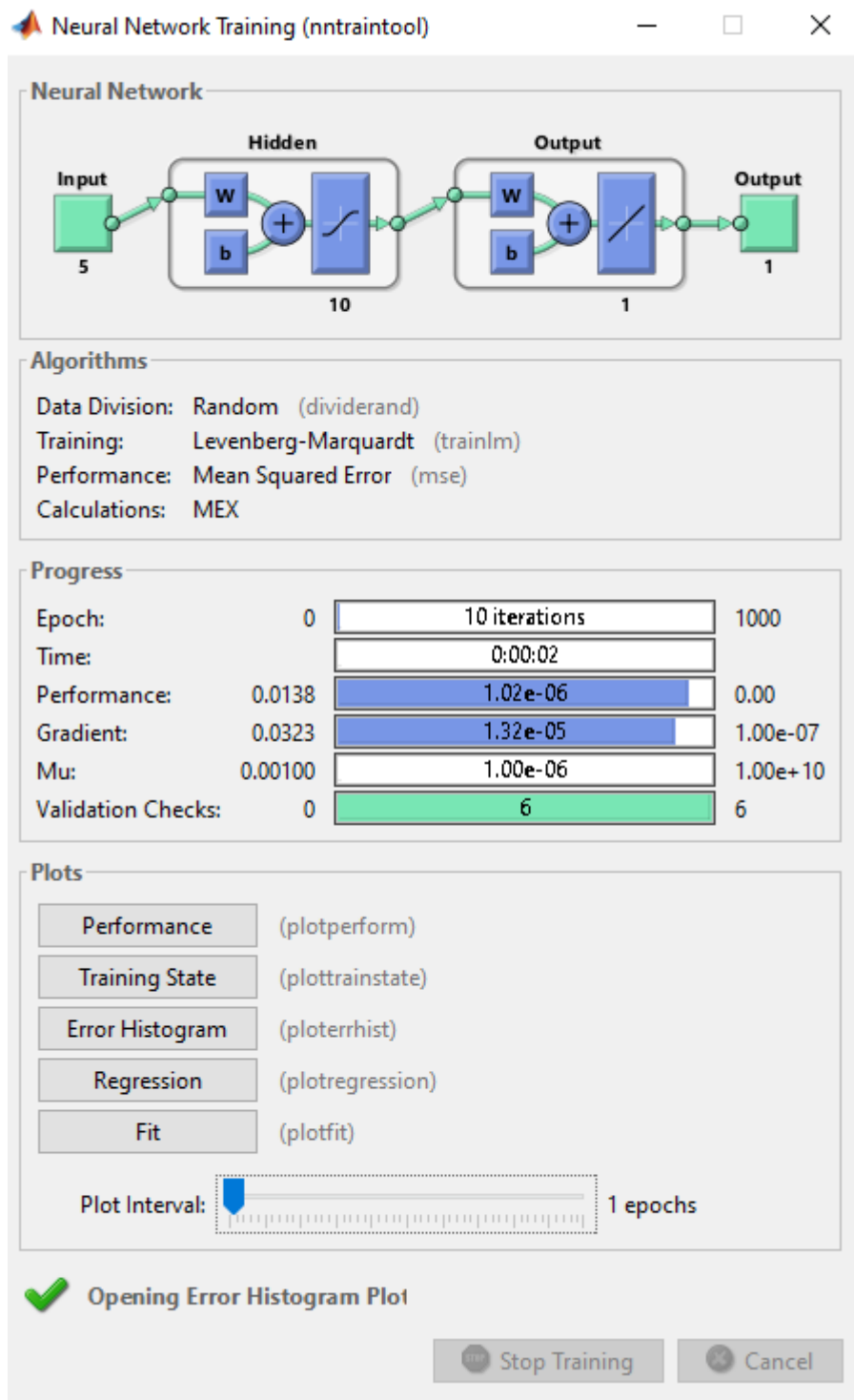
Şekil 5.4. Gizli katman sayısının belirlenmesi.

Şekil 5.4'te gizli katmanda kullanılacak nöron sayısı sayısını belirlemektedir. Curve fitting optimizasyonunun verdiği 10 değeri değiştirilmeden ilerlenmiştir. Regresyon değeri 1'e en yakın durumda en iyi model kurulmuş demektir.



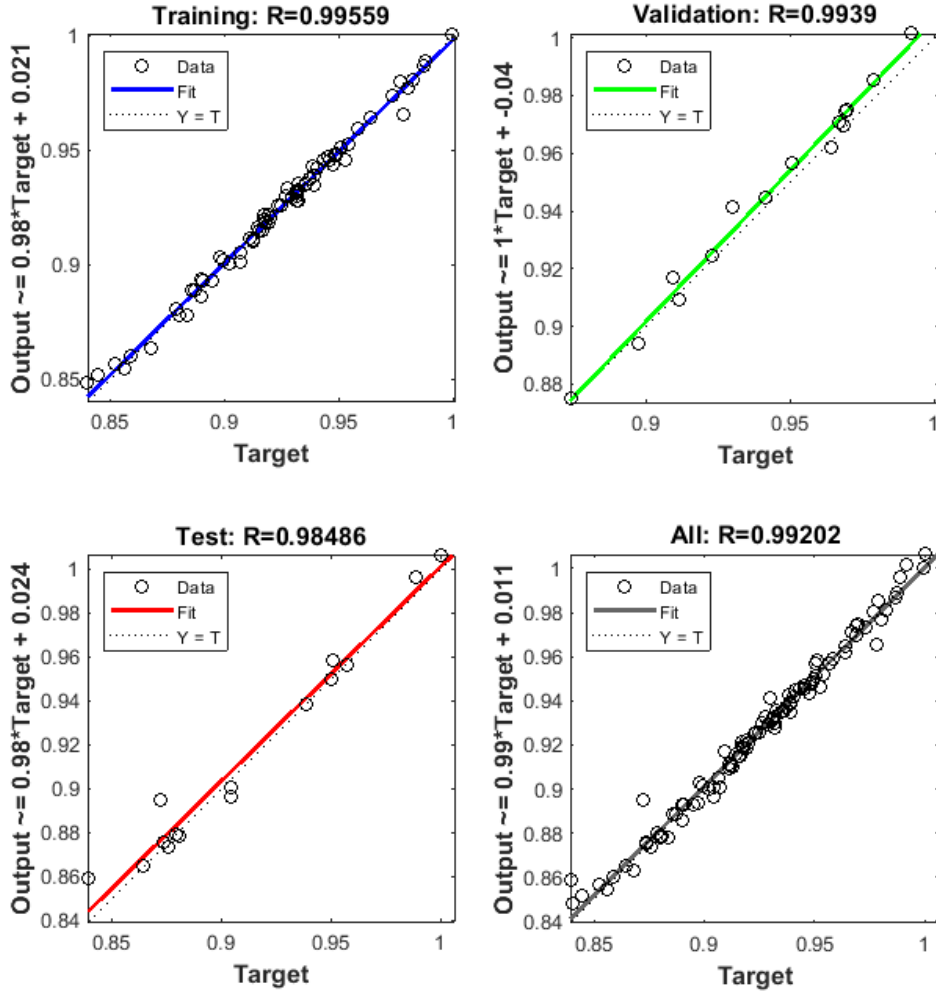
Şekil 5.5. Eğitim algoritmasının seçimi.

Şekil 5.5’de kurulan modele “Train” seçeneği ile öğrenme başlatılmıştır. MSE (Mean Square Error) ortalama hata karesi değeri hata değerini göstermektedir. 0 veya 0’a yakın olması beklenir.



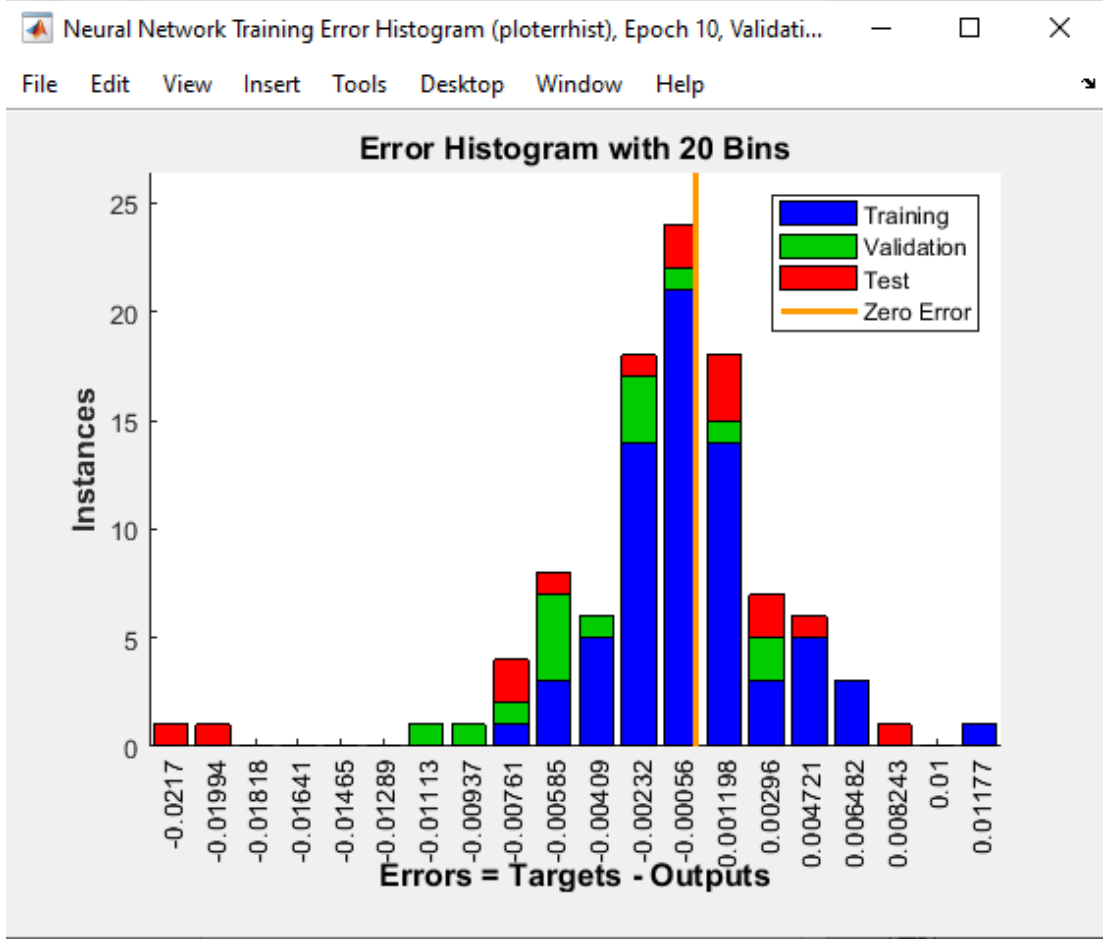
Şekil 5.6. Eğitim sonuçları.

Şekil 5.6'de modelin 10 iterasyonda öğrenmeyi bitirdiği görünmektedir. Bu 10 iterasyon da toplamda 2 sn sürmüştür.



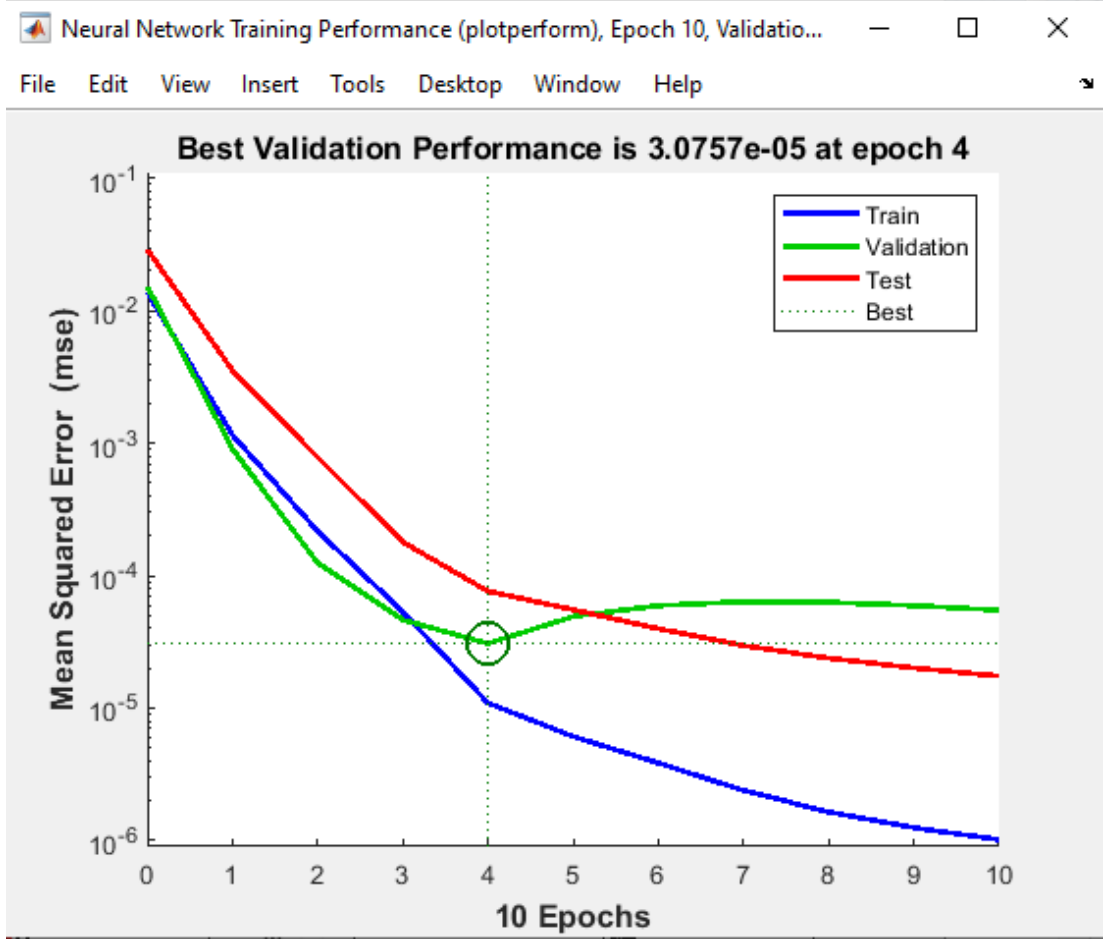
Şekil 5.7. Eğitim sonrası regresyon sonuçları.

Şekil 5.7’de modele girilen çıktı değerleri ile modelin tahmini arasındaki korelasyon görülmektedir. Bu kapsamda eğitim, doğrulama, test ve bunların ortak regresyon değerlerine bakıldığında 1’e oldukça yakın değerler olduğu görülmektedir. Bu durumda tahmin ilişkisinin başarılı olduğunu görülmektedir.



Şekil 5.8. Eğitim sonrası hata histogramı.

Şekil 5.8’de eğitim, doğrulama ve test değerlerinde karşılaşılan hataların 0 hataya yakın olduğu zamanlar görülmektedir.



Şekil 5.9 Eğitim performansı.

Şekil 5.9’da iterasyon sayısı arttıkça MSE değerinin düştüğü görülmektedir.

Bu değerler içerisinde yalnızca “validation” değerinin optimumdan hemen sonra bir sapma yaşadığı fakat ilerleyen kısımlarda tekrar optimuma yaklaştığı görülmektedir. Bu sapma modele verilen değerlerden doğrulam için kullanılan kısmının gerçek değerlerin değiştirilmesi sırasında gerçekten bir miktar aykırı uzaklaştığı ile açıklanabilmektedir.

Kullanılan YSA optimizasyon aracı Curve Fitting’de;

- Eğitime verilerin %70’ini, doğrulamaya verilerin %15’i, teste verilerin %15’i ayrılmaktadır.
- Gizli katman sayısında 10 nöron kullanılmaktadır.

- Eğitim algoritması olarak Levenberg-Marquardt kullanmaktadır.

Bu değerlerle elde edilen regresyon değeri 0.99202 olmuştur. Regresyon değerinin 1'e yakın veya 1 olması kurulan tahmin modülünün başarılı olduğunu göstermektedir.

Böylelikle havacılık endüstrisinde ürün maliyet tahmini için yapay sinir ağı tahmin modelinin kullanılmasının başarılı sonuçlar vereceği kanısına varılmıştır.

5.2.4. Sistem Özellikleri

Çizelge 5.7'de modelin çalıştırıldığı bilgisayar ve uygulamaya ait sistem özellikleri verilmiştir.

Çizelge 5.7 Sistem özellikleri.

Modelin Uygulandığı Bilgisayar:	
Bilgisayar Özellikleri	
Device name	Home
Full device name	Home.heaven. Local
Processor	Intel(R) Core (TM) i7-10750H CPU @ 2.60GHz 2.59 GHz (2 processors)
Installed RAM	16.0 GB
System type	64-bit operating system, x64-based processor
Pen and touch	Touch support with 8 touch points
Windows Özellikleri	
Edition	Windows 10 Pro
Version	20H2
Installed on	2/24/2021
OS build	19042.928
Experience	Windows Feature Experience Pack 120.2212.551.0
Uygulama Özellikleri	
Application	MATLAB
Version	Version R2021a(9.10.0.1602886)
64 bit(win64)	64 bit(win64)

5.2.5. Deneysel Sonuçlar

Optimizasyon aracının vermiş olduğu değerler değiştirilerek parametre karşılaştırması yapılmıştır. Bu karşılaştırma 5 durumda incelenmiştir.

1. Durum: Aynı veriler ile diğer değerler sabitken verilerin %10’u doğrulamaya %20’si teste ayrılmıştır.

Sonuç olarak regresyon değeri 0,81413 ile 1 değerinden uzaklaşmış optimum değerden sapmalar yaşanmıştır.

2. Durum: Aynı veriler ile diğer değerler sabitken gizli katmandaki nöron sayısı 5’e dşrrlmştir.

Sonuç olarak regresyon değeri 0,80155 ile 1 değerinden uzaklaşmış optimum değerden sapmalar yaşanmıştır.

3. Durum: Aynı veriler ile diğer değerler sabitken gizli katmandaki nöron sayısı 15’e yükseltilmiştir.

Sonuç olarak regresyon değeri 0,76995 ile 1 değerinden uzaklaşmış optimum değerden sapmalar yaşanmıştır.

4. Durum: Aynı veriler ile diğer değerler sabitken eğitim algoritması olarak “Bayesian Regularization” seçilmiştir.

Sonuç olarak regresyon değeri 0,81581 ile 1 değerinden uzaklaşmış optimum değerden sapmalar yaşanmıştır.

5. Durum: Aynı veriler ile diğer değerler sabitken eğitim algoritması olarak “Scaled Conjugate Gradient” seçilmiştir.

Sonuç olarak regresyon değeri 0,70926 ile 1 değerinden uzaklaşmış optimum değerden sapmalar yaşanmıştır.

Bu 5 durum içerisinde optimuma en yakın durum eğitim algoritmasının “Bayesian Regularization” seçimi olmuştur. En uzak durum ise eğitim algoritmasının “Scaled Conjugate Gradient” seçilmesi olmuştur.

Optimizasyon aracının verdiği değerlerin değiştirilmesi durumunda iterasyon sayısı artmakta ve performans süreleri değişmektedir.

Böylelikle tezde önerilen Curve Fitting optimizasyon arasının varsayılan değerleri ile işlem yapmanın daha doğru sonuçlar verdiği karar verilmiştir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, havacılık endüstrisinde faaliyet gösteren TEI – TUSAŞ Motor Sanayi’nde ürün maliyeti tahmini için bir yapay sinir ağı modeli kurulmuştur. Çalışmanın çıkış noktası bir siparişin en erken aşamasında maliyetini tahmin edebilme ihtiyacı olmuştur. Bir ürün talebi, sipariş doğduğu anda gereksinimleri ile birlikte doğmaktadır. İhtiyaca yönelik bu ham gereksinimler kırılarak anlamlı ögelere dönüştüğünde ana amaç bu gereksinimleri doğrulayacak tasarımı-üretimi-montajı vb. sağlamak olmaktadır. Gereksinimleri doğrulamak adına ürüne ait her bir nesne üzerinde yapılan doğrulama ve geçерleme çalışmaları sonrasında değışiklik ihtiyaçları doğmaktadır. Değişiklik ise ek maliyet demektir. Bu kapsamda şu ana kadar yapılan ürünlerin ürün ağaçlarında en üstten en alta kadar ürün tamamlanana dek yapılan değışiklik miktarları ve bunların maliyete etkisi modele yansıtılmıştır.

Bu model ile ileriye dönük siparişlerde değışiklik ihtiyacını minimize etmek mümkün olacaktır.

Kurulan tahmin modeline 100 ürün ağacının girdi-çıkıtı verileri girilmiştir. MSE karşılaştırması yapılmıştır. MSE, ağın tahmin ettiği ile gerçek çıkıtı arasındaki farkın kareleri toplamıdır. Yapay Sinir Ağı’nın amacı bu gerçek çıkıtı ile ağın tahmin ettiği arasındaki farklı minimize etmektir. Eğitimler sonrasında modelde MSE değęerinin oldukça düşük olduğu görölmektedir.

Çalışmada kurulan modelin MSE değęerlerine göre tahmin yeteneğinin başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Eğitim sonrası alınan sonuçlara göre ağa ne kadar çok veri girilir ve eğitimi sağlanırsa çıkan tahmin sonuçları gerçek ile o kadar yakın olmaktadır.

Bu çalışmaya ileride katkı sağlamak isteyenler için tahmin modeline daha fazla parametrik olmayan, ölçülemeyen girdi başlıklarının eklenmesi ile normalde öngörülemeyen etkilerin de ölçülebilmesi sağlanabilir. Böylelikle yapay sinir ağları kullanılarak oluşturulmuş bu tahmin modelleri üst yönetimler için daha kullanılası bir araca dönüşmüş olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Cheng, T., Wen, P., and Li, Y., "Research status of artificial neural network and its application assumption in aviation", *2016 12th International Conference On Computational Intelligence And Security (CIS)*, Wuxi, China, 407–410 (2016).
2. Yükçü, S., İçerli, M., "Direkt malzemeye dayalı maliyet hesaplama sistemi", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 66-7 (2007).
3. Bozuyuk, T., Gökçe İ., Yağcı, C., ve Akar G., "Yapay zekâ teknolojilerinin endüstrideki uygulamaları", *Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Elektrik Programı*, (2005).
4. Cura, T., "Doğrusal olmayan küresel optimizasyon problemleri için tabu arama algoritmasının kullanılması", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(1): 22-38, (2008).
5. Çakar, T. ve Özer, S., "İmalat sistemlerinin tasarımında nörotik tavlama benzetimi yaklaşımının kullanılması", *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, 16(1): 35-42, (2015).
6. Özdağ, H., Aygör, N. ve Parlak, A., "Karıncı kolonisi algoritmasının zaman çizelgelemesi üzerine: Bir modellemesi ve uygulaması", *Akademik Bilişim '12- XIV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, (2012).
7. Uygun, Ö., Erkan, E. F. ve Demir, H. İ., "Bulanık bilişsel haritalar kullanılarak yeşil tedarik zinciri yönetimi için bir değerlendirme modeli", *Academic Platform-Journal Of Engineering And Science*, 26–34 (2017).
8. Ataseven, B., "Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi", *İstanbul Kültür Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü*, (10)39: 101-115, (2013).
9. Kunt, F., "Hava kirliliğinin yapay sinir ağları yöntemiyle modellenmesi ve tahmini", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, (2007).
10. Tozkan, S., "Yapay sinir ağları", Bitirme Ödevi, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü*, (2004).

11. Venkatachalam, A. R., "Software cost estimation using artificial neural networks", *Proceedings Of 1993 International Conference On Neural Networks (IJCNN-93-Nagoya, Japan)*, Nagoya, Japan, 987–990 (1993).
12. Li, H., "Neural networks for construction cost estimation", *Building Research & Information*, 23 (5): 279–284 (1995).
13. Zhang, Y. F., Fuh, J. Y. H., and Chan, W. T., "Feature-based cost estimation for packaging products using neural networks", *Computers In Industry*, 32 (1): 95–113 (1996).
14. Bode, J., "Neural networks for cost estimation: simulations and pilot application", *International Journal Of Production Research*, 38 (6): 1231–1254 (2000).
15. Lotfy, E. A. and Mohamed, A. S., "Applying neural networks in case-based reasoning adaptation for cost assessment of steel buildings", *International Journal Of Computers And Applications*, 24 (1): 28–38 (2002).
16. Gunaydin, H. M., and Dogan S. Z., "A neural network approach for early cost estimation of structural systems of buildings", *International Journal of Project Management*, 22 (7): 595–602 (2004).
17. Demirel, Y., "Toplu konut inşaat maliyetlerinin yapay sinir ağları ile tahmini", *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4), (2007).
18. Alex, D. P., "Cost estimation for the city of Edmonton's water and sewer installation services using an artificial neural network model (Alberta).", *Library and Archives Canada (Bibliothèque et Archives Canada)*, Ottawa, (2007).
19. Sezer, A., "Yazılım projelerinde yapay sinir ağı uygulaması ile maliyet tahmini", Yüksek Lisans Tezi, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği*, (2008).
20. Deng S. and Yeh T.-H., "Applying machine learning methods to the airframe structural design cost estimation- A case study of Wing-Box Project", *INCOSE International Symposium*, 19 (1): 253–282 (2009).
21. Duran, O., Rodriguez, N., and Consalter, L. A., "Neural networks for cost estimation of shell and tube heat exchangers", *Expert Systems With Applications*, 36 (4): 7435–7440 (2009).
22. Tsionas, E. G., Michaelides, P. G., and Vouldis, A. T., "Global approximations to cost and production functions using artificial neural networks", *International Journal Of Computational Intelligence Systems*, 2 (2): 132–139 (2009).

23. Che, Z. H., "PSO-based back-propagation artificial neural network for product and mold cost estimation of plastic injection molding", *Computers & Industrial Engineering*, 58 (4): 625–637 (2010).
24. Liu, H., "Cost estimation and sensitivity analysis on cost factors: A case study on taylor kriging, regression and artificial neural networks", *The Engineering Economist*, 55 (3): 201–224 (2010).
25. Attarzadeh, I. and Ow, S. H., "Proposing a new software cost estimation model based on artificial neural networks", *2010 2nd International Conference On Computer Engineering And Technology*, Chengdu, China, V3-487-V3-491 (2010).
26. Uğur, L. O., Baykan, U. N., ve Korkmaz, S., "Yığma konutların maliyet tahmininde yapay sinir ağlarının (YSA) kullanılması", *6. İnşaat Yönetimi Kongresi*, (2011).
27. Kotb, M. T., Haddara, M., and Kotb, Y. T., "Back-propagation artificial neural network for erp adoption cost estimation", *Enterprise Information Systems*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 180–187 (2011).
28. Chang, P. C., Lin, J.-J., and Dzan, W. Y., "Forecasting of manufacturing cost in mobile phone products by case-based reasoning and artificial neural network models", *Journal Of Intelligent Manufacturing*, 23 (3): 517–531 (2012).
29. Bisen, Ö., ve Dikmen, S. Ü., "Üstyapı projelerinin maliyet tahmin çalışmalarında belirsizliklerin yapay zekâ teknikleriyle analizi" *e-Journal of New World Sciences Academy*, (7): 2, (2012).
30. Mehta, H. D., Patel, R. M., and Trivedi, P. H., "Cost estimation of transformer main materials using artificial neural networks", *2012 Nirma University International Conference On Engineering (NUiCONE)*, Ahmedabad, Gujarat, India, 1–6 (2012).
31. Tawfek, H. S., Mohammed, H. E.-D. H., and Abdel Razek, M. E., "Assessment of the expected cost of quality (COQ) in construction projects in egypt using artificial neural network model", *HBRC Journal*, 8 (2): 132–143 (2012).
32. Salam, A., Defersha, F. M., Bhuiyan, N. F., and Chen, M., "A case study on target cost estimation using back-propagation and genetic algorithm trained neural networks", *Journal Of Cost Analysis And Parametrics*, 5 (2): 87–97 (2012).
33. Ozcan, B. and Fıglali, A., "Artificial neural networks for the cost estimation of stamping dies", *Neural Computing And Applications*, 25 (3–4): 717–726 (2014).

34. Kasaplı, K., "İçmesuyu şebekelerinde maliyet tahmini amacıyla yapay sinir ağları kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı İşletmesi Programı*, (2014).
35. Karahan, M., "Yapay sinir ağları metodu ile ihracat miktarlarının tahmini: ARIMA ve YSA metodunun karşılaştırmalı analizi", *Ege Akademik Bakis (Ege Academic Review)*, 15 (2): 165–165 (2015).
36. Gunduz, M. and Sahin, H. B., "An early cost estimation model for hydroelectric power plant projects using neural networks and multiple regression analysis", *Journal Of Civil Engineering And Management*, 21 (4): 470–477 (2015).
37. Keskin, M. ve Alptekin, G. I., "Yazılım maliyet tahmininde işlev puanı analizi ve yapay sinir ağları kullanımı", 10. *Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu (UYMS 2016)*, Çanakkale, 466-471 (2016).
38. Alqahtani, A. and Whyte, A., "Estimation of life-cycle costs of buildings: regression vs artificial neural network", *Built Environment Project And Asset Management*, 6 (1): 30–43 (2016).
39. Karaoglan, A. D. and Karademir, O., "Flow time and product cost estimation by using an artificial neural network (ANN): A case study for transformer orders", *The Engineering Economist*, 62 (3): 272–292 (2017).
40. Juszczak, M., "The challenges of nonparametric cost estimation of construction works with the use of artificial intelligence tools", *Procedia Engineering*, 196: 415–422 (2017).
41. Çakar, T., "Otomotiv endüstrisinde yapay sinir ağı kullanarak maliyet tahmin modeli geliştirme", *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1): 237-249, (2017).
42. Arora, S. and Mishra, N., "Software cost estimation using single layer artificial neural network", *International Journal Of Advanced Engineering Research And Science*, 4 (9): 22–26 (2017).
43. Fawzy, M., Nasr, M., Adel, S., and Helmi, S., "Regression model, artificial neural network, and cost estimation for biosorption of Ni(ii)-ions from aqueous solutions by *potamogeton pectinatus*", *International Journal Of Phytoremediation*, 20 (4): 321–329 (2018).
44. Leszczyński, Z. and Jasiński, T., "An artificial neural networks approach to product cost estimation: The case study for electric motor", *Informatyka Ekonomiczna*, 1 (47): 72–84 (2018).
45. Yadav, A., Sahay, A., Yadav, M. R., Bhandari, S., Yadav, A., and Sahay, K. B., "One hour ahead short-term electricity price forecasting using ANN

- algorithms", *2018 International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development (ICUE)*, Phuket, Thailand, (2018).
46. Winalytra, I., Nugroho, A. S. B., and Triwiyono, A., "Cost estimation model for I-Girder bridge superstructure using multiple linear regression and artificial neural network", *Applied Mechanics And Materials*, 881: 142–149 (2018).
 47. Matel, E., Vahdatikhaki, F., Hosseinyalamdary, S., Evers, T., and Voordijk, H., "An artificial neural network approach for cost estimation of engineering services", *International Journal Of Construction Management*, 1–14 (2019).
 48. Nayunigari, M. K., Gupta, S. K., Nasr, M., Andaluri, G., Suri, R. P. S., and Maity, A., "Artificial neural network and cost estimation for Cr (VI) removal using polycationic composite adsorbent", *Water And Environment Journal*, wej.12501 (2019).
 49. Guo, H., Nguyen, H., Vu, D.-A., and Bui, X.-N., "Forecasting mining capital cost for open-pit mining projects based on artificial neural network approach", *Resources Policy*, 101474 (2019).
 50. Hashemi, S. T., Ebadati E., O. M., and Kaur, H., "A hybrid conceptual cost estimating model using ANN and GA for power plant projects", *Neural Computing And Applications*, 31 (7): 2143–2154 (2019).
 51. Badawy, M., "A hybrid approach for a cost estimate of residential buildings in Egypt at the early stage", *Asian Journal Of Civil Engineering*, 21 (5): 763–774 (2020).
 52. El-Kholy, A. M., Tahwia, A. M., and Elsayed, M. M., "Prediction of simulated cost contingency for steel reinforcement in building projects: ANN versus regression-based models", *International Journal Of Construction Management*, 1–15 (2020).
 53. Karaca, I., Gransberg, D. D., and Jeong, H. D., "Improving the accuracy of early cost estimates on transportation infrastructure projects", *Journal Of Management In Engineering*, 36 (5): 04020063 (2020).
 54. Mir, M., Kabir, H.M.D., Nasirzadeh, F., and Khosravi, A., "Neural network-based interval forecasting of construction material prices" *Journal of Building Engineering*, Volume 39, July 2021, 102288 (2021)
 55. Kovačević, M., Ivanišević, N., Petronijević, P., and Despotović, V., "Construction cost estimation of reinforced and prestressed concrete bridges using machine learning", *Journal Of The Croatian Association Of Civil Engineers*, 73 (01): 1–13 (2021).

ÖZGEÇMİŞ

Güleser ŞİMŞEK CAN ilköğrenimini Seydişehir Alüminyum İlköğretim Okulu'nda, ortaöğrenimini ise Seydişehir Mahmut Esat Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2011-2016 yılları arasında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini aldı. 2014-2015 üretim stajını Konya Aydınlar Yedek Parça San. Tic. A.Ş. fabrikasında, 2015-2016 yönetim stajını ise Almanya Haiger Karl Fey GmbH & Co. KG.'de yaptı.

2016 Kasım ayında Konya Akkanat Holding- Beybo Boya San ve Tic A.Ş. Üretim Planlama Mühendisi olarak tam zamanlı işe başlamıştır.

2017 Haziran ayında Edirne Üç Kardeşler Tekstil'de Sistem Mühendisi olarak tam zamanlı işe başlamıştır.

2018 Ocak ayında Karabük Üniversitesi Fen Bililimleri Enstitüsü'nde Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

2019 Haziran ayında Eskişehir TEI- TUSAŞ Motor Sanayi A.Ş.'de PLM Mühendisi olarak tam zamanlı işe başlamış ve halen devam etmektedir.