



**KAMU HİZMET BİNALARINDA BAKIM-ONARIM MALİYETLERİNİN
ÖN TAHMİNİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ**

Tuğçe SARIKOÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Tuğçe SARIKOÇ

10/06/2022

KAMU HİZMET BİNALARINDA BAKIM-ONARIM MALİYETLERİNİN ÖN TAHMİNİ İÇİN
BİR YÖNTEM ÖNERİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Tuğçe SARIKOÇ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2022

ÖZET

Türkiye’de kamu yapı stoku gün geçtikçe yaşlanmakta ve mevcut binaların bakım ve onarımı için her geçen gün bütçeden önemli bir kaynak aktarılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kısıtlı mali kaynaklar nedeniyle kamu hizmet binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. Ancak, personelin iş yükü, bakım ve onarım işlerinin bünyesinde pek çok belirsizliği barındırması gibi nedenler sağlıklı bir şekilde maliyet tahmini yapılmasına imkân vermemektedir. Bu bağlamda kamu binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin önceden doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi hem gerçekçi bir bütçe oluşturulması için hem de işin planlama ve kontrolü için önem arz etmektedir. Bu, sadece kamu kurumunun bütçe planlamaları için değil aynı zamanda işi yapacak olan yüklenici firmalar içinde önemlidir. Bu çalışmada, kamu hizmet binalarının içerisinde yer alan huzurevi ve çocuk evlerinin bakım-onarım maliyetlerinin ön tahmini için modeller geliştirilmiştir. Modellerin geliştirilmesinde uzun yıllardır kullanımda olan 50 adet huzurevi ve çocuk evlerine ait veriler kullanılmıştır. Huzurevi ve çocuk evi binalarının projeleri ve bina bilgi kartlarından yararlanılarak bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi, binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve gerçek maliyet verileri parametre olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler kullanılarak Regresyon Analizleri (RA) yapılmış ve huzurevi- çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerini tahmin etmek için kullanılabilecek formüller geliştirilmiştir. Daha sonra aynı parametreler kullanılarak Yapay Sinir Ağları (YSA) analizleri yapılmış ve bulunan huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet tahmin sonuçları RA ile yapılan tahminlerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak YSA ile yapılan huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetleri, RA ile geliştirilen formüllerle yapılan maliyet tahminlerine göre gerçeğe daha yakın sonuçlar vermiştir.

Bilim Kodu : 91129
Anahtar Kelimeler : Regresyon analizi, yapay sinir ağları, maliyet, maliyet tahmini
Sayfa Adedi : 87
Danışman : Prof. Dr. Mürsel ERDAL

A METHOD PROPOSAL FOR EARLY ESTIMATION OF MAINTENANCE-REPAIR COSTS IN PUBLIC SERVICE BUILDINGS

(M. Sc. Thesis)

Tuğçe SARIKOÇ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2022

ABSTRACT

The public building stock in Turkey is getting older day by day and an important resource is needed from the budget for the maintenance and repair of existing buildings. Due to limited financial resources, the maintenance and repair costs of public service buildings need to be accurately estimated. However, reasons such as the workload of the personnel and the many uncertainties in the maintenance and repair works do not allow a reliable cost estimation. In this context, the ability to accurately predict the maintenance and repair costs of public buildings is important both for the creation of a realistic budget and for the planning and control of the work. This is important not only for the budget planning of the public institution, but also for the contractor companies that will do the work. In this study, models have been developed to predict the maintenance and repair costs of nursing homes and children's homes located in public service buildings. Data from 50 nursing homes and children's homes, which have been in use for many years, were used in the development of the models. Building residence area, number of floors, usage period, annual average number of people using the building and actual cost data were determined as parameters by using the projects of nursing home and children's home buildings and building information cards. Regression Analyzes (RA) were made using these determined parameters and formulas that could be used to estimate the maintenance-repair costs of nursing home-children's home buildings were developed. Then, Artificial Neural Networks (ANN) analyses were made using the same parameters and the maintenance-repair cost estimation results of the nursing home and children's home buildings were compared with the estimates made with RA. As a result, maintenance-repair costs of nursing home and children's home buildings made with ANN gave results closer to reality than cost estimates made with formulas developed with RA.

Science Code : 91129

Key Words : Regression analysis, artificial neural networks, cost, cost estimation

Page Number : 87

Supervisor : Prof. Dr. Mürsel ERDAL

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesi sürecinde bana yol gösteren, bilgi birikimiyle çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan, destek ve emeklerini esirgemeyen, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım çok kıymetli hocam Prof. Dr. Mürsel ERDAL'a teşekkür ederim. Tez çalışması boyunca akademik eğitimimi bir üst noktaya taşıyabilmem için gerekli tüm kolaylığı sağlayan ve bana verdiği manevi destek, göstermiş olduğu sabır ve anlayıştan dolayı değerli arkadaşım İnşaat Mühendisi Dr. Mustafa TÜRKER'e teşekkür ederim.

Ayrıca sadece bu çalışma sürecimde değil tüm hayatım boyunca yanımda olan, aldığım kararları her zaman destekleyen ve bugünlere gelmemde en büyük katkısı olan babam Adnan SARIKOÇ'a ve annem Dilek SARIKOÇ'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Varlığı ile hayatıma anlam katan değerli kardeşim Ezgi SARIKOÇ'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. BAKIM VE ONARIM.....	9
3.1. Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Kusurlar	10
3.2. Uygulama Aşamasından Kaynaklanan Kusurlar	12
3.3. Kullanımdan Kaynaklanan Kusurlar	14
4. MALİYET TAHMİNİNDE KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMLERİ	17
4.1. Regresyon Analizi (RA).....	17
4.1.1. Basit regresyon modelleri ve lineer fonksiyonlar	18
4.2. Yapay Sinir Ağları (YSA).....	20
4.2.1. YSA tasarım prensipleri.....	20
5. ANALİZLER VE BULGULAR.....	27
5.1. Verilerin Toplanması	27
5.2. Çalışmada İzlenen Yol	27
5.3. Regresyon Analizi İle Geliştirilen Tahmin Modelleri.....	27
5.3.1. Tek değişkenli doğrusal regresyon analizleri.....	28

	Sayfa
5.3.2. İki değişkenli lineer regresyon analizleri	35
5.3.3. Üç değişkenli lineer regresyon analizleri	47
5.3.4. Dört değişkenli lineer regresyon analizleri	55
5.4. YSA ile Kurulan Tahmin Modelleri	58
5.4.1. Otomatik mimari seçimli YSA	59
5.4.2. Gizli Katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA.....	63
5.4.3. Gizli Katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA.....	66
5.4.4. Gizli Katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA	70
5.4.5. Gizli Katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA	74
6. SONUÇ ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	87

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Ebeveynlerin ortalama boyları ile yetişkin çocuklarının boylarının frekans dağılımı	17
Çizelge 5.1. Analizler için seçilen parametreler ve değişim aralıkları	27
Çizelge 5.2. RA toplu denklemler ve R^2 değerleri	57
Çizelge 5.3. Otomatik mimari seçimli YSA ağ bilgisi	59
Çizelge 5.4. Otomatik mimari seçimli YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları	61
Çizelge 5.5. Gizli katman sayısı 1 ve aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeline ait ağ bilgisi	63
Çizelge 5.6. YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları	64
Çizelge 5.7. Gizli katman sayısı 2 ve aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeline ait ağ bilgisi	67
Çizelge 5.8. YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları	68
Çizelge 5.9. Gizli katman sayısı 1 ve aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan YSA modeline ait ağ bilgisi	71
Çizelge 5.10. YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları	72
Çizelge 5.11. Gizli katman sayısı 2 ve aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan YSA modeline ait ağ bilgisi	74
Çizelge 5.12. YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları	75

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Nöron hücre yapısı.....	22
Şekil 4.2. Yapay nöron yapısı.....	23
Şekil 4.3. Yapay sinir ağlarında kullanılan aktivasyon fonksiyonları	23
Şekil 4.4. MFN ağ yapısını gösteren 2 giriş hücreli, 3 gizli katmanlı (13 hücre) ve tek hücreli çıkış katmanına ait ağ yapısı.....	25
Şekil 5.1. Bina oturum alanı - gerçek maliyet regresyon grafiği	28
Şekil 5.2. Bina oturum alanı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı.....	29
Şekil 5.3. Bina oturum alanı ile tahmin edilen maliyet değerleri – gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	29
Şekil 5.4. Kat sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	30
Şekil 5.5. Kat sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı.....	30
Şekil 5.6. Kat sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri – gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	31
Şekil 5.7. Kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon grafiği	32
Şekil 5.8. Kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı	32
Şekil 5.9. Kullanım süresi ile tahmin edilen maliyet değerleri – gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	33
Şekil 5.10. Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği.....	34
Şekil 5.11. Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı	34
Şekil 5.12. Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	35
Şekil 5.13. Bina oturum alanı ve kat sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	36
Şekil 5.14. Bina oturum alanı ve kat sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı	36
Şekil 5.15. Bina oturum alanı ve kat sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması.....	37
Şekil 5.16. Bina oturum alanı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon grafiği....	38

Şekil	Sayfa
Şekil 5.17. Bina oturum alanı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı	38
Şekil 5.18. Bina oturum alanı ve kullanım süresi ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması.....	39
Şekil 5.19. Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	40
Şekil 5.20. Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı	40
Şekil 5.21. Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması.....	41
Şekil 5.22. Kat sayısı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon grafiği.....	42
Şekil 5.23. Kat sayısı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı	42
Şekil 5.24. Kat sayısı ve kullanım süresi ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	43
Şekil 5.25. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	44
Şekil 5.26. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı	44
Şekil 5.27. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	45
Şekil 5.28. Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	46
Şekil 5.29. Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı	46
Şekil 5.30. Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 5.31. Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon grafiği.....	48
Şekil 5.32. Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon hataları histogram.....	48
Şekil 5.33. Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	49

Şekil	Sayfa
Şekil 5.34. Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	50
Şekil 5.35. Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogram.....	50
Şekil 5.36. Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması.....	51
Şekil 5.37. Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	52
Şekil 5.38. Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogram	52
Şekil 5.39. Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması.....	53
Şekil 5.40. Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	54
Şekil 5.41. Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogram	54
Şekil 5.42. Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması.....	55
Şekil 5.43. Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği	56
Şekil 5.44. Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogram.....	56
Şekil 5.45. Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması	57
Şekil 5.46. Otomatik mimari seçimli YSA'da ağ modeli	60
Şekil 5.47. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri.....	61
Şekil 5.48. Otomatik mimari seçimli YSA R ² grafiği.....	62
Şekil 5.49. Otomatik mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması.....	62

Şekil	Sayfa
Şekil 5.50. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA' da ağ mimarisi	64
Şekil 5.51. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri.....	65
Şekil 5.52. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA ve R^2 grafiği	66
Şekil 5.53. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.54. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA' da ağ mimarisi	67
Şekil 5.55. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri.....	69
Şekil 5.56. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA ve R^2 grafiği	70
Şekil 5.57. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması.....	70
Şekil 5.58. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA' da ağ mimarisi.....	71
Şekil 5.59. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri.....	72
Şekil 5.60. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA ve R^2 grafiği	73
Şekil 5.61. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması	73
Şekil 5.62. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA' da ağ mimarisi.....	75
Şekil 5.63. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri.....	76
Şekil 5.64. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA ve R^2 grafiği	77
Şekil 5.65. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması	77

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. A. Kadir Üçyıldız huzurevi.....	9
Resim 3.2. Siirt çocuk evi.....	9
Resim 3.3. Yanlış veya eksik detaylandırma	11
Resim 3.4. Yangın merdiveninin yanlış veya eksik detaylandırması	12
Resim 3.5. Segregasyon sebebiyle hatalı kolon dökümü.....	13
Resim 3.6. Temelde su yalıtımından kaynaklı hatalar	13
Resim 3.7. Kullanımdan kaynaklı kapı hasarı	14
Resim 3.8. Kullanımdan kaynaklı parke hasarı	14
Resim 3.9. Kullanımdan kaynaklı seramik yer kaplaması hasarı	15

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

%

Yüzde

cm

Santimetre

m²

Metrekare

Kısaltmalar

Açıklamalar

F

Fonksiyon

RA

Regresyon Analizi

TL

Türk Lirası

TOKİ

Toplu Konut İdaresi

YSA

Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü; ülkemizin ve yabancı ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmelerinin etkisi altında kalan ve bu gelişmelerin sonuçlarını yansıtan yüksek riske sahip bir sektördür. Ulusal ve Uluslararası etkilerle karşı karşıya kalan inşaat sektöründe hedeflenen başarı; maliyetin planlanan bütçe çerçevesinde kalması, istenilen sürede işin tamamlanması, yapının gerekli olan minimum kalite koşullarını sağlanması hem iç hem de dış etkilerin en az seviyeye indirilmesine bağlıdır. Bu başarının gerçekleşmesi maliyetin önceden doğru tahmini ve işin yapım evresinde maliyet kontrolünün devamı ile sağlanmaktadır. Projelerde istenilen imalatların değişmesi ile mal sahibi ve yüklenici ikilisinin farklılık göstermesi nedeniyle gerçek maliyetin kesin olarak belirlenmesi düşünüldüğü kadar kolay olmamaktadır (Çelik, 2016).

İnşaat sektöründe büyük rekabet ortamının olması ve yapım maliyetlerinin her geçen gün artmasından dolayı inşaat başlamadan önce yapım maliyetinin bilinmesi yüklenici firma ve mal sahibi olarak her iki taraf içinde büyük önem taşımaktadır. Mal sahibinin amacı, gerçekçi maliyet oluşturarak iş için ayırdığı veya ayırabileceği finansmanın yeterli olup olmadığını belirlemektir. Bu şekilde gerekli olan nakit akışını tasarlayarak bütçe ayarlamasını yapabilmektedir. Yüklenici firmanın amacı ise kar elde edebilecek şekilde mal sahibine sunacağı teklifi belirlemek ve girdiği ihaleyi kazanmaktır. Yapılması planlanan teklif ihaleyi kazanmaya yetecek kadar düşük, yüklenicinin yapmayı planladığı işten kar edebileceği kadar da yüksek olmalıdır. Her iki taraf içinde yapım aşamasından önce maliyet tahmininin yapılması büyük önem arz etmektedir (Erdem, 1996).

Maliyet tahminin amacı; sınırlı kaynakları en etkin şekilde kullanarak, istenilen seviyede hizmet veya ürünün sağlanabilmesine olanak veren maliyetin tanımlanmasıdır. Maksimum üretkenlik sağlanarak işin tamamlanabilmesi, ancak maliyetlerin doğru tahmini ve kabul edilebilir sınırlar içinde etkin yönetilmesiyle mümkün olabilir. İyi hazırlanmış bir maliyet tahmini ile imalat için ihtiyaç duyulan malzeme, ekipman, işgücü ve diğer kaynaklara duyulan ihtiyaçlar kolaylıkla belirlenebilir. Tüm projeler, etkin planlama ve gerçekçi bütçe oluşturulabilmesi için mutlaka bir maliyet tahminine ihtiyaç duyarlar (Bostancıoğlu, 2006; Topçu, 1989; Uğur, 2007; Yılmaz vd., 2016).

Türkiye’de kamu yapı stoğu gün geçtikçe yaşlanmakta ve mevcut binaların bakım ve onarımı için her geçen gün bütçeden önemli bir kaynak aktarılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kamu hizmet binalarının bakım ve onarımı için ihtiyaç duyulan bütçenin belirlenmesinde kullanılacak finansal modelin daha fikir aşamasındayken doğru bir şekilde kurulması, nakit akışından kaynaklanan sorunların giderilmesi ve milli servet kayıplarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu ise tasarım öncesi evrede maliyet tahmininin doğru bir şekilde yapılmasıyla mümkün olabilmektedir (Kanit vd., 2005; Özmaden ve Erdal; Polat ve Çiraci, 2010).

Günümüzde kaynakların yetersizliği, zamanın ise paha biçilemez olması proje yönetiminin önemini artırmaktadır. Proje yönetiminin en büyük hedefi, projenin başından sonuna kadar planlanan doğrultuda devam etmesi ve bu sürecin kontrol altına alınmasıdır. Proje yönetiminde zaman, maliyet ve kısıtlı kaynakların en doğru şekilde değerlendirilebilmesi için matematiksel ve sezgisel yaklaşımlar ön plana çıkmaktadır. Bu yaklaşımların amacı; zaman, maliyet ve kısıtlı kaynakların bir bütün halinde ele alınarak projenin planlanan zamanda istenilen seviyede tamamlanmasıdır (Kanit vd., 2005).

Maliyet tahminine yönelik çeşitli alanlarda birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmanın amacı, inşaat sektöründe özellikle kamu kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması ve bütçe dağılımının düzenli aralıklarla kontrol edilebilmesidir. Kamu binalarının maliyetine etki eden parametreler ve bu parametrelerin ağırlıklarının incelenmesi; Regresyon Analizi (RA) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) ile geliştirilen modellemelerle bakım ve onarım maliyetlerinin ön tahminini ve verimli kullanılabilmesi için başarılı sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada kamuya ait huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerinin ön tahmini için modeller geliştirilmiştir. Bu amaç için, Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı’ndan temin edilen ve uzun süredir kullanımda olan 50 adet huzurevi ve çocuk evi binalarının projelerinden yararlanılmıştır. Huzurevi ve çocuk evlerine ait projeler incelenerek bina oturum alanı (m²), kat sayısı (adet), kullanım süresi (yıl) ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı (adet) değişkenleri ile projelerin gerçek maliyetleri (TL) tespit edilmiştir. Huzurevi ve çocuk evi binalarının maliyetlerinin tahminini yaparken bu değişkenlerin parametre olarak belirlenmesinin nedeni projeler üzerinden nispeten hızlı ve kolay bir şekilde alınabiliyor olmasıdır. Veri olarak kullanılan bu parametreler ile huzurevi ve çocuk

evi binalarının maliyetlerinin ön tahmini için RA ve YSA ile modeller geliştirilmiştir. RA ve YSA kullanılarak elde edilen modeller ile huzurevi ve çocuk evi binalarının ön maliyet tahminleri yapılmış ve gerçek maliyetler ile karşılaştırılarak tespitlerde bulunulmuştur.





2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapay zekâ, insan zekâsını örnek alan, yeni bilgileri öğrenmeye ve anlamaya çalışan matematik ve mantık kullanılarak geliştirilen bir bilgisayar sistemidir. Yapay zekânın amacı insanların yerini almak olarak değerlendirilmez sadece insanların yeteneklerini üst seviyeye taşımak ve etkin olarak kullanılması olarak tanımlanmıştır.

YSA, yapay zekânın bir alt türü olarak nitelendirilmekte ve beynin biyolojik sinir ağları yapısını taklit ederek tasarlanmış bir bilgi işlem teknolojisidir. Bilgiyi, insan beyninin işleyişi şeklinde analiz etmek ve işlemek için geliştirilmiştir.

Yapay Sinir Ağları, finansal konulardan birçok önemli mühendislik ve tıp bilimine ait problemlerin çözümüne kadar birçok alanda kullanılmıştır. Mühendisliğinde birçok alanında YSA kullanılarak sorunlara çözüm önerilerinde bulunulmuştur. YSA, bir beton kenarın yakınında bulunan tek ankrajların kesme kapasitesinin tahmininde Ashour ve Alqedra (2005), dinamik sistemlerin tanımlanması ve kontrolünde Narendra ve Parthasarathy (1990), şehirlerarası kırsal karayollarındaki trafik kaza oranlarının belirlenmesinde Ozgan ve Demirci (2008), farklı agregalarla üretilmiş beton özelliklerinin tahmin edilmesinde Saridemir (2008), alt yüklenici seçiminde Köseokur (2007), tuğla duvardaki ve tesisattaki ısı kaybının belirlenmesinde Tekkanat ve Topaloğlu (2017), 2010 yılına kadar Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin hesaplanmasında Hamzaçebi ve Kutay (2004), buharlaşma ihtimalinin tahmininde Taşar vd. (2018), eksenel yüklü kolonların burkulma analizinde Ulker ve Civalek (2002), yağış-akış ilişkisinin modellenmesinde Alp ve Cığizoğlu (2010), killerin sınıflandırılmasında Göktepe vd. (2009) kullanılarak başarılı sonuçlara ulaşılmıştır.

Bugüne kadar kamu kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılabilmesi için bu tezdeki metot ile doğrudan alakalı yayınlar bu bölümde verilmiştir.

Baykan (2007), Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ) ve Türkkonut tarafından yaptırılan 62 adet yapının projelerinden yararlanılarak inşaat projelerinde kullanılan kaynak tahmininin belirlenmesi için Regresyon Analizi (RA) ve Yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada; şantiye, son kat tavan yüksekliği, kat sayısı, kat yüksekliği, tip kat alanı, boşluk alanının cephe alanına oranı, malzeme (beton, kalıp, demir), işçilik (düz işçi, kalıp ustası, demir ustası, beton ustası), makine-ekipman (betoniyer)

parametreleri veri olarak seçilmiştir. Her iki yöntem kullanılarak gerçek maliyet ile tahmin edilen maliyet arasında oluşan hata oranları kıyaslanmıştır. Regresyon analizinde hata oranı %40,90 olarak belirlenmesine rağmen YSA da hata oranı ise %18,08 – %22,64 aralığında olduğu görülmüştür. Sonuç olarak YSA yönteminin RA yöntemine göre daha avantajlı bir teknik olduğu değerlendirilmiştir.

Uğur (2007), Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği tarafından yaptırılan 58 adet yapının projelerinden yararlanarak yapı maliyetlerinin tahmini için Birim Fiyat, Regresyon Analizi (RA) ve Yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada; yapı yükseklikleri, tip kat alanları, toplam dış cephe alanı, cephe boşluğu alanları, kat sayısı ve kattaki daire sayıları ile inşaat maliyeti parametreleri veri olarak adlandırılmıştır. Sonuç olarak YSA ile yapılan maliyet tahminlerinin diğer iki yöneme göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

Demirel (2007), çok katlı yapıların maliyetlerini Birim Fiyat Yöntemi, RA ve YSA yöntemleri ile tahmin etmiş ve karşılaştırmıştır. Parametre olarak; tip kat alanları, toplam dış cephe alanları ve yapı yüksekliklerini kullanmıştır. Çok katmanlı, geri beslenmeli, danışmanlı öğrenme özelliğine sahip YSA yönteminin verdiği tahmini maliyetler diğer iki yöneme göre daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Stoy vd. (2008), Almanya’da inşa edilen 70 adet konutun projelerinden yararlanarak yapı maliyetlerinin tahmini için Regresyon Analizi (RA) yöntemi kullanmıştır. Çalışmada; binanın kompaktlığı, asansör sayısı, projenin boyutu, beklenen inşaat süresi, dış duvarlardaki açıklıkların oranı ve konutun bulunduğu bölge parametrelerinden veri seti oluşturulmuştur. 70 adet konuta uygulanan regresyon analizi sonucunda mutlak hata oranı %9,6 hesaplanırken başka yöntemlerle elde edilen hata oranı ise %12 - %13 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Regresyon analizinin diğer geleneksel yöntemlere göre daha avantajlı bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Luu ve Kim (2009) çalışmalarında Vietnam’daki şehirleşme ve nüfus artışının inşaat maliyetlerine etkilerinden dolayı apartman projelerinin ön maliyet tahmini için YSA yöntemini kullanmıştır. Apartman projelerinin projelerinden yararlanılarak 14 adet veri seti hazırlanmış ve MATLAB yazılımı kullanılmıştır. Sonuç olarak YSA modelinin apartman

projelerinin ilk aşamalarında inşaat maliyetlerini tahmin etmeye ve tutarlı kararlar verme konusunda ciddi faydalar sağlanabileceği söylenmiştir.

Özkan vd. (2013) çalışmalarında, çok değişkenli RA ve YSA kullanarak Türkiye’de ön proje aşamasında bulunan hafif raylı ve metro projelerinin hat işleri için ön fiyat tahmin modelini geliştirmiştir. Her iki yaklaşım, tamamlanmış 16 projeye ait 17 parametreyi içeren veri setine uygulanmış ve her bir metodun sonuçlarına göre, YSA test örneklerinin ortalama hata yüzdesi sonucu (5,76), RA test örneklerinin ortalama hata yüzdesi sonucuna (2,32) göre bir miktar yüksek çıkmıştır. Çalışma neticesinde başarılı iki adet fiyat tahmin modeli geliştirilmiştir.

Arafa ve Alqedra (2011), Gazze Şehrindeki 71 adet (hükümet binaları, anaokulları, okulları, kamu binaları) projeden yararlanarak inşaat projelerinin ön tasarım maliyet tahmini için Birim Fiyat, Regresyon Analizi (RA) ve Yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada kat adedi, kolon sayısı, temel tipi, bina oturum alanı, bina kat alanları toplamı, oda sayısı ve asansör tipi ve gerçek maliyeti veri olarak adlandırılmıştır. YSA kullanılarak 7 adet ağ mimarisi geliştirilmiştir. Gerçek maliyet ile hesaplanan maliyetin birbirine oranı (C_p/C_a) ise ortalama % 97 olarak belirtilmiştir Çok katmanlı, geri beslenmeli, danışmanlı öğrenme özelliğine sahip YSA yönteminin verdiği tahmini maliyetler diğer iki yöntemle göre daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Sonmez (2011), Amerika’da inşa edilen 20 adet huzurevinin projelerinden yararlanarak yapı maliyetlerinin tahmini için yapay sinir ağları (YSA) ve bootstrap yöntemlerini kullanmıştır. Yapılan çalışmada 2 adet parametreyi giriş verisi ve 11 adet veriyi ise çıkış verisi olarak kullanarak her iki yöntemle maliyet tahmini yapılmıştır. Çalışma neticesinde ön maliyet tahmininde YSA yönteminin diğer yöntemle göre daha uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir.

Korkmaz ve Uğur (2012) çalışmalarında yığma yapıların ön maliyet tahmini için Birim Fiyat ve Yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerini kullanmıştır. 21 adet aynı tip mimariye sahip projeden yararlanılmış ve yapı alanı, temel yapı karakteristikleri ve yapı dış boyutları ve yapı maliyeti veri olarak alınmıştır. Birim fiyat yöntemi ve YSA da tahmin edilen sonuçlar kıyaslanmış ve %5,87’lik hata oranı elde edilmiştir. YSA modeli gerçek maliyete yakın ve uygulanabilir değer vererek kullanılabilir yargısına varılmıştır.

Cho vd. (2013) çalışmalarında, 2004-2007 yılları arasında inşa edilen 96 adet ilköğretim okulunun projelerinden yararlanarak erken evrede inşaat maliyet tahmini için çok değişkenli Regresyon Analizi (RA) ve Yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerini kullanmışlardır. Her iki yaklaşım, tamamlanmış 96 projeye ait 6 parametreyi içeren veri setine uygulanmış ve YSA test örneklerinin ortalama hata oranı, RA test örneklerinin hata oranına göre daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak maliyet tahmininde her iki yönteminde başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Roxas ve Ongpeng (2014), Filipinlerde bulunan 30 adet binanın proje bilgileri alınarak inşaat projelerinin toplam yapısal maliyet tahmini için Birim Fiyat, Regresyon Analizi (RA) ve Yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerini kullanmıştır. Parametre olarak; Beton hacmi, kalıp alanı, kat sayısı, bodrum sayısı, taban alanı, takviye çeliğinin ağırlığı ve gerçek maliyet kullanılmıştır. 30 adet veri belli bir kural olmaksızın 3 gruba bölünmüştür. Bu gruplar %60 eğitim, performansın doğrulanması %20 ve %20 tamamen bağımsız ağ genelleme testi olarak değerlendirilmiştir. YSA da yapılan denemeler sonucunda 6-7-1 yapısı en iyi ağ yapısı olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak korelasyon sayıları şu şekildedir; %60 olan eğitimin 0,96812, %20 olan performansın doğrulanmasının 0,70199 ve son olarak %20 olan bağımsız ağ genelleme testinin değeri ise 0,9548 dir. Hata payı ise (MSE) $2,98 \times 10^{15}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bakılarak YSA da elde edilen değerlerin diğer yöntemlere göre daha gerçeğe yakın değerler verdiği belirtilmiştir.

Sueri ve Erdal (2021), kanalizasyon hattı maliyetlerinin ön tahmini için regresyon analizi yöntemi ile modeller geliştirmişlerdir. Modellerin geliştirilmesinde 182 adet kanalizasyon hattı projesine ait veriler kullanılmıştır. Geliştirilen tahmin modelleri içerisinde en başarılı sonucu bütün parametrelerin kullanıldığı $R^2=0,911$ korelasyon katsayısına sahip model vermiştir. Sonuçta, kanalizasyon boru hattı maliyetlerinin ön tahmininde RA yöntemlerinin gerçek maliyete oldukça yakın sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerinin ön tahmini için regresyon modelleri geliştirilmiştir.

3. BAKIM VE ONARIM

Aile ve Sosyal Hizmet Bakanlığı; ailenin bütünlüğünü korumak, parçalanmış ailelerin korunmaya, yardıma ve bakıma muhtaç fertleriyle çocuklarına her türlü maddî, manevî ve sosyal destek sağlamak; bu amaçla gerekli planlamaları yapmak, eğitim faaliyetlerinde bulunmak amacıyla kurulmuştur. Sosyal yardım amaçlı kurulan Aile ve Sosyal Hizmet Bakanlığı bünyesinde uzun zamandır kullanımda bulunan yaklaşık 2000 adet halka hizmet amacı ile kurulmuş yapı bulunmaktadır. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'na bağlı huzurevine ait görüntü Resim 3.1 ve çocuk evine ait görüntü ise Resim 3.2'de verilmiştir.



Resim 3.1. A. Kadir Üçyıldız huzurevi



Resim 3.2. Siirt çocuk evi

Yapı, yeraltında veya yer üstünde bulunan ve kullanıcıların sağlıklı, güvenli ve rahat bir şekilde yaşamını devam ettirebilmeleri için ilgili mühendis ve mimarlar tarafından tasarlanan tesislerin tümüdür.

Yapıların tasarımı; emniyet, estetik ve ekonomik olarak adlandırılan 3E kuralına göre yapılmaktadır. Projenin tasarım aşamasından bitimine kadar her sürecin mutlaka dikkatli bir şekilde planlanması gerekir. Öncelikli olan sıralama emniyet, ekonomi ve estetikdir. Yapının emniyet koşulunu sağlamadığı durumlarda ekonomi ve estetik koşullarına bakılmaksızın yapım süreci sona erer veya hiç başlatılmaz. Emniyet koşulunu sağladıktan sonra minimum bütçe ile dayanıklı ve göze hitap eden yapılar inşa edilmektedir.

İnşa edilen her binanın belli bir kullanım ömrü vardır. Ancak, yapıların bulundukları değişik coğrafi koşullar ve maruz kaldıkları dış etkenlerden dolayı zamanla kullanım ömürleri tükenmektedir. Yapılar dış etkilerin yanı sıra tasarım aşamasında veya yapım aşaması sırasında meydana gelen hatalardan olumsuz etkilenmekte ve yapıda zamanla farklı deformasyonlar oluşabilmektedir. Dış etkilerle birlikte yapının amacına uygun olarak kullanılmaması sonucunda binalarda bakım ve onarım ihtiyaçları oluşmaktadır.

Binalarda zamanla meydana gelen hasarlara karşı yapıyı korumak için hasarların neden kaynaklandığının belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Oluşan hasarlar genellikle tasarım aşamasında kaynaklanan kusurlar, uygulama aşamasında kaynaklanan kusurlar ve kullanımdan kaynaklanan kusurlar olarak 3 aşamada incelenebilir (Güzelçoban, 2007).

3.1. Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Kusurlar

Yapı inşasının ilk aşaması olan tasarım sürecinde, yapının amacına uygun olarak kullanılabilmesi ve kullanıcıların sağlıklı, güvenli ve rahat bir şekilde yaşamını devam ettirebilmeleri bakımında en önemli aşamadır. Bu süreçte yapılan hatalar veya öngörülemeyen durumlar ileride kalıcı hasar oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Güzelçoban, 2007).

Tasarım süreci kaynaklı hataları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Projenin ihtiyaçlar doğrultusunda hazırlanmaması

- Arazi koşullarının yetersizliği, yanlış zemin etüdü ve fizibilite eksikliği
- Teknik şartname, teknik bilgi ve doküman yetersizliği
- Malzeme bilgisi eksikliği, hatalı ürün seçimi veya seçilen malzemelerin iklim şartlarına uymaması
- Kullanılan malzemelerin birbirine uyumlu olmaması
- Dış etkenlere karşı alınan önlemlerin yetersizliği

Tasarım sürecinden kaynaklanan hataları gösteren örnekler Resim 3.3'te ve Resim 3.4'te verilmiştir.



Resim 3.3. Yanlış veya eksik detaylandırma



Resim 3.4. Yangın merdiveninin yanlış veya eksik detaylandırması

3.2. Uygulama Aşamasından Kaynaklanan Kusurlar

Yapı inşasının ikinci aşaması olan uygulama sürecinde, yapının amacına uygun olarak kullanılabilmesi için tasarlanan projenin faaliyete geçtiği aşamadır. Bu süreçte yapılan hatalar, genellikle işveren veya işçi tarafından yapılan hatalardır. Genellikle işin önemsenmemesinden ve denetim eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

Uygulama süreci kaynaklı hatalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Nitelikli eleman yetersizliği
- Teknik personel ve uygulayıcı arasında ki koordinasyon eksikliği
- Uygulama sürecinde denetim ve kalite kontrol yetersizliği
- Tasarım aşamasında kararlaştırılan imalatların eksik ya da hatalı uygulanması
- Planlanan süre ile uygulanma süresinin denk olmaması
- Montaj ve demontaj hataları

Uygulama aşamasından kaynaklı hataları gösteren örnekler Resim 3.5'te ve Resim 3.6'da verilmiştir.



Resim 3.5. Segregasyon sebebiyle hatalı kolon dökümü



Resim 3.6. Temelde su yalıtımından kaynaklı hatalar

3.3. Kullanımdan Kaynaklanan Kusurlar

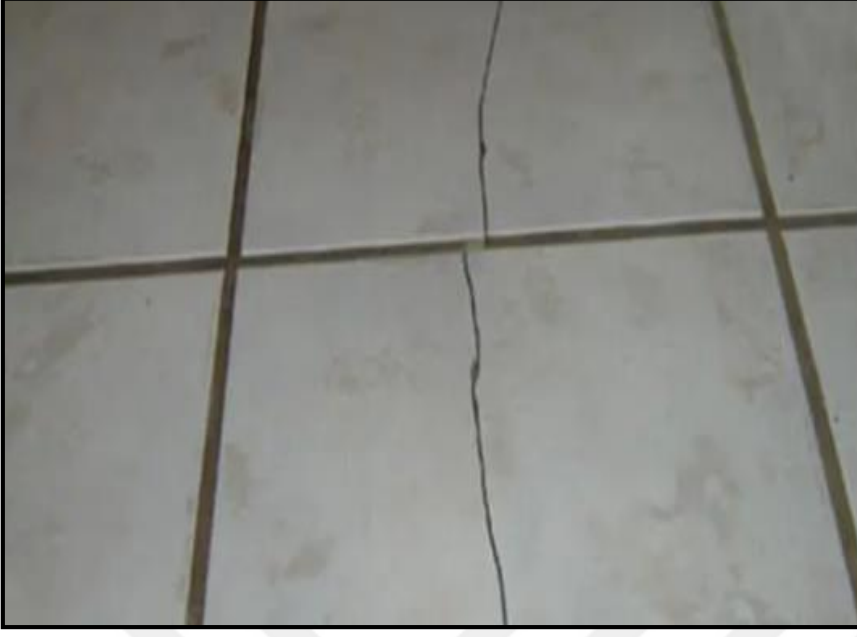
Kullanım süreci, tasarım ve uygulama aşamasının tamamen bitmesiyle başlayan süreçtir. Kullanıcıların yanlış kullanımı, bakım ve onarımın yetersizliği ya da hatalar, zamanla malzeme performansının azalmasına sebep olur. Bunun yanında ihtiyaçlar doğrultusunda yapıya yapılan eklemeler sonucunda da problemler ortaya çıkabilir. Resim 3.7’de kullanımdan kaynaklı kapı hasarı, Resim 3.8’de laminat parke hasarı ve Resim 3.9’da da seramik yer kaplaması hasarı gösterilmiştir.



Resim 3.7. Kullanımdan kaynaklı kapı hasarı



Resim 3.8. Kullanımdan kaynaklı parke hasarı



Resim 3.9. Kullanımdan kaynaklı seramik yer kaplaması hasarı



4. MALİYET TAHMİNİNDE KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

4.1. Regresyon Analizi (RA)

Birçok çalışma ve araştırma doğru sonuçlara ulaşabilmek için etkili yöntemlere ihtiyaç duyar. Bu yöntemler verilerin anlamlandırılmasında, analiz edilmesinde, yorumlanmasında ve karar vermede yol gösterme gibi aşamalarda kullanılır. İstatistik bilimi bu modellerin oluşturulmasında temel zemini oluşturur ve bu modellerin geliştirilmesinde çok önemli bir rol oynar.

Birçok istatistiki modele temel oluşturan regresyon tekniğinin tarihi, on dokuzuncu yüzyılın sonlarında İngiltere'ye, ünlü biyolog Charles Darwin'in kuzeni Francis Galton'a kadar uzanmaktadır. Boy özelliğinin bir nesilden diğerine nasıl geçtiğini anlamak için Galton, bireylerin boyları ve ebeveynlerinin boyları hakkında veri toplamıştır. Galton, bu bireyleri hem boylarına hem de ebeveynlerinin ortalama boylarına göre sınıflandıran sıklık tablolarını oluşturduktan sonra, uzun boylu insanların genellikle uzun ebeveynleri ve kısa boylu insanların genellikle kısa ebeveynleri olduğu gibi olağanüstü bir sonuca varmıştır. Sonuçlarını dayandırdığı verilere ait frekans dağılımı Çizelge 4.1'de verilmiştir (Allen, 1997; Galton, 1886).

Çizelge 4.1. Ebeveynlerin ortalama boyları ile yetişkin çocuklarının boylarının frekans dağılımı

Ebeveynlerin ortalama boyları (cm)	Yetişkin çocuklarının boyları (cm)				
	165	168-170	173-175	178-180	183
≥ 183	1	7	11	17	30
178-180	24	48	83	66	3
173-175	72	130	148	69	11
168-170	35	56	41	11	1
≤ 165	19	14	4	0	0

Ancak, bu verileri daha ayrıntılı olarak inceledikten sonra Galton, daha dikkat çekici bir sonuca varmıştır. Ebeveynleri uzun olan bireyler genellikle ortalamadan daha uzun, ancak genellikle ebeveynleri kadar uzun değillerdi. Tersine, kısa ebeveynleri olan bireyler genellikle ortalamadan daha kısaydı, ancak onlar da genellikle ebeveynleri kadar kısa

değildi. Galton, bu kalıtım modelini "ortalama gerileme" olarak adlandırmıştır. Bununla, boy gibi herhangi bir özellik açısından ortalamadan uzak olan ebeveynlerin, genellikle bu özellik açısından ortalamaya daha yakın olan çocukları olduğu kastedilmiştir. Ortalama gerileme ilkesi öne sürülürken, Galton yalnızca önemli bir genetik ilkesini keşfetmekle kalmamış, aynı zamanda, istemeden de olsa, gelişen istatistik alanı için çok önemli hale gelecek iki kavramı da ortaya koymuştur. İlk kavram, bireylerin boyları gibi bir nicel değişkenin değerlerini, ebeveynlerinin boyları gibi başka bir nicel değişkenin değerlerini kullanarak tahmin etmek için bir yöntem geliştirmiştir. Örneğin, ortalamada bir miktar gerileme olsa da, bireylerin boyları genel olarak ebeveynlerinin boylarıyla ilişkilidir. Galton, iki nicel değişken arasındaki böyle bir ilişkiyi tanımlamak için matematiksel bir fonksiyon geliştirmenin mümkün olması gerektiğini fark etmiştir. İkinci kavram, bu tür bir ilişkinin yasallığını veya düzenliliğini değerlendirmek için bir yöntem geliştirmiştir (Allen, 1997).

Basit regresyon ve korelasyon, bugün genel olarak regresyon analizinin özünü oluşturur. Genel olarak regresyon analizi, bir veya daha fazla değişkenin değerlerini kullanarak bir değişkenin değerlerini tahmin etmeye çalışan istatistiksel bir tekniktir. Geleneksel olarak, tahmin etmeye çalıştığımız değişkene bağımlı değişken denir ve bu değişkenin tahmincisi olarak kullandığımız değişkenlere de bağımsız değişkenler denir. Regresyon analizi hem bir ilişkinin biçimini hem de bir ilişkinin doğruluğunu aynı anda incelememizi ve istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını da anlamamızı sağlar. Regresyon analizinin gerçek faydası, birden fazla bağımsız değişken içeren ilişkileri inceleyen durumlarda ortaya çıkmaktadır. Çoklu regresyon analizi olarak bilinen bu teknik, bir bağımlı değişken ile birkaç bağımsız değişken arasındaki ilişkinin biçiminin ve doğruluğunun aynı anda tahmin edilmesini sağlar. Bunu yaparken, diğer bağımsız değişkenlerin etkilerini kontrol ederek bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi incelenebilir. Sonuç olarak, çoklu regresyon analizi, kategorik bağımsız değişkenleri kullanan varyans analizi ve kovaryans analizi gibi diğer istatistiksel tekniklerle ilişkili görevleri gerçekleştirebilir (Olive, 2017).

4.1.1. Basit regresyon modelleri ve lineer fonksiyonlar

Regresyon analizi tek bir temel varsayımdan hareket eder. Spesifik olarak bu teknik, en azından başlangıçta, analizdeki değişkenler arasındaki ilişkilerin "doğrusal" olduğunu varsayar. Örneğin, basit regresyon analizi, bir değişkenin en azından yaklaşık olarak başka bir değişkenin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edilebileceğini varsayar. En basit

doğrusal fonksiyon, yalnızca iki değişkeni, bir bağımlı değişkeni ve bir bağımsız değişkeni içeren bir fonksiyondur. Terminolojinin önerdiği gibi, bağımlı değişkenin değeri, bağımsız değişkenin değerine bağlıdır. Tersine, bağımsız değişkenin değeri, bağımlı değişkenin değerinden bağımsızdır. Kısacası, bağımsız değişken nedendir ve bağımlı değişken sonuçtur. Tamamen matematiksel bir perspektiften bakıldığında, regresyon analizi, bağımlı değişkenin değerlerinin, en azından yaklaşık olarak, bağımsız değişkenin değerlerinin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edilebileceğini varsayar. Doğrusal bir ilişki, bağımsız değişkendeki belirli bir değişiklik tarafından üretilen bağımlı değişkendeki değişikliğin sabit olduğu bir ilişkidir. İki değişken arasındaki değişim oranı sabit olmadığında, aralarındaki ilişki doğrusal değildir.

Basit bir doğrusal fonksiyon iki parametre içerir. Birincisi, b ile temsil edilen eğim katsayısı ve ikincisi, a ile temsil edilen kesişme noktasıdır. Sonuç olarak, x 'in gözlenen değeri cinsinden tahmin edilen y değeri için doğrusal fonksiyon Eş. 2.1 ile gösterilir (Allen, 1997).

$$\hat{y} = a + bx_i \quad (2.1)$$

Bu aynı denklem matris cebirinde aşağıdaki gibi temsil edilebilir:

$$\hat{y} = ua + xb \quad (2.2)$$

Doğrusal fonksiyonun sadece y 'nin "tahmin edilen" değerlerini verdiğini belirtmek için y üzerinde "şapka" vardır. Ampirik verilerin kullanıldığı hemen hemen her durumda, y 'nin bu tahmin edilen değerleri ile y 'nin karşılık gelen gözlenen değerleri arasında bir miktar farklılık olacaktır. Bu lineer fonksiyon hakkında bilinmesi gereken en önemli parametrelerden biri, eğim katsayısı olan b 'nin değeridir. Doğrusal bir fonksiyonun eğim katsayısı, x 'teki belirli bir değişiklik ile ilişkili y 'deki değişim oranını ölçer ve Eş. 2.3 ile ifade edilir.

$$b \approx \frac{\Delta y}{\Delta x} \approx \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i} \quad (2.3)$$

Eş. 2.1 ile elde edilen değerler birer tahmin değeri olduğu için gerçek değerler ile arasında farklılıklar olacaktır. Bir gözleme ait değerlerin elde edildiği y değeri Eş. 2.4 ile ifade edilir.

$$y = a + bx + \varepsilon \quad (2.4)$$

Bu eşitlikte ϵ olarak ifade edilen parametre rastgele hata değeri olup bu değerlerin her bir örneklem için birbirinden bağımsız olduğu kabul edilir.

4.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları, insanlarda bulunan nöronların öğrenme yetisini dijital ortamda taklit ederek çok sayıdaki bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiyi (çoğunlukla doğrusal olmayan davranış) öğrendiği pratik bir metottur.

Yapay sinir ağlarına dayalı yeni bilgi işlem modelleri arayışı, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerden yararlanarak doğal görevleri çözme arayışımızdan ilham almaktadır. Yapay zekadaki gelişmeler umut verici gözükse de konuşma, görme ve doğal dil işleme gibi gerçek dünyadaki akıllı görevlere uygulandığında tam olarak insan algısındaki performansı gösterememektedir. Problem çözmeye yönelik algoritmik yöntemlerde olduğu gibi, tekniklerin açık bir şekilde belirtilmesi ve verilen problemin tekniklerin uygulanabilmesi için uygun bir forma uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Örneğin, buluşsal arama yöntemlerini uygulamak için, problemin bir arama problemi olarak haritalanması gerekir. Aynı şekilde, kural tabanlı bir yaklaşım kullanarak bir problemi çözmek için kuralların açıkça belirtilmesi gerekir. Bilim adamları, biyolojik sinir ağlarından ilham alan bilgi işlem modellerinin, doğal görevlerde ortaya çıkan sorunları çözmek için yeni yönler sağlayabileceğini ummaktadır. Özellikle, sinir ağlarının giriş verilerinden ilgili özellikleri çıkarması ve görevi gerçekleştirme kurallarını açıkça belirtmeden örnekleri öğrenerek bir örüntü tanıma görevi gerçekleştirmesi hedeflenmektedir.

4.2.1. YSA tasarım prensipleri

Yapay sinir ağları (YSA)'nın temel ilkeleri ilk olarak 1943 yılında McCulloch ve Pitts tarafından beş varsayımla formüle edilmiştir.

- i. Bir nöronun (YSA) aktivitesi ya hep ya hiçtir.
- ii. Bir nöronun uyarılması için belirli bir sinirsel ekleme aralığı içinde 1'den büyük belirli bir sabit sayıda sinaps uyarılmalıdır.
- iii. Sinir sistemi içindeki tek önemli gecikme sinaptik gecikmedir.

- iv. Her hangi bir inhibitör sinapsın aktivitesi, o sırada nöronun uyarılmasını kesinlikle engeller.
- v. Ağın bağlantı yapısı zamanla değişmez.

Yukarıdaki varsayım (i) ile, nöron bir ikili elemandır. Bunlar tarihsel olarak en eski sistematik ilkeler olsa da hepsi günümüzün en gelişmiş YSA tasarımı için geçerli değildir.

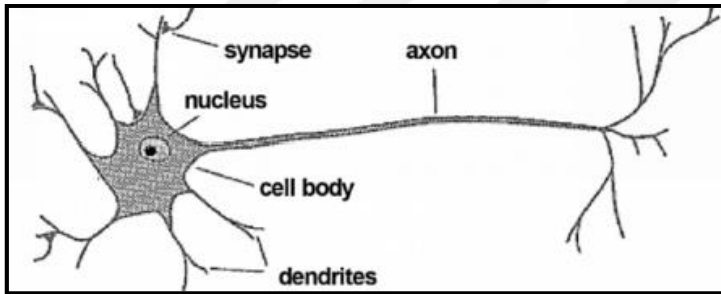
- vi. Donald Hebb'e (1949) bağlı Hebbian Öğrenme Yasası (Hebbian Kuralı) da yaygın olarak uygulanan bir ilkedir. Hebbian Öğrenme Yasası şunları belirtir: "A hücresi, B hücresini uyarmak için yeterince yakın olduğunda ve A, B'nin aktivasyonunda tekrar tekrar ve ısrarla yer aldığı anda, bu hücrelerden birinde veya her ikisinde bazı büyüme süreçleri veya metabolik değişiklikler meydana gelir, öyle ki A hücresinin etkinliği Hebb (1949) artar" (yani, A hücresinin çıktısının B hücresinin yukarıdaki aktive etme katkısının ağırlığı artar).
- vii. İlişkisel Bellek İlkesi Longuet-Higgins (1968), bir grup nörona girilen bir bilgi vektörü, belirli bir nöronun girişindeki ağırlıkları, girdiği bir dizi nöronda değiştirebilir ve kodlanmış girdiye daha yaklaştırabilir.
- viii. Kazanan Her Şeyi Alır İlkesi Kohonen (1984), aynı girdi vektörünü alan bir dizi N nöronda yalnızca bir nöronun aktive edileceğini belirtir ve bu nöron, ağırlıkları verilen girdi vektörüne en iyi uyan nörondur. Bu ilke, işi yalnızca bir nöronun yapabileceği durumlarda çok sayıda nörondan aktive edilmeyi önler. Yukarıdaki ilişkisel bellek ilkesi (vii) ile yakından ilişkilidir.

Hem ilişkisel bellek ilkesi hem de kazanan her şeyi alır ilkesi esasen biyolojik sinir ağında mevcuttur. Örneğin, retinadan gelen ve görsel kortekste yer alan aynı ve çok özel küçük nöron grubuna ulaşan kırmızı ışıklı bir görsel sinyal için yeni doğmuş bir bebekte, başlangıçta "kırmızı" ışık sinyali spesifik olmayan bir nörona bağlanabilir (ağırlıkları başlangıçta rastgele ayarlanmış, ancak "kırmızı" sinyalin koduna daha yakındır). Yalnızca bu alıcı nöronda tekrarlanan depolama, verilen "kırmızı" ışık sinyaline daha iyi yaklaşmak için kodunu değiştirecektir.

Beyinlerimiz, nöronlar olarak bilinen yaklaşık 10 milyar beyin hücresi tarafından inşa edilmiştir ve toplamda 60 trilyondan fazla bağlantıya sahiptir. Her nöron, girdi almaktan (diğer nöronlardan sinyal) ve bir çıktı yaymaktan (yine diğer nöronlara sinyaller) oluşan

nispeten basit bir işleve sahiptir. 10 milyar hücre birbirine bağlandığında, nihai sonuç, herhangi bir süper bilgisayardan farklı olarak inanılmaz derecede karmaşık ve sofistike bir işlem birimi ortaya çıkar. Her bir nöronun işlevi ve bağlantısı sürekli değişir, uyaranlara yanıt verir ve çevrelerine uymayı öğrenirler. Özünde, beyinler inşa edilmez veya elde edilmezler, eğitilirler.

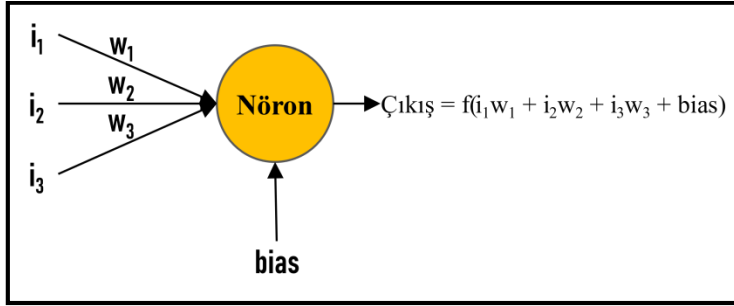
Anlaşılabileceği gibi, nöronların bir ana gövdesi ve iki dallı bağlantı kümesi vardır: giriş yapısı (dendritler) ve çıkış yapısı (akson). Aksonlar, sinaps yoluyla diğer nöronların dendritlerine bağlanır ve böylece bir bağlantı oluşturur. Sinyaller nöronlar arasında elektrokimyasal sinyaller şeklinde iletilir. Bir nöron önce dendrit yoluyla hücre gövdesine bir sinyal alır, sinyal çekirdek tarafından işlenir, değiştirilir ve değerlendirilir. Ancak nöron, yalnızca giriş sinyalleri kısa bir süre içinde (yani eşik) belirli bir miktarı aşarsa etkinleştirilecektir. Bu miktara ulaşırsa nöron aktive olur ve aksonlar aracılığıyla bağlı nöronlara bir sinyal gönderir. Nöronlar bu şekilde birbirine bağlanır ve bilgi alışverişinde bulunurlar (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Nöron hücre yapısı

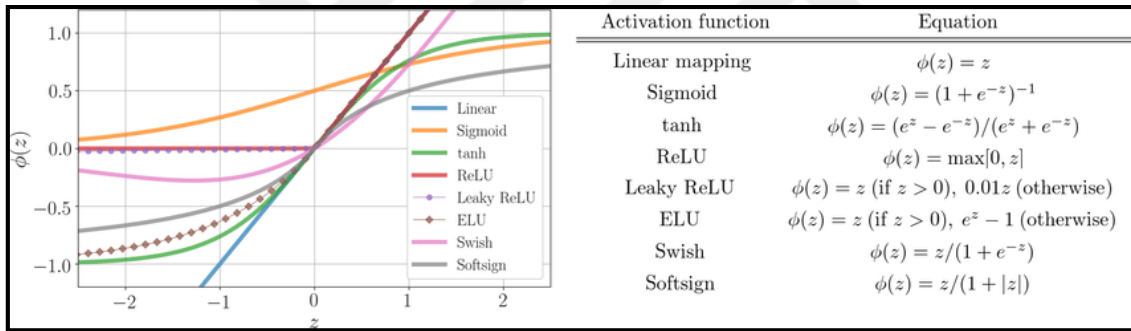
Nöronlar matematiksel olarak taklit edilebilir. Bu durumda bir yapay sinir yapısı oluşturulmuş olunur. Bu yapay hücrelerin çıktıları üç ana faktör ile hesaplanır;

- i. Giriş sinyalleri, doğrudan komşu nöronlardan gelir.
- ii. Ağırlıklar, her nöronun benzersiz olarak giriş sinyallerine uyguladığı ağırlık faktörüdür.
- iii. Bias (yanlama), nöronlar için benzersiz ve çıkışa etkisi olan bir değerdir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yapay nöron yapısı

Çıktının, tüm ağırlıkların basit toplamı olmadığına dikkat edilmesi gerekmektedir. Toplam, bir aktivasyon fonksiyonuna girmelidir. Bu fonksiyon aktivasyon fonksiyonu olarak tanımlanır ve çözülmek istenen problemin karmaşıklığına göre değişik türde fonksiyonlar kullanılabilir. Yapay sinir ağlarında kullanılan birçok aktivasyon fonksiyonu vardır ve bunlardan en sık kullanılanları aşağıda Şekil 4.3'te verilmiştir (Fukami ve diğerleri, 2020);



Şekil 4.3. Yapay sinir ağlarında kullanılan aktivasyon fonksiyonları

Her bir aktivasyon fonksiyonu belirli bir tanım ve değer kümesine sahiptir ve eğrisellikleri belirli bir aralıktadır (genellikle -1,+1). Bu fonksiyonların öğrenme davranışına etkisi yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Fukami ve diğerleri, 2020). Bu yüzden aktivasyon fonksiyonuna gelen bilgiler belirli bir aralıkta gelmelidir. Aksi takdirde öğrenme yerine ezberleme yapılmış olur. Bunu sağlamak için istatistik olarak veri setinin belirli bir aralığa indirgenmesi, normalize edilmesi gerekir. Öğrenilecek olguya ait veriler çok çeşitli olabilir. Örneğin giriş parametrelerinden birisi cinsiyeti belirten iki seçenekli bir veri tipi olabilirken bir başka giriş parametresi yıllık kazancı belirten sayısal bir değer olabilir. Benzer bir şekilde bir başka parametre ise eğitim durumu (birden fazla seçenek) olabilir. Bu bilgiler öğrenme ağına girerken kendi içlerinde normalize edilmelidir. Nitel ifadelerde çeşitli ön işleme adımları ile nicel ifadelere çevrilebilirler (Türker ve Kanit, 2020).

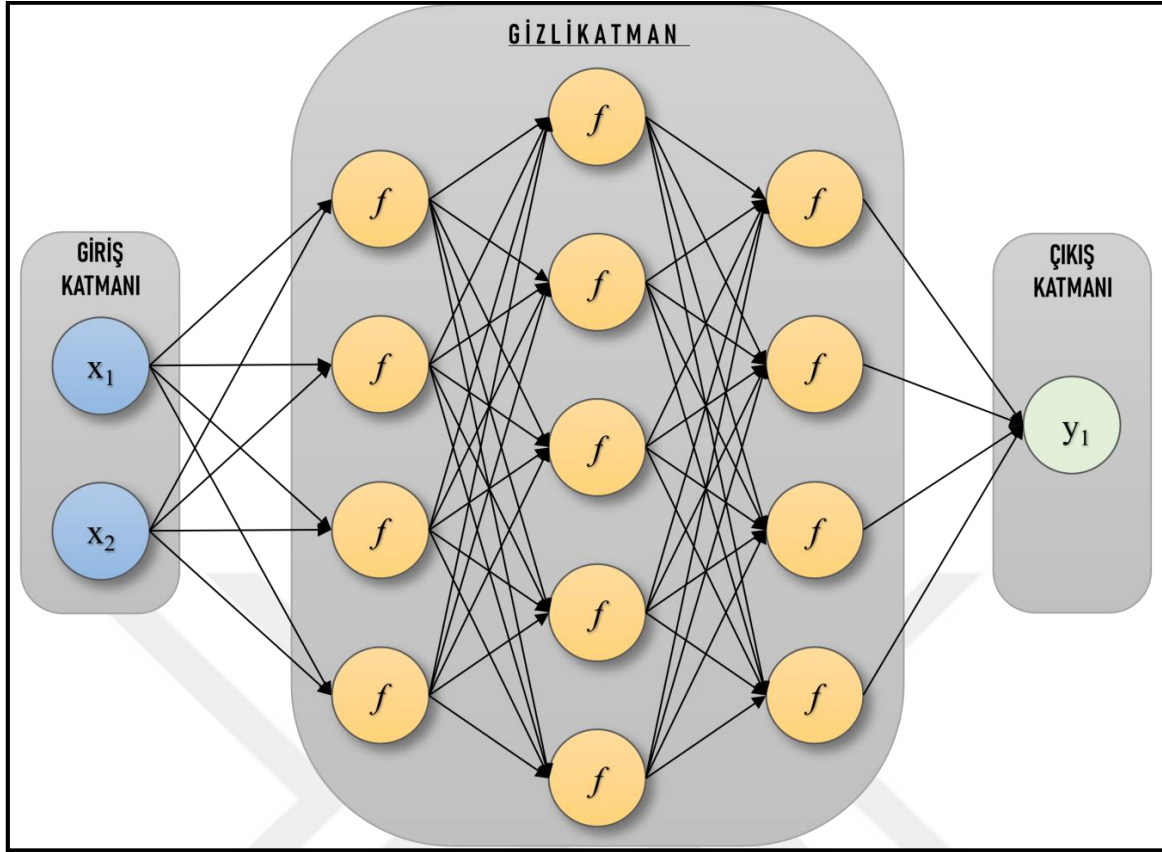
Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar (Multilayer Feed forward Networks, MFN), açık ara en yaygın olarak kullanılan Sinir Ağı mimarisidir. MFN'ler, önemli hesaplama gücü ve bilişsel yetenekler gerektiren karmaşık problemleri çözmek için kullanılırlar. Fakat bu çözümleme sadece bir nöron kullanılarak elde edilemez. MFN'ler katmanlar halinde düzenlenmiş çok sayıda yapay nöron kullanılarak oluşturulur (Maynard, 2020).

Bu katmanlar şunlardır;

- i. Giriş katmanı: Bu katmanlar, ağa giriş verilerini ve başlangıç koşullarını getirir.
- ii. Gizli katman: bu nöronlar tipik olarak verilerdeki benzersiz ve istatistiksel özelliklere dayalı olarak sınıflandırma gerçekleştirir. Aşırı karmaşıklık veya hesaplama açısından yoğun optimizasyon prosedürleri gerektirmeden çoğu sorunu çözmek için genellikle iki gizli katman yeterlidir.
- iii. Çıktı katmanı: Ağ içindeki tüm hesaplamaların sonucu bu nöronlar aracılığıyla dış dünyaya sunulur. MFN ağ yapısını gösteren 2 giriş hücreli, 3 gizli katmanlı (13 hücre) ve tek hücreli çıkış katmanına ait ağ yapısı Şekil 4.4'te verilmiştir.

Bu mimarinin temel özellikleri şunlardır:

- Bilgi yalnızca bir yönde hareket eder (girişte gizli katmandan girer ve çıktı sonuçları yalnızca çıktı katmanı tarafından yayınlanır).
- Aynı katmanındaki nöronlar birbirine bağlı değildir.
- Genel ağ üzerinde büyük bir etkisi olmadan hesaplama karmaşıklığını kolayca değiştirmek için gizli katmanlar eklenebilir veya kaldırılabilir.



Şekil 4.4. MFN ağ yapısını gösteren 2 giriş hücreli, 3 gizli katmanlı (13 hücre) ve tek hücreli çıkış katmanına ait ağ yapısı

İlk olarak bir sinir ağı kurulurken, 'boş' nöronlar düzenlenir. Bunların rastgele ağırlıkları ve bias değerleri vardır. Açıkçası bu ilk ağ, sorunları çözmek için kullanılamaz. Ancak, ağı eğitim verileriyle eğiterseniz ve öğrenme algoritmalarını uygularsanız, ağ sorunu çözmeyi öğrenecektir. Yeni formüller girmenize, herhangi bir kodu yeniden programlamanıza veya takip ve hata parametresi ayarlaması yapmanıza gerek yoktur. Sinir ağı, işlevselliğini probleminize göre uyarlayacaktır. Bir sorunu çözmek için bir ağı eğitmek, minimum beceri ve çaba gerektirir, yani yeterince büyük eğitim veri kümeleri ve zamana ihtiyaç vardır.

Geri yayılım (backpropagation), YSA'nın öğrenmek için kullandığı en yaygın algoritmadır. Tüm modern ağların kritik bir bileşenidir. Yaygın ve basit uygulamaları için temeldir. Bu algoritma denetimli eğitime dayanmaktadır. Geri Yayılım, denetimli bir öğrenme algoritması olduğundan, örnekleriniz girdi verilerini ve doğru çıktı çözümünü içermelidir. Girdi verileri, girdi katmanı ve gizli katman tarafından işlenir. Sinyal bu katmandan geçerken, her nöron bireysel ağırlıklara ve biasa dayalı fonksiyonlar uygular. Sonuç, çıktı katmanında bulunan son nöronlar tarafından üretilir. Her girdi seti için geri yayılım

algoritması gerçek çıktı ile beklenen çıktıyı karşılaştırır. Bu iki değer uyuşmuyorsa, ağda bir hesaplama hatası var demektir. Bu durum hata fonksiyonu kullanarak ölülebilir. Kullanılan en yaygın hata fonksiyonu, ortalama kareler hatasıdır. Hata değeri hesaplandıktan sonra, her bir nöronun ağırlıkları ve bias değerleri kademeli olarak değiştirilir. İlk olarak, çıktı katmanındaki ağırlıklar ve bias değerleri ince ayar yapılır, geriye doğru gizli katmanlara ve son olarak da girdi katmanına işlenir. Bu nedenle öğrenme algoritmasına 'Geri yayılma' adı verilir. Ayarlama son katmanda başlar ve kademeli olarak ağa geri yayılır. Her yeni ağırlık ve sapma ile ağın hesaplamaları tekrarlanır ve yeni hata incelenir. Tüm bu yinelemeler boyunca geri yayılımın tek bir amacı vardır: Bu da hata fonksiyonunu en aza indirmektir (Maynard, 2020).



5. ANALİZLER VE BULGULAR

5.1. Verilerin Toplanması

Çalışma kapsamında, huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerinin ön tahmini için 50 adet huzurevi ve çocuk evi binalarına ait projeler ele alınmıştır. Ele alınan projelerin metraj, yaklaşık maliyet, mahal listesi ve bilgi kartı verileri temin edilmiştir. Elde edilen projeler üzerinden huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyeti çıktı değişkenini etkileyebilecek; bina oturma alanı (m²), kullanım süresi (yıl), kat sayısı (adet) ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı (adet) parametreleri seçilmiştir. Seçilen parametreler ve değişim aralıkları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Analizler için seçilen parametreler ve değişim aralıkları

Parametre	En Büyük Değer	En Küçük Değer
Gerçek Maliyet (TL)	403.000,00	18.000,00
Bina Oturma Alanı (m ²)	7.825,00	150,00
Kullanım Süresi (yıl)	38	7
Kat Sayısı (adet)	9	1
Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)	220	45

5.2. Çalışmada İzlenen Yol

Bu çalışmada, huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerini belirlemek için gerçek maliyet değerleri ve belirlenen parametrelerden yararlanarak RA ve YSA yöntemleri ile modeller geliştirilmiş ve tahminler yapılmıştır. Modellerin geliştirilmesinde SPSS Statistics 25 yazılımı kullanılmıştır. Yapılan bu tahminler, huzurevi ve çocuk evi binalarının gerçek maliyetleri ile karşılaştırılmış ve etkileşim ilişkileri değerlendirilmiştir. RA ve YSA yöntemleri ile yapılan en iyi tahminler birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

5.3. Regresyon Analizi İle Geliştirilen Tahmin Modelleri

Huzurevi ve çocuk evi binalarına ait projeler üzerinden hızlı bir şekilde belirlenebilen bina oturma alanı (m²), kullanım süresi (yıl), kat sayısı (adet), binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı (adet) değişkenleri kullanılarak huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım

maliyeti ön tahmini için tek değişkenli ve çok değişkenli RA yapılarak modeller geliştirilmiştir.

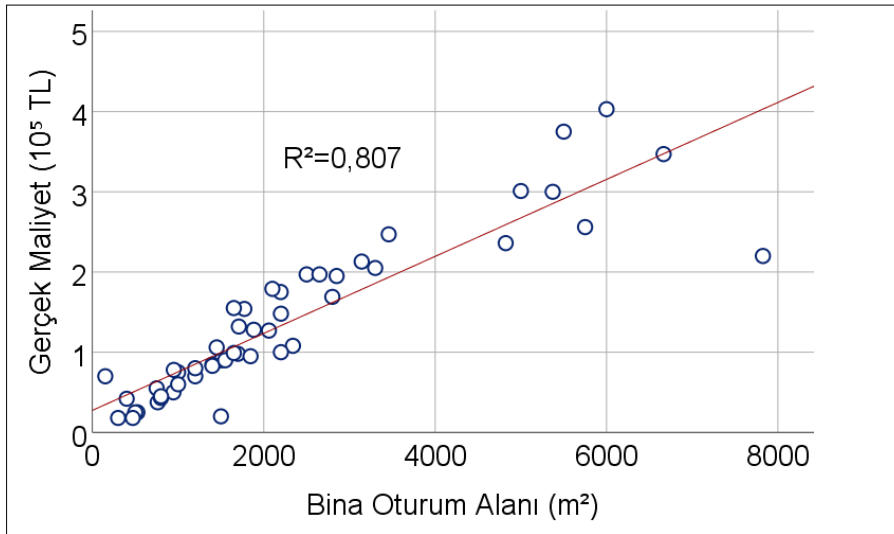
5.3.1. Tek değişkenli doğrusal regresyon analizleri

Bina oturum alanı – Maliyet ilişkisi

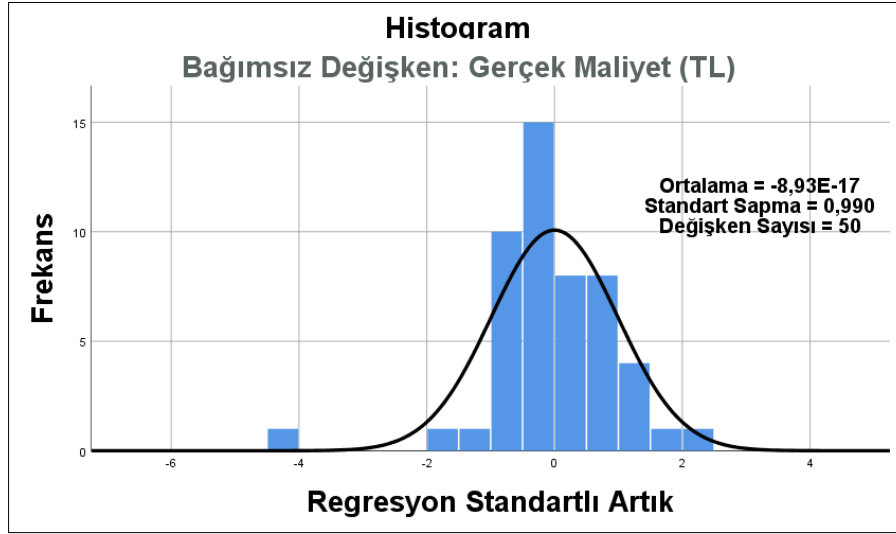
Bina oturum alanı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.1’de gösterilmiştir. RA sonucunda ortaya çıkan regresyon denklemi Eş. 5.1’de ortaya konulmuş ve $R^2=0,807$ olarak tespit edilmiştir. Eş. 5.1’de, “A” parametresi bina oturum alanını (m^2), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = 27539,078 - 47,992 \times A \quad (5.1)$$

Bina oturum alanı ve gerçek maliyet arasında gerçekleşen tek değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Şekil 5.2 incelendiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmektedir. Dolayısıyla bina oturum alanı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir

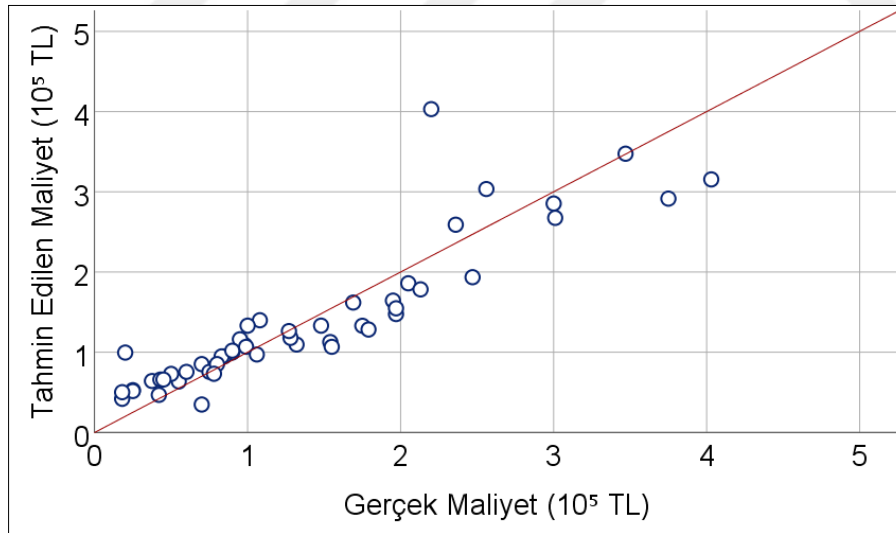


Şekil 5.1. Bina oturum alanı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.2. Bina oturma alanı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.3'te verilmiştir. Şekil 5.3 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini nispeten yakın bir şekilde tahmin ettiği görülmüştür.



Şekil 5.3. Bina oturma alanı ile tahmin edilen maliyet değerleri – gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

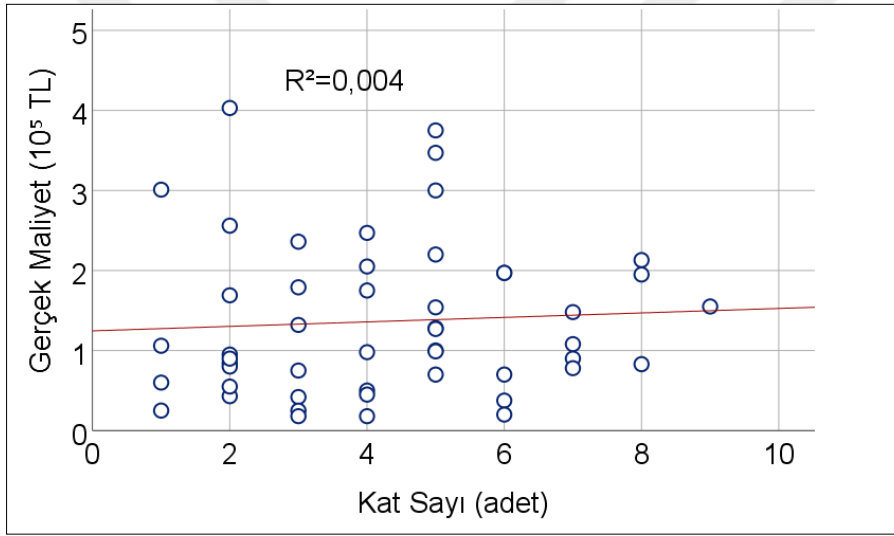
Kat sayısı – Maliyet ilişkisi

Kat sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.4'te gösterilmiştir. RA sonucunda ortaya çıkan regresyon

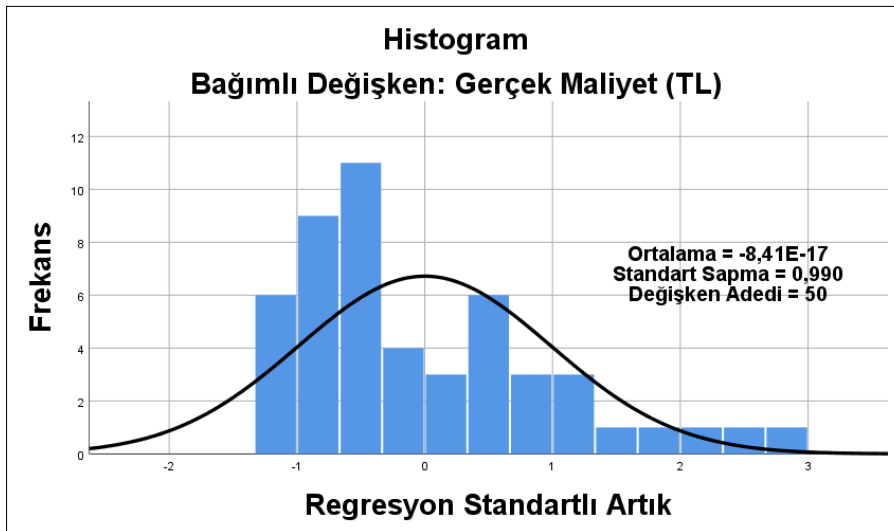
denklemini Eş. 5.2’de ortaya konulmuş ve $R^2=0,004$ olarak tespit edilmiştir. Eş. 5.2’de, “K” parametresi kat sayısını (adet), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = 124607,670 - 2799,842 \times K \quad (5.2)$$

Kat sayısı ve gerçek maliyet arasında gerçekleşen tek değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.5’te gösterilmiştir. Şekil 5.5 değerlendirildiğinde hatalar normal dağılıma uygun olarak dağılmamıştır. Dolayısıyla kat sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça zayıftır.

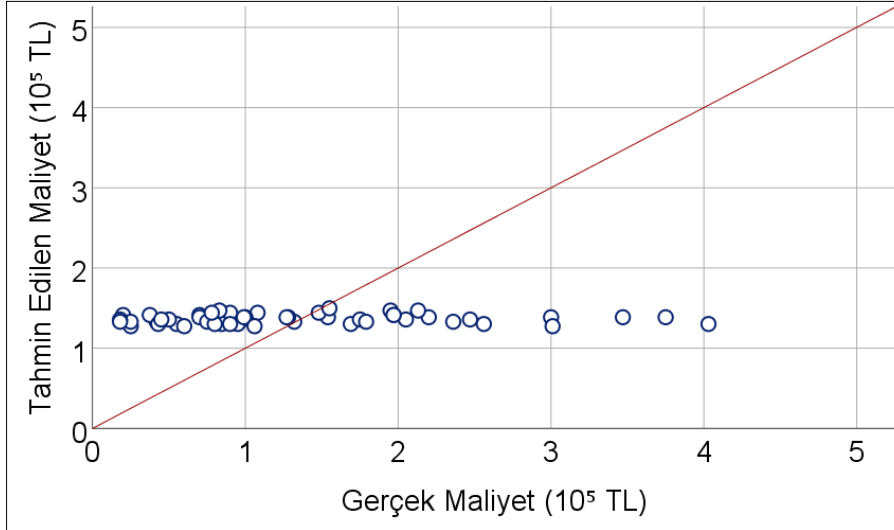


Şekil 5.4. Kat sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.5. Kat sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.6’da verilmiştir. Şekil 5.6 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplanmadığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça düşük bir oranda tahmin ettiği görülmüştür.



Şekil 5.6. Kat sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri – gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

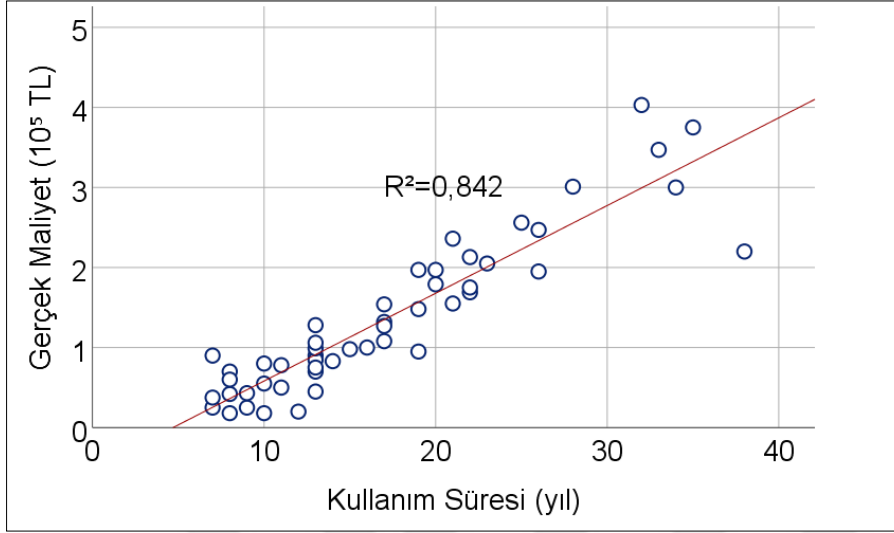
Kullanım süresi – Maliyet ilişkisi

Kullanım süresi ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.7’de gösterilmiştir. RA sonucunda ortaya çıkan regresyon denklemi Eş. 5.3’te ortaya konulmuş ve $R^2=0,842$ olarak tespit edilmiştir. Eş. 5.3’te, “Z” parametresi kullanım süresini (yıl), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

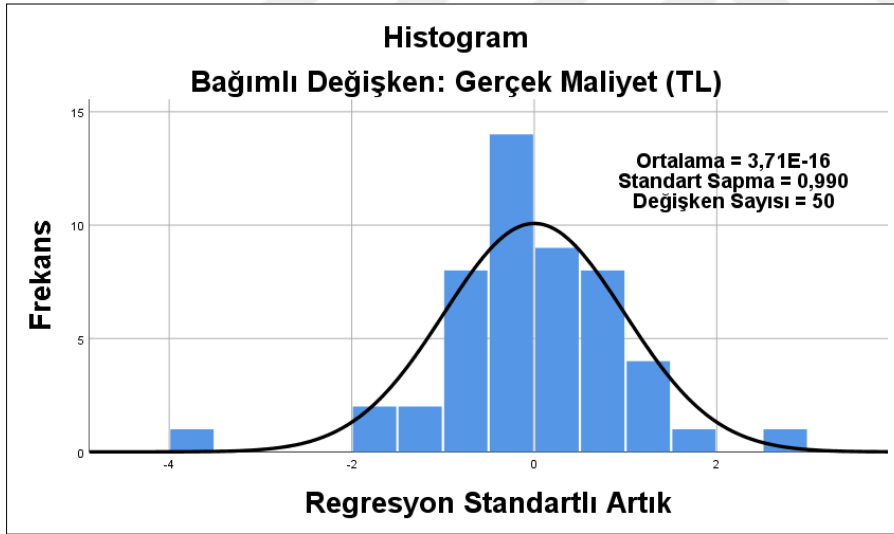
$$TM = -51367,387 - 10959,533 \times Z \quad (5.3)$$

Kullanım süresi ve gerçek maliyet arasında gerçekleşen tek değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Şekil 5.8 değerlendirildiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmektedir. Dolayısıyla kullanım süresi ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü iyi denilebilecek bir seviyededir. Yapılan tek değişkenli doğrusal RA’lar içinde en

yüksek regresyon katsayısını veren, gerçek maliyeti en iyi tahmin eden analiz, kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında yapılan analizde olmuştur.

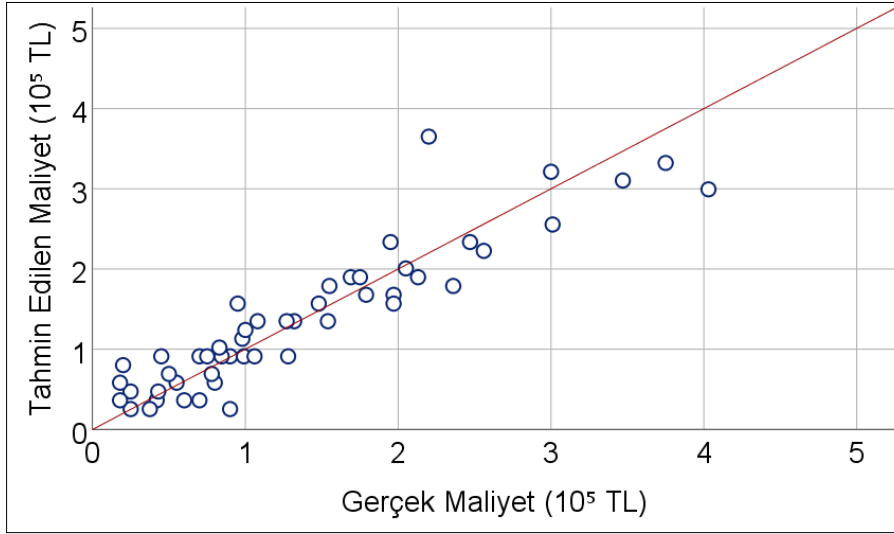


Şekil 5.7. Kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.8. Kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.9’da verilmiştir. Şekil 5.9 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini nispeten yakın bir şekilde tahmin ettiği görülmüştür.



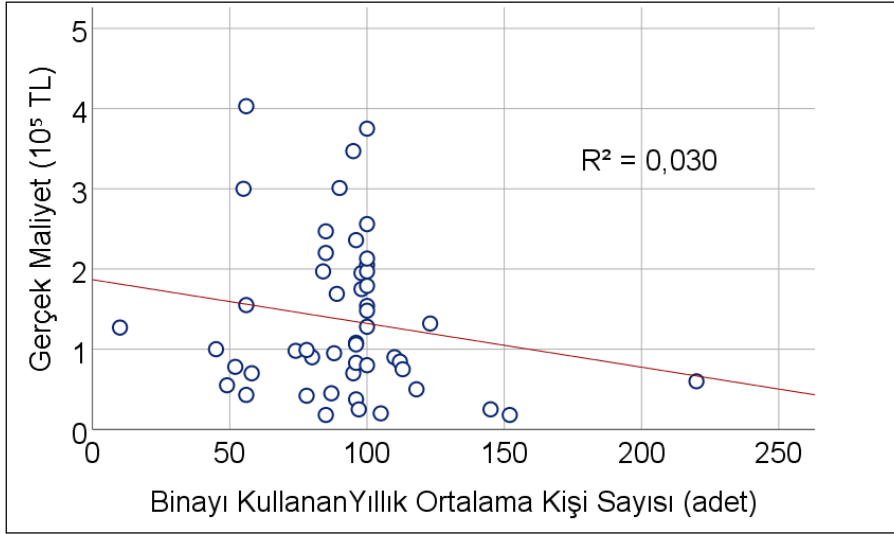
Şekil 5.9. Kullanım süresi ile tahmin edilen maliyet değerleri – gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı – Maliyet ilişkisi

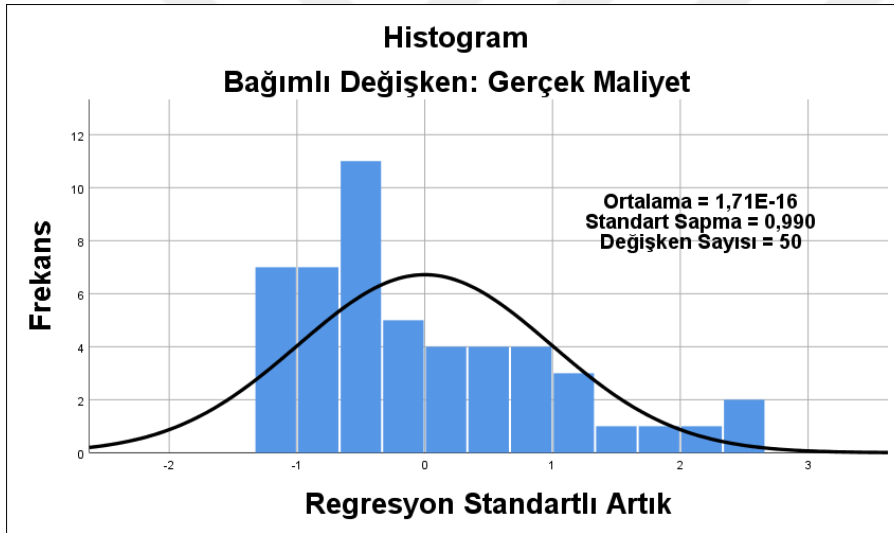
Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.10’da gösterilmiştir. RA sonucunda ortaya çıkan regresyon denklemi Eş. 5.4’te ortaya konulmuş ve $R^2=0,030$ olarak tespit edilmiştir. Eş. 5.4’te, “Y” parametresi binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısını (adet), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = 186673,191 - 545,470 \times Y \quad (5.4)$$

Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve gerçek maliyet arasında gerçekleşen tek değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.11’de verilmiştir. Şekil 5.11 değerlendirildiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağılmamıştır. Dolayısıyla binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça zayıftır.

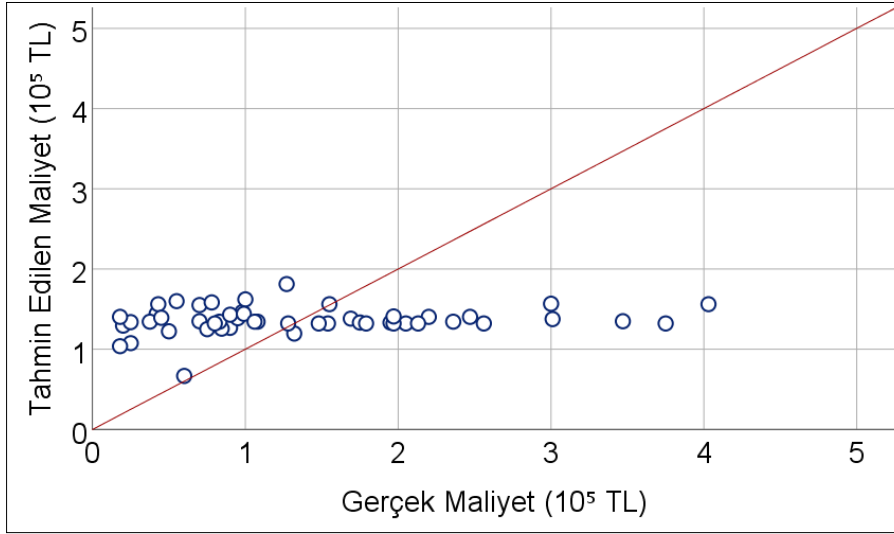


Şekil 5.10. Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.11. Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.12’de verilmiştir. Şekil 5.12 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplanmadığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça düşük bir oranda tahmin ettiği görülmüştür.



Şekil 5.12. Binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

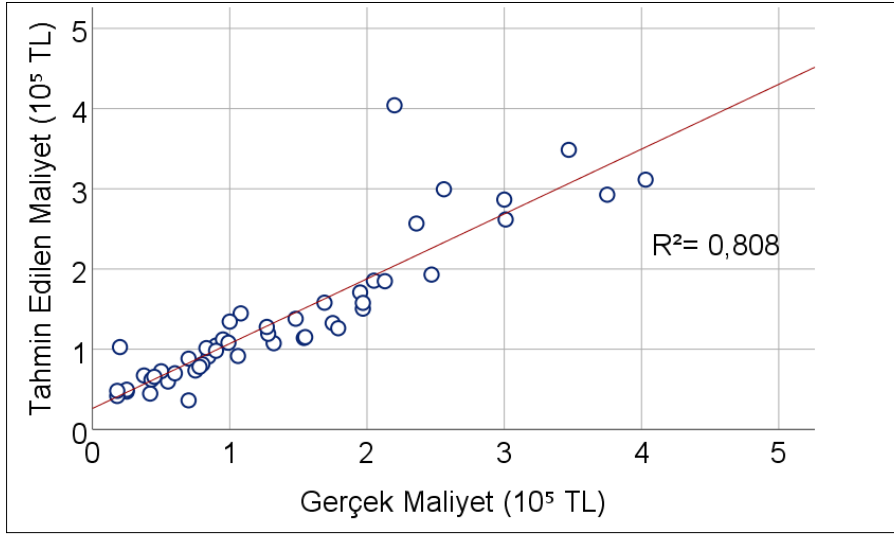
5.3.2. İki değişkenli lineer regresyon analizleri

Bina oturum alanı ve kat sayısı – Maliyet ilişkisi

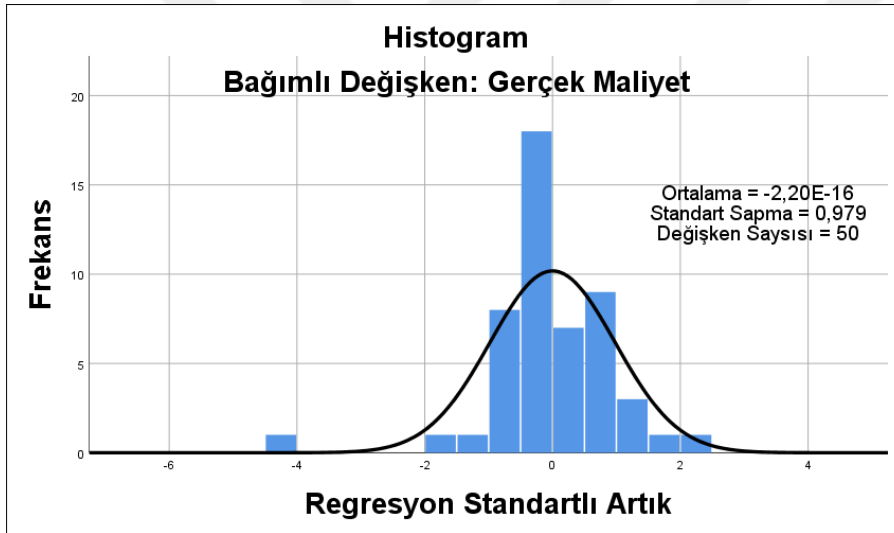
Bina oturum alanı ve kat sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.13'te verilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.5'te gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,808$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.5'te, “A” parametresi bina oturum alanını (m^2), “K” parametresi kat sayısını (adet), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = 20269,320 - 47,940 \times A - 1742,326 \times K \quad (5.5)$$

Bina oturum alanı ve kat sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen iki değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.14'te gösterilmiştir. Şekil 5.14 değerlendirildiğinde hatalar normal dağılıma uygun olarak dağılmıştır. Dolayısıyla bina oturum alanı ve kat sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

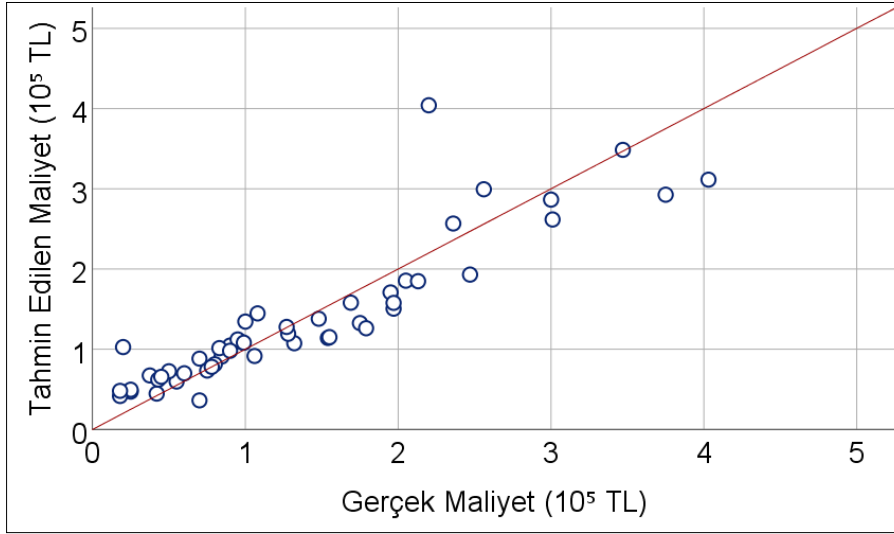


Şekil 5.13. Bina oturum alanı ve kat sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.14. Bina oturum alanı ve kat sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.15'te verilmiştir. Şekil 5.15 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



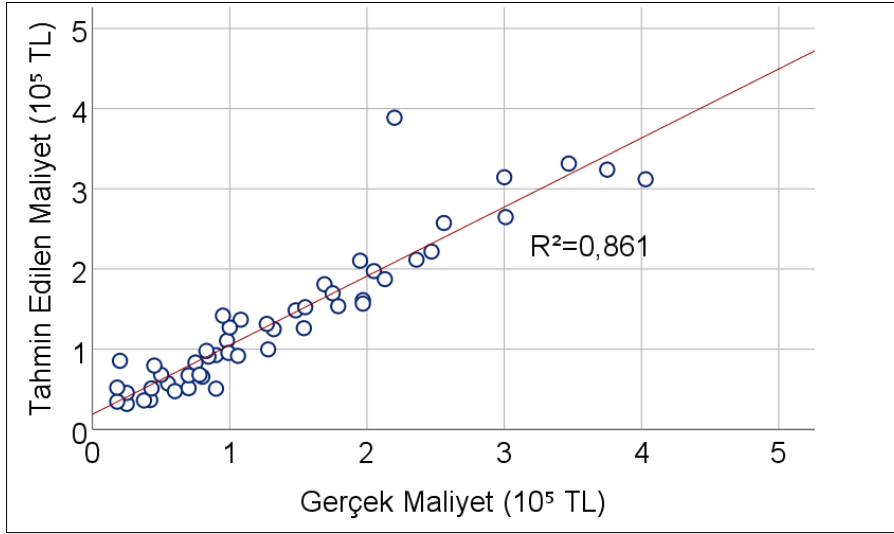
Şekil 5.15. Bina oturum alanı ve kat sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Bina oturum alanı ve kullanım süresi – Maliyet ilişkisi

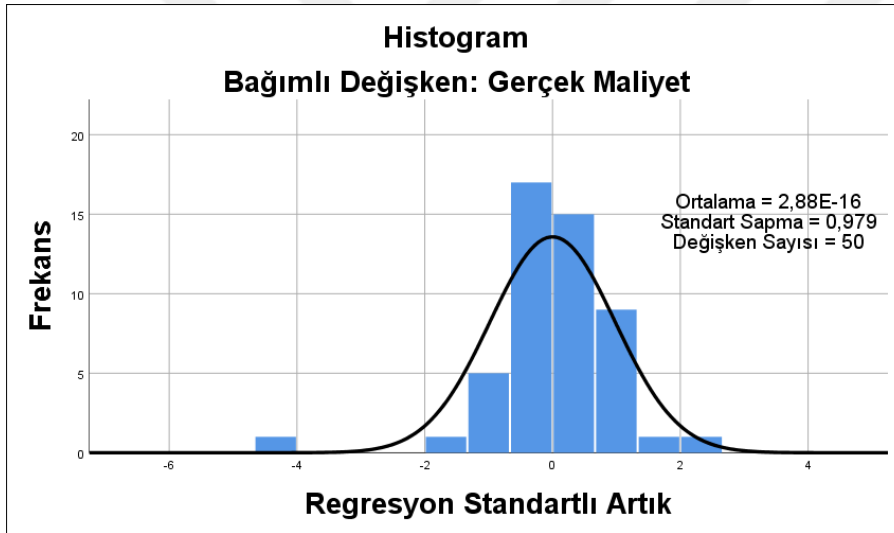
Bina oturum alanı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.16’da gösterilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.6’da gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,861$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.6’da, “A” parametresi bina oturum alanını (m^2), “Z” parametresi kullanım süresini (yıl), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = - 27893,629 + 18,667 \times A - 1771,867 \times Z \quad (5.6)$$

Bina oturum alanı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen iki değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.17’de gösterilmiştir. Şekil 5.17 değerlendirildiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmüştür. Dolayısıyla bina oturum alanı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir. Yapılan iki değişkenli doğrusal RA’lar içerisinde en yüksek regresyon katsayısını veren, gerçek maliyeti en iyi tahmin eden analiz bina oturum alanı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında yapılan analiz sonucunda ortaya çıkmıştır.

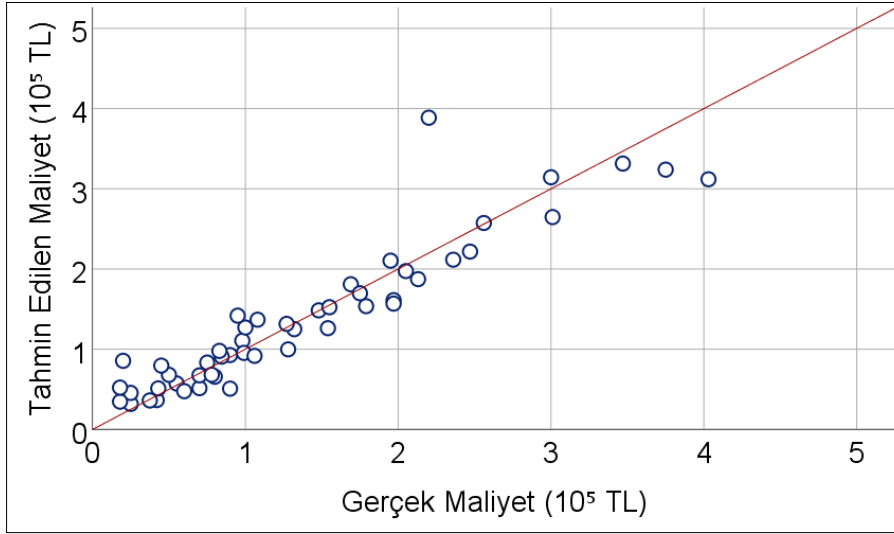


Şekil 5.16. Bina oturum alanı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.17. Bina oturum alanı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.18’de verilmiştir. Şekil 5.18 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



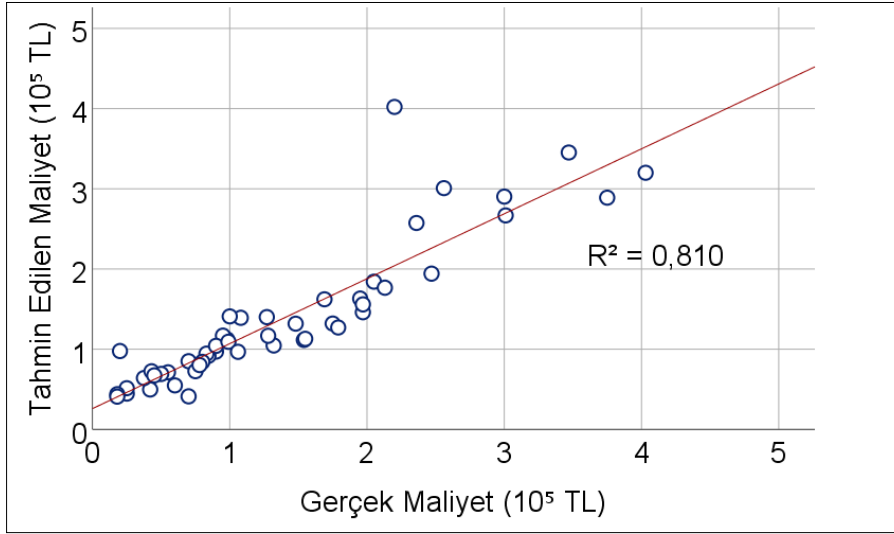
Şekil 5.18. Bina oturum alanı ve kullanım süresi ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı – Maliyet ilişkisi

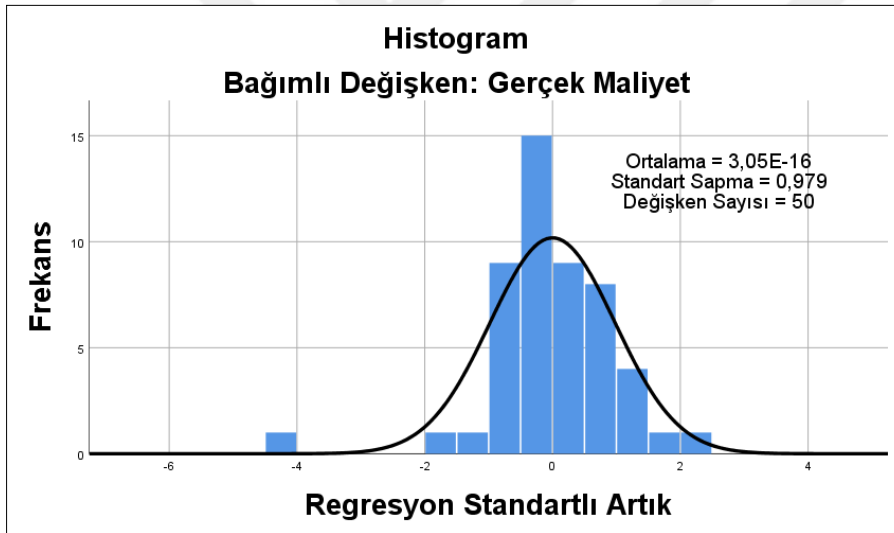
Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.19’da verilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.7’de gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,810$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.7’de, “A” parametresi bina oturum alanını (m^2), “Y” parametresi binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısını (adet), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = 43636,966 + 47,607 \times A + 165,435 \times Y \quad (5.7)$$

Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen iki değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.20’de gösterilmiştir. Şekil 5.20 değerlendirildiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmüştür. Dolayısıyla bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

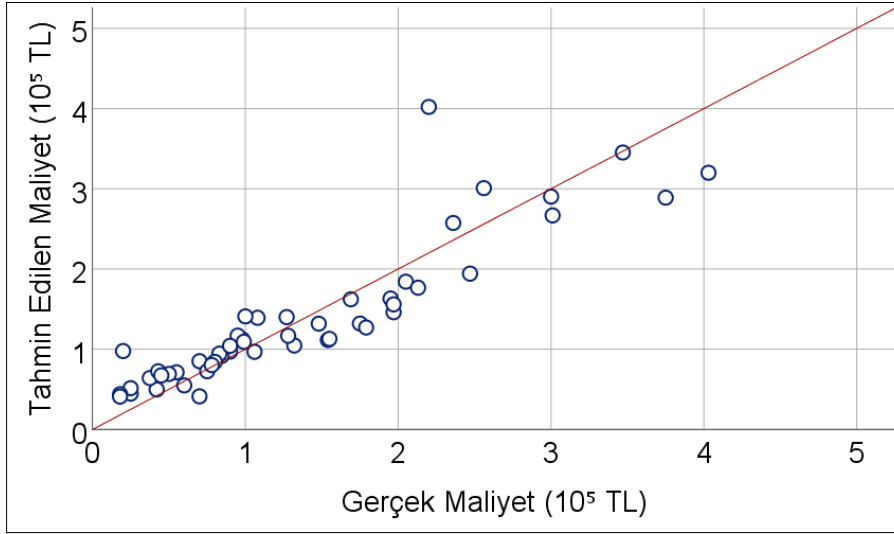


Şekil 5.19. Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.20. Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.21’de verilmiştir. Şekil 5.21 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



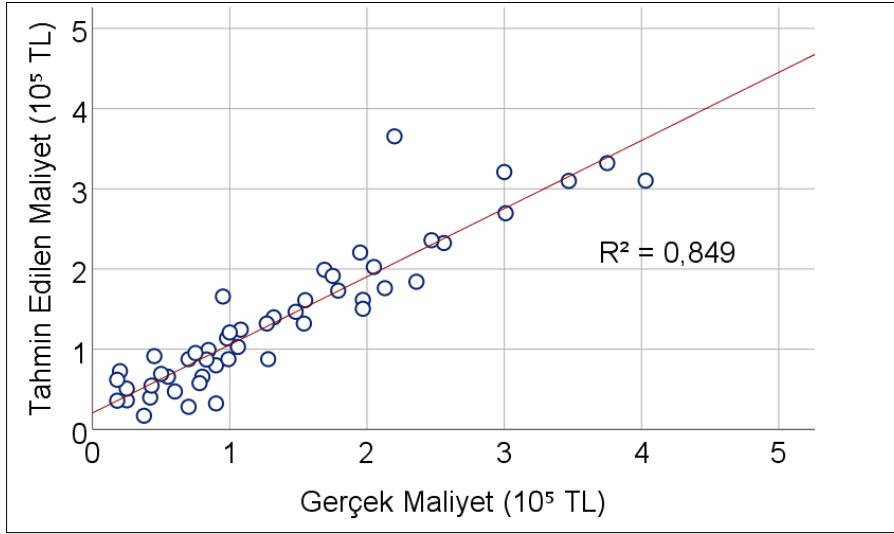
Şekil 5.21. Bina oturum alanı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Kat sayısı ve kullanım süresi – Maliyet ilişkisi

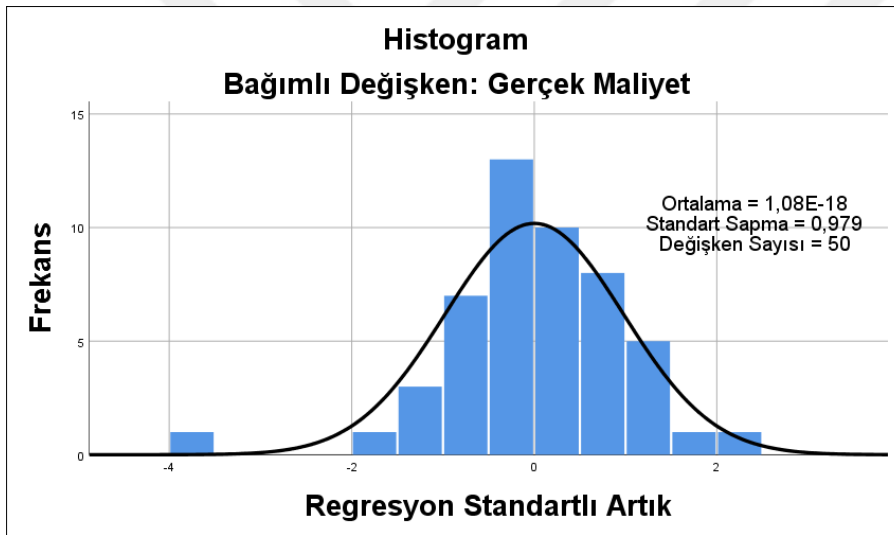
Kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.22’de verilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.8’de gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,849$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.8’de, “K” parametresi kat sayısını (adet) “Z” parametresi kullanım süresini (yıl), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = - 37769,335 - 3829,393 \times K + 11113,775 \times Z \quad (5.8)$$

Kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen iki değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.23’te gösterilmiştir. Şekil 5.23 değerlendirildiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmüştür. Dolayısıyla kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

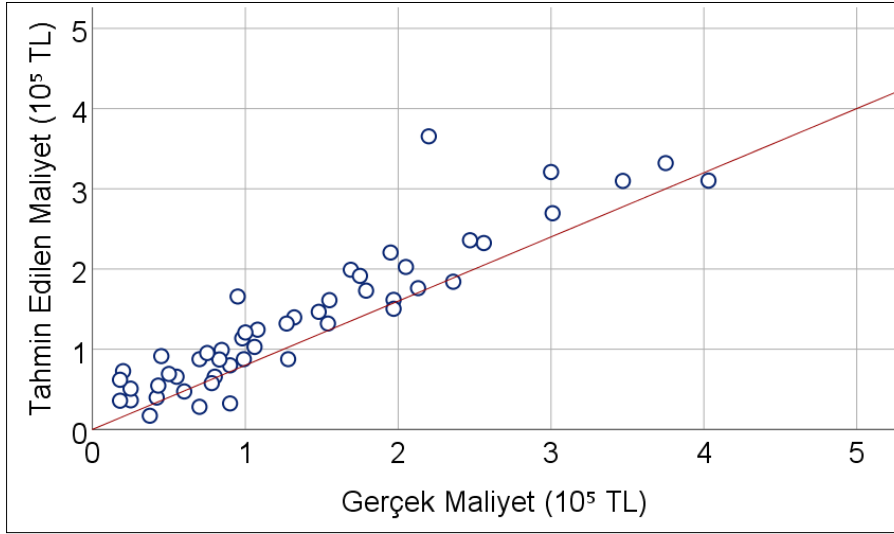


Şekil 5.22. Kat sayısı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.23. Kat sayısı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.24'te verilmiştir. Şekil 5.24 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



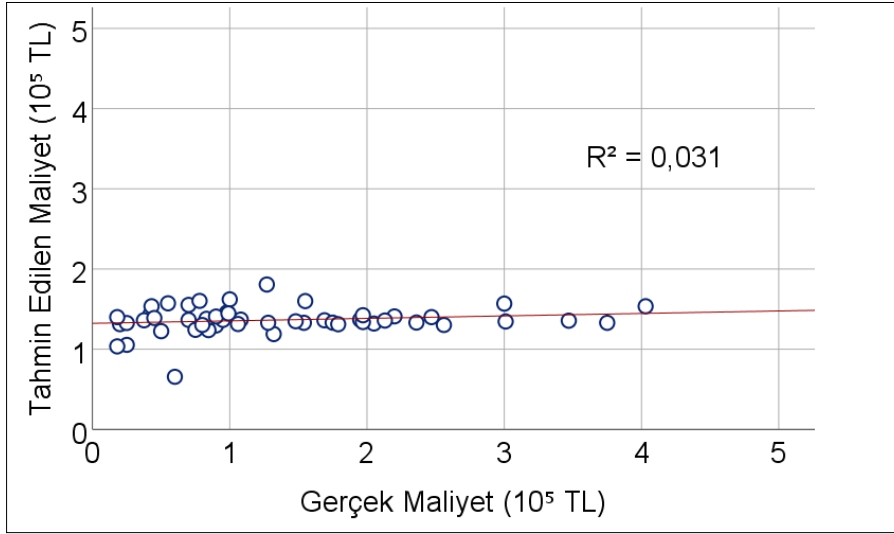
Şekil 5.24. Kat sayısı ve kullanım süresi ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı – Maliyet ilişkisi

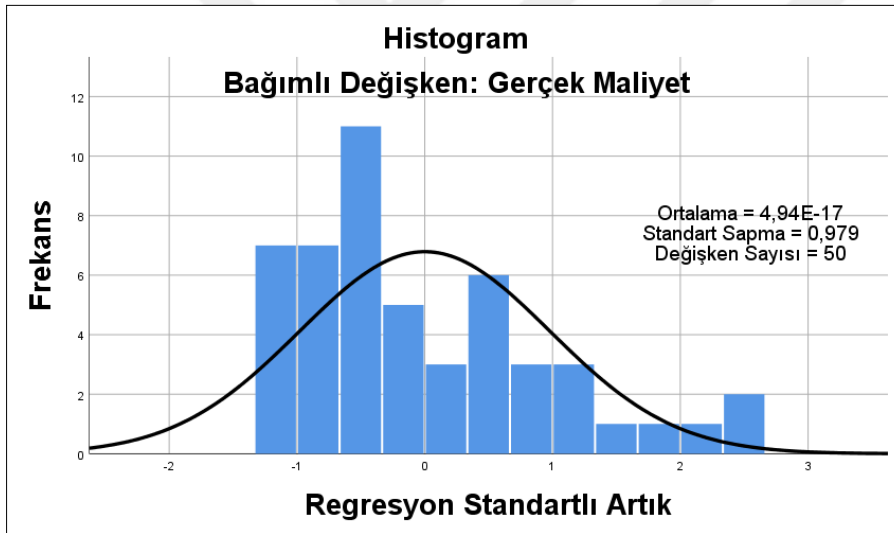
Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.25'te gösterilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.9'da gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,031$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.9'da, “K” parametresi kat sayısını (adet), “Y” parametresi binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısını (adet), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = 181356,735 + 925,592 \times K - 530,344 \times Y \quad (5.9)$$

Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen iki değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.26'da gösterilmiştir. Şekil 5.26 incelendiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmüştür. Dolayısıyla kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça zayıftır.

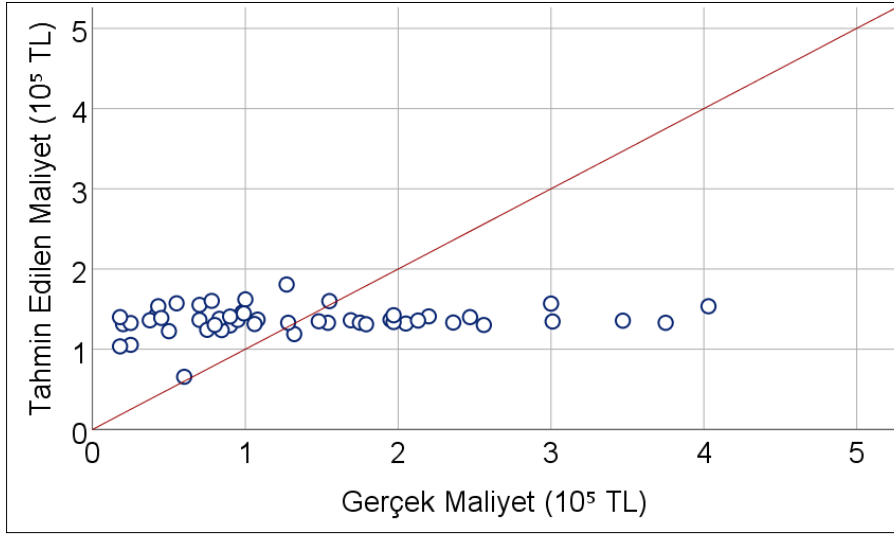


Şekil 5.25. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.26. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.27’de verilmiştir. Şekil 5.27 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplanmadığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça düşük bir oranda tahmin ettiği görülmüştür.



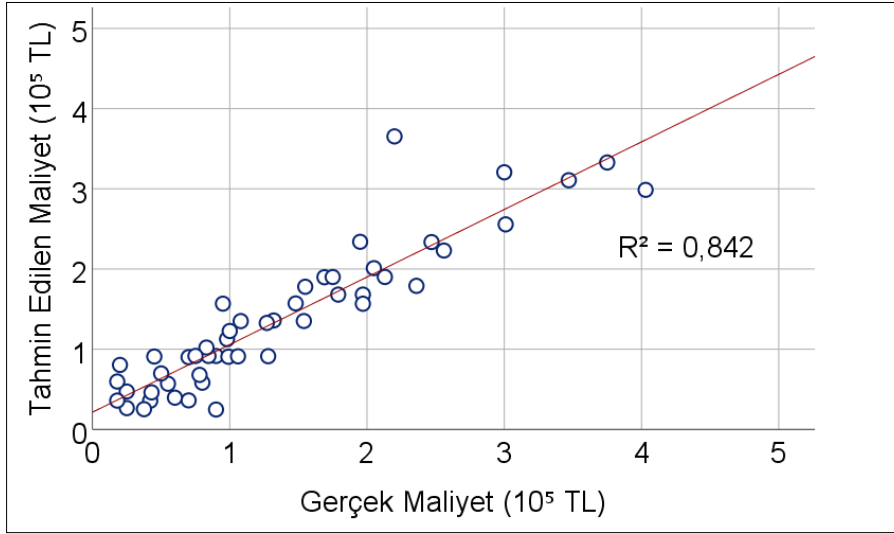
Şekil 5.27. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı – Maliyet ilişkisi

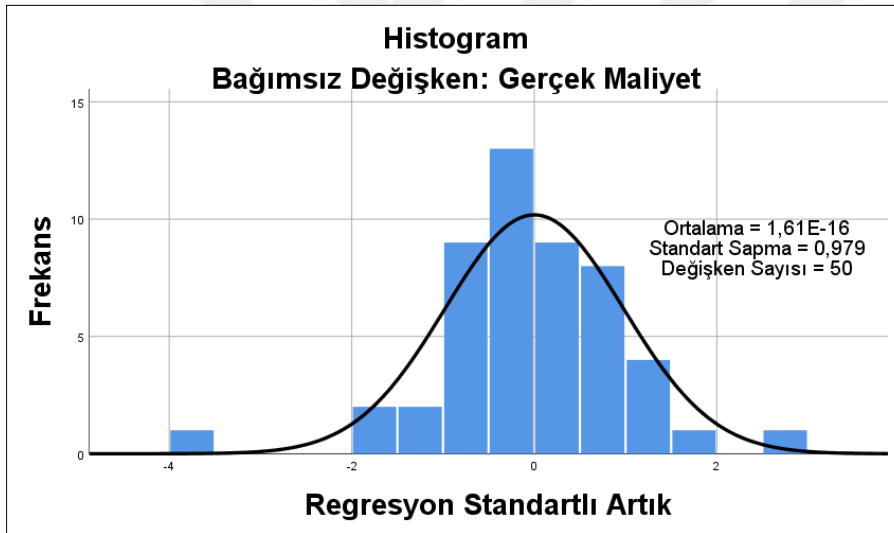
Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.28’de gösterilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.10’da gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,842$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.10’da, “Z” parametresi kullanım süresini (yıl), “Y” parametresi binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısını (adet), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = -54197,428 - 10980,002 \times Z - 26,942 \times Y \quad (5.10)$$

Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen iki değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.29’da gösterilmiştir. Şekil 5.29 incelendiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmektedir. Dolayısıyla kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

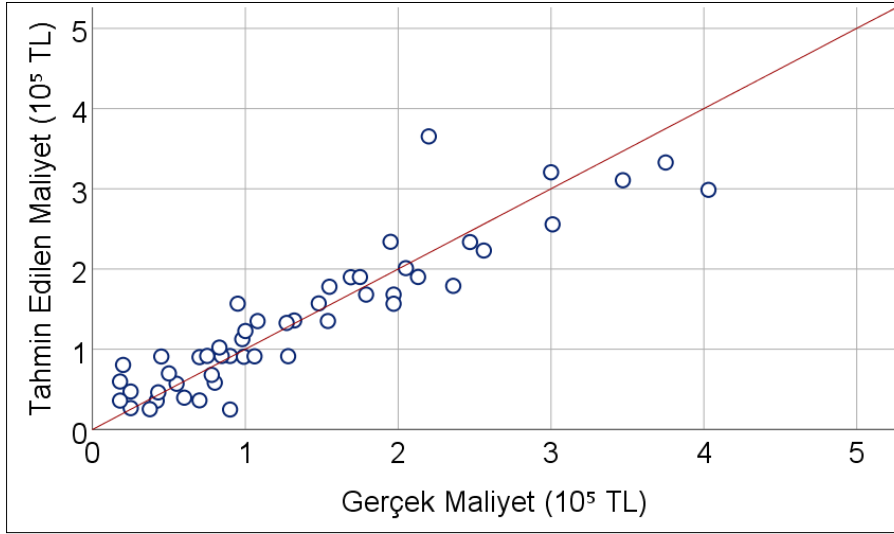


Şekil 5.28. Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.29. Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogramı

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.30'da verilmiştir. Şekil 5.30 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



Şekil 5.30. Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

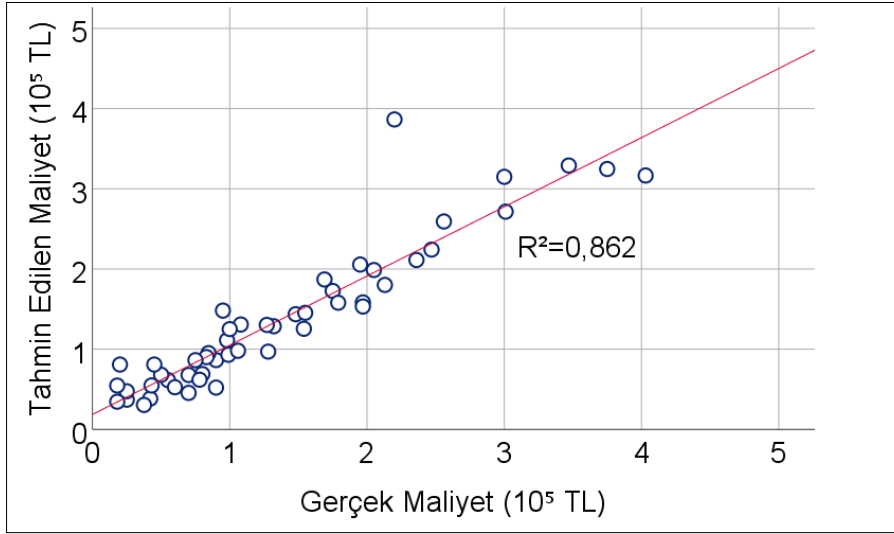
5.3.3. Üç değişkenli lineer regresyon analizleri

Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi – Maliyet ilişkisi

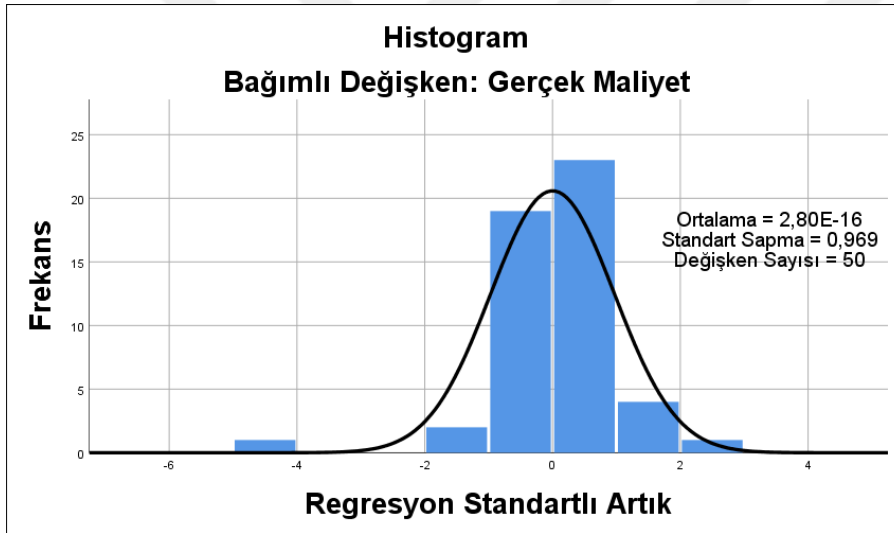
Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.31’de gösterilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.11’de gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,862$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.11’de, “A” parametresi bina oturum alanını (m^2), “K” parametresi kat sayısını (adet), “Z” parametresi kullanım süresini (yıl), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = 22803,760 + 16,794 \times A - 2096,654 \times K + 7587,614 \times Z \quad (5.11)$$

Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen üç değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.32’de gösterilmiştir. Şekil 5.32 değerlendirildiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak uygun olarak dağıldığı görülmektedir. Dolayısıyla bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

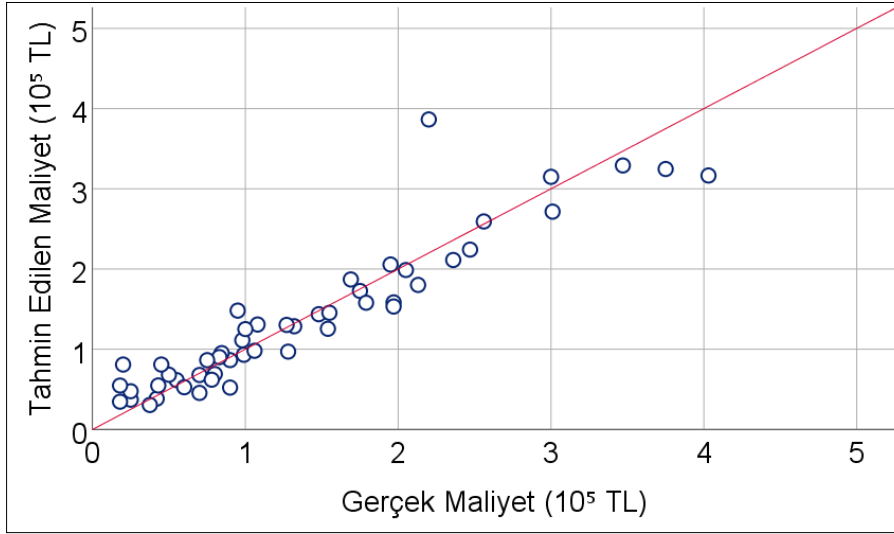


Şekil 5.31. Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.32. Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi - gerçek maliyet regresyon hataları histogram

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.33'te verilmiştir. Şekil 5.33 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



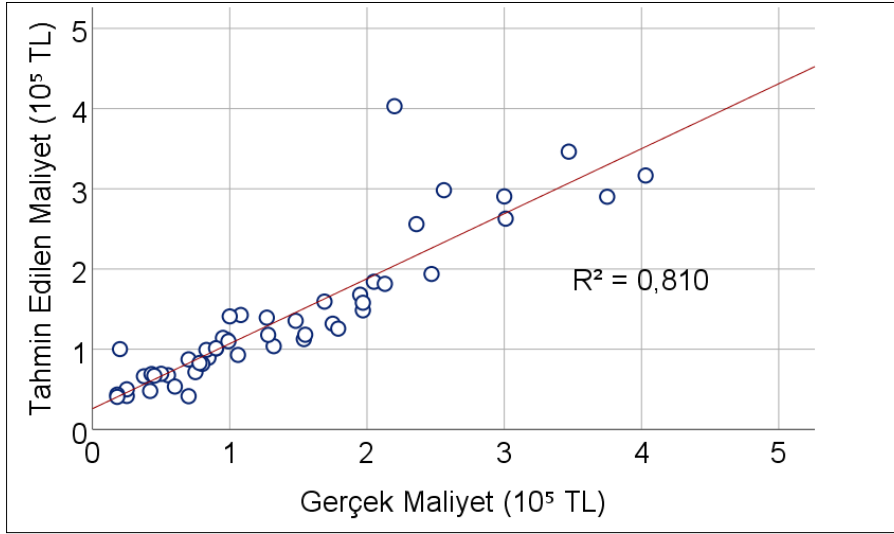
Şekil 5.33. Bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı – Maliyet ilişkisi

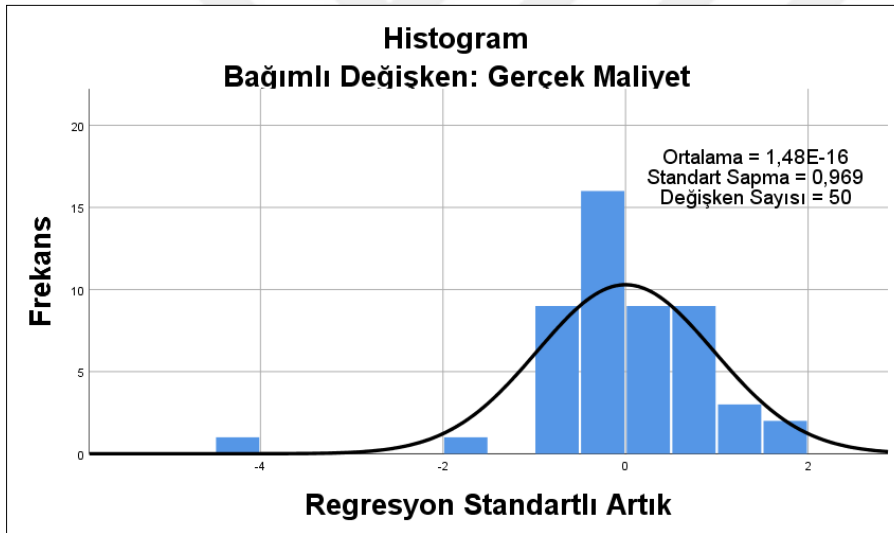
Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.34’te gösterilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.12’de gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,810$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.12’de, “A” parametresi bina oturum alanını (m^2), “K” parametresi kat sayısını (adet), “Y” parametresi binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısını (adet), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = 36503,227 + 47,617 \times A + 1236,510 \times K - 145,143 \times Y \quad (5.12)$$

Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen üç değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.35’te gösterilmiştir. Şekil 5.35 incelendiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmüştür. Dolayısıyla bina oturum alanı, kat sayısı ve yıllık ortalama binayı kullanan kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

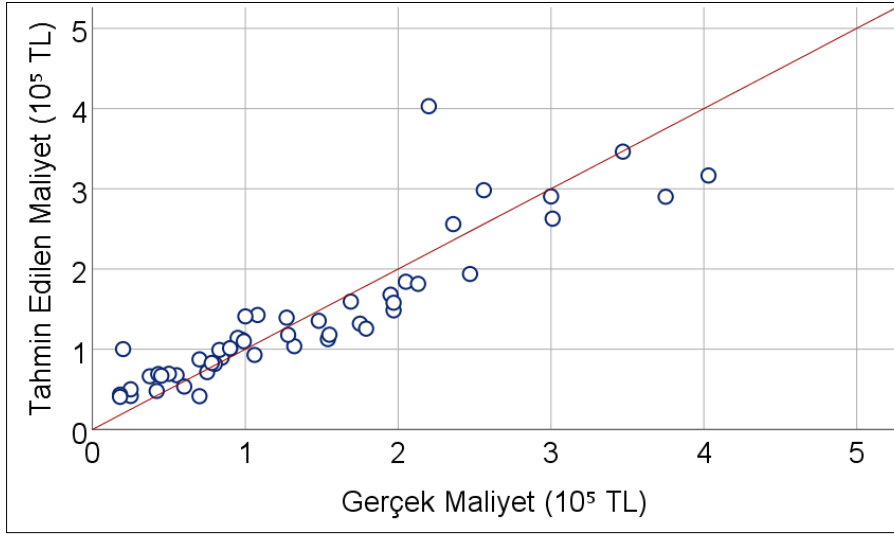


Şekil 5.34. Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.35. Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogram

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.36’da verilmiştir. Şekil 5.36 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



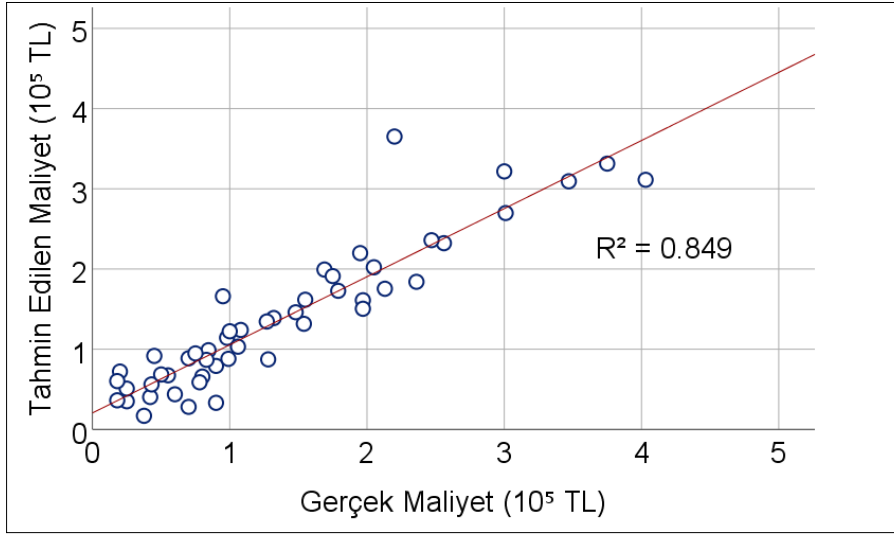
Şekil 5.36. Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı – Maliyet ilişkisi

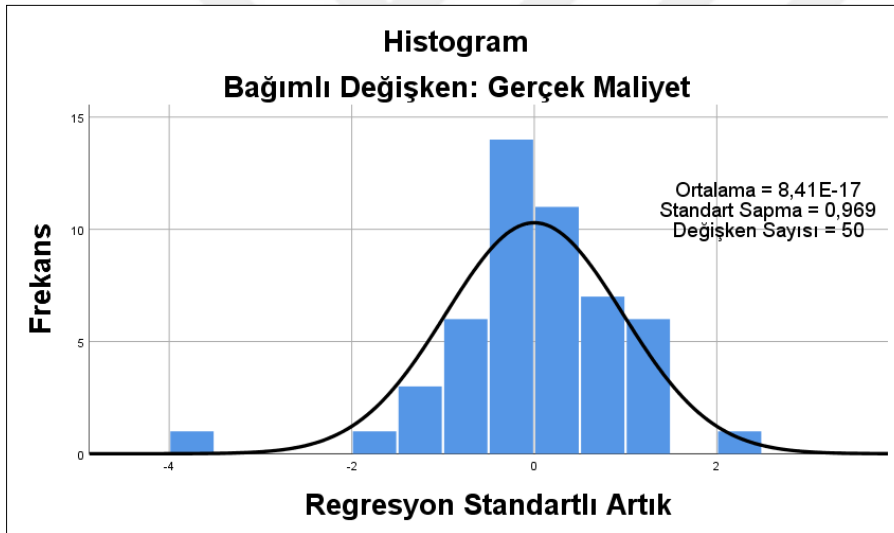
Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.37’de gösterilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.13’te gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,849$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.13’te, “K” parametresi kat sayısını (adet), “Z” parametresi kullanım süresini (yıl), “Y” parametresi binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısını (adet), “TM” ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = -34126,972 - 3928,293 \times K + 11093,646 \times Z - 31,332 \times Y \quad (5.13)$$

Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen üç değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.38’de gösterilmiştir. Şekil 5.38 incelendiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmektedir. Dolayısıyla kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

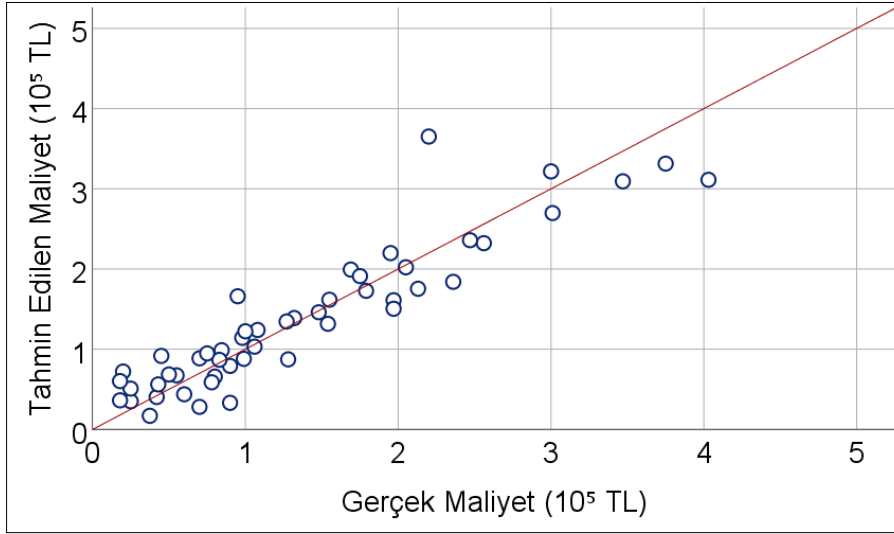


Şekil 5.37. Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.38. Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogram

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.39’da verilmiştir. Şekil 5.39 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



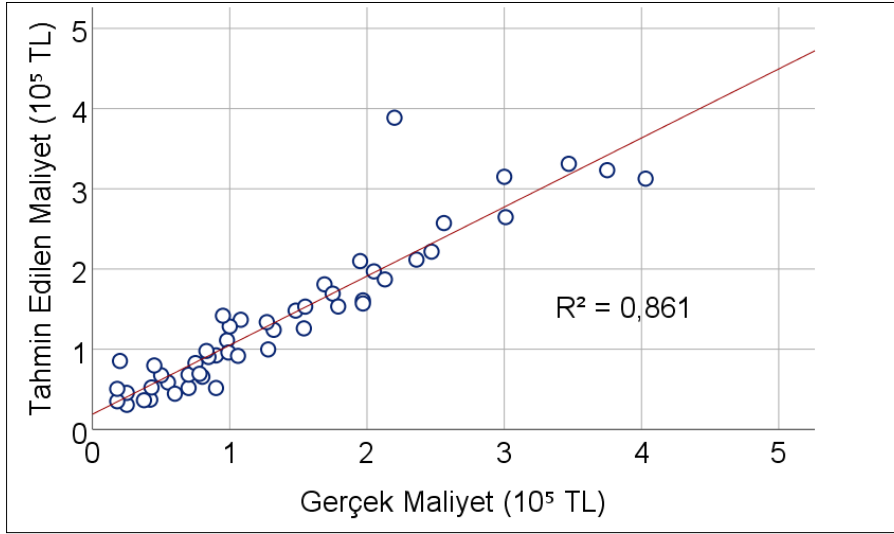
Şekil 5.39. Kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı – Maliyet ilişkisi

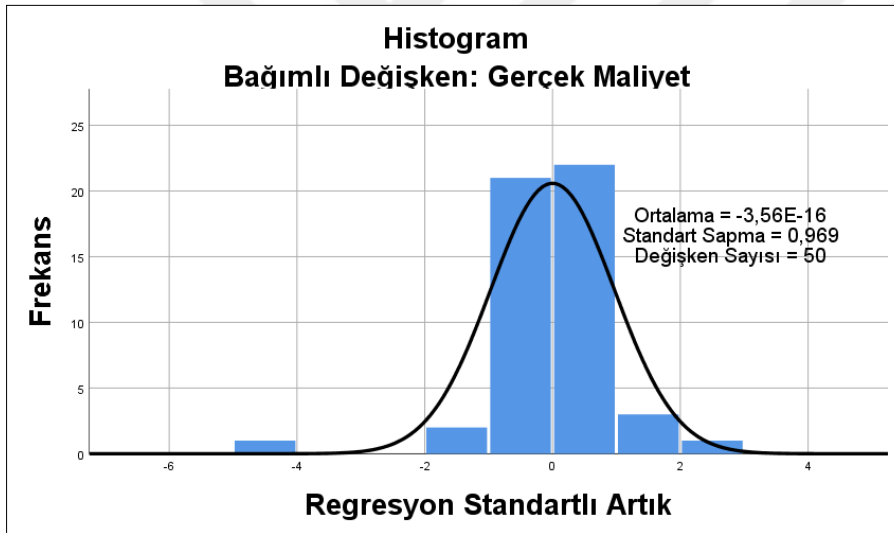
Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.40'ta gösterilmiştir. RA sonucunda regresyon denklemi Eş. 5.14'te gösterildiği şekilde oluşmuş ve $R^2=0,861$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.14'te, "A" parametresi bina oturum alanını (m^2), "Z" parametresi kullanım süresini (yıl), "Y" parametresi binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısını (adet), "TM" ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

$$TM = -24896,578 + 18,808 \times A + 7068,378 \times Z - 26,839 \times Y \quad (5.14)$$

Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen üç değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.41'de gösterilmiştir. Şekil 5.41 değerlendirildiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmektedir. Dolayısıyla bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

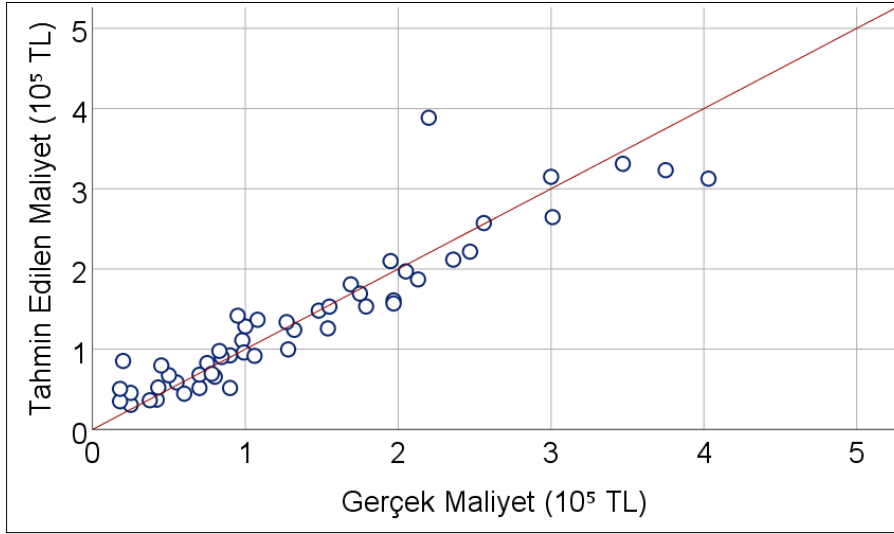


Şekil 5.40. Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.41. Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogram

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.42’de verilmiştir. Şekil 5.42 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



Şekil 5.42. Bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

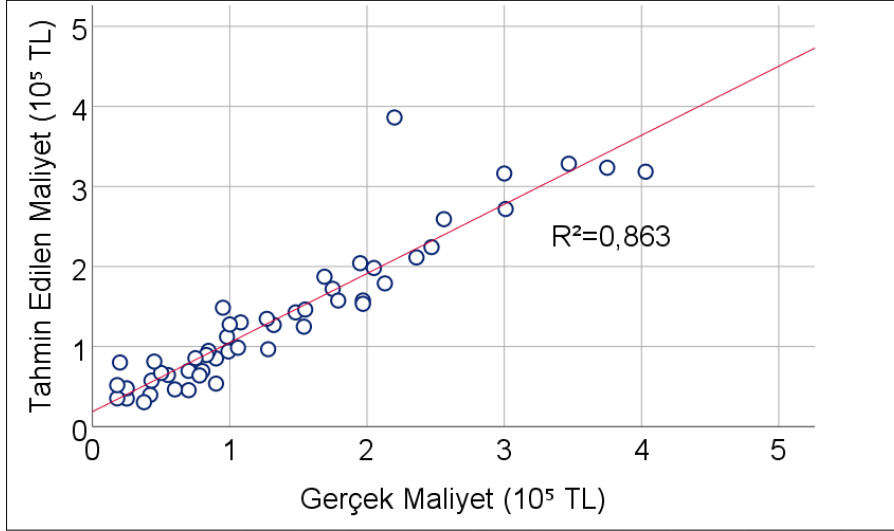
5.3.4. Dört değişkenli lineer regresyon analizleri

Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücünü tespit etmek amacıyla RA yapılmış ve regresyon grafiği Şekil 5.43'te gösterilmiştir. Eş. 5.15'te RA sonucunda elde edilen regresyon denklemi verilmiş ve $R^2=0,863$ olarak belirlenmiştir. Eş. 5.15'te, "A" parametresi bina oturum alanını (m^2), "K" parametresi kat sayısını (adet), "Z" parametresi kullanım süresini (yıl), "Y" parametresi binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısını (adet), "TM" ise tahmin edilen maliyeti (TL) sembolize etmektedir.

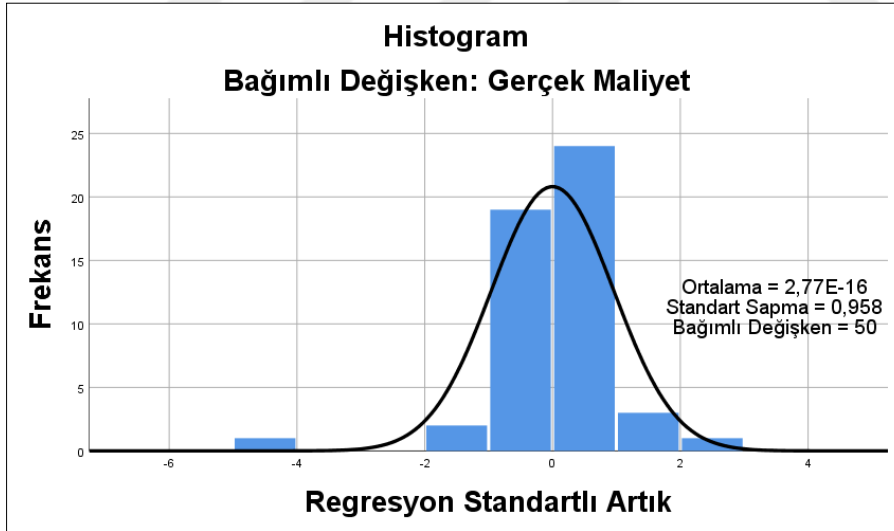
$$TM = -16283,487 + 16,942 \times A - 2254,822 \times K + 7521,724 \times Z - 54,952 \times Y \quad (5.15)$$

Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen dört değişkenli regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan hataların histogram grafiği ve normal dağılım eğrisi Şekil 5.44'te gösterilmiştir. Şekil 5.44 incelendiğinde hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı görülmektedir. Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasındaki ilişkinin gücü oldukça kuvvetlidir.

Yapılan RA'lar içinde en yüksek regresyon katsayısını veren, gerçek maliyeti en iyi tahmin eden analiz, bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında yapılan dört değişkenli RA sonucunda ortaya çıkmıştır.

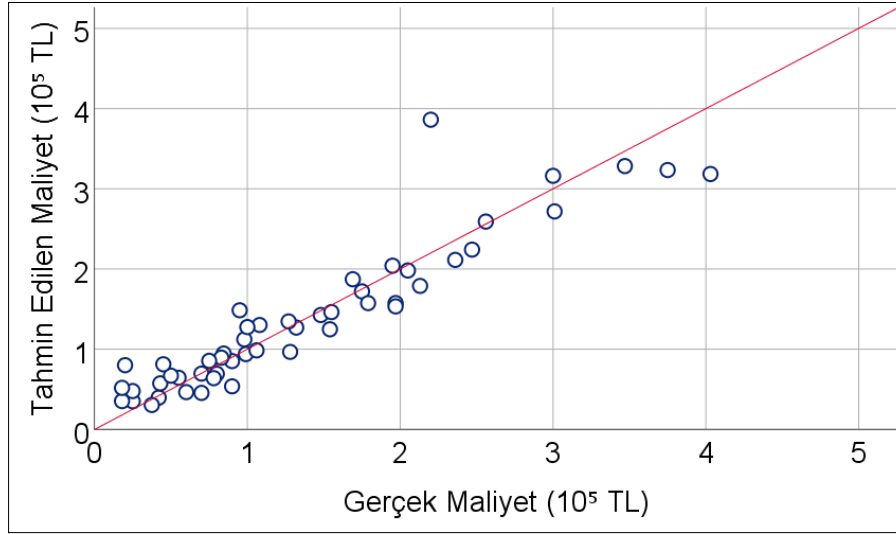


Şekil 5.43. Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon grafiği



Şekil 5.44. Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı - gerçek maliyet regresyon hataları histogram

Gerçek maliyet değerleri ile Regresyon denklemi neticesinde tahmin edilen maliyet değerleri karşılaştırılmış ve grafiği Şekil 5.45'te verilmiştir. Şekil 5.45 incelendiğinde tahmin edilen maliyet değerlerinin 1/1 eksen çizgisi çevresinde toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmüştür.



Şekil 5.45. Bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile tahmin edilen maliyet değerleri - gerçek maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Regresyon modeli ile tahmin yapıldıktan sonra ortaya çıkan regresyon denklemleri ve R^2 değerleri toplu şekilde Çizelge 5.2 'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. RA toplu denklemler ve R^2 değerleri

Sıra No	Denklem	Açıklama	R^2
Tek Değişkenli Denklemler			
1	$TM = 27539,078 - 47,992 \times A$	A[m ²]	0,807
2	$TM = 124607,670 - 2799,842 \times K$	K[adet]	0,004
3	$TM = - 51367,387 + 10959,533 \times Z$	Z[yıl]	0,842
4	$TM = 186673,191 - 545,470 \times Y$	Y[adet]	0,030
İki Değişkenli Denklemler			
5	$TM = 20269,320 - 47,940 \times A - 1742,326 \times K$	A[m ²], K[adet]	0,808
6	$TM = - 27893,629 + 18,667 \times A + 7117,867 \times Z$	A[m ²], Z[yıl]	0,861
7	$TM = 43636,966 + 47,607 \times A + 165,435 \times Y$	A[m ²], Y[adet]	0,810
8	$TM = - 37769,335 - 3829,393 \times K + 11113,775 \times Z$	K[adet], Z[yıl]	0,849
9	$TM = 181356,735 + 925,592 \times K - 530,344 \times Y$	K[adet], Y[adet]	0,031
10	$TM = - 54197,428 - 10980,002 \times Z + 26,942 \times Y$	Z[yıl], Y[adet]	0,842

Çizelge 5.2. (devam) RA toplu denklemler ve R² değerleri

Sıra No	Denklem	Açıklama	R ²
Üç Değişkenli Denklemler			
11	$TM = 22803,760 + 16,794 \times A$ $- 2096,654 \times K$ $+ 7587,614 \times Z$	A[m ²], K[adet], Z[yıl]	0,862
12	$TM = 36503,227 + 47,617 \times A$ $+ 1236,510 \times K$ $- 145,143 \times Y$	A[m ²], K[adet], Y[adet]	0,810
13	$TM = - 34126,972 - 3928,293 \times K$ $+ 11093,646 \times Z - 31,332 \times Y$	K[adet], Z[yıl], Y[adet]	0,849
14	$TM = - 24896,578 + 18,808 \times A$ $+ 7068,378 \times Z - 26,839 \times Y$	A[m ²], Z[yıl], Y[adet]	0,861
Dört Değişkenli Denklem			
15	$TM = - 16283,487 + 16,942 \times A$ $- 2254,822 \times K$ $+ 7521,724 \times Z$ $- 54,952 \times Y$	A[m ²], K[adet], Z[yıl], Y[adet]	0,863
TM = Tahmin Edilen Maliyet (TL), A = Bina Oturum Alanı (metrekare), K = Kat Sayı (adet), Z = Kullanım Süresi (yıl), Y = Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)			

Çizelge 5.2 incelendiğinde tüm değişkenlerin kullanıldığı RA, yapılan analizler arasında R²=0,863 değeri ile en yüksek ilişki düzeyine sahip analiz olmuştur.

5.4. YSA ile Kurulan Tahmin Modelleri

Huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerinin YSA ile tahmin edilmesi amacıyla Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'ndan temin edilen 50 adet huzurevi ve çocuk evi binasının projelerinden yararlanılmıştır. Uzun yıllardır kullanımda olan huzurevi ve çocuk evi binalarının projeleri üzerinden hızlı bir şekilde belirlenebilen bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi, binayı kullanılan yıllık ortalama kişi sayısı bağımsız değişkenleri girdi verileri olarak, gerçek maliyet ise çıktı verisi olarak YSA analizinde kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 5.1). Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında oluşabilecek bütün korelasyonlar incelenmiştir. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı

değişkenlerinin çıktı değişkeni ile aralarındaki ilişki çok düşük olmasına rağmen, tezin amacı doğrultusunda analizlerde kullanılmıştır.

YSA'da geliştirilen bir modelin aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid kullanılıyorsa ortalama davranışı öğrenmesi, aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant kullanılıyorsa ortalamadan sapmanın öğrenilmesi ve hem sigmoid hem de hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılıyorsa tahmin yapmaya bağlı problem çözümü istenmektedir.

Bu çalışmada hem sigmoid hem hiperbolik tanjant fonksiyonları kullanılarak birçok modelleme yapılmış ve birbirine çok yakın tahminler ortaya çıkmıştır. YSA modelleri arasında en başarılı ağ mimarisini belirlemek için sistem tarafından otomatik olarak belirlenen mimariler ile sistemin dışında kullanıcıya bağlı olarak seçilen gizli katman sayısının 1 veya 2 ve aktivasyon fonksiyonun sigmoid veya hiperbolik tanjant olduğu modellerin birbirleriyle olan kombinasyonları tek tek denenmiş ve sonuçlar gözlemlenmiştir.

5.4.1. Otomatik mimari seçimli YSA

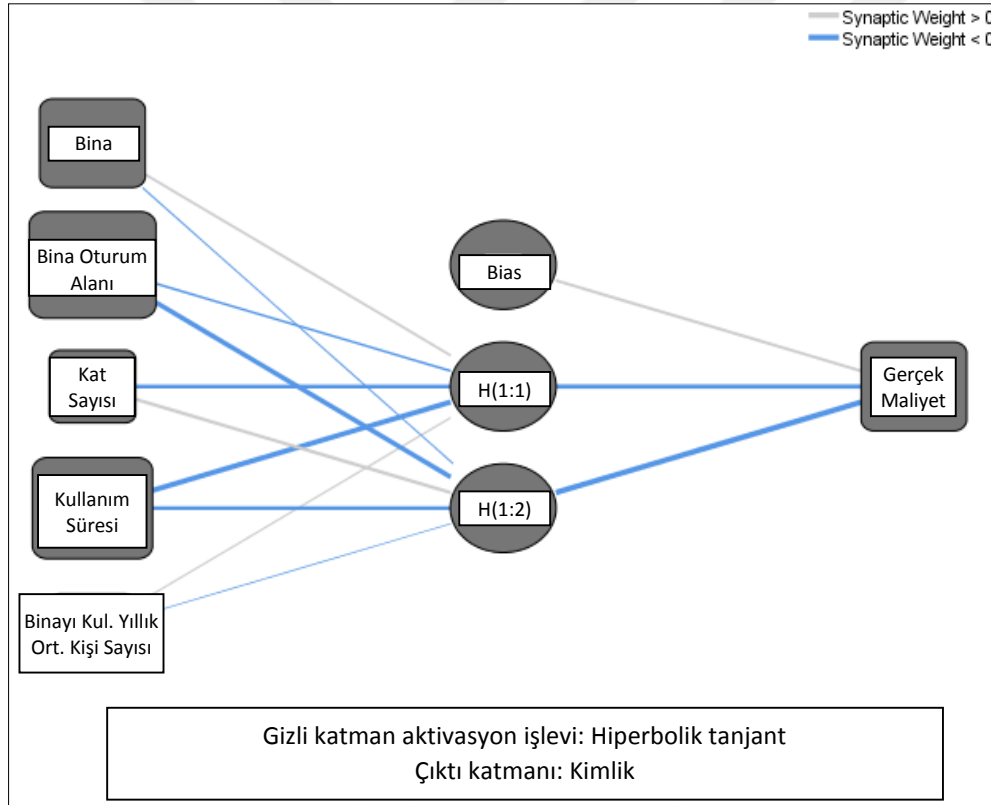
Huzurevi ve çocuk evi binalarına ait projeler üzerinden belirlenen bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı değişkenleri girdi verileri olarak, gerçek maliyet ise çıktı verisi olarak adlandırılmıştır. Otomatik mimari seçimli aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA ağ bilgisi Çizelge 5.3'te, YSA modeli ise Şekil 5.46'da verilmiştir. YSA analizinde 50 adet proje verisinin, 41 adedi (%82) ağı eğitmek için, 9 adedi (%18) ise ağı testini yapmak için kullanılmıştır.

Çizelge 5.3. Otomatik mimari seçimli YSA ağ bilgisi

Girdi Katmanı	Değişkenler	1	Bina Oturum alanı (m ²)
		2	Kat Sayısı (adet)
		3	Kullanım Süresi (yıl)
		4	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)
	Birimlerin Adedi		4
	Değişkenler İçin Yeniden Ölçeklendirme Yöntemi		Standartlaştırılmış

Çizelge 5.3. (devam) Otomatik mimari seçimli YSA ağ bilgisi

Gizli Katman	Gizli Katmanların Adedi	1
	Gizli Katman 1'deki Birimlerin Adedi	2
	Aktivasyon İşlemi	Hiperbolik Tanjant
Çıktı Katmanı	Bağımlı Değişken 1	Gerçek Maliyet (TL)
	Birimlerin Adedi	1
	Ölçek Bağımlıları İçin Yeniden Ölçeklendirme Metodu	Standartlaştırılmış
	Aktivasyon İşlevi	Kimlik
	Hata İşlevi	Kareler Toplamı



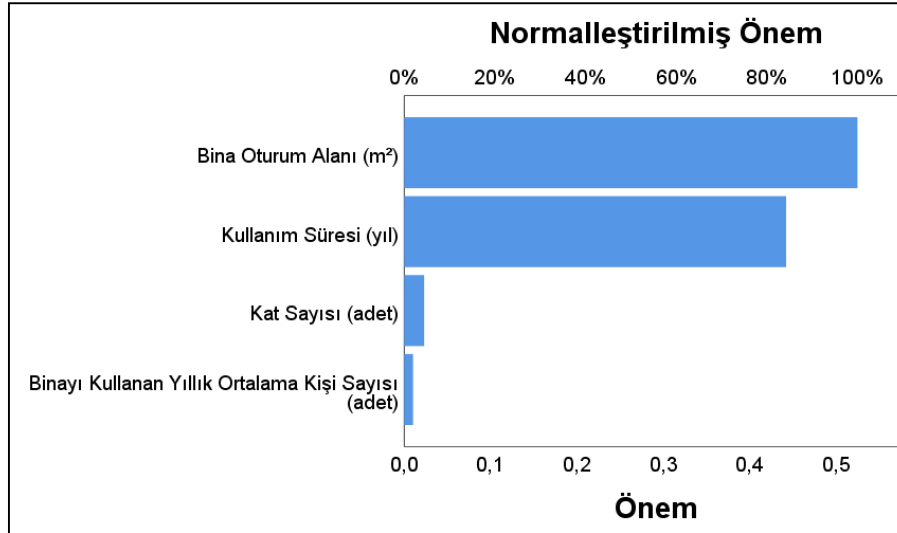
Şekil 5.46. Otomatik mimari seçimli YSA'da ağ modeli

YSA analizinde bağımlı ve bağımsız parametrelerin ağırlıkları Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Otomatik mimari seçimli YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları

Tahminci		Tahmin Edilen		
		Gizli Katman 1		Çıktı Katmanı
		H(1:1)	H(1:2)	Gerçek Maliyet
Girdi Katmanı	Bias	0,123	-0,033	
	Bina Oturum Alanı (m ²)	-0,113	-0,663	
	Kat Sayısı (adet)	-0,255	0,129	
	Kullanım Süresi (yıl)	-0,732	-0,180	
	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)	0,052	-0,029	
Gizli Katman 1	Bias			0,126
	H(1:1)			-0,635
	H(1:2)			-1,090

Şekil 5.47’de gösterilen normalleştirilmiş önem analizi sonuçlarına göre gerçek maliyet üzerinde en yüksek öneme sahip olan parametre bina oturum alanı parametresidir. Maliyeti etkileyen diğer parametrelerin önem derecesi ise sırasıyla kullanım süresi, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı parametreleridir.

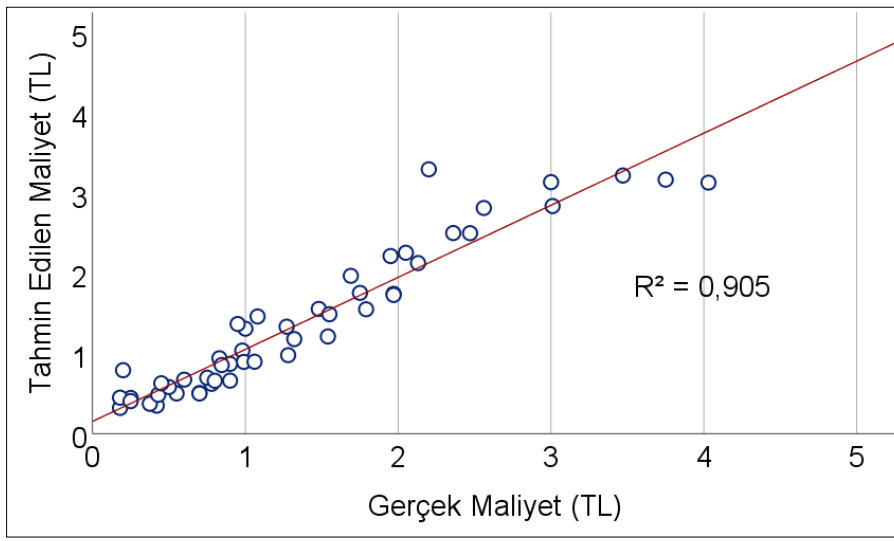


Şekil 5.47. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri

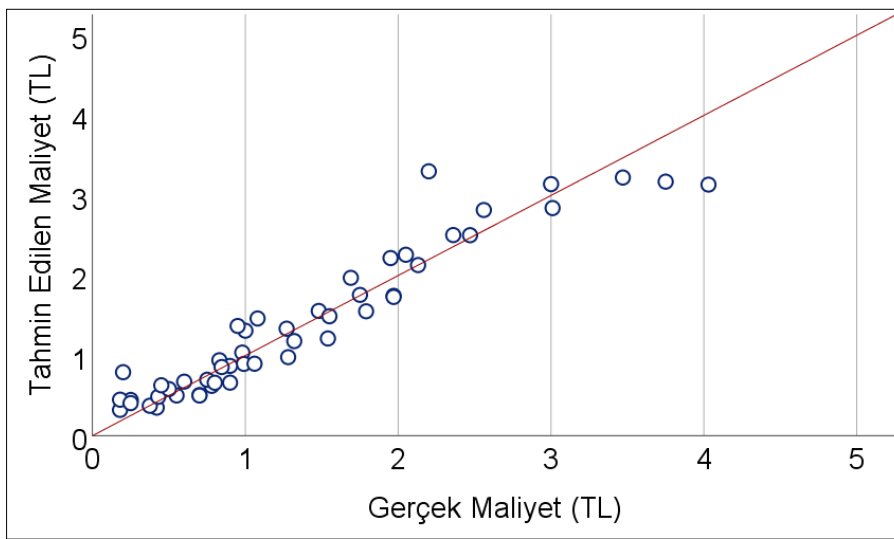
Otomatik mimari seçimli aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeli ile tahmin edilen huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek

maliyet değerleri arasında RA yapılmış, analiz sonucunda $R^2=0,905$ olarak belirlenmiş ve Şekil 5.48’de gösterilmiştir.

YSA ile tahmin edilmiş huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet değerlerini karşılaştırmak amacıyla da RA yapılmış ve Şekil 5.49’da gösterilmiştir. Şekil 5.49 değerlendirildiğinde tahmin edilen maliyet değerinin 1/1 eksen çizgisi etrafında toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmektedir.



Şekil 5.48. Otomatik mimari seçimli YSA R^2 grafiği



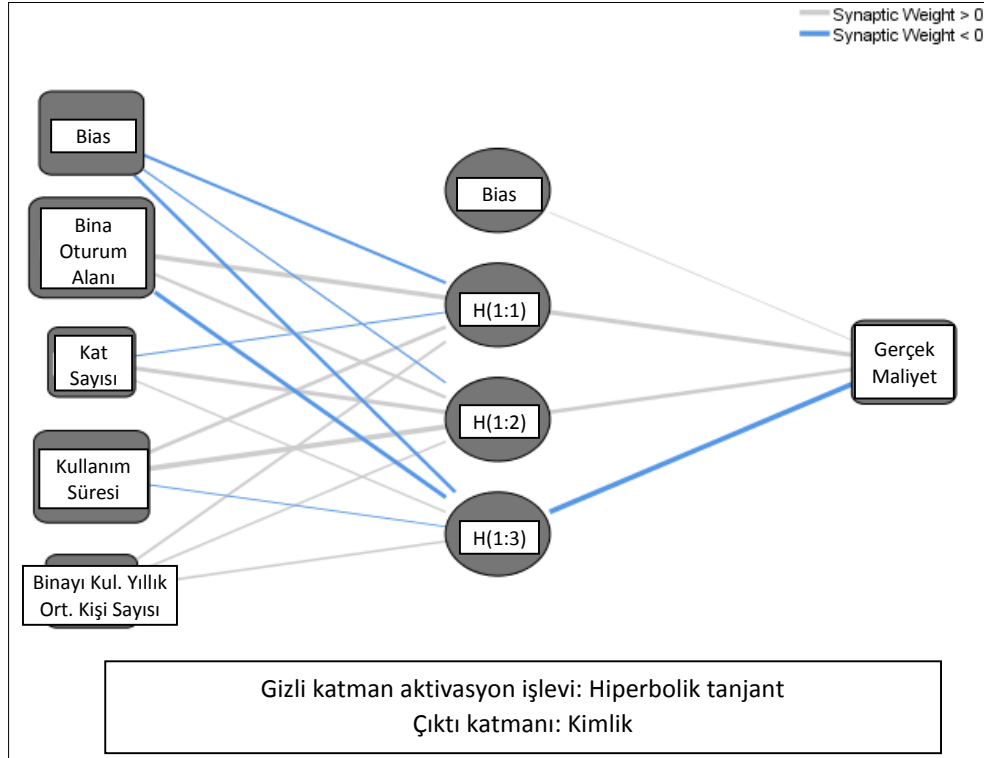
Şekil 5.49. Otomatik mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması

5.4.2. Gizli Katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA

Huzurevi ve çocuk evi binalarına ait projeler üzerinden belirlenen bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı değişkenleri girdi verileri olarak, gerçek maliyet ise çıktı verisi olarak adlandırılmıştır. Gizli katman sayısı 1 ve aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeline ait ağ bilgisi Çizelge 5.5'te, YSA modeli ise Şekil 5.50'de verilmiştir. YSA analizinde 50 adet proje verisinin, 41 adedi (%82) ağı eğitmek için, 9 adedi (%18) ise ağı testini yapmak için kullanılmıştır.

Çizelge 5.5. Gizli katman sayısı 1 ve aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeline ait ağ bilgisi

Girdi Katmanı	Değişkenler	1	Bina Oturum alanı (m ²)
		2	Kat Sayısı (adet)
		3	Kullanım Süresi (yıl)
		4	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)
	Birimlerin Adedi	4	
	Değişkenler İçin Yeniden Ölçeklendirme Yöntemi		Standartlaştırılmış
Gizli Katman	Gizli Katmanların Adedi	1	
	Gizli Katman 1'deki Birimlerin Adedi	3	
	Aktivasyon İşlemi		Hiperbolik Tanjant
Çıktı Katmanı	Bağımlı Değişken 1		Gerçek Maliyet (TL)
	Birimlerin Adedi	1	
	Ölçek Bağımlıları İçin Yeniden Ölçeklendirme Metodu		Standartlaştırılmış
	Aktivasyon İşlevi		Kimlik
	Hata İşlevi		Kareler Toplamı



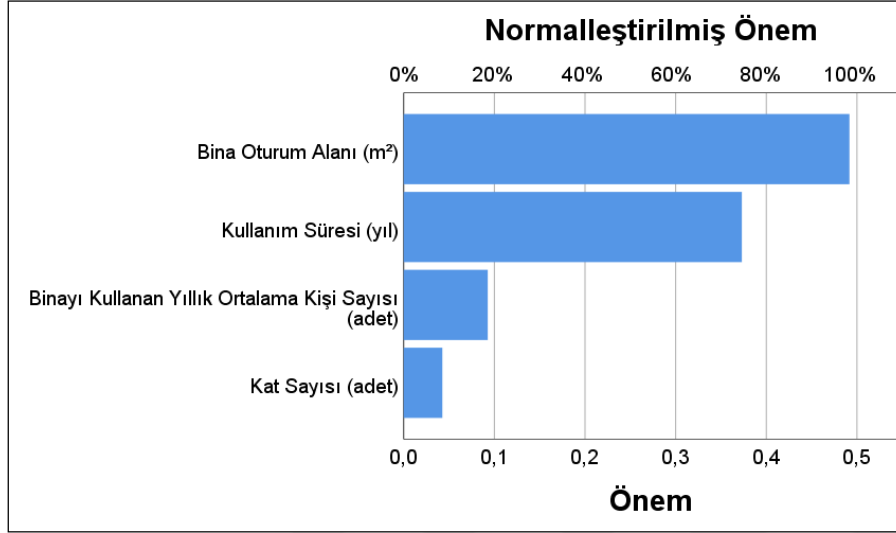
Şekil 5.50. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA' da ağ mimarisi

YSA analizinde bağımlı ve bağımsız parametrelerin ağırlıkları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları

Tahminci		Tahmin Edilen			
		Gizli Katman 1			Çıktı Katmanı
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	Gerçek Maliyet
Girdi Katmanı	Bias	-0,422	-0,187	-0,478	
	Bina Oturum Alanı (m ²)	0,618	0,456	-0,566	
	Kat Sayısı (adet)	-0,157	0,588	0,211	
	Kullanım Süresi (yıl)	0,520	0,787	-0,97	
	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)	0,369	0,216	0,289	
Gizli Katman 1	Bias				0,035
	H(1:1)				0,590
	H(1:2)				0,540
	H(1:3)				-0,757

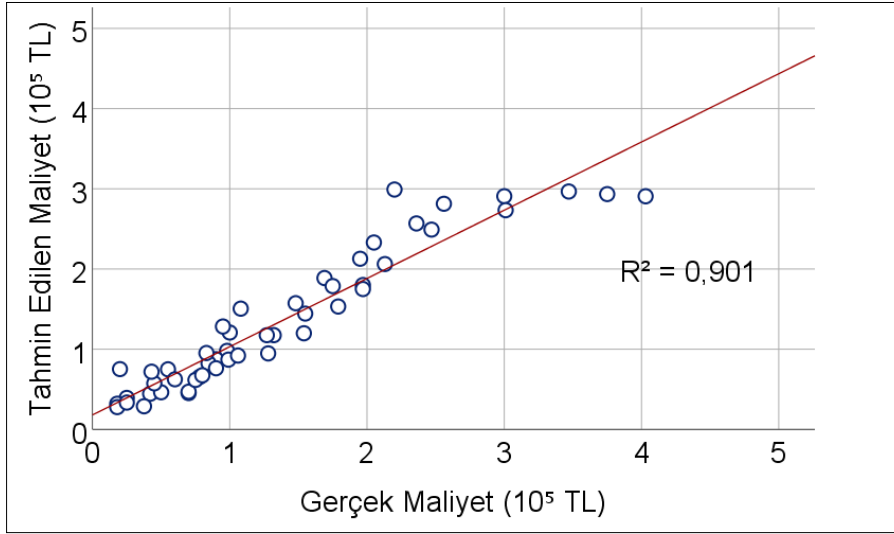
Şekil 5.51’de gösterilen normalleştirilmiş önem analizi sonuçlarına göre gerçek maliyet üzerinde en yüksek öneme sahip olan parametre bina oturma alanı parametresidir. Maliyeti etkileyen diğer parametrelerin önem derecesi ise sırasıyla kullanım süresi, binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve kat sayısı parametreleridir.



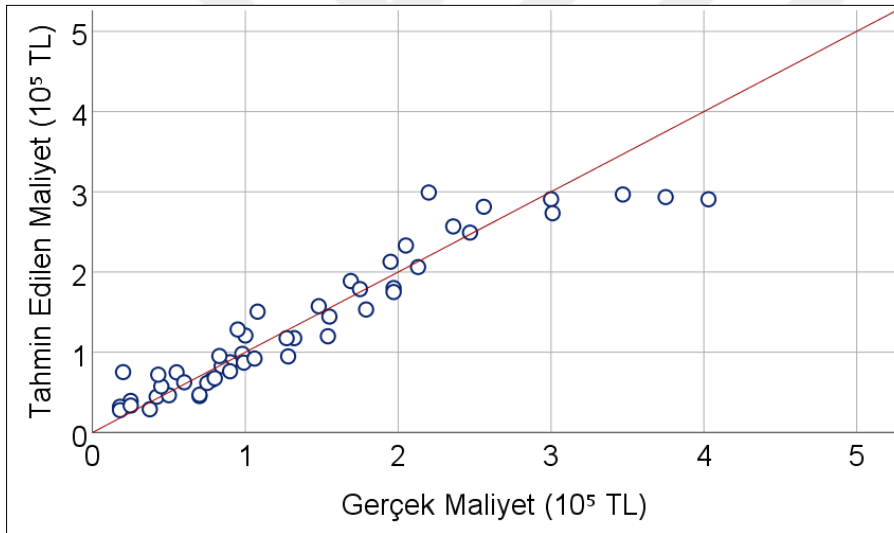
Şekil 5.51. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri

Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeli ile tahmin edilen huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet değerleri arasında RA yapılmış, analiz sonucunda $R^2=0,901$ olarak belirlenmiş ve Şekil 5.52’de gösterilmiştir.

YSA ile tahmin edilmiş huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet değerlerini karşılaştırmak amacıyla da RA yapılmış ve Şekil 5.53’de gösterilmiştir. Şekil 5.53 değerlendirildiğinde tahmin edilen maliyet değerinin 1/1 eksen çizgisi etrafında toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmektedir.



Şekil 5.52. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA ve R^2 grafiği



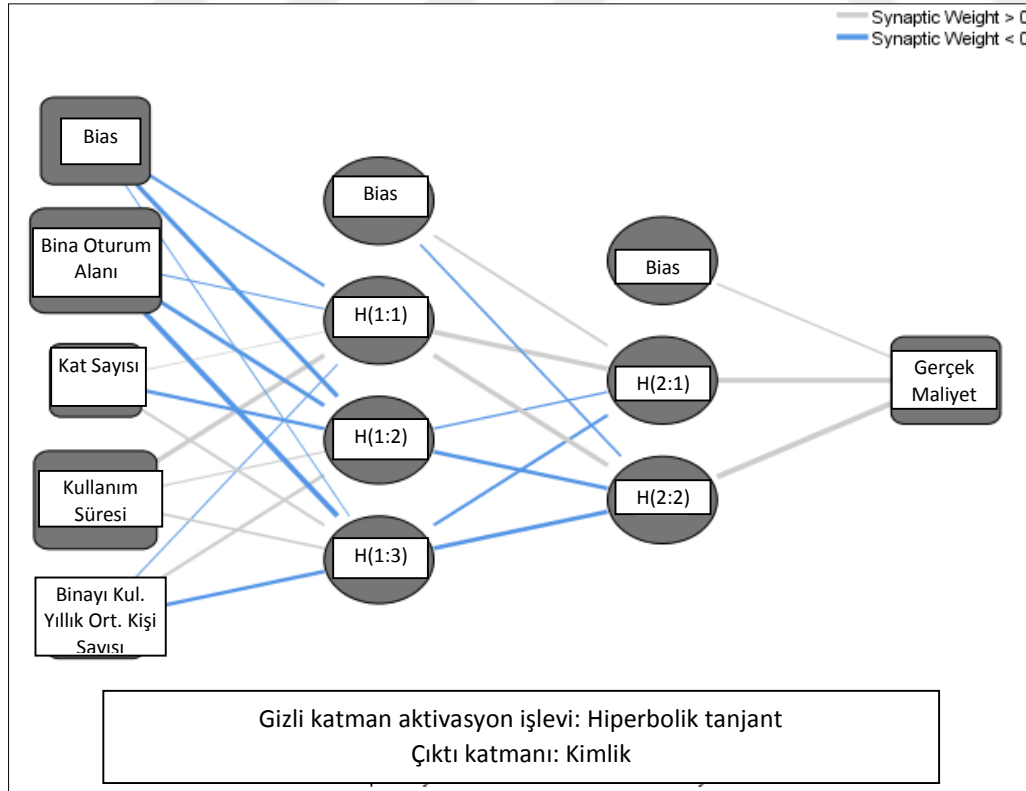
Şekil 5.53. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması

5.4.3. Gizli Katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA

Huzurevi ve çocuk evi binalarına ait projeler üzerinden belirlenen bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı değişkenleri girdi verileri olarak, gerçek maliyet ise çıktı verisi olarak adlandırılmıştır. Gizli katman sayısı 2 ve aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeline ait ağ bilgisi Çizelge 5.7’de, YSA modeli ise Şekil 5.54’de verilmiştir. YSA analizinde 50 adet proje verisinin, 42 adedi (%84) ağı eğitmek için, 8 adedi (%16) ise ağı testini yapmak için kullanılmıştır.

Çizelge 5.7. Gizli katman sayısı 2 ve aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeline ait ağ bilgisi

Girdi Katmanı	Değişkenler	1	Bina Oturum alanı (m ²)
		2	Kat Sayısı (adet)
		3	Kullanım Süresi (yıl)
		4	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)
	Birimlerin Adedi	4	
Gizli Katman	Değişkenler İçin Yeniden Ölçeklendirme Yöntemi		Standartlaştırılmış
	Gizli Katmanların Adedi		2
	Gizli Katman 1'deki Birimlerin Adedi		3
	Gizli Katman 2'deki Birimlerin Adedi		2
Çıktı Katmanı	Aktivasyon İşlemi		Hiperbolik Tanjant
	Bağımlı Değişken 1		Gerçek Maliyet (TL)
	Birimlerin Adedi		1
	Ölçek Bağımlıları İçin Yeniden Ölçeklendirme Metodu		Standartlaştırılmış
	Aktivasyon İşlevi		Kimlik
	Hata İşlevi		Kareler Toplamı



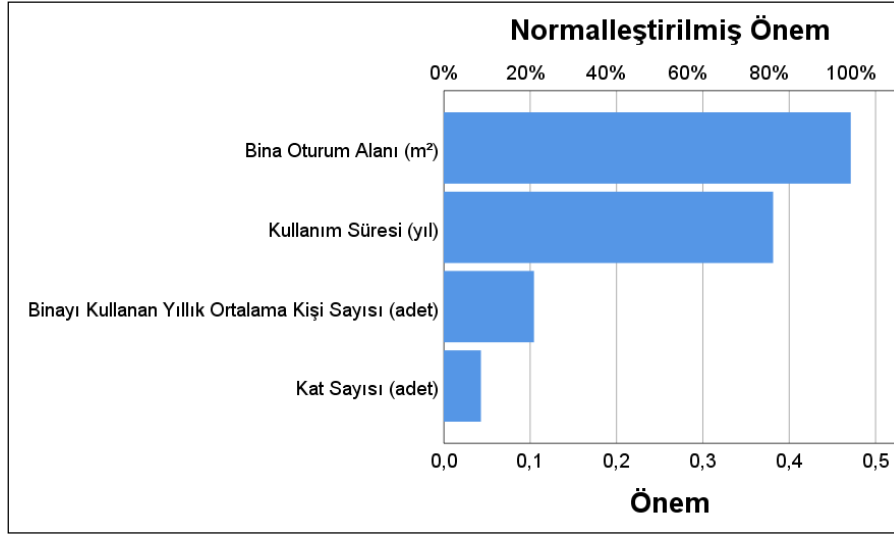
Şekil 5.54. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA' da ağ mimarisi

YSA analizinde bağımlı ve bağımsız parametrelerin ağırlıkları Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları

Tahminci		Tahmin Edilen					
		Gizli Katman 1			Gizli Katman 2		Çıktı Katmanı
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(2:1)	H(2:2)	
Girdi Katmanı	Bias	-0,318	-0,544	-0,021			
	Bina Oturum Alanı (m ²)	-0,132	-0,501	-1,019			
	Kat Sayısı(adet)	0,013	-0,358	0,304			
	Kullanım Süresi (yıl)	0,582	0,228	0,257			
	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)	-0,058	0,356	-0,365			
Gizli Katman 1	Bias				0,280	-0,243	
	H(1:1)				0,748	0,699	
	H(1:2)				-0,230	-0,452	
	H(1:3)				-0,325	-0,505	
Gizli Katman 2	Bias						0,232
	H(2:1)						0,894
	H(2:2)						1,354

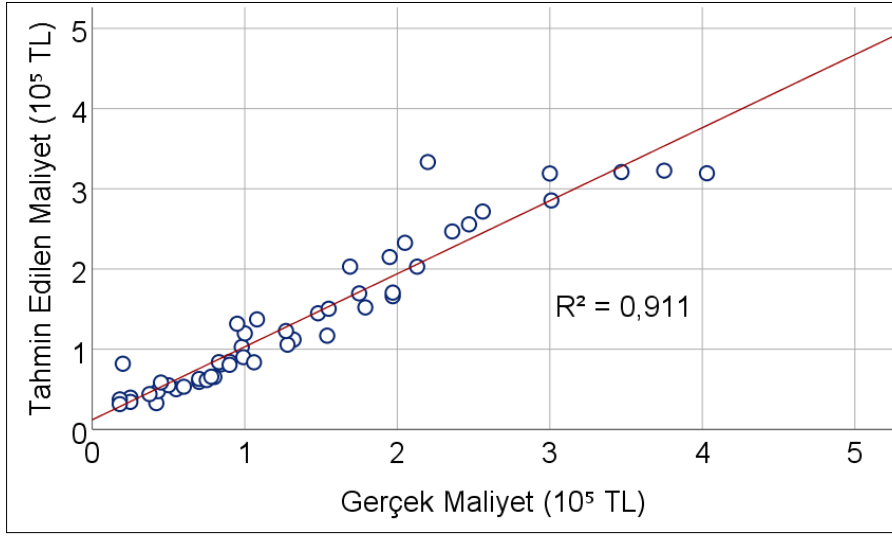
Şekil 5.55’te gösterilen normalleştirilmiş önem analizi sonuçlarına göre gerçek maliyet üzerinde en yüksek öneme sahip olan parametre bina oturum alanı parametresidir. Maliyeti etkileyen diğer parametrelerin önem derecesi ise sırasıyla kullanım süresi, binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve kat sayısı parametreleridir.



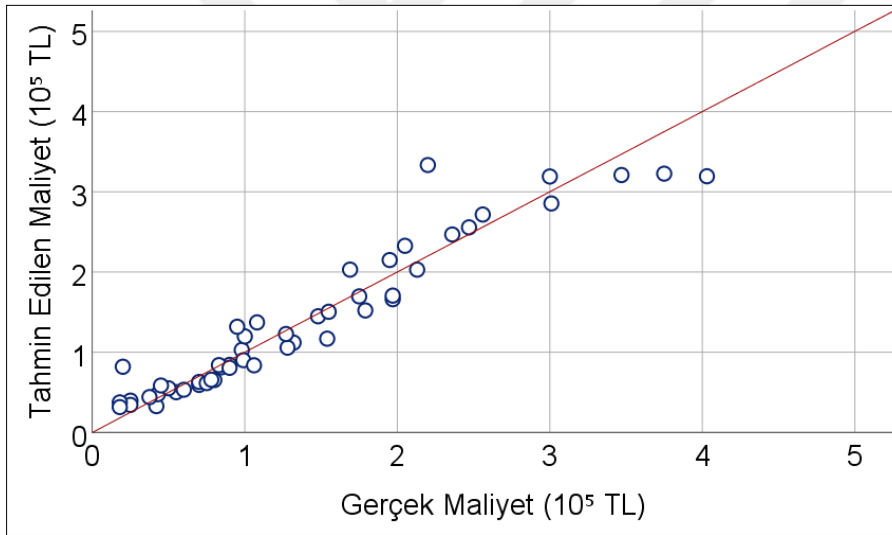
Şekil 5.55. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri

Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeli ile tahmin edilen huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet değerleri arasında RA yapılmış, analiz sonucunda $R^2=0,911$ olarak belirlenmiş ve Şekil 5.56’da gösterilmiştir. Yapılan YSA modelleri içerisinde en iyi R^2 katsayısına sahip model gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeli olmuştur.

YSA ile tahmin edilmiş huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet değerlerini karşılaştırmak amacıyla da RA yapılmış ve Şekil 5.57’de gösterilmiştir. Şekil 5.57 değerlendirildiğinde tahmin edilen maliyet değerinin 1/1 eksen çizgisi etrafında toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmektedir.



Şekil 5.56. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA ve R^2 grafiği



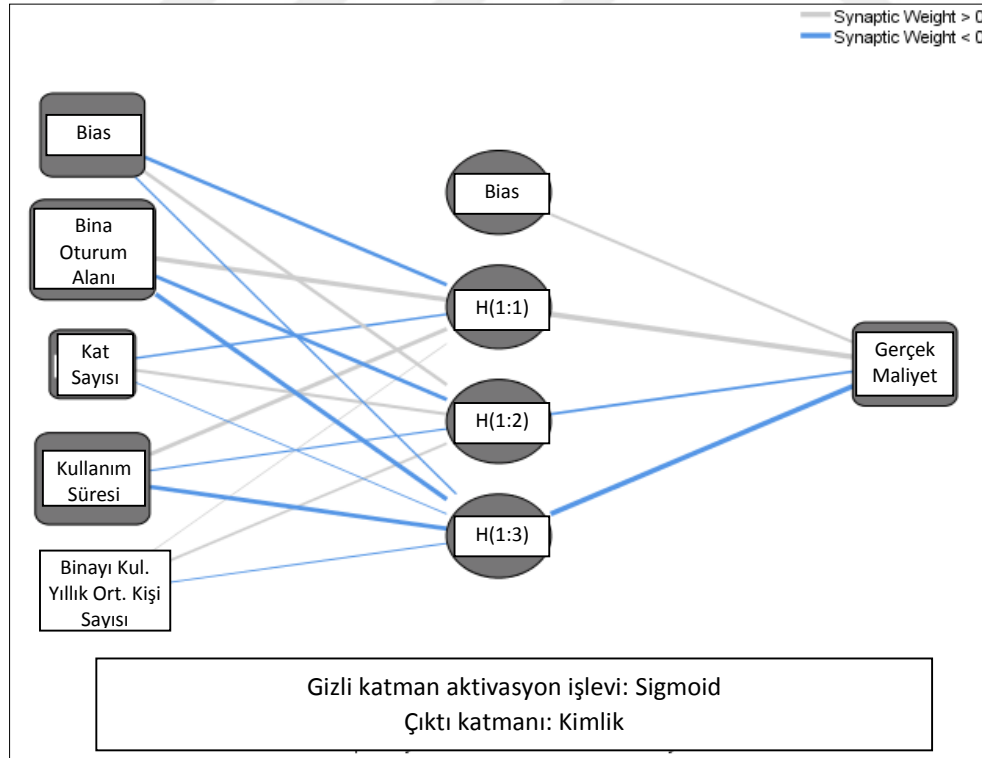
Şekil 5.57. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması

5.4.4. Gizli Katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA

Huzurevi ve çocuk evi binalarına ait projeler üzerinden belirlenen bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı değişkenleri girdi verileri olarak, gerçek maliyet ise çıktı verisi olarak adlandırılmıştır. Gizli katman sayısı 1 ve aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan YSA modeline ait ağ bilgisi Çizelge 5.9’da, YSA modeli ise Şekil 5.58’de verilmiştir. YSA analizinde 50 adet proje verisinin, 42 adedi (%84) ağı eğitmek için, 8 adedi (%16) ise ağın testini yapmak için kullanılmıştır.

Çizelge 5.9. Gizli katman sayısı 1 ve aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan YSA modeline ait ağ bilgisi

Girdi Katmanı	Değişkenler	1	Bina Oturum alanı (m ²)
		2	Kat Sayısı (adet)
		3	Kullanım Süresi (yıl)
		4	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)
	Birimlerin Adedi	4	
Gizli Katman	Değişkenler İçin Yeniden Ölçeklendirme Yöntemi		Standartlaştırılmış
	Gizli Katmanların Adedi	1	
	Gizli Katman 1'deki Birimlerin Adedi	3	
	Aktivasyon İşlemi		Sigmoid
Çıktı Katmanı	Bağımlı Değişken 1		Gerçek Maliyet (TL)
	Birimlerin Adedi	1	
	Ölçek Bağımlıları İçin Yeniden Ölçeklendirme Metodu		Standartlaştırılmış
	Aktivasyon İşlevi		Kimlik
	Hata İşlevi		Kareler Toplamı



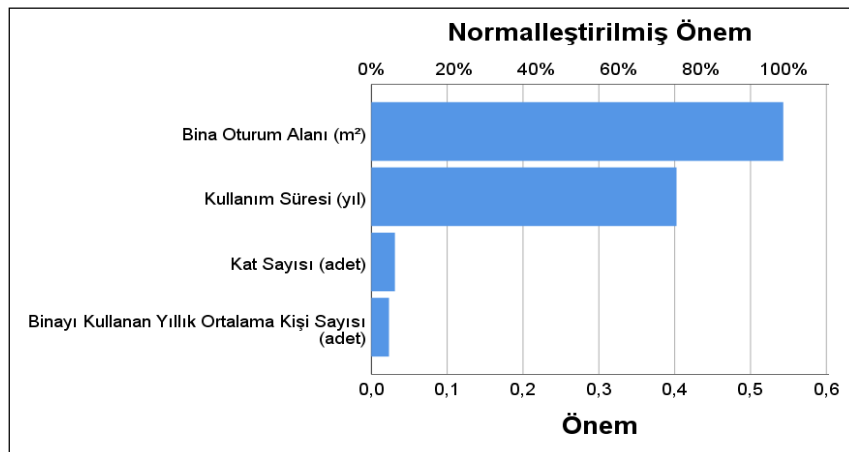
Şekil 5.58. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA' da ağ mimarisi

YSA analizinde bağımlı ve bağımsız parametrelerin ağırlıkları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları

Tahminci		Tahmin Edilen			
		Gizli Katman 1			Çıktı Katmanı
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	Gerçek Maliyet
Girdi Katmanı	Bias	-0,631	0,460	-0,155	
	Bina Oturum Alanı (m ²)	1,283	-0,678	-1,179	
	Kat Sayısı (adet)	-0,166	0,373	-0,077	
	Kullanım Süresi (yıl)	0,858	-0,121	-1,133	
	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)	0,001	0,214	-0,117	
Gizli Katman 1	Bias				0,276
	H(1:1)				1,455
	H(1:2)				-0,245
	H(1:3)				-1,377

Şekil 5.59'da gösterilen normalleştirilmiş önem analizi sonuçlarına göre gerçek maliyet üzerinde en yüksek öneme sahip olan parametre bina oturum alanı parametresidir. Maliyeti etkileyen diğer parametrelerin önem derecesi ise sırasıyla kullanım süresi, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı parametreleridir.

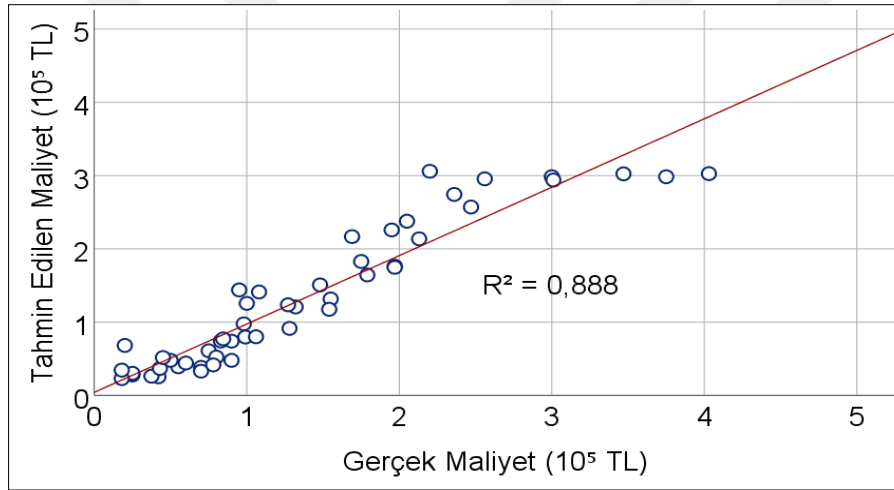


Şekil 5.59. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri

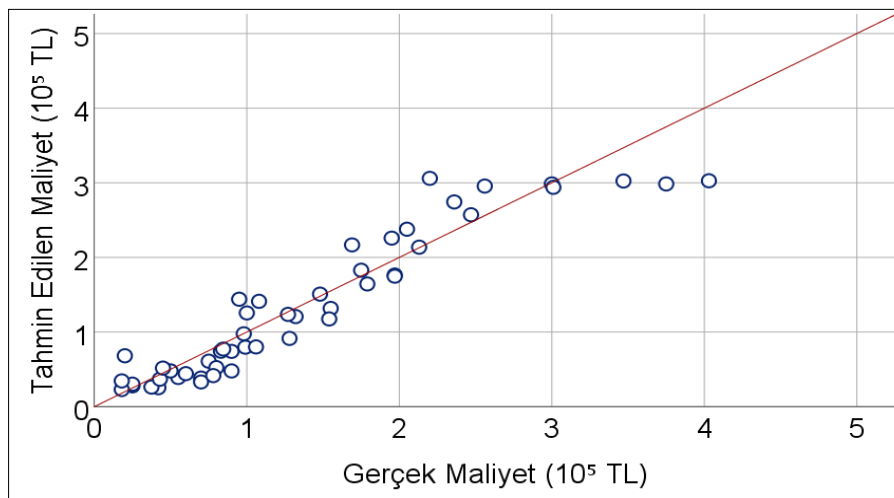
Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan YSA modeli ile tahmin edilen huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet

değerleri arasında RA yapılmış, analiz sonucunda $R^2=0,888$ olarak belirlenmiş ve Şekil 5.60'da gösterilmiştir.

YSA ile tahmin edilmiş huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet değerlerini karşılaştırmak amacıyla da RA yapılmış ve Şekil 5.61'de gösterilmiştir. Şekil 5.61 değerlendirildiğinde tahmin edilen maliyet değerinin 1/1 eksen çizgisi etrafında toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini iyi derecede yakın tahmin ettiği görülmektedir. Şekil 5.61 incelendiğinde tahmin edilen huzurevi ve çocuk evi binalarının maliyet değerlerinin yapılan diğer analizlere göre nispeten eksen çizgisi etrafında daha kötü bir dağılım gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5.60. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA ve R^2 grafiği



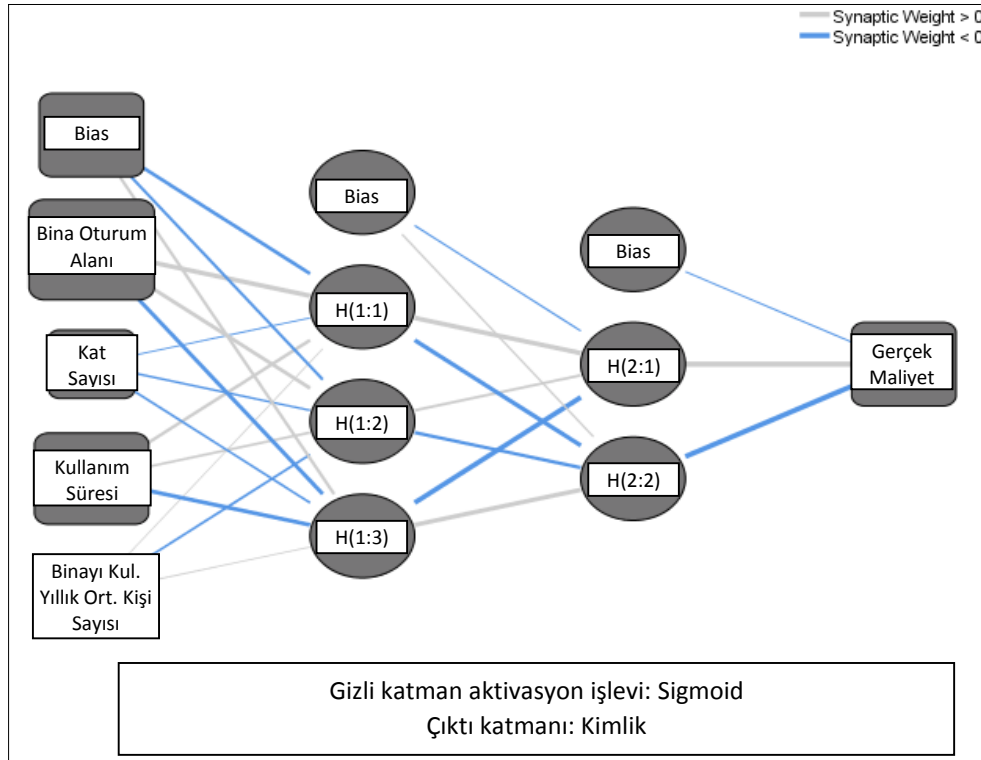
Şekil 5.61. Gizli katman sayısı 1, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması

5.4.5. Gizli Katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA

Huzurevi ve çocuk evi binalarına ait projeler üzerinden belirlenen bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan kişi sayısı değişkenleri girdi verileri olarak, gerçek maliyet ise çıktı verisi olarak adlandırılmıştır. Gizli katman sayısı 2 ve aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan YSA modeline ait ağ bilgisi Çizelge 5.11’de, YSA modeli ise Şekil 5.62’de verilmiştir. YSA analizinde 50 adet proje verisinin, 44 adedi (%88) ağı eğitmek için, 6 adedi (%12) ise ağı testini yapmak için kullanılmıştır.

Çizelge 5.11. Gizli katman sayısı 2 ve aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan YSA modeline ait ağ bilgisi

Girdi Katmanı	Değişkenler	1	Bina Oturum alanı (m ²)
		2	Kat Sayısı (adet)
		3	Kullanım Süresi (yıl)
		4	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)
	Birimlerin Adedi	4	
	Değişkenler İçin Yeniden Ölçeklendirme Yöntemi		Standartlaştırılmış
Gizli Katman	Gizli Katmanların Adedi	2	
	Gizli Katman 1’deki Birimlerin Adedi	3	
	Gizli Katman 2’deki Birimlerin Adedi	2	
	Aktivasyon İşlemi		Sigmoid
Çıktı Katmanı	Bağımlı Değişken 1		Gerçek Maliyet (TL)
	Birimlerin Adedi	1	
	Ölçek Bağımlıları İçin Yeniden Ölçeklendirme Metodu		Standartlaştırılmış
	Aktivasyon İşlevi		Kimlik
	Hata İşlevi		Kareler Toplamı



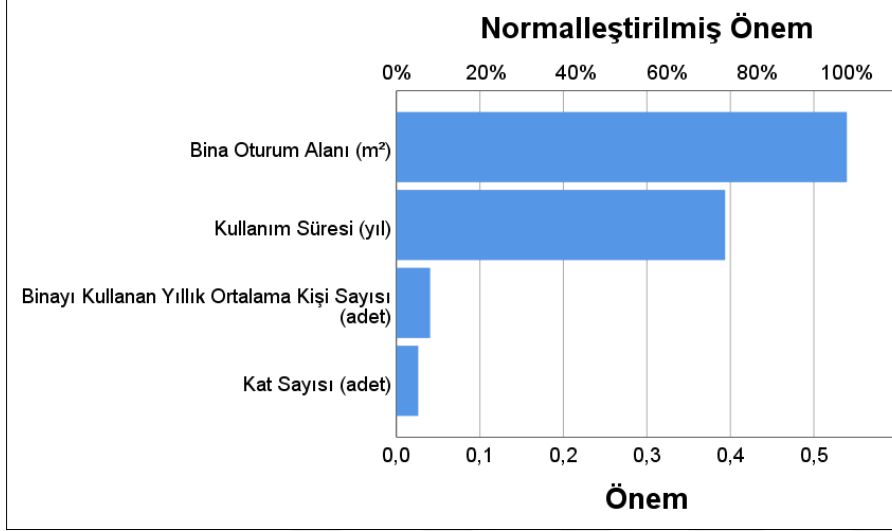
Şekil 5.62. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA’ da ağ mimarisi

YSA analizinde bağımlı ve bağımsız parametrelerin ağırlıkları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. YSA analizi sonucunda oluşan parametre bağlantı ağırlıkları

Tahminci		Tahmin Edilen					
		Gizli Katman 1			Gizli Katman 2		Çıktı Katmanı
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(2:1)	H(2:2)	
Girdi Katmanı	Bias	-0,648	-0,512	0,570			
	Bina Oturum Alanı (m ²)	1,136	0,674	-0,891			
	Kat Sayısı(adet)	-0,076	-0,192	-0,285			
	Kullanım Süresi (yıl)	0,581	0,317	-0,908			
	Binayı Kullanan Yıllık Ortalama Kişi Sayısı (adet)	0,018	-0,296	0,019			
Gizli Katman 1	Bias				-0,113	-0,180	
	H(1:1)				1,425	-0,922	
	H(1:2)				0,447	-0,584	
	H(1:3)				-1,674	0,976	
Gizli Katman 2	Bias						-0,078
	H(2:1)						3,055
	H(2:2)						-2,016

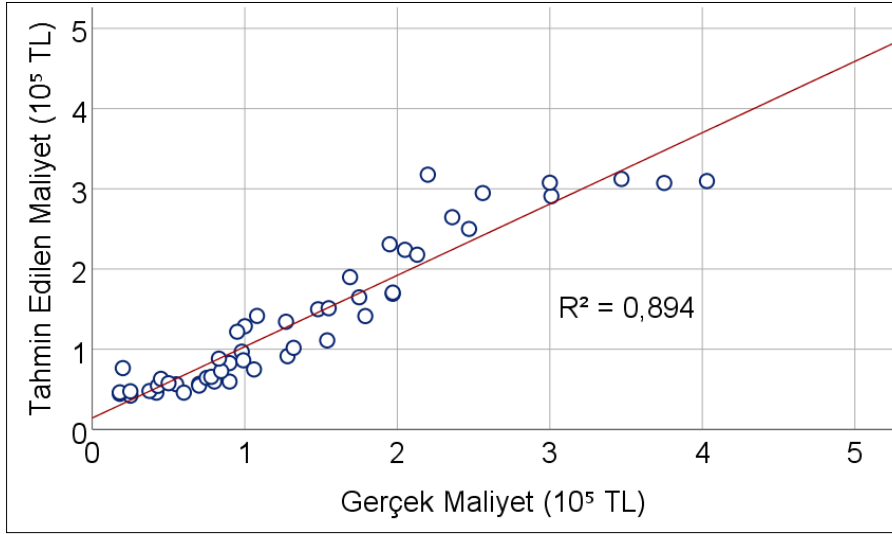
Şekil 5.63'te gösterilen normalleştirilmiş önem analizi sonuçlarına göre gerçek maliyet üzerinde en yüksek öneme sahip olan parametre bina oturma alanı parametresidir. Maliyeti etkileyen diğer parametrelerin önem derecesi ise sırasıyla kullanım süresi, binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve kat sayısı parametreleridir.



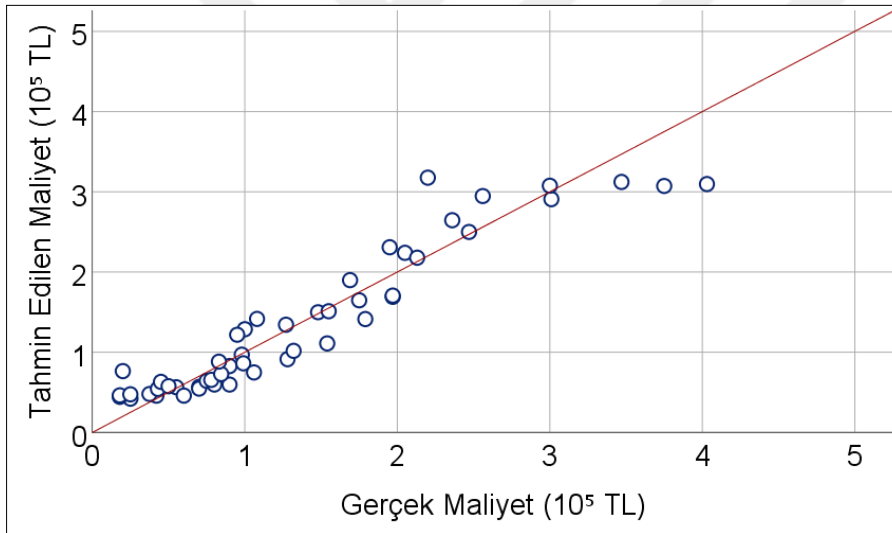
Şekil 5.63. YSA da kullanılan parametrelerin önem değerleri ve normalleştirilmiş önem yüzdeleri

Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan YSA modeli ile tahmin edilen huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet değerleri arasında RA yapılmış, analiz sonucunda $R^2=0,894$ olarak belirlenmiş ve Şekil 5.64'te gösterilmiştir.

YSA ile tahmin edilmiş huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet değerleri ile gerçek maliyet değerlerini karşılaştırmak amacıyla da RA yapılmış ve Şekil 5.65'te gösterilmiştir. Şekil 5.65 değerlendirildiğinde tahmin edilen maliyet değerinin 1/1 eksen çizgisi etrafında toplandığı ve gerçek maliyet değerlerini oldukça yakın tahmin ettiği görülmektedir.



Şekil 5.64. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA ve R^2 grafiği



Şekil 5.65. Gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu sigmoid olan mimari seçimli YSA ile tahmin edilen maliyet-gerçek maliyet karşılaştırılması



6. SONUÇ ÖNERİLER

Bu çalışmada, huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerinin ön tahmini için bir yöntem önerisinde bulunulmuştur. Bu çalışma için Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'ndan temin edilen 50 adet huzurevi ve çocuk evi binasının projesi üzerinden nispeten kolay ve hızlı bir şekilde belirlenebilen bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi, binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve gerçek maliyet parametreleri kullanılarak "SPSS Statistics 25" yazılımı ile RA ve YSA analizleri yapılmıştır. Seçilen veriler arasındaki oluşabilecek korelasyonlar teker teker incelenmiştir. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı parametreleri ile gerçek maliyet arasındaki korelasyon değeri küçük olmasına rağmen analizlerde kullanılmıştır. Bunun sebebi bu iki parametrenin tek başına gerçek maliyeti belirlemede zayıf olmasına rağmen, diğer parametrelerle birlikte kullanıldığında tahmin gücünü artırıyor olmasıdır.

Tek değişkenli RA içerisinde kullanım süresi ve gerçek maliyet arasında yapılan analiz $R^2=0,842$ değeri ile en yüksek ilişki düzeyine sahip ve bina oturum alanı ve gerçek maliyet arasında yapılan analiz ise $R^2=0,807$ değeri ile ikinci en yüksek düzeye sahip sonucu vermiştir. Kat sayı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen RA sonuçlarında ise R^2 değeri çok düşük çıkmış ve aralarındaki ilişki düzeyi oldukça düşük kalmıştır.

İki değişkenli RA içerisinde bina oturum alanı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında yapılan analiz $R^2=0,861$ değeri ile en yüksek ilişki düzeyine sahip analiz, kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında yapılan analiz ise $R^2=0,849$ değeri ile en yüksek ikinci ilişki düzeyine sahiptir. Kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen analiz $R^2=0,842$ değeri ile üçüncü en yüksek ilişki düzeyine sahiptir. Kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayı ile gerçek maliyet arasında yapılan RA sonucunda $R^2=0,031$ olarak tespit edilmiş ve ilişki düzeyi oldukça düşük kalmıştır.

Üç değişkenli RA içerisinde bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında yapılan analiz $R^2=0,862$ değeri ile en yüksek ilişki düzeyine sahip analiz, bina oturum alanı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında yapılan analiz ise $R^2=0,861$ değeri ile en yüksek ikinci ilişki düzeyine

sahiptir. Bina oturum alanı, kat sayısı ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında yapılan RA sonucunda $R^2=0,810$ olarak tespit edilmiş ve ilişki düzeyi diğerlerine göre nispeten düşük kalmıştır. Tüm değişkenlerin kullanıldığı RA ise yapılan analizler arasında $R^2=0,863$ değeri ile en yüksek ilişki düzeyine sahiptir.

Huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerinin tahminini için RA ile tahminler yapılmış ve denklemler oluşturulmuştur. RA tahminlerden gerçeğe daha yakın sonuçlar verebileceği varsayımıyla YSA ile analizler yapılmıştır. RA'da kullanıldığı gibi huzurevi ve çocuk evi binalarının projelerinden belirlenen bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi ve binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı bağımsız değişkenleri girdi verileri olarak, gerçek maliyet ise çıktı verisi olarak YSA'da kullanılmıştır.

Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid kullanılıyorsa YSA'da geliştirilen modelin ortalama davranışı, aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant kullanılıyorsa ortalamadan sapmanın öğrenilmesi, aktivasyon fonksiyonu olarak hem sigmoid hem de hiperbolik tanjant kullanılıyorsa tahmin yapmaya bağlı problem çözümünü sağlamaktadır.

YSA modelleri arasında en başarılı ağ mimarisini belirlemek için sistem tarafından otomatik olarak belirlenen mimariler ile sistemin dışında kullanıcıya bağlı olarak seçilen gizli katman sayısının 1 veya 2, aktivasyon fonksiyonun sigmoid veya hiperbolik tanjant olduğu modellerin birbirleriyle olan kombinasyonları tek tek denenmiş ve sonuçlar gözlemlenmiştir.

Yapılan YSA modelleri arasında gizli katman sayısı 2, aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeli $R^2=0,911$ değeri ile en iyi tahmin sonucunu vermiştir. 50 adet proje verisinden, ağı eğitmek için 42 adedi (%84), ağı testini yapmak için ise 8 adedi (%16) kullanılmıştır. Bu YSA modelinde bina oturum alanı gerçek maliyet üzerinde en yüksek öneme sahip olan parametredir. Diğer parametrelerin önem sırası ise kullanım süresi, binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve kat sayısıdır.

Yapılan YSA modelleri arasında otomatik mimari seçimli aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant olan YSA modeli $R^2=0,905$ değeri ile en iyi ikinci ilişki düzeyine sahip model olmuştur.

Sonuç olarak, YSA ile yapılan huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyet tahminlerinin, RA ile yapılan tahminlere göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu bağlamda özellikle işin başında veya tasarım aşamasında huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerinin belirlenmesinde YSA ile oluşturulan modellerin maliyet tahmininde güvenli bir şekilde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada sadece doğrusal RA ve YSA yöntemleri kullanılarak huzurevi ve çocuk evi binalarının bakım-onarım maliyetlerinin tahmini yapılmıştır. Araştırmacılar, bu yöntemler dışında doğrusal olmayan RA ve farklı yapay zeka uygulamaları ile tahmin yaparak elde edecekleri sonuçları bu çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırabilirler.





KAYNAKLAR

- Allen, M. P. (1997). *The origins and uses of regression analysis understanding regression analysis*, Boston, MA: Springer US, 1-5.
- Alp, M. ve Ciğizoglu, H. K. (2010). Farklı yapay sinir ağı metodları ile yağış-akış ilişkisinin modellenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/d*, 3(1), 80-88.
- Arafa, M. and Alqedra, M. (2011). Early stage cost estimation of buildings construction projects using artificial neural networks. *Journal of Artificial Intelligence*, 4(1), 63-75.
- Ashour, A. and Alqedra, M. (2005). Concrete breakout strength of single anchors in tension using neural networks. *Advances in Engineering Software*, 36(2), 87-97.
- Baykan, U. (2007). *İnşaat projelerinde kaynak ihtiyacının yapay sinir ağları yaklaşımı ile tahmini*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 27-55.
- Bostancıoğlu, E. (2006). Konut binalarının ön tasarimında bir maliyet tahmin modeli. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(3), 27-49.
- Cho, H. G., Kim, K. G., Kim, J. Y. ve Kim, G. H. (2013). A comparison of construction cost estimation using multiple regression analysis and neural network in elementary school project. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 13(1), 66-74.
- Çelik, L. Y. (2006). *Türkiye de İnşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmini yöntemleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-2.
- Demirel, Y. (2007). Toplu konut inşaat maliyetlerinin yapay sinir ağları ile tahmini. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 22(4), 53-60.
- Erdem, A. E. (1996). *Konut projelerinde, ön tasarım aşamasında, fonksiyonel elemanlara dayalı maliyet tahmini için bir model geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-2.
- Fukami, K., Hasegawa, K., Nakamura, T., Morimoto, M. and Fukagata, K. (2020). *Model order reduction with neural networks: Application to laminar and turbulent flows*. 2, 467-483.
- Galton, F. (1886). Regression towards mediocrity in hereditary stature. *The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 15, 246-263.
- Göktepe, F., Arman, H., Doğan, E. ve Sandalcı, M. (2009). *Yapay sinir ağları ile adapazarı killerinin sınıflandırılmasında istatistiksel analiz*. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13-15.
- Güzelçoban, S. (2007). *Yapılarda su ve ısı etkenleri, oluşturduğu sorunlar, nedenleri ve çözüm önerileri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 30-74.

- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F. (2004). Yapay sinir ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(3), 227-233.
- Hebb, D. (1949). *The organization of behavior*. New York: John Wiley, 335.
- Kanit, R., Baykan, U. N. ve Erdal, M. (2005). Kısıtlı kaynak koşullarının yapı maliyetine etkisinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 8(2), 209-221.
- Kohonen, T. (1984). *Self-organization and associative memory laboratory of computer and information sciences*, Helsinki University of Teknology. New York: Springer, 60-78.
- Korkmaz, S. ve Uğur, L.O. (2012). Yığma konutların maliyet tahmininde yapay sinir ağlarının (ysa) kullanılması. *Engineering Sciences*, 7(3), 615-631.
- Kseokur, H. (2007). *İnşaat sektöründe yapay sinir ağları yardımıyla alt yüklenici seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 71-72.
- Longuet-Higgins, H. C. (1968). Holographic model of temporal recall. *Nature*, 217(5123), 104-104.
- Luu, V. T. ve Kim, S. Y. (2009). Neural network model for construction cost prediction of apartment projects in vietnam. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 10(3), 139-147.
- Maynard, M. (2020). *Neural networks: Introduction to artificial neurons, backpropagation and multilayer feedforward neural networks with real-world applications*: United States: Independently Published, 37-38.
- Narendra, K. S., and Parthasarathy, K. (1990, February). Neural networks in dynamical systems. In *Intelligent control and adaptive systems* (Vol. 1196). Philadelphia, PA: SPIE, 230-241.
- Olive, D. J. (2017). *Multiple linear regression*. Switzerland: Springer International Publishing, 17-83.
- Ozgan, E. and Demirci, R. (2008). Neural networks based modelling of traffic accidents in interurban rural highways, duzce sampling. *Journal of Applied Sciences*, 8(1), 146-151.
- zkan, ., Glek, ., Gndz, M. and Demir, İ. H. (2013). Cost assessment of construction projects through neural networks. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 40, 574–579.
- zmaden, M. ř. ve Erdal, M. (2020). Konut yapılarının maliyet tahmininde kullanılan yntemlerin performans analizi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(4), 970-985.
- Polat, D. A. ve iraci, M. (2010). Türkiye de tasarım ncesinde maliyet tahmini için veri tabanı modeli. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/a*, 4(2), 59-69.

- Roxas, C. L. C. and Ongpeng, J. M. C. (2014, March). *An artificial neural network approach to structural cost estimation of building projects in the Philippines*. Paper presented at the DLSU research Congress (Vol. 2, No. 2), De La Salle University, Manila, 1-8.
- Saridemir, M. (2008). *Farklı agregalarla üretilmiş beton özelliklerinin yapay sinir ağları ve bulanık mantık ile tahmin edilmesi*. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 6-16.
- Sonmez, R. (2011). Range estimation of construction costs using neural networks with bootstrap prediction intervals. *Expert systems with applications*, 38(8), 9913-9917.
- Stoy, C., Pollalis, S. and Schalcher, H.-R. (2008). Drivers for cost estimating in early design: Case study of residential construction. *Journal of construction engineering and management*, 134(1), 32-39.
- Sueri, M. and Erdal, M. (2021). Early estimation of sewerage line costs with regression analysis. *Gazi University Journal of Science*, 1, 1.
- Taşar, B., Fatih, Ü., Demirci, M. ve Kaya, Y. Z. (2018). Yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak buharlaşma miktarı tahmini. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(1), 543-551.
- Tekkanat, E. ve Topaloğlu, M. (2017). Duvarlardaki ısı kaybının yapay sinir ağı ile belirlenmesi ve karar destek sistemi ile malzeme seçimi. *Sakarya University Journal of Science*, 21(4), 643-652.
- Topçu, G. (1989). *Yapı üretim sürecinde maliyete ilişkin işlemler: Tahmin, planlama, kontrol*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 84-86.
- Türker, M. ve Kanit, R. (2020). Yapi üretim sürecindeki İş kazaları şiddetinin ön bilgilendirilmiş yapay öğrenme metodu ile tahmini. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(4), 943-956.
- Uğur, L. (2007). *Yapı maliyetinin yapay sinir ağı ile analizi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 45-92.
- Ulker, M. ve Civalek, O. (2002). Yapay sinir ağları ile eksenel yüklü kolonların burkulma analizi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 26, 117-125.
- Yılmaz, M., Kanit, R., Erdal, M., Yıldız, S. ve Bakış, A. (2016). Bina bakım onarım ödeneklerinin etkin kullanımı maksadıyla ihale bedelini etkileyen faktörlerin yapay sinir ağları ve lineer regresyon yöntemleri ile belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 19(4), 461-470.





GAZİ GELECEKTİR..