

**KENTSEL DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİNİN NEDENSEL ÇİZGELERLE
İRDELENMESİ**

Serel AKYOL

Doktora Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Eyyüp GÜLBANDILAR

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ocak 2020

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Serel AKYOL'un KENTSEL DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİNİN NEDENSEL ÇİZGELERLE İRDELENMESİ başlıklı tezi 23/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvan Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Eyyüp GÜLBANDILAR	
Üye	: Prof. Dr. Yaşar HOŞCAN	
Üye	: Doç. Dr. Hakan ÖZBAŞARAN	
Üye	: Prof. Dr. Ecir Uğur KÜÇÜKSİLLE	
Üye	: Doç. Dr. Alper Kürşat UYSAL	

Prof. Dr. Murat TANIŞLI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

KENTSEL DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİNİN NEDENSEL ÇİZGELERLE İRDELENMESİ

Serel AKYOL

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak 2020

Danışman: Prof. Dr. Eyyüp GÜLBANDILAR

Kentsel dönüşüm, bozulma ve çökme olan bir kentsel alanın fiziksel, toplumsal, ekonomik ve çevresel koşullarının sistematik ve bütünlüklü yaklaşımlar ile sürekli iyileştirilmesine yönelik olarak uygulanan eylemlerin tamamı şeklinde ifade edilmektedir. Ülkemizde 21. Yüzyılda meydana gelen depremler sonucu oluşan kayıplar ve ülkemiz mevcut yapı stokunun büyük çoğunluğunun bozulmaya uğramış ya da deprem etkisi altında olması nedeniyle, kentsel yapının dönüşümünde proaktif bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir. Bu nedenle meydana gelebilecek can ve mal kaybına karşı maksimum önlem alabilmek için risk teşkil eden alanların önceliklendirilerek belirlenmesi son derece önemli bir konudur.

Kentsel dönüşüm kapsamında risk tespiti için değerlendirilmesi gereken parametre sayısının çok olması ve önem ağırlıklarının belirlenmesindeki zorluklar tespit sürecini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu amaçla tezde, kentsel dönüşüm kapsamında değerlendirilen tekil yığma yapıların risk tespitinde kullanılan parametrelerin irdelenmesi için nedensel çizge tabanlı bir model önerilmiştir. Model ön hazırlık aşamasında, lojistik regresyon analizi ile risk tespitinde kullanılan parametreler arasından öznitelik seçimi yapılarak parametre sayısı indirgenmiştir. Seçilen parametrelerin aralarındaki ilişkiler iz analizi yöntemiyle değerlendirilerek, iki değişken arasındaki neden-sonuç ilişkisini ifade eden, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde doğrudan ya da dolaylı etkisi olduğunu gösteren nedensellik yapısı kurulmuş ve çizgelere aktarılmıştır. Nedensel ilişki modelinin kurulmasında istatistiksel analiz sonuçları ve bilimsel veriler birlikte değerlendirilmiştir. Seçilen parametrelerin sadece doğrudan etki katsayıları kullanılarak

yapılan doğru sınıflandırma oranı %89 iken, oluşturulan nedensel çizge modeli ile doğrudan ilişkilerin de analize dahil edilmesi sonucunda bu oran %96'ya yükselmiştir. Model sayesinde, saha çalışması, yapıdan veri toplanması ve simülasyon adımları ile haftalar süren risk tespit süreci optimum hale getirilerek, yapının risk durumu (Riskli/Risksiz) hakkında bilgi edinilmesi sağlanmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre çalışmada önerilen yöntemin riskli yapı tahminini yüksek doğrulukla gerçekleştirdiği ve ön değerlendirme aşamasında kullanılabileceği, model verimlilik ve sınıflandırma performansının mühendislik ve literatür açısından kabul edilebilir olduğu görülmektedir. Buna göre oluşturulan ön değerlendirme modeli ile karar sürecine katkı sağlayarak, risk tespiti zaman ve maliyetlerinin ve bu süreçte yapıda meydana gelen tahribatın azaltılması amaçlanmaktadır. Dört farklı şehirde yer alan binalar dikkate alınarak yapılan analizler sonucunda geliştirilen yöntem, hazırlanan yazılım sayesinde indirgenmiş parametreler ile risk tespitini gerçekleştirmektedir.

Hızlı ve ön değerlendirme tekniklerinin en büyük dezavantajı belirli bir bölge ile sınırlı olmasıdır. Bu nedenle metodolojinin geliştirilmesinde kullanılan veri setinin karakteristiği ve güncellenebilirliği oldukça önemlidir. Yazılımda veri tabanına yeni veri girişi ile eklenen yeni bölgelerin ağırlıkları güncellenerek, yöntem kalibre edilmektedir. Veri tabanının ve buna bağlı olarak parametreler arasındaki önem ağırlıklarının güncellenmesi yöntem sınırlılıklarının azaltılması açısından önemlidir.

Anahtar Sözcükler: Nedensellik, Nedensel çizgeler, İz analizi, Lojistik regresyon, Kentsel dönüşüm.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF URBAN TRANSFORMATION PARAMETERS WITH CAUSAL GRAPHS

Serel AKYOL

Department of Computer Engineering

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, January 2020

Supervisor: Prof. Dr. Eyyüp GÜLBANDILAR

Urban transformation refers to the whole of actions put to continuously improve physical, social, economic, and environmental conditions of an urban area experiencing deterioration and collapse, via systematic and integrated approaches. Due to the losses induced by earthquakes in the 21st century and the current structure stocks having been deteriorated or affected by earthquakes in our country, transformation of urban structures requires a proactive approach. In order to take the necessary measures against the life and property loss, determining risky areas by prioritization is of critical importance.

Within the context of urban transformation, the necessity of evaluating a large number of parameters and challenges in determination of weights negatively affect the detection process. For this purpose, a causal graphs-based model is presented in this dissertation, to investigate for examining the parameters used in detection of individual masonry structures. The number of parameters is reduced by selection based on the features of parameters used in risk detection via logistic regression analysis during the preliminary stages of the model. Relations between the selected parameters are determined via path analysis, and causality structure representing cause and effect relations between two parameters, and showing either direct or indirect effect of the independent variable on the dependent variable is developed and transferred on graphs. In establishment of causal relation model, both the statistical analysis results and theory are evaluated together. While the correct classification rate is 89% in the analyses conducted using only direct effect coefficients of the chosen parameters, this rate is increased to 96% once the direct effects are also taken into consideration with the developed causal graph model. With this model, by optimizing the weeks-long detection process necessitating field work, data acquisition from the structure, and simulation steps,

gathering information on the risk situation of the structure, either Risky or Risk-free, is provided.

The results reveal that the approach proposed in this dissertation performs risky structure predictions with high accuracy, can be used for pre-assessment, and model's effectiveness and classification performance are acceptable according to engineering and scientific literature. By contributing to the decision process with the pre-assessment model developed, it is aimed to reduce the risk assessment period and cost, as well as the damages that may take place on the structure. The approach developed from the analyses performed considering structures located at four different cities performs risk assessment via the parameters reduced through the developed software.

The main disadvantage of rapid and pre-assessment techniques is that they are limited to one region. In this regard, the characteristic and updateability of the used dataset are highly important in development of the methodology. The method is calibrated via new data entry and updating of the effect weights of newly added regions. Updating of the database and thus the weights between parameters are important in reducing limitations of the methodology.

Keywords: Causality, Causal graphs, Path analysis, Logistic regression, Urban transformation.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübelerini paylaşarak yol gösteren Danışmanım Sayın Prof. Dr. Eyyüp GÜLBANDILAR'a,

Yapıcı yorum ve önerileri ile tezin şekillenmesini sağlayan, Tez İzleme Komitesi Üyeleri, Sayın Prof. Dr. Yaşar HOŞCAN ve özellikle, azmini örnek aldığım, Sayın Doç. Dr. Hakan ÖZBAŞARAN'a, İnşaat Mühendisliği alanındaki danışmanlığı ve tüm desteği için,

Veri setinin oluşturulmasında değerli katkıları olan, Sayın Doç. Dr. Ahmet YAZICI'ya, Eskişehir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve Yapı Denetim Şube Müdürü Sayın Sadun Selçuk YALÇIN'a, KOSGEB Kütahya İl Müdürü Sayın Yaşar YILDIRIM'a, Kütahya Çevre ve Şehircilik İl Müdürü Sayın İbrahim ÇATLADAN'a, verilerin alındığı dönem Zeytinburnu Belediye Başkan Yardımcısı Sayın Zafer ALSAÇ'a ve Afyon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne,

Kıymetli arkadaşım Dr. E.Begüm ELÇİÖĞLU'na, bana olan inancı, akademik ve manevi tüm desteği için,

En büyük gücüm annem, Nilüfer ÖZMEN ve babam Haydar ÖZMEN'e sonsuz emek ve destekleri ile her kararımda yanımda oldukları için,

Bu süreçte iyi-kötü her anımı paylaşan eşim Mehmet AKYOL'a, hayallerime inanıp gerçekleşmesine destek olduğu ve sabrı için, minnet ve teşekkürü bir borç bilirim.

Serel AKYOL

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Serel AKYOL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Önceki Çalışmalar.....	3
1.2. Tez Organizasyonu	14
2. KENTSEL DÖNÜŞÜM.....	16
2.1. Kentsel Dönüşüm Uygulama Biçimleri	18
2.2. Riskli Alan	19
2.3. Riskli Yapı	19
2.4. Yığma Yapılar	21
2.5. Riskli Yapı Tespit Süreci	22
2.6. Riskli Yapıların Tespit Edilmesinde Kullanılan Hızlı Değerlendirme Yöntemleri	23
2.7. Yığma Kagir Binalarda Deprem Riskinin Tanımlanması	27
2.8. Yığma Binalar İçin Birinci Aşama Değerlendirme Yöntemi	28
2.8.1. Serbest kat adedi	30
2.8.2. Ortalama kat yüksekliği	31
2.8.3. Kesme kuvveti.....	31
2.8.4. Binanın yapım yılı	31

2.8.5. Döşeme sistem tipi	31
2.8.6. Bina düzeni.....	31
3. NEDENSEL ÇİZGELER.....	33
3.1. Çizge Teorisi	33
3.2. Çizge Türleri.....	34
3.2.1. Boş çizge	34
3.2.2. Yönlendirilmiş (directed) çizge	34
3.2.3. Yönlendirilmemiş (undirected) çizge.....	35
3.2.4. Yoğun (dense) çizge	35
3.2.5. Seyrek (sparse) çizge	35
3.2.6. Maliyetli / ağırlıklı (weighted) çizge.....	35
3.3. Nedensellik ve Nedensel İlişki	35
3.4. Nedensel Çizgeler	37
3.4.1. Yönlendirilmiş döngüsüz çizge (Directed acyclic graph - DAG)	39
3.4.2. Yönlendirilmiş nedensel çizge modelleri	39
3.5. Matris Gösterimi	41
3.5.1. Kenar matrisi (Edge matrices).....	41
3.5.2. Komşuluk matrisi (Adjacency matrices).....	42
3.5.3. Bitişiklik matrisi (Incidence matrices)	42
4. LOJİSTİK REGRESYON	44
4.1. Öznitelik Seçimi.....	50
4.2. Parametrelerin Tahmin Edilmesi	51
5. İZ (PATH) ANALİZİ	54
5.1. İz Diyagramı	56
5.2. Değişkenler Arasında Görülen Etkileşimler.....	57
5.3. İz Katsayılarının Belirlenmesi	58
6. UYGULAMA	63
6.1. Veritabanı ve Ölçütler	65
6.2. Yığma Binaların Risk Tespitinde Kullanılan Parametreler	67
6.3. Veri Ön İşleme.....	69
6.4. Öznitelik Seçimi.....	73

6.5. Nedensel Çizge Modellemesi	81
7. KENTSEL DÖNÜŞÜM RİSK TESPİTİ ÖN DEĞERLENDİRME	
YAZILIMI.....	88
7.1. Yeni Veri Girişi	88
7.2. Anlamlılık Düzeyleri	89
7.3. İstatistiksel Grafikler	90
7.4. Öznitelik Seçimi.....	91
7.5. Nedensel Çizge.....	92
7.6. Ön Değerlendirme Modeli.....	93
8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	95
8.1. Değerlendirme	97
KAYNAKÇA.....	98
EKLER	114
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 6.1. Yığma binaların risk tespitinde kullanılan parametreler.....	68
Tablo 6.2. Yığma yapılar için taşıyıcı duvar türleri	72
Tablo 6.3. Bağımsız parametrelerin veri türleri	73
Tablo 6.4. Model uyum değerleri.....	75
Tablo 6.5. Model-1’de yer alan değişkenlerin lojistik regresyon katsayı tahminleri.....	78
Tablo 6.6. Model-2’de yer alan değişkenlerin lojistik regresyon katsayı tahminleri.....	79
Tablo 6.7. Model-1 uyum iyilik değerleri.....	80
Tablo 6.8. Model-2 uyum iyilik değerleri.....	80
Tablo 6.9. Oluşturulan modeller için Hosmer & Lemeshow test istatistikleri.....	81
Tablo 6.10. Deprem bölgesi aracı değişkeni etkileri.....	85
Tablo 6.11. Model uyumu indeksi kriter değerleri	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Riskli Yapı Süreci [67]	22
Şekil 2.2. Riskli Yapıların Tespit ve Bildirim Süreci [67]	23
Şekil 3.1. Temel çizge bileşenleri.....	34
Şekil 3.2. Boş, yönlendirilmiş ve yönlendirilmemiş çizge	35
Şekil 3.3. Yönlendirilmiş döngüsüz çizge yapısı	39
Şekil 3.4. Örnek çizge ve komşuluk matrisi	42
Şekil 3.5. Örnek çizgeye ait bitişiklik matrisi	43
Şekil 4.1. Lojistik fonksiyon eğrisi.....	48
Şekil 5.1. Üç değişkenli iz diyagramı.....	57
Şekil 5.2. Neden zincirini gösteren iz diyagramı.....	61
Şekil 6.1. Akış diyagramı	64
Şekil 6.2. Riskli bina tespit raporları incelenen şehirler	66
Şekil 6.3. Model-1'e ait iz diyagramı	84
Şekil 6.4. Model-2'ye ait iz diyagramı	84
Şekil 7.1. Yeni veri girişi ekranı.....	89
Şekil 7.2. Değişken anlamlılık düzeyleri ekranı	90
Şekil 7.3. İstatistiksel grafikler ekranı	91
Şekil 7.4. Öznitelik seçimi ekranı.....	92
Şekil 7.5. Nedensel çizge ekranı.....	93
Şekil 7.6. Risk tespiti ön değerlendirme modeli ekranı.....	94

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

DBYBHY	:	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
LR	:	Lojistik Regresyon
YEM	:	Yapısal Eşitlik Modellemesi
h	:	Kat yüksekliği [m]
V	:	Yığma duvar kesme kuvveti [kN]
n_{sk}	:	Serbest kat adedi



1. GİRİŞ

Kentler, karmaşık ve dinamik yapıları olan yerleşim birimleridir. Kuruluşlarından itibaren, zaman içerisinde yaşanan doğal afetler, sanayileşme, artan nüfus, çarpık yapılaşma ve bu etkenlere bağlı olarak meydana gelen pek çok sorun sebebiyle yıpranmaktadır. Bu durum çağdaş şehircilik ilkelerine ve planlama esaslarına bağlı olarak yeniden yapılandırmayı sağlamak amacı ile kentsel dönüşüm konusunu gündeme getirmiştir.

Türk planlama sisteminde yeni olarak kabul edilen, yaşama ve alana yönelik kalite artışı amacıyla yapılabildiği gibi alanın fiziksel, çevresel ve toplumsal yapısında meydana gelen deformasyonların giderilmesi amacıyla da yapılabilen kentsel dönüşüm, yenileme anlayışı ile 1980 sonrası süreçte, özellikle gecekondan alanlarının dönüştürülmesi amacıyla uygulanmaya başlanarak ve gecekondan alanlarının iyileştirilmesinden uluslararası sermayenin de dâhil olduğu büyük projelere kadar çeşitli ölçeklerde uygulanmaktadır [1, 2].

Ülkemizde 21. Yüzyılda meydana gelen depremler sonucu oluşan kayıplar ve ülkemizin büyük çoğunluğunun 1. ve 2. derece deprem kuşağı içerisinde yer alması nedeniyle gelecekte meydana gelmesi beklenen depremler, mevcut kentsel yapının dönüşümünde proaktif bir yaklaşımın benimsenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu nedenle ülkemizdeki mevcut yapı stokunun, deprem etkisi altında risk düzeyleri yüksek olanlarının önceliklendirilerek belirlenmesi son derece önemli bir konudur. Bu amaçla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından kentsel dönüşüm uygulamalarında yapı ve alan bazında risk içeren bölgelere öncelik verilmiştir [3]. 6306 sayılı Kanun kapsamında “Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımını Belirlemek İçin Kullanılabilecek Yöntemler” başlıklı EK-A hazırlanmıştır [4]. Bu yöntemlerin kullanım amacı, dönüşümün söz konusu olduğu geniş alanlarda yer alan yapıların tespit sürecinde harcanan maliyet, zaman ve emeği minimuma indirgeyerek, bölgesel risk önceliklendirmesi yapılmasıdır. Söz konusu yöntemler kullanılarak incelenen bölgeye ait verilerden, yapılar arasında ancak bir performans puanı sıralaması ve karşılaştırılması yapılabilmektedir. Buna göre performans puanı daha yüksek olan yapının performans puanı daha düşük olan yapıya göre dayanım durumunun daha iyi olduğu söylenebilmektedir. Bu kapsamda belirli puan aralığındaki yapıların

yoğunlaştığı alanlarla ilgili olarak kıyaslama yapılarak, dönüşümde öncelikli alanların belirlenmesi sağlanmaktadır.

Yapıların depreme dayanımının ya da risk durumunun bölgesel çapta belirlendiği çalışmalarda yaşanan en büyük sıkıntı, bina sayısının çok olması nedeniyle yaşanmaktadır. Bu noktada en doğru analiz ve değerlendirme sonuçlarının en az sayıda parametre ile kısa sürede elde edilmesine imkan veren yaklaşımlara ihtiyaç duyulmuştur [5]. Bu kapsamda riskli olduğu düşünülen alanlarda bulunan çok sayıdaki binanın kısa zamanda, ekonomik olarak incelenmesine olanak tanıyan, hızlı tarama yöntemlerine ihtiyaç duyulmuş olup, bu çerçevede kentsel dönüşüm yapılması düşünülen birçok alanda, farklı hızlı tarama yöntemleri ile inceleme ve değerlendirme çalışmaları yapılmıştır. Literatürde yer alan, FEMA 310, FEMA 273, Japon İndeks Yöntemi gibi mevcut prosedürlerin Türkiye'deki bölgesel, sosyal ve tarihsel etkenlerin etkili olduğu yapı karakteristiğine uygun olmaması nedeniyle doğrudan uygulanması mümkün olmamaktadır [6]. Bazıları deterministik bazıları da probabilistik temelli bu prosedürler, genellikle tasarlandıkları bölgelerdeki yapı stokları göz önüne alınarak kalibre edildiklerinden ülkemiz koşullarında güvenilir sonuçlar elde edilememektedir [7].

Doğal afetler vb. diğer olaylar sonucunda meydana gelebilecek can ve mal kaybına karşı maksimum önlem alabilmek için kentsel dönüşüm uygulamaları afetlerden önce yapılmalıdır. Bunun için ilk koşul ise olası bir afet durumuna karşı risk teşkil eden alanları ve bu alanların önceliklerini doğru bir şekilde belirlemektir [8].

Riskli alan ve yapıların tespit edilmesinde değerlendirilmesi gereken çok sayıda parametre bulunmaktadır. Parametre sayısının çok olduğu karmaşık sistemler için, farklı kurumlardan farklı uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmelerin homojen bir sonuç üretmeyeceği, dolayısıyla kentsel dönüşümün amacına ulaşması konusunda sorunlar ortaya çıkabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle kentsel dönüşümün amaca uygun olarak gerçekleştirilmesi ve olası afetlere karşı maksimum düzeyde önlem alınabilmesi için riskli yapı tespitinde bir Karar Destek Sistemi'ne ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla "Ekonomik ve Hızlı Ön Değerlendirme" teması dikkate alınarak risk değerlendirme parametre sayısının çokluğu ve tespit sırasında kurum ve kuruluşların değerlendirmesinde yaşanan belirsizlik/standartlaştırılmamış önem ağırlıkları nedeni ile çizge tabanlı bir karar destek sistemi oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmada, kentsel dönüşüm parametrelerinin irdelenmesi için çizge tabanlı bir mimari önerilmiştir. Bu

mimari ile öncelikli olarak risk tespitinde kullanılan parametrelerin indirgenmesi daha sonra elde edilen parametrelerin çizge madenciliği algoritmaları kullanılarak nedensellik yapısı kurulması amaçlanmıştır. Önerilen model; nedensel etkiler dahil edilerek zaman ve doğruluk performansı bakımından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çalışmada önerilen yöntemin riskli yapı sınıflandırmasını önemli ölçüde gerçekleştirdiği ve ön değerlendirme aşamasında kullanılabileceği, model verimlilik ve sınıflandırma performansının mühendislik ve literatür açısından kabul edilebilir olduğu görülmektedir. Dört farklı bölgede yer alan binalara göre yapılan analizler sonucunda geliştirilen yöntem, hazırlanan yazılım sayesinde indirgenmiş parametreler ile risk tespitini gerçekleştirmektedir. Hızlı ve ön değerlendirme tekniklerinin en büyük dezavantajı belirli bir bölge ile sınırlı olmasıdır. Bu nedenle metodolojinin geliştirilmesinde kullanılan veri setinin karakteristiği ve güncellenebilirliği oldukça önemlidir. Yazılımda veri tabanına yeni veri girişi ile eklenen yeni bölgelerin ağırlıkları güncellenerek, yöntem kalibre edilecektir. Veri tabanının ve buna bağlı olarak parametreler arasındaki önem ağırlıklarının güncellenmesi yöntem sınırlılıklarının azaltılması açısından önemlidir.

1.1. Önceki Çalışmalar

Dünyada ve ülkemizde kentsel dönüşüm üzerine yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde Genç (2008), ülkemizde yürütülen kentsel dönüşüm sürecini ve uygulamalarını kamu yönetimi perspektifinden ele alarak değerlendirmektedir. Bu amaçla, kentsel dönüşüm kavramı ve ülkemizde dönüşüm ihtiyacını ortaya çıkaran nedenler (gecekondulaşma, afet riskleri, büyük iş merkezleri vb.) üzerinde durulmakta, kentsel dönüşümün yasal ve uygulama boyutları incelenerek bu iki boyut, eleştirel biçimde ele alınmaktadır [2].

Şişman ve Kibaroglu (2009) çalışmalarında, dünyada ve ülkemizde gerçekleştirilen kentsel dönüşüm uygulamalarını inceleyerek, özellikle ülkemizdeki uygulamaların olumlu ve olumsuz yönlerini irdemiş, çeşitli tespitler yaparak önermelerde bulunmuşlardır. Çalışmada daha çok kentsel dönüşümün hedefleri ve uygulanan projelerin sonuçları ele alınmaktadır [9].

Polat ve Dostoğlu (2007) çalışmalarında, kentsel dönüşüm kavramı çerçevesinde Bursa kenti içinde işlevini yitirmiş bölgelerde gerçekleşen iki projeyi değerlendirmişlerdir. Çalışmada, ilgili kurumlardaki yetkililerden örnek projelere

ilişkin alınan somut verilere göre basit gözlem tekniğiyle proje alanlarındaki uygulamalar incelenmiştir [10].

Dündar (2001) ise yapmış olduğu çalışmada, Ankara ilindeki kentsel dönüşümün gecekondü bölgelerine uygulanışını ele alarak, dönüşümü fiziksel ve sosyal topografya üzerindeki etkileri açısından irdelemiştir [11].

Lin (2007) çalışmasında, Çin'deki kentsel dönüşüm sistemini irdelemiştir. Buna göre, Çin'de azalan tarım bölgelerini korumayı ve geliştirmeyi amaçlayarak, bölgeleri tarım arazileri ve tarım arazileri dışında kalan bölge olarak belirlemiş ve verileri bu bağlamda incelemiştir [12].

Kentsel dönüşüm konusunda yapılan çalışmaların çoğu, dönüşümün sonuçlarını psiko-sosyal veya sosyo-ekonomik açıdan değerlendirmektedir. Özellikle gecekondü bölgelerinin dönüşümünü hedef alan projeler sıklıkla konu edilerek, sakinlerin bu dönüşüme bakış açısı ve değerlendirmeleri incelenmektedir [13–15].

Uğur, Aliefendioğlu ve Saka (2016), Tekirdağ ilinde hazırlanan bazı "Riskli Yapı Tespit" dosyalarından hareketle "Riskli Yapı" kavramını ve tespit sürecini inceleyerek, kentsel dönüşüm uygulamaları esnasında ortaya çıkan genel ve özel problemlere değinmişlerdir [1]. Buna göre, yönetmeliklerin yeterli açıklığa sahip olmaması, birbiriyle ilişkili yasa ve yönetmeliklerde birbirine ters düşen ifadeler bulunması ve tespit sürecinin uzun sürmesi gibi kentsel dönüşüm uygulamalarında engel teşkil eden tespitlerde bulunmuşlardır. Ayrıca, tespit sürecinde sisteme dahil olan kurum ve kuruluşların uzman yazılımlar kullanarak zaman kaybını ortadan kaldıracabileceğini de ifade etmişler ve alandaki uzman yazılımların eksikliğine değinmişlerdir.

Bulanık mantık tabanlı sistem ve modellemeler, kentlerin farklı ölçekteki problemleri düşünüldüğünde, çok sayıda değişken bulunması sebebiyle, çalışmalarda daha hassas sonuçlar elde edilmesine imkan sağlamaktadır. Özyılmaz Küçükyağcı ve Ocakçı (2019), 2005-2018 yılları arasında Türkiye ve yurtdışında yapılan çalışmalardan seçilen bulanık mantık temelli kentsel alan çalışmalarını irdelemiştir [16]. Bulanık mantık yönteminin işleyişinin, kentlerin çok bileşenli yapısı ile örtüştüğünü ifade ederek bir kentsel bölgeye ilişkin sosyal donatı yeterliliğinin saptanması, kentsel çevre kalitesinin değerlendirilmesi ve yeşil alan durumuna ilişkin indeks oluşturulması, kentsel dönüşüm uygulamalarında öncelikli riskli alanların tespiti gibi kentlerdeki

sorunları çözmeye yönelik çalışmaları ele almışlardır. İnceledikleri pek çok çalışmada, kentsel alanlarla ilgili yapılan çalışmalarda istatistiksel analiz tekniklerinin bulanık mantık yöntemiyle birlikte kullanıldığını ifade ederek bu çerçevede, bulanık mantık yöntemiyle yapılan araştırmaların artmasıyla birlikte, oluşturulan modellerin daha da geliştirileceğini öngörmektedirler.

Dünyada ve ülkemizde özellikle kentsel alanlarda depreme dayanıksız yapı stokunun fazlalığı nedeniyle güvenli olmayan binaların tespit edilmesinde hızlı ve güvenilir prosedürlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bir alanda yer alan çok sayıdaki yapının incelenmesi için geliştirilmiş, literatürde hızlı tarama tekniği (Rapid Visual Screening-RVS) olarak kabul gören bu temel prosedürler, büyük yapı stoklarının hızlı bir şekilde değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Daha gelişmiş analiz metotları yerine kullanılamayan ancak yapının daha detaylı bir analize ihtiyaç duyup duymadığını gösterebilen bu prosedürler deprem dayanıklılığı, hasar ve risk tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır [17]. Literatürde ABD ve Japonya başta olmak üzere bazı ülkelerde geliştirilmiş olan hızlı tarama yöntemlerine dair kabul görmüş çeşitli yönetmelik ve çalışmalar mevcuttur [18–21]. Ancak dünya genelinde kullanılan pek çok farklı prosedür bulunmakla birlikte bu prosedürlerin her birinin farklı bölgelerde, bina stoku, bina tipolojisi ve bölgenin jeolojik koşullarına bağlı olarak farklı parametreler kullanarak farklı puanlama sistemleri ile değerlendirme yaptığı görülmüştür. Her bölgenin bulunduğu coğrafi konum ve sismik bölge özelliği değerlendirme fonksiyonunu etkileyen en etkili ve temel parametrelerdir [17].

Mevcut hızlı değerlendirme prosedürleri kullandıkları parametrelere göre irdelendiğinde, FEMA 154 [19], Yunanistan [22] ve Yeni Zelanda [23]’da uygulanan metot, Kaliforniya’daki yapıların analiz sonuçlarına göre oluşturulmuş FEMA 154’ten hareketle Amerika Birleşik Devletleri, Oregon için oluşturulan [24] ve gelişmekte olan ülkeler için önerilen hızlı değerlendirme prosedürünün daha genel bir yaklaşım sağladığı ve daha kapsamlı bilgi gerektirdiği görülmektedir. Japonya [25] ve İtalya’da [26] uygulanan prosedürlerin ise değerlendirmede kullandığı parametre sayısı çok azdır ve değerlendirme sonucunda yapıların skora göre sıralanmasındaki puan sistemi çok açıklayıcı değildir.

Avrupa standartlarına göre deprem dayanıklılığı kavramlarının yer aldığı yöntemde [27], değerlendirme için yapıların detaylı yapısal analizinin gerektiği, zaman

ve ekonomik açıdan daha geniş bir açıda değerlendirildiği görülmektedir. Kanada’da geliştirilmiş hızlı tarama prosedürü [28], binayı Kanada Ulusal İnşaat Kodu ile envanterde sıralamak için kullanılmaktadır. Ancak diğer ülkelerde uygulamaya uygun olmayan bir prosedürdür.

Türkiye’de son yıllarda meydana gelen depremler sonrasında yapılan hasar araştırmalarından derlenen verilere dayanarak, betonarme yapılarda deprem dayanımını hızlı bir şekilde tahmin etmek için kullanılabilecek basit, güvenilir ve pratik bir ön sismik değerlendirme prosedürü geliştirilmiştir [29]. Önerilen prosedürde gözlenen performans belirlemek için, kat sayısı, plan düzensizliği, beton kuvveti, deprem bölgesi, toprak şartlarının etkisi ve bazı yaygın mimari özelliklerin olumsuz etkileri dikkate alınmaktadır.

Sucuoğlu ve Yazgan (2003) ise çalışmalarında 1999 Düzce depreminden sonra inceledikleri 477 hasarlı betonarme binanın verilerini kullanarak istatistiksel analizler sonucu iki seviyeli bir risk değerlendirme prosedürü önermişlerdir [30]. Türkiye’de yüksek derecede hasarlı betonarme binaları tespit etmek için önerilen prosedürün ilk aşamasında sokaktan tarama yöntemi ile, ikinci aşamasında ise binanın zemin katından ölçülen parametrelere göre elde edilen veriler kullanılmaktadır. Prosedüre dahil edilen her parametrenin nispi önemi, regresyon analizleri ile belirlenmiştir.

Tozlu, Anıl ve Şahmaran (2015), kentsel dönüşüm amacıyla yayınlanmış olan 6306 sayılı Kanun kapsamında dönüşüme tabi tutulacak olan Niğde İli Merkez İlçe içerisinde yer alan yaklaşık 550 hektarlık bir alanda bulunan tüm binaların, yine bu Kanun kapsamında “EK-A: Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımını Belirlemek İçin Kullanılabilecek Yöntemler [4]” adıyla sunulmakta olan hızlı tarama yöntemi ile incelenmesi ve riskli olabilecek binaların bölgesel dağılımının belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir [20]. Uygulama süreci ve değerlendirme sonuçlarına göre yöntemin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Bu çalışmadan hareketle, Anıl, Şahmaran ve Koçkar (2017), 6306 sayılı Kentsel Dönüşüm Yasası Uygulama Yönetmeliği içerisinde yer alan tekil yapı değerlendirme ve çok sayıda yapının hızlı bir şekilde değerlendirilmesi ile ilgili olarak önerilen yöntemlerin birbiri ile ilişkilendirilmesi ve bu yapıların bulunduğu bölgeler için risk düzeyinin belirlenmesi ve önceliklendirme çalışmaları için kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir [31]. Çalışma kapsamında iki metodun birbiri ile ilişkilendirilerek uygulanması için yeni bir

yöntem yazarlar tarafından oluşturulmuş ve önerilmiştir. Önerilen yöntem, istenilen herhangi bir coğrafyada risk durumunun belirlenmesi için herhangi bir alana uygulanabilecek genel bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Yöntem ülkemizde geçerli olan mevcut yasanın uygulama yönetmeliğinde yer alan EK-A hızlı değerlendirme ve EK-2 kapsamlı değerlendirme tekniklerini destekleyen ve bilimsel literatür ile ortaya konulmuş bir yöntemdir.

İstanbul Üniversitesi'nde geliştirilen Hızlı Durum Tespit (DURTES) Yöntemi yazılımı ile mevcut yapı stokunun deprem güvenliğinin belirlenmesi için en az parametre ile doğruya yakın sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır. Visual Basic 6.0 ile oluşturulan yazılım, yapıdan sağlanan verileri, yöntemin esaslarına göre değerlendirerek yapı ile ilgili göreceli rapor hazırlayabilmektedir. Özel amaçla geliştirilen yazılım sayesinde hızlı durum tespitine yardımcı bir yöntemden ziyade, temel kabul edilen bir yöntem uygulandığı ifade edilmektedir. Yazılımın farklı sürümleri bulunmakta ve geliştirilen son sürüm ile araziden toplanan verilerin bilgisayar ortamına aktarılmasındaki zaman kaybının ve kullanıcı kaynaklı hata ihtimalinin azaltıldığı, böylece yöntemin daha kısa sürede ve daha az hata ile uygulanmasına imkân sağlandığı belirtilmektedir [32].

Özcebe, Yüçemen ve Aydoğan (2004) Türkiye'deki betonarme binaların değerlendirilmesinde kullanılması öngörülen istatistiksel temelli bir sismik dayanım değerlendirme prosedürü geliştirmişlerdir [7]. 1999 Düzce Depremi sonrasında çeşitli derecelerde hasar gören yapıların saha gözlemlerine dayanarak oluşturulan veritabanına, mimari parametrelere ek olarak, kat sayısı gibi hasar tespitine katkıda bulunan değişkenler seçilerek çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biri olan diskriminant analizi uygulanmıştır. Değişken seçiminin mühendislik kavramları temel alınarak yapıldığı çalışmada elde edilen fonksiyon sayesinde değişken ağırlıkları belirlenmiş ancak değişkenler arası ilişki ve nedensellik ilişkisi hesaba katılmamıştır. Analizin temel amacı, mühendislik kararlara ve gözlemlere dayanarak seçilen bir dizi tahmin değişkenine göre, betonarme binaların ön sismik dayanımının tahmin edilmesidir. Önerilen sismik dayanım ön değerlendirme modelinde, diskriminant analizi sonucuna göre binalar; güvenli, güvenli değil ve daha fazla değerlendirme gerektirir şeklinde sınıflandırılmaktadır. Çalışmada önerilen yöntemin genel ve dünyanın herhangi bir bölgesinde uygulanabilir olmasına rağmen, makalede belirlenen ilişkilerin Düzce

bölgesine göre oluşturulduğu, harici analizlerde farklı toprak özellikleri, inşaat uygulamaları ve yer hareketi özelliklerine göre kalibre edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmanın devamı niteliğinde Yakut, Özcebe ve Yucemen (2004) tarafından mevcut prosedürün diğer bölgelere uygulanması için gerekli kalibrasyonlar tanımlanmış ve önerilen istatistiksel modelin sonuçları paylaşılmıştır [33].

Bal, Tezcan ve Gülay (2007), yapının projesi veya rölevesi üzerinde gerçekleştirilecek bazı sayısal ölçümler, gözlemler ve hesaplamalar sonucunda elde edilecek parametreler yardımı ile göçmeye aday binaların hızla ayıklanmasını sağlayan P25 Puanlama yönteminin ayrıntılarını açıklamışlardır [21]. Farklı illerden toplanan ve farklı depremlere maruz kalmış 289 adet hasarlı ve göçük binaya, 22 adet de 1998 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmış yeni binaya uygulanarak test edilen P25 yönteminde, binanın önem derecesi, deprem bölgesi, binanın hareketli yük katsayısı ve binanın oturduğu arazinin topoğrafyasına göre elde edilen P sonuç performans puanının değeri ile söz konusu binanın yıkılma potansiyeli olup olmadığı konusunda bilgi edinilmektedir. Aynı prosedürün kullanıldığı çalışmada, mevcut prosedür yeni veri setleri ile kalibre edilmiştir [34]. Detaylı analitik incelemeler ile farklı bölgelerdeki yapıların puanlamalarına ait bant aralıkları değiştirilerek prosedürün sınıflama doğruluğu tartışılmıştır. Önerilen parametreler duyarlılık analizi ile değerlendirilerek kat sayısı ve bina yüksekliği parametrelerinin sonuçlar üzerinde oldukça etkili olduğu ifade edilmiştir.

Tetik Biçer (2017) doktora tez çalışmasında, Kahramanmaraş Merkez ilçesinin heyelan duyarlılık haritalarını üretmek amacıyla 9 hazırlayıcı parametre ve 3 farklı analiz tekniği ile değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir [35]. 2015–2016 yılları arasında incelenen 106 çalışmada en çok kullanıldığı ifade edilen analiz yöntemlerinden Lojistik Regresyon (LR), Frekans Oranı (FR) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemleri ile bilimsel heyelan literatürüne dayanılarak seçilen parametrelere göre haritalar üretilmiştir. Heyelan duyarlılık uygulamalarındaki LR kullanımında, coğrafi bilgi sistemleri ve istatistiksel yazılımlardan yararlanılarak, bağımlı değişken olan heyelanlı pikseller “1”, heyelan olmayan piksellere ise “0” değeri atanarak, parametrik ilişkilendirmeler yapılmaktadır. Lojistik regresyon yönteminin performansının AHP’den daha iyi ancak FR’den az fark ile daha kötü olduğu belirtilmiştir. Çalışma

kapsamında üretilen haritaların önemi vurgulanarak, karar vericiler ve yerel yönetimler tarafından kullanımı önerilmektedir.

Veri madenciliği, birçok alanda olduğu gibi, hata payının sıfıra yakın olma beklentisinin olduğu ve alınan kararların insan yaşamına doğrudan etkisinin bulunduğu inşaat mühendisliği alanında da karar verme sürecinde yol gösterici olmaktadır [36]. Veri madenciliği yöntemlerinden biri olan, sınıflandırma ve değişken seçiminde tercih edilen lojistik regresyon, alanda pek çok çalışmada özellikle prosedürlerin analiz edilmesinde kullanılmıştır.

Solak ve Alaybeyoğlu (2017), farklı kurum ve kuruluşlar tarafından farklı önceliklere göre belirlenen riskli alanlar için bir tespit standardı oluşturabilmek amacıyla, bulanık mantık tabanlı bir model önermiş ve söz konusu modele ait bir yazılım geliştirmişlerdir [8]. Modele girdi olarak yapı ortalama performans puanı, yerleşime uygunluk durumu ve nüfus yoğunluğu verileri alınarak kural tabanına göre alanlar için risk öncelikleri belirlenmiştir. Kentsel dönüşüm çalışmalarında riskli alanların belirlenmesinde çok sayıda kriterin bulunması ve bu kriterlerin karmaşık bir yapı oluşturması nedeniyle bulanık mantık yönteminin bu süreci daha doğru oluşturabileceği ve bu sayede “Risk Veri Tabanı” için bir altyapı sağlayabileceği ifade edilmiştir.

Birçok model oluşturma durumunda temel sorun, "en iyi" modele dahil edilmesi gereken çok sayıda ortak değişken arasından seçim yapmaktır. Risk, hasar, deprem dayanıklılığı için önerilen ön ve hızlı değerlendirme prosedürlerinde yer alan değişkenlerin önem ağırlığının belirlenmesinde istatistiksel, analitik gibi farklı yöntemler kullanılmakla birlikte prosedürde yer alacak değişkenlerin seçimi konusunda bir çalışmaya rastlanılmamıştır [33, 34].

Ningthoujam ve Nanda (2018) tarafından Hindistan’da yapılan güncel bir çalışmada, yapı hasar derecesi ve yapının depreme dayanıklılığını etkileyen özellikler arasındaki ilişkiyi modellemek için istatistiksel regresyon yöntemi kullanılmıştır. 4 Ocak 2016 tarihli Manipur depreminden sonra incelenen 396 adet hasarlı betonarme yapıya uygulanan analizler sonucunda, afet riskini azaltma programı kapsamında, depreme dayanıksız yapıların belirlenmesinde ön değerlendirme tekniği olarak kullanılabilecek hızlı bir görsel tarama prosedürü önerilmiştir [17]. Binaların hasar derecesindeki değişimin tespitinde ilişkili olduğu varsayılan on adet nedensel değişken

kullanılmış, bu bağımsız değişkenlerin hasar derecesinin %58.08'ini tanımlamada başarılı olduğu ifade edilmiştir. Adımsal regresyon analizi ile belirlenen, en etkili 6 nedensel değişkenin yer aldığı modelin ise kapsamının %59.7 olduğu belirtilmiştir. İstatistiksel analizlere dayanarak belirlenen altı değişkenin bulunduğu model fonksiyonu sonucunda, binaların hasar derecesi 1'den 5'e kadar sınıflandırılmaktadır. Fonksiyonda bağımsız değişkenler ve katsayı çarpımlarına her deprem bölgesi için sabit bir katsayı eklenmektedir. Bu katsayılar, beş farklı deprem bölgesi için Hindistan Standartlarına göre belirtilmiştir. Model doğruluğu %64.65 olan yöntemin dezavantajlarından biri ayrık bağımlı değişkenlerin ve bağımsız değişkenin kesikli yapısının analizlerde ihmal edilmiş olmasıdır. Modelde yer alan nitel değişkenlerin skora katkısı hesaplanırken, kategori etiketleri çarpan olarak alınarak ağırlık katsayıları ile çarpılmıştır (zayıf=0, orta=1 gibi). Bağımlı değişken olan hasar derecesi 5 sınıfa ayrılırken, elde edilen skor, belirlenen eşik değerlerine göre sınıflandırılarak, kaçınıcı derecede hasarlı olduğu bu şekilde ifade edilmiş ve sürekli değerlerin dönüşümünde hassasiyet kaybolmuştur.

Bağımlı değişkenin ayrık olduğu modeller için değişken seçiminin lojistik regresyon analizi ile yapıldığı çalışmada, modele dahil edilecek değişkenlerin seçiminde analizde kullanılan ileri (forward), geri (backward) ve adımsal (stepwise) metotlarından bahsedilerek bunlar için istatistiksel yazılımda kullanılmak üzere oluşturulan algoritmaya göre bir makro geliştirilmesi amaçlanmıştır [37]. Makro, modele dahil edilecek öznitelik seçiminde kararsız kalınması durumunda yardımcı olacak bir algoritmayı içermektedir. Kullanıcının, öznitelik anlamlılık düzeyi gibi ayarlamalarla aday değişkenleri belirlemesine imkan veren makro, büyük veri setlerinde denenmiş ve öznitelik seçimine uygun, başarılı bir araç olduğu ifade edilmiştir.

Mühendislikte problemlere yaklaşım, tıptaki yaklaşıma benzemektedir. Soruna sağlıklı bir çözüm ortaya koyabilmek için öncelikle tanılama zorunludur. Nedensel çıkarım tekniği kullanılarak değişken seçiminin Bayes ağlar ile gerçekleştirildiği çalışmada Zhang vd. (2018) kronik böbrek hastalığı hastalarının elektronik sağlık kaydı verilerini değerlendirerek hastalığın seyrini öngörmede kullanılabilecek bir yaklaşım önermişlerdir [38]. Yaklaşımın, daha doğru tahminler üretilmesini sağlayan değişken seçimine izin verdiği ve önerilen değişken seçimi yaklaşımının 0.74 doğruluk ile, lojistik regresyon yönteminden biraz daha iyi performans gösterdiği ifade edilmiştir.

Yang vd. (2018) mikrodizin gen ifade verisini kullanarak kanser teşhisinde kullanılabilecek bir genetik algoritma önermişlerdir [39]. Gen ifadesi mikrodizin verileri analizinde yüksek boyutlu küçük örneklem ve gürültü sınıflandırma performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu iki faktörün etkilerini azaltmak için öznitelik seçiminde kullanılmak üzere lojistik regresyon metodu optimizasyon yöntemleri ile probleme uygun bir genetik algoritma oluşturmuşlardır. Bu amaçla kanser teşhisinde kullanılmak üzere mikrodizin veri analizinde 3 akciğer kanseri gen ifade veri setini kullanmışlardır. Sınıflandırma analizinde gürültü olarak ifade edilen, çok sayıda sonuca etkisi bulunmayan değişken bulunmaktadır. Öznitelik seçimi ile sınıflandırmada etkili değişkenlerin belirlenmesi için lojistik regresyonda kullanılan en küçük kareler yönteminin gürültüyü azaltmada yetersiz kalması nedeniyle Newton-Raphson yöntemiyle öznitelik seçimini gerçekleştirmişlerdir. Önerilen öznitelik seçimi yönteminin hem simülasyon hem de gerçek veriler ile yapılan analizleri sonucunda yüksek bir sınıflandırma doğruluğu elde ettiği, özellikle klinik uygulamalarda daha az gen ile kanser tahmini gerçekleştirerek hastalık tanı ve kontrol maliyetlerini azaltacağı ifade edilmiştir.

Makine öğrenmesinde aday değişkenler arasından en güçlü özniteliklerin seçimi, sınıflama performansının daha iyi hale getirilmesi, hesaplama karmaşıklığı ve bellek kullanımının azaltılması açısından gerekli ve oldukça büyük bir öneme sahiptir. Öznitelik seçiminin, simetrik belirsizlik ve korelasyon katsayısı temelli bir yaklaşımla gerçekleştirildiği çalışmada, aday öznitelikler önerilen çizge modeline göre indirgenmiştir. En yüksek simetrik belirsizlik puanı ve korelasyon katsayıları değerlendirilerek belirlenen özniteliklerin yer aldığı çizge modeli on veri setinde değerlendirilmiş ve buna göre çalışmada önerilen yöntemin, doğruluk açısından geleneksel öznitelik seçme yöntemlerinin çoğundan daha başarılı olduğu ifade edilmiştir [40].

Muller vd. (2016) çalışmalarında, nedensel çizge temelli bir algoritma geliştirerek risk değerlendirmesi yapmışlardır. Oluşturulan algoritma çizgede yer alan tüm bağımlılıkları hesaba katarak, karmaşık yapılar için oldukça düşük bir çalışma zamanında risk hesaplamasını gerçekleştirmektedir [41].

Nedensel analizin çizge ve matrisler yardımı ile gerçekleştirildiği çalışmada, takım tezgâhlarının hata neden analizi sonucunda bir model önerilmiştir [42]. Oluşturulan

nedensel çizge modelinde arıza nedeninin minimuma indirilmesinde önemli olan arıza durumları ve durumların birbiri ile olan neden- sonuç ilişkileri yer almaktadır. Elde edilen nedensellik fonksiyonunu sadece bir tezgâhla ilgili herhangi bir arıza sebebini değerlendirmek için değil aynı zamanda bu hata nedenlerinin karşılaştırılması ve değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Çizgeler yardımı ile görselleştirilen model matrise aktararak, kombinasyonel matematikte kullanılan permanent fonksiyonu ile değerlendirilmiştir. Nedensel ilişkiler ve değişken ağırlıkları tezgâhı kullanan personeller tarafından puanlama yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Sistem mühendisliği yaklaşımına dayalı yazılım mimarisini analiz etmek için çizge teorisi ve matris cebri kullanılarak yeni bir yöntemin sunulduğu çalışmada, yazılım mimarisi özniteliklerini analiz etmek için yapısal model kavramı ele alınmıştır [43]. Akıllı mobil öğrenme ortamı (iMLE) mimarisinin yapı modelleme ve analizi yapılırken değerlendirilen, sistem bileşen ve özniteliklerinin karşılıklı ilişki ve bağımlılıklarının sistemin genel performansını etkilediği ifade edilerek önerilen matematiksel modelin, akıllı mobil öğrenme ortamının modellenmesi ve analizi dışında diğer tüm yazılım mimarisi için uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. E-öğrenme sürecinde bilgi aktarımının irdelendiği güncel bir çalışmada [44] değişken ve aralarındaki ilişkiler uzman görüşü ve literatür kaynaklı oluşturularak nedensel yollar oluşturulmuştur. Önerilen nedensel yolları gösteren çizge modeli, e-öğrenme hizmetinden faydalanan öğrencilerin puanlamasına göre değerlendirilerek çoklu regresyon yöntemi ile analiz edilmiştir.

Wani ve Gandhi (1999)'nin çizgeleri permanent matrise aktararak gösterdikleri çalışmalarında, mekanik sistemlerin bakım indeksinin değerlendirilmesinde kullanılacak bir prosedür geliştirilmiştir [45]. Bakım öznitelikleri çizge yardımıyla modellenmiştir. Çizgede yer alan düğümler öznitelikleri temsil ederken, birbiriyle ilişkisi olan öznitelikler de kenarlar ile gösterilmiştir. Modelde yer alan özniteliklerin ağırlıkları ve aralarındaki ilişki ağırlıkları ise uzman tarafından verilen puana göre değerlendirilmektedir. Dışarıdan girilen bu ağırlıklara göre modelin tahmini üretilmektedir.

Faisal, Banwet ve Shankar (2007) tedarik zinciri sürecinde oluşabilecek bilgi yönetimi riskleri üzerine yaptıkları çalışmada yorumlayıcı yapısal modelleme (ISM) ve çizge teorisini birleştiren bir model önermişlerdir [46]. Bilgi risklerinin etkisi pek çok değişkene ve bu değişkenlerin birbiri ile etkileşimine bağlıdır. İz analizinin uygulandığı

yapısal eşitlik modellemesi ile çok değişkenli sistemlerin değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Ancak değişkenlerin ilişki ve ağırlıklarında istatistiksel analiz gerektirmesi nedeniyle yorumlayıcı yapısal modelleme tercih edilmiştir. Çizgeler sayesinde görselleştirilen değişken etkileşimleri uzman görüşlerinin puanlamasına göre belirlenerek matrislere aktarılmış, tedarik zinciri uygulamalarında bilgi risklerini azaltmayı hedefleyen bir model sunulmuştur.

Baykasoğlu (2013) çalışmasında, iş süreçlerinde kullanılan yazılımın seçimi için çok kriterli bir karar modeli geliştirmiştir. Modelin oluşturulmasında kriter etkileşimlerini, kriter hiyerarşisini ve bulanık değerlendirmeleri kolayca dikkate alabilen etkili bir yöntem olan matris metodu ve çizge teorisi kullanılmıştır [47]. Önerilen model ile “ileri düzey, ayrık olay benzetimi de yapabilen yazılımlar” değerlendirilerek, alternatif yazılımlar arasından uygun bir seçim yapılması sağlanmaktadır. Bu çalışmada da ilişki ağırlıklarının uzman tarafından girilerek, model tahminin buna göre üretildiği görülmektedir.

Ağırlıkların algoritma dahilinde belirlendiği, çizge ve iz analizinin birlikte yer aldığı güncel bir çalışmada, topluluk keşfi verimini arttırmak için paralel programlama teknikleri ile ikili ağaç veri yapısının özel bir türü olan kılavuzlu ikili ağaç (threaded binary tree) veri yapısı birleştirilerek bir algoritma geliştirilmiştir [48]. Algoritma, düzensiz topolojilere sahip ağırlıklı ağlar üzerinde uygulanarak, her adımın algılanan yolun toplam gücünü artıran bir bağlantı bulduğu kademeli bir yol algılama stratejisine dayanmaktadır. Verilerin çizge tabanlı modellendiği özellikle sosyal uygulamalarda, ağ yapısı genişledikçe topluluk keşfi ve analizi için gereken işlem zamanını azaltmada paralel işleme tekniklerine ihtiyaç duyulmasından hareketle oluşturulan algoritmanın işlevsellik ve paralellik avantajlarını doğrulamak için performans değerlendirmesi Facebook®, Twitter®, Google+®, Pokec ve LiveJournal veri setleri kullanılarak yapılmıştır.

Yıldırım (2001) doktora çalışmasında, “bina işlevsel yapısı” ile “bina biçimi” arasındaki ilişki için matematiksel araçlar olan çizge teorisi topolojik araçlarını kullanarak nesnesel bağlar kurmayı amaçlamıştır [49]. Önerilen biçimlendirme modeli, mimarlık olgusunda yer alan bina programlama, bina çözümleme ile birçok disiplinin kullandığını ifade ettiği çizge teorisi ile farklı bilgi ve eylem kümelerinden veri almaktadır. Önerdiği veri sağlama modelinde; bina işlevsel programlama mekan

sentaksı bina çözümleme yöntemi ve çizge teorisi indekslerini entegre bir şekilde kullanmıştır.

1.2. Tez Organizasyonu

Bu çalışmada 6306 Sayılı Kanun hükümleri dikkate alınarak kentsel dönüşüm parametreleri nedensel çizgelerle irdelenmiş, yığma yapıların risk tespiti tahmininde kullanılmak üzere bir ön değerlendirme modeli sunulmuştur. Bu amaçla yığma yapı risk tespit raporlarından elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, kentsel dönüşüm kavramı ve uygulama biçimleri hakkında bilgi verilmiştir. Riskli yapı tespit süreci ve özellikle bölgesel dönüşüm projelerinde kullanılan farklı hızlı değerlendirme yöntemleri sunulmuştur. Çalışmaya konu olan yığma yapılar için risk tespit süreci ve bu süreçte değerlendirilen parametrelerden bahsedilmiştir.

Kentsel dönüşüm parametrelerinin nedensel modellemesinin görselleştirileceği nedensel çizgeler hakkında genel bilgilere üçüncü bölümde yer verilmiştir. Öncelikle çizge teorisi açıklanarak çizge türlerinden bahsedilmiştir. Ardından nedensellik ilişkisi ve nedensel modelleme kavramları açıklanmıştır. İki değişken arasındaki nedensel ilişki ve yönünün nedensel çizge ile nasıl ifade edildiği ve nedensel çizge modellerinin hesaplama ve bellekte tutulma işlemlerinde kolaylık sağlayan matris aktarımı hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde, oluşturulacak nedensel modele dahil edilecek parametrelerin ve etki ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan, makine öğrenmesi yöntemlerinden lojistik regresyon yöntemi açıklanmıştır. Doğrusal regresyondan lojistik regresyona aktarımı sağlayan dönüşüm işlemleri hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmada tahmin edilen *Risk* bağımlı değişkeninin ayrık yapıda olması nedeniyle tercih edilen yöntemde, öznitelik seçiminde kullanılan metotlardan bahsedilerek, model uyumu ve elde edilen katsayıların nasıl değerlendirileceği sunulmuştur.

Beşinci bölümde, lojistik regresyon ile oluşturulan model parametrelerinin nedensel ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan iz analizi yöntemine yer verilmiştir. Değişkenler arasında görülen doğrudan ve dolaylı etkilere göre iz katsayılarının nasıl belirlendiği ifade edilerek, genelde doğrusal modellerde kullanılan

bu yöntemin ayırık değişkenlerin yer aldığı durumlarda, ilişkilerin doğrusal hale getirilmesi için kullanılacak dönüşümden bahsedilmiştir.

Altıncı bölümde, model analizinde değerlendirilen veritabanı ve verilerin ön analiz süreci hakkında bilgi verilmiştir. Lojistik regresyon ile öznitelik seçimi gerçekleştirilmiş, sonuçlar paylaşılmıştır. Elde edilen modele göre doğrudan ve dolaylı etkiler belirlenerek nihai model değerlendirilmiştir.

Risk ön değerlendirme yazılımının bulunduğu çalışmanın yedinci bölümünde, yazılım ara yüzü tanıtılmıştır. Kullanıcının doğrudan etkilerle istediği parametreleri modele dahil ederek tahmin üretebileceği ya da oluşturulan nedensel modele göre daha yüksek doğruluk oranı ile tahmin elde edebileceği, uygulama bölümünde ifade edilen işlemlerin gerçekleştirildiği ekranlar sunulmuştur.

Sekizinci ve son bölümde ise, analiz ve uygulama sonuçları değerlendirilerek, risk tespitinde kullanılan ön değerlendirme modeli ve hazırlanan yazılımın, riskli yapıların tespitinde istenilen herhangi bir coğrafya üzerinde uygulanabilecek genel bir yöntem olduğu, istatistiksel analiz ve bilimsel literatür ile ortaya konulduğu belirtilmiştir.

2. KENTSEL DÖNÜŞÜM

Jeolojik konumu itibariyle deprem kuşağında yer alan Türkiye tektonik haritalarına göre 5 deprem bölgesine ayrılmıştır [50]. Türkiye’de toplam nüfusun %98,5’i birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde yaşamakta olup, %42’sini 1. dereceden, % 24’ünü 2. derece deprem bölgesinde yaşayanlar oluşturmaktadır [20, 51]. Mevcut yapı stokunun büyük kısmının deprem etkisi altında olduğu gerçeği, mevcut kentsel yapının dönüşümünde proaktif bir yaklaşımın benimsenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Türkiye’de kentsel dönüşüm uygulamaları, 6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun” kapsamında riskli yapı ve riskli alan olarak, 5393 sayılı Belediye Kanunu’nun 73. Maddesi kapsamında kentsel dönüşüm ve gelişim alanı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu kanunlar kapsamında riskli alanların tespitinde Belediyeler, İl Özel İdareleri, Büyükşehir Belediyeleri, ÇŞB tarafından yetkilendirilen İlçe Belediyeleri, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri yetkilendirilmiştir [52].

16 Mayıs 2012 tarihli ve 28309 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 6306 sayılı Kanun’un amacı; afet riski altındaki alanların dönüşümünü ve riskli yapıların yıkımını sağlayarak ülke genelinde güvenli ve yaşanılabilir alanlar oluşturmak olup, anılan amaç doğrultusunda Kanun kapsamında yapıların tekil olarak veya topluca dönüştürülmesi öngörülmektedir. Bu kapsamda, Kanun’da yapıların hem tekil bina bazında değerlendirilmek suretiyle dönüştürülmesine hem de alan bazında değerlendirilmek suretiyle toplu olarak dönüştürülmesine yönelik yöntem ve esaslar yer almaktadır [53].

Literatürde birçok kentsel dönüşüm tanımı yer almaktadır. Lichfield (1992) kentsel dönüşümü, kentsel bozulma süreçlerini daha iyi anlama ihtiyacından doğan ve gerçekleştirilecek dönüşümde elde edilecek sonuçların üzerinde bir uzlaşmadır şeklinde ifade ederken; Donnison (1993), kentsel çöküntü alanlarında yoğunlaşan sorunları eşgüdümlü bir biçimde çözmek için ortaya konulan yeni yol ve yöntemler olarak ifade etmektedir [54, 55]. Diğer bir tanımda ise Roberts (2017) , kentsel dönüşüm için kapsamlı ve bütünlük (entegre) bir vizyon ve eylem olarak, bir alanın ekonomik, fiziksel, toplumsal ve çevresel koşullarının sürekli iyileştirilmesini sağlamaya çalışmak ifadesini kullanmaktadır [56, 57].

Kentsel dönüşüm, “fiziksel/tasarım, sosyal, ekonomik ve yasal/yönetmel” olmak üzere birbirleriyle örtüşen dört temel boyutu içinde barındıran bir kavramdır. Fiziksel boyut, bölgenin içinde bulunduğu kent ile ulaşım bağlantıları, konut stoku, teknik ve sosyal altyapı ve çevresel problemleri ifade etmektedir [58]. Tasarım boyutu, fiziksel olarak kentsel gelişim, değışim ve korumayı yönlendiren kentsel tasarım sürecini içermektedir. Sosyal boyut, sağlık, eğitim, konut ve kamu hizmetlerine erişim, suç, toplumdan dışlanma, proje sürecine kamu ve özel sektörün, yerel halkın ve gönüllülerin katılımı gibi koşullarla ilgilenmektedir [59]. Ekonomik boyut, seçilen alan ve çevresindeki iş olanaklarının nitelik ve niceliklerinin yükseltilmesi faaliyetlerini ifade etmektedir. Yasal/yönetmel boyut ise, yerel karar verme mekanizmasının yapısı, yerel halkla ilişkiler ve diğler çıkar gruplarının katılımı gibi koşulları içermektedir [10].

Farklı tanım ve yaklaşımlar olmakla birlikte, dönüşüm kapsamında esas olarak vurgulanan vizyon ve amaç aynıdır. Temel olarak kabul edilen şöyle bir gerçek vardır ki, mevcut yapıda bir yıpranma, bozulma bulunmaktadır ve kentsel dönüşüm ile bu sorunların çözölmesi hedeflenmektedir. Kentsel dönüşüm, bozulma ve çökme olan kentsel alanın ifade edildiğı boyutlar kapsamında, ekonomik, toplumsal, fiziksel ve çevresel koşullarının kapsamlı ve bütünleşik yaklaşımlarla iyileştirilmesine yönelik olarak uygulanan strateji ve eylemlerin bütününü ifade etmektedir [9].

Kentsel dönüşümün gerçekleştirilmesinde hedeflenen en temel dört amaç bulunmaktadır. Bunlar;

- Dönüşümün gerçekleştiğı bölgede ekonomik hayatı geliştirmek ve canlandırmak,
- Dönüşüme esas olan yıpranmış alan ya da yapıda, fiziksel çöküşü durdurmak ve tarihi dokunun sürdürülebilirliğini sağlamak,
- Mimari ve kentsel yaşam kalitesini arttırarak kültüre dayalı dinamikleri harekete geçirmek,
- Dönüşüm sürecinin her aşamasında ilgili aktörlerin katılımını sağlamaktır [10].

Kentsel dönüşüm projesinin uygulanacağı bölgenin dinamiklerine göre; bu amaçlardan biri ya da birkaçı ön plana çıkabilmektedir. Amaçlardan da anlaşıldığı üzere; dönüşüm illaki riskli ya da depreme dayanıksız yapılar temelinde

değerlendirilmemelidir. Dönüşüm “şehircilik” yaklaşımıyla da yapılabilmektedir. Acil bir durum anında, bir kentin sokaklarından ambulans, itfaiye geçemiyorsa, insanların kaliteli yaşam alanı yoksa yapı kalitesi ne olursa olsun dönüşüm yapılması gerekmektedir. Aynı şekilde yitirilen bir ekonomik etkinliğin yeniden geliştirilmesi ve canlandırılması, işlemeyen bir toplumsal işlevin düzenlenmesi de kentsel dönüşüm için bir neden olarak kabul edilmektedir.

2.1. Kentsel Dönüşüm Uygulama Biçimleri

Bulunduğu coğrafya, amaç, kullanım alanı gibi farklılıklar olmakla birlikte kentsel dönüşüm kapsamında yer alan uygulama biçimleri şu şekildedir :

- Yenileme (renewal)
- Sağıklaştırma (rehabilitation)
- Koruma (conservation)
- Yeniden canlandırma (revitalization)
- Yeniden geliştirme (redevelopment)
- Düzenleme (improvement)
- Temizleme (clearance)
- Boşlukları doldurarak geliştirme (infill development)
- Tazeleme- parlatma (refurbishment) [9].

Ülkemizde mevcut çalışmalar değerlendirildiğinde en sık karşılaşılan dönüşüm uygulamalarından kısaca bahsedilecek olursa [13];

1.Yeniden Geliştirme: Zarar görmüş ya da yıpranmış ve korunacak değeri bulunmayan yapıların yer aldığı bölgelerde uygulanmaktadır. Yerel yönetimler bu yaklaşım ile arazinin maksimum kullanımı, daha yüksek zemin alanı ve şehir merkezine daha yüksek gelir grupları ve bunların aktivitelerinin gelmesini sağlayabilmektedir. Bu yaklaşımda genellikle yaşayan nüfus kentin başka bir kısmına yerleştirilmektedir.

2.Rehabilitasyon: Bu yöntem, planlı olarak gelişmiş ancak zamanla yıpranmış, yoğunluğu artmış ve işlevini yerine getiremeyen bölgelerin tekrar değerli hale getirilmesini amacıyla gerçekleştirilmektedir. Mevcut bölgenin yapısı korunarak, koruma, tamir ve restore edilmesi süreçlerini içermektedir. Bu uygulama şeklinin sosyal yapıya etkisi iki farklı şekilde oluşmaktadır. Kentsel dönüşüm sürecine dahil olan bölgede yaşayan halk başka bir bölgeye gönderilerek, yerine daha üst sınıf sakinlerin

yerleştirilmesi yöntemine “soylulaştırma”, bölge halkının mevcut bölgede konut edinmeye devam etmesi haline ise “zorunlu iyileştirme” denilmektedir.

3.Entegrasyon: Bu yöntemle kent kimliği korunurken, mevcut binaların yanına yeni binaların katılımıyla zengin bir çevre yaratmak amaçlanmaktadır.

4.Yeniden Canlandırma: Sosyokültürel, ekonomik ya da fiziksel açıdan bir çöküntü süreci yaşamakta olan kentsel alan parçalarının, çöküntüye neden olan faktörlerin ortadan kaldırılması ya da değiştirilmesi sonucu alanın tekrar hayata döndürülmesi, canlandırılması yöntemidir [1].

Kentsel dönüşüm uygulamaları, riskli tespit edilen büyük ölçekli alanlarda ya da tekii yapılarda gerçekleştirilmektedir. Uygulamanın gerçekleştirileceği alan ya da yapılar için Kanun kapsamında “Riskli Alan” ve “Riskli Yapı” ifadeleri kullanılmaktadır.

2.2. Riskli Alan

6306 sayılı Kanunda riskli alan kavramı; “Zemin yapısı veya üzerindeki yapılaşma sebebiyle can ve mal kaybına yol açma riski taşıyan, Bakanlık veya İdare tarafından Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı’nın görüşü de alınarak belirlenen ve Bakanlığın teklifi üzerine Bakanlar Kurulunca kararlaştırılan alan” olarak tanımlanmıştır [52].

5393 sayılı Belediye Kanunu’nun 73. Maddesinde ise kentsel dönüşüm ve gelişim alanları için “Belediye, belediye meclisi kararıyla; konut alanları, sanayi alanları, ticaret alanları, teknoloji parkları, kamu hizmeti alanları, rekreasyon alanları ve her türlü sosyal donatı alanları oluşturmak, eskiyen kent kısımlarını yeniden inşa ve restore etmek, kentin tarihi ve kültürel dokusunu korumak veya deprem riskine karşı tedbirler almak amacıyla kentsel dönüşüm ve gelişim projeleri uygulayabilir. Bir alanın kentsel dönüşüm ve gelişim alanı olarak ilan edilebilmesi için yukarıda sayılan hususlardan birinin veya birkaçının gerçekleşmesi ve bu alanın belediye veya mücavir alan sınırları içerisinde bulunması şarttır” olarak ifadesi yer almaktadır [60].

2.3. Riskli Yapı

Yapı, 3194 sayılı İmar Kanunu (1985)’nda “karada ve suda, daimî veya muvakkat, resmi ve hususi yeraltı ve yerüstü inşaatı ile bunların ilave, değişiklik ve tamirlerini içine alan sabit ve müteharrik tesislerdir” şeklinde tanımlanmaktadır.

Bina ise, aynı Kanunda; “kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan, hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapılar” şeklinde ifade edilmektedir.

Riskli yapı 6306 sayılı Kanun’da ifade edildiği şekliyle; “riskli alan içinde veya dışında olup ekonomik ömrünü tamamlamış olan ya da yıkılma veya ağır hasar görme riski taşıdığı ilmi ve teknik verilere dayanılarak tespit edilen yapıdır”. Bulunduğu bölge için *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)*’de tanımlanan tasarım depremi altında yıkılma veya ağır hasar görme riski bulunan riskli binalarda [61], uygulama alanına yönelik olarak yapılacak planlarda alanın özelliğine göre; afet risklerinin azaltılması, fiziksel çevrenin iyileştirilmesi, korunması ve geliştirilmesi, sosyal ve ekonomik gelişmenin sağlanması, enerji verimliliği ve iklim duyarlılığı ile yaşam kalitesinin artırılması esastır [52].

Riskli yapılar, 6306 sayılı Kanun’un Uygulama Yönetmeliği Ek-2’de yer alan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslara göre tespit edilmektedir. Riskli yapı tespiti; kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan yapılar ile hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapılar hakkında yapılmaktadır. İnşaat halinde olup ikamet edilmeyen yapılar ile metrukluk veya başka bir sebeple statik bakımdan yapı bütünlüğü bozulmuş olan yapılar riskli yapı tespitine konu edilmemektedir.

Riskli bina tespitlerinde, tespiti konu olan binanın bulunduğu arsada yeni zemin araştırması yapılabilen veya bölgede daha önce yapılmış zemin araştırma sonuçları kullanılabilir. Arsada zemin araştırması yapılmaması durumunda, bölgesel olarak elde edilen verilerin kullanılmasına proje mühendisi karar vermektedir. Risk tespitleri ve tespit dayanak ve kriterleri, bina türüne göre değişiklik göstermektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın binaların aşınma pay oranını gösterir cetvelindeki (BKK, 1982) sınıflandırmaya göre binalar dört gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- Çelik karkas, betonarme karkas binalar
- Yığma kagir, yığma yarı kagir binalar
- Ahşap, taş duvarlı gecekondular vasfında binalar
- Kerpiç ve diğer basit binalardır.

Riskli yapıların tespit edilmesine ilişkin esaslara göre Riskli Bina Tespit Raporu İnceleme Formları da;

- Betonarme Binalar,
- Yığma Binalar
- Ahşap, Kerpiç ve Taşıyıcı Özelliği Olmayan Malzeme ile Yapılmış Olan Binalar

olmak üzere yapının türüne göre üç farklı kategoride analiz edilmektedir. Bu çalışmada sadece değerlendirilen yığma yapılar hakkında bilgi verilecektir.

2.4. Yığma Yapılar

Yığma yapılar, insanlık tarihi boyunca kolay inşa edilebilmesi, yöresel inşaat malzemeleri kullanımına imkan vermesi bakımından tercih edilen en köklü ve geleneksel yapı türüdür. Ekonomik olmaları ve tür olarak tarihinin betonarmeye göre daha eskilere dayanması itibarıyla, dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de özellikle kırsal kesimlerde yaygın olarak inşa edilmektedir.

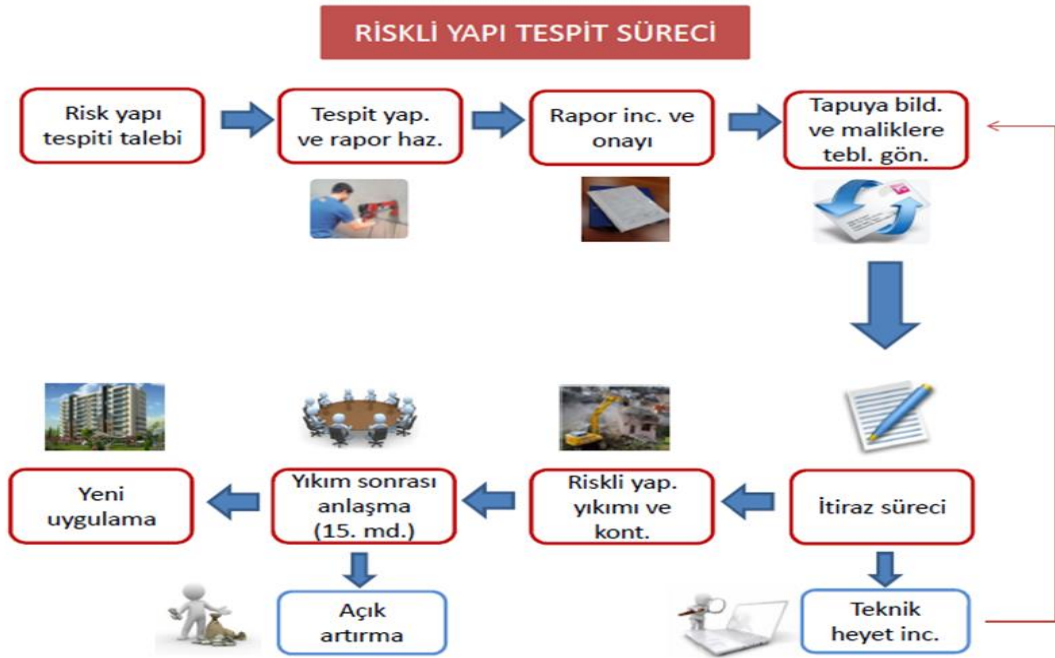
Bulunduğu coğrafi bölge ve gelişmişlik düzeyine göre yapının inşa edildiği malzeme değişkenlik göstermektedir [62]. Çamur ve saman gibi yerel malzemeler, tuğla ve taş duvar gibi yarı işlenmiş malzemeler ve beton, çelik gibi işlenmiş malzemeler kullanılabilen yığma yapılarda deprem dayanıklılığı seçilen malzeme türüne bağlı olarak değişim göstermektedir [62, 63].

Yığma yapılarda duvarların hem mimari hem de taşıyıcı işlevi bulunmaktadır. Düşey yükler ve deprem gibi yatay yüklerin iletildiği duvarlar taşıyıcı olduğundan betonarme ve çelik binalara göre oldukça ekonomik olan yığma yapılar, taş veya tuğlaları, taşıyıcı olacak şekilde, üst üste koyup, harçla bağlanarak ve yapı döşemesinin de bu duvarlara tahta veya kütüklerle bindirme yoluyla çivi kullanmadan monte edilmesi ile inşa edilmektedirler [62]. Duvarlar hacimleri oluşturarak yapının hem dış etkenlerden korunmasını hem de yapının iç bölmelere ayrılmasını sağlamaktadırlar. Duvarların çoklu işlevi kullanım ve yapım açısından yığma yapıların önemli bir üstünlüğüdür [64]. Ancak yığma duvarlar esas taşıyıcı görevini üstlendiğinden, duvarlarda oluşacak hasarlar tüm yapıyı doğrudan etkilemekte, betonarme karkas-çelik binaların aksine, hasarın nerede olduğuna göre taşıyıcı sistem ve taşıyıcı olmayan sistem hasarı diye bir ayrım yapılamamaktadır [65]. Bazı açılardan üstün olmalarına karşın, çok ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması

nedeniyle yığma yapılar, genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelendirilmemektedirler. Bu bakımdan 1. derece deprem bölgelerinde zemin ve birinci kat olmak üzere en çok iki katlı, 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde 3 katlı, 4. derece deprem bölgelerinde ise 4 katlı yapılmaları uygun görülmektedir [66].

2.5. Riskli Yapı Tespit Süreci

Riskli yapılar, 02.07.2013 tarih ve 28695 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan *Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar* hükümleri kapsamında yapılacak çalışmalara göre tespit edilmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan riskli yapı tespit süreci Şekil 2.1. ’de yer almaktadır [67].



Şekil 2.1. Riskli Yapı Süreci [67]

Riskli yapı sürecinin ilk aşaması olarak, vatandaşlar ferdi olarak kentsel dönüşüm sürecine dahil olmak istiyorlarsa yapılarını, Bakanlığa, belediyelere, il özel idarelerine, büyükşehirlerde büyükşehir belediyelerine, büyükşehir ilçe belediyelerine veya Bakanlıkça lisanslandırılmış olan, kurum ve kuruluşlara tespit ettirebilmektedirler. Müracaat neticesinde yapılan tespitlere göre, Riskli olduğu tespit edilen yapılar için, tespiti yapan kurum/kuruluş tarafından Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne bildirim yapılmaktadır. Buna göre Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri raporları inceleyerek, raparlarda eksik veya yanlış hususların bulunması halinde raporu oluşturan ilgisine

iade etmekte, böyle bir durum yok ise raporlar yapının bulunduğu ilgili tapu müdürlüğüne bildirilmektedir.

Mevcut yapı değerlendirmesi veri toplama (malzeme, geometri, detay), yapısal analiz ve değerlendirme bileşenlerinden oluşmaktadır. Riskli yapıların tespit ve bildirim süreci Şekil 2.2’de yer almaktadır. Burada ifade edilen tespit sürecinin bireysel başvurular neticesinde tekil yapılara uygulandığı belirtilmelidir. Aksi durumda Kanunda ifade edildiği üzere uygun koşulları sağlamayan ve yetkili kurum tarafından “riskli alan” ilan edilen bölgelerdeki yapılar için bireysel başvuru ile tespite gerek kalmamaktadır.



Şekil 2.2. Riskli Yapıların Tespit ve Bildirim Süreci [67]

2.6. Riskli Yapıların Tespit Edilmesinde Kullanılan Hızlı Değerlendirme Yöntemleri

Depremlerin can ve mal kaybına yol açan zarar verici etkilerini en aza indirebilmek amacıyla, şehirleşmiş bölgelerde durum tespit ve hasar görülebilirlik çalışmalarının yapılması önemli bir gerekliliktir. Bölgenin jeolojik ve zemin alt yapısının statik ve dinamik davranışının tanımlandığı mikrobölgeleme çalışmalarından sonraki aşamada mevcut yapı stokunun tüm boyutsal ve yapısal özellikleri ile envanteri ve deprem yükleri altındaki davranışlarının analizini içeren deprem risk analizleri yapılmalıdır [21, 68]. Ancak, milyonlarca bina içeren bir yapı stoku için böyle ayrıntılı deneysel ve analitik bir çalışma yapmak hem zaman hem de finansman açısından pek mümkün olmamaktadır.

Kentsel dönüşüm sürecinde riskli yapıların ve kentsel dönüşüm uygulanacak bölgelerin belirlenmesinde, değerlendirilmesi gereken parametre sayısının fazla olması nedeniyle karar mekanizmasının oluşturulmasında zorluklar meydana gelmektedir. Mevcut yapı stokunun fazla olması nedeniyle hızlı ve güvenilir prosedürlere duyulan ihtiyaç hayati öneme sahiptir [29]. Bu kapsamda, geniş alanlarda bulunan çok sayıdaki binanın kısa zamanda, ekonomik olarak incelenmesi için geliştirilen yöntemler literatürde işlevine göre hızlı tarama, hızlı değerlendirme, ön değerlendirme yöntemleri olarak tanımlanmakta ve mevcut yapıların depreme dayanıklılıklarının hızlı bir biçimde belirlenmesi amacını taşımaktadırlar. Bu amaçla, kentsel dönüşüm yapılması düşünülen birçok alanda, literatürde hızlı tarama (rapid screening) yöntemleri olarak kabul görmüş farklı yönetmelik ve çalışmalar ile değerlendirmeler yapılmıştır. Hızlı tarama yöntemleri ile ilgili ilk çalışmalar, 1968’de Tokachi-Oki depreminden sonra elde edilen veriler kullanılarak geliştirilen kolon-duvar indeksine dayalı SST adlı yöntemdir [69].

Hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem mühendisliği literatürüne ciddi bir biçimde girmesini sağlayan en önemli gelişmelerden biri de Amerika Birleşik Devletleri’nde ATC 21 (daha sonra FEMA 154 ve 155’e çevrilmiştir) tarafından yayınlanan raporlardır. Raporlarda belirtilen hızlı görsel tarama (rapid visual screening) yöntemleri, güncellemelerle günümüzde halen uygulanmaktadır [19,70]. Türkiye’nin bina stok yapısına çok uygun olmayan “sokaktan tarama” yöntemi olarak önerilen bu yöntem, bu konudaki ilk çalışmalardan biridir [71].

Literatürde değerlendirme prosedürleri kullanılan yöntem, bilgi düzeyi ve analiz durumuna göre, hızlı tarama prosedürleri, ön değerlendirme metodolojileri ve detaylı değerlendirme teknikleri olmak üzere üç seviyede yer almaktadır [29]. Prosedürün seçimi, eldeki bina stokunun büyüklüğünün yanı sıra, gereken hassasiyet ve güvenilirlik derecesine de bağlıdır. Kat sayısı, yapım yılı, görünen malzeme ve yapım kalitesi, yapısal sistemin türü gibi binanın dışından elde edilebilecek verileri kullanarak değerlendirmeyi amaçlayan hızlı tarama prosedürleri, yüksek sayıda bina stoku içeren bina grubu için kullanılmalı ve sonuçlar risk önceliklendirmesine yön vermelidir [72]. Sokaktan inceleme olarak da nitelendirilen “envanter ve ön değerlendirme” çalışmalarında amaç; binanın dışından bakılarak kısa sürede toplanabilecek sınırlı sayıdaki verinin rasyonel bir biçimde değerlendirilmesi ile yapı değerlendirme puanının oluşturulmasıdır. Puanlama sisteminde, yapıya ait değerlendirme puanı sismik

performans üzerine her bir faktörün etkisine göre oluşturulmaktadır. Bu prosedürler genellikle daha fazla araştırma yapılması gereken binaları belirlemeyi amaçlamaktadır.

Mevcut depreme dayanıklılık değerlendirme metotlarında olduğu gibi risk tespitinde de üç ana aşamadan bahsedilmektedir [7]. Değerlendirmenin ilk aşaması söz konusu yapıda herhangi bir analiz gerektirmeden, benzer özellikteki yapıların geçmiş performanslarından faydalanılarak değerlendirme yapılmaktadır. Bu aşamada temel amaç, acil müdahale gerektiren yapıların öncelik seviyesini belirlemektir. İkinci aşama olan ön değerlendirme, ilk aşamada yetersiz olduğu belirlenen yapıları kapsamaktadır. Yapıya uygun basitleştirilmiş analizler ile değerlendirme yapılmaktadır. Bu noktada analiz metodunun belirlenmesi ve tasarımı ayrı bir süreç olarak yürütülürken, belirlenmiş metoda göre yapının değerlendirilmesi kapsamlı analiz süreçlerine göre zaman ve maliyet açısından daha ekonomiktir. Yapının nihai olarak değerlendirilmesi aşamasında ise, daha detaylı sismik ve yapısal analizler yapılarak, uzman bir kişi tarafından yapılmaktadır. Nihai değerlendirme aşamasında, ilk iki aşamada sınıflandırılmayan yapılar değerlendirilmekte ve yapılan analizlere göre tahribat durumu ve gerekli süre değişmektedir.

ABD'de de geliştirilen FEMA 154 [19], yapılar için bilinen hızlı görsel tarama prosedürlerinden biridir. Birinci kademe inceleme/değerlendirme aşamasında belirlenen “öncelikli” yapı ya da alanların, tekil bina bazında ve bölgesel bazda tespit edilmesinin ardından sıralamada en başta yer alan binalar veya bu tür binaların çoğunlukta olduğu bölgelerden başlamak üzere, daha ayrıntılı olan inceleme/değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Detaylı değerlendirme çalışmalarının amacı; olabildiğince çok sayıda bina hakkında nihai kararın verilebilmesine olanak sağlayacak performans değerlendirmelerini güvenilir bir biçimde yapmaktır [73].

Örnek prosedürlerin ülkemizdeki uygulama şekillerine bakılacak olursa, Türkiye’de kentsel dönüşüm çerçevesinde, afet riski altındaki alanlar ile bu alanlar dışındaki riskli yapıların bulunduğu arsa ve arazilerde, fen ve sanat norm ve standartlarına uygun, sağlıklı ve güvenli yaşama çevrelerini teşkil etmek üzere iyileştirme, tasfiye ve yenilemelere dair usul ve esasları belirleme yetkisi Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na verilmiştir. Bu kapsamda hazırlanan 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, tekil ya da

çok sayıda yapının yer aldığı bölgelerin risk düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili bilgi ve yöntemleri içermektedir [52,74].

İlgili Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar EK-2’de yer alan EK-A Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımını Belirlemek İçin Kullanılabilecek Yöntemler [4] kısmında belirli alanlarda önceliklerin ve riskli olabilecek binaların bölgesel dağılımının belirlenmesi amacıyla; bina özelliklerini ve deprem tehlikesini göz önüne alan değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Hızlı tarama tekniği olarak kabul edilen bu yöntemler, bir alanda yer alan binaların deprem performansını olumsuz etkileyecek parametrelerin, yapının dışından yapılacak gözlemsel bir inceleme sonucunda tespit edilmesi prensibine dayanmaktadır.

Birinci aşama değerlendirme yöntemi, yapıların tekil olarak risk düzeylerinin tespit edilmesine yönelik kuralları, ikinci aşama değerlendirme yöntemi ise bir bölgede yer alan çok sayıda yapının hızlı bir şekilde değerlendirilerek risk düzeylerinin önceliklendirilmesine yönelik bilgileri içermektedir. Birinci aşama değerlendirme yöntemlerinde, binanın dışarıdan ve kısmen içeriden belirlenen ve deprem davranışını etkileyen parametreler kullanılarak değerlendirme yapılmaktadır. İkinci aşama değerlendirme yöntemlerinde ise, binanın dışarıdan belirlenen parametrelerine ilave olarak, eleman boyutları, malzeme dayanımları gibi ek analiz gerektiren parametreler de göz önünde bulundurulmaktadır.

Yöntem kapsamında binalar taşıyıcı sistem türüne göre yığma ve betonarme olarak sınıflandırılmış ve buna göre iki ayrı veri toplama formu hazırlanmıştır. Bina veri toplama formlarının doldurulması aşamasında verilerin doğru ve sağlıklı veri elde edilebilmesi için saha inceleme ekibinin; kesinlikle uzman bir ekip ve veri toplama formunda talep edilen verileri doğru tespit ederek yorumlayabilecek bilgi ve birikime sahip olan kişilerden seçilmesi gerekmektedir. Bu formlar ile incelenen binaların öncelikle kimlik bilgileri (adres ve koordinat bilgileri), ardından teknik bilgileri toplanarak, elde edilen teknik veriler ışığında binaların performans puanları hesaplanmaktadır. Hesaplanan performans puanları büyükten küçüğe doğru sıralanarak hesaplanan puanların dağılımı ile bölgeler arasında risk önceliği belirlenebilmektedir. Yapıdan elde edilen performans puanı ne kadar düşük ise binanın riskinin o kadar yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu çerçevede, sunulan hızlı tarama yöntemleri, mevcut haliyle riskli alan önceliklendirilmesi amacına hizmet etmektedir. Bölgesel risk

durumunun tanımlanmasında kullanılacak yöntemler bilim ve tekniğin gereği istatistiksel olarak anlamlı sayıda bina ihtiva eden alanlarda uygulanabilmektedir. Bu yöntemler tekil binada risk değerlendirme amaçlı olarak kullanılmadıklarından bir kısıt meydana gelmektedir [52].

2.7. Yığma Kagir Binalarda Deprem Riskinin Tanımlanması

Birçoğu deprem bakımından risk taşıyan yığma yapılar, kırsal kesimde yoğunlaşmakla birlikte kentsel alanlarda da bulunmaktadır. Genel olarak betonarme, çelik ve prefabrik yapılara göre depreme daha az dayanıklı olan yığma yapılar çoğunlukla yapıyı kullananlar tarafından ya da yerel ustalar eliyle inşa edilmektedir. Gerek projelendirme gerek yapım aşamasında mühendislik hizmet ve denetimi dışında kalması nedeniyle bu yapılar, orta şiddetli depremlerde bile hasar almakta ve önemli can kayıplarına neden olmaktadır.

Türkiye’de yapıların büyük bir oranına sahip yığma yapıların geçmişe nazaran günümüzde yapımı giderek azalmakta olsa da yığma yapıların yapım ve kullanımına hala devam edilmektedir [6]. Ekonomik koşullar karşısında, Türkiye’de yığma yapı kullanımı devam edeceğinden, bu yapıların elden geldiğince depreme dayanıklı yapılması, depremlerdeki davranışlarının bilinmesi ve depreme dayanıklılıklarının artırılması gerekmektedir [64,65]. Yığma yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ülkemiz için önemli ve öncelikli bir sorundur.

DBYBHY (2007)’nin 5. bölümü “Yığma Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları”nı kapsamaktadır [61]. Bu bölümde deprem bölgelerine göre izin verilen en çok kat sayısı, taşıyıcı duvarların en küçük kalınlıkları, taşıyıcı duvar boşluklarının ne olması gerektiği, lentolar ve hatıllarla ilgili kurallar, kapı ve pencere boşlukları ve aralarında bırakılması gereken boşluk miktarları, taşıyıcı olmayan duvarlar ve çatılarla ilgili uyulması gereken kurallar belirtilmektedir [62].

Can güvenliği performansı ölçümünde inşa edilecek ve mevcut yığma binalarda, yürürlükteki Deprem Yönetmeliği’ne göre; ilk olarak binaya ait parselin durumu ve bina hakkında 6306 sayılı Kanuna göre, yeterli düzeyde inceleme (bilgi düzeyi) yapılması gerekmektedir. Bu yönetmeliğe uygun hesaplama ile tüm katlarda ve özellikle, rijitliği diğer katlara oranla çok küçük olan, yanıl ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en

alt bina katı olan kritik katta, gerilme sınır değerlerinin mukayesesi sonucu yönetmelikte belirtilen “can güvenliği” performansı aranmaktadır.

Buna göre yığma binaların performans analizi algoritması şu şekilde ifade edilebilir:

- a. Mevcut yığma binanın, mevcut projesine uygun yapıp yapılmadığının tespiti, değilse binanın yerinde taşıyıcı sistem rölevesinin yapılması,
- b. Yığma binalarda yerinde duvar parçası örneği alınarak malzeme özelliklerinin belirlenmesi,
- c. Bina temelinin oturduğu zeminde gerekli zemin etütleri yapılmalı, projelendirme hesaplarında tespit edilen zemin parametrelerinin (zemin sınıfı, yerel zemin grubu, zemin taşıma gücü, zemin yataklanma katsayısı, etkin yer ivme katsayısı, zemin spektrum karakteristik periyodu vb.) belirlenerek mevcut binada kullanılan zemin parametreleri ile uygunluğunun incelenmesi,
- d. Yığma binanın yapıldığı tarihteki deprem yönetmeliğine uyumu kontrol edildikten sonra, yönetmelikte belirlenen ve ilgili maddelerinde tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ile üç boyutlu analizler yapılması, deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasar durumuna göre eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ve yine bina performans seviyesi belirlenerek analiz giriş ve çıkış verilerinin tamamı ile analizi açıklayan ilgili çizelge ve şekillerin tümü risk raporunda bulunması adımlarından oluşmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda, mevcut ve inşa edilecek yığma yapılarda risk tespit süreçleri yürütülürken, bu konuda yetkilendirilmiş Çevre Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü, “Riskli Yapı Tespit Analizi Raporu” denetiminde sırasıyla; yapı genel bilgileri, yapıdan bilgi toplanması, riskli yapı tespit analizi, zemin etüt raporu ve yığma yapı analizi hazırlanmaktadır.

2.8. Yığma Binalar İçin Birinci Aşama Değerlendirme Yöntemi

Bu yöntem 1 ila 5 katlı mevcut yığma binalar için kullanılabilir. Yöntemin uygulanmasında EK- 1 ve EK- 2’de verilen veri toplama formu kullanılabilir.

Yöntemin kullanılmasında gerekli parametreler, Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar EK-2 [4]'de belirlendiği üzere:

1. Yığma bina türü: Binanın taşıyıcı sistemi belirlenerek, donatısız yığma, kuşatılmış yığma, donatılı yığma ve karma (yığma duvar + betonarme çerçeve) sistemlerinden biri yapı sistemi olarak seçilecektir.

2. Serbest kat adedi: Zemin kat üstü bağımsız salınan döşemelerin toplam sayısı olarak ifade edilmektedir [75].

3. Yapı nizamı ve bitişik bina ile ilişkisi: Ayrık veya bitişik yapılar ile bina kat seviyelerinin aynı ya da farklı olması durumu tespit edilecektir. Bu parametre için, ayrık, bitişik ve ortada-kat seviyesi aynı, bitişik ve ortada-kat seviyesi farklı, bitişik ve kenarda/köşede-kat seviyesi aynı, bitişik ve kenarda/köşede-kat seviyesi farklı olmak üzere beş farklı duruma göre belirlenecektir.

4. Mevcut durum ve görünen kalite: Malzeme türü ve kalitesi ile yığma duvar işçiliği ayrı ayrı kontrol edilerek, bu tespitlerin her ikisi için ayrı ayrı iyi, orta ve kötü şeklinde ifade edilecektir. Ayrıca, mevcut hasar olup olmadığı tespit edilerek, binada hasar var veya yok şeklinde tespit yapılacaktır.

5. Planda düzensizlik: Plan Geometrisi Düzenli, Düzensiz veya Aşırı Düzensiz olarak üç şekilde belirtilecektir.

6. Duvar miktarı yetersizliği: Binanın kritik katında birbirine dik her iki doğrultudaki cephe duvar uzunluğu belirlenecektir. Buna göre binanın duvar miktarı (DM), zemin kattaki ön veya yan cephedeki kapı ve pencere boşluklarının uzunluğu cephe uzunluğunun $\frac{1}{3}$ 'ünden az ise “Çok”, boşlukların uzunluğu cephe uzunluğunun $\frac{1}{3}$ 'ü ile $\frac{2}{3}$ 'ü arasında ise “Orta”, boşlukların uzunluğu cephe uzunluğunun $\frac{2}{3}$ 'ünden fazla ise “Az” olarak kabul edilecektir.

7. Düşey boşluk düzensizliği: Binada bulunan kapı ve pencere boşluklarının düşey yönde yerleşimine göre düşey doğrultudaki boşluk düzeni; Düzenli, Az Düzenli ve Düzensiz olarak sınıflandırılacaktır.

8. Cepheye göre kat sayısı farklılığı: Binanın farklı cephelerinin farklı kat sayısına sahip olması durumu tespit edilecektir.

9. Yumuşak kat/Zayıf kat: Kat yüksekliği farkının yanı sıra katlar arası belirgin rijitlik farkı da dikkate alınarak gözlemsel olarak belirlenecektir.

10. Düzlem dışı davranış olumsuzlukları: Yığma bina duvarlarının düzlem dışı davranış gösterme eğiliminde olup olmadığı belirlenecektir.

11. Çatı malzemesi: Bu parametre sadece toprak tavan döşemesi yığma binalar için tespit edilecektir.

12. Deprem bölgesi: Sismolojik ve tektonik araştırmalara göre yapının yer aldığı coğrafi bölgenin deprem riskini gösteren değerdir. Ülkemiz için en yüksek risk seviyesi birinci derece, en düşük seviye ise beşinci derece bölgede bulunan il ve ilçeler olmak üzere 5 farklı derece ile ifade edilmektedir.

13. Coğrafi koordinatlar: Tespiti yapılacak yapının yer aldığı yerin, kutup açısı/enlem ve boylam açısının kullanılarak topografik bir nokta olarak gösterilmesidir.

Belirlenen bu parametrelere göre incelenen bölgedeki binalara yöntemin uygulanması sonucu, her bir bina için performans puanı hesaplanmaktadır. Hesaplanan performans puanları büyükten küçüğe doğru sıralanarak, puanların dağılımı bölgeler arasındaki risk önceliğini belirlemektedir. Binaların bölgesel dağılımının belirlenmesi amacıyla kullanılan bu yöntemler, bilim ve tekniğin gereği istatistiksel olarak anlamlı sayıda bina ihtiva eden alanlarda uygulanabilir ve tekil binada risk değerlendirme amaçlı olarak kullanılamaz.

İncelenen çalışmalara göre yığma yapıların deprem davranışlarına etki eden parametrelerden önemli olanları şu şekilde açıklanmıştır [6, 62, 64, 65]:

2.8.1. Serbest kat adedi

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”in 5. bölümünde “Yığma Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları” kapsamında yığma binalar için yapımına izin verilen kat sayıları deprem bölgelerine göre belirlenmiştir. Buna göre yığma yapılar için izin verilen en çok katsayısı; 1 derece deprem bölgeleri için 2 kat, 2.ve 3. derece deprem bölgeleri için 3 kat ve 4.derece deprem bölgeleri için 4 kat olarak belirlenmiştir [61]. Belirtilen en çok kat sayıları zemin kat ile üstündeki tam katların toplamını ifade etmektedir. Bu katlara ek olarak yapılacak çatı katının alanı, temeldeki bina brüt alanının %25’inden büyük olamaz. Kat alanı, bina brüt temel alanının %25’inden büyük olan çatı katı tam kat sayılır. Ayrıca tek bir bodrum kat yapılabilir. Birden çok bodrum katı yapılmışsa ise belirtilen en çok kat sayısı bir kat azaltılacaktır. Yönetmelik çerçevesinde önerilen değerlendirme yöntemlerinde, yapıların performans puanlarının hesaplaması yapılırken yapı kat sayısı önemli bir parametre olarak hesaplara katılmaktadır [53].

2.8.2. Ortalama kat yüksekliği

DBYBHY’de “Yığma binalarda her bir katın yüksekliği döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3.0 m olacaktır. Kerpiç duvarlı yığma binalarda tek katın yüksekliği 2.70 mt’den, eğer yapılmış ise bodrum kat yüksekliği 2.40 metreden daha çok olamaz.” ifadesi yer almaktadır [61].

2.8.3. Kesme kuvveti

Yığma yapılarda X ve Y eksenleri için ayrı ayrı olarak kritik katlardaki taşıyıcı duvarların kesme dayanımları ve deprem anında oluşan kesme kuvvetleri hesaplanmaktadır. Planda yer alan ortogonal yönlerden biri X, diğeri ise Y şeklinde ifade edilmektedir. Dayanımı yetersiz olan duvarların kat kesme kuvvetine etkisi % 50’nin üzerinde olması analizi yapılan yapının “riskli yapı” olarak değerlendirilmesine neden olmaktadır [62].

2.8.4. Binanın yapım yılı

Bina yapım yılına göre belirlenen bina yaşı; hızlı değerlendirme prosedürlerinin temel unsurlarından biridir. Bina yaşı doğrudan tasarım ve yapım uygulamalarına bağlıdır. Bu nedenle, bina yaşı bina tipini belirlemede önemli bir faktör olarak yapının nihai performans puanını etkilemektedir [19].

2.8.5. Döşeme sistem tipi

Yığma binaların kat döşemeleri TS-500’deki kurallara göre tasarlanmış boyut ve donatıları olan betonarme plak ya da dişli döşemeler olacaktır.

2.8.6. Bina düzeni

Binanın taşıyıcı duvarları olabildiğince simetrik olmalıdır ve üst katlarda devam eden duvarlar mutlaka üst üste gelmelidir.

2007 yılında yürürlüğe giren DBYBHY hükümleri, deprem bölgelerinde yeni yapılacak binalar ile daha önce yapılmış mevcut binalara uygulanmaktadır. Kullanım amacı ve/veya taşıyıcı sistemi değiştirilecek, deprem öncesi veya sonrasında performansı değerlendirilecek ve güçlendirilecek olan mevcut binalar için uygulanacak hükümlerin yer aldığı yönetmelik, betonarme (yerinde dökülmüş ve öngerilmeli veya öngerilmesiz prefabrik), çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir [61]. Mevcut yönetmelik yayınlanana kadar değerlendirme ve tespitler bu kapsamda yapılmaktadır. Günümüzde geçerli olan mevcut yönetmelik ise, Türkiye Bina Deprem

Yönetmeliği (TBDY 2018)'dir. 18 Mart 2018'de Resmi Gazete'de yayınlanarak, 01 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY 2018) göre yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek resmî ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin deprem etkisi altında tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kurallar ve minimum koşullar belirlenmektedir [76]. İfade edildiği üzere 2019 yılı itibariyle gerçekleştirilecek analiz ve değerlendirmeler bu yönetmeliğe tabidir. Ancak bu çalışmanın gerçekleştirildiği yıl ve incelenen yapıların risk tespit yılı dikkate alındığında, bu çalışmada söz konusu yıllarda geçerli yönetmelik olan DBYBHY referans alınarak ilişki ve tanımlar buna göre ifade edilmiştir.

Kentsel dönüşüm sürecinde riskli yapıların belirlenmesi sırasında değerlendirilmesi gereken parametrelerin sayıca fazla olması nedeniyle karar mekanizmasının iyi çalışmadığı düşünülmektedir. Buna göre değerlendirilmesi gereken temel problemler şu şekildedir:

- Riskli yapı tespiti için gerekli parametreler nelerdir?
- Örnek yapılar için, gerekli parametre değerleri nelerdir?
- Örnek verilere göre sonucu etkileyen parametre ve ağırlıkları nelerdir?

Kararı belirleyen çok sayıda parametre olmasına rağmen öne çıkan “deprem riski” kavramı, belirtildiği üzere tek etken değildir. Bir bölgenin sismik olarak çok aktif olması veya bir yapının “çok” tanımı olmadan çokça eski olması kentsel dönüşümde ilgili bölgenin öncelik alacağını garanti etmemektedir. Bugüne kadar kentsel dönüşümde öncelik tanınan bölgeler ve binalar için bir örüntünün olup olmadığı ise merak konusudur. Böyle bir örüntünün varlığı durumunda, oluşturulacak bir uzman sistemin örüntüyü ağırlıkları ile beraber tespit edebileceği ve sonraki dönemlerde kentsel dönüşüme açılacak bölge ve yıkılmasına izin verilecek binaları tahmin edebileceği düşünülmektedir. Böyle bir örüntü yok ise; olmadığını göstermek ve bir örüntü olması gerektiğine dikkat çekmek alan için faydalı olacaktır.

3. NEDENSEL ÇİZGELER

3.1. Çizge Teorisi

Fizik, kimya, matematik gibi temel bilimlerde, mühendislik uygulamalarında ve tıp biliminde pek çok problemin çözümü ve modellenmesi çizgelere dayandırılarak yapılmaktadır. Değişkenler arasındaki ortak olasılık dağılımının bütünleşik bir gösterimi olarak ifade edilen ve yapıları sebebiyle problemlerin modellenmesinde oldukça kullanışlı olan çizgeler, İsviçreli Matematikçi Leonard Euler'in Königsberg köprüleri problemini çizge teorisi ile açıklaması sonucunda ortaya çıkmıştır. Problemde, her karanın bir düğüm ve bağlantıyı sağlayan her köprünün ise bir kenar olarak sembolize edilmesi sonucu, problem yönlendirilmiş bir çizge haline getirilmiş ve bu bağlamda irdelenmiştir [49].

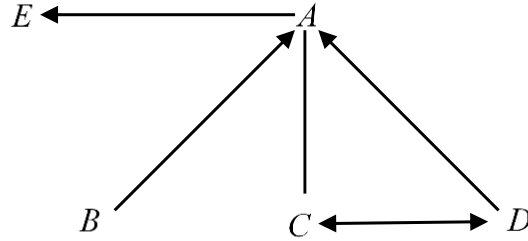
Çizge teorisi kapsamında yer alan matematiksel fonksiyon aktarımı ve görsellik gibi özellikler, örnek bir modelin çözümüne ve dolayısıyla gerçek problemin de çözümüne yardımcı olmaktadır. Çizge teorisinin kullanılabilir olabilmesi için öncelikle gerçek dünyada sahip olunan bir problemin çizge şeklinde modellenmesi ve ilgili modelin çözüme kavuşturulması gerekmektedir ki ardından gerçek dünyaya uygulanabilir hale getirilsin. Modelleme ve gerçeğe aktarımda ifade edilen avantajları ile istatistik ve bilgisayar bilimlerinin işbirliği içinde bulunduğu ifade edilen çizgeler kullanılarak değerlendirilen kişi, olay ya da durumlar birer düğüm (node); aralarındaki ilişkiler ise birer kenar (edge) şeklinde betimlenmektedir [42, 77–79]. Matematiksel anlamda düğümler ve düğümler arasındaki ilişkiyi gösteren kenarlardan oluşan bir küme olan çizgelerde mantıksal ilişki, düğüm ile düğüm veya düğüm ile kenar arasında kurulmaktadır. En temelde, bir olay veya ifadenin düğüm ve yönlü-yönsüz çizgiler kullanılarak temsil edildiği ve bu düğümler arasındaki ilişkiyi gösteren kenarlardan oluşan bir ağ yapısı olarak ifade edilmektedir.

Çizge teorisinde genel tanıma göre, çizge bir $\langle V, E \rangle$ sıralı çiftinden oluşmakta, V köşe noktalarının E ise kenarların oluşturduğu kümeyi ifade etmektedir [80].

Temel çizge bileşenlerinde [81]:

- Düğümler (*Nodes*) değişkenleri,
- Kenarlar (*Edges*) ilişkileri,
- Ok yönleri (*Arrowheads*) ilişki yönünü,

- Yollar (*paths*) bir düğümden başlayıp diğer düğümden biten kenarları temsil etmektedir. Bir düğümden diğerine gidilirken izlenecek düğümlerin tamamı bir yol oluşturmaktadır.



Şekil 3.1. Temel çizge bileşenleri

Şekil 3.1’de A , B , C , D ve E düğümleri, A ile B düğümü arasındaki ilişki yönlü kenar, A ile C düğümü arasındaki ilişki yönsüz kenar ve C ile D düğümü arasındaki ilişki de çift yönlü kenar ile gösterilmektedir. BAC bir yol iken DAE ise yönlü bir yoldur. Şekilde yer alan $A \rightarrow E$ kenarı ise $\langle A, E \rangle$ sıralı çifti ile temsil edilmektedir.

3.2. Çizge Türleri

Basit bir $G=(V,E)$ çizgesi, boş olmayan düğümler kümesine (V) ve bu düğümler kümesindeki elemanları sıralı olma özelliğine bakılmaksızın bağlayan veya ilişkilendiren E kenar kümesine sahiptir.

$G=(V,E)$ Çizge

$V=\{ v_0, v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n \}$ Düğümler Kümesi

$E=\{ e_0, e_1, e_2, \dots, e_{n-1}, e_n \}$ Kenarlar Kümesi

Çizgede yer alan düğüm ve düğümler arası ilişkilere göre farklı çizgeler kullanılmaktadır.

3.2.1. Boş çizge

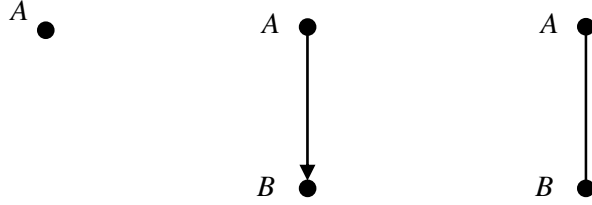
Başka bir düğümlerle ilişkisi olmayan tek düğümlere boş çizge denilmektedir.

3.2.2. Yönlendirilmiş (directed) çizge

Bir G çizgesi üzerindeki kenarların bağlantının nereden başlayıp nerede sonlandığını gösteren yön bilgisine sahip olması durumunda yönlendirilmiş çizge olarak adlandırılmaktadır.

3.2.3. Yönlendirilmemiş (undirected) çizge

Bir G çizgesi üzerindeki kenarlar yön bilgisine sahip değil ise, yönlendirilmemiş çizge olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.2. Boş, yönlendirilmiş ve yönlendirilmemiş çizge

3.2.4. Yoğun (dense) çizge

V düğümlü ve E kenarlı bir G çizgesinin, kenar sayısının maksimum kenar sayısına (E^2) yakın olduğu ya da işleme zamanının $|E| = O(|V|^2)$ olması halinde yoğun çizge olarak ifade edilmektedir [82].

3.2.5. Seyrek (sparse) çizge

V düğümlü ve E kenarlı bir G çizgesinin, kenar sayısının minimum kenar sayısına yakın olduğu ya da işleme zamanının $|E| = O(|V|)$ olması halinde seyrek çizge olarak ifade edilmektedir [82].

3.2.6. Maliyetli / ağırlıklı (weighted) çizge

Bir G çizgesi üzerindeki kenar ağırlıkları (maliyet değerleri) her kenar için aynı değilse ve her biri farklı değer alabiliyorsa, maliyetli çizge olarak adlandırılmakta ve gösterimde maliyet bilgisi de yer almaktadır.

3.3. Nedensellik ve Nedensel İlişki

Nedensel analize dayanan nedensel bilgi, karar verme sürecinin kalitesini artırarak stratejik hedefleri etkili eylemlere dönüştürme sürecini etkin hale getirmektedir [83]. Nedensel ilişkileri belirlemenin en geleneksel yolu, çoğu durumda pahalı, zaman alan ve hatta imkansız olan rasgele zamanlı deney ve durumları kullanmaktır.

Son dönemde süreci daha etkili yönetmek adına nedensel modelleme ile gerçek olaya aktarım yapılmasını sağlayan model prototipleri oluşturulmaktadır. Gerçek dünya

olaylarının modellenmesinde, gözlemsel veriler kullanılarak yapılan analizlerden nedensel çıkarımlar yapılmaktadır [84]. Nedensel çıkarım neticesinde elde edilen matematiksel fonksiyon, sistemin nasıl değerler üretebileceğini, sistem elemanları arasındaki ilişkileri ortaya koymaktadır.

Nedensel analizde, modelde yer alan bağımlı değişken için yordanan, eksojen (exogenous) değişken, bağımsız değişken için ise yordayıcı, endojen (endogenous) değişken ifadeleri kullanılmaktadır. Eksojen değişken, değişkende meydana gelen değişikliklerin, nedensel modelin dışındaki sebeplerle belirlendiği varsayılan değişkendir. Endojen değişken ise, değişimin nedensel modelde yer alan eksojen ve diğer endojen değişkenlerle açıklanması gereken bir değişkendir [85].

Nedensellik, değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini ifade etmektedir. Nedensel ilişkiyi gösteren $y=f(x)$ fonksiyonu, x endojen değişkeninin, y eksojen değişkeni üzerinde doğrudan etkisi olduğunu ifade etmektedir [84]. Fonksiyonda gösterilen nedensellik, alternatif olarak $x \rightarrow y$ şeklinde de ifade edilebilmektedir. Çizge yapısına aktarımda özellikle tercih edilen bu gösterimde nedensellik, yönlü ok ile temsil edilen tek yönlü bir ilişkiyle (bir nedenden bir sonuca) karakterize edilmektedir. Ok, değişime neden olan değişkenden etkinin olduğu değişkene doğru olup, yönü etkinin yönünü belirlemektedir [86]. Ayrıca nedensel çizgelerde ok, ebeveyn düğümün çocuk düğüm üzerindeki “doğrudan etkisini” de temsil etmektedir.

Bir değişkenin başka bir değişkeni ya da değişkenleri etkilemesi ya da bu değişkenlerden etkilenmesi "değişkenler arası ilişkiler" olarak tanımlanmaktadır. Etkileyen değişkenin "bağımsız, eksojen", etkilenen değişkenin ise "bağımlı, endojen" olarak ifade edildiği nedensel modellerde, değişkenlerin karşılıklı etkileşim ve nedensellik ilişkileri özellikle değişken sayısı arttıkça karmaşık bir hal almaktadır. Nedensel ilişki, bilgi ve gerçekler kadar hipotezleri de içermektedir [87]. Bilgi ve kuramlar ile istatistiksel analizlerden elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirilerek ilişkiler tanımlanmaktadır. Nedensel veya nedensel olmayan ilişkiler sonucu oluşan bu etkileşimler duyarlılıkla analiz edilmelidir. Çünkü bir değişkenin başka bir değişkenden etkilenmesi her zaman nedensel (neden-sonuç) bir ilişki olmayabilir. Doğru nedensel modeli tanımlamak zordur, çünkü nedensellik korelasyondan daha güçlü bir ilişki olarak ifade edilmektedir. Neden-sonuç ilişkisinde bağımsız değişken her görüldüğünde bağımlı değişken ya ortaya çıkmakta ya da değişime uğramaktadır. Neden-sonuç ilişkisi

olmayan durumlarda ise değişkenler arasında bir ilişki varmış gibi görünse de gerçekte bu ilişki başka değişkenlerin bu değişkenler üzerine yaptığı etkilerden kaynaklanmaktadır [88]. Her zaman bir değişkenin başka bir değişkenden etkilenmesi nedensel (neden-sonuç) bir ilişki olmayabilir [89].

3.4. Nedensel Çizgeler

Son yıllarda istatistik, yazılım, ekonometri, epidemiyoloji, genetik ve ilgili disiplinler gibi pek çok alanda olasılığa dayalı uzman sistemlerin gelişimi üzerinde durulmaktadır. Olasılık, nedensellik analizlerinde oldukça önemlidir, çünkü çoğu nedensel ifade belirsizdir ve olasılık da belirsizliği ifade etme şekillerinden biri olarak kullanılmaktadır [90]. Kesin olmayan sonuçların olasılıkları üzerinde olayların etkisini değerlendirmek için farklı yaklaşım ve yöntemlerle çözüm aranmaktadır [91]. Bu yöntemlerden biri olan ve istatistiksel nedensel modeller olarak bilinen nedensel çizgeler (İz Diyagramları, Nedensel Bayes Ağları veya Yönlendirilmiş Çevrimsiz Çizge (Directed Acyclic Graph (DAG))'ler olarak da ifade edilmektedir); sonuca katkı sağlayan değişkenler arasındaki koşullu olasılık ilişkilerini bir çizge yapısı üzerinde tutan, veri üretme süreci hakkındaki varsayımları kodlamak için kullanılan grafiksel modellerdir [92, 93].

Yirminci yüzyılın başlarından itibaren nedensel modellere (yaygın olarak yapısal denklem modelleri olarak da bilinmektedir), nitel varsayım ve ilişkilerin özetlerini sağlayan grafiksel gösterimler veya iz diyagramları eşlik etmektedir [94]. Seksenli yıllara gelindiğinde ise, bu diyagramlar olasılıksal çıkarımda çizge teorisinin kullanılmasını mümkün kılan olasılık modelleri olarak yeniden yorumlanmıştır.

Değişkenler arasındaki ortak olasılık dağılımının bütünleşik bir gösterimi olan ve değerlendirilen değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri görselleştirmek amacıyla kullanılan nedensel çizgeler literatürde pek çok farklı alanda yapılan çalışmada yer almaktadır [93–97].

Nedensel çizge kullanımında en büyük zorluk nedensel ilişkilerin oluşturulmasıdır. Nedensel çizgelerin analiz aşamasında problemler genellikle iki bölümde değerlendirilmektedir. Öncelikle gözlemsel ve deneysel verilerden istatistiksel ve sayısal yaklaşımlar ile nedensel ilişkiler belirlenerek nedensel model oluşturulmaktadır [93, 95]. Sayısal yöntemlerle belirlenen ilişkiler ile bilimsel ve

literatür temelli iki yaklaşım birbirini destekler ve bütünleyici şekilde değerlendirilerek uygun nedensel ilişkiler belirlenmeli ve model oluşturulmalıdır [98]. Nedensel çizgelerin temelinde, nedensel yapıyı tanımlayan parametrelerin istatistiksel tahmini ve analizi yer almaktadır [84]. Ardından, oluşturulan model değişkenleri arasındaki etkiler tahmin edilmektedir.

Çizge gösteriminde nedensel ilişkilerin görselleştirildiği nedensel çizgeler, neden-sonuç ilişkileri ile ilişkilendirilmiş değişkenler, değişkenler arası etkileşimleri gösteren oklar ve okların yanında, ilişkinin yönünü gösteren semboller (+), (-) olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır [99]. Modelde yer alan değişkenler, sistemin içerisinde bulunduğu bir durumda hem etkileyen ve hem de etkilenen eleman olarak yer alabilmektedir. Değişkenler bir olay değil, zaman ve duruma bağlı olarak değişim gösterebilen elemanlardır. Bu nedenle eylem ifade eden kelimeler ile ifade edilmezler. İki değişken arasındaki yön ve etkiyi gösteren okların üzerindeki pozitif (+) ve negatif (-) işareti, değişkenlerin birinin diğeri üzerindeki etkisinin yönünü göstermektedir. Etki ile tepki aynı yönde artış ya da azalış gösteriyorsa bu pozitif bir ilişki olarak işaretlenmektedir. Etkideki artış tepkide bir azalmaya ya da etkideki azalış tepkide bir artışa neden oluyorsa negatif olarak işaretlenmektedir.

Değişkenler arasındaki (+) ve (-) neden-sonuç ilişkisi şu şekilde ifade edilmektedir;

$A \xrightarrow{+} B$ gösteriminde A değişkenindeki bir değişim, diğer faktörler aynı kalmak suretiyle B değişkeninde aynı yönde bir değişime neden olurken, $A \xrightarrow{-} B$ ise A değişkenindeki bir değişimin B değişkeninde ters yönde bir değişime neden olduğunu göstermektedir.

Nedensel çizgelerin boyutu, amacı ve görsel yönleri değişebilmesine rağmen, temel olarak yönlendirilmiş oklar ve nedensel bağlarla birbirine bağlanan elemanlar olmak üzere iki temel bileşene sahiptir [86]. Bileşen sayısı yöntem ve mevcut bilgilere göre değişebilse de, nedensel çizgeler bütünsel olarak ilişki zincirini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır [100].

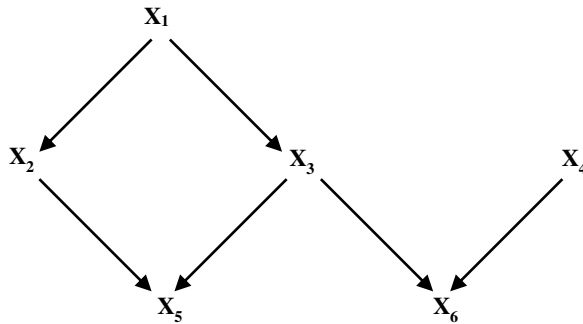
Nedensel çizgeler, dinamik bir modelde yer alan değişkenlerin aralarındaki etkileşim ve karşılıklı ilişkilerini anlamayı kolaylaştıran bir araç olarak kullanılmakta

ve model yapısının sonuç davranışını nasıl ürettiğini göstermektedir [99]. Bu nedenle, nedensel yapıyı temsil eden yönlendirilmiş bir çizge olarak adlandırılmaktadır [80].

3.4.1. Yönlendirilmiş döngüsüz çizge (Directed acyclic graph - DAG)

Nedensel modellemede, yönlendirilmiş döngüsüz çizgeler (DAG), yapısal eşitlikler ve Bayes ağları sıklıkla kullanılmaktadır. Yönlendirilmiş çizgeler, döngü içermeyen diyagramlardır. Döngü; düğümler arasındaki ilişkilerin izlediği yolun aynı düğüme başlayıp aynı düğüme bitmesi durumu olarak ifade edilmektedir [92]. DAG, her bir değişkenin diğerleri üzerinde sahip olduğu etkiyi, olasılıkları ile inceleyerek değişkenler arasındaki bağımlılıkları analiz etmek ve belirsiz durumları ortaya çıkararak bunları grafiksel yöntemlerle daha kolay anlaşılır hale getirmek amacıyla kullanılmaktadır [101]. Bir çizgede ifade edilen bağımlılık terimi, matematiksel, nedensel veya istatistiksel bağımlılıkları gösterebilmektedir [94].

Kullanılan her bir DAG için $\langle V, E \rangle$ bilgisi bulunmaktadır. Burada “ V ” ile değişkenler kümesi ve “ E ” ile de yönlendirilmiş kenarlar ifade edilmektedir. Şekil 3.3’de gösterilen yönlendirilmiş döngüsüz çizge yapısı, kenarlarından nedensel çıkarımlar yapıldığında nedensel çizge haline gelmektedir. Nedensel çizge ise $G = \{V, E\}$ şeklinde ifade edilmektedir ve buna göre her bir kenar için, $X \rightarrow Y$ gösterimi nedensel bir ilişkiyi ifade etmektedir [80, 102].



Şekil 3.3. Yönlendirilmiş döngüsüz çizge yapısı

3.4.2. Yönlendirilmiş nedensel çizge modelleri

Literatürde yaygın olarak “yapısal eşitlik modelleri (Structural Equation Modeling – SEM)” veya “fonksiyonel nedensel modeller (Functional Causal Models - FCM)” yerine ifade edilen yönlendirilmiş nedensel çizgeler, her değişkenin değerinin,

çizgedeki doğrudan nedensel etkilerinin ve de ölçülemeyen diğer etkilerin bir fonksiyonu olduğunu varsaymaktadır. Yaygın kullanım doğrusal modeller üzerinde gerçekleştirilmesine rağmen, bir değişkeni doğrudan nedenlerine bağlayan işlev herhangi bir şekilde olabilmektedir. Yönlendirilmiş nedensel çizge, regresyon modellerini, faktör modellerini, ARM zaman serisi modellerini, gizli sınıf modellerini de içeren ancak daha genel bir yöntemdir. Modelde yer alan nedensel olarak ilişkili değişkenler, zaman serisini temsil edebilir ya da kategorik, sıralı veya sürekli olabilir [84].

Bir yönlendirilmiş nedensel çizge, değişkenler kümesi, değişken çiftleri arasında yönlendirilmiş kenarlar kümesi ve tüm değişkenlerin olası değerlerine göre ortak olasılık dağılımı bileşenlerine sahiptir.

Her çizge nedensellik ilişkisini temsil etmek mecburiyetinde değildir. Yönlendirilmiş çizgenin nedensel bir anlamı olması için esas olan, ifade edildiği üzere değişken çiftleri arasındaki kenarlar kümesinin varlığıdır. Modelde yer alan diğer değişkenler sabit tutulduğunda söz konusu değişkenlerden birindeki (X_i) değişim diğer değişkeni (X_j) etkiliyorsa, bu durum aralarında kenar bulunan iki değişkenin ilişkili olduğunu göstermektedir [84]. Kuramsal olarak da desteklenmesi durumunda, X_i değişkeni X_j değişkeninin doğrudan nedeni olarak kabul edilmekte ve bu doğrudan ilişki yönlendirilmiş nedensel çizgede $X_i \rightarrow X_j$ şeklinde ifade edilmektedir.

Nedensel çizgeler ile kurulan modellerde ilişkiler, modelde yer alan değişkenlerin veri yapısına göre belirlenmektedir. Geleneksel yaklaşımda modeldeki değişkenlerin sürekli yapıda olduğu varsayımı ile analizler gerçekleştirilmektedir. Parametrik olmayan yapısal denklem modelleri (Non-Parametric Structural Equation Model- NPSEM) olarak da ifade edilen nedensel yönlendirilmiş çevrimsiz çizgelerde ise, geleneksel doğrusal iz modellerinin aksine, aksi belirtilmedikçe, tüm nedensel etkilerin değişkenler arasında farklılık gösterdiğini varsaymakta, değişkenler arasındaki etkileşim ve etki düzenlemelerine de imkan vermektedir [103].

Doğrusal modellerin aksine, ayrık yapıda değişkenlerin yer aldığı bir nedensel çizgede istatistiksel parametreleri tahmin etmek için kullanılan olasılık teorisine göre;

$X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n$ bir dizi n ayrık değişkenin $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ olasılık dağılımlarını göstermek için kullanılan denklem şu şekildedir;

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_j P(x_j | x_1, x_2, \dots, x_{j-1}) \quad (3.1)$$

3.5. Matris Gösterimi

Çizge temelli modeller, sistematik analiz için fonksiyonel yapılar arasındaki etkileşimi anlamaya ve gerçek ihtiyaçları değerlendirmeye izin vermektedir. Modelde yer alan çizgeler olay ve modelleri görsel olarak temsil etmekte bu sayede akış ve ilişkilerin kolaylıkla anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Ancak oluşturulan modelin analizi aşamasında bazı sınırlılıklar bulunmaktadır [77]. Bu sınırlılıklardan biri olan, çizgelerin bellekte tutulması veya gösterilmesinde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır [49]. Uygulama yapısı ve gereksinimlerine göre farklılık göstermekle birlikte, genel kanı seyrek bağlantıya sahip çizgelerin matris üzerinde tutulmasının çok fazla bellek alanı harcadığı yönündedir. Matris üzerinde tutulma işlemi yoğun çizgeler için daha uygun bir seçim olarak değerlendirilmektedir [49].

Çizgeler, hesaplama ve tanımlama kolaylığı, istenilen bağlantıya doğrudan erişim sağlayabilmesi sayesinde matrisler ile ifadelendirilmektedir. Matris gösterimi sayesinde, çizgeler ile modellenmiş yapının bilgisayar ortamında hesaplanabilirliğine, işlenmesine ve matematiksel olarak analiz edilmesine olanak sağlanmaktadır [104].

Modelde yer alan değişkenler ve aralarındaki ilişkinin niteliklerinin ölçümü matris formunda ifade edilirken, matriste yer alan satır ve sütunlar değişkenler arasındaki ilişkileri temsil etmektedir. Matriste iki değişken arasında ilişki var, yok (0/1) şeklinde ifade edilebildiği gibi, ilişki düzeyi, önem ağırlığı, maliyet şeklinde de gösterilebilmektedir.

Yönlü bir çizgenin temsil edildiği matriste, i değişkeninin j değişkenine olan etkisi ile j değişkeninin i değişkeni üzerine olan etkisi farklı olabilmektedir [105]. Bu yapı da matris aktarımının en büyük avantajlarından biridir. Çizgede değişkenlerin ilişki yönleri ve ağırlıkları hassasiyetle analiz edilerek matrise aktarılmalıdır.

Çizgelerin matrisler yardımı ile ifade edilmesi üç şekilde olmaktadır:

3.5.1. Kenar matrisi (Edge matrices)

Matrisin her satırı çizgenin bir kenarını temsil edecek şekilde, kenarın bağlı olduğu düğümlerin iki sütun şeklinde gösterilmesidir. Bu matris biçimi, ait olduğu

çizgenin tüm özelliklerini ifade etmediği için yeterli olmamakta ve çizge hesaplamalarında kullanılmamaktadır [106].

3.5.2. Komşuluk matrisi (Adjacency matrices)

Komşuluk matrisi, düğümlerden düğümlere olan bağlantıyı göstermektedir. Sütun ve satırlar düğümleri gösterdiği için satır-sütun sayısı eşit olan bir kare matristir. Komşuluk matrisinin elemanları e_i değerlerinden oluşmaktadır [49]. Buna göre, düğümler arasında bağlantı var ise 1, yok ise 0 ile ifade edilmektedir. Döngüsüz çizgelerde her satır ve sütunda her düğümün kendi ile ilişkisi olmadığı için 0 alındığından kare matriste simetri aksı oluşmaktadır [106].

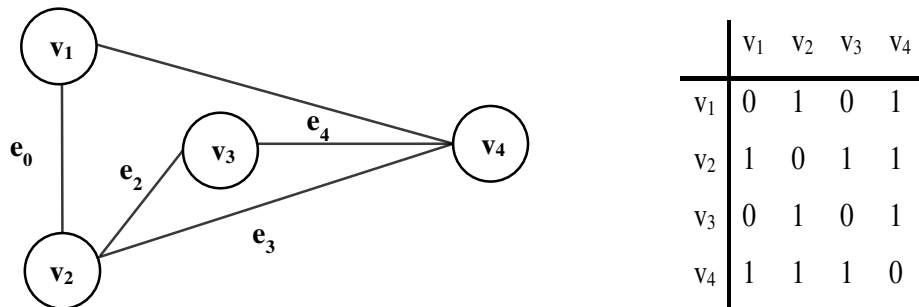
Komşuluk matrisi G_{vv} 'nin matrissel şekilde gösterilmesinden oluşmaktadır. Eğer komşuluk matrisi $G_{vv}=[a_{ij}]$ ise yönlü-maliyetsiz çizgeler için;

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } (v_i, v_j) \in E \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.2)$$

basit (yönsüz-maliyetsiz) çizgeler için ise;

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } (v_i, v_j) \in E \text{ veya } (v_j, v_i) \in E \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.3)$$

olmaktadır. Şekil 3.4'de örnek bir çizge ve bu çizgeye ait tanımlanmış komşuluk matrisi yer almaktadır.



Şekil 3.4. Örnek çizge ve komşuluk matrisi

3.5.3. Bitişiklik matrisi (Incidence matrices)

Bitişiklik matrisinde, satırlar kenarları, sütunlar ise düğümleri ifade etmektedir. Bu yapı gereği, matrisin satır sayısı düğüm, sütun sayısı da kenar sayısı kadar

olmaktadır. Çizgeyi en gelişmiş biçimde ifade eden, düğümlerle kenar arasındaki bağlantı/bitişiklik ilişkisini gösteren bir matristir.

Her kenarın ulaştığı düğüm, komşuluk matrisinde olduğu gibi 0 veya 1 ile belirtilmektedir. Düğüm ve kenar sayılarının aynı olmadığı çizgelerde kare matris olmamaktadır [106].

Bitişiklik matrisi G_{ve} 'nin matris formunda gösteriminden oluşmaktadır. Eğer bitişiklik matrisi $G_{ve} = [m_{ij}]$ ise, maliyetsiz çizgeler için;

$$m_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } (v_i, e_j) \text{ bağlantısı varsa} \\ 0, & \text{Diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.4)$$

ifade edilmektedir. Şekil 3.5'de örnek çizgeye ait tanımlanmış bir bitişiklik matrisi yer almaktadır.

	v_1	v_2	v_3	v_4
e_0	1	1	0	0
e_1	1	0	0	1
e_2	0	1	1	0
e_3	0	1	0	0
e_4	0	0	1	1

Şekil 3.5. Örnek çizgeye ait bitişiklik matrisi

Yönlü olmayan çizgelerde A düğümünden B düğümüne olan bağlantı, aynı zamanda B düğümünden A düğümüne olan bağlantıyla eşdeğer olması nedeniyle komşuluk matrisi simetrik özellikte olmaktadır.

4. LOJİSTİK REGRESYON

Bilimsel araştırmalar, mevcut bir durumu betimlemenin yanı sıra, olaylar arasındaki neden-sonuç ilişkilerini de kararlı bir şekilde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu bakış açısından hareketle, bilimsel araştırmaların neden-sonuç ilişkilerini bir model içerisinde sunmaya çalıştıkları ve verilerin yapısına göre de bu modellemeleri farklı yöntemlerle yaptıkları ifade edilmektedir.

Neden-sonuç temelli araştırmalarda; sonuç(lar), yordanan değişkenler; sonucu etkileyen nedenler kümesi ise yordayıcı değişkenler olarak ele alınmakta ve modellemeler; yordayıcı ve yordanan değişkenlerin veri yapısına göre farklılık göstermektedir [107].

Model, bir olayla ilgili bilgi ya da düşüncelerin belli kurallara bağlı olarak şekillenmesidir. Lojistik regresyon analizi ile istatistikte kullanılan diğer model yapılandırma tekniklerinde olduğu gibi; en az değişkeni kullanarak sonuç değişkeni (bağımlı ya da cevap değişkeni) ile bağımsız değişkenler kümesi (açıklayıcı değişkenler) arasındaki ilişkiyi, en iyi uyuma sahip olacak biçimde tanımlayabilen ve kabul edilebilir bir model kurulması amaçlanmaktadır [107, 108].

Kümeleme, diskriminant ve lojistik regresyon analizi veri madenciliğinde gözlemleri verilerin yapısında bulunan olası gruplara atamak amacıyla sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Kümeleme analizinde amaç, yalnızca gözlemlerin oluşturduğu kümenin yapısını bulmak iken; diskriminant ve lojistik regresyon analizinde ise, verilerin yapısındaki grup sayısı bilinerek mevcut verilerden bir ayırmama modeli elde edilmesidir. Kurulan model, değerlendirilecek yeni verilerin sınıflandırılmasına yardımcı olacak yapıyı sağlamaktadır [109]. Diskriminant analizi yapılırken, analizde yer alan herhangi bir değişkenin ayırık yapıda olması çok değişkenli normallik varsayımını sağlamadığından, bağımsız değişkenlerin ayırık ve sürekli olmaları konusunda bir kısıt getirmeyen, normal dağılım ve süreklilik varsayımı ön koşulu olmayan, sınıflandırma ve atama amacıyla kullanılabilen lojistik regresyon analizi öne çıkmaktadır [110]. Lojistik regresyon analizi, normallik, ortak kovaryansa sahip olma gibi bir kısım varsayımların sağlanamaması durumunda, diskriminant analizi ve çapraz tablo uygulamalarına alternatif olarak uygulanmaktadır.

Bağımsız değişkenlerin değerlerine göre bağımlı değişkenin beklenen değerinin olasılığını belirleme yöntemi olan ve bağımlı değişken üzerindeki yordayıcı değişkenlerin etkilerinin ve risk faktörlerinin olasılık olarak elde edildiği lojistik regresyon yönteminde, doğrusal regresyon analizindeki varsayımların hiçbiri aranmadığından, uygulamalarda önemli esneklik sağlamakta ayrıca matematiksel olarak esnekliği ve kolay yorumlanabilirliği ile de daha fazla tercih edilmektedir [108, 111, 112].

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisinin incelenmesi [113] ve sınıflandırma yapmak amacıyla kullanılan lojistik regresyon analizi, bağımlı değişkenin ayrık olarak; ikili veya çoklu kategorilerde gözlemlendiği durumlarda, bağımlı değişkenin ayrık ve kesikli değerler almasına izin vermesi nedeniyle bağımsız değişkenlerle olan neden-sonuç ilişkisinin belirlenmesinde tercih edilmektedir [114, 115]. Analizde kullanılan bağımsız değişkenlerin sürekli ya da ayrık yapıda olması gibi bir kısıt bulunmamaktadır. Bağımlı değişkenin, 0 ve 1 gibi iki grupta ayırt edilebilen sınıflayıcı bilgi taşıması durumunda “ikili (binary, dichotomous) lojistik regresyon” ile ikiden daha fazla kategoride sınıflandırılan bağımlı değişkenler için ise “çoklu lojistik regresyon” ile analiz yapılmaktadır [116].

Bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni ne kadar açıkladığını ya da ne kadar yordadığını (tahmin) belirlemek için regresyon analizinden faydalanılmaktadır. İlişkisi incelenecek verilerin yapısına göre regresyon analizinin türü değişmektedir. Doğrusal regresyon analizinde, bağımsız değişkene ait regresyon katsayıları çarpan konumunda yer alarak, değişim bağımlı değişkene de doğrudan yansımaktadır. Ancak lojistik regresyon analizi sonucunda elde edilen fonksiyonda, regresyon katsayılarının yorumlanması doğrusal regresyon modelindeki kadar kolay değildir. Lojistik regresyon modelinde bağımsız bir değişkendeki bir birimlik artışın bağımlı değişken üzerindeki tesirini yorumlamak ve bu eşitliklerin çözülmesi için dönüşümlere ihtiyaç bulunmaktadır. Lojistik regresyon modeli logaritmik dönüşümler sonucu doğrusal hale gelen, bağımlı değişkeni ayrık, yani yapay değişken olan bir modeldir. Bağımlı değişkenin yapay olduğu modellerin temeli olan doğrusal olasılık modelinin sorunlarını aşmak için bazı dönüşümlerle doğrusal hale gelen lojistik dağılım fonksiyonu kullanılmaktadır.

Lojistik regresyon, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında logit bir ilişki olduğunu varsaymaktadır; dolayısıyla analiz sonucunda doğrusal olmayan modeller üretebilmektedir [117].

Genel bir doğrusal regresyon denklemi (4.1) şu şekilde ifade edilmektedir [111, 118]:

$$Y = a + b * X \quad (4.1)$$

Denklemden Y tahmin edilecek bağımlı (sonuç) değişkeni, X ise modelde yer alan bağımsız (neden) değişkeni temsil etmektedir. a model sabiti olup, bağımsız değişkenin sıfır değerini alması durumunda Y değişkeninin alacağı değeri, b ise regresyon katsayısını göstermektedir [119].

Doğrusal regresyonda Y bağımlı değişkeni, $-\infty$ ile $+\infty$ arasında değerler alabilen sürekli bir değişkendir. Analiz sonucunda, X değişkeninin sürekli ya da ayrık yapıda olmasından bağımsız olarak, denklemin her iki tarafı da aynı aralıkta değerler almaktadır. Bağımlı değişkenin sürekli yapıda olmaması yani ayrık olması, denklemi doğrusal regresyonun değer aralıkları dışına çıkartacağından lojistik regresyon ile çözüm aranmaktadır. Söz konusu denklem lojistik regresyona aktarıldığında, Y bağımlı değişkeni ayrık değerler ile ifade edilerek, ikili analiz gerçekleştirilecekse sadece 0 ya da 1 gibi değerler alabilmektedir. Bu durum, denklemin değer aralıklarına uygun olmadığından doğrusal regresyon denklemi ile ifade edilemez. Bunun için yukarıda da ifade edildiği üzere dönüşümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Doğrusal regresyon denkleminde (4.1) bağımlı değişkenin yer aldığı sol taraf $-\infty$ ile $+\infty$ aralığında bir değer almaktayken, lojistik regresyon denkleminde bağımlı değişkenin yapısı nedeniyle 0 – 1 gibi ayrık değerler alabilmektedir. Lojistik regresyon analizi ile bir olay hakkında analizde yer alan bağımsız değişkenlerin durumuna göre olayın gerçekleşme olasılığından bahsedilmektedir. Lojistik regresyon denkleminin olasılık ifade ettiğini gösteren genel denklemi şu şekildedir:

$$P = a + b * X \quad (4.2)$$

Denklemden P değeri, analizde yer alan X değişkeninin durumuna göre koşullu gerçekleşme /gerçekleşmeme olasılığını ifade etmektedir. Bu nedenle iki düzeyli bağımlı yapay değişkenin bulunduğu regresyon modeline, bağımlı değişkenin

gerçekleşme olasılığını modellediğinden “doğrusal olasılık modeli” denilmektedir [117, 120].

Denklem (4.2) incelendiğinde; denklemin iki tarafının eşit aralıkta yer almadığı görülmektedir. Denklemin sol tarafında yer alan P , 0 ile 1 arasında değişirken, sağ tarafta yer alan X ’in değeri $-\infty$ ile $+\infty$ arasında değişmektedir.

Denklem (4.3)’teki gibi düzenlenmesi durumunda ise denklemin sol tarafının değer aralığında değişim meydana gelmektedir. Ancak sol taraftaki değişimin 0 ile $+\infty$ değerleri arasında gerçekleştiği denklemin iki tarafı hala aynı değer aralığında bulunmamaktadır.

$$\frac{P}{1-P} = a + b * X \quad (4.3)$$

Ayrık bir değişkene ait istenilen olayın gerçekleşmesi ihtimalini ifade eden P ’nin, olayın gerçekleşmeme ihtimali olan $(1-P)$ değerine oranlanması ile elde edilen denklemde yer alan bu oran; *fark oranı* veya *bahis oranı* olarak adlandırılmaktadır [117].

Denklem (4.4)’ün sol kısmının doğal logaritması alınarak denklemin iki tarafının aynı aralıkta ($-\infty$ ’dan $+\infty$ ’a) olması sağlanmaktadır. Bu dönüşüm *loge(Odds)* terimine karşılık gelmekte ve Logit transformasyonu olarak adlandırılmaktadır [118].

$$\log\left(\frac{P}{1-P}\right) = a + b * X \quad (4.4)$$

Buna göre dönüşümler sonrası elde edilen temel lojistik regresyon denklemi şu şekildedir:

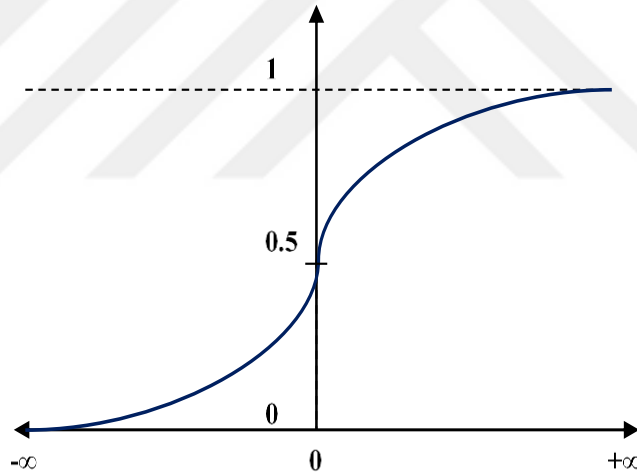
$$P = \frac{e^{a+b*X}}{1 + e^{a+b*X}} = \frac{1}{1 + e^{-(a+b*X)}} \quad (4.5)$$

Bağımlı değişken üzerinde açıklayıcı değişkenlerin etkilerinin ve risk faktörlerinin olasılık olarak belirlendiği çoklu lojistik regresyon analizinde incelenen olayın gözlenme olasılığı ise Denklem (4.6)’da görüldüğü şekilde ifade edilmektedir [111].

$$P = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k}} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k)}} \quad (4.6)$$

Denkleimde yer alan; P , değerlendirilen olayın gözlenme olasılığını, β değerleri bağımsız değişkenlerin regresyon katsayılarını göstermektedir. β_0 değeri modelde yer alan tüm bağımsız değişkenlerin sıfır değerini alması durumunda bağımlı değişkenin değerini ifade eden model sabit değeridir. X değerleri bağımsız değişkenleri, k ise bağımsız değişken sayısını göstermektedir [111, 114].

Lojistik modelde, fonksiyon yapısının 0 ile 1 arasında değişim aralığına sahip olması nedeniyle, ortaya çıkacak risk de bu aralıkta bir değer olarak tahmin edilmektedir. Bu durum her model için daima doğru kabul edilmese de lojistik regresyon modellerinin tercih nedenlerinden biridir [111]. Dönüşümler sonrası elde edilen ve P değer aralığını temsil eden lojistik fonksiyon eğrisi Şekil 4.1'deki gibidir.



Şekil 4.1. Lojistik fonksiyon eğrisi

Lojistik regresyon analizinde normal dağılım ya da süreklilik gibi varsayımlar aranmasa da, analiz sonuçlarının daha etkin olabilmesi için modelde yer alan değişkenlerin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır [117]. Bağımlı değişken üzerinde etkili tüm bağımsız değişkenler modele dahil edilmelidir. Modeli açıklamada etkili değişkenlerin modele dahil edilmemesi modelin yetersizliğine ve hata teriminin büyümesine neden olmaktadır. Ancak bağımlı değişkeni tanımlamada katkısı bulunmayan bağımsız değişkenlerin de model dışında tutulması

gerekmektedir. Nedensel olarak uygun olmayan değişkenlerin modele dahil edilmesi, modeli karmaşık hale getirerek yorumlanmasını olumsuz yönde etkilemektedir [117].

Modele alınan bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı (multicollinearity) olmamalıdır. Lojistik regresyon analizinde de bağımsız değişken sayısı arttıkça doğrusal regresyonda olduğu gibi çoklu bağlantı problemi ortaya çıkmaktadır [112]. Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun artması, parametre tahminlerinin standart hatalarını aşırı derecede yükselttiğinden, model bütünüyle önemli dahi olsa tek tek bağımsız değişkenler istatistiki olarak önemli çıkmayabilir. Bu durum benzer şekilde, değişkenlerin katsayılarının işaretlerinde de farklılaşmaya sebep olabilmektedir. Sonuç olarak bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin yorumlanmasında yanlış hükümlere varılabilmektedir [111].

Çoklu regresyon denkleminin yorumu, bağımsız değişkenlerin kuvvetli bir şekilde ilişkili olmaması varsayımına dayandığından aksi bir durum regresyon modeli yardımıyla yapılacak yönlendirmenin hatalı olmasına neden olmaktadır. Temel kural olarak bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun yaklaşık 0.80'in üzerinde olması çoklu bağlantı sorununa yol açmaktadır. Korelasyon matrisi, tolerans değeri ve varyans büyütme faktörü (Variance Inflation Factors-VIF) ve özdeğerler ile özvektörler değerleri hassasiyetle analiz edilip incelenerek değişkenler arasında çoklu bağlantı varlığı tespit edilebilmektedir.

Çoklu bağlantı sorunu varlığı durumunda, bu sorunun çözümü için önerilen farklı yöntemler bulunmaktadır. Eğer örneklem genişliğine müdahale seçeneği varsa; örneklem artırılması, aşamalı regresyon yöntemiyle bağımlı değişken üzerinde daha az etkili olan değişkenlerin modelden çıkartılması ya da eğer sorun gerçek bir ilişkiden kaynaklanıyorsa; ilişkili olan değişkenlerin birleştirilerek tek değişken olarak modele alınması önerilmektedir. Kısmi bir çözüm olarak çoklu bağlantıya yol açan değişkenin yerine bir oran kullanılması, modeldeki tüm değişkenlerin bağımsız değişkenlerden birine oranlanarak ifade edilmesi de sunulmaktadır. Ya da yanlış tahmin yöntemleri olarak ifade edilen daraltıcı regresyon, özdeğerler regresyonu, ridge regresyonu gibi yöntemler de uygulanabilmektedir [112].

4.1. Öznitelik Seçimi

Lojistik regresyon yönteminde temel hedef, bağımlı değişkenin sonucunu tahmin edebilecek en sade modeli bularak elde edilen lojistik modelin örnek olayı gerçeğe en yakın sonuçlar üretecek şekilde modelleyebilmesidir. Bu amaçla, modele dahil edilecek en anlamlı değişkenlerin belirlenmesi işlemi olarak ifade edilen öznitelik seçimi, makine öğrenmesinde oldukça kritik bir problemdir. Analizde yer alan öznitelik sayısının indirgenmesi, sınıflandırma performansını arttırmak, hesaplama karmaşıklığını azaltmak ve bellek kullanımını en aza indirmek için kaçınılmaz bir süreçtir [40].

Uygulama alanı ve elde edilen indirgenmiş modelin sınıflandırma başarısının değerlendirildiği pek çok öznitelik seçim yöntemi bulunmaktadır. Literatürde, filtreleme (filter), sargı (wrapper) ve gömülü yöntem (embedded) olarak bilinen temel üç yaklaşım mevcuttur. Filtreleme yöntemi, öznitelikler arasındaki ilişkileri istatistiksel yöntemlerle değerlendirmektedir. Sargı yönteminde, öznitelik seçme işlemi ile sınıflama işlemi filtreleme yönteminin aksine tümleşik bir yapıdadır. Gömülü yöntemlerde ise, sargı yöntemindeki gibi öznitelik seçme işlemi ile sınıflama işlemi birlikte yürütülmektedir. Filtreleme yaklaşımında yer alan lojistik regresyon, sınıflandırma ve kümeleme için en çok kullanılan makine öğrenme yöntemlerinden biridir [39].

Lojistik regresyon analizi ile oluşturulacak modelde yer alan değişkenlerin seçiminde ileriye doğru seçim (forward selection), geriye doğru eleme (backward elimination), adımsal seçim (stepwise selection) ve tüm olası alt kümeler seçim (all subset selection) olmak üzere farklı yöntemler kullanılmaktadır [121]. Analizde yer alan değişkenlerin yapısına, örneklem büyüklüğüne göre hangi yöntemin kullanılacağı belirlenmektedir.

İleriye doğru seçim yönteminde, ilk adımda değişkenler olmaksızın sadece sabit terim yer almaktadır. Sonraki adımda değişkenlerin önemini kontrol eden istatistiksel bir karar kuralına göre modele en anlamlı katkıyı sağlayan bağımsız değişken modele alınmaktadır. Her adımda ki kare (χ^2) değerlerine göre analiz tekrar edilmekte ve modele dahil edilecek bağımsız değişkenler seçilmektedir. Analiz, modele eklenecek istatistiksel açıdan anlamlı bir değişken kalmayıncaya kadar devam etmektedir. Bu yöntemde modele dahil edilen bir değişken, sonraki adımlarda model için anlamsız hale gelse dahi modelden çıkarılmamaktadır [37]. Yöntem kullanılırken bu özellik göz

önünde bulundurulmalı ve oluşturulan nihai modelde anlamlılık düzeyi düşük olan değişkenlerin olup olmadığı kontrol edilmedi.

Geriye doğru eleme yönteminde, ilk adımda bağımsız değişkenlerin hepsi modelde yer almaktadır. İleriye doğru seçim yönteminin tersine, sonraki adımlarda, modele en az katkıyı sağlayan değişkenden başlanarak değişkenler modelden çıkartılmaktadır. Bu yöntemde de temel amaç; en az (anlamlı) bağımsız değişken ile bağımlı değişkeni en çok açıklayan modele karar vermektir. Analiz sonucunda modelde hiçbir bağımsız değişken bulunmaması ya da herhangi bir bağımsız değişkenin modelden çıkarılmadan hepsinin modelde yer alması ihtimali de bulunmaktadır [37]. Geriye doğru eleme yöntemi ileriye doğru seçim yöntemine göre daha çok önerilen bir yöntemdir.

Adımsal seçim yönteminde, değişkenlerin tümü modele eklenerek ya da hangi değişkenlerin hangi sırayla modele gireceğine matematiksel bir kritere göre karar verilerek analiz gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemin kullanılması çok sayıda değişkenin hızlı ve etkin bir şekilde incelenmesini ve değişkenlerin regresyon eşitlikleri ile uyumlu olmasını sağlamaktadır. Adımsal yöntem ileri doğru seçim ile geriye doğru eleme yöntemlerinin birleştirilmiş uygulamalarını içermektedir [116].

Tüm olası alt kümeler seçim yönteminde ise parametrelerin olası tüm kombinasyonları değerlendirilerek model belirlenmektedir. Bu nedenle parametre sayısının az olduğu modeller için önerilmektedir.

4.2. Parametrelerin Tahmin Edilmesi

Lojistik modellerde yer alacak değişkenlerin belirlenmesinde olabilirlik oran ölçütü, skor ölçütleri ve modeldeki değişkenlerin katsayılarının anlamlılığını test eden Wald istatistiği (W) değerleri kullanılabilir [37].

Lojistik regresyon analizinde, modelde yer alan parametrelerin katsayılarının tahmin edilmesi amacıyla Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood, ML), Yeniden Ağırlıklandırılmış İteratif En Küçük Kareler (Reweighted Iterative Least Square, RILS) ve Minimum Logit Ki-Kare gibi yöntemler kullanılmaktadır [111].

Bu tez kapsamında lojistik regresyon denkleminde yer alan a sabiti ve b_i regresyon katsayıları nedensel çıkarımda özellikle Bayes ağlarda da sıklıkla kullanılan Maksimum Olabilirlik Yöntemi kullanılarak tahmin edilmektedir [38]. Yöntemin temel

amacı; çok sayıdaki bağımsız değişken içerisinde veri setini temsil etme olasılığını maksimize eden en iyi öznitelikleri seçmektir.

Çok değişkenli ve n gözlem sayısına sahip çok değişkenli bir veri seti için, *likelihood* (L) fonksiyonu Denklem (4.7)'de tanımlanmaktadır [118]:

$$\begin{aligned} L &= P_1 * P_2 * \dots * P_n (1 - P_1) \dots (1 - P_n) \\ &= \prod_{i=1, y=1}^n P_i * \prod_{i=1, y=0}^n (1 - P_i) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Burada P_i , i 'ninci gözlem ile ilişkili olasılığı ifade etmektedir. Likelihood fonksiyonunda çarpan olarak, bağımlı değişkenin durumuna göre, pozitif (veya 1) olduğunda P_i , negatif (veya 0) olduğunda ise $(1 - P_i)$ alınmaktadır.

Denklem (4.6)'daki lojistik regresyon denklemi yer alan ifadede 0 veya 1 değerlerini alan Y sonuç değişkenlerine göre, bir bağımsız değişken için olasılığın tahmin edilmesindeki en iyi yaklaşım Y_i değerlerinin ortalamasının alınması ile elde edilir. Y_i değerlerinin ortalamasını gösteren Y_m :

$$E[Y_i] = Y_m = P_i \quad (4.8)$$

Buna göre lojistik regresyon denklemi aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir:

$$P_i = Y_m = \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right) / n = \frac{e^{a+b*X_i}}{1 + e^{a+b*X_i}} = \frac{1}{1 + e^{-(a+b*X)}} \quad (4.9)$$

Elde edilen Likelihood denklemi aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$L = \prod_{i=1}^n \left(\frac{e^{a+b*X'_i} \sum_{i=1}^n Y_i}{1 + e^{a+b*X'_i}} \right) * \left(1 - \frac{e^{a+b*X'_i} \sum_{i=1}^n Y_i}{1 + e^{a+b*X'_i}} \right) \quad (4.10)$$

Denklemin her iki tarafının da doğal logaritması alındığında:

$$\log L = \sum_{i=1}^n \left[Y_i * \log \left(\frac{e^{a+b*X_i}}{1 + e^{a+b*X_i}} \right) + (1 - Y_i) * \log \left(1 - \frac{e^{a+b*X_i}}{1 + e^{a+b*X_i}} \right) \right] \quad (4.11)$$

b_i 'nin ML'sini tahmin etmek için $\log L$ 'nin türevi 0'a eşitlenir.

$$U = d(\log L)/dX_i = 0 \quad (4.12)$$

$d(\log L) / dX_i$, her bir değişken (X_i) için elde edilen $\log L$ 'nin kısmi türevidir. Analizde yer alan her bir bağımsız değişken için hesaplanan bu fonksiyona; skor fonksiyonu adı verilmektedir [118].

Lojistik regresyon denklemi sonucunda elde edilen, incelenen olayın gözlenme olasılığı bilgisidir. Lojistik regresyon analizinde modelin uygunluğu “model ki-kare” testi ile, her bağımsız değişken için anlamlılık testi ise Wald istatistiği ile test edilmektedir. Lojistik regresyon analizi sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan temel terimler [117, 122, 123]:

Odds: Bir olayın görülme olasılığının, görülme olasılığına oranı başka bir ifadeyle incelenen bir olayın olasılığının kendi dışında kalan diğer olayların gerçekleşme olasılığına oranıdır.

Odds ratio (OR): İncelenen iki farklı olayın Odds değerlerinin birbirine oranının temsilde kullanılmaktadır. İki değişken arasındaki ilişkiyi özetleyen oran olarak kullanılan Odds oranı, lojistik regresyon yapısından kaynaklı olarak, $\text{Exp}(\beta)$ biçiminde ifade edilmektedir. Elde edilen bir $\text{Exp}(\beta_x)$ değeri, bağımlı sonuç değişkeninin, x . bağımsız değişkeninin etkisi ile kaç kat ya da % kaç oranında fazla gözlenme olasılığına sahip olduğunu belirtmektedir.

Logit: Analiz sonucunda bulunan Odds ratio'nun doğal logaritmasının alınması sonucu elde edilmektedir. Odds ratio asimetric olduğundan doğal logaritması alınıp simetrik hale getirilmektedir. Logaritmik dağılımın kullanılmasının amacı, dağılımı normalleştirebilmektir. Logit, doğrusal regresyon analizindeki β katsayısının karşılığı olarak kullanılmaktadır [124]. Ancak yorumlanmasında farklılıklar bulunmaktadır.

5. İZ (PATH) ANALİZİ

Karar verme sürecine katkı sağlayan; biyoloji, psikoloji, sosyoloji, istatistik, ekonometri, epidemiyoloji, genetik bilimler gibi çok çeşitli karmaşık modelleme alanlarına uygulanan iz analiz ve diyagramları veri üretme süreci hakkındaki varsayımları kodlamak için kullanılan grafiksel modellerdir [48, 125–127]. Etkisi belirlenen değişken dışındaki bağımsız değişkenler sabit olduğunda, bağımlı değişkende gözlenen standart sapmanın bağımsız değişkenden kaynaklanan kısmı olarak tanımlanan iz katsayısı, belirtildiği gibi birçok bilim alanında değişkenler arasındaki etkileşimleri tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır [85].

İz analizi ilk kez 1920 yılında, Amerikalı Genetikçi Dr. Sewall Green Wright (1889-1988) tarafından genetik alanında oluşturulan modellerin etkilerini incelemek amacıyla geliştirilmiştir [128]. İz analizi ile deneklerdeki farklı renk örneklerinin kalıtımla doğrudan ve dolaylı ilişkilerinin nedensel olarak açıklanmasının amaçlandığı çalışmanın sonucunda, deneklerin renk örneklerinin mevcut taslaklar halinde kullanıldığı bir iz diyagramı elde edilmiştir [129].

İz analizi ya da herhangi bir istatistiksel araç, nedensel içeriğe uygulanmak istendiğinde ortaya nedensel bir model çıkmaktadır [130]. Nedensel modellerde değişkenler arasında bulunan nedensel ilişki, olayların ve olguların birbirlerine bağlı olması veya her olgunun bir nedene bağlı olarak açıklanabilmesi durumudur [131]. Neden-sonuç ilişkisi iki değişken arasında kurulmakta ve bu ikili ilişkilerin birbirine etki yolları ile bağlanması sonucu da nedensel model oluşturulmaktadır [86].

İstatistikte, bir dizi değişken arasındaki yönlendirilmiş bağımlılıkları tanımlamak için kullanılan bu yöntem ile oluşturulmuş model, çoklu regresyon analizi, faktör analizi, diskriminant analizi gibi modellerin eşdeğerlerini içermektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki tek yönlü neden-sonuç ilişkisinin ele alındığı iz analizinde, ölçümlerin kantitatif yapıda ve hatasız bir şekilde elde edilmiş olduğu gibi bazı istatistiksel varsayımların karşılanması gerekmektedir [132].

Normal ilişki analizinde bağımlı değişkenlerin hata varyansları içinde hem modelin açıklayamadığı varyans hem de ölçme hatasından kaynaklı varyans yer almaktadır. Ancak, iz analizinde bağımsız değişkenler ölçme hatası olmadan yer almaktadır ki bu da yöntemin en önemli avantajlarından biridir [133].

Bir sistemdeki farklı her bir yol boyunca doğrudan ve dolaylı etkiyi ölçmeyi ve böylece varyasyonun belirli her bir neden tarafından hangi derecede belirlendiğini bulmayı amaçlayan iz analizi yönteminde, çoğu zaman nedensel ilişkilerin belirsiz olabildiği ve yöntemin nedensel ilişkilerin bağıntı katsayılarından basitçe sonuç çıkarmayı amaçlamadığı da ifade edilmektedir [134, 135]. Pearl (2000)'e göre, nedensel çıkarım tekniklerinin atası olarak kabul edilen iz analizinde amaç; nedensellik yapısı oluşturmaktan ziyade, verilerin kurulmuş olan model ile tutarlı olup olmadığını belirlemektir [101].

Karmaşık modellerin incelenmesi ve farklı modellerin karşılaştırılması için son derece etkin olan iz analiz yönteminde, modeller bağıntılara dayanmasına rağmen nedensel etkilerin yönünü gösteremez, yapılandıramaz ancak analiz edilen veri kümesindeki değişkenler arasındaki bağıntıların, modelde belirtilen nedensel hipotezleri yansıtıp yansıtmadığını değerlendirmekte kullanılan istatistiksel bir araçtır [134, 136, 137]. İz analizi ile değişkenler arasında neden sonuç ilişkisine dayalı modeller kurularak, kurulan model, gözlenen korelasyonlara uygun açıklama getirmek ve bir eksojen değişkenin modelde yer alan diğer bir değişken ile arasındaki korelasyonu ve nedensel etkisini ne ölçüde yansıttığını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Nasıl ki regresyon analizi, nedensellik analizi değilse, iz analizi de regresyon analizi değildir. Teoriyle desteklenmeden oluşturulan iz analizinden elde edilen sonuçları yorumlarken asla nedensellikten, neden-sonuç ilişkisinden bahsedilmemeli, sadece etki kavramı kullanılmalıdır [138].

Nedenselliğe odaklanan bir çoklu regresyon formu olarak düşünülmesine ek olarak, iz analizi, nedensel modeldeki değişkenlerin her biri için sadece tek göstergenin kullanıldığı özel bir yapısal eşitlik modeli (YEM (Structural Equation Modeling – SEM)) örneği olarak da görülmektedir. Bu nedenle iz analizinin, ölçüm modeli olmayan bir tür yapısal eşitlik modeli olduğu kabul edilmektedir. Bollen (1989), yapısal eşitlik modellemesinin tarihsel seyrinde iz analizi, yapısal model ve ölçüm modellerinin kavramsal sentezi ile genel tahmin süreçleri olarak başlıca üç bileşenin bulunduğunu ifade etmektedir [139]. Nedensel modellerin tarihsel gelişimi ise sırasıyla regresyon analizi, iz analizi, doğrulayıcı faktör analizi (Confirmatory Factor Analysis, DFA) ve son olarak da yapısal eşitlik modellemesi şeklinde gerçekleşmiştir [128, 133, 140].

Yapısal eşitlik modellemesinde nedensel ilişkiler hakkında varsayılan modelleri göstermek için iz diyagramları kullanılmaktadır. YEM yapılar arasındaki potansiyel içsel ilişkiler hakkındaki hipotetik iddiaların olası testleri ve ölçümlerinin geliştirilmesi için kullanılabilmekte ve kuramsal yapıların formüle edilmesiyle ilgili karşılaşılan problemlerin çözümünde yararlı çözümler sağlayabilmektedir [139]. Özellikle değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde, kuramsal modellerin geliştirilmesi ve sınanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. YEM, basit doğrusal regresyon analizine benzetmekle birlikte, kuramsal yapılar arasındaki etkileşimleri, yapılara ölçme hatalarını ve hatalar arasındaki ilişkileri dahil ederek modelleyen çok değişkenli istatistiksel bir yaklaşımdır [141]. Ancak YEM yaklaşımında, ayrık değişken yapısı korunarak, sürekli ve ayrık karma değişkenlerin nedensel modelde birlikte bulunmasına imkan verilmemektedir [142]. Analizler, doğrusallık varsayımı ile gerçekleştirilmektedir.

5.1. İz Diyagramı

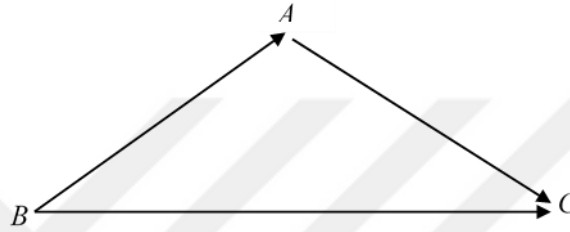
İz analizinin en zor ve en önemli kısmı, iz diyagramının oluşturulmasıdır. Diyagram oluşturulurken, model ve modelde yer alan değişkenler hakkında kuramsal ve istatistiksel bilgiye sahip olmak gerekmektedir.

İz diyagramının oluşturulması sayısal analizler için gerekli olmamasına rağmen, değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkilerin ortaya konulması açısından oldukça kullanışlıdır [85]. Çünkü iz analizinin özelliği, değişkenler arası ilişkileri, amaca uygun şemalar ile kalitatif olarak ortaya koyabilmesidir. Bu özellik, amaçlanan ilişkiler sistemini tanımada kolaylık sağladığı gibi, sonuçların yorumlanmasındaki mantıksal akışı da gözle görülür hale getirmektedir [143].

Birbiriyle neden-sonuç ilişkisi olduğu düşünülen değişkenler arasındaki ilişkiler, ilişkinin yönünü gösteren tek yönlü okların kullanıldığı iz diyagramları ile gösterilebilmektedir. Çizgelerde de ifade edildiği üzere iz (yol,path), belirtilen iki düğüm arasında doğrudan ya da dolaylı olarak bir bağlantı olmasıdır [144, 145]. Çift yönlü ok bulunan eğriler ise diğer değişkenlere bağımlı olmayan değişkenler arasındaki korelasyonu temsil etmektedir. Diyagramda yer alan oklar, her bağımsız değişkenden kendisine bağımlı olan değişkene doğru çizilerek okların üzerinde iz katsayılarının sembolik veya sayısal değerleri yer almaktadır [132]. İz diyagramında yer alan okların yönü nedenselliğe işaret etmektedir. Modele ait ilişkileri gösteren iz diyagramı

oluşturulduktan sonra, modelde yer alan değişkenler arasındaki ilişkilerin analiz edilerek, etki değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerinde etkilerinin büyüklükleri standartlaştırılmış iz kat sayıları ile hesaplanmaktadır [146].

İz analizi yapılırken öncelikle birbirleriyle neden-sonuç ilişkisi olduğu varsayılan değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren iz diyagramları oluşturulmalıdır. Şekil 5.1’de endojen ve eksojen değişkenlerin yer aldığı örnek bir diyagram yer almaktadır.



Şekil 5.1. Üç değişkenli iz diyagramı

Diyagrama göre değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkiler iz katsayıları ile analiz edilerek analiz sonuçları yorumlanmaktadır [147]. Bu katsayıların matematiksel olarak belirlenebilmesi, değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisi sistemini bir matematiksel model ile belirlemeyi gerekli kılmaktadır. Model oluşturulurken konuyla alakalı literatürden faydalanılarak ya da uzman görüşü alınarak nedensellik ilişkisine ait iz diyagramı oluşturulabilmektedir [132]. Aynı korelasyona sahip olan değişkenler arasında, farklı iz şemaları çizilebilmekte ve bunlar arasındaki doğrusal ilişkiler farklı şekillerde yorumlanabilmektedir [147]. Yani iz katsayıları ve iz analizi tekniği, aynı değişkenler için farklı neden-sonuç diyagramlarını kurup, bunları farklı şekillerde yorumlama imkanı sağlamaktadır.

5.2. Değişkenler Arasında Görülen Etkileşimler

Karmaşık modellerin analiz edilmesine olanak sağlayan iz analizi; birbirini etkileyen endojen ve eksojen değişkenler zincirinin olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bağımlı değişken, onu doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen birçok özelliğin fonksiyonel bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde, daha çok korelasyon katsayıları kullanılmakta olup, birbirinden bağımsız karakterler arasındaki ilişkileri ortaya koymaktadır. Ancak,

pek çok değerlendirmede korelasyon katsayısı yeterli olmamaktadır [148]. İki değişken arasında hesaplanan korelasyon katsayısının içerisinde, değişkenlerin tek başına etkisi ve diğer değişkenler ile olan birlikte etkileri (dolaylı etkiler) bulunduğundan, araştırmacı değişkenlerin ayrı ayrı ve birlikte etkilerini bulmak istediğinde, iz analizi tekniğini kullanmaktadır [149, 150]. Bu amaçla iz analizinde, bir değişkenin başka bir değişken üzerindeki toplam etkisi, kısımlara ayrılarak değerlendirilip, değişkenlerin doğrudan veya dolaylı etkilerinin iz katsayıları ile belirlenmesi ve söz konusu katsayıların önemliliği ve büyüklüğü tahmin edilmektedir [151, 152].

Eksojen değişkenlerin endojen değişken/değişkenler üzerindeki etkilerini doğrudan, dolaylı ve bunların toplamından ibaret olan toplam etki şeklinde tarif edebilen ve nihayetinde bu etkileri iz diyagramında görselleştirip karmaşık etki sistemlerinin sunumunun kolaylaşmasına imkân sağlayan analizde elde edilen doğrudan etki; bir değişkenin başka bir değişken üzerine yapmış olduğu doğrudan etkiyi göstermektedir [153]. Bir değişkenin dolaylı etkisi ise; iki değişken arasında neden-sonuç ilişkisini etkileyebilecek nedenlerden birisi üçüncü bir değişkenin bu ilişkide aracı değişken rolü oynaması sonucunda oluşmaktadır. En az bir aracı değişken tarafından oluşturulabilen dolaylı etki, dikkatli bir biçimde ele alınmazsa, ilgilenilen iki değişken arasındaki ilişki tam olarak açıklanamayabilir [151]. Bir modeldeki aracı değişkenin belirlenmesi için, söz konusu değişkenin istatistiksel olarak analiz edilmesi ve dolaylı etkisi istatistiksel olarak doğrulandıktan sonra modele aracı değişken olarak eklenmesi gerekmektedir. Toplam etki ise, iki değişken arasındaki doğrudan ve dolaylı etkilerin toplamıdır. Buna göre Şekil 5.1'de, B'nin C üzerinde doğrudan etkisi ve A üzerinden meydana gelen dolaylı etkisi olduğu görülmektedir. Diyagramda yer alan ve dolaylı etkiye neden olan A değişkeni ise aracı değişken olarak ifade edilmektedir [154].

5.3. İz Katsayılarının Belirlenmesi

Herhangi bir neden değişkeni ile sonuç değişkeni arasındaki iz katsayısı, ele alınan neden değişkeni gözlenen sınırlar dâhilinde değiştiiğinde ve diğer bütün neden değişkenleri sabit tutulduğunda, sonuç değişkeninin standart sapma cinsinden göstereceği değişimin, neden değişkenlerinin hepsi etkiliyken göstermiş olduğu standart sapma cinsinden değişimine oranı, söz konusu neden değişkenine ait iz katsayısı olarak isimlendirilmektedir [132].

Çelik ve Yılmaz (2016)'a göre ise iz analizi içinde yer alan iz katsayıları; bir değişkeni yordayan diğer değişkenler sabit tutulduktan sonra hesaplanan regresyon katsayıları olarak yorumlanmaktadır. İki değişken arasındaki korelasyon katsayısı, bu iki değişkenin birlikte değişim derecesini göstermektedir. İki değişken arasında hesaplanan korelasyon katsayısı yüksek ise bu iki değişkenin birbirine bağlı olduğu ve birlikte değiştiğini ifade etmektedir [150]. Bu değişkenlerden biri neden, diğeri sonuç olabileceği gibi, ikisi de başka bir nedenin veya nedenlerin sonuçları olabilmektedir. Ancak, iki değişken arasında hesaplanan korelasyon katsayısı başka bir değişken ya da değişkenler tarafından etkileniyorsa, yani iki değişken arasındaki neden-sonuç ilişkisi üçüncü bir değişkenin etkisine bağlı ise korelasyon katsayısı bu ilişkiyi açıklamada yeterli değildir. Ayrıca, sistemde söz konusu değişkenler ile ilişkili olduğu düşünülen başka değişkenlerin de etkisi olabilir. Değişkenler arasında hesaplanan korelasyon katsayısında diğer değişkenler ile olan ilişkiden kaynaklanan kısımların bulunması için kullanılan iz modelleri, bağımlı bir değişken ile iki ya da daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkileri inceleyerek nedensel modelleri değerlendirmek için regresyon analizini ve korelasyon katsayılarını kullanan istatistiksel çoklu regresyon analizinin bir şeklidir [155]. Ancak çoklu regresyon analizinde, bir bağımlı değişken tüm bağımsız değişkenler üzerinden analiz edilirken, iz analizinde bağımlı değişken her bir bağımsız değişken üzerinden analiz edilmektedir [151].

İz katsayısı, regresyon katsayısının aksine değişkenlerin ölçüm birimlerinden bağımsızdır. Bu bağımsızlık, iz katsayısını yorumlama ve karşılaştırmada regresyon katsayısına göre avantaj sağlamaktadır [153]. Bu nedenle de iz analizi bilinen regresyon analizinden daha üstündür.

Korelasyon katsayıları daha çok birbirinden bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koymaktadır. Bu nedenle, bağımlı değişkeni yordayan değişkenlerin, bağımlı değişkene olan doğrudan ve dolaylı etkilerinin iyi bilinmesi gereklidir [144]. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişirken, iz katsayıları bu sınırların dışına çıkabilmektedir. Negatif etkisi olan iz katsayıları ile pozitif etkisi olan katsayılar birbirini dengeleyerek korelasyon katsayılarını bu sınırlar içerisinde tutmaktadır [138].

İz analizi teoriyle desteklendiğinde gözlemlenen ilişkilerin altında yatan neden-sonuç ilişkilerini incelemeye imkân sağlayarak, etkilerin alternatif yollarının nispi önem derecelerini tahmin etmeye izin vermektedir [137]. Buna göre iz katsayısı, herhangi bir

değişkenin, kendisine etkisi olan diğer değişkenlerden her birine bağlı olarak değişme miktarını göstermektedir [147].

İz katsayısı kısaca;

$$P_{YX} = \frac{\sigma_{YX}}{\sigma_Y} \quad (5.1)$$

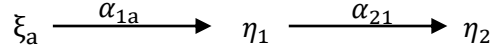
olarak gösterilmektedir. Denklemden yer alan P_{YX} ifadesi X neden değişkeni ile Y sonuç değişkeni arasındaki iz katsayısını, σ_{YX} ifadesi Y değişkeninde yalnızca X neden değişkenine bağlı olarak meydana gelen değişimi ve σ_Y ifadesi de Y değişkeninde tüm neden değişkenleri etkili iken gözlenen değişim miktarını ifade etmektedir.

İz analizi genellikle değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayımı ile doğrusal regresyon denklemleri kullanılarak, sürekli değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlendiği bir yöntemdir [156]. Aynı şekilde nedensel sistemlerin analizinde de temel varsayım, analizin sürekli değişkenler ile yapılmasıdır [157].

Doğrusal olmayan ilişkilerin hem analiz edilmesinin hem de yorumlanmasının zor olması nedeniyle genel yaklaşımda bütün ilişki sistemlerinin doğrusal olduğu kabul edilmektedir. İlişkilerin doğrusal olmadığı bir sistemde ise, ilişkileri doğrusal hale getirerek yaklaşık değerler ile yapılacak bir analizin, doğrusal olmayan bir ilişki sisteminde doğrudan yapılacak bir analizden daha sade ve yapılan yorumların daha anlamlı olduğu ifade edilmektedir [158]. Bu karmaşık yapıyı kullanmak yerine, doğrusal regresyon ile analizlerin gerçekleştirilmesinin pratikte çok fazla fark oluşturmayacağını, özellikle nedensel (yol) analizlerde uygulanabilirlikleri açısından kolaylık sağlayacağını belirten çalışmalar da mevcuttur [159]. Ancak ayırık değişkenlerin yer aldığı sistemlerde doğrusallık varsayımına göre yapılan analizlerin yorumlanması kolay olsa da veri türünün ihmalinden kaynaklı olarak, analizlerde sapma olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle ilişkilerin doğrusal olmadığı durumlarda, belirli dönüşümler uygulanmaktadır [160].

Modelde yer alan ilişkilerin belirlenmesi ve bu etkilerin ayrıştırılması ayırık değişkenlerin yer aldığı, lojistik regresyon gibi doğrusal olmayan modellerde de, ilişkilerin doğrusal olmadığı durumlarda, yapılacak analizlerin oldukça karmaşık olması ve yorumlamaların zorlaşması nedeniyle transformasyonla ilişki doğrusal hale getirilmeye çalışılmaktadır [152, 161].

Aralarında neden-sonuç ilişkisi bulunan temel bir iz diyagramı Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Neden zincirini gösteren iz diyagramı

İz diyagramının doğrusal modellerde uygulanması durumunda analizlerde kullanılan yapısal denklemler [161]:

$$\begin{aligned}\eta_1 &= \alpha_1 + \alpha_{1a}\xi_a \\ \eta_2 &= \alpha_2 + \alpha_{21}\eta_1\end{aligned}\tag{5.2}$$

Denklemlerde yer alan α değerleri, neden-sonuç ilişkisi bulunan iki değişken arasındaki doğrusal regresyon katsayısını temsil etmektedir. Birbirine doğrudan bağlı değişkenler üzerindeki etkiler bu katsayı ile belirlenebilirken, neden zincirinde bulunan η_2 ’de olduğu gibi dolaylı bir etki olması durumunda, aracı değişkenin etkisi de dahil edilmektedir. Buna göre elde edilen model denklemleri ise şu şekildedir:

$$\begin{aligned}y_1 &= \alpha_1 + \alpha_{1a}\xi_a + \epsilon_1 \\ y_2 &= \alpha_2 + \alpha_{21}(y_1 - \epsilon_1) + \epsilon_2\end{aligned}\tag{5.3}$$

Denklemlerde yer alan ϵ değeri, sıfır ortalamalı ve σ^2 varyanslı normal bir dağılım gösteren ve diğer bağımsız değişkenlerden bağımsız olduğu varsayılan bağımlı değişkene ait hata değişkenini temsil etmektedir [132, 161]. Bağımsız değişkenlerinin ise hatasız ölçüldüğü kabul edilerek bağımsız değişkenlere ait hata terimleri analizlerde dikkate alınmamaktadır [161]. Aynı ilişkinin doğrusal olmayan modellerde analizinde ise dönüşüm işlemi gerçekleştirilmektedir. Buna göre şekilde gösterilen, α_{1a} ifadesi yerine η_{1a} ve α_{21} ifadesi yerine de η_{21} ifadeleri kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan analizler için dönüşüm sonrası kullanılan yapısal denklemleri şu şekildedir:

$$\begin{aligned}\eta_1 &= \gamma_1 + \gamma_{1a} e^{\lambda_{1a}\xi_a} \\ \eta_2 &= \gamma_2 + \gamma_{21} e^{\lambda_{21}\eta_1}\end{aligned}\tag{5.4}$$

Buna göre elde edilen model denklemleri ise:

$$\begin{aligned} y_1 &= \gamma_1 + \gamma_{1a} e^{\lambda_{1a}\xi_a} + \epsilon_1 \\ y_2 &= \gamma_2 + \gamma_{21} e^{\{\lambda_{21}(\gamma_1 + \gamma_{1a} e^{\lambda_{1a}x_a})\}} + \epsilon_2 \end{aligned} \quad (5.5)$$

Dönüşüm sonucunda doğrusal olmayan modeller için katsayılar elde edilerek, iz diyagramında ifade edilmesi sağlanmaktadır.



6. UYGULAMA

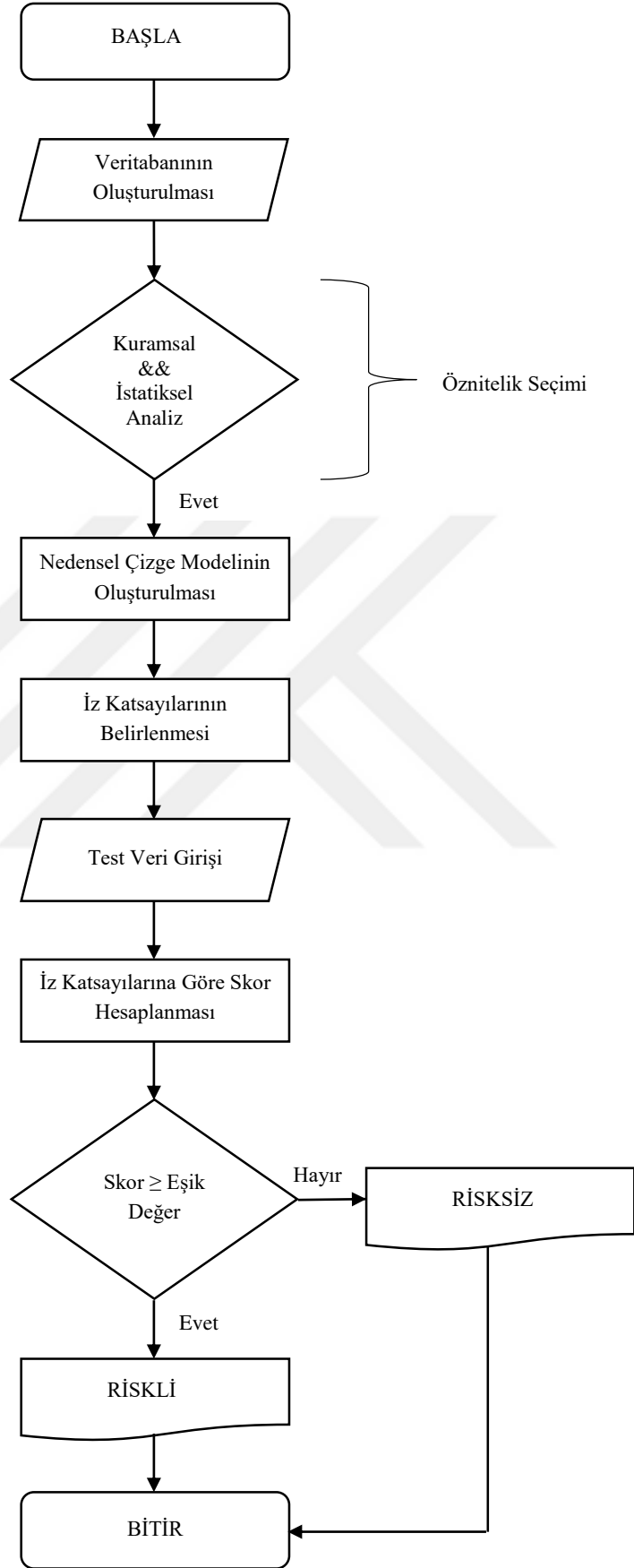
Bu çalışmada yetkili kurum ve kuruluşların mevcut yapıların risk durumu hakkında vermiş oldukları kararları, parametrelere göre irdeleyerek, ilerleyen süreçte kentsel dönüşüm kapsamında değerlendirilecek yığma yapıların risk durumunu tahmin edebilmek için bir ön değerlendirme modeli oluşturulmuştur. Veri madenciliği yöntemleri kullanılarak değerlendirilen parametreler ile oluşturulan nedensel çizge modeli yazılım ile desteklenmiştir.

Nedensel çizgelerin kullanılmasındaki ana zorluklardan biri, modelin oluşturulmasıdır. Model oluşturulurken kuramsal ve istatistiksel bilgiden yararlanılmaktadır. Çalışmada değerlendirilen parametrelerin tamamı, risk tespitinde etkisi bilimsel olarak kabul edilen, yasa ve yönetmelikler ile belirlenmiş değişkenlerdir. Model kuramsal altyapısı bu şekilde kurulmuştur. Risk tespiti ön değerlendirme modelini doğru bir şekilde temsil etmek için yeterli veri seti oluşturulduğu varsayılmaktadır. Verilerden, istatistiksel yaklaşım kullanılarak, aralarında nedensellik ilişkisi olan her değişken çifti için analizler yapılarak nedensel çizge modeli oluşturulmaktadır.

Kentsel dönüşüm verilerinin nedensel çizgeler ile neden ilişkileri ve ağırlıklarının elde edilmesinin amaçlandığı çalışmada öncelikle, nedensel çizgelerin ilk kısmı olan; bağımsız parametrelerin sonuca doğrudan etkisi lojistik regresyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan her bir bağımsız değişken için sonuç üzerinde oluşturduğu etki olan önem ağırlıklarına göre belirlenen parametreler modele dahil edilmiştir. Oluşturulan modele doğrudan etkilerin yanı sıra dolaylı etkiler de dahil edilmiştir. Çalışmadaki temel hedef, bağımsız değişkenlerin birbiri üzerine ve birlikteliklerinin sonuca etkisinin irdelenmesidir. İz (path) analizi yöntemi ile bağımsız değişkenlerin doğrudan ve dolaylı etkileri değerlendirilmektedir.

Çalışmada nedensel veri madenciliği ile sistemde kullanılan parametre değerlerinden anlamlı veriler üretilerek, karara etkisinin irdelenmesi ve elde edilen ağırlıklara göre riskli yapıların tespit edilmesine ilişkin hızlı gözlem teknikleri (Rapid Visual Screening) temasına uygun bir ön değerlendirme modeli tasarlanmış ve uzman sistem yazılımı oluşturulmuştur.

Problemin çözümünde izlenecek adımları gösteren akış diyagramı Şekil 6.1'dedir.



Şekil 6.1. Akış diyagramı

6.1. Veritabanı ve Ölçütler

Kentsel dönüşüm kapsamında yapıların risk tespit karar sürecinde etkili olan farklı birimler bulunmaktadır. Bir bina ya da bölgenin kentsel dönüşüm kararının verilebilmesi için, 6306 Sayılı Kanun kapsamında riskli yapıların tespiti için yetki verilen kurum ve kuruluşlarca inceleme ve analizlerin yapılarak, nihai sonucun ilgili belediyeye bildirilmesi gerekmektedir [52]. Belediye tarafından, yapı denetim firmalarınca hazırlanıp kendilerine bildirilen yapının riskli yapı olduğuna dair bilgi, ruhsata işlenmekte ve gerekli süreç yürütülmektedir. Tüm analiz ve inceleme raporları ise detaylı bir şekilde bağlı bulunulan ilin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne iletilmektedir.

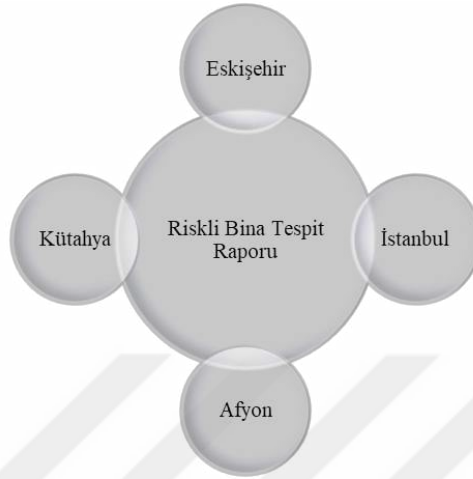
Çalışmada analiz edilen veriler, gerekli izinler alınarak legal koşullar çerçevesinde, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kütahya, Afyon ve Eskişehir İl Müdürlükleri ve İstanbul-Zeytinburnu Belediyesi'nden temin edilmiştir.

Kentsel dönüşüm kapsamında risk tespitinde gerekli analizler, yapılar üzerinde hasarlı, maliyetli, zaman alıcı ve tecrübeli elemana ihtiyaç duyulan işlemlerdir. Bu nedenle istatistikte tamsayım olarak ifade edilen “Tam Değerlendirme” yöntemi ile değerlendirilecek bölgedeki tüm yapıların analizi uygun ve hatta mümkün değildir. Bu durumda istatistiksel incelemelerde tamsayım yerine örnekleme önerilmektedir. Örneklem, N çaplı yığından alınan n çaplı bir alt küme olarak ifade edilmektedir. Örneklemenin analizi sonucunda elde edilen örüntü ve istatistiksel sonuçlardan yığının bütünü hakkında, daha az emek ve maliyetle ve daha kısa zamanda bilgi sahibi olunmaktadır.

Bu amaçla, bireysel başvurular neticesinde 2014-2017 yılları arasında Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RBTE 2013) Yönetmeliğine göre risk tespiti yapılmış, 3 farklı coğrafi bölgede yer alan 4 şehirden, basit tesadüfi örnekleme esasına uygun olarak seçilmiş 183 adet yığma binalar için *Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslara Göre Riskli Bina Tespit Raporu İnceleme Formları* analiz edilmiştir.

“Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslara Göre Riskli Bina Tespit Raporu İnceleme Formu” yığma binalar, betonarme binalar ve ahşap, kerpiç ve taşıyıcı özelliği olmayan malzeme ile yapılmış olan yapılar olmak üzere üç farklı yapı türü için

oluşturulmaktadır. Değerlendirme aşamasında, bu üç farklı yapı türü için kullanılan parametreler değişiklik göstermektedir. Çalışmada, yığma binalar için 4 farklı şehre ait raporlara göre değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 6.2. Riskli bina tespit raporları incelenen şehirler

Çalışmada değerlendirilen şehirler belirlenirken; risk tespiti yapılmış yığma yapıların farklı coğrafi bölgelerde ve yüksek riskli deprem bölgelerinde yer almalarına dikkat edilmiştir.

Türkiye ve çevresi tektonik haritalarına bağlı olarak 1.,2.,3.,4. ve 5. derece olmak üzere 5 deprem bölgesine ayrılmıştır [50]. Türkiye bulunduğu konum itibarıyla arazilerinin % 42'si birinci dereceden, % 24'ü ikinci dereceden ve % 18'i ise üçüncü dereceden deprem bölgesi içerisinde yer alan, sismik hareketliliği fazla olan bir ülkedir [51]. Deprem riski en yüksek olan bölgeler 1. derece olarak ifade edilirken, 5.derecede yer alan bir bölge sarsıntıların çok az olduğu ya da hiç hissedilmediği alanlardır.

Deprem riski en yüksek olan coğrafi bölgeler 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde yer almaktadır. Çalışmada değerlendirilen Eskişehir, İstanbul Zeytinburnu ilçesi, Afyon ve Kütahya illeri 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde yer almaktadır.

Eskişehir ili, Eskişehir Ovası olarak tanımlanan bölgede yer alan, yapılaşmanın yeni alüvyon birikimi üzerinde yoğunlaşması ve yeraltı suyu seviyesinin 5 ve 10 metre derinliklerinde olması nedeniyle doğal afet kaynaklı risklere oldukça açık bir bölgedir [162]. Kent yerleşim alanının Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattına olan yakınlığı sebebiyle Eskişehir Fay Zonu olarak adlandırılmaktadır [162]. Karmaşık bir jeolojik

yapıya sahip olan Eskişehir ilinde özellikle yapılaşmanın en yoğun olduğu alanların başında gelen Köprübaşı mevki ve çevresini de içine alan 3 farklı kentsel dönüşüm projesi çalışması yürütülmektedir.

Yapılan araştırmalar neticesinde İstanbul ili Zeytinburnu Belediyesi tarafından Sümer, Telsiz ve Beşelsiz bölgelerinde yürütülen başarılı kentsel dönüşüm projelerine ulaşılmıştır. Kentsel dönüşüm oluşumunun en başından beri projelerde yer alan Zeytinburnu ilçesi, deprem açısından birinci dereceden risk taşıyan bir alanda yer almaktadır. Özellikle bölgenin hiçbir planlama çalışması yapılmadan yerleşmeye açılmış olması olası bir depremde hasar riskinin büyüklüğünü arttırmaktadır [51]. Analizlerde yer alan Zeytinburnu ilçesi, İstanbul iline bağlı bir ilçe olup, 13 mahalleden oluşmaktadır. Yüzölçümü 11,16 km² olan ilçe, küçük bir alanda yer almasına rağmen yoğun bir nüfusa sahiptir (25.811 kişi/km²) [51].

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer alan Afyon ilinde, bölge sismik geçmişi de göz önünde bulundurularak proaktif kentsel dönüşüm projeleri yürütülmektedir. Bölgede 1 Ekim 1995 tarihinde meydana gelen, can ve mal kaybına yol açan 6.1 şiddetindeki deprem ile kent merkezi ve yakın çevresinde 2000 yılı sonrasında tespit edilen, büyüklükleri 2 ile 4 arasında değişen yaklaşık 2000 adet deprem, bölgenin sismik açıdan oldukça aktif bir yapıda olduğunu göstermektedir [163].

Batı Anadolu bölgesinin en önemli deprem yörelerinden birisi olan Kütahya, sismolojik bakımdan Akdeniz Deprem Kuşağı'nda yer almakta ve 1-2. derece deprem bölgelerine dahil olan araziler içermektedir [164]. Sismik bakımdan aktif bir sahada bulunan ve bu nedenle de dönüşümde daha aktif bir yapının benimsendiği Kütahya'da, yapılan kentsel dönüşüm 500 Hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Buna göre başlangıçta 13 bölge için dönüşüm başlatılmıştır. Aşamalı bir şekilde 21 bölgenin dönüşüme dahil edilmesi planlanmaktadır.

6.2. Yığma Binaların Risk Tespitinde Kullanılan Parametreler

Çalışmada değerlendirilen parametrelerin tamamı 6306 sayılı Kanun kapsamında *Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar*'a göre riskli yığma yapıların tespitinde kullanılan parametreler olup, "Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin

Esaslara Göre Riskli Bina Tespit Raporu İnceleme Form”larında bulunan yığma yapıların risk tespitinde kullanılan parametreler Tablo 6.1’de yer almaktadır.

Tablo 6.1. Yığma binaların risk tespitinde kullanılan parametreler

	No	Parametre Adı	
Genel Bilgiler	1	Kayıt No	
	2	Yapı Kimlik Numarası	
	3	Toplam Konut Birim Adedi	
	4	Toplam işyeri Birim Adedi	
	5	Toplam Birim Adedi	
	6	Binanın Yapım Yılı	
	7	Parsel No	
	8	Ada No	
	9	Pafta No	
	10	Ulusal Adres Veri Tabanı Bina Kodu	
Mevcut Taşıyıcı Sistem Bilgileri	11	Bina Boyutları (Yaklaşık)	
	12	Taşıyıcı Duvar Türü	
	13	Kat Adedi	
	14	Döşeme Sistem Tipi	
	15	Ortalama Kat Yüksekliği	
	16	Toplam Yapı Alanı	
	17	Binanın Yüksekliği	
	18	Kritik Katın Yeri (Mimari Katı)	
Binadan Bilgi Toplama	19	Deprem Bölgesi	
	20	Binada Çıkma Var mı?	
	21	Binanın Projesi	
	22	Binanın Düşey Eleman Düzensizliği Var mı?	
	23	Binanın Rölevesi	
Mevcut Durum Performans Analiz Sonuçları	24	Binanın Kritik Kat Seviyesindeki, Dayanımı Yeterli Olmayan	X
	25	Duvarların Kat Kesme Kuvvetine Katkısı (%)	Y
	26	Binanın Kritik Kat Seviyesindeki Duvar Alanının	X
	27	Kat Alanına Oranı (%)	Y
	28	Binanın Kritik Kat Seviyesindeki Kat Kesme Kuvveti	X
	29		Y
	30	Planda Birbirine Dik Doğrultuların Her Biri Boyunca Uzanan Taşıyıcı Duvarların, Pencere ve Kapı Boşlukları Sayılmaksızın	X
	31	Toplam Uzunluğunun Brüt Kat Alanına Oranı	Y

6.3. Veri Ön İşleme

“Riskli Yığma Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslara Göre Riskli Bina Tespit Raporu İnceleme Formu”nda yer alan parametreler veri analizi öncesinde, öncelikle kanundaki ölçütler ve istatistiksel kısıtlar esas alınarak, inşaat mühendisi uzman görüşü ile değerlendirilerek buna göre bir takım düzenleme ve kategorize işlemleri yapılmıştır.

Analizlerde bağımsız değişkenler arasında birbirini içeren ya da birbirinden türetilmiş veriler olması durumunda çoklu bağlantı sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu durum analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkilediğinden, değişkenler arasında böyle bir sorunun varlığı tespit edilmeli ve çalışmanın önceki bölümlerinde açıklandığı gibi önerilen çözüm yöntemleri uygulanmalıdır.

Değişkenlere uygulanan korelasyon matrisi, tolerans değeri ve varyans büyütme faktörü (Variance Inflation Factors-VIF) analizleri sonucunda aralarında çoklu bağlantı olduğu tespit edilen parametreler modele dahil edilmemektedir.

İstatistiksel analizler ve uzman görüşü alınarak model analizlerine dahil edilmeyen parametreler şunlardır:

- **Toplam birim adedi**

Toplam Birim Adedi raporlarda yer alan “Toplam Konut Birim Adedi” ve “Toplam İşyeri Birim Adedi” değerlerinin toplamına eşittir. Konut ve işyeri sayısını gösteren bu iki parametre analizlere dahil edileceğinden veri tekrarını önlemek amacıyla *Toplam Birim Adedi* parametresi model analizlerine dahil edilmemiştir.

- **Binanın Yüksekliği (H)**

Mevcut taşıyıcı sistem bilgilerinde bulunan, *Binanın Yüksekliği* ifadesi; “Ortalama Kat Yüksekliği” ve “Kat Adedi” değerlerinin çarpımına eşittir. Ayrıca “Bina Boyutları” da yine bu bilgiyi içermektedir. Yapılan regresyon analizlerinde de önem ağırlığının çok düşük olduğu görülmektedir. *Binanın Yüksekliği* parametresi değerlendirmeye dahil edilmediğinde “Ortalama Kat Yüksekliği” parametresinin önem ağırlığında artış olduğu da görülmüştür.

- **Binanın rölevesi**

Uzman görüşüne göre, bina planının proje üstünden alınabilmesi ya da proje olmaması durumunda röleve üzerinden çıkartılması farklı sonuçlar doğurmamaktır. Bu

durum değişkenin anlamlılık düzeyi analiz edilerek istatistiksel olarak da doğrulanmıştır. Binadan toplanan bilgi doğrultusunda, *Binanın Rölevesi* Yapıldı / Yapılmadı şeklinde ifade edilen bu parametrenin analize herhangi bir katkısı olmayacağından değerlendirmeden çıkartılmıştır.

- **Binanın Kritik Kat Seviyesindeki Kat Kesme Kuvveti (X ve Y Yönleri için)**

Raporlarda mevcut durum performans analiz sonuçları kısmında yer alan; *Binanın Kritik Kat Seviyesindeki Kat Kesme Kuvveti (X ve Y Yönleri için Ayrı Ayrı)* parametreleri “Binanın Kritik Kat Seviyesindeki, Dayanımı Yeterli Olmayan Duvarların Kat Kesme Kuvvetine Katkısı (%)” parametreleri ile benzer değerleri ifade etmelerinden dolayı uzman görüşü alınarak analize dahil edilmemiştir. Raporlarda yapılan incelemelerde, raporu düzenleyenler tarafından çoğunlukla iki parametre grubunda da aynı değerlere yer verildiği görülmektedir. Bu eliminizasyon işlemden sonra Binanın Kritik Kat Seviyesindeki, Dayanımı Yeterli Olmayan Duvarların Kat Kesme Kuvvetine Katkısı (%) parametrelerinin önem ağırlık değerlerinin de arttığı belirlenmiştir.

Analizlerde kategorize işlemi uygulanmış kentsel dönüşüm parametreleri ise şunlardır:

- **Döşeme Sistem Tipi**

Elde edilen raporlarda ham veriler incelendiğinde *Döşeme Sistem Tipi* parametresinin belirtilmediği kayıtlar “Diğer” şeklinde kategorize edilmiştir. Buna göre son durumda döşeme sistem tipi;

Kirişli,

Mantar,

Ahşap,

Plak

Diğer olmak üzere 5 kategoride değerlendirilmektedir.

- **Taşıyıcı Duvar Türü**

Yığma binaların riskli yapı tespit raporlarında yer alan “Taşıyıcı Duvar Türü” parametresi; Afyon, Kütahya, Eskişehir ve İştanbul – Zeytinburnu bölgelerinden alınan raporlara göre değerlendirilmiştir. Uzman kişi ile yapılan görüşme sonucunda, farklı bölgelerden alınan raporların, imar kayıtlarında farklı terimler ile belirtildiği bilgisine ulaşılmıştır. Elde edilen formlarda, bina taşıyıcı duvar türünde “Yığma” gibi, herhangi

anlama gelebilecek ifadeler bulunmaktadır. Tuğla kullanılarak “Yığma” yapı yapılabileceği gibi, teorik olarak başka yapı malzemeleri üst üste konularak da yığma yapı yapılabilmektedir.

İnşaat Mühendisliği anabilim dalında “Yığma” denildiğinde genellikle; “Tuğla” ile oluşturulmuş sistemler akla gelmektedir. Bu nedenle; taşıyıcı duvar türü olarak “Yığma” yazan riskli bina tespit raporlarında, taşıyıcı sistemin tuğla ile oluşturulduğu düşünüülerek veriler buna göre kategorize edilmiştir.

Farklı tuğla türlerinin (harman, düşey delikli vs.) yapıda farklı davranış gösterebileceği bilinmektedir. Ancak raporlardaki tutarsızlık nedeniyle tüm tuğla türleri “Tuğla” kategorisine alınarak değerlendirilmiştir. Raporlardan gözlemcinin hangi tuğla türünün kullanıldığının kesin olarak belirleyemediği durumların olduğu fark edilmektedir.

Raporlarda “Diğer” şeklinde belirtilen yapı sistemleri için çalışmada da “Diğer” kategorisi oluşturulmuştur. Yazar, “Diğer” ifadesinden geleneksel malzemelere ve imalat biçimlerine uymayan taşıyıcı sistemleri algılamaktadır. Bu sebeple veri önışleme aşamasında belirtilen türler uzman tarafından değerlendirilerek aynı taşıyıcı duvar türünü ifade eden farklı terimler birleştirilmiştir. Buna göre oluşturulan 5 ana kategori ve alt türler Tablo 6.2’deki gibidir.

Raporlarda yer alan ifadelere göre türetilen kentsel dönüşüm parametreleri ise şunlardır:

- Şehir

Raporlarda genel bilgiler altında yer alan, Binanın / Sitenin Adı - Adresi (İlçe - İl) kısmında, tespit edilen yapının açık adresi yer almaktadır. Açık adresten belirlenen il bilgisine göre, analizlerde “Şehir” değişkeni olarak kullanılacaktır. Yığma binalara ait parametrelerin önem ağırlıkları irdelenirken, binanın bulunduğu şehri (Eskişehir, Afyon, Kütahya, İstanbul) ifade eden *Şehir* değişkeni de bağımsız değişken olarak eklenmiş ve analizlere dahil edilmiştir.

- Yaş

Riskli yapı tespit raporlarında yer alan *Yapım Yılı* parametresi, yıkım işlemi tarihi esas alınarak bina yaşı bilgisi hesaplanmış ve analizlere “Yaş” değişkeni olarak dahil edilmiştir.

Tablo 6.2. *Yığma yapılar için taşıyıcı duvar türleri*

Ana Kategori	Alt Türler
1- KERPIÇ	Kerpiç Tuğla Kerpiç
2- TUĞLA	Delikli Blok Tuğla Blok Tuğla Dolu Blok Tuğla Dolu Harman Tuğla Dolu Tuğla Düşey Delikli Blok Tuğla Düşey Delikli Tuğla Düşey Ve Yatay Delik Harman Harman Tuğla Tuğla Tuğla Duvar Yığma Yığma- Harman
3- TAŞ	Taş Duvar
4- DİĞER	Diğer Briket
5- KARMA	Düşey Delikli Tuğla, Beton Harman Tuğla + Taş Duvar Harman Ve Taş Duvar Harman, Düşey Delikli Tuğla Taş-Tuğla Taş Duvar, Düşey Delikli Tuğla

- Bina Boyutu (En) ve Bina Boyutu (Boy)

Mevcut Taşıyıcı Sistem Bilgileri kısmında bulunan; *Bina Boyutları (Yaklaşık)(m)* değeri, yapının en ve boy değerlerinin çarpımı şeklinde verilmiştir. Bu değerler “Bina Boyutu (En)” ve “Bina Boyutu (Boy)” bilgisi olarak ayrılarak analizlerde farklı iki parametre olarak değerlendirilmektedir.

Formlarda, tespit kararını belirleyen, yapı bilgilerinin yer aldığı değişkenler sürekli ve ayrık verilerden oluşmaktadır. Yapının riskli olup olmadığını gösteren *Risk* bağımlı değişkeni ise ikili ayrık yapıda olup, “Riskli” ve “Risksiz” değerlerini almaktadır. Ön işleme sonucunda analizlerde yer alacak parametre ve veri türleri Tablo 6.3’de yer almaktadır.

Tablo 6.3. Bağımsız parametrelerin veri türleri

Sürekli Parametreler	Bina Boyutu (En) Bina Boyutu (Boy) Ortalama Kat Yüksekliği Binanın Kritik Kat Seviyesindeki, Dayanımı Yeterli Olmayan Duvarların Kat Kesme Kuvvetine Katkısı (%) - X ve Y Yönü Binanın Kritik Kat Seviyesindeki Duvar Alanının Kat Alanına Oranı (%) - X ve Y Yönü Planda Birbirine Dik Doğrultuların Her Biri Boyunca Uzanan Taşıyıcı Duvarların, Pencere Ve Kapı Boşlukları Sayılmaksızın Toplam Uzunluğunun Brüt Kat Alanına Oranı - X ve Y Yönü
Ayrık Parametreler	Şehir Bina Yaşı Toplam Konut Birim Adedi Toplam İşyeri Birim Adedi Kat Adedi Taşıyıcı Duvar Türü Döşeme Sistem Tipi Kritik Katın Yeri (Mimari Katı) Deprem Bölgesi Binada Çıkma Var mı? Binanın Projesi Var mı? Binanın Düşey Eleman Düzensizliği Var mı?

Ayrık parametrelerde yer alan “Yaş”, “Kat Adedi”, “Toplam Konut Birim Adedi” ve “Toplam İşyeri Birim Adedi” değerleri analizlerde sadece tam sayı değerler alabildiğinden sayısal bilgi taşımalarına rağmen sürekli parametre olarak ifade edilmemiştir.

6.4. Öznitelik Seçimi

Risk tespiti amacıyla toplanan verilerin birçoğunun, deprem riskini belirleme ve risk kararını oluşturmada kullanılmasına gerek görülmemektedir. Her birinin önemli olduğu ancak hızlı bir değerlendirme için karar üzerinde en etkili olanların seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kullanılan verilerin amaca yönelik olarak yeniden düzenlenerek indirgenmeli ve ağırlıklandırılmalıdır [6].

Ön değerlendirme amacıyla oluşturulacak modelde yer alacak, risk tespiti kararında etkili özniteliklerin seçilmesinde makine öğrenmesi yöntemlerinden biri olan;

lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Lojistik regresyon analizi, bağımlı değişkenin (yordanan değişken) sürekli ya da nicel bir değişken olmadığı, bir diğer deyişle ayrık ya da sınıf bilgisi taşıdığı durumlar için uygun bir analiz türüdür [165]. Bu analizin temel amacı; iki değerli veya sınıflandırılmış, ayrık bağımlı değişkenin değerini açıklayan, yordayan en az sayıdaki en etkili bağımsız değişkenler ile değişkenler arasındaki ilişkinin düzeylerini de dikkate alarak uygun modeli oluşturmaktır [107, 120].

Lojistik regresyon analizi ile model oluşturulurken, modele dahil edilecek değişkenlerin seçiminde, ileriye doğru seçim (forward selection), geriye doğru eleme (backward elimination), adımsal seçim (stepwise selection) ve tüm olası alt kümeler seçim (all subset selection) olmak üzere farklı yöntemler kullanılmaktadır. Çoklu lojistik modellerde seçilen yöntemle göre; değişkenlerin modele eklenmesi veya çıkartılması ise olabilirlik oran ölçütü, modeldeki değişkenlerin katsayılarının anlamlılığını test eden Wald ölçütü (W) veya Skor ölçütleri kullanılarak yapılmaktadır.

Mevcut yöntemlerden hangisinin tercih edileceği, analiz yapılacak örneklemin yapı ve büyüklüğüne göre araştırmacıların kararına bağlı olarak değişim göstermektedir.

İleriye doğru seçim yönteminde, analizin ilk adımlarında anlamlı bulunarak modele alınan bir değişken ilerleyen adımlarda, değişkenin anlamlılık düzeyi düşse dahi modelden çıkartılamamaktadır. Bu nedenle çalışmada, en az sayıda anlamlı bağımsız değişken ile bağımlı değişkeni en çok açıklayan modeli oluşturmak amacı ile geriye doğru eleme Wald ve Conditional yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir.

Geriye doğru eleme – Conditional yönteminde; değişkenlerin modele dahil edilmesinde ve modelden çıkartılmasında belirlenen eşik değerlerine göre analiz gerçekleştirilmektedir. Modelde yer alacak değişkenler belirlenen likelihood değerine göre seçim yapılmaktadır. Literatürde genel kabul görmüş likelihood eşik değerleri, bir değişkenin modele alınmasında adımsal giriş olasılığı 0.05, modelden çıkartılmasında ise 0.10 olarak ifade edilmektedir [113]. Çalışmada da eşik değerler literatürde kabul edilen değerlere göre belirlenmiş ve analiz bu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Buna göre yapılan lojistik regresyon analizi sonucunda elde edilen modelde yer alan 4 değişken;

- Şehir,
- Kat Sayısı,

- Kesme Kuvveti X ve
- Deprem Bölgesi'dir.

Modele alınacak ve modelden çıkartılacak değişkenler belirlenen likelihood eşik değerleri değiştirilerek farklı değişkenlerin yer aldığı modeller oluşturulabilmektedir.

Geriye doğru eleme - Wald yönteminde ise modelde yer alacak değişkenler, nedensellik analizinde de kullanılan Wald ölçütü değerine göre belirlenmektedir. Bu analiz sonucunda elde edilen modelde,

- Şehir,
- Kat Sayısı,
- Kesme Kuvveti X ve
- Deprem Bölgesi değişkenlerine ek olarak
- Bina Boyutu (Boy) değişkeni de yer almaktadır.

İki farklı yöntemle oluşturulmuş modelin uyum değerleri Tablo 6.4'de sunulmaktadır. Dört ve beş değişkenli farklı iki model için bulunan doğru sınıflama oranı aynıdır. Ancak bu durum eklenen değişkenin modeli geliştirmeye yönelik katkısı olmadığı şeklinde yorumlanmamalıdır. Modelin sadece bu oran ile değerlendirilmesi doğru bir yaklaşım değildir.

Tablo 6.4. Model uyum değerleri

Method	-2 Log Likelihood	Cox & Snell R ²	Nagelkerke R ²	χ^2
Backward Elimination (Conditional)	24,646	0,368	0,822	83,893
Backward Elimination (Wald)	24,044	0,370	0,827	84,495

Model uyumunun değerlendirildiği başka bir ölçüt olan -2 Log Likelihood (LL) değerinin alabileceği en küçük değer olan 0, olabilirlik değerinin 1 olduğunu göstermektedir. Model en ideal şartlarda ya da kesin durumlarda bu değeri (1) almaktadır. Analizlerde oluşturulan farklı modellerin -2 Log Likelihood değerleri karşılaştırılarak yorum yapılabilir. Bu değerdeki azalma model uyumunun iyiye gittiği şeklinde yorumlanmaktadır.

Model uyumunu ifade eden diğer parametreler, Cox ve Snell R² ve Nagelkerke R² değerlerinin ise 1 olması mükemmel model uyumuna karşılık gelmektedir. Büyük

değerler, daha iyi model uyumu olduğunu göstermektedir. Nagelkerke R^2 değeri Cox ve Snell R^2 katsayısının geliştirilmiş halidir. Çalışmada kullanılan örneklem büyüklüğü ve yapısına göre, bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni % olarak ne kadar açıkladığını gösteren Nagelkerke sonuçlarının kullanılması önerilmektedir [166].

Geriye doğru eleme yönteminde modelden çıkartılan bir değişkenin tekrar modele dahil edilememesinden kaynaklanan eksiklikleri gidermek için analiz adımları incelenmelidir. Buna göre her iki yöntemde de *Yaş* değişkeninin modelden çıkartıldığı adımda sınıflandırma performansının düştüğü görülmüştür. *Yaş* değişkeni riskli yapı tespitinde, risk düzeyini doğru oranda arttıran bir parametredir [53]. Doğrudan etkisinin yanı sıra yapım yılına göre güncel deprem yönetmeliğine uygunluğu da değerlendirilmektedir. Literatürde birçok çalışmada da, yapının kaç yıllık olduğunu gösteren yaş bilgisinin risk tespitindeki önemi vurgulanarak hızlı değerlendirme prosedürlerinde yer verilmiştir [34].

İlk modelde yer almayan *Bina Boyutu (Boy)* değişkeni; bir yapının risk tespitinde önem arz eden bina taşıyıcı sistem modelinin oluşturulmasında, kolon hesaplamalarında ve kritik kata göre değerlendirme yapılmasında etkin bir parametredir [53]. Nedenselliğin istatistiksel analiz ve bilgi-kuram temelli bir yaklaşım olmasından hareketle önerilen modele *Yaş* ve *Bina Boyutu (Boy)* değişkenleri dahil edilmiştir.

Model uyum, anlamlılık değerleri ve literatüre göre seçilmiş parametreler ile oluşturulan model, sadece istatistiki olarak değerlendirilmeyerek değişkenlerin uygulama ve literatür kaynaklı etkisine göre modele dahil edilmiştir. Buna göre oluşturulmuş modelde yer alan 6 bağımsız ve 1 bağımlı değişken şunlardır:

X_1 = Şehir

X_2 = Kat Sayısı

X_3 = Bina Boyutu (Boy)

X_4 = Deprem Bölgesi

X_5 = Yaş

X_6 = Kesme Kuvveti X

Y = Risk

Oluşturulan modelde yer alan X_1 - *Şehir* değişkeni, yapının bulunduğu şehri (Eskişehir, Kütahya, Afyon, İstanbul) gösteren ayrık bir değişkendir. Dört farklı şehir için yapılan analizde referans alınan kategoriye göre değerlendirme yapılmaktadır.

Yığma binalar için riskli bina tespit raporu inceleme formu mevcut taşıyıcı sistem bilgilerinde yer alan X_2 - *Kat Sayısı*, yığma yapıların deprem davranışlarına etki eden önemli parametrelerden biridir.

X_3 - *Bina Boyutu (Boy)* yaklaşık olarak elde edilmiş bina boyutlarına göre girilen bir değer olup risk tespitinde etkili bir parametredir.

X_4 - *Deprem Bölgesi*, yapının bulunduğu coğrafi bölgeye göre kaçınıcı derece deprem bölgesinde yer aldığını göstermektedir. Çalışmada değerlendirilen yığma yapıların sadece 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde yer almaları nedeni ile nihai modelde deprem bölgesi değişkeni istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Oysa bir yapının risk durumuna deprem bölgesinin etkisi oldukça önemlidir [167].

X_5 - *Yaş* değişkeni, risk tespit raporunda yer alan tespit tarihi ve Bina Yapım Yılı bilgisinden üretilerek oluşturulmuştur.

X_6 - *Kesme Kuvveti X* değişkeni, mevcut durum performans analiz sonuçlarına göre elde edilen “*Binanın Kritik Kat Seviyesindeki, Dayanımı Yeterli Olmayan Duvarların Kat Kesme Kuvvetine Katkısı (%)*”nın X yönündeki değerini göstermektedir. Yapının belli bir katına belli bir yönde etkiyen yatay deprem yükü, o yönde yer alan duvarlara rijitlikleri oranında dağıtılmaktadır. Bu orana göre belli bir duvara düşen yatay deprem yükü, o duvarın o kata etkiyen toplam yatay deprem yükünden aldığı pay, katkısı olarak ifade edilmektedir [168]. Yapı muayene sonuçlarına göre verilerin aktarıldığı risk tespitinde kullanılan yazılımlar X, -X, Y ve -Y yönlerinde deprem kuvvetleri uygulayarak X doğrultusu için bulunan en olumsuz değeri Kesme X, Y doğrultusu için bulunan en olumsuz değeri de Kesme Y olarak belirlemektedir. Bu doğrultulardan her ikisinin de yapı hakkında bilgi verebileceği analiz sonuçları ile de doğrulanmıştır.

Önerilen modelin risk tespitinde kullanılacak hızlı bir ön değerlendirme prosedürü olması nedeniyle, modelde yer alacak değişkenlerin herhangi bir analize ihtiyaç duymadan gözlemsel olarak elde edilebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, ancak yapıda taşıyıcı sistem analizi yapılarak belirlenebilen *Kesme Kuvveti X* değişkeni, karar

üzerinde etkili olduğu istatistiksel olarak bulunarak her iki modelde de yer almasına rağmen oluşturulan ön değerlendirme modeline dahil edilmesi prosedürün yapısı gereği uygun değildir. Ancak etkisi oldukça yüksek olan bu değişkenin analiz sonuçlarına katkısını göstermek amacıyla, *Kesme Kuvveti X* değişkeninin de yer aldığı model çalışmanın bu noktasından itibaren *Model-1* olarak anılacak ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulacaktır. Yukarıda ifade edildiği üzere *Kesme Kuvveti X* değişkeninin de yer aldığı 6 değişken için kurulan *Model-1*’e ait lojistik regresyon katsayı tahminleri Tablo 6.5’de verilmiştir.

Tablo 6.5. *Model-1’de yer alan değişkenlerin lojistik regresyon katsayı tahminleri*

Değişkenler	β
X ₁ (Esk)	2.2828
X ₁ (Ist)	0.0003
X ₁ (Afy)	-3.9580
X ₁ (Kut)	-2.6060
X ₂	1.9279
X ₃	0.1983
X ₄ (1)	2.4428
X ₄ (2)	-6.7236
X ₅	0.0366
X ₆	0.0694

Ön değerlendirme prosedüründe yer alan ve çalışmanın bundan sonraki kısımlarında *Model-2* olarak ifade edilecek modelde bulunan, gözlemsel olarak elde edilebilen 5 bağımsız ve 1 bağımlı değişken ise şunlardır:

X₁ = Şehir

X₂ = Kat Sayısı

X₃ = Bina Boyutu (Boy)

X₄ = Deprem Bölgesi

X₅ = Yaş

Y = Risk

Kurulan ön değerlendirme modelinde yer alan ve istatistiksel olarak anlamlılıkları doğrulanan öznetelikler için *Model-2*’de yer alan 5 bağımsız değişkene ait lojistik regresyon katsayı tahminleri Tablo 6.6’de verilmiştir.

Tablo 6.6. Model-2’de yer alan değişkenlerin lojistik regresyon katsayı tahminleri

Değişkenler	β
X ₁ (Esk)	1.9811
X ₁ (Ist)	0.0036
X ₁ (Afy)	-4.0583
X ₁ (Kut)	-2.2022
X ₂	3.0204
X ₃	0.3260
X ₄ (1)	3.6141
X ₄ (2)	-7.8899
X ₅	0.0578

Doğrusal modellerden farklı olarak, lojistik regresyon gibi doğrusal olmayan modellerde bir değişkenin katsayısında meydana gelen değişiklik, yer aldığı modelde etkilediği değişkenler ile ilişkilerinde aynı oranda değişikliğe neden olmaz [119]. Buna göre oluşturulan algoritma;

Algoritma 1. Doğrudan etki katsayıları kullanılarak risk tahmini

Input:

- Değişken değerleri X_{ij} , $i=1,...,n$ (değişken sayısı)
 $j=1,..., m$ (kategori sayısı)

Output:

```
- RISK (Riskli / Risksiz)
1:   for i=1 to n do
2:     if  $X_i$  ayrık
3:       for j=1 to m do
4:          $\alpha = coef[X_{ij}]$ ;
5:       end
6:        $\alpha = coef[X_i] * X_i$ ;
7:       sum +=  $\alpha$ 
8:   end
9:   if  $logit(sum) > cut\ off$  return “RİSKLİ”
10:  return “RİSKSİZ”
```

Çalışmada yordayıcı olarak kullanılan 21 bağımsız değişken, yordanan Risk bağımlı değişkeni için tüm parametreler kullanılarak model denemeleri yapılmıştır. Oluşturulan farklı modeller, model uyumu değerlerine göre değerlendirilmiştir.

Buna göre *Model-1* için, %93,98 doğruluk oranı ile öznitelik seçimi sonucunda belirlenen 6 değişkenle oluşturulan modelin uyum değerleri Tablo 6.7’de bulunmaktadır.

Tablo 6.7. *Model-1 uyum iyilik değerleri*

-2 Log likelihood	Cox & Snell R ²	Nagelkerke R ²	χ^2
23,542	0,372	0,830	84,997

Risk tespiti ön değerlendirme modelinde bulunan 5 değişken için yapılan lojistik regresyon analizi sonucunda, %89.07 doğruluk oranı ile *Model-2*’in uyum değerleri Tablo 6.8’de bulunmaktadır.

Tablo 6.8. *Model-2 uyum iyilik değerleri*

-2 Log likelihood	Cox & Snell R ²	Nagelkerke R ²	χ^2
30,318	0,348	0,777	78,222

Literatürden faydalanılarak model uyum değerleri irdelenirken; -2 Log Likelihood değerinin denenen modelde azalması, Cox & Snell R² ve Nagelkerke R² değerlerinin 1 olmasının modelin mükemmel uyum gösterdiği ve % Nagelkerke R² değeri kadar bağımsız parametrelerin bağımlı parametreyi açıkladığı bilgisi dikkate alınmalıdır.

Hosmer & Lemeshow Test istatistiği de, model uyumunu ifade eden, t-2 serbestlik dereceli ki-kare dağılımını göstermektedir [111]. Model denemeleri sonucunda elde edilen nihai modelin değerlendirilmesinde, tahmin edilen değerler ile gözlenen değerler arasında anlamlı farklılık olup olmadığının incelenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Değerlendirilen modelin anlamlılık düzeyleri (p) kontrol edilerek modelin geçerliliği hakkında yorum yapılmaktadır. Hosmer & Lemeshow Test değerlerine göre; anlamlılık düzeyi, $p > 0,05$ modelin veriye daha iyi uyum gösterdiğini ifade etmektedir [120, 169].

Çalışmada veri örnekleminin küçük olması nedeniyle Hosmer & Lemeshow Test istatistiği daha güçlü sonuçlar üretmiştir. Buna göre oluşturulan modeller için elde edilen değerler Tablo 6.9’deki gibidir.

Tablo 6.9. Oluşturulan modeller için Hosmer & Lemeshow test istatistikleri

	χ^2	p
Model - 1	0,433	1,000
Model - 2	1,552	0,992

İki model doğruluk ve uyum iyilik değerlerine göre değerlendirildiğinde, *Kesme Kuvveti X* değişkeninin modelde yer almaması durumunda, sınıflandırma doğruluk oranında ve model uyum iyilik değerlerinde bir azalma olduğu görülmektedir. Ancak değerlendirilen Hosmer & Lemeshow test istatistiği değerlerine göre her iki modelin de risk tespit değerlendirmesinde kullanımının uygun olduğu kabul edilmektedir.

Lojistik regresyon analizi elde edilen katsayılarına göre, *Risk* bağımlı değişkeni üzerinde, bağımsız değişkenlerin sadece doğrudan etkileri hesaba katılarak oluşturulan modellere göre değerlendirmeler yapılmıştır. Dolaylı etkiler ve bağımsız değişkenlerin birbiri üzerine nedensel etkisi için uzman görüşü ve literatür kaynaklı yönlendirmeler ile nedensel model oluşturulmalıdır.

6.5. Nedensel Çizge Modellemesi

Nedensel Çizge (DAG) modellemesi, iz analizi, yapısal eşitlik modellemesi ve diğer istatistiksel tekniklerle birlikte veya bunların yerine göz önünde bulundurulması gereken güçlü bir analitik araçtır [170]. Nedensel çizgelerin modellemesinde farklı paket programlar (LISREL, EQS, Amos, PLS, vb.) kullanılabilir ancak nedensel yapının önceden belirlenmesi gerekmektedir.

Nedensel modellerin uygulamaya yönelik aşamaları sırasıyla [151];

- Kuramsal modelin geliştirilmesi,
- Geliştirilen kuramsal model için nedensel ilişkilerin gösterildiği iz diyagramının oluşturulması,
- İz diyagramını kullanarak yapısal ve ölçüm modelinin ayrıştırılması,
- Önerilen modele ilişkin tahminlerin elde edilmesi,
- Yapısal model ve modelin genel olarak değerlendirilmesi, modelin uygunluğunun değerlendirilmesi ve sonuçların yorumlanmasıdır.

Doğrudan ve dolaylı etkilerin birbirinden ayrılması için söz konusu ilişkilerin belirlenmesi ve ayrıntılı bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir [151]. Bu nedenle,

bağımlı değişkeni ve bu değişkeni etkileyen değişkenleri etki şekilleriyle birlikte tanımlamak gerekmektedir.

İncelenen *Risk* bağımlı değişkeni ile ilişkili olan bir değişken, risk sonucu üzerinde doğrudan bir etki oluşturabileceği gibi, diğer değişkenler üzerinden dolaylı bir etkiye de sahip olabilmektedir. Bu durumda söz konusu risk ile risk sonucunu etkileyen değişkenler arasındaki ilişkilerin sadece korelasyon katsayıları kullanılarak açıklanabilmesi olanaksızdır. Bu ilişkileri daha iyi açıklayabilmek için iz analizine ihtiyaç duyulmaktadır.

İz analizinde amaç, değişkenlerin doğrudan veya dolaylı etkilerinin iz katsayıları ile belirlenmesi ve söz konusu katsayıların önemliliğinin ve büyüklüğünün tahmin edilmesidir [151].

Standardize edilmiş kısmi regresyon katsayıları olan iz katsayılarından hareketle standardize edilmemiş kısmi regresyon katsayıları bulunabilmektedir. Regresyon analizinde bağımlı değişken olarak kabul edilen değişken, bağımsız değişkenler ile tahmin edilmeye çalışılırken, tahmin doğruluk derecesinin yüksek, hatanın küçük olması istenmektedir.

Tahminlemedeki doğruluk derecesinin artırılmasında modele girecek bağımsız değişken sayısının rolü büyüktür. Bağımsız değişken sayısı ne kadar çok ise, regresyon denkleminin o kadar az hata taşıdığı ifade edilmektedir. Ancak bağımsız değişkenlerin her birisine ait verilerin, belli bir süre içerisinde doğru olarak elde edilmesi güçlüğü, modele girecek bağımsız değişken sayısının azaltılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, bağımlı değişkenin tahminindeki hatayı mümkün olduğu kadar küçük tutarak, modele girecek değişkenlerin sayısı azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla, bağımsız değişkenlerin seçiminde bazı istatistiksel kriterler geliştirilmiştir. Bu kriterlerden birisi de iz katsayılarıdır. İz katsayıları ile bağımlı değişkendeki varyasyonun açıklanabilen kısmı (R^2), unsurlarına ayrılarak bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı ve birlikte olan etki payları belirlenebildiği için, bütün bağımsız değişkenleri içeren regresyon denklemi analiz edilerek, hangi değişkenin ya da değişkenlerin modele girebileceğine karar verilebilmektedir [138].

Karmaşık nedensel ilişkileri barındıran değişkenlerden oluşan sistemleri açıklayabilmek ve kolay bir şekilde yorumlayabilmek için kullanılan iz analizi,

incelenmekte olan değişkenler arasında varsayılan nedensel ve nedensel olmayan ilişkileri gösteren yapısal eşitlikler setinden söz etmek için kullanılmaktadır. İki parametre arasında yüksek regresyon olması bir ilişki olduğunu göstermekle birlikte, bunun nedensel bir ilişki olduğunu doğrulamamaktadır [138]. Bu nedenle oluşturulan nedensel model, teori, uzman bilgisi ve araştırmaya dayanan bir mantık temelinde olmalı, ardından iz analizi ile değerlendirilmelidir [136].

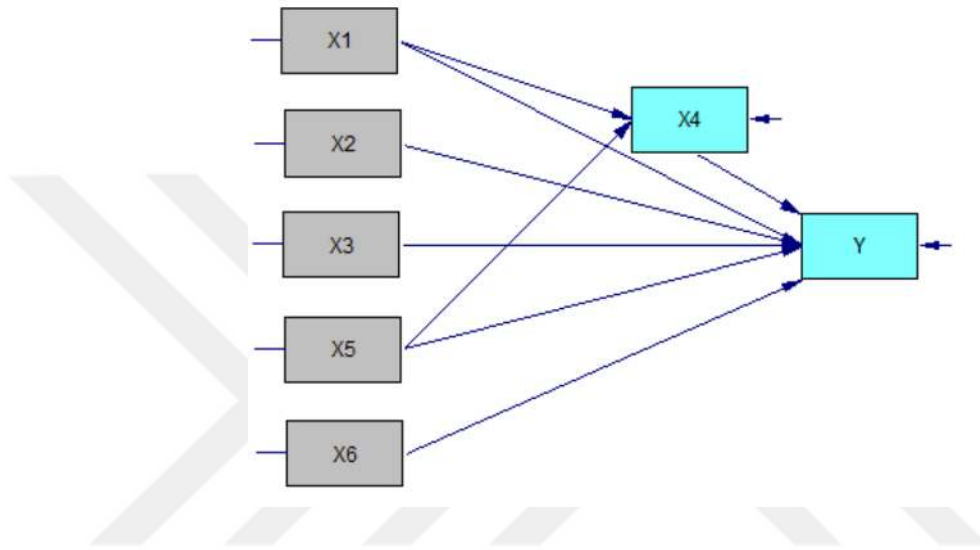
Çalışmada, nedensel bir analiz tekniği olan iz analizi, endojen değişkenlerin, eksojen *Risk* değişkenine göre, modeldeki yapılar arasındaki ilişkilerini analiz etmek için kullanılmıştır. *Risk* üzerindeki etkiler, bağımlı değişkenin ayrık veri olması nedeniyle ikili lojistik regresyon analizi kullanılarak belirlenmiştir. İz analizinde kullanılan standartlaştırılmış regresyon katsayıları da bu şekilde elde edilmiştir. Modelde yer alan değişkenler arası ilişkiler için hipotezler, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüşümü Hakkındaki Kanun'un Uygulama Yönetmeliği Ek-A'ya dayanarak oluşturulmuştur [52].

Deprem bölge derecesinin tespitinde, yapının bulunduğu coğrafi bölgenin etkisi bulunmaktadır [6]. Yapının bulunduğu şehri gösteren *Şehir- X_1* değişkeninin, *Deprem Bölgesi- X_4* değişkeni üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. Aynı zamanda *Risk* bağımlı değişkeni üzerinde de hem doğrudan hem de *Deprem Bölgesi- X_4* üzerinden dolaylı etkisi bulunmaktadır.

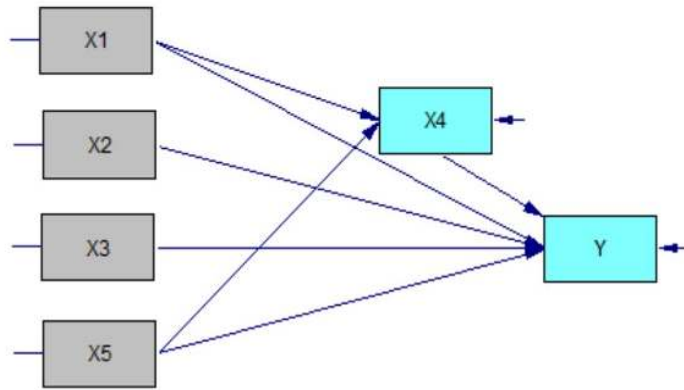
Yığma yapıların deprem davranışlarına etki eden en önemli parametrelerden biri olan *Kat Sayısı- X_2* , *Deprem Bölgesi- X_4* ile ilişkilidir. Yığma binalarda izin verilen azami katsayısı birinci derece deprem bölgelerinde 2 kata, ikinci ve üçüncü derece deprem bölgelerinde 3 kata ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise 4 kata kadardır [61]. Yapının bulunduğu *Deprem Bölgesi- X_4* ile *Kat Sayısı- X_2* arasında doğrudan bir ilişki vardır ve bu yönetmelikte de ifade edilmiştir. *Kat Sayısı- X_2* , *Deprem Bölgesi- X_4* üzerinden *Risk* sonucunu dolaylı olarak da etkilemektedir.

Belirtilen kavram ve yaklaşımlar sonucunda *Model-1* ve *Model-2* için nedensel yapı oluşturulmuştur. Öznitelik seçimi sonucunda belirlenen değişkenlere göre oluşturulan *Model-1*, ilişkisel olarak birbirine bağlı 6 eksojen-bağımsız ve 1 endojen-bağımlı değişkenden oluşmaktadır.

Yazılımda nedensel çizgeler ile gösterilerek, risk tespit ön değerlendirmesinin yapıldığı *Model-2*'de ise *Kesme Kuvveti X* değişkeninin ancak yapıdan alınan numunelerin analiz edilmesi sonucu elde edilebilmesinden dolayı, tarama yöntemi olarak ifade edilen prosedüre dahil edilmemiştir. Buna göre *Model-2*, ilişkisel olarak birbirine bağlı 5 eksojen-bağımsız ve 1 endojen-bağımlı değişken ile oluşturulmuştur. Oluşturulan modellere ait iz diyagramları Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'deki gibidir.



Şekil 6.3. Model-1'e ait iz diyagramı



Şekil 6.4. Model-2'ye ait iz diyagramı

Çalışmada değişkenler arası ilişkiler tanımladıktan sonra, parametreler için iz analizinde maksimum olabilirlik tahmin yöntemi kullanılmıştır [171].

Yukarıda ilişkileri kuramsal olarak ifade edildiği üzere, X_1 değişkeni Y değişkenini hem doğrudan hem de X_4 üzerinden dolaylı olarak etkilemektedir. Aynı şekilde X_2 değişkeni de Y değişkenini hem doğrudan hem de X_4 üzerinden dolaylı olarak etkilemektedir.

Modelde, öncelikle doğrudan etkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için değerlendirilen modele göre Tablo 6.5 ya da Tablo 6.6'de yer alan katsayılar kullanılacaktır. Bu katsayılar, Y bağımlı değişkeninin her bir bağımsız değişken ile olan doğrudan etkisi şeklinde yorumlanmaktadır.

X_4 deprem bölgesi aracı değişkendir. Bu nedenle X_1 ve X_2 değişkenleri, Y bağımlı değişkenini hem doğrudan hem de bu aracı değişken üzerinden dolaylı olarak etkilemektedir. X_1 değişkeninin Y üzerindeki toplam etkisi; X_1 'in Y üzerindeki doğrudan etkisi ve X_4 üzerinden olan dolaylı etkisinin toplamı şeklinde olacaktır. Aracı değişken etkilerinin belirlenmesi için X_1 ve X_2 değişkenlerinin X_4 ile doğrudan etkileri analiz edilmelidir. Tablo 6.10'de yer alan katsayılarla göre toplam etkiler hesaplanmıştır.

Tablo 6.10. Deprem bölgesi aracı değişkeni etkileri

Değişkenler	β
X_1 (Esk)	1.0553
X_1 (Ist)	0.0048
X_1 (Afy)	-4.0042
X_1 (Kut)	-0.5969
X_2	1.8841

Çalışmada ilgili kanun, yönetmelik ve literatür kapsamında analiz edilen değişkenler ile model kurulmuş ve modele ait RMSEA, χ^2/sd , CFI, GFI, AGFI, NFI, NNFI uyum indeksleri Tablo 6.11'de yer alan kriter değerlere göre incelenmiştir [172].

Yaklaşık Hataların Ortalama Karekökü, RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) değeri ana kütledeki yaklaşık uyumun bir ölçüsüdür ve yaklaşık ortalamaların karekökü anlamına gelmektedir [173].

Ki-kare istatistiğinin örneklem büyüklüğünden çabuk etkilenmesi nedeniyle yerine, χ^2 değerinin serbestlik derecesine bölünmesiyle elde edilen; χ^2/sd değeri kullanılmıştır [174].

Karşılaştırmalı Uyum İndeksi, CFI (Comparative Fit Index) değeri değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığını varsayarak kurulan modelin, null model ile farkını göstermektedir. Değişkenler arasında bir ilişkinin olmadığını öngören bir modeldir [173].

Uyum iyiliği indeksi (GFI - (Goodness of Fit Index)), modelin örneklemdeki kovaryans matrisini ne oranda ölçtüğünü göstermektedir [175]. Örneklem büyüklüğüne kıyasla serbestlik derecesinin fazla olduğu durumlarda, GFI düşüş eğilimi göstermektedir.

Düzeltilmiş Uyum İyiliği İndeksi, AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index) ise GFI testinin yüksek örnek hacmindeki eksikliğini gidermek amacıyla kullanılan bir indekstir [173]. AGFI indeksi, örnek hacminin fazla oluşunun GFI değerini yükselterek doğru sonuç alınmasını önlediği durumlarda kullanılmaktadır. Ancak düşük örnek hacminde kullanmak doğru değildir. Çalışmada yer alan 183 adet örnekten oluşan model AGFI uyum indisi ile değerlendirmek için uygun değildir [174].

Normlaştırılmış Uyum İndeksi NFI (Normed Fit Index), χ^2 'nin 0 ile 1 değerleri arasında tekrar ölçeklenmesi ile elde edilmektedir. Bu uyum indeksi, null model kullanılarak hesaplanmaktadır [140].

Normlaştırılmamış Uyum İndeksi NNFI (Non-normed Fit Index) ise alternatif modellerin karşılaştırılması ya da null model ile alternatif modeli ölçmek için kullanılmaktadır. Örneklem hacminin çok büyük olmadığı durumlarda, mevcut model doğru olsa bile NFI değerinin 1'e yaklaşmadığı görülmektedir. Bu nedenle NNFI ile çözüm sağlanmaktadır [128]. Ancak küçük hacimli örneklemelerin kullanıldığı durumlarda, NNFI'nin değeri iyi uyuma işaret eden diğer uyum indislerine rağmen zayıf uyumu gösterebilmektedir [166, 172, 174].

Tablo 6.11'de yer alan model uyum indeksi kriter değerlerine göre, *Model –1* 'in RMSEA ve NNFI değerleri iyi uyuma, diğer değerlerin ise mükemmel uyuma işaret ettiği görülmüştür (RMSEA = 0,069; χ^2 /sd =5,54/3; GFI=0,99; CFI=0,99; NFI=0,97; NNFI=0,90).

Model – 2'nin ise uyum indeksi kriter değerlerine göre RMSEA ve NNFI değerleri iyi uyuma, diğer değerlerin ise mükemmel uyuma işaret ettiği görülmüştür (RMSEA = 0,097; χ^2 /sd =5,36/2; GFI=0,99; CFI=0,97; NFI=0,95; NNFI=0,75).

Tablo 6.11. Model uyumu indeksi kriter değerleri

Uyum indeksleri	Kriter Değerleri	
	Mükemmel Uyum	İyi Uyum
RMSEA	$\leq 0,05$	$\leq 0,08$
χ^2/sd	$\leq 2,00$	$\leq 3,00$
GFI	$\geq 0,95$	$\geq 0,90$
AGFI	$\geq 0,95$	$\geq 0,90$
CFI	$\geq 0,95$	$\geq 0,90$
NFI	$\geq 0,95$	$\geq 0,90$
NNFI	$\geq 0,95$	$\geq 0,90$

Öznitelik seçimi sonrasında belirlenen 6 değişkenin yer aldığı *Model-1* için doğrudan etkileri gösteren katsayılar kullanılarak yapılan sınıflandırmanın doğruluk oranı %94 (0.93989071) iken, nedensel model oluşturularak doğrudan ve dolaylı etkilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda %97 (0.972677596)'ye çıkmıştır.

Risk tespit ön değerlendirme amacıyla oluşturulan *Model – 2*'nin, lojistik regresyon ile belirlenen katsayılara göre doğrudan etkilerin belirlenmesi sonucunda elde edilen doğru sınıflandırma oranı, %89 (0.890710383)'dur. Şekil 6.4'de bulunan iz diyagramına göre doğrudan ve dolaylı etkilerin dahil edilerek hesaplanması sonucunda ise bu oran; %96 (0.967213115)'ya yükselmiştir. Doğru sınıflandırma oranındaki bu artış uygun nedensel modelin oluşturulduğunu göstermektedir.

7. KENTSEL DÖNÜŞÜM RİSK TESPİTİ ÖN DEĞERLENDİRME YAZILIMI

Gerçekleştirilen tez çalışmasında riskli yapı tespit verileri analiz edilerek elde edilen katsayı ve ilişkilere göre oluşturulmuş nedensel çizge modeli; *Model – 2* kullanılarak risk tespiti ön değerlendirme sonucu üreten bir yazılım geliştirilmiştir. Python 3.6.8 sürümü ile hazırlanmış olan yazılım, eğitim veri seti ile eğitilerek katsayılar elde edilmiş, yazılımın uygulanabilirliği test verileri üzerinde denenerek yüksek doğruluk oranı ile sunulmuştur.

Kentsel dönüşüm risk tespiti ön değerlendirmesinde kullanılmak üzere, Python dilinde hazırlanan yazılım için program kendi internet sayfasından indirilerek Şekil 6.1’de yer alan akış diyagramına uygun bir algoritma ile hazırlanmıştır [176].

Yazılımda Pandas(0.25.3), Sklearn(0.0), Matplotlib(3.1.2), Numpy(1.18.0) ve Networkx(2.4) modülleri kullanılmıştır.

Yazılım, analizlerin yapılacağı veri setine kayıt eklenmesini sağlayan *Yeni Veri Girişi* sekmesi, 21 bağımsız değişken ile oluşturulan modelin lojistik regresyon analizi sonucu elde edilen değişken katsayılarına göre anlamlılıklarının sıralamasının yer aldığı *Anlamlılık Düzeyleri* sekmesi, analiz edilen veri setinin betimleyici istatistiklerinin grafiksel gösteriminin yer aldığı *İstatistiksel Grafikler* sekmesi, seçilen bağımsız değişkenlere göre Risk durumunun tahmin edildiği *Öznitelik Seçimi* sekmesi, indirgenmiş modelin doğrudan ve dolaylı etkilerinin gösterildiği nedensel çizge yapısının yer aldığı *Nedensel Çizge* sekmesi ve oluşturulan nedensel modelde yer alan değişkenler ile risk ön tespitinin yapıldığı *Ön Değerlendirme Modeli* sekmesi olmak üzere altı kısımdan meydana gelmektedir.

7.1. Yeni Veri Girişi

Yeni kayıt eklenmesini sağlayan bu kısımda, yazılımda analiz edilecek veri seti dosyası Microsoft Office Excel dosya formatında hazırlanarak mevcut format dönüştürülmeden yazılım tarafından kullanılabilir. Yeni girilen veriler analizlerde kullanılan mevcut veri setine eklenebileceği gibi, kullanıcının belirlediği dizin veya klasörde oluşturulacak yeni bir dosyaya da yapılabilir.

Ekleme yapılırken, ilk başta kullanılan 21 bağımsız değişken ve Risk durumunu gösteren sonuç değişkeninin girilebileceği alanlar bulunmaktadır. Sürekli değişkenler

kullanıcı tarafından girilirken, ayırık değişkenlerin ise listeden seçilerek veri girişi yapılması sağlanmaktadır.

Yeni veri eklenmesi, veri setinin sürekli geliştirilerek, analizlerin daha kapsamlı hale getirilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde risk tespitinde kullanılan kriter ağırlıkları, eklenen yeni kayıtlara göre makine öğrenmesi algoritmalarından biri olan lojistik regresyon analizi ile güncellenerek daha kapsamlı hale gelecektir. Modelin öğrenmesi, veritabanının gelişmesi açısından yeni veri girişleri çok önemlidir.

Veri Girişi	Anlamlılık Düzeyleri	Grafikler	Öznitelik Seçimi	Nedensel Çizge	Risk Tespiti Ön Değerlendirme Modeli
Veri Girişi					
Şehir	Eskişehir		Yaş	integer	
Bina Boyutu (Boy)	double		Kat Sayısı	integer	
Deprem Bölgesi	1,2,3,4,5		Konut Sayısı	integer	
İşyeri Sayısı	integer		Bina Boyutu (En)	double	
Duvar Türü	1,2,3,4,5		Döşeme Türü	1,2,3,4,5	
Ortalama Kat Yüksekliği	double		Kritik Katın Yeri	0,1,2	
Çıkma Var mı?	Yok		Proje Var mı?	Yok	
Düşey Eleman Düzensizliği	Yok		Kat Kesme Kuvveti (X)	double	
Kat Kesme Kuvveti (Y)	double		Duvar - Kat Oranı (X)	double	
Duvar - Kat Oranı (Y)	double		Brüt Kat Alanı (X)	double	
Brüt Kat Alanı (Y)	double		Risk Durumu		

Yeni CSV Dosya Oluştur
Dosya Adı: do not use space
Kayıt Yeri: Kaydet

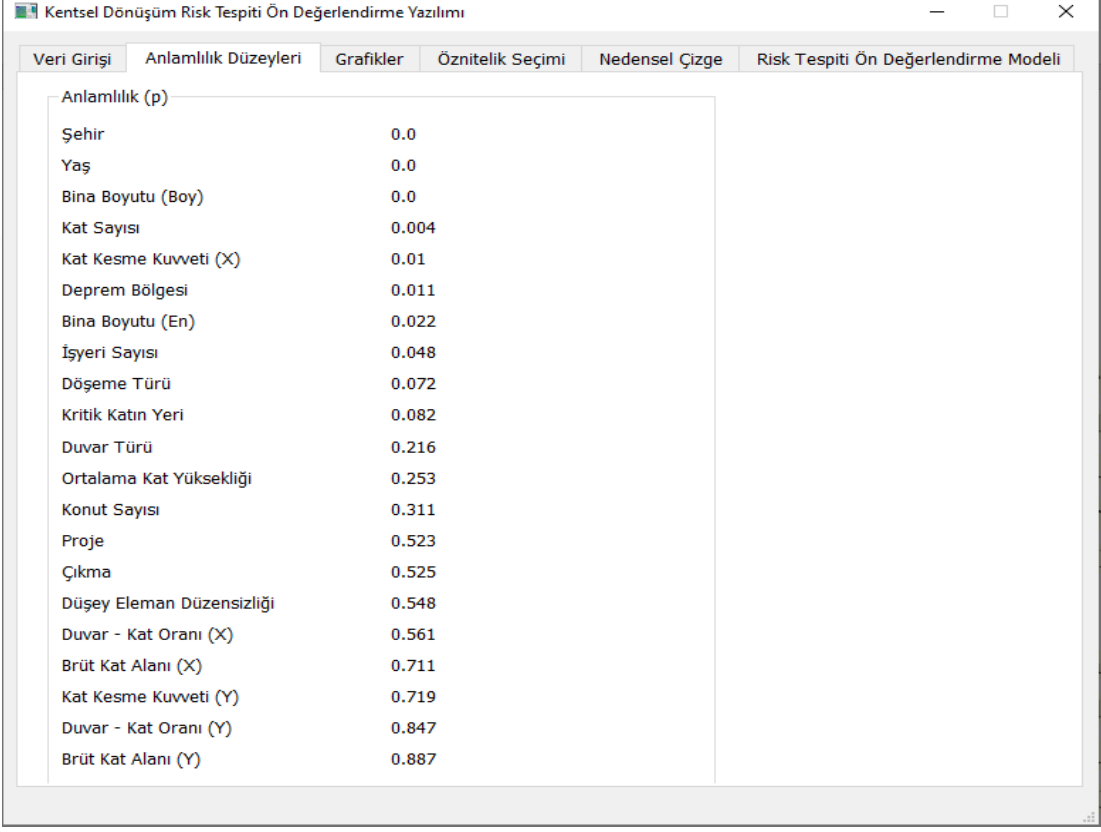
Mevcut CSV Dosyasına Ekle
Gözet

Şekil 7.1. Yeni veri girişi ekranı

7.2. Anlamlılık Düzeyleri

Öznitelik indirgenmesi işleminde, bağımsız değişkenlerden hangisinin *Risk* üzerinde daha etkili olduğunu belirlemek için çalışmanın önceki bölümlerinde anlatıldığı üzere lojistik regresyon ile analiz yapılmaktadır. Analiz sonucunda modele dahil edilen değişkenler anlamlılıklarına göre sıralanarak sunulmaktadır. Buna göre kullanıcı modele dahil etmek istediği öznitelikleri istatistiksel olarak değerlendirerek modeli oluşturabilmektedir.

Modele dahil edilecek değişken seçiminde anlamlılık tek başına değerlendirilmemelidir. Ancak kullanıcıya fikir vermesi açısından, analiz sonucunda elde edilen anlamlılık düzeyleri paylaşılmıştır. Yeterli kuramsal bilgi ile değerlendirilerek anlamlılık katsayısının düşük olduğu değerler için model oluşturarak yazılımda sonuç üretilebilmektedir.

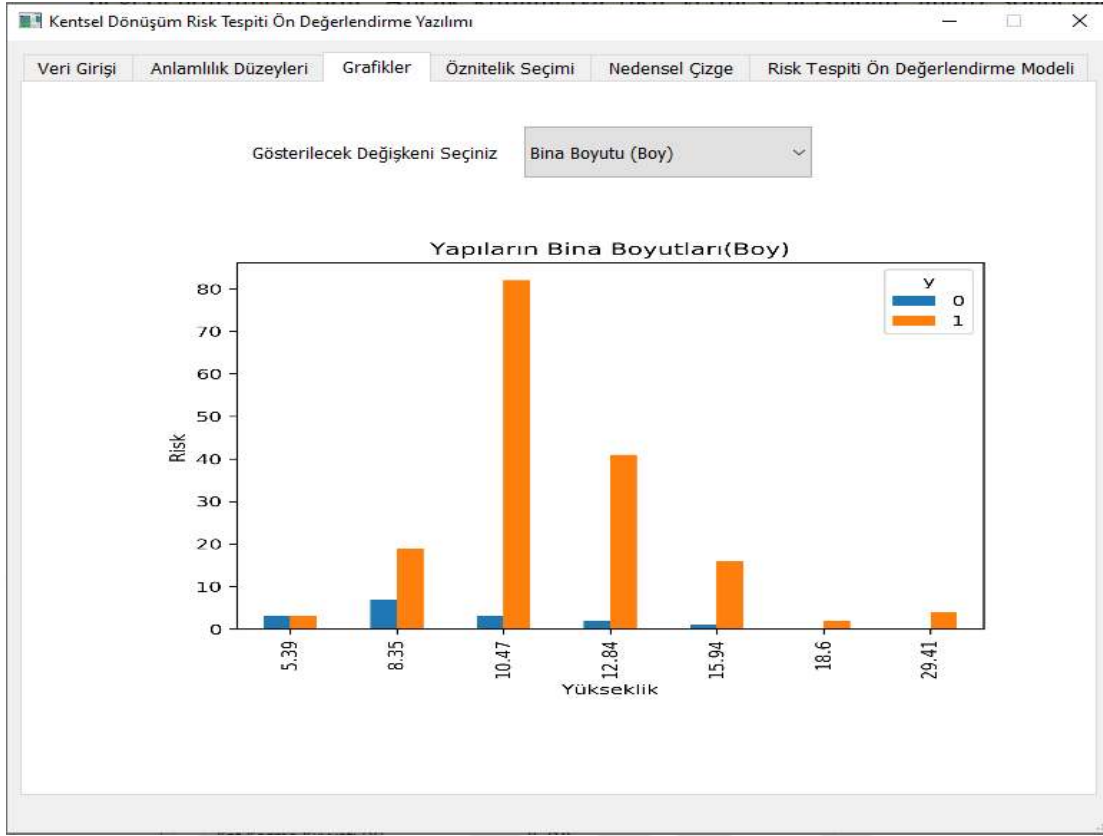


Anlamlılık (p)	
Şehir	0.0
Yaş	0.0
Bina Boyutu (Boy)	0.0
Kat Sayısı	0.004
Kat Kesme Kuvveti (X)	0.01
Deprem Bölgesi	0.011
Bina Boyutu (En)	0.022
İşyeri Sayısı	0.048
Döşeme Türü	0.072
Kritik Katın Yeri	0.082
Duvar Türü	0.216
Ortalama Kat Yüksekliği	0.253
Konut Sayısı	0.311
Proje	0.523
Çıkma	0.525
Düşey Eleman Düzensizliği	0.548
Duvar - Kat Oranı (X)	0.561
Brüt Kat Alanı (X)	0.711
Kat Kesme Kuvveti (Y)	0.719
Duvar - Kat Oranı (Y)	0.847
Brüt Kat Alanı (Y)	0.887

Şekil 7.2. Değişken anlamlılık düzeyleri ekranı

7.3. İstatistiksel Grafikler

Analizi yapılan veri setine göre, kayıtların seçilen değişkene göre dağılımı grafikleri gösterilmektedir. *Bina Boyutu (Boy)* değişkeni için mevcut veri setinin yer aldığı grafik Şekil 7.3. 'deki gibidir. Bağımlı değişken olan Risk sonucu üzerindeki değişimi de ifade eden grafikler sayesinde değişken değerlerinin sonuca etkisi görsel olarak da değerlendirilebilmektedir.



Şekil 7.3. İstatistiksel grafikler ekranı

7.4. Öznitelik Seçimi

Kullanıcı, anlamlılık sonuçlarından elde ettiği istatistiksel varsayım ve kuramsal bilgiye dayanarak kurduğu modele göre *Risk* değerinin tahmin edilmesini isteyebilir. Seçilen değişkenlerin lojistik regresyon modeline dahil edilmesi sağlanarak, sadece doğrudan ilişkilerin yer aldığı katsayılar göre tahminde bulunmaktadır.

Şekil 7.4.'de yer alan ekran ilk açıldığında modele, seçilmiş olan 5 değişken için veri girişi beklenmektedir. Eğer kullanıcı kendi bilgi ve deneyimlerine göre farklı değişkenler ile tahmin üretmek isterse, ilgili alanlara değişken değerlerini girmesi durumunda lojistik regresyon katsayılarından faydalanılarak tahmin yapılmaktadır.

Öznitelik Seçimi kısmında belirlenen değişkenlere göre elde edilen sonuçlar, herhangi bir nedensel model oluşturulmadan, sadece değişkenlerin sonuç üzerine doğrudan etkileri ile üretilmektedir.

Kentsel Dönüşüm Risk Tespiti Ön Değerlendirme Yazılımı

Veri Girişi Anlamlilik Düzeyleri Grafikler **Öznitelik Seçimi** Nedensel Çizge Risk Tespiti Ön Değerlendirme Modeli

☒ Şehir	Eskişehir	☒ Yaş	integer
☒ Bina Boyutu (Boy)	double	☒ Kat Sayısı	integer
☒ Deprem Bölgesi	1,2,3,4,5	☐ Kat Kesme Kuvveti (X)	double
☐ İşyeri Sayısı	integer	☐ Bina Boyutu (En)	double
☐ Duvar Türü	Kerpiç	☐ Döşeme Türü	Kırsılı
☐ Ortalama Kat Yüksekliği	double	☐ Kritik Katın Yeri	Bodrum
☐ Çıkma Var mı?	No	☐ Proje Var mı?	No
☐ Düşey Eleman Düzensizliği	No	☐ Konut Sayısı	integer
☐ Kat Kesme Kuvveti (Y)	double	☐ Duvar - Kat Oranı (X)	double
☐ Duvar - Kat Oranı (Y)	double	☐ Brüt Kat Alanı (X)	double
☐ Brüt Kat Alanı (Y)	double		

Risk Tespiti

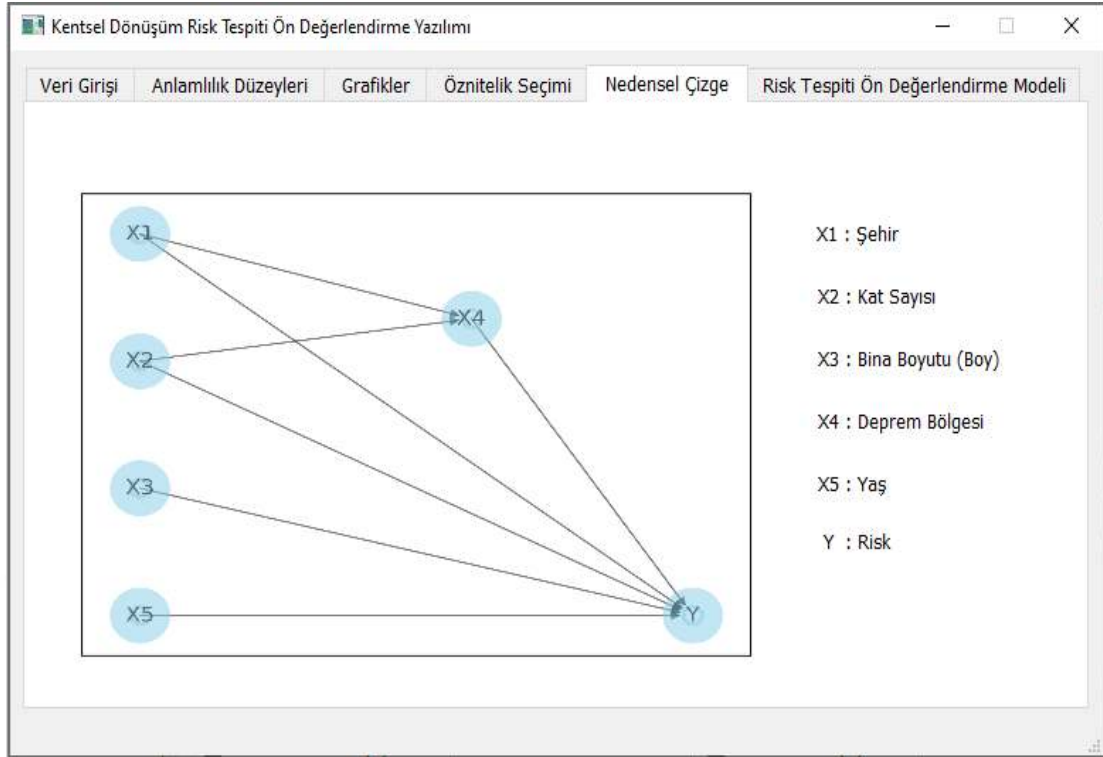
RİSK HESAPLA

Sonuç :

Şekil 7.4. Öznitelik seçimi ekranı

7.5. Nedensel Çizge

Uzman görüşü ve kuramsal bilgi sonucu iz analizine dahil edilen değişken ve değişkenler arası ilişkiler çalışmanın önceki kısımlarında değerlendirilmiştir. Buna göre oluşturulan nedensel çizge modeline göre yazılım, istatistiksel bilgiyi bağımlı değişkenin veri türünün ayrık yapısından dolayı lojistik regresyon analizi ile sağlamaktadır. *Model – 2*'ye göre beş bağımlı değişkeni yer aldığı nedensel çizge modeli Şekil 7.5'de yer almaktadır.



Şekil 7.5. Nedensel çizge ekranı

7.6. Ön Değerlendirme Modeli

Oluşturulan nedensel çizge modelinde, öznitelik seçimi sonucu belirlenmiş 5 bağımsız değişkenin, *Risk* bağımlı değişkeni üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri yer almaktadır. Belirlenen bu etkilere göre, kullanıcı tarafından girilen 5 bağımsız değişken, yapıya yapının risk tespiti ön değerlendirmesi yapılmaktadır.

Kentsel Dönüşüm Risk Tespiti Ön Değerlendirme Yazılımı

Veri Girişi | Anlamlılık Düzeyleri | Grafikler | Öznitelik Seçimi | Nedensel Çizge | Risk Tespiti Ön Değerlendirme Modeli

Veri Girişi

Şehir	Eskişehir	Yaş	integer
Bina Boyutu (Boy)	double	Kat Sayısı	integer
Deprem Bölgesi	1,2,3,4,5		

Risk Ön Değerlendirme

RISK HESAPLA

SONUÇ :

Şekil 7.6. Risk tespiti ön değerlendirme modeli ekranı

8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kentsel dönüşüm kapsamında değerlendirilecek riskli yapıların tespiti için uygulanması gereken bir takım raporlama ve analiz parametreleri bulunmaktadır. 6306 sayılı Kanun kapsamında riskli yapıların tespiti için yetkilendirilmiş kurum ve kuruluşlar, yapı genel bilgileri ve yapıdan bilgi toplanması temel başlıkları altında yer alan parametrelere göre gerekli inceleme ve değerlendirmeleri yaparak, risk kararını üretmektedirler.

Kentsel dönüşüm bölgesel olarak yapılabildiği gibi bireysel başvurular neticesinde tek bir yapıya da uygulanabilmektedir. Ancak bölgesel risk durumunun tanımlanmasında kullanılacak yöntemler bilim ve tekniğin gereği istatistiksel olarak anlamlı sayıda bina ihtiva eden alanlarda uygulanabilir. Bu yöntemler tekil binada risk değerlendirme amaçlı olarak kullanılamazlar [53]. Bu amaçla hazırlanan mevcut hızlı tarama formları, riskli alan olarak ilan edilmiş alanlarda yer alan çoklu yapılara uygulanmakta ve çok sayıda parametreden oluşmaktadır. Kentsel dönüşüm sürecinde riskli yapıların ve kentsel dönüşüm uygulanacak bölgelerin belirlenmesi sırasında değerlendirilmesi gereken parametrelerin sayıca fazla olması değerlendirme sürecini karmaşıktırdığı gibi, maliyeti arttıran aynı zamanda da yapılara tahribat veren bir uygulamadır.

Olası afetlere karşı can ve mal güvenliğini sağlamak için yapılan riskli alan belirleme çalışmalarında en önemli noktalardan biri, alanların risk seviyelerinin ve önceliklerinin sabit kriterlere göre ve homojen bir şekilde belirlenmesidir. Bu anlamda ilgili kanunlar incelendiğinde alanların risk seviyelerinin ve önceliklerinin belirlenmesinde sabit kriterlerin ve bunların riskliliğe olan etkilerinin değerlendirilmediği görülmektedir. Birden fazla kurumun yetkili olmasından dolayı alanların risk seviyelerinin ve önceliklerinin belirlenmesinde kurumlar için farklı kriterler farklı oranlarda önem taşımaktadır. Bu durumda ulusal bir standart sağlanamamaktadır. Ayrıca bina veri toplama formlarının doldurulması aşamasında doğru ve sağlıklı veri elde edilebilmesi için saha inceleme ekibinin; kesinlikle inşaat mühendisi veya inşaat teknikerliği bölümlerinden mezun olmuş olan ve veri toplama formunda talep edilen verileri doğru tespit ederek yorumlayabilecek bilgi ve birikime sahip olan kişilerden seçilmesi gerekmektedir. Değerlendirmede kullanılacak verilerin ancak uzmanlar tarafından, yapıda gerekli gözlem ve ölçümlerin yapılması sonucu elde

edilmesi gerekmektedir. İncelemeye konu olan yapı hakkında verilen risk kararının uygunluğu, söz konusu tespiti yapan yapı mühendisinin bilgi, beceri ve deneyimi ile doğru orantılıdır.

Mevcut literatüre katkı sağlamayı hedefleyen bu çalışmada, karar sürecini optimum hale getirmek amacıyla; İlgili Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Kentsel dönüşüm kapsamında değerlendirilen tekil yığma yapıların risk tespitinde etkili parametreler seçilerek, aralarındaki etkileri gösteren yolları ortaya çıkarmak için nedensel bir model oluşturulmuştur. Bu amaçla, 6306 sayılı kanun hükümleri dikkate alınarak, kentsel dönüşüm sürecinde yetkili kurum ve kuruluşların, risk tespiti yapılan yığma binaların risk durumu hakkında vermiş oldukları kararlara göre değerlendirilen parametreler seçilerek riskli yapı tespiti için bir ön değerlendirme modeli önerilmiştir.

Parametre seçiminde, bağımlı değişken olan *Risk* sonucunun ayrık yapısından dolayı ikili lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Modelde yer alacak parametrelerin doğrudan etkileri de lojistik regresyon katsayılarına göre belirlenmiştir. Oluşturulan nedensel çizge modelinde, parametrelerin doğrudan ve dolaylı etkilerini incelemek için iz analizi yöntemi kullanılmıştır. Geleneksel iz analizi yönteminde, değişkenler arasındaki etkileşimler hesaplanırken doğrusal regresyon katsayılarından faydalanılmaktadır. İz analizi ile nedensel model değerlendirilirken doğrusal olmayan olayların, gerçek dünyada olayların neredeyse tamamı doğrusal değildir yaklaşımı ile doğrusallık varsayımı ile analiz edilmesi veri kayıplarına yok açmaktadır. Doğrusal olmayan bir modelin analizi, doğrusal varsayımlar gerçekleştirildiğinde modelde yer alan ayrık, kategorik değişken yapısı göz ardı edilmektedir. Bu noktadan hareketle, veri kayıplarını önlemek için oluşturulan yazılım, modelde yer alan değişken veri yapısına uygun analizleri gerçekleştirerek bu doğrultuda elde edilen katsayılar göre tahminde bulunmaktadır. Çalışmada iz katsayıları verinin ayrık yapısına uygun olarak elde edildiği için, herhangi bir veri kaybı oluşmamıştır.

Oluşturulan nedensel model etkilerine göre, yazılımda kullanıcının girdiği değerlere göre yapı risk durumu belirlenmektedir. Buna göre, ileri analiz teknikleri ile risk tespiti yapıp yapılmayacağını belirleyen bir ön değerlendirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Özellikle tekil yığma yapılar için oluşturulan bu model, yapı

mevcut risk durumunu, yapıya kalıcı bir hasar vermeden, ek maliyet ödemedi ve kısa sürede değerlendirmesini sağlamak için önemlidir.

Çalışma kentsel dönüşüm konusunda, az parametre sayısı ile tahmin başarısı oldukça yüksek bir ön değerlendirme modeli önermektedir. Risk kararını üretmede etkisi istatistiksel olarak belirlenen beş değişken için kurulan modelde, doğrudan etkiler ile yapılan hesaplamalar sonucunda model doğru sınıflandırma oranı, %89 (0.890710383) iken, bilgi ve istatistiksel yaklaşımların birlikte değerlendirilerek oluşturulduğu nedensel model sayesinde değerlendirmeye dolaylı etkilerin de dahil edilmesi ile doğruluk oranı %96 (0.967213115)'ya yükselmiştir.

8.1. Değerlendirme

Bu çalışmada sunulan yazılım ile mevcut riskli yapı verilerini kullanarak “risk” kararında en etkili tahmin değişkenleri belirlenmiş, belirlenen tahmin değişkenlerini kullanarak farklı yapıların risk durumunun hesaplanmasında kullanılabilecek bir fonksiyon geliştirilmiş ve tahmin değişkenleri arasındaki ilişkilerinde dahil edilerek geliştirildiği fonksiyon ile gelecek gözlemlerin minimum hatayla risk durumu tespiti yapması sağlanmıştır.

Üç farklı coğrafi bölgeden elde edilen verilere dayanarak oluşturulmuş, önerilen ön değerlendirme modeli ile karar sürecine katkı sağlayarak, risk tespit maliyetlerinin ve yapıda oluşturulan tahribatın azaltılması amaçlanmaktadır. Bu modele göre normalde saha çalışması, yapıdan veri toplanması ve simülasyon adımları ile haftalar süren risk tespit süreci optimum hale getirilerek, yapının risk durumu (Riskli/Risksiz) hakkında bilgi edinilmesi sağlanmaktadır.

Ayrıca hazırlanan yazılımın yeni veri girişine imkan vermesi ile mevcut dönüşüm çalışmalarında kullanılmak üzere diğer bölgeler için veri toplanarak risk değerlendirmesi ve analizi yapılabilir. Bununla birlikte il, ilçe, bölge ve ülke için bir “Risk Veritabanı” oluşturulabilir.

Oluşturulan model, karmaşık ve çok sayıda parametreye sahip kavramsal çerçeveye dayanan bir örnek çalışma ve iz modeli sürecini içeren, farklı bölge ve yapılarda da uygulanabilir bir modeldir.

KAYNAKÇA

- [1] Uğur, L. O., Aliefendioğlu, Y. ve Saka, M. (2016). Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkında kanun'a göre riskli yapı tespitinde karşılaşılan uygulama problemlerinin vaka tabanlı incelenmesi: Tekirdağ ili örneği, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.*, 4, 354–375.
- [2] Genç, F. N. (2008). Türkiye’de kentsel dönüşüm: mevzuat ve uygulamaların genel görünümü. *Yönetim ve Ekon.*, 15(1), 115–130.
- [3] Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı - Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü. <http://www.csb.gov.tr/gm/altyapi/index.php?Sayfa=iller>. (Erişim Tarihi: 02.01.2017)
- [4] T.C. Resmi Gazete. (2012). *Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar EK-2*. Türkiye.
- [5] Ulusal Deprem Konseyi. (2002). *Deprem zararlarını azaltma ulusal stratejisi raporu*. Ankara, Türkiye.
- [6] Durak, S. (2007). *Ege Bölgesinde yaygın olarak kullanılan yığma yapılar ve bu yapıların deprem güvenliği*. Yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7] Özcebe, G., Yucemen, M. S. and Aydoğan, V. (2004). Statistical seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in Turkey on a regional scale. *J. Earthq. Eng.*, 8(5), 749–773.
- [8] Solak, H. İ. ve Alaybeyoğlu, A. (2017). Kentsel dönüşüm’de riskli alan önceliklerinin belirlenmesi için bulanık mantık tabanlı sistem tasarımı. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknol. Derg.*, 5(4), 402–413.
- [9] Şişman, A. ve Kibaroglu, D. (2009). Dünyada ve Türkiye’de Kentsel dönüşüm uygulamaları. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*’nda sunulan bildiri. Ankara, Türkiye, 11-15 Mayıs 2009.
- [10] Polat, S. ve Dostoğlu, N. (2007). Kentsel dönüşüm kavramı üzerine: Bursa’da

Kükürtlü ve Mudanya örnekleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg.*, 12(1), 61–76.

- [11] Dündar, Ö. (2001). Models of urban transformation. *Cities*, 18(6), 391–401.
- [12] Lin, G. C. S. (2007). Reproducing spaces of Chinese urbanisation: new city-based and land-centred urban transformation. *Urban Stud.*, 44(9), 1827–1855.
- [13] Ataöv, A. ve Osmay, S. (2007). Türkiye’de kentsel dönüşüm yöntemsel bir yaklaşım. *METU JFA*, 2, 57–82.
- [14] Karadağ, A. ve Mirioğlu, G. (2012). Bayraklı kentsel dönüşüm projesi üzerine coğrafi değerlendirmeler. *Türk Coğrafya Derg.*, 57, 21–32.
- [15] Unalan, D. (2010). Sustainability of new urbanism: cases from Istanbul. *Next generation infrastructure systems for eco-cities. IEEE*, 1–6.
- [16] Özyılmaz Küçükyavaş P. ve Ocakçı, M. (2019). Bulanık mantık yönteminin kentsel alan çalışmalarında kullanımı. *Kent Akad.*, 12(2), 299–308.
- [17] Ningthoujam, M. C. and Radhikesh, N. P. (2018). Rapid visual screening procedure of existing building based on statistical analysis. *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, 28(January), 720–730.
- [18] Arya, A. S. and Agarwal, A. (2002). *Rapid Visual Screening of RCC Buildings*. National Disaster Management Division.
- [19] Federal Emergency Management Agency. (2002). *FEMA 154, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards*. Washington, DC.
- [20] Tozlu, Z., Anıl, Ö. ve Şahmaran, M. (2015). 6306 Sayılı Kentsel Dönüşüm Yasası kapsamında yer alan hızlı değerlendirme tekniğinin geniş kapsamlı saha uygulaması : Niğde örneği. 3. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*'nda sunulan bildiri. İzmir, 14-16 Ekim 2015.
- [21] Bal, İ. E., Tezcan, S. S. ve Gülay, F. G. (2007). Betonarme binaların göçme riskinin belirlenmesi için P25 hızlı değerlendirme yöntemi. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, s. 661–674.
- [22] Earthquake Planning and Protection Organization (OASP). (2000). *Provisions*

for pre-earthquake vulnerability assessment of public buildings (Part A). Athens, Greece.

- [23] NZSEE. (2006). *Assessment and improvement of the structural performance of buildings in earthquake, recommendations of a NZSEE study group on earthquake risk buildings.* New Zealand.
- [24] Wallace, N.M. and Miller, T. (2008). Seismic screening of public facilities in Oregon's western countries. *Pract. Period. Struct. Des. Constr.*, 13(4).
- [25] The Japan Building Disaster Prevention Association. (2001). *JPDPA, Seismic evaluation and retrofit.* Japan.
- [26] Angeletti, P., Bellina, A., Grandor, E. G., Moretti, A., Petrini, V. (1988). Comparison between vulnerability assessment and damage index, some results. *Proceedings of 9th World Conference on Earthquake Engineering*, Tokyo-Kyoto, Japan, Aug. 2-9, 1988. pp. 181–186.
- [27] European Committee for Standardization. (2004). *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance -Part 1:general rules, seismic actions and rules for buildings.* Brussels, Belgium.
- [28] Institute for Research in Construction National Research Council. (1993). *NRRC manual for screening of buildings for seismic investigation.* Ottawa, Canada.
- [29] Yakut, A. (2004). A preliminary seismic assessment procedure for reinforced concrete buildings in Turkey. *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada, Aug. 1-6, 2004, no. 897.
- [30] Sucuoglu, H. and Yazgan, U. (2003). Simple survey procedures for seismic risk assessment in urban building stocks. *Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings*, 97–118.
- [31] Anıl, Ö., Şahmaran, M. ve Koçkar, M. K. (2017). 6306 Sayılı Kentsel Dönüşüm Yasası risk değerlendirme tekniklerinin saha uygulaması: Beyoğlu örneği. *4.Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir : Anadolu Üniversitesi, 11-13 Ekim 2017.
- [32] Temur, R. (2006). Geliştirilmiş hızlı durum tespit yöntemi. *Yapısal Onarım ve*

Güçlendirme Sempozyumu. Pamukkale, Denizli, 7-8 Aralık 2006.

- [33] Yakut, A., Ozcebe, G. ve Yucemen, M. S. (2004). A statistical procedure for the assessment of seismic performance of existing reinforced concrete buildings in Turkey. *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada, Aug. 1-6, 2004, no. 687.
- [34] Bal, İ. E., Tezcan, S. ve Gulay, G. (2006). Advanced applications of the P25 Scoring method for the rapid assessment of RC buildings. *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Geneva, Switzerland, Sep. 3-8, 2006. pp. 1–10.
- [35] Tetik-Biçer, Ç. (2017). *Heyelan risk haritalaması üzerine yarı sayısal bir değerlendirme*. Doktora Tezi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [36] Durap, A. ve Doğan, Y. (2015). İnşaat mühendisliğinde bilişim kavramı ve veri madenciliği algoritmaları ile bir uzman sistemin oluşturulması. *İnşaat Mühendisliğinde Veri Madenciliği*.
- [37] Bursac, Z., Gauss, C. H., Williams, D. K., Hosmer, D. W. (2008) Purposeful selection of variables in logistic regression. *Source Code Biol. Med.*, 3(17), 1–8.
- [38] Zhang, Y., Lee, J. R., Chughtai, B., Padman, R. (2018). Variable selection for chronic disease outcome prediction using a causal inference technique: a preliminary study. *2018 IEEE International Conference on Healthcare Informatics, ICHI 2018*, pp. 136–143.
- [39] Yang, Z., Liang, Y., Zhang, H., Chai, H., Zhang, B., Peng, C. (2018). Robust sparse logistic regression with the L_q ($0 < q < 1$) regularization for feature selection using gene expression data. *IEEE Access*, 6, 68586–68595.
- [40] Potharaju, S. P. and Sreedevi, M. (2018). Correlation coefficient based candidate feature selection framework using graph construction. *Gazi Univ. J. Sci.*, 31(3), 775–787.
- [41] Muller, S., Harpes, C., Le Traon, Y., Gombault, S., Bonnin, J.M. (2016). Efficiently computing the likelihoods of cyclically interdependent risk scenarios.

Comput. Secur., 64, 59–68.

- [42] Venkata Rao, R. and Gandhi, O. P. (2002). Failure cause analysis of machine tools using digraph and matrix methods. *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, 42(4), 521–528.
- [43] Upadhay, N. and Agarwal, V. P. (2007). Structural modeling and analysis of intelligent mobile learning environment: a graph theoretic system approach. *J. Appl. Quant. MEthods- Model. Algorithms*, 2(2), 226–248.
- [44] Azan, W., Ivanaj, S. and Rolland, O. (2019). Modular path customization and knowledge transfer : causal model learnings. *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, 140, 182–193.
- [45] Wani, M. F. and Gandhi, O. P. (1999). Development of maintainability index for mechanical systems. *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, 65(3), 259–270.
- [46] Faisal, M. N., Banwet, D. K. and Shankar, R. (2007). Information risks management in supply chains: an assessment and mitigation framework. *J. Enterp. Inf. Manag.*, 20(6), 677–699.
- [47] Baykasoğlu, A. (2013). İş süreçleri modelleme / benzetim yazılımı seçimi için ‘çizge teorisi’ ve ‘matris yöntemi’ temelli bir yaklaşım. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 28(3), 555–566.
- [48] Souravlas, S., Sifaleras, A. and Katsavounis, S. (2019). A parallel algorithm for community detection in social networks , based on path analysis and threaded binary trees. *IEEE Access*, 7, 20499–20519.
- [49] Yıldırım, M. T. (2001). *Bina işlevi ile bina biçimi ilişkisinde çizge teorisi kullanımı ile veri eldesi*. Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Billimleri Enstitüsü.
- [50] Kayabali, K. and Akin, M. (2003). Seismic hazard map of Turkey using the deterministic approach. *Eng. Geol.*, 69(1–2), 127–137.
- [51] Sönmez, M. E. (2011). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı deprem hasar riski analizi: Zeytinburnu (İstanbul) örneği. *Türk Coğrafya Kurumu*, 56, 11–22.
- [52] T.C. Resmi Gazete. (2012). 6306 Sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliği.

Türkiye.

- [53] T.C. Resmi Gazete. (2012). *6306 Sayılı Kanun Uygulama Yönetmeliği EK-2*. Türkiye.
- [54] Lichfield, D. (1992). *Urban regeneration for the 1990s*. London: London Planning Advisory Committee.
- [55] Donnison, D. (1993). Agenda for the Future, McConnell, C. (Ed.), in *Trickle Down on Bubble Up*. London New York.
- [56] Akkar, Z. M. (2006). Kentsel dönüşüm üzerine batı'daki kavramlar, tanımlar, süreçler ve Türkiye. *TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını*, 2(36), 29–39.
- [57] Roberts, P. (2017). The evolution, definition and purpose of urban regeneration. Roberts, P., Sykes, H., Granger, R. (Eds.), in *Urban Regeneration* (pp. 9–43). London: SAGE Publications.
- [58] Turok, I. (2005). Urban regeneration: what can be done and what should be avoided. *Istanbul 2004 International Urban Regeneration Symposium: Workshop of Kucukcekmece District*, Istanbul, Turkey, pp. 57–62.
- [59] Atkinson, R. (2004). Urban regeneration; partnerships and community participation: lessons from the UK. *Uluslararası Kentsel Dönüşüm Uygulamaları Sempozyumu*, pp. 12–18.
- [60] T.C. Resmi Gazete. (2005). *5393 Nolu Belediye Kanunu*. 13.07.2005, Türkiye.
- [61] T.C. Resmi Gazete. (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar*. Türkiye.
- [62] Çalışkan Değirmenci, Ö. ve Ekin, Ö. (2014). Deprem davranışları incelenecek olan yığma yapıların durumları hakkında ilk izlenimler. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, 1(2), 1–8.
- [63] Nanda, R. P. and Majhi, D. R. (2014). Rapid seismic vulnerability assessment of building stocks for developing countries. *KSCE J. Civ. Eng.*, 18(7), 2218–2226.
- [64] Bayülke, N. (1992). *Yığma Yapılar*. (2.Baskı). Ankara, Türkiye: T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi

Başkanlığı.

- [65] Cenik, O., Selim, H. H. ve Güler, K. (2018). Kadıköy (İstanbul)'de yığma bir binanın deprem riskinin belirlenmesi. *Uygulamalı Yerbilim. Derg.*, 17(1), 69–85.
- [66] İnangu, A. ve Kırbaş, H. (1999). Anadolu levhası üzerinde Kütahya'nın deprem tehlikesi. *Fen Bilim. Derg.*, 1, 297–312.
- [67] “Riskli Yapı Süreci.” http://www.csb.gov.tr/gm/altyapi/riskli_yapi_sureci.html. (Erişim Tarihi: 19.12.2016).
- [68] Keleşoğlu, M. K., Öztörün, N. K., Çinicioğlu, S. F., Bozbey, İ., Öztoprak, S., Özyazgan, C., Çelik, T. (2003). Deprem risk analizi:Bakırköy ilçesi örneği. *Risk Analysis*.
- [69] Shiga, T., Shibata, A. and Takahashi, T. (1968). Earthquake damage and wall index of reinforced concrete buildings. *Proceedings of Tohoku District Symposium*, pp. 29–32.
- [70] Federal Emergency Management Agency. (2015). *FEMA 155, rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: supporting documentation*. Washington, D.C.
- [71] Bal, İ. E. (2005). *Deprem etkisindeki betonarme binaların göçme riskinin hızlı değerlendirme yöntemleri ile belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [72] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2012), *Riskli yapıların tespit edilmesine ilişkin esaslar*.
- [73] İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Dairesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü. (2003), *İstanbul için deprem master planı*. İstanbul.
- [74] T.C. Resmi Gazete. (2012). *Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun*, no. 28309. Türkiye.
- [75] Özçelik, Ö., Baran, T., Saatçi, A., Mısıır, İ. S., Kahraman, S., Girgin, S. C. (2013). Balçova ve Seferihisar ilçelerinde gerçekleştirilen yapı stoğu envanter ve deprem güvenliği ön değerlendirmesi projesi sonuçları. *TMMOB 2. İzmir Kent Sempozyumu*, s. 157–167, İzmir.

- [76] T.C. Resmî Gazete. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018*. Türkiye.
- [77] Thakkar, J., Kanda, A. and Deshmukh, S. G. (2008). Evaluation of buyer-supplier relationships using an integrated mathematical approach of interpretive structural modeling (ISM) and graph theoretic matrix: the case study of Indian automotive SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(1), 92-124.
- [78] Zhao, K. and Upadhyaya, B. R. (2005). Adaptive fuzzy inference causal graph approach to fault detection and isolation of field devices in nuclear power plants. *Prog. Nucl. Energy*, 46(3-4), 226-240.
- [79] Seker, S. E. (2015). Çizge teorisi (graph theory). *YBS Ansiklopedi*, 2(2), 17-29.
- [80] Spirtes, P., Glymour, C. and Scheines, R. (2000) *Causation, prediction and search*. MIT Press.
- [81] Hoover, K. D. (2019) Causal search using graphical causal models. <http://public.econ.duke.edu/~kdh9/Courses/Graphical%20Causal%20Models/Web%20Materials/Lecture%202.pdf>. (Erişim Tarihi: 03.07.2019)
- [82] Preiss, B. R. (1998). *Data Structures and algorithms with object-oriented design patterns in C++*. (1. edition). Wiley.
- [83] Wu, W. W. (2010). Linking bayesian networks and PLS path modeling for causal analysis. *Expert Syst. Appl.*, 37(2010), 134-139.
- [84] Glymour, C., Zhang, K. and Spirtes, P. (2019). Review of Causal discovery methods based on graphical models. *Front. Genet.*, 10(June), 1-15.
- [85] Pedhazur, E. J. (1997). *Multiple Regression in Behavioral Research Explanation and Prediction*. (Third Edit.). United States of America: Thomson Learning.
- [86] Voegeli, G., Hediger, W. and Romerio, F. (2019). Sustainability assessment of hydropower: using causal diagram to seize the importance of impact pathways. *Environ. Impact Assess. Rev.*, 77(2019), 69-84.
- [87] Goldvarg, E. and Johnson-Laird, P. N. (2001). Naive causality: a mental model theory of causal meaning and reasoning. *Cogn. Sci.*, 25, 565-610.
- [88] Sümbüloğlu, V., Alpar, R. ve Özdemir, P. (1998). Değişkenler arası ilişkilerin

- incelenmesi. *İç Hast. Derg.*, 5(6), 416–419.
- [89] Gosain, A. and Bhugra, M. (2013). A comprehensive survey of association rules on quantitative data in data mining. *2013 Conference on Information and Communication Technologies (ICT 2013)*, pp. 1003–1008.
- [90] Pearl, J., Glymour, M. and Jewell, N. P. (2016). *Causal inference in statistics*. United Kingdom: Wiley.
- [91] Olmuş, H. ve Erbaş, S. (2012). Bayes ağlarda kümeleme metotunu kullanarak meme kanseri tanısının modellenmesi. *Türkiye Klin.*, 4(1), 10–19.
- [92] Akçaoğlu, Ö. (2012). *Değer akış haritalarında belirlenen darboğazların çözümü için bayes ağları ile senaryo üretimi: çamaşır makinası fabrikasında bir uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [93] Spirtes, P. and Zhang, K. (2016). Causal discovery and inference: concepts and recent methodological advances. *Appl. Informatics*, 3(3), 1–28.
- [94] Greenland, S. and Pearl, J. (2014). Causal diagrams. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*.
- [95] Eberhardt, F. (2017). Introduction to the foundations of causal discovery. *Int. J. Data Sci. Anal.*, 3(2), 81–91.
- [96] Marx, A. and Vreeken, J. (2017). Telling cause from effect using MDL-Based local and global regression. *2017 IEEE International Conference on Data Mining*, pp. 307–316.
- [97] Chikhaoui, B., Wang, S., Xiong, T., Pigot, H. (2014). Pattern-based causal relationships discovery from event sequences for modeling behavioral user profile in ubiquitous environments. *Inf. Sci. (Ny)*, 285(1), 204–222.
- [98] Jupiter, D. C. (2014). Causal diagrams and multivariate analysis 11: precision work. *J. Foot Ankle Surg.*, 53(6), 829–831.
- [99] Çil, İ., Karaduman, E., Özçetin, K. N., İpek, M. (2018). Bir Tekstil firmasında satış tahminleri üzerinden emniyet stoğu gün sayısının sistem dinamiği yaklaşımıyla belirlenmesi. *Sak. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, 22(2),

826–837.

- [100] Ackermann, F. and Alexander, J. (2016). Researching complex projects : using causal mapping to take a systems perspective. *Int. J. Proj. Manag.*, 34(6),891–901.
- [101] Pearl, J. (2000). *Causality: Models, Reasoning and Inference*. Cambridge University Press.
- [102] Wang, Y., Wang, X. and Cheng, Y. (2006). A causal discovery approach to identifying active components of herbal medicine. *2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 27th Annual Conference*.
- [103] Elwert, F. (2013). Graphical Causal Models. in *Handbook of Causal Analysis for Social Research*, pp. 245–273. Dordrecht: Springer.
- [104] Ionica, A. and Edelhauser, E. (2006). A diagraph model for evaluating the C-S relationship in the QMS context. *Ann. Univ. Petroşani, Mech. Eng.*, 8, 51–56.
- [105] Thakker, A., Jarvis, J., Buggy, M., Sahed, A. (2008). A novel approach to materials selection strategy case study: wave energy extraction impulse turbine blade. *Mater. Des.*, 29(10), 1973–1980.
- [106] Lipschutz, S. (1976). *Discrete mathematics (Schaum's Outlines)*. Mcgraw-Hill.
- [107] Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2012). *Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik SPSS ve LISREL uygulamaları*. (2. Baskı). Ankara, Türkiye: Pegem Akademi.
- [108] Coşkun, S., Kartal, M., Coşkun, A., Bircan, H. (2004). Lojistik regresyon analizinin incelenmesi ve dişhekimliğinde bir uygulaması. *Cumhur. Üniversitesi Diş Hekim. Fakültesi Derg.*, 7(1).
- [109] Aktaş, C. ve Erkuş, O. (2009). Lojistik regresyon analizi ile Eskişehir'in sis kestiriminin incelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, 8(16), 47–59.
- [110] Press, S. J. and Wilson, S. (1978). Choosing between logistic regression and discriminant analysis. *J. Am. Stat. Assoc.*, 73(364), 699–705.

- [111] Hosmer, D. W. and Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression*. (2nd ed.) Hoboken, NJ,USA: John Wiley & Sons, Inc.
- [112] Kaşko, Y. (2007). *Çoklu bağlantı durumunda ikili (binary) lojistik regresyon modelinde gerçekleşen I. tip hata ve testin gücü*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [113] Agresti, A. (2007). *An introduction to categorical data analysis*. (2nd ed.). Florida, United States: Wiley.
- [114] Harrell, F. E. (2015). Binary logistic regression. in *Regression modeling strategies*. (2nd ed.). (pp. 219–274). Cham,Switzerland: Springer Series in Statistics, Springer.
- [115] Lei, D., Du, M., Chen, H., Li, Z., Wu, Y. (2016). Distributed parallel sparse multinomial logistic regression. *IEEE Access*, 4, 1–13.
- [116] Bonney, G. E. (1987). Logistic regression for dependent binary observations. *Int. Biometric Soc.*, 43(4), 951–973.
- [117] Baydemir, M. B. (2014). *Lojistik regresyon analizi üzerine bir inceleme*. Yüksek Lisans Tezi. Malatya: İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [118] Kumar, A. (2016). Logistic regression with Python. Pandey, K., Karkal, N., Varangaonkar, A., Malhotra, S., Singh, S. (Eds.), in *Learning predictive analytics with Python* (pp. 302–356). Birmingham,UK: Packt Publishing Ltd.
- [119] Karlson, K. B., Holm, A. and Breen, R. (2012). Comparing regression coefficients between same-sample nested models using logit and probit: a new method. *Sociol. Methodol.*, 42(1), 286–313.
- [120] Önder, H. ve Cebeci, Z. (2002). Lojistik regresyonlarda değişken seçimi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.*, 17(2), 105–114.
- [121] Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., Muller, K. E., Nizam, A. (1997). *Applied regression analysis and other multivariable methods*. (3rd ed.). Belmont, CA, USA: Duxbury Press.
- [122] Girginer, N. ve Cankuş, B. (2008). Tramvay yolcu memnuniyetinin lojistik regresyon analiziyle ölçülmesi : Estraam örneği. *Yönetim ve Ekonomi*, 15(1), 181–

193.

- [123] Bircan, H. (2004). Lojistik Regresyon analizi: tıp verileri üzerine bir uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, 2004(2), 185–208.
- [124] Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling*. (3rd ed.). New York, USA: Guilford Press.
- [125] Cox, L. A. and Ricci, P. F. (2005). Causation in risk assessment and management: models, inference, biases, and a microbial risk-benefit case study. *Environ. Int.*, 31(3), 377–397.
- [126] Ramsey, J. D. and Malinsky, D. (2016). Comparing the performance of graphical structure learning algorithms with TETRAD. *arXiv Prepr. arXiv1607.08110*.
- [127] Zhang, J., Bessler, D. A. and Leatham, D. J. (2006). Does consumer debt cause economic recession ? Evidence using directed acyclic graphs. *Applied Economics Letters*, 13, 401–407.
- [128] Schumacker, R. E. and Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling*. (3rd ed.). New York, USA: Routledge.
- [129] Shipley, B. (2000). *Cause and correlation in biology: a user's guide to path analysis, structural equations and causal inference*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [130] Denis, D. and Legerski, J. (2006). Causal modeling and the origins of path analysis. *Theory Sci.*, 7(1).
- [131] Perdicoúlis, A., Hanusch, M., Kasperidus, H. D., Weiland, U. (2007). The handling of causality in SEA guidance. *Environ. Impact Assess. Rev.*, 27(2), 176–187.
- [132] Kaygısız, Z., Saraçlı, S. ve Dokuzlar, K. U. (2005). İllerin gelişmişlik düzeyini etkileyen faktörlerin path analizi ve kümeleme analizi ile incelenmesi. *VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*.
- [133] Çelik, H. E. ve Yılmaz, V. (2016). *LISREL 9.1 ile yapısal eşitlik modellemesi*. (3.Baskı). Ankara, Türkiye: Anı Yayıncılık.

- [134] Lleras, C. (2005). Path analysis. *Encycl. Soc. Meas.*, 3, 25–30.
- [135] Wright, S. (1921). Correlation and causation. *J. Agric. Res.*, 20(7), 557–580.
- [136] Streiner, D. L. (2005). Finding our way : an introduction to path analysis. *Res. Methods Psychiatry*, 50(2), 115–122.
- [137] Olobatuyi, M. E. (1992). *A user's guide to path analysis*. Lanham: University Press of America.
- [138] Oktay, E., Akıncı, M. M. ve Karaaslan, A. (2012). İstatistik derslerinin işletme bölümü müfredatındaki derslerle etkileşiminin yol analizi yardımıyla incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, 16(1), 513–527.
- [139] Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. New York: Wiley.
- [140] Doğan, M. (2013). *Doğrulamalı faktör analizinde örneklem hacmi, tahmin yöntemleri ve normalliğin uyum uyum ölçütlerine etkisi*. Doktora Tezi. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [141] Raykov, G. A. and Marcoulides T. (2006). *A first course in structural equation modeling*. (2nd ed.). New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates.
- [142] Menard, S. (2011). Standards for standardized logistic regression coefficients. *Soc. Forces*, 89(4), 1409–1428.
- [143] Martin, S. W. and Meek, A. H. (1986). A path model of factors influencing morbidity and mortality in ontario feedlot calves. *Can. J. Vet. Res.*, 50(1), 15–22.
- [144] Kara, B. ve Akman, Z. (2007). Yerel buğday ekotiplerinde özellikler arası ilişkiler ve path analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, 11(3), 219–224.
- [145] Wang, Q., Zhang, G., Sun, C., Wu, N. (2019). High efficient load paths analysis with U* index generated by deep learning. *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, 344, 499–511.
- [146] Çepni, Z. (2010). Yapısal eşitlik modellemesi. Mersin.
- [147] Keskin, S. (1998). *Path (iz) katsayıları ve path analizi*. Yüksek Lisans Tezi.

Ankara: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [148] Kaya, M., Çiftçi, C. Y., Atak, M., Kaya, M. D. (2004). Bakteri aşılması ve azot dozları uygulanan bezelye (*pisum sativum* l.)’de tane verimi ile bazı karakterler arası ilişkiler ve path analizi. *Tarla Bitk. Merk. Araştırma Enstitüsü Derg.*, 10(1–2), 58–66.
- [149] Singh, R. V., Tewari, N., Singh, C. V., Singh, Y. P. (1988). Path coefficient analysis of mineral in blood serum affecting first lactation milk yield in crossbred cows. *Indian J. Anim. Sci.*, 58(8), 994–996.
- [150] Orhan, H. ve Kaşıkçı, D. (2002). Path, korelasyon ve kısmi regresyon katsayılarının karşılaştırılması olarak incelenmesi. *Hayvansal Üretim*, 43(2), 68–78.
- [151] İşçi-Güneri, Ö., Takma, Ç. ve Akbaş, Y. (2015). Siyah alaca sığırlarda 305 günlük süt verimini etkileyen faktörlerin path(iz) analizi ile belirlenmesi. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 21(Ekim), 219–224.
- [152] Kuha, J. and Goldthorpe, J. H. (2010). Path analysis for discrete variables : the role of education in social mobility. *Wiley R. Stat. Soc.*, 173(2), 351–369.
- [153] Oktay, E., Akıncı, M. M. ve Karaaslan, A. (2012). Yol analizi yardımıyla dersler arasındaki etkileşimin araştırılması: Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi işletme bölümünde okutulan dersler üzerine bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Derg.*, 26(3–4), 67–83.
- [154] Stigum, H. (2019) New statistical methods for causal inference- DAGs intro with exercises. <http://folk.uio.no/heins/> (Erişim Tarihi: 10.11.2019).
- [155] Stage, F. K. (1988). University attrition : LISREL with logistic regression for the persistence criterion. *Res. High. Educ.*, 29(4), 343–357.
- [156] Asher, H. B. (1976). *Causal modelling*. Beverly Hills: SAGE Publications.
- [157] Eshima, N., Tabata, M. and Zhi, G. (2001). Path analysis with logistic regression models: effect analysis of fully recursive causal systems of categorical variables. *J. Japan Stat. Soc.*, 31(1), 1–14.
- [158] Kaşıkçı, D. (2000). *Path katsayısı, kısmi regresyon katsayısı ve korelasyon*

katsayılarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [159] Hellevik, O. (2009). Linear versus logistic regression when the dependent variable is a dichotomy. *Qual Quant*, 43, 59–74.
- [160] Wright, S. (1968). *Evolution and the genetics of populations Vol 1 genetic and biometrie foundations*. Chicago, USA.
- [161] Turner, M. E. and Stevens, C. D. (1959). The Regression analysis of causal paths. *Int. Biometric Soc.*, 15(2), 236–258.
- [162] Mutlu, S., Tün, M., Pekkan, E., Güney, Y. (2017). Eskişehir zemin mühendislik özellikleri haritalarının üretilmesi ve kent merkezinin zemin büyütmesinin belirlenmesi. 4. *Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, 11-13 Ekim 2017.
- [163] Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Tiryakioğlu, İ., Baybura, T. (2017). Bolvadin’de (Afyon-Akşehir Grabeni, Afyon) gözlenen yüzey deformasyonlarının jeolojik, jeomorfolojik ve jeodezik analizi. *Türkiye Jeol. Bülteni*, 60, 169–188.
- [164] Sezer, L. İ. (2010). Kütahya yöresinin depremselliği. *Ege Coğrafya Derg.*, 19(2), 35–52.
- [165] Mertler, C. A. and Reinhart, R. V. (2017). *Advanced and multivariate statistical methods: practical application and interpretation*. (Third Ed.). New York: Routledge.
- [166] Tabachnick, B. G. and Fidell, L. S. (1996). *Using multivariate statistics*. (3rd Ed.) New York, USA: Harper Collins.
- [167] Rashed, T. and Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, 17(6), 547–576.
- [168] Bayülke, N. ve Kocaman, C. (2015). Riskli yapı belirlemede karşılaşılan sorunlar. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 5(488), 25–36.
- [169] Bayrak, P. (2013). Lojistik regresyon teori ve SPSS çözümleri. https://www.academia.edu/11479607/Lojistik_Regresyon. (Erişim Tarihi:

15.2.2018).

- [170] Haughton, D., Kamis, A. and Scholten, P. (2006). A review of three directed acyclic graphs software packages: MIM, Tetrad, and WinMine. *The American Statistician*, 60(3), 272-286.
- [171] Peng, Y., Feng, T. and Timmermans, H. (2019). A path analysis of outdoor comfort in urban public spaces. *Build. Environ.*, 148(2019), 459–467.
- [172] Kline, R. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling*. (2nd Ed.). New York.
- [173] Munro, B. H. (2005). *Statistical methods for health care research*. (5th Ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- [174] Hooper, D., Coughlan, J. and Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling : guidelines for determining model fit. *Electron. J. Bus. Res. Methods*, 6(1), 53–60.
- [175] Waltz, C. F., Streikland, O. L. and Lenz, E. R. (2010). *Measurement in Nursing and Health Research*. (4th Ed.). New York: Springer Publishing Company.
- [176] Python Software Foundation. *Python 3.6*. Beaverton, OR 97008, USA.

EKLER

EK- 1. Yığma Binalar için Veri Toplama Formu

T.C. BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI
DEPREM DAİRESİ BAŞKANLIĞI
MEVCUT YIĞMA BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ İÇİN FORM

BİNA KİMLİK BİLGİLERİ		Binanın Fotoğrafı
BİNA KİMLİK NO		
İNCELEME TARİHİ		
BİNA ADRESİ		
KOORDİNATLAR (GPS) (E/N)		
BİNANIN YAŞI		
İNCELEME EKİBİ		
YIĞMA BİNA TÜRÜ (Bakınız -1-)		
☐ DONATISIZ YIĞMA ☐ KUŞATILMIŞ YIĞMA ☐ DONATILI YIĞMA ☐ KARMA (YIĞMA + B/A)		

BİNA DIŞI GÖZLEMLER (Bakınız -2-)

SERBEST KAT ADEDİ	 (ADET)
CEPHEYE GÖRE KAT FARKLILIĞI ?	YOK () VAR ()
BODRUM KAT	YOK () VAR () BELİRLENEMEDİ ()
PLAN GEOMETRİSİ	DÜZENLİ () DÜZENSİZ ()
PLAN GENİŞLİĞİ (ÖN CEPHE) 	Metre ZEMİN KAT BOŞLUK MİKTARI (ÖN CEPHE)
PLAN GENİŞLİĞİ (YAN CEPHE) 	Metre ZEMİN KAT BOŞLUK MİKTARI (YAN CEPHE)
BİNA DÜŞEY BOŞLUK DÜZENİ	DÜZENLİ () AZ DÜZENLİ () DÜZENSİZ ()
YAPI NİZAMI	AYRIK () BİTİŞİK ORTA () BİTİŞİK KÖŞE ()
BİTİŞİK BİNA İLE YÜKSEKLİK FARKI	YOK () VAR ()
BİTİŞİK BİNA İLE DÖŞEME SEVİYESİ	AYNI () FARKLI ()
MEVCUT HASAR	YOK () VAR ()
TARİHİ BİNAYA BİTİŞİK Mİ ?	EVET () HAYIR ()

BİNA İÇİ GÖZLEMLER (Bakınız -3-)

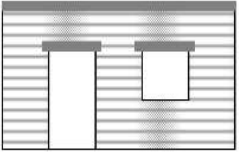
TİPİK KAT YÜKSEKLİĞİ	 metre
TİPİK DUVAR KALINLIĞI	 metre
MESNETLENMEMİŞ DUVAR BOYU (L_m) > 5.0 m ?	EVET () İSE KERE HAYIR ()
İKİ BOŞLUK ARASI DUVAR BOYU (L_b) < 1.0 m ?	EVET () İSE KERE HAYIR ()
BOŞLUK VE KÖŞE ARASI DUVAR BOYU (L_k) < 1.5 m ?	EVET () İSE KERE HAYIR ()

GENEL GÖZLEMLER (Bakınız -4-)

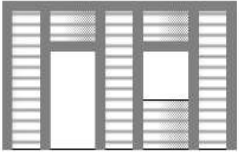
TAŞIYICI DUVAR TİPİ	DOLU TUĞLA () DÜŞEY DELİKLİ TUĞLA () DOLU BRİKET () DELİKLİ BRİKET () GAZBETON () KESME TAŞ () MOLOZ TAŞ () KERPIÇ ()
HARÇ MALZEMESİ	ÇİMENTO () KİREÇ () ÇAMUR () YOK ()
YIĞMA DUVAR İŞÇİLİĞİ	İYİ () ORTA () KÖTÜ ()
DÖŞEME TİPİ	BETONARME () AHŞAP () VOLTO ()
YATAY HATIL ?	PENCERE ÜSTÜ () DUVAR ÜSTÜ () YOK ()
DÜŞEY HATIL ?	VAR () İSE metre aralıklı YOK ()
LENTO ?	VAR () YOK ()
LENTO/HATIL MALZEMESİ	BETONARME () AHŞAP ()
ÇATI TİPİ	DÜZ () KALKAN DUVARSAZ () EĞİK () KALKAN DUVARLI ()
ÇATI MALZEMESİ	KİREMİT () BETON () SAÇ () TOPRAK ()
DUVAR BAĞLANTILARI	İYİ () KÖTÜ ()
YUMUŞAK/ZAYIF KAT	VAR () YOK ()

EK- 2. (Devam) Yığma Binalar için Veri Toplama Formu

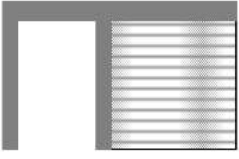
-1- YIĞMA BİNA TÜRÜ



DONATISIZ YIĞMA



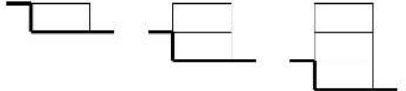
KUŞATILMIŞ YIĞMA



KARMA (B/A ÇERÇEVE + YIĞMA)

-2- BİNA DIŞI GÖZLEMLER

Cepheye göre kat farklılığı olması:



Boşluk Düzeni:



DÜZENLİ



AZ DÜZENLİ



DÜZENSİZ

Plan Geometrisi:



dikdörtgen
DÜZENLİ



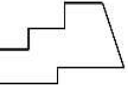
girintili **
DÜZENLİ



yamuk
DÜZENSİZ



L şeklinde
DÜZENSİZ



aşırı düzensiz
DÜZENSİZ

Yapı Nizamı:



aynık



bitişik-orta



bitişik-köşe

**Yönetmelikte verilen A3 türü düzensizlik tanımının dışında kalan binalar için

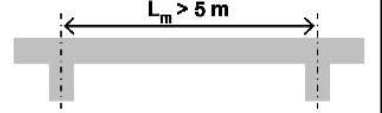
Mevcut Hasar:

YOK - Söz konusu yığma binada, geçmiş depremlerden, yapısal tadilatlardan, oturmalarından vb. kaynaklanan önemli bir hasar bulunmamaktadır.

VAR - Duvar ortasına yakın bölgelerde diyagonal çatlaklar, genellikle duvarın üst kısmına yakın dikey çatlaklar, duvar-duvar ve/veya duvar-döşeme bölgelerinde hasar veya çatlama, duvar derzlerini takip eden belirgin çatlaklar, genellikle oturmaya bağlı yatay yönde belirgin çatlaklar, duvarda gözle görülür düzlem dışı deformasyon.

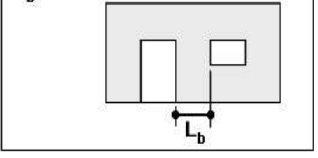
-3- BİNA İÇİ GÖZLEMLER

Mesnetlenmemiş duvar boyu



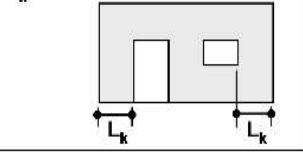
$L_m > 5 \text{ m}$

$L_b < 1 \text{ m}$



$L_b < 1 \text{ m}$

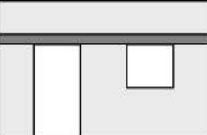
$L_k < 1.5 \text{ m}$



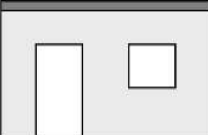
$L_k < 1.5 \text{ m}$

-4- GENEL GÖZLEMLER

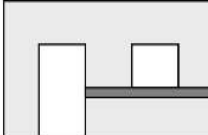
Yatay hatıl / Lento



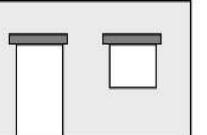
PENCERE ÜSTÜ HATIL



DUVAR ÜSTÜ HATIL

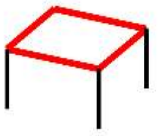


PENCERE ALTI HATIL

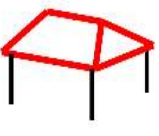


LENTO

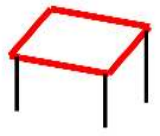
Çatı Tipi:



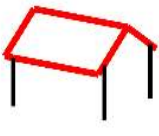
(A)



(B)



(C)



(D)

115

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Serel AKYOL
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir / 1987
E-Posta : sozmen@ogu.edu.tr

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2009-2012, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü / Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar – Kontrol Eğitimi
- 2012- ... , Öğretim Görevlisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sivrihisar Meslek Yüksekokulu

Yayın:

- Akyol, S., Gülbandılar, E. (2019). Investigation of the Relationships and Effects of Urban Transformation Parameters for Risky Structures: A Rapid Assessment Model. IEEE Access, 7, 150983-150991.