



**İNŞAAT SEKTÖRÜNDE VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMİNİN
KULLANABİLİRLİĞİNE YÖNELİK BİR DENEME**

Eda GÜLPINAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2022

ETİK BEYAN

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

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

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

Eda GÜLPINAR

05/12/2022

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMİNİN KULLANABİLİRLİĞİNE YÖNELİK BİR DENEME

(Yüksek Lisans Tezi)

Eda GÜLPINAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2022

ÖZET

Veriler arası örüntüler kurularak bilgi çıkarma sürecinde faydalanılan veri madenciliği büyük boyutlu verileri baz alarak yapılan bir analiz yöntemidir. Bu büyük boyutlu verilerden referans alınarak çıkarılan bilgilerin inşaat sektörüne katkı sağlaması için tez çalışmasında kaynak olarak enerji etkin yapı tasarım derecelendirme sistemlerinden marka değeri diğer sertifika sistemlerine göre daha yüksek olan LEED sertifikası kazanmış projeler seçilmiştir. Enerji korunumunu esas alan bu sertifika sistemine uygulanan veri madenciliği yöntemi ile ulaşmak istenen amaç, veri madenciliği sonucu ortaya çıkan bilgilerin mimarlık literatürüne katkı sağlamasıdır. Bu kapsamda 2015 yılı itibari ile uygulanmaya başlayan LEED Building Design and Construction: New Construction v4 versiyonlu 849 adet projeye veri madenciliği yöntemi uygulanıp, 3 aşamalı bir araştırma yürütülmüştür. Bunlardan ilki birliktelik kuralı yöntemi ile LEED kredileri arasındaki beraberlik durumu incelenmesidir. Bu bağlamda en fazla ilişki, çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar kredisi ile yüksek öncelikli alanlar kredisinin, otopark alanlarının azaltılması kredisi ile beraberliğinde bulunmuştur. İkinci adım LEED kredileri ile iklim ölçeğinde günlük sıcaklık farkı ve yağış ilişkisini inceleyen araştırmadır. İklim verileri üzerinden değerlendirme yapılırken sıcaklık verileri referans alınarak yapılan analizde en fazla ilişki bina dışı su kullanımının azaltılması kredisi ile bulunurken; yağış verileri referans alındığında en fazla ilişki bina ürün beyanı ve optimizasyon-çevresel ürün beyanları kredisi ile bulunmuştur. Son adım ise ülkelerin ekonomik gelişmişlik durumlarını LEED kategori kullanımları üzerinden inceleyen araştırma olmuştur. Bu bağlamda da en fazla ilişkili kategori malzeme ve kaynaklar kategorisi olarak bulunmuştur. Ülkelerin gelir düzeyleri arttıkça malzeme ve kaynaklar kategorisinden aldıkları puan ortalamalarında artış görülmüştür. Sonuç olarak bu 3 aşamalı araştırmanın karşılaştırmalı sonuçlarına yer verilerek birbirleriyle olan ilişkilerinin varlığı sorgulanmıştır. Yapıların bulunduğu konumda mimari tasarım tutumları iklim girdilerine göre şekillenirken ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeyleriyle olan ilişkilerinde farklı örüntüler ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu bilgiler gelecekte yapılacak yapılar için karar verme aşamasında referans olup inşaat sektörü için performans artırmaya fayda sağlarken, mimarlara ve paydaşlarına daha etkin kararlar almalarında farkındalık yaratacaktır.

Bilim Kodu : 80115

Anahtar Kelimeler : Veri madenciliği, LEED, Birliktelik kuralı, İklim, Ekonomik gelişmişlik

Sayfa Adedi : 114

Danışman : Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

AN EXPERIMENT ON THE USAGE OF DATA MINING METHOD IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

(M. Sc. Thesis)

Eda GÜLPINAR

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2022

ABSTRACT

Data mining, which is used in the process of extracting information by establishing patterns between data, is an analysis method based on large-scale data. In order for the information extracted from these large-scale data to contribute to the construction industry, projects that have gained LEED certificate, which have a higher brand value than other green building certification systems, were selected as a source in the thesis study. The aim to be achieved with the data mining method applied to this certificate system, which is based on energy conservation, is to contribute to the architectural literature of the information obtained as a result of data mining. In this context, data mining method was applied to 849 projects with LEED Building Design and Construction: New Construction v4 version, which started to be implemented as of 2015, and a 3-stage research was carried out. The first of these is to examine the tie situation between the association rule method and LEED credits. In this context, the highest correlation was found with the density of the surrounding areas and the different uses loan and the high priority areas loan with the parking lot reduction loan. The second step is the research that examines the relationship between LEED credits and the diurnal temperature range and precipitation in the climate scale. In the analysis made by taking the temperature data as a reference while evaluating the climate data, the highest correlation was found with the outdoor water use reduction credit; When precipitation data is taken as reference, the highest correlation was found with building product declaration and optimization-environmental product declarations credit. The last step was the research that examined the economic development status of countries through the use of LEED categories. In this context, the most related category was found to be the material and resources category. As the income levels of the countries increased, there was an increase in the average scores they got from the materials and resources category. As a result, the comparative results of this 3-stage research were included and the existence of their relations with each other was questioned. While the architectural design attitudes are shaped according to the climate inputs in the location of the buildings, different patterns emerge in the relations of the countries with the economic development levels. This information will be a reference in the decision-making process for the buildings to be built in the future and will benefit the construction industry to increase performance, while raising awareness for architects and their stakeholders in making more effective decisions.

Science Code : 80115

Key Words : Data mining, LEED, Association rule, Climate, Economic development

Page Number : 114

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca yol gösterici olup desteklerini esirgemeyen öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım, gece gündüz demeden değerli fikirleri ile tezin başından sonuna kadarki süreçte bilgilerini paylaşan tez danışmanım sayın Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY'a,

Bana her zaman her konuda destek olan ve bilgisiyle aydınlatan sevgili ikiz kardeşim Seda Akyıl'a ve sevgili annem Medine ULUSOY ve babam Ali Cevat ULUSOY'a

Hayatımda yeri ve katkılarını her zaman hissettiğim, Elif SUCU GARİPBAŞ, Sinem TOZLU, İrem ARIKAN ve ailesine,

Her türlü yardım ve desteğini paylaşıp her zaman yanımda olan değerli eşim Koray GÜLPINAR'a ve varlığıyla hayatıma ışık saçan biricik yavrum Ardiç GÜLPINAR'a

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL KAVRAM ÇERÇEVESİNDE VERİ VE VERİ MADENCİLİĞİ.....	9
2.1. Veri, Enformasyon ve Bilgi Kavramı	12
2.2. Büyük Veri	15
2.3. Veri Madenciliği	16
3. İNŞAAT ENDÜSTRİSİNDE VERİ MADENCİLİĞİ VE LİTERATÜR TARAMASI	21
3.1. Literatürde İnşaat Sektörü Özelinde Veri Madenciliği	22
3.2. Literatürde Enerji Korunumu Özelinde Veri Madenciliği	25
3.3. Çalışmanın Mevcut Araştırmalardan Farklılaştığı Nokta	27
4. DÜNYADA YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ VE ELDE EDİLEN BÜYÜK VERİ	31
4.1. LEED Sertifika Sistemi	32
4.2. Türkiye’de LEED Sertifika Sistemi	34
5. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ.....	37
5.1. Verilerin Elde Edilme İşlemi ve Kullanılan Programlar	38
5.1.1. USGBC proje verilerinin elde edilmesi	41

	Sayfa
5.1.2. İklim verilerinin elde edilmesi	42
5.1.3. Ülkelerin kişi başına düşen kişi başına düşen milli gelir verilerinin elde edilmesi	44
6. ALAN ÇALIŞMASI VE BULGULAR	47
6.1. LEED Sertifikası Kredileri Arasındaki Birliktelik Kuralı.....	48
6.2. LEED Sertifikası Kredileri ile İklim Verileri Arasındaki İlişki.....	55
6.2.1. Random Forest uygulaması ile veri madenciliği uygulaması	56
6.2.2. Günlük sıcaklık farkı ile LEED sertifikası kredilerinin ilişkisi	62
6.2.3. Yağış miktarı ile LEED sertifikası kredilerinin ilişkisi	66
6.3. Ülkelerin LEED Sertifikası Kullanımı ile Ekonomik Gelişmişliği Arasındaki İlişkinin Ön Aşaması.....	72
6.3.1. LEED BD+C: NC v4 kategorileri ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkilerin irdelenmesi	74
6.4. Verilerdeki İlişkilerin Çaprazlaması Sonucu Karşılaştırmalı Analiz İncelemesi	84
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	101
EKLER.....	109
EK-1. LEED BD+C: NC v4 Proje Skor Tablosu.....	110
EK-2. LEED BD+C: NC v4 Versiyonlu Skor Tablosu Kredilerinin Kredi Kısaltma Açıklamaları ile Amaç Özetleri	112
ÖZGEÇMİŞ	114

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Veri madenciliği yönteminin tarihsel gelişimi	10
Çizelge 2.2. İstatistik ile veri madenciliği kıyası	11
Çizelge 2.3. Büyük veri ile geleneksek analitik kıyaslaması.....	15
Çizelge 2.4. Veri madenciliğinin modelleri	18
Çizelge 3.1. Veri madenciliğinin farklı sektörlerde kullanımı	22
Çizelge 4.1. LEED BD+C:NC V4 kategorileri ve amaçları	34
Çizelge 4.2. Dünyada ve Türkiye’de tüm oylama sistemlerinde LEED sertifikası kazanmış 01.01.2022 tarihi itibari ile proje sayısı tablosu	35
Çizelge 6.1. LEED NC:BD+C V4 versiyonu krediler arası birliktelik kuralına göre en iyi 10 analiz sonuçları tablosu	52
Çizelge 6.2. AUC değeri anlam kabul değerleri	56
Çizelge 6.3. Veri dönüşümünü gösteren örnek tablo	58
Çizelge 6.4. Random Forest algoritması kullanılarak LEED kredileri ile günlük sıcaklık farkı ortalaması verileri arasındaki ilişki.....	62
Çizelge 6.5. RF algoritması kullanılarak LEED kredileri ile yağış verileri arasındaki ilişki	67
Çizelge 6.6. 2020 yılı kişi başına düşen milli gelir tablosu	73
Çizelge 6.7. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış projelerin malzeme ve kaynaklar kategorisi puan ortalaması	76
Çizelge 6.8. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış inovasyon kategorisi puan ortalaması.....	77
Çizelge 6.9. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış sürdürülebilir araziler kategorisi puan ortalaması	78
Çizelge 6.10. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış iç ortam çevre kalitesi kategorisi puan ortalaması	80
Çizelge 6.11. Su verimliliği kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki	81
Çizelge 6.12. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış bütüncül yaklaşım kategorisi puan ortalaması	82

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.13. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış yerleşim ve ulaşım kategorisi puan ortalaması	83
Çizelge 6.14. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış enerji ve atmosfer kategorisi puan ortalaması	84
Çizelge 6.15. Karşılaştırmalı analiz tablosu	86



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması	7
Şekil 2.1. Veri madenciliğinin ilişkili olduğu bilim dalları	12
Şekil 2.2. Bilgi hiyerarşisi.....	14
Şekil 2.3. Bilgi keşif süreci aşamaları.....	17
Şekil 4.1. Enerji etkin yapı tasarımı sertifikasyon sistemleri zaman çizelgesi	32
Şekil 5.1. Garbage-in-garbage-out/ nitelikli veri-nitelikli sonuç	38
Şekil 5.2. Verilerin elde edilip analiz edilme yolu.....	41
Şekil 5.3. Örnek ROC eğrisi şematığı.....	44
Şekil 6.1. LEED BD+C:NC V4 kredi kategori başarı oranı tablosu	48
Şekil 6.2. Random forest algoritması derinlik ve ağaç sayısı değişkenlerine göre AUC çıktısının örnek gösterimi	61
Şekil 6.3. Krediler ile günlük sıcaklık farkı arasındaki ilişki grafiği.....	65
Şekil 6.4. Yağış verileri ile ilişkili olan krediler tablosu	69
Şekil 6.5. Malzeme ve kaynaklar kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki	75
Şekil 6.6. İnovasyon kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki	77
Şekil 6.7. Sürdürülebilir araziler kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki	78
Şekil 6.8. İç ortam çevre kalitesi kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki	79
Şekil 6.9. Su verimliliği kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki.....	80
Şekil 6.10. Bütüncül yaklaşım kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki	82
Şekil 6.11. Yerleşim ve ulaşım kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki	83
Şekil 6.12. Enerji ve atmosfer kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki	84

Şekil	Sayfa
Şekil 6.13. MR112 kredisi ve yağış ilişkisinin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden incelenmesi	87
Şekil 6.14. Otopark alanlarının azaltılması (LT110) kredisi ve yağış ilişkisinin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden incelenmesi	89
Şekil 6.15. Bina dışı (WE901) ve bina içi (WE902) su kullanımının azaltılması kredisi ve yağış ilişkisinin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden incelenmesi	90
Şekil 6.16. Kaliteli ulaşım erişim (LT107) ve yağış ilişkisinin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden incelenmesi	91
Şekil 6.17. Bina dışı ve bina içi su kullanımının azaltılması kredisi ile günlük sıcaklık farkı ilişkisi ile beraber kişi başına düşen milli gelir incelenmesi.....	91

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Unilever Türkiye merkez ofis binası iç mekân görselleri	35
Resim 5.1. (a) Scrapy program kodu, (b) Kibana ekran görüntüsü	40
Resim 5.2. Verileri elde edilen örnek proje puan tablosu.....	42
Resim 5.3. 2020 yılı kişi başına düşen milli gelir dünya haritası	45
Resim 6.1. Verilerin elde edildiği web sitenin filtreleme örnek ekran görüntüsü	50
Resim 6.2. Rapid Miner birliktelik kuralı şematığı	51
Resim 6.3. Rapid Miner Random Forest süreç şemasının gösterilmesi	59
Resim 6.4. Optimize operator ile sürecin doğruluğunun sağlanması	59
Resim 6.5. Random Forest algoritması uygulama süreci	60

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	Açıklamalar
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AUC	Area Under the Curve
B.E.S.T.	Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım
BREEAM	The Building Research Establishment's Environmental Assessment Method
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EA	Energy and Atmosphere
FPR	False Positive Rate
IEQ	Indoor Environmental Quality
IN	Inovation
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LT	Location and Transportation
MR	Materials and Resources
RF	Random Forest
ROC	Receiver Operating Characteristic
RP	Regional Priority
SS	Sustainable Sites
TPR	True Positive Rate
USGBC	United State Green Building Council
WE	Water Efficiency

1. GİRİŞ

“Sayıların anlatacak önemli hikayeleri vardır.

Onlara ses vermeniz için size güvenirlir.”

Stephen Few

Dijital devrim olarak da bilinen Endüstri 4.0, dördüncü sanayi devrimini tanımlamak için üretilen, teknolojinin ve küreselleşmenin ekonomiyi ve toplumu nasıl dönüştürdüğünü açıklayan bir terimdir. Endüstri 4.0 kavramı, bilişim altyapısını öne çıkarmakta, günlük hayata yeni kavramlar eklenmekte ve disiplinler arası çalışma alanlarını da giderek arttırmaktadır (Özsoylu, 2017). Endüstri 4.0'ın gelmesiyle birlikte dünyada bilgiye ulaşmak kolaylaşsa da tüm sektörlerde üretilen verilerin büyük boyutlara ulaşması ile oluşan çok sayıda veri havuzunda gün ışığına çıkmamış büyük oranda bilgi potansiyeli bulunmaktadır. İhtiyaç duyulan bilgiyi, veri tabanları arasından ayıklamak ise günümüz şartlarında önemli bir konudur ve üstünde çalışılması kaçınılmazdır. Günümüz şartlarında bu veri tabanlarını analiz ederek çıkarımlar yapmak ve bu çıkarımların ışık tutmasıyla iş alanlarını dinamik bir yapıya dönüştürmek zorunluluk haline gelmektedir.

Han ve arkadaşları (2012; 3-4) mevcut veriden anlamlı bilgileri, ilişkileri çıkarmada kullanılan tekniklerin bilgi teknolojilerinin doğal evrimi sonucu ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. 1970'lerden 2000 yılına kadar veri depolama ve veri tabanı yönetimi, çeşitli kaynaklardan toplanıp anlamlı ve işlenebilir duruma getirilmesi gereken *büyük veri (big data)*'nin birinci fazının yapıtaşları olarak kabul edilmektedir. Veri tabanı sorguları, çevrimiçi analitik işleme ve standart raporlama araçları gibi iyi bilinen teknikleri kullanarak bugün bildiğimiz modern veri analizinin temeli oluşturmuştur. 2000'lerin başından bu yana, internetin de sayesinde benzersiz veri toplama ve veri analizi fırsatları sunulmaya başlanmıştır. Bu gelişmeler ise yepyeni bir olasılıklar dünyası açmış ve açmaya devam etmektedir (URL-1). Bu olasılıklar için ise tüm sektörler, ilgili veriler ve örüntülerinden faydalanmaktadır. Bu noktada endüstriler içerisinde önemli yeri olan inşaat sektörü de bu veri analizleri için önemli büyüklükte veri ve *bilgi potansiyeli taşıyan* sektörlerden biridir.

Dünya çapında gayri safi yurtiçi hasılanın %6'sını oluşturan inşaat sektörü, ülkemizde de kendine bağlı yan sektörler ile birlikte gayri safi milli hasılanın %30'unu oluşturmaktadır. 200'ün üzerinde kendine bağlı yan sektör, inşaat sektörünü beslemekte ve ekonomi için kilit

görev yürütmektedir (URL-12; İNTES raporu, 2019). İnşaat sektörünün geleceği, büyük ölçüde, her sektörde zorunlu hale gelen Endüstri 4.0 teknolojilerinin planlama ve uygulama aşamalarında yaygınlaşmasına bağlıdır. Bu alanda yapılacak çalışmalar inşaatta üretkenlik ve verimlilik artışlarına imkân aramaktadır. Geliştirilen ve geliştirilecek olan strateji ve planlar doğrultusunda inşaat endüstrisinin de dijitalleşme süreci başlamış ve ivme ile de artış göstermektedir (Aladağ, 2022).

Üçüncü endüstri devrimi ile doğal kaynakların insan yaşamının gereksinimlerini karşılayamayacak hızla tükenmesi ve ekonomik büyüme ve toplumsal kalkınmanın bu yönde yavaşlaması olgusu ortaya çıkmış olup dördüncü sanayi devrimi ile bu probleme çözüm bulmak şart olmuştur. Bu noktada giderek yaygınlaşan ve gelişen enerji etkin ürün/üretim/yönetim perspektifi her endüstride önemli bir kavram haline gelmiş, küresel eğilimlere paralel olarak inşaat sektörünün bir değişim sürecinden geçmesini gerektirmiştir. İnşaat sektörünün başa çıkmaya çalıştığı en önemli konulardan biri enerji korunumu olmuştur.

En büyük enerji tüketicilerinden biri olan ve dünyadaki sera gazı emisyonlarının üçte birinden sorumlu olan inşaat sektörü, diğer sektörlerle oranla %40'lık bir paya sahiptir. Bu durum da inşaat sektörünü enerji tüketiminde ilk sıralara taşımaktadır. Bu bilgi ile yapılarda enerji etkin tasarımın önemi artmıştır (Perez-Lombard, Ortiz, Pout, 2008). Bilişim sektöründeki gelişmeler sayesinde binalardaki otomasyon sistemlerinin gelişmesiyle yapılardaki performans verimli bir şekilde yönetilmektedir (Fan vd., 2015). Farklı noktalarda kayıtlar tutularak yaşam döngüsü boyunca kontroller sağlanmaktadır. Bu noktada ise elde edilen verilerin değerlendirmesinde öne çıkan durumlardan biri, yapılar için sunulan enerji verimliliğine odaklanan, enerji etkin yapı tasarımı sertifikasyon sistemleri olmaktadır. Bu sistemler, yapılarda enerji tüketen tüm gidilerin, daha verimli çalışmasını sağlarken, yapılarda vakit geçiren insanlar için de daha sağlıklı ortamlar yaratmak için yol gösterici niteliktedir. Çevresel etkileri, enerji tüketimi, enerji korunumu konularındaki değerlendirmelerin üzerinde sosyoekonomik konuları da ele alan enerji etkin yapı tasarım sertifikasyon sistemleri, inşaat sektörü için önemli değerlendirme araçlarına dönüşmüştür (Sev ve Canbay, 2009).

Dokümantasyon ve belgelendirmeye dayalı olarak ilgili konseylere sunulan belgeler, veriler ile gerçekleştirilen değerlendirme ardından sertifikaya hak kazanan projeler, sektör için

önemli bir büyük veri oluşturmaktadır. Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği-Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım-Konut (ÇEDBİK-B.E.S.T.) ve Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) gibi çeşitli ülkelerin çıkardığı sertifika sistemleri mevcuttur. Açılımı “Leadership in Energy and Environmental Design” olan LEED hem uluslararası ölçekte hem de Türkiye özelinde en çok kullanılan enerji etkin yapı tasarım sertifikasıdır. LEED sertifikası marka değeri yüksek enerji etkin yapı tasarımı sertifikasyon sistemlerinin başında gelmektedir. Türkçe’ye “Enerji ve Çevre Dostu Tasarımlarda İlerleme” olarak çevrilen bu sertifika programı 1993 yılında “United State Green Building Council (USGBC)” konseyi tarafından oluşturulmuştur. Derecelendirilmek için başvuran binalar, dokümantasyon ve belgelendirmeye dayalı olarak ilgili konseye sunulan veriler ışığında izlenmekte, değerlendirilmektedir. Bu noktada yapıları çeşitli değişkenlere göre derecelendirip sertifikalandırır. Bu değişkenler, enerji kullanımı, suyun verimli kullanımı, bina-çevre ilişkisi, insan sağlığına verilen önem gibi kriterlerdir (USGBC, 2022, URL-2). Sonrasında ise inşaat sektöründe çevresel bilinci sağlamak ve yaygın etki oluşturmak amacıyla derece almaya hak kazanan yapıların değerlendirme sonuçları olan “Score Card” yani puanlama tablolarını açık erişimli olarak kullanıcılara sunulmaktadır. Bu özelliği ile de sektör için açık kaynak imkânı sağlamaktadır.

Problem tanımı

İnşaat sektörü ülke ekonomisinde önemli paya sahiptir. Yaygın olarak kullanılan veri madenciliğinin inşaat sektöründe kullanımı diğer sektörlerle kıyasla yaygın değildir. Bunun en temel sebebi sektörün ürün esaslı veri üretmesidir. Bunların gerek güvenlik gerek özgünlük gerek telif hakları bakımından dolayı gizli tutulması ortak bir veri havuzu oluşturulmasının önündeki en temel engellerdir. İnşaat süreçleri geçici ve kendine has bir eylem olduğu için son ürünlerin aşama ve yöntem adımları birbirlerine benzese de birbirlerinden tamamen farklılık gösteren uygulamalara rastlanması da çok olasıdır. Halbuki büyük ölçekli ürünler ortaya konan sektörde sektörün önemli aktörlerinin bu verileri analiz etmesi, dinamik bir yapıya sahip olması yönünden temel bir ihtiyaçtır. Daha da daraltılacak olursa inşaat sektöründeki ürünün başlangıç aşamasını yöneten mimarlar için mevcut örüntülerin analiz edilmesi ile alınacak kararlarda olumlu etki sağlanması kaçınılmazdır. Bu noktada tez çalışmasının ana araştırma sorusu, önemli bir analiz yöntemi olan veri madenciliğinin inşaat sektöründe kaptan görevi gören mimarlara ve sektöre getirilerini

görmek olmuştur. Araştırma sorusu doğrultusunda ise hem yapıyı kullanan insanların sağlığını ele alan hem de yapının çevresiyle olan ilişkisini ele alıp çevresel zararları aşağıya çekmeyi hedefleyen sertifikalı yapılar üzerinden bir veri madenciliği değerlendirmesi yapılmıştır. Günümüz inşaat sektöründe önemli sorunlardan biri olan enerji korunumuna yönelik tüm ülkelerde sürdürülebilir yaşam şartı olarak enerji etkin yapı tasarım sertifikalarının önemi artmıştır. Bu doğrultuda firma, kuruluş ve kişiler, uluslararası geçerliliği olan LEED sertifikası için geçmişe kıyasla artan talebe hizmet etmektedir. Bu noktada proje sahipleri ve tasarımcıların sertifika kriterlerini projelere yansıtarak kapsamlı bir çerçevede değerlendirmeleri ve anlaşılmasını sağlamaları anlamlı bir adımdır.

Araştırmanın amacı ve önemi

Veri madenciliği tekniğinin inşaat sektöründe kullanabilirliği üzerine bir çalışma yapmak çalışmanın ilk amacı olup, inşaat sektörünün bilişim sektörüyle entegrasyonu sonucu veriye dayalı nicel sonuçlar üzerinde gerçekçi bilgiler elde etmek hedeflenmiştir. Alan çalışmasında inşaat sektörünün en kritik sorunlarından olan, enerji etkin yapı tasarımı değerlendirme sistemleri üzerinden bir bilgi keşfi yapıp yapılarda enerji korunumuna katkı sağlamak istenmiştir. Enerji etkin tasarımlı yapıların kimlik kartlarının paylaşıldığı LEED sertifika sistemi, inşaat sektöründeki veri yönetimi anlamında açık veri kullanımı için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Bilgi keşfi sürecinde yapıların mimari tasarım kararlarını ve enerji korunumu seviyesini yönlendiren sertifika kriterleri üzerinden faydalı olması muhtemel bilginin ayıklanarak ortaya çıkartılması istenmektedir. Hedef doğrultusunda tez çalışmasının ana araştırma sorusu; enerji etkin yapı tasarımı sertifikalı yapılar vasıtası ile gelecekte yapılacak yapılara yol gösterip kaynak oluşturacak ilişki şemasının şekillenmesini detaylandırılabilir.

Bu süreçte sadece sertifika kriterleri üzerinden gitmek yerine, bir bina tasarımında stratejik kararlar alınmasına olanak sağlayacak “iklim verileri” ve ülkenin gelişmişlik düzeyini gösteren “kişi başına düşen milli gelir verileri” de dikkate alınarak çok kriterli bir değerlendirme yapılmıştır. Sertifika almış bina verileri üzerinden 3 aşamalı olarak yapılan tez çalışmasında veriler arası örüntüler kurularak yapılan durum analizinin detaylı adımları aşağıda madde madde verilmiştir;

- İlk aşamada, sınırlı bütçelerle elde edilebilecek maksimum puan kazanmayı hedefleyen LEED uzmanlarına, proje yöneticilerine ve proje tasarımcısına bir rehber ve kredi seçiminde kolaylık sağlamak amacıyla ikili ilişkiler irdelenmiştir. LEED sertifikası V4 versiyonu kredileri arasındaki ikili ilişkilerin ve kredilerin birinden puan aldığından diğer krediden de puan alabilirlik potansiyelinin araştırılması amacıyla LEED kredi başlığı altındaki kredilerin birbirleriyle ilişki durumları incelenmiştir. Bu incelemede Rapid Miner (Altair Engineering, 2022) yazılımı kullanılmıştır.
- İkinci aşamada LEED kredilerinden puan alma potansiyelini araştırmak amacıyla iklimle bağlantılı sıcaklık ve yağış faktörleri üzerinden LEED kredilerinin iklim verilerine göre değerlendirilmesi yapılmıştır. İklimle uygun tasarlanmış yapılarda “sıcaklık” ve “yağış” faktörleri göz önüne alındığında LEED sertifikası kategorilerindeki kredilerden puan alma olasılığının değişmesi hipotezi üzerinden ilerleyen bu değerlendirmede iklimle ilgili analizlerde Rapid Miner programından ve Random Forest algoritmasından yararlanılmıştır.
- Son olarak da ülkelerin ekonomik gelişmişliği ile enerji etkin yapı kullanım durumlarını incelemek amacıyla ülkelerin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden LEED sertifikası kullanılma durumları araştırılmıştır. Kişi başına düşen milli gelirin yüksek olduğu gelişmiş ülkelerde sürdürülebilirlik, ekolojik çevreye ve doğaya saygı, doğal kaynakların tüketilmesindeki hassasiyet gibi konulara daha çok önem verildiği varsayımı üzerinden yola çıkılarak kişi başına düşen milli gelir arttıkça LEED sertifikası kazanma oranının da arttığı varsayılmaktadır. Bu aşamada veri setindeki ülke sayısının az olmasından dolayı Excel (Microsoft, 2022) programından yararlanılmıştır.

Hem nicel hem de nitel bir araştırma sunan bu tez çalışması, verilere daha hızlı ve kolay ulaşım sağlaması, mimarlık literatürüne katkıda bulunması açısından önemli bir denemedir.

Sınırlılıklar

Çalışmanın kapsamı USGBC proje veri tabanından elde edilen skor tablosuna dayanmaktadır (EK-1). Yerel enerji etkin yapı tasarımı sertifika sistemi olan ÇEDBİK-B.E.S.T. sertifika sistemi üzerinde de çalışmalar yapılmak hedeflenmiş, ancak hem ÇEDBİK-B.E.S.T. sertifika sisteminden başarı sağlayan proje sayısı ihmal edilebilir boyutta küçük olduğundan çalışmaya katkı sağlayamayacağı düşünülmüş, hem de proje gizlilik esaslarından dolayı proje verilerine ulaşılamamıştır. Bu yüzden, tasarım sürecini

aydınlatmayı hedefleyen çalışmada çalışmanın evreni, açık kaynaklı olan LEED sertifikalı binalarla sınırlandırılmış USGBC veri tabanından elde edilen skor tablosuna dayanmaktadır. LEED Building Design and Construction oylama sisteminin günümüzdeki en güncel hali v4.1 versiyonudur. Ancak v4.1 versiyonlu projeler veri madenciliği ile analiz yapmak için çok küçük bir veri seti oluşturacağından tercih edilmemiştir. Bu kapsamda büyük veri hacmine sahip LEED BD+C: NC v4 versiyonlu projeler üzerinden incelemeler yapılmıştır. Ayrıca iklim verileri üzerinden değerlendirmeler için son 5 yılı içeren 01.01.2017-01.01.2022 tarihleri arasında, binaların koordinatlarına göre elde edilen günlük sıcaklık farkı ve yağış verileri üzerinden sınırlandırılıp ilgili proje verileri ile çaprazlanmıştır. Son olarak ise ekonomik gelişmişlik düzeyleri 2020 yılı baz alınarak elde edilen kişi başına düşen milli gelirler üzerinden sınırlandırılmıştır. Çalışma kapsamında ilgili sınırlılıklar sonucu, 849 adet LEED BD+C: NC v4 versiyonlu proje üzerinden incelemeler yapılmıştır.

Tezin yöntemi ve aşamaları

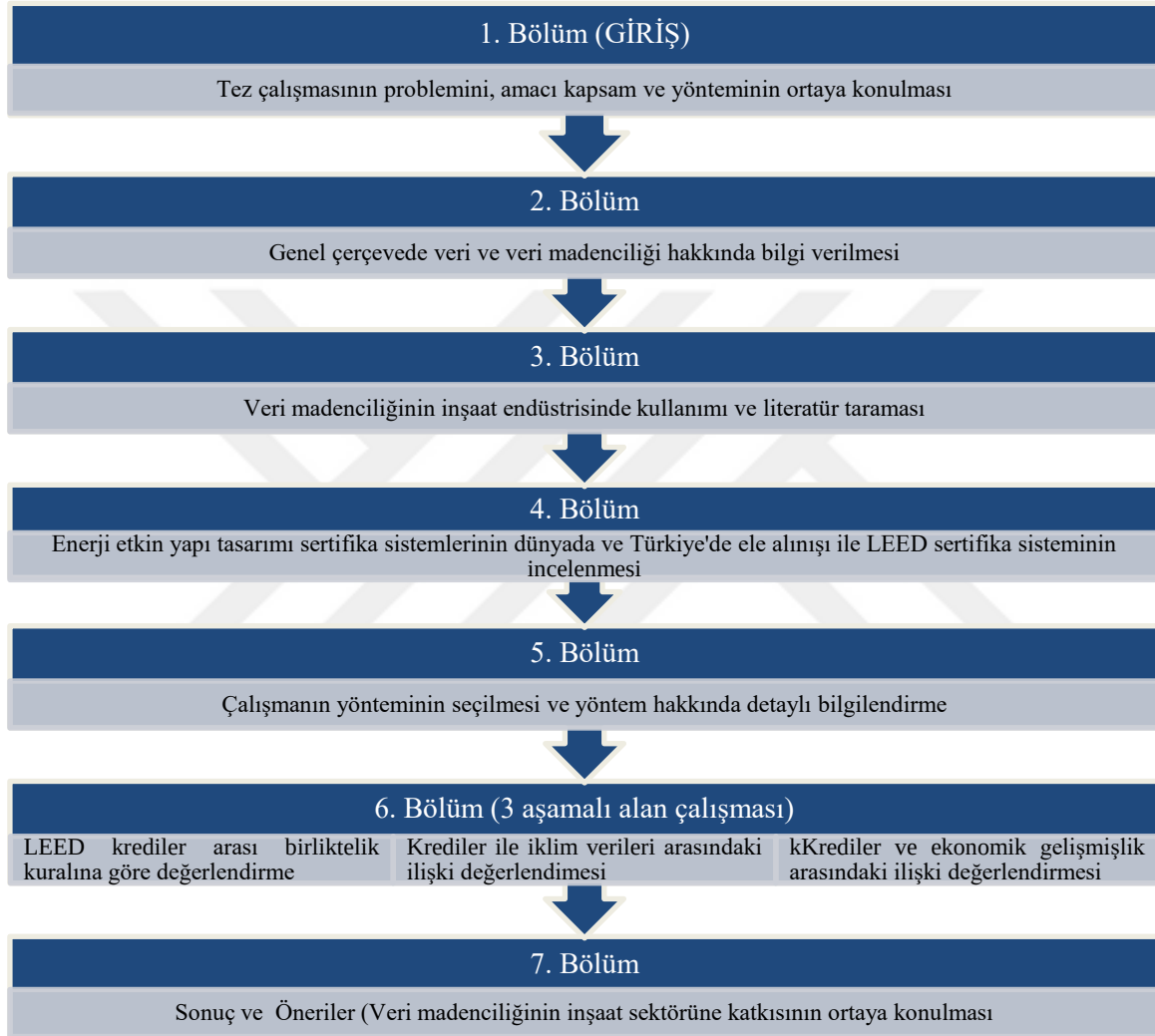
Yapı tasarımı çok disiplinli bir süreç olmasıyla beraber yapılar üzerinde katkısı olan tüm paydaşlara düşen görevler önem taşımaktadır. Bu bağlamda tez kapsamında veri madenciliği yöntemiyle mimarlığa ve inşaat sektörüne katkı sağlayacak bilgiler elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda disiplinler arası bir yöntem kullanılan tez kapsamında yedi bölüm oluşturulmuştur (Şekil 1.1).

İlk bölümde araştırma problemi tanımlanarak amacı, kapsamı, yöntemi ve sınırlılıkları açıklanmıştır.

İkinci bölümde veri kavramı ile veri biliminin mimarlıktaki ve diğer alanlardaki önemi ele alınmıştır. Burada bilgiye ulaşmanın kaynağı olan veri kavramının önemi ortaya konulmuş veri madenciliğinin veriden bilgiye uzanan süreç aşamaları açıklanmıştır. Büyük veri kavramına, veri madenciliği ve modellerine bu bölümde yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde kuramsal literatür taranarak inşaat endüstrisinde veri madenciliğinden ve bu alanda yapılan çalışmalardan bahsedilerek veri madenciliğinin sektöre katkıları hakkında genel çerçeve gözler önüne serilmiştir.

Dördüncü bölümde dünyada kullanılan enerji etkin yapı tasarım sertifika sistemlerine değinilmiştir. Tezin alan çalışmasını kapsayan projelerin sahip olduğu LEED (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik) sertifika sisteminden bahsedilip Türkiye’de LEED sertifikası kullanımını ve sağlayacağı katkılara yer verilmiştir.



Şekil 1.1. Tez akış şeması

Beşinci bölümde çalışmanın yöntemine yer verilmiştir. Veri madenciliği adımları detaylandırılarak anlatılmıştır. Verilerin elde edilme işlemi, çalışmada faydalanılan bilgisayar programları ve yazılımlardan bahsedilmiştir.

Altıncı bölümde elde edilen verilerin krediler arası ilişkileri, krediler ile iklim verileri arasındaki ilişki ve ülkelerin gelir düzeyleri ve LEED kategorileri üzerinden 3 farklı analiz

alışmasına ve yorumlanmasına yer verilmiştir. Burada yorumlar yapılırken mimarların tasarımlarına katkı sağlayabileceğı başlıkların altı çizilmiştir.

Yedinci bölümde sonuçlar kısmında inşaat sektörünün, bilişim sektörünün önemli bir kavramı olan veri madenciliğı ve LEED sertifikasının bütüncül yaklaşımı tartışılacaktır. Veri biliminin yapı sektörüne getirisi hem nicelik hem nitelik yönünden tartışılıp sonuçların mimarlığa katkısından bahsedilmiştir.



2. KURAMSAL KAVRAM ÇERÇEVESİNDE VERİ VE VERİ MADENCİLİĞİ

İnsanın en önemli ihtiyaçlarında biri olan bilginin öneminden dolayı insanlar bilgiye ulaşabilmek için çeşitli yollar geliştirmişlerdir. Bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle bilgiye ulaşabilmek için verilerin çeşitli süzgeç ve süreçlerden geçmesi gerekmektedir. Veri madenciliği, karar verme aşamasında daha iyi sonuçlar üretmek amacıyla kullanılabilecek değerli bilgiler sağladığı için inşaat sektöründe daha yaygın hale getirilmelidir. Bu durum, tasarımdan, uygulamadan, enerji etkin tasarım kriterlerinden, maliyet ve şantiye yönetimine kadar sürecin her adımını optimize etmek için kullanılacak veri toplama ve veri analizi ile mümkün olacaktır.

Başlangıçta amacı hesaplama yapmak olan bilgisayarların zamanla veri depolama ihtiyacından dolayı veri tabanları ortaya çıkmıştır. Buna paralel olarak bilgisayarların üretilmesiyle beraber veri madenciliğinin ortaya çıkışındaki ilk adımlar atılmıştır. Artan veriler doğrultusunda veri modelleme işlemi zorunlu hale gelmiştir. Aynı dönemlerde ortaya çıkan makine öğrenmesinde de çalışmalar ilerlemeye başlamıştır. Oluşturulan veri tabanlarından istenilen verilere ulaşılmasında SQL sorgu dili kullanılmıştır. Büyüyen veri yığınlarından anlamlı bir şekilde faydalanabilmek için çalışmalar yapılmıştır. Bilgi keşfi amacıyla çıkılan bu süreçte “KDD (IJCAI)-89 Veri Tabanlarında Bilgi Keşfi Çalışma Grubu” adıyla toplanılıp katkı sağlanmıştır. Bunun getirisi olarak bir bildirge sayılabilecek nitelikte makale yayınlanıp sunulmuştur. “Knowledge Discovery in Real Databases: A Report on the IJCAI-89 Workshop” adlı bu makaleyle birlikte bilgiye ulaşma sürecindeki temel kavramlar ortaya konulmuştur. Arkasından 1992 yılında veri madenciliğine katkı sağlayacak ilk yazılım geliştirilmiştir. 2000’li yıllarda ivmelenen bilişim sektörüyle beraber uygulama alanları artan veri madenciliğine olan talep artmıştır. Çizelge 2.1’de veri madenciliğindeki tarihsel gelişim süreci gösterilmiştir (Akgün ve Özek, 2020; Aktaş, 2021).

Çizelge 2.1. Veri madenciliği yönteminin tarihsel gelişimi (Akgün ve Özek, 2020; Aktaş, 2021)

Yıl Aralığı	Tarihsel Gelişim Süreci
1945-1950	İlk bilgisayarın ortaya çıkışı
1950-1960	Verileri depolama ihtiyacı, veri tabanının ortaya çıkışı
1960-1970	İlişkisel veri tabanı yönetim sisteminin ortaya çıkışı Basit kurallara dayanan sistemler ve makine öğrenimi
1970-1980	Büyük miktarda veri içeren veri tabanları SQL sorgu dili
1980-1990	Veri tabanlarında bilgi keşfi çalışma grubu ve sonuç bildirgesi Veri madenciliği için ilk yazılım
2000'ler	Tüm sektörler için veri madenciliği Veri madenciliğine olan ilginin artması

Veri analizinde uzun yıllarca kullanılan istatistiksel yöntemler veri boyutlarının artması karşısında yetersiz kalmıştır. İstatistik, ortalama ve standart sapmaların hesaplanması, değişkenler arasındaki ilişkilerin keşfedilmesi, sonuçların özetlenmesi ve gelecekte neler olabileceğine ilişkin tahminlerin yapılması gibi farklı analizlere uygulanabilen birçok farklı uygulaması olan bir disiplindir. Bu nedenle verilerin olduğu her alanda istatistiklerin kullanılabileceğini söylemek yanlış olmaz. İstatistik, veri madenciliğinin kullanıldığı tüm alanlara uygulanabilir. Sahip olunan verilerin boyutu ve yapılması gereken analizin kalitesi, hangi yöntemlerin çalışma için en iyi olduğunu belirleyecektir. Verilerin nasıl analiz etmek istenildiği ve veri madenciliği veya istatistiksel yöntemlerden hangisinin kullanılacağına karar vermek bu noktada önemlidir (Emre ve Erol, 2017). İstatistik ve veri madenciliği karşılaştırması Çizelge 2.2.'de detaylandırılmıştır.

Çizelge 2.2. İstatistik ile veri madenciliği kıyası (Emre ve Erol, 2017)

Farklılaştığı Noktalar	İstatistik	Veri Madenciliği
Kavramsal Açıdan (Meschenmoser, 2004)	Kökeni çok eskiye dayanan bir bilim dalıdır.	İstatistiğin alt dalı olarak ayrılmış bir alan değildir.
Veri Seti Hacmi (Ganesh, 2002)	Veri boyutları çok büyük değildir.	Çok fazla değişken ve milyarlarca veriden oluşabilir.
Veri Tipi (Moss ve Atre, 2003).	Sayısal değerler içerir.	Metin, kategorik ve nümerik değerler olarak çeşitlenebilir.
Örneklem Büyüklüğü (Tüzüntürk, 2010)	Veri seti içinden seçilen küme örneklem büyüklüğünü oluşturur.	Örneklem büyüklüğü veri setinin tamamını kapsar.
Verinin Toplanması Amacı (Tüzüntürk, 2010)	Amaç bellidir.	Genelde amaç veri madenciliği uygulamak değildir.
Hipotez mevcudiyeti (Tüzüntürk, 2010)	Hipotez mevcuttur.	Hipotezin olmama durumu vardır.
Benimsenen Yaklaşım (Tüzüntürk, 2010)	Tümevarım mantığıyla yaklaşılır.	Tümdengelim mantığıyla yaklaşılır.
Bilgisayar Kullanımı (Meschenmoser, 2004)	Bilgisayar olmadan da analiz yapılabilme imkânı vardır.	Bilgisayar olmadan analiz düşünmek imkansızdır.

Kavramsal çerçevede incelediğimizde istatistik kökeni çok daha geçmişe dayanan tamamıyla ayrılmış bir bilim dalıyken, veri madenciliği istatistikten ayrılan bir dal değildir. İkisi de birbirinden farklı alanlardır (Meschenmoser, 2004). Örneğin; istatistiksel işlemde veriler belli bir amaca hizmet etmek için toplanmıştır. Amaç bellidir ve hipotezden yola çıkılmıştır (Mannila, 1996). Bir istatistik çalışmasında sayısal veriler kullanılırken veri madenciliğinde veri tipleri (metin, kategorik ve nümerik gibi) farklılaşmaktadır (Moss ve Atre, 2003). Ancak veri tabanları açısından değerlendirildiğinde, veri madenciliğinde kullanılan veri miktarı çok sayıdayken, istatistik görece daha az sayıda veri seti büyüklüğüne sahiptir (Ganesh, 2002).

Örneklem büyüklüğü karşılaştırıldığında istatistik veri setinden seçilen bir kümeyken, veri madenciliği veri setinin bütünüdür. Bu sebeple veri madenciliğinde bilgisayarsız analiz düşünmek mümkün değildir (Tüzüntürk, 2010). İstatistiğin kökeni bilgisayarın ortaya çıkış tarihinden daha eski olduğu için ve daha küçük veri setleri içerdiğinden bilgisayar olmadan da geçmişte istatistik çalışmaları yapılmıştır (Meschenmoser, 2004). Halbuki veri madenciliğinde bilgisayardan bağımsız analiz düşünülememektedir. Ayrıca veri madenciliği; istatistik biliminin yanında çeşitli bilimlerin bir araya gelmesinden de etkilenen bir analiz metodu olmuştur. Bu bilim dalları; veri taban sistemleri, makine öğrenmesi, algoritmalar, bilgisayar mimarisi, yapay sinir ağları gibi sistemlerdir (Şekil 2.1) (Gemici, 2012; Han, Pei ve Kamber, 2012 s: 8, 34; Dinçoğlu, 2022).

Sonuç olarak; temelde ikisi de veri bilimine hizmet ediyor olsa da veri madenciliği ve istatistiğin genel çerçevede farklılaştığı noktalar vardır.



Şekil 2.1. Veri madenciliğinin ilişkili olduğu bilim dalları (Dinçoğlu (2022), Han, Pei ve Kamber, (2012 s: 23)’den uyarlanmıştır)

2.1. Veri, Enformasyon ve Bilgi Kavramı

*Bilgi olmadan veriye sahip olabilirsiniz,
ancak veri olmadan bilgiye sahip olamazsınız.*

—Daniel Keys Moran

(Deustch R., 2015)

Çalışmanın ana dayanağı veri olduğundan dolayı ilk olarak verinin farklı kaynaklarındaki tanımlarından bahsedilmesinde fayda vardır.

Bateson (1979: 5) veriyi, “bir sistemin iki durumu arasında görülen veya tanınan bir farklılık; enformasyon ise, fark yaratan bir farklılık durumu olarak tanımlanabilir.” olarak ifade etmiştir. Davenport ve Prusak (2001: 22–23) ise veriden bahsederken, “kendisinin önemi ya da işe yarayıp yaramayacağı hakkında bir fikir vermez. Bununla birlikte veri, örgütler ve etkinlikler için önemlidir. Bunun nedeni de verinin, enformasyon ve bilgi yaratmada vazgeçilmez bir hammadde olmasıdır.” şeklinde ifade etmiştir. Bu noktada veri ve enformasyon terimlerini beraber açıklamak gerekmektedir. Kalseth ve Cummings (2001:

166) veri ve enformasyon hakkında bahsederken “Veri, yorumsuz ve içeriksiz şekiller ve/veya olgulardır ve veri özetleme, düzeltme, hesaplama, sınıflandırma ve içerik işlemleri aracılığıyla değer eklenmesiyle enformasyona dönüştürülmektedir.” söyleminde bulunmuştur. Bu iki kavrama ek olarak *bilgiyi* de ele alan Akgün ve Keskin (2003: 176) ise veri, enformasyon ve bilgi arasındaki ilişkiyi şu şekilde belirtmişlerdir:

Veri ve enformasyon beyin dışından transfer edilen, alınan ve kaydedilen formlardır. Bilgi ise, sadece insanların beyinlerinde bulunmaktadır. Enformasyon sensorlar vasıtasıyla insan beynine ulaşmakta ve burada enformasyon işleyicisi tarafından önceki bilgiler kullanılmak suretiyle yeni bilgiye dönüştürülmekte ve hafızadaki yerini almaktadır. Enformasyon işlenmesi yoluyla birçok yeni enformasyon elde edildiğinden ve işlendiğinden yeni bilgiler elde edilebilmekte ve bugün ve gelecekte kullanım için üretilmektedir.

Birbirleriyle doğrudan ilişkili olan veri, enformasyon ve bilgi kavramları dönüşüm süreci içeren kavramlardır. İlk olarak veri düzenli bir hale getirilerek enformasyona dönüşürken, daha sonrasında ise enformasyonun bilgiye dönüştürüldüğü aşamada ise karar vermeye yönelik analizler mevcuttur (Jensen, 2005: 54).

Davenport ve Prusak (2001: 21) veri kavramının bir sonraki adımları enformasyon ve bilgi kavramlarındaki anlam karmaşasının önüne geçmek adına şu ifadeyle açıklık getirmeye çalışmışlardır.

...Ne kadar basit bir gerçek gibi görünse de veri, enformasyon ve bilgi kavramlarının birbirlerinin yerine kullanılmayacağını bir kez daha vurgulamak yararlıdır. Kurumsal başarı ya da başarısızlık genelde bunlardan hangisine gereksinim duyulduğunun bilinmesine, hangisine sahip olunduğuna ve her biriyle neler yapıp yapılmayacağına bağlıdır. Bu üç kavramın ne olduğunu anlamak, birinden diğerine nasıl geçileceğini bilmek, bilgi işini başarıyla yürütmek açısından zorunludur....

Enformasyon verilerin düzenlenmiş hali iken, bilgi bu enformasyonlardan analizler sonucu yorum yapıp karar verilebilir hale getirilmesidir.

Veri, bilgiye dönüştürülmediği sürece bir anlam taşımamaktadır. Tahmin, strateji geliştirme ve karar verme için kullanılma potansiyeline sahip olabilmesi için bilgiye dönüştürülmesi gerekir. Belirli bir filtre, analiz ve sentez, bireysel deneyim ve uzman görüşleri aracılığıyla verilerle bütünleştirilerek içerik elde edilebilir. Veri, bir kişi veya kuruluş için değeri olduğunda bilgi haline gelir (Dinçmen, 2010). Şekil 2.2 incelendiğinde bilgi hiyerarşisinin

tabanında veri yer almaktadır. Veriden bilgiye doğru gidildikçe değer artmaktadır; bilgiden veriye doğru inildikçe anlam azalmaktadır (Chaffey ve Wood, 2005).



Şekil 2.2. Bilgi hiyerarşisi (Chaffey ve Wood, (2005)'den uyarlanmıştır)

Bu tanımlar doğrultusunda veri; hedef bilgiye ulaşmanın ilk adımı olan işlenmemiş haldeki kayıt altına alınan bilginin temelini oluşturan, her türlü ham bilgi olarak adlandırılabilir. Yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla beraber, kişilerin ve kuruluşların veri üretim ve tüketim biçimleri değişmiştir. Veriler önemli bir değer haline gelmiştir (Olivera ve Lóscio, 2018). Yapılan çalışmaya kattığı değer verinin önemini gösteren en önemli ölçüttür (Doğan ve Arslantekin, 2016). Zaman dilimi içerisinde değişen endüstriyel devrimler ışığında bu kavramların açıklamasında etkin farkı ortaya koyan Alec Ross (1971: 152) “Toprak, tarım çağının hammaddesiydi. Demir, sanayi çağının hammaddesiydi. Veri, bilgi çağının hammaddesidir.” söyleminde bulunmuştur. Benzer bir şekilde verinin ekonomik bir değer olan petrolün yerini aldığı “Veri, yeni petroldür.” sözüyle vurgulanmış (Humby, 2006; Artur, 2013). Hirsch (2014: 374); ardından da “Petrolün endüstriyel ekonomiyi beslediği gibi veri de bilgi ekonomisine güç veren bir kaynaktır.” söylemiyle verinin ekonomik yönden katkısına dikkat çekmiştir. Bu açıklamalarda petrol ve verinin ekonomik yönden benzerliklerine vurgu yapılırken ekonomik değerin somut bir kavramdan soyut bir kavrama doğru yön değiştirmiş olması, bu somut değerin ise vazgeçilmez niteliğe dönüşmesinin altı çizilmiştir.

2.2. Büyük Veri

İnsanın en önemli ihtiyaçlarında biri olan bilginin öneminden dolayı insanlar bilgiye ulaşabilmek için çeşitli yollar geliştirmişlerdir. Bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle bilgiye ulaşabilmek için verilerin çeşitli süzgeç ve süreçlerden geçmesi gerekmektedir. Büyük veri kavramı sadece çok sayıda verinin bir araya gelmesini temsil etmez. Aynı zamanda hedeflenen bir amaca hizmet etmek için elde edilen verilerin sentezini de temsil eder (Kızmaz ve Küçükçolak, 2021). Giderek artan veri miktarı ve veri türleri geleneksel yöntemlerle işlenmesi mümkün olmayan “büyük veri” kavramını ortaya çıkarmıştır (Aktan, 2018).

“Büyük Veri” ve “Analitik” verilerin analiz edilmesi, işlenmesi konusuna da dikkat çekip veri analitiği çalışmalarının kullanımının artmasına destek olan iki önemli kavramdır. Bu iki terim bilişim sistemlerinin teknoloji dünyasına sağladığı en önemli iki terim olarak yerini almıştır (Gürsoy Şimşek, 2017).

Bilişim teknolojilerinin gelişimindeki ivme ile beraber veri hacmi küçük depolanıp analizi kolay olan geleneksel veriler yerini büyük hacimli, geleneksel sistemlerle depolanamayan ve işlenemeyen büyük veri kavramına bırakmıştır. Büyük veri analizi ile geleneksel analitik karşılaştırması Çizelge 2.3’te gösterilmiştir (Davenport, 2014; Gürsoy Şimşek, 2017: 74).

Çizelge 2.3. Büyük veri ile geleneksel analitik kıyaslaması (Davenport, 2014; Gürsoy Şimşek, 2017: 74)

	Büyük Veri	Geleneksel Analitik
Veri tipi	Yapılandırılmamış veriler	Yapılandırılmış veriler
Verinin kapladığı alan	100 terabayttan 1 petabayta kadar	100 terabayttan az
Veri akışı	Sürekli	Statik
Analitik yöntemi	Makine öğrenmesi	Hipoteze dayalı analiz

Gerekli cihazların yerleştirilip bünyesinde büyük miktarda verileri tutan cihazlar değerli ve faydalı bilgileri içerirken bu büyük verinin analitiği akıllı hizmetlerin sunulmasında kritik rol oynamaktadır (Qolomany vd., 2019).

2.3. Veri Madenciliği

Büyük miktardaki verilerden faydalı bilgiler çıkarma işlemi olan veri madenciliği bilgisayar biliminin alt dallarındandır. Veriden bilgi keşif sürecinde bir adım olan veri madenciliği veriye doğrudan uygulanmamaktadır. Verilere veri madenciliği işleminin uygulanması verilerin ön işlemlerden geçirilmesi ile mümkündür. (Han, Pei ve Kamber, 2012: 6-8).

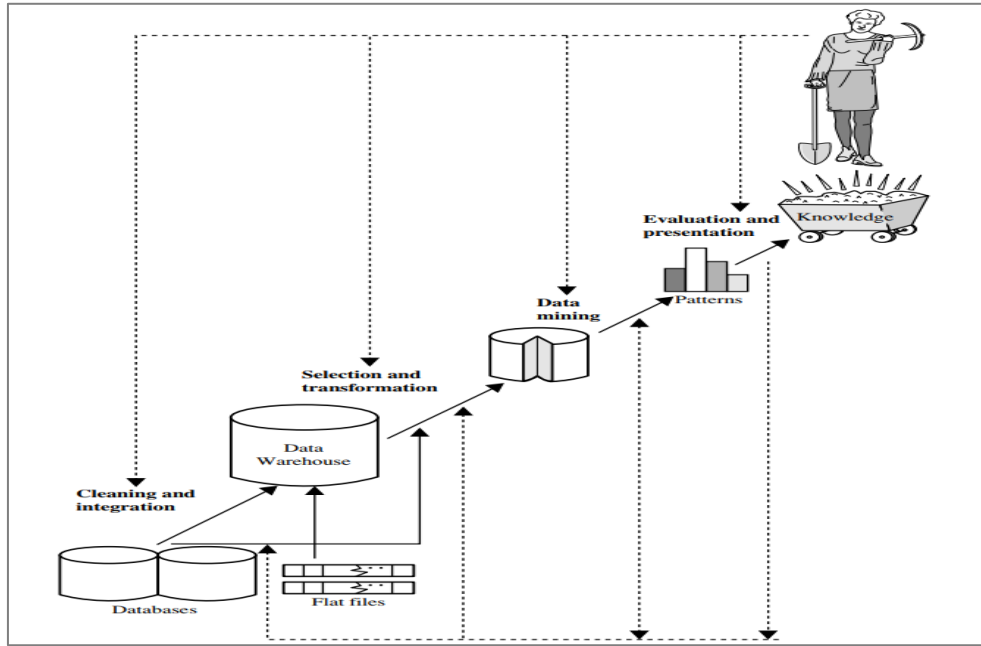
Veri tabanları, 1960'lı yıllardan günümüze doğru basit kayıt sistemlerinden, ölçeklenebilir bir şekilde gelişmiştir. 1970'li yıllardan itibaren veri tabanlarında yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri sayesinde, hiyerarşik sistemlerden ilişkisel veri tabanlarına, veri modelleme araçlarına doğru ilerleme kaydedilmiştir. Günümüzde birçok farklı veri tipini bir arada depolayan karmaşık sistemler halini almıştır. (Han vd., 2012 s:4).

Veri madenciliğinde önemli olan kavramlardan biri de veri ambarlarıdır. Veri ambarı firmalarda veri madenciliği uygulamalarında kullanılmak için geçmiş zaman içerisinde kayıt edilmiş verilerin tümüdür. Geliştirilen modellerin çalıştırılarak sonuçların elde edilmesi veri ambarındaki veriler sayesinde gerçekleştirilir. (Özkan, 2016).

1980'lerinden ortasından itibaren operasyon sistemlerinden, karar destek sistemlerine geçişin başlamasıyla beraber saklanan veri ambarları sistem üzerinde fazlasıyla yedek gerektirmiştir. İşletmelerde her departmanın ihtiyacına yönelik karmaşık modelleri destekleyen geniş analitik sistemlere dönüşmüştür. Veri ambarları işletmelerin geçmişine yönelik çok fazla kayıt içerir, sorgulama ve analiz amacıyla oluşturulan veri ambarları işletmelerin birçok kaynaktan toplanan verilerini birleştirip tek bir noktada depolamaya olanak sağladığı şekilde tasarlandığında çok fazla kapasiteli veriyi depolayabilmektedir. Verilerin analiz edilerek işletmeler için faydalı değer oluşturması veri ambarlarının en büyük avantajlarından biridir (Oracle, 2022, URL-6).

Olayların ve dünyanın anlaşılabilirliğine büyük ölçüde arka çıkan veri madenciliği, bilginin toplanıp depolanması ile işleme becerileri giderek gelişen bir şekilde hali hazırdaki verilerin analiziyle faydalı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Hastalıkların teşhisinden, bankalardaki işlem hareketlerinden müşterilerin kredi ödeme alışkanlıklarına, yüksek gişe hasılatı yapabilecek filmlerin tahmininde, hangi şartlarda yağış beklenmesi durumuna kadar çok fazla bilgi veri madenciliği sayesinde ortaya çıkarılabilmektedir (Argüden ve Erşahin,

2008:15). Veri madenciliği verinin değil, bilginin önemli olduğu fikrine dayandırılarak veriden bilgiye ulaşma sürecinde veri kümesine bir takım sıralı işlemler uygulamayı, bilgi keşfi yapmayı sağlamaktadır. İşte bu noktada veriden bilgiye giden sürecin önemi ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Bilgi keşif süreci aşamaları (Han, Pei ve Kamber, 2012)

Bilgi, görsel olarak veya metin biçiminde temsil edilebilen kalıpları, ilişkileri, kuralları ve eğilimleri içerebilir. Veri madenciliği, modern dijital sistemler ve sosyal bilim araştırma yöntemleri tarafından üretilen, farklı nitelikteki formatlarda sunulan, büyük miktarda bilgi içeren büyük veri kümelerinden bilgi çıkarma sürecidir. Arslantekin (372-373), veri madenciliğini, “büyük miktarda veriden anlamlı bilgi çıkarma sanatıdır...toplanan büyük yığın halindeki veriler arasında örnek kalıpların tanımlanması, eğilimlerin belirlenmesi ve gerekli ilişkilerin kurulması işlemlerine ait bir süreçtir” şeklinde ifade etmiştir (Arslantekin, 2003). Cackett ise veri madenciliğini, “büyük miktarda veriden, otomatik ve yarı otomatik yöntemler kullanmak suretiyle bilinmeyen enformasyonun çıkarılması” şeklinde tanımlamıştır (Cackett, 2013).

Prytherch veri madenciliğini, “ilişkileri ve modelleri analiz etme amacı ile gizli olan enformasyonu keşfetmek için ayrıntılı teknikler kullanarak gerçekleştirilmesi” olarak altını çizmektedir (Prytherch, 2005). Oğuzlar da “Veri madenciliği, veri ambarlarında saklanan,

yararlı olabilecek, aralarında bilinmeyen ilişkilerin olduğu verilerin keşfedilerek, bu verilerin hem anlaşılır hem de kullanılabilir bir şekle dönüştürülmesine yönelik geliştirilmiş yöntemler topluluğudur” diye farklı yöntemleri ifade etmiştir (Oğuzlar 2011). Buradan hareketle Veri madenciliğinin farklı modellerine değinmek gerekirse; veri madenciliğinde genel olarak tahmin edici ve tanımlayıcı olarak iki model bulunmaktadır. Detaylandırılmış olarak Çizelge 2.4’te gösterilen modeller ve alt teknikleri kısaca detaylandırılmıştır.

Çizelge 2.4. Veri madenciliğinin modelleri (Argüden ve Erşahin, 2008)

Fonksiyon	Model	Yöntem/Algoritma
Tahmin Edici Modeller	Sınıflandırma	Yapay sinir ağları, Bayes sınıflandırması, En yakın komşu, Karar destek makinaları, Zaman serisi analizi, Karar ağaçları, Lojistik regresyon
	Regresyon	Yapay sinir ağları, karar destek makinaları, karar ağaçları, lineer regresyon
Tanımlayıcı Modeller	Kümeleme	Bölme yöntemleri, hiyerarşik yöntemler, yoğunluk tabanlı yöntemler, grid tabanlı yöntemler, model tabanlı yöntemler
	Birliktelik Kuralı	Apriori, FP-Growth, Eclat
	Sıralı Dizi Analizi	

Tahmin edici modeller

Deneyimlerden ve geçmiş verilerin faydalarından çıkarılan, geleceğe dair bir olgunun öngörüldüğü fonksiyonlardır. Modeli kurmak için geçmişte edinilen deneyimler ve sonuçlar kullanılır.

➤ Sınıflandırma Modeli:

“Genç kadınlar küçük araba satın alır. Yaşlı ve zengin erkekler büyük, lüks araba satın alır.” (Erşahin, 2008:37)

Sınıflandırma, önceki doğru kararlara dayalı olarak program davranışını eğiten denetimli bir öğrenme tekniğidir. Sınıflandırmada amaç kısıtlı sayıdaki seçenekler arasından tek bir seçeneği seçmeyi hedefler.

➤ Regresyon Modeli:

“Ev sahibi olan, evli, aynı iş yerinde beş yıldan fazladır çalışan, geçmiş kredilerinde geç ödemesi bir ayı geçmemiş bir erkeğin kredi skoru 825’dir.” (Erşahin, 2008:38)

Regresyonda amaç, girdi değerlerini çıktıyla ilişkilendiren, model olarak bilinen en uygun tahminleri bulmaktır.

Tanımlayıcı modeller

Tanımlayıcı fonksiyonlar veri ambarındaki mevcut verilerin birbirleriyle ilişkileri, bağlantıları ile davranışlarını davranışlara odaklanır.

➤ Kümeleme Modeli:

“Müşterilerin büyük bir kısmı düzenli olarak pazartesi akşamları kredi kartıyla alışveriş yaparlar.” (Erşahin, 2008:39)

Veri tabanındaki verileri farklı kümeler halinde gruplandırarak verilerin düzenlemesine ve daha verimli bir şekilde anlamlandırılmasına yardımcı olan modeldir. Bu gruplandırma veri setindeki verilerde benzer özelliklere göre yapılmaktadır. Problem çözümüne dayanan hedefe ulaşmak için benzerliklerin kümelendiği analizler yapılmasına imkân sağlar (Williams, 2011:179)

➤ Birliktelik Kuralı:

“Çocuk bezi alan müşterilerin 30%’u süt de alır.” (Erşahin, 2008:41)

Veri havuzları içerisindeki farklı verilerin yüksek sıklıkla birlikte bulunma ilişkisine *birliktelik kuralı* denir. Klasikleşmiş örneği sepet analizidir. Sıklıkla beraber alınan ürünlerin analizidir.

Tez çalışmasında eldeki verilerden inşaat sektöründe yapı tasarım sürecine katkı sağlamak için birliktelik kuralı kullanılmıştır. Birliktelik kuralının gücü iki parametreyle ölçülür. Bunlar “support” (destek) ve “confidence” (güven) ‘dir. Bu parametreler ilginçlik

ölçütleridir. Support (destek) kural frekansını bir başka değişle sıklığını; “confidence” (güven) ise kuralın kabul edilebilirliği yani A ögesinin hangi olasılıkla B ögesi ile birlikte olduğunun göstergesidir. “Support” ve “confidence” değerleri büyüdükçe birliktelik kuralının gücü de artmaktadır. Support ve confidence eşitlik gösterimi aşağıda Eş. 2.1 ve Eş. 2.2’de belirtilmiştir.

$$\text{Destek (Support)}(X \rightarrow Y) = \frac{X \text{ ve } Y' \text{ yi beraber içeren kayıt sayısı}}{\text{Toplam kayıt sayısı}} \quad (2.1)$$

$$\text{Güven (Confidence)}(X \rightarrow Y) = \frac{X \text{ ve } Y' \text{ yi beraber içeren kayıt sayısı}}{X' \text{ i içeren tüm kayıtların sayısı}} \quad (2.2)$$

Bir başka parametre ise “lift” (kaldıraç)’tır. “Lift” (kaldıraç) X ve Y değerlerinin bağımsızlıklarını gösteren destek değeridir (Han vd., 2012, 246; Silahtaroglu, 2013).

➤ Sıralı Dizi Analizi:

“X ilacının kullanılmaya başlamasından 6 ay sonra hastalık %40 ihtimalle gerilemeye başlıyor.”

Veriler arasındaki ilişki ve kalıpları bulmaya çalışırken zaman ve konuma göre belirli sıraya koyup oluşturan analizdir. Tıbbi tedaviler sıralı dizi analizine örnek olarak verilebilir (Argüden ve Erşahin, 2008:37-43). Sıralı dizi analizinde ardışıklıkların tespiti önemlidir.

Çalışmada bahsedilen veri madenciliği modelleri kapsamında, ilişkisel verilerin mimari tasarıma kaynak oluşturmaları hedefiyle sıklıkla beraber olan durumlara odaklanan birliktelik kuralı analizi kullanılmıştır.

3. İNŞAAT ENDÜSTRİSİNDE VERİ MADENCİLİĞİ VE LİTERATÜR TARAMASI

Gelişen teknoloji her sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de bilgi üretimini artırmış ve veri hacminin kapasitesinin arttığı bir dijital döneme girilmiştir (You ve Wu, 2019). Teknolojinin gelişmesi veri türlerinde de çeşitlenmeye sebep olmuş ve kayıt altına alınan veriler, sensörler, sayaçlar ve web siteleri gibi çeşitli kaynaklardan toplanılabilir hale gelmiştir (Bilal vd., 2016). Farklı kaynaklardan toplanan verilerin analiz edilmesi ile inşaat sektöründe bilgi keşfi mümkün kılınacaktır. Bu bağlamda çok disiplinli bir alan olan sektörde, tüm paydaşların hem sektör yararına hem de ülkenin gelişmesine daha çok katkı sağlayacak doğru kararların yapı tasarım süreçlerinde alınmasında önem teşkil etmektedir. Bu kapsamda literatür taramasında ilk etapta veri madenciliğine farklı sektörlerdeki kullanım amaçlarına yer verilerek genel bir çerçeve çizilmiş, sonrasında alt başlıklar açılarak inşaat sektöründe farklı alanlarda yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Literatür incelendiğinde Endüstri 4.0'ın da devreye girmesiyle beraber dünyada çok sayıda büyük veri, veri madenciliği gibi alanlarda çalışmalara önem verildiği görülmüştür. Veri madenciliği yönteminden sıklıkla faydalanan sektörler e-ticaret, perakende, sağlık, genetik, kriminoloji, elektronik, eğitim, borsa, finans ve verinin olduğu her alandır.

Verinin olduğu her alanda kullanım alanı bulan veri madenciliği ile kısıtlı kullanım alanlarının gösterildiği veri madenciliğinin kullanıldığı sektörler sınırlı bir şekilde gösterilse de araştırma ve analizler doğrultusunda temelinde bilgi olan her alanda kullanılan bir disiplin olarak karşımıza çıkmaktadır (Cemaloğlu ve Duykuluoğlu, 2020:620). Veri artışından kaynaklanan geleneksel analiz yöntemlerinde karşılaşılan sorunlar veri madenciliği yöntemini ortaya çıkarmış ve temelinde veri ve bilgi olan bütün sektörler bu disiplinden faydalanmıştır.

Veri madenciliğinin farklı sektörlerde kullanımları, amaçlarıyla tablolastırılarak Çizelge 3.1.1.'de gösterilmiştir (Eker, 2016; Tunç, 2022).

Çizelge 3.1. Veri madenciliğinin farklı sektörlerde kullanımı (Eker, 2016; Tunç, 2022)

Kullanım Alanı / Sektör	Kullanım Amacı
E-ticaret	- Müşteri kaybı sonucu tekrar kazanım için stratejiler oluşturulması, - Ürün memnuniyet ölçümü - Müşteri davranışlarının elde edilmesi
Bankacılık	- Müşterilerin kredi risk durum belirlenmesi - Geçmiş ödeme alışkanlıklarına göre yeni ödeme planlamaları oluşturulması - Kredi kartı usulsüzlüklerinin belirlenmesi - Kredi taleplerinin belirlenmesi
Pazarlama	- Mevcut müşteri profillerinin çıkarılması - Satış noktası veri analizlerinin yapılması - Alışveriş sepeti analizlerinin yapılması - Tedarik ve mağaza yerleşim optimizasyonunun gerçekleştirilmesi
Finans	Karlı müşterilerin belirlenip onlara hitap eden yeni projelerin üretilmesi
Borsa	- Hisse senedi fiyat tahmini - Genel piyasa analizi - Alım-satım stratejilerinin belirlenmesi
İletişim	- Kalite ve iyileştirme analizleri - Hatların yoğunluk tahminlerinde - İletişim desenlerinin belirlenmesinde
Sağlık	- Sağlık ürünleri geliştirme - Üretilen yeni bir ilacın bölgesel etkilerinin belirlenmesi - Tedavi sürecinin belirlenmesi - Hastalıkların teşhisi - Semptomlara göre hastalık tespiti - Hasta profillerinin belirlenmesi
Telekomünikasyon	- Arama detay kayıt analizi - Müşterilerin bağlılık analizi

Çizelge 3.1’de yer alan sektörlerin dışında akademik çalışmalar incelendiğinde inşaat sektöründe de veri madenciliği ile yapılan çalışmalara rastlanılmaktadır. Tez çalışmasının akışında faydalanılan ve faydalanılabilecek bilimsel çalışmalara ve yayınlara kısaca yer verilmiştir. İncelenen literatür örnekleri öncelikle inşaat sektöründeki farklı alanlardaki uygulamaları ile ele alınmıştır. Ardından çalışma kapsamında alan çalışması olarak incelenen enerji etkin yapı tasarımı sertifika sistemleri ile yapılan veri madenciliği çalışmaları incelenmiştir.

3.1. Literatürde İnşaat Sektörü Özelinde Veri Madenciliği

Literatür taramasının ilk aşamasında inşaat sektörüne genel bakış ele alınmıştır. İnşaat sektörüne veri madenciliğinin katkısını sunan literatür incelemelerine ek diğer sektörlerdeki bakış açılarının da çalışmaya katkı sağlayacağı düşünüldüğünden inşaat sektöründe çeşitli

alanlardaki çalışmalara da yer verilmiştir. Bu çalışmalarda gelecekle ilgili tahminler yapılmakta ve/veya geçerli olan süreçlerin uygulanabilirliği araştırılmaktadır. Yöntem olarak genellenecek olursa tahminleme, sınıflandırma, kümeleme, birliktelik ve aykırı değer tespiti yöntemiyle çalışmalar yapılmıştır (Yan vd., 2020). Aşağıda çeşitli bağlamlarda veri madenciliği çalışmaları literatür araştırması olarak incelenmiştir.

Duru ve Canbay 2007 yılında yaptıkları çalışmada deprem verileri üzerinde gerçekleştirdikleri analiz için veri madenciliği yöntemi kullanarak bir çalışma ortaya koymuşlardır. Bu ortaya konan çalışma, veri madenciliği için deprem verilerini kullanarak hedeflenen bir bölgede meydana gelen bir sismik tehlike olasılığını kapsamaktadır. Ancak burada unutulmamalıdır ki bu çalışma deprem tahmin tekniklerinden sadece biridir ve çalışma alanının tektonik özellikleri incelenmeden bile olumlu sonuçlar alınmasının mümkün olduğu gösterilebilir (Duru ve Canbay, 2007).

Zmazek ve ark. 2003 yılında yaptığı “Application of decision trees to the analysis of soil radon data for earthquake prediction” adlı çalışmada 2000-2002 yılları arasında Slovenya, Krško havzasındaki üç istasyondan alınan radon verilerinin analizi ile sismik veriler arasında korelasyon ilişkisine bakmıştır. Model ağaçların diğer regresyon yöntemlerinden daha performanslı olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Yalnızca çevresel parametrelerin baz alınarak 0.8 korelasyonlu radon konsantrasyonu tahmin eden bir model oluşturulmuştur. Sismik aktivitenin olduğu dönemlerde bu korelasyon çok daha düşük bulunmuştur. Tahmin doğruluğundaki bu düşüş, yerel büyüklüğü 0,8-3,3 olan depremlerden 1-7 gün önce ortaya çıktığı bulgusuna ulaşmıştır (Zmazek vd, 2003).

Durap ve Doğan yaptıkları “İnşaat Mühendisliğinde Bilişim Kavramı ve Veri Madenciliği Algoritmalarıyla Bir Sistemin Oluşturulması” adlı çalışmada, yapı sektöründe biriken veri artışından dolayı hem elektronik hem de takip sistemli bir yapı oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır. İdeal malzeme ve yöntemi belirlemek için bir uzman sistem oluşturulmuştur. Amaç, ilgili sistemi geri bildirimle eğitmektir. Bu sistem inşaat mühendislerine proje aşamasında mühendislik adımlarını atarken nasıl bir yol izlemesi gerektiğini, hangi malzeme ve hangi yolları izlemesi gerektiğinde yol gösterici olan bir sistemdir (Durap ve Doğan, 2014).

Özel ve Topsakal yaptıkları “Veri Madenciliği Kullanarak Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi” adlı çalışmada, veri madenciliği yöntemleri kullanılarak beton basınç dayanım modelleri geliştirilmiştir. Çalışmada veri madenciliği yöntemleri kullanılarak gerçek değerlere yakın sonuçları elde edilebildiği belirlenip, beton basınç dayanım üzerinde etkili olan parametrelerin önemi vurgulanmıştır (Özel ve Topsakal, 2014).

Dong vd. (2018) yaptıkları çalışmada asfaltlardaki termal çatlama sorunları için ilişkilendirme kuralı oluşturmayı amaç edinin 36 potansiyel etki faktörü de dahil olmak üzere ABD ve Kanada’nın soğuk bölgelerinden 339 numune toplamışlardır. Veri toplamak ve analiz etmek için LTPP (Long-Term Pavement Performance) programı kullanılmıştır. Bu program Amerika ve Kanada’nın kaldırım ve yol performansının toplanıp depolandığı merkezi veritabanıdır (United States Department of Transportation Federal Highway Administration, 2022). Çalışma methodu olarak gri ilişkisel analiz kullanılmıştır. Derecelendirme, sınıflandırma ve karar verme tekniği olarak kullanılan gri ilişkisel analiz bilginin bir kısmının bilinip bir kısmının bilinmediği, kesinlik içermeyen verilerin bulunduğu durumlar için kullanılmaktadır. Sonuç olarak, asfalt bağlayıcı yüzdesinin, bükülen kiriş reometresi testinden ölçülen sertliğin, aylık donma indeksinin, asfalt katman kalınlığının, hizmet yaşının ve trafik yoğunluğunun termal çatlama üzerinde önemli etkiler sergilediğini ve bu önemli etki faktörleri ile farklı düzeylerde güçlü ilişkilere sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Asfalt betonu karışımlarına gelince, agregadaki boşluklar ve hava boşlukları, termal çatlama hızı ile pozitif korelasyonlara sahipti. Bu ilişkilendirme kurallarına göre, kaldırımın hizmet ömrü boyunca kaldırım tasarımı, inşaatı ve yönetimi için öneriler sunulmaktadır (Dong vd., 2018).

Cheng vd (2010) yaptıkları “Use of association rules to explore cause-effect relationships in occupational accidents in the Taiwan construction industry” adlı çalışmada Tayvan’da 2000-2007 yılları arasında inşaatlarda meydana gelen 1347 kazanın analizi veri madenciliğinde ilişkilendirme kuralı yöntemiyle ele alınmıştır. İş kazalarına ilişkin karmaşık veri yığınları arasında ilgili faktörler arasındaki temel ilişkileri belirlemek için modern bilgi teknolojisini kullanılmaktadır. Bu arka plana karşı, mevcut çalışma, Tayvan'daki çok sayıda (1347) iş kazası ve ölüm raporunun dikkatli bir şekilde sınıflandırılmasını ve kodlanmasını üstlenmektedir. Bu ham veriler daha sonra çeşitli etki faktörleri arasındaki ilişki düzeylerini belirlemek için ilişki kuralı analizine tabi tutulur. Özellikle koruyucu önlemler olmadan yüksek yerlerde çalışma, hareket halindeyken denge kaybı, koruyucu ekipman kullanmama,

yetersiz deneyim ve dengesiz yapılarla zararlı temas. Bu tehlikeler özellikle 10 kişiden az olan küçük işletmelerde daha belirgin olduğu veri madenciliği yöntemi ile ortaya konmuştur (Cheng, Lin ve Leu, 2010).

3.2. Literatürde Enerji Korunumu Özelinde Veri Madenciliği

Genel incelemeden özel incelemeye doğru daralan literatür çalışmasında tez araştırma hedefi doğrultusunda enerji tüketimi ve LEED sertifikası kullanılmasına yönelik çalışmalar detaylandırılmış, uluslararası literatürden elde edilen çalışmalar 4 başlık altında verilmiştir.

İlişkilendirme kuralı-veri madenciliği yapılan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

2016 yılında Ma ve Cheng tarafından yapılan “Data-driven study on the achievement of LEED credits using percentage of average score and association rule analysis” adlı makalede veriye dayalı teknikler kullanarak sertifika almış projelerdeki LEED kredi başarılarını analiz etmeyi ve LEED yöneticilerine bireysel kredilerin ve ilgili kredilerin başarılarını daha iyi anlamalarını sağlamayı amaçlamaktadır. LEED-NC v3 sertifikasına sahip 1000 proje vaka bazında toplanıp analiz edilmiştir. Ayrıca birliktelik kuralı madenciliği kullanılarak krediler arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Destek ve güven eşikleri, CMAR adlı bir sınıflandırma algoritması uygulanarak belirlenmiştir. USGBC tarafından önerilen 224 çift ilişkili kredi arasından 50 çift güçlü ilişkili olarak tanımlandı (Ma ve Cheng, 2016).

2012 yılında Bilen ve arkadaşlarının yaptığı “Urban Crime Investigation Association Rules in Istanbul Location of the Perception of the Problem” adlı makalede amaç veri madenciliği yöntemi ile İstanbul ilinde mahallelerde cinsiyet ve suçun kentsel sorun algısını nasıl oluşturduğu ve cinsiyet faktörünün bu sorun algısı üzerinde bir etkisinin olup olmadığını görmek olmuştur. Tüm örneklem içinde tüm değişkenler içinde birliktelik kuralına göre sorunların bir arada dağılımlarına bakıldığında eğitim ve sağlık hizmetlerinin birlikte yetersizliği suç unsuru için bir sorun olarak bildirilmiştir (Bilen ve ark., 2012).

Pham ve ark. tarafından yapılan “An Investigation of the Selection of LEED Version 4 Credits for Sustainable Building Projects” adlı çalışma LEED proje ekiplerinin uygun LEED hedeflerini nasıl seçtiğini belirlemek için Eylül 2014 ile Mart 2020 arasında sertifikalandırılmış 222 LEED-NC-V4 projelerinde çalışanların yaptığı seçimleri incelemiştir. Sonuçlar, proje LEED hedeflerinin ve hedef sertifika düzeyine karşılık gelen

kredilerin seçilmesinin yanı sıra çeşitli kredi seçenekleri arasındaki bağlantılar ve değiş tokuşlar hakkında dikkat çeken bilgiler ortaya koymaktadır.

İklim-LEED-veri madenciliği bağlamında yapılan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

2017 yılında Jun ve Cheng tarafından yapılan “Selection of target LEED credits based on project information and climatic factors using data mining techniques” adlı makalede proje bilgilerine ve iklim faktörlerine dayalı olarak hedef LEED kredilerinin seçimi için bir metodoloji sunulmaktadır. Çalışma, LEED for Existing Buildings (LEED-EB) sertifikasına sahip projelere odaklanılıp 912 proje ve çevredeki iklim koşullarına ilişkin bilgiler toplanıp incelenmiştir. LEED kredi seçimi için web tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmek için eğitilmiş sınıflandırma modelleri kullanılmıştır. Geliştirilen sistem, üstlenilen projenin sadece sahip tipini, proje boyutunu ve hedef sertifika seviyesini dikkate almakla kalmamış, aynı zamanda deneyimsiz yöneticilerin hedef kredileri daha kapsamlı tasarlamasına yardımcı olacak iklim faktörlerini de içermektedir. Örneğin, daha yüksek yağış alan yerlerde bulunan projelerin, daha uygun maliyetli hale getirmek için SSc6- Yağmur Suyu Miktar Kontrolünü takip etmesi önerilmektedir (Jun ve Cheng, 2017)

2015 yılında Cheng ve Ma tarafından yapılan “A data-driven study of important climate factors on the achievement of LEED-EB credits” adlı makalede veri madenciliği tekniklerini kullanarak iklim kriterleri ile LEED-EB v2009 kredileri arasındaki ilişkiyi keşfetmeyi amaçlamaktadır. Çalışma sonucuna göre SSc 4 Alternative Commuting Transportation (alternatif ulaşım) ve SSc 7.1 Heat Island reduction-nonroof (ısı adası etkisi azaltılması-çatı harici) gibi bazı kredileri ile iklim faktörü arasında yüksek ilişki bulunmuştur. (Cheng ve Ma, 2015).

Ekonomi-LEED-veri madenciliği bağlamında yapılan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

2019 yılında Younghua Zou tarafından yapılan “Certifying green buildings in China: LEED vs. 3-star” adlı makalede Çin’in yerel sertifika sistemi 3-star ve LEED’in karşılaştırması yapılırken ekonomik yönlerinden de karşılaştırınca kişi başına düşen milli gelir arttıkça LEED’in kullanım oranının da arttığı tespit edilmiştir (Zou, 2019).

2020 yılında Eric M. Benson ve Bradley Breitschaft tarafından yapılan “Are LEED-ND developments catalysts of neighborhood gentrification?” adlı çalışma LEED-ND projelerine

odaklanmaktadır (Benson ve Breitschaft, 2020). Bu araştırmada, LEED-ND ve derecelendirme sisteminin daha fazla sosyal eşitliği teşvik etme hedefine ulaşp ulaşmadığını daha iyi anlamak için önerilen, tamamlanmış ve/veya devam eden 246 LEED-ND sitesinin konum kriteri ve demografik özellikleri analiz edilmiştir. Bu değişkenler, eğitim düzeyi, ortalama gelir, kira, arazi değerleri, hane halkı büyüklüğü, yaş ve ırk çeşitliliğini içerir. Çeşitli coğrafi seviyelerde eğitim kazanımı, rant ve çeşitlilikte istatistiksel olarak önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. Ayrıca LEED-ND geliştirmelerinin etkilerinin sitelerin fiziksel sınırlarının ötesinde hissedildiği de belirlenmiştir. Bulgular, LEED-ND geliştirmelerinin daha fazla sosyal eşitliği teşvik etmekten ziyade mahalle soylulaştırmasının katalizörleri olarak işlev görebileceğini göstermektedir.

Proje boyutu ve LEED sertifikası kredileri arasındaki ilişkilere göre yapılan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

2021 yılında Svetlana Pushkar tarafından yapılan “Relationship between Energy and Atmosphere (EA) Credits and Project Size in the LEED-NC Version 3 (v3) and 4 (v4) Projects” adlı çalışmada Kaliforniya’da LEED-NC V3 ve V4 sertifikası alan projelerin, proje boyutları ile Enerji ve Atmosfer kategorisi kredileri üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Derecesi sertifikalı, gümüş ve altın seviyesinde olan projelerin yenilenebilir enerji kredilerinin proje boyutuna bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2021 yılında Yusuf Furkan Kaya’nın yaptığı “Global diffusion of green building certification systems (GBCS): a lead and lag markets model” adlı yüksek lisans tezinde LEED sertifikasının yayılma davranışları incelenmiştir. Enerji etkin yapı tasarımı sertifika sistemlerinin bölgeler arası yayılma etkilerinin dinamiklerini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu araştırma, dünya çapında 160’tan fazla ülkede verdiği hizmetle en fazla uluslararası sertifika sistemi olarak kabul edilen LEED’in kullanılma oranları karışık etki modeli kullanılarak incelemiştir (Kaya 2021).

3.3. Çalışmanın Mevcut Araştırmalardan Farklılaştığı Nokta

Yapı sektörünün bilişim sektörüyle entegrasyonu yakın zamana dayanmaktadır. Bu konuda özellikle LEED sertifika sisteminin menşei olan ve en çok sertifikalı yapının bulunduğu Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) LEED sertifikası ile veri madenciliği çalışmaları yapılmıştır (Zmazenk ve ark. (2003); Duru ve Canbay (2007); Bilen ve ark. (2012); Ma ve

Cheng (2015), (2016); Jun ve Cheng (2017); Zou ve ark. (2019); Pham ve ark. (2020); Benson ve Breitschaft (2020); Pushkar (2021) ve Kaya (2021)). Ancak literatürdeki bu çalışmalar dünya genelinde değil ABD sınırları içerisindeki sertifikalandırılmış projelere dayanan çalışmalardır. Alan çalışmasındaki basamaklara göre tez çalışmasının literatürdeki çalışmalardan farklılaştığı noktalar aşağıda madde madde verilmiştir;

- Çalışmanın ilk araştırma konusu dünya genelinde LEED kredileri arasındaki ilişki durumunu incelemek olmuştur. Ma ve Cheng 2016 yılında yaptıkları “Data-driven study on the achievement of LEED credits using percentage of average score and association rule analysis” adlı çalışmada ABD ölçeğinde LEED NC v3 sertifikalı projeler üzerinden veri madenciliği birliktelik kuralı yöntemiyle araştırma yapmıştır. Ancak belirli periyotlarda revizyona uğrayan LEED sertifika kriterlerinin değişmesi doğrultusunda 2015 yılı itibarı ile LEED NC v4 versiyonuna geçilmiştir. Literatürde LEED BD+C: NC v4 sertifikalı yapıları baz alarak birliktelik kuralı ile yapıların analiz edildiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmada son 16 yıldır uygulanan bu versiyon ile sertifikalandırılmış yapılara ait veriler kullanılarak güncel çıkarımlar elde edilmesi sağlanmıştır.
- Çalışmanın ikinci araştırma odağı iklim verileri üzerinden LEED kredileri arasındaki ilişki durumunu incelemek olmuştur. Cheng ve Ma 2015 yılında yaptıkları “A data-driven study of important climate factors on the achievement of LEED-EB credits” adlı çalışmada ABD ölçeğinde LEED Existing Building sertifikalı yapılar üzerinden iklim faktörlerinden sıcaklık ve yağış verilerine göre araştırma yapmıştır. Ancak dünya genelindeki LEED BD+C: NC v4 sertifikalı yapıları baz alarak iklim faktörleri ve LEED kredileri arasındaki ilişkilerin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmanın ikinci aşamasındaki araştırma konusu iklim kriterinden sıcaklık ve yağış verileri baz alınarak dünya genelindeki projeler üzerinden incelemeler yapılarak mevcut çalışmalardan farklılaşmıştır.
- Çalışmanın üçüncü araştırma odağı LEED sertifikalı yapıların ülkelerin gelişmişlik durumları üzerinden incelenmesi olmuştur. Bu kapsamda ülkelerin ekonomik gelişmişlik ve refah durumlarının göstergesi olan kişi başına düşen milli gelir ile LEED sertifika kullanımı arasındaki ilişkiler üzerinden yapılan bir çalışma mevcut değildir. Ülkelerin gelişmişlik durumlarının enerji tüketimindeki örüntüyü değiştireceği hipotezine dayanarak bu faktörün de ele alınması hedeflenmiştir.

Sonuç olarak uluslararası literatürde veri madenciliği ile yapı tasarımında enerji tüketimini azaltmayı hedefleyen LEED sertifikalı projeler üzerinden yapılan analizler mevcut olsa da yapı tasarımına direkt etkisi olan iklim verileri ve ülkelerin kişi başına düşen milli gelir verilerinin de etkisiyle bütüncül bir irdelemenin yapıldığı çalışmalara rastlanılmamıştır. Bu noktada enerji etkin yapı tasarımını hedefleyen sertifika sistemlerinden geçerliliği en yüksek olan LEED sertifika veri tabanı referans alınarak yapılan çalışmada çıkan bulgular tasarımcılar için referans niteliğinde olmuştur.





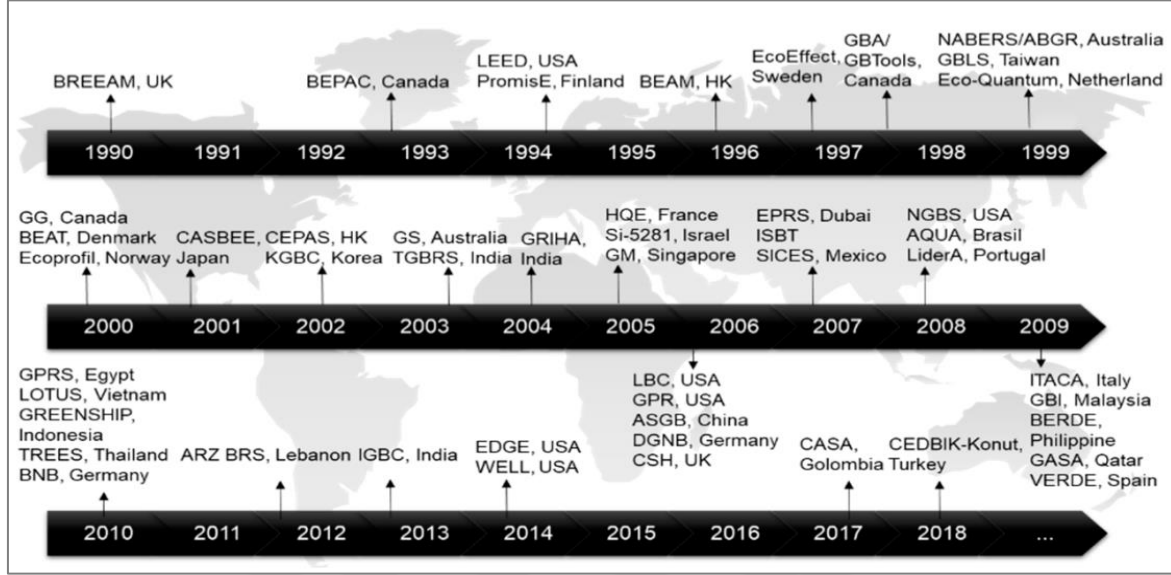
4. DÜNYADA YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİ VE ELDE EDİLEN BÜYÜK VERİ

Endüstriyel faaliyetlerin tehlikelerinin dünya ekonomisinde daha belirgin hale gelmesi nedeniyle, giderek artan sayıda endüstriyel sektör zararlı çevresel etkilerini azaltmak adına büyük değişiklikler yapmak için adım atmıştır. İnşaat sektörü de benzer şekilde çevreye karşı sorumluluklarını fark edip, yapılar tasarlanırken çevreyi korumanın, zararı en aza indirmenin önemini çeşitli yöntemlerle ortaya koymaktadır (Crawley, Aho, 1999).

Küresel ısınma, iklim değişiklikleri, çevre kirliliği, doğal kaynak yönetimindeki sorunlar ve ekolojik sistem içinde dengenin bozulması gibi nedenler yapı tasarımında enerji etkin yapı tasarımı kavramını sektöre kazandırmıştır. Artan enerji ihtiyacı ve azalan doğal kaynaklara bağlı olarak enerji etkin yapı tasarımının önemi artmıştır. Yapılarda enerji verimliliğine odaklanan enerji etkin yapı tasarımı temelinde ısı performansını optimize ederken mekânda konfor şartlarını sağlamaktadır. Yapı malzemelerinin yaşam döngüsünden uygulama yöntemi seçimine ve arazinin kullanımına kadar *bütünleşik bina tasarımı* yöntemini esas alır. Böylece sadece mimarları değil sektördeki paydaşların da sürece katılmasını destekler (TC. ÇŞB. Enerji etkin binalara ulaşma yolunda temel tasarım prensipleri, 2015). Mimari alanda ön plana çıkan bu enerji etkin yapı tasarımı kavramı yapıları performanslarına ve çevresel kriterlere göre değerlendiren enerji etkin yapı tasarımı sertifikasyon sistemlerini ortaya çıkarmıştır. Her ülkenin coğrafi şartları, yaşam tarzı, iklim koşulları farklı olduğu için ülkeler kendi sertifika sistemlerini oluşturmuşlardır. Dünya genelinde LEED, BREEAM, DGNB gibi enerji etkin yapı tasarımı sertifika sistemi olduğu gibi ülkemizde de yerel sertifika sistemi olan B.E.S.T.- Konut sertifika sistemi vardır. Objektif değerlendirmeye tabi tutup, ölçütlere ve belgelendirmeye dayalı değerlendirme yapmak sertifikasyon sisteminin temelini oluşturmaktadır. Özünde aynı amaca hizmet eden ancak farklı iklim koşulları, yaşam tarzları, kültürleri, inşaat yapım teknikleri, yönetmelikleri gibi yönlerde ayrıştığı için her ülkenin kendi oluşturduğu sertifika sistemlerinde değişiklikler vardır.

Giderek artan nüfusla birlikte, enerji etkin yapı tasarımı uygulamalarına yatırım yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bunu yapmanın bir yolu, binaların çevre dostu olmasını sağlayan bir sertifikasyon sistemi oluşturmak olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ülkeleri, Çin ve Hindistan gibi nüfus yönünden büyük ülkeler kullanılan enerji türünü, su verimliliğini ve geri dönüştürülmüş malzemeleri dikkate alan bu tür sistemler oluşturmuştur. Enerji etkin

yapı tasarımı sertifika sistemlerinin yıllara göre ortaya çıkışları Çizelge 4.1’de (Doan vd, 2017) gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Enerji etkin yapı tasarımı sertifikasyon sistemleri zaman çizelgesi (Doan vd, 2017)

Enerji etkin yapı tasarımına odaklanan yapılar, daha az maliyetle daha az enerji kullanan ve bunun yanında su kullanımında tasarruf sağlayan, yapıyı oluşturan tüm malzemelerin yaşam döngüsüne katkı sağlayan, yapının bulunduğu çevreyle sosyal ve çevresel yönden zararlarını azaltan, yapı sakinlerine sağlıklı ortamlarda konforlu bir şekilde yaşam sunan yapılardır. Belgelendirme ve beyana dayalı enerji etkin yapı tasarımına odaklanan sertifikasyon sistemlerinden en yaygın kullanılanı LEED’dir. ABD’nin kendi yerel standartları, iklim koşulları ve ekonomik girdileri göz önüne alınarak hazırlanan LEED sertifika sistemi, kendi yerel derecelendirme sistemi olmayan ülkelerce de kullanılarak marka değerini artırmıştır. Marka değeri diğer sertifika sistemlerine göre daha yüksek olan LEED sertifika sistemi alt başlıkta detaylandırılmıştır.

4.1. LEED Sertifika Sistemi

LEED, sağlıklı, verimli, karbon emisyonunu azaltan enerji etkin yapı tasarımı için bir referans sağlayan USGBC konseyi tarafında geliştirilmiş olan sertifikalandırma sistemidir. Amerikan Mimarlar Enstitüsü’nün kuruluş toplantısı için 1993 yılında bir araya gelen Rick Fedrizzi, David Gottfried ve Mike Italiano, 60 tane firma ile birkaç kâr amacı gütmeyen kuruluş temsilcilerinin fikirlerini paylaşıp temelini oluşturduğu yapı endüstrisini kapsayan

enerji etkin yapı tasarımı derecelendirme sistemi olan LEED sertifika sisteminin temelleri atılmıştır. LEED'in gelişmesi 1993 yılında USGBC'nin kurulmasıyla başlamıştır. USGBC 1998 yılında, LEED 1.0'ı geliştirip 19 tane pilot proje test edilmeye başlanmıştır. Pilot programın başarısının ardından, LEED for New Construction, Mart 2000'de halka arz edilmiştir. 2001'de USGBC, pilot programdan edinilen geri dönüşlerden yola çıkaran LEED 2.0'ı geliştirmiştir. 2003 yılında LEED V2.1 piyasaya sürülmüştür. Washington DC'deki National Geographic Society yapısı, ilk LEED sertifikasına sahip başarılı proje olmuştur. USGBC, Nisan 2009'da LEED v2009'u piyasaya sürdü. Önceki LEED v2.2, LEED v2009'a göre yapılan birçok iyileştirmenin yanı sıra, LEED v2009, Çevre Koruma Ajansı'nın TRACI'sine (Kimyasal ve Diğer Çevresel Etkilerin Azaltılması ve Değerlendirilmesi Aracı) ve ağırlıklandırmalara dayalı krediler haline getirdi. Ulusal Standartlar Enstitüsü tarafından geliştirilen sistem LEED'i çok daha geliştirip daha etkili bir hale getirmiştir. LEED V4 önceki sistemlere göre birçok iyileştirme ile 2015 yılında piyasaya sürülmüştür. LEED V4.1 güncellenmiş referans standartlarıyla daha kapsayıcı bir hal alarak performansını artırmıştır ve en güncel halidir (URL- 2).

LEED sertifika sistemi başlangıçta Amerika'daki yapılar için hazırlandığından Amerikan standartları ve yönetmeliklerini kaynak almıştır. Dünyada kullanılan en yaygın enerji etkin yapı tasarımı derecelendirme sistemi olan LEED, kanun ve yönetmeliklerin ötesinde sürdürülebilirlik çerçevesinde gönüllülük esaslı bir sertifika sistemidir. LEED sertifika sisteminin diğer enerji etkin yapı tasarım sertifikalarına göre daha yaygın kullanılmasının ana sebebi sertifikasyon sürecinin diğer sistemlere göre daha kolay olması ve sistemin marka değerinin yüksek olmasıdır (Akşit ve Baştañoğlu, 2021). İklim değişikliğinin getirdiği olumsuz etkiler, enerji etkin yapı tasarımına odaklanan LEED sertifika sisteminin önemini artırmıştır (Akca, 2011; Erten, 2009). Temelinde enerji korunumuna odaklanan LEED sertifika sistemi amaçları ile beraber kategori ölçeğinde Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Daha kapsamlı açıklamalar krediler amaçları ile birlikte EK-2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. LEED BD+C:NC V4 kategorileri ve amaçları (USGBC, 2022, URL-13)

Kategoriler	Amaçları
Yerleşim ve Ulaşım	Binanın konumundan kaynaklı yerleşim ve ulaşımı ilgilendiren tasarım stratejilerine odaklanan tutumları destekler. Örneğin otopark alanlarının sınırlandırılması, bina kullanıcılarına alternatif toplu ulaşım araçları ya da bisiklet kullanımını teşvik eder.
Sürdürülebilir Araziler	Binanın etrafını çevreleyen alan hakkında kararları, ekosistem ve ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkilere odaklanarak hassas ekosistemleri korur. İnşaat kirliliğini en aza indiren, ısı adası etkilerini ve ışık kirliliğini azaltan ve yağmur suyu akışını yönetmek için doğal su akış modellerini taklit eden düşük etkili geliştirme yöntemleri kullanılmasını destekler.
Su Verimliliği	Binada iç mekânda, dış mekânda ve özel kullanımlarda su kullanımına bakarak su tasarrufuna ölçüm yoluyla izlenerek su verimliliğine odaklanır.
Enerji ve Atmosfer	Enerji etkin tasarım stratejileri ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını bütünsel bir yaklaşımla ele alır.
Malzeme ve Kaynaklar	Bina yaşam döngüsünde somutlaştırılmış etkilerin azaltılmasına odaklanarak enerji kullanımını ve etkilerini en aza indirmeye odaklanır.
İç Ortam Çevre Kalitesi	İç mekân hava kalitesi, termal, görsel ve akustik konfora odaklanır.
Tasarımda Yenilik	Yenilikçi bina tasarım stratejilerini projelere yansıtmak bu kategorinin amacıdır.

LEED'in arkasındaki fikir, mümkün olan en iyi binayı yaratmaya giden tüm faktörleri hesaba katan bütünsel ve kapsamlı bir yaklaşım kullanmaktır. Bu, sadece su ve enerji gibi bireysel unsurlara odaklanmadığı, aynı zamanda bir binanın tüm yönlerini kapsadığı anlamına gelir. LEED'deki kredilerin %35'i iklim değişikliğini, %20'si doğrudan insan sağlığını, %15'i su kaynaklarını, %10'u biyoçeşitliliği, %10'u yeşil ekonomiyi, %5'i toplumu etkiler ve %5'i ise doğal kaynakları etkiler. Özellikle son güncellemeyle gelen LEED v4.1'de, LEED kredilerinin çoğu operasyonel ve somutlaştırılmış karbon ile ilgilidir (URL-5).

4.2. Türkiye’de LEED Sertifika Sistemi

Türkiye’de kullanılan enerji etkin yapı tasarımı derecelendirme sistemlerinden LEED, BREEAM, ÇEDBİK-BEST ve DGNB başı çekmektedir. Nicel değerlendirmelere bakıldığında bu sertifika sistemlerince derecelendirilen yapıların sayıca Türkiye’de sıralaması; LEED, BREEAM, B.E.S.T. ve DGNB şeklindedir (ÇEDBİK, 2022, URL-14). Bunlardan en fazla sertifikalandırılmış yapı LEED sertifikalı yapılar olduğu anlaşılmaktadır.

LEED; sürdürülebilir mimari kapsamında projeyi inşa etmek için yerel malzemeler, altyapı, iklim, teknoloji ve doğal kaynaklar gibi bağlamsal verileri kullanırken gelecek nesiller için kendi kendine yeterliliği sağlayan projeler yaratmayı amaçlar.

Türkiye’de ilk defa LEED sertifikası alan bina 2009 yılında Unilever Türkiye Merkez Ofis Binası olmuş ve ülkedeki gelişime öncülük yapmıştır (URL- 4). İç tasarım ve inşaat oylama sisteminden sertifika kazanan projenin iç mekân görselleri Resim 4.1’de gösterilmiştir.



Resim 4.1. Unilever Türkiye merkez ofis binası iç mekân görselleri

Türkiye ve dünyada yaygın olarak kullanılan LEED sertifika sistemi tüm oylama sistemleri değerlendirme versiyonu proje sayıları ile Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. 01.01.2022 tarihi itibarı ile elde edilen verilerden Türkiye’de ve dünyada en fazla proje LEED v3 değerlendirme versiyonu ile üretilmiştir.

Çizelge 4.2. Dünyada ve Türkiye’de tüm oylama sistemlerinde LEED sertifikası kazanmış 01.01.2022 tarihi itibarı ile proje sayısı tablosu

Değerlendirme versiyonu	Dünyada sertifikalı proje sayısı	Türkiye’de sertifikalı proje sayısı
LEED V2	3109	4
LEED v2.1	1319	0
LEED v2.2	5993	3
LEED v3-2008	31986	32
LEED v3-2009	27776	347
LEED v4	8691	82
LEED v4.1	1531	9

Ekonomik olarak gelişmekte olan ülkeler arasındaki Türkiye’de de LEED sertifikalı yapılar gün geçtikçe artmaktadır. 2018’de açıklanan verilere göre 167’den fazla bölge ve ülke arasında Türkiye LEED sertifika kullanımında ilk 10 ülke arasında yer almaktadır (URL- 3).

Geleneksel yapılara göre enerji maliyetinde tasarrufa gidilen LEED sertifikalı yapıların ülkemize sağlayacağı çevresel ve doğa dostu yaklaşımlı faydaların yanında ekonomik olarak da katkıları vardır. Bunun yanında LEED sertifikasyonu uluslararası bir sertifikasyon sistemi olduğundan yapıların uluslararası platformlarda tanınmasına da yapının prestijini artırmaya yönelik katkı sağlamaktadır. Bina değerinin artması, yaşam boyu bina ekonomik performansının optimize edilmesi risk yönetiminde ilerleme ve operasyon giderlerinin düşmesi gibi ekonomik katkıları vardır.



5. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

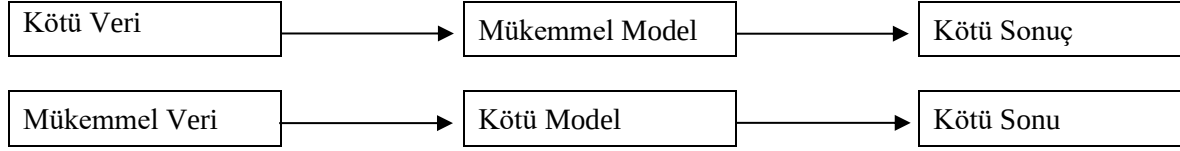
Bu bölümde çalışmanın yöntemi olarak kullanılan veri madenciliği adımları detaylı olarak açıklanmıştır. İlk olarak verilere ulaşım işlemi ve hangi programlardan yararlanıldığı, ardından verilerin veri madenciliği adımına ulaşma sürecinde uygulanan basamakların hangi amaçla uygulandığı ifade edilmiştir.

Veri madenciliği yöntemi, veriler arasındaki örüntüleri bulmak için bir dizi adımların uygulandığı işlemidir. Veriler sağlıklı bir şekilde yorumlanabilir hale gelmeden önce çeşitli işlemlere tabi tutulup veri ön işlemeden geçmesi gereklidir. Bu ön işlem aşamalarıyla başlayan veriden bilgi çıkarım süreç aşaması aşağıda sıralanmıştır.

1. Veri temizleme: Kullanılacak veri setinin farklı kaynaklardan toplanması, beraberinde veri formatlarında ve ölçü birimlerinde uyumsuzlukları da getirecektir. Bu durum da ileriki aşamalarda sorunlar ortaya çıkaracağından veri setindeki tutarsız ve uygun olmayan, gürültülü verilerin çıkarılma işlemi olarak adlandırılan veri temizleme işlemi önemli bir adımdır.
2. Veri bütünleştirme: Çeşitli veri tabanları ve veri kaynaklarından sağlanan verilerin birlikte değerlendirmeye alınabilmesi için tek türe dönüştürülüp bütünleştirildiği adımdır.
3. Veri seçme: Analizi yapılacak olan verilerin belirlendiği aşamadır.
4. Veri dönüşümü: Seçilen algoritmaya göre, veriyi veri madenciliğinde kullanılabilecek hale dönüştürme işlemidir. Günlük sıcaklıkları aylık sıcaklıklara ya da yaşı genç, orta ve yaşlı şeklinde dönüştürme olarak örnek verebiliriz.
5. Veri madenciliği: Uygun algoritmalarla veri örüntülerini yakalandığı aşamadır.
6. Örüntü değerlendirme: Bilgiyi temsil eden ilginç örüntülerin, modellerin tanımlandığı aşamadır.
7. Bilgi sunumu: Bilginin raporlanıp, görselleştirilip dokümantasyon halinde kullanıcıya sunulduğu son aşamadır (Han, Pei ve Kamber, 2012: 6-8).

Yukardaki bu adımları göz ardı eder ve gerekli adımlar yerine getirilmezse ortaya kalitesiz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu kalitesiz sonuçların ortaya çıkması garbage-in-garage-out sözü veri madenciliğinde kullanılan terimlerden olup nitelikli verinin nitelikli sonucu

olacağını tarif eden bir söylemdir. Modelde başarı sağlanması hem modelin hem de verinin nitelikli olması gerekir (Köse, 2018, s. 96). Bu durum Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Garbage-in-garbage-out/ nitelikli veri-nitelikli sonuç (Köse, 2018)

Ulaşılan verilerde çoğu zaman hatalar, eksikler ve belirsizlikler mevcuttur. Bu durum veri madenciliği sürecinde hatalı modellerin ortaya çıkmasına sebep olabilir. Bunun önüne geçilmesi için veriden bilgiye uzanan süreçteki tüm adımlar önem taşımaktadır. Veri madenciliği uygulaması bilgisayar yazılımı olmadan düşünülemez. Veri madenciliği uygulaması için birçok farklı yazılım mevcuttur. Bunlardan bazıları ticari, bazıları ise açık kaynak kodludur. SPSS Modeler (Clementine), Excel, SPSS, SAS, Angoss, KXEN, MS SQL Server, MATLAB ve Oracle tarafından geliştirilen modüller ticari yazılım örneklerindendir. Orange, RapidMiner, WEKA, R, Keel, Knime, Tanagra, Scriptella ETL, jHepWork ve Elki ise açık kaynak kodlu yazılımlara örnek olarak verilebilmektedir (Tekerek, 2011; Dener, Dörterler ve Orman, 2009).

Alan çalışması 3 aşamalı olduğu için her aşamada kendi içinde farklı veriler elde edilmiştir. İlk olarak verilerin elde edilme işlemi hakkında bilgi verilip hangi programların ve veri tabanlarının kullanıldığına yer verilmiştir. LEED sertifikalı projelerin bulunduğu USGBC (The US Green Building Council) resmî web sitesinden sertifikalı proje verileri, yapıların koordinatlarına göre elde edilmiş iklim verileri ve ülkelerin kişi başına düşen milli gelir verileri ilgili başlıklar altında detaylı olarak elde edilme yöntemleri açıklanmıştır.

5.1. Verilerin Elde Edilme İşlemi ve Kullanılan Programlar

İnternet sitesi üzerindeki belirgin verilerin toplanıp elde edilme işlemi olan “web scraping” ile veriler elde edilmiştir. Web scraping işleminde verilerin toplanması otomatik olarak gerçekleştirilir ve kaydedildikten sonra istenilen şekilde kullanılır. Bu çalışmada ilgili web sitelerindeki veri toplama işlemleri için Python programlama dilinde oluşturulmuş ücretsiz ve açık kaynaklı bir kılavuz olan Scrapy Framework (Zyte Company, 2022) yazılım iskeleti kullanılmıştır. Verilerin çıktısı belirtilen veri tabanına kaydedilebilir. Scrapy framework

yazılım iskeletinin hem ücretsiz hem de açık kaynaklı erişilebilir olması dolayısıyla erişimi kolaydır (Zyte Company, 2022). Ayrıca asenkron botlar sayesinde yani farklı zaman aralıklarında çalışabilme yeteneğine sahip sistemde saniyeler içerisinde binlerce web sayfası gezilerek ilgili veriler istenen formatta kaydedilebilir. Bu sebeplerden dolayı verilerin elde edilmesinde Scrapy framework yazılım iskeleti tercih edilmiştir. Bu çalışmada verilerin elde edilmesinde her web sitesi için farklı botlar (tekrarlı aramalar yapabilen program) programlanmıştır. Scrapy programı ile elde edilen veriler veri tabanına kaydedilebilir hale gelmiştir.

Bu çalışmada Elasticsearch (Elastic, 2022) veri tabanı tercih edilmiştir. Bunun sebebi Elasticsearch NoSQL özellikli ilişkisel olmayan, herhangi bir şemaya bağlı olmayan, dağıtık ve yüksek ölçeklenebilirliğe sahip doküman tabanlı bir veri tabanı olmasıdır. Dokümanlar içerisinde yer alan tüm değişkenler içerisinde tam metin aramasıyla ön plana çıkan veri tabanının, topluluk destekli bir açık kaynak versiyonu ile beraber aynı zamanda ticari sürümü de mevcuttur. İlişkisel olmaması sayesinde her doküman altında farklı değişkenler ve bunların içerisinde farklı veri tipleri saklanabilmektedir. Elasticsearch veri tabanı dağıtık ve ölçeklenebilir olması sayesinde milyonlarca veriyi bir saniyeden daha hızlı işleyebilmektedir. Elastic şirketi tarafından veri tabanındaki verilerin görselleştirme amacıyla Kibana (Elastic, 2022) görselleştirme programı da kullanıcıların hizmetine sunulmuş ve bu çalışmada kullanılmıştır.

Kibana veri görselleştirme ara yüzünün sahip olduğu kompleks sorgu alt yapısı ve grafik alt yapısı sayesinde karmaşık veriler arasındaki ilişkiler sorgulanabilmektedir (Elastic, 2022). Tüm bu uygulama ve sorgulama kolaylığı gerekçeleriyle çalışmada “ELK stack” (Elasticsearch & Logstash & Kibana) alt yapısı tercih edilmiştir. Scrapy program kodu ekran görüntüsü Resim 5.1a’da Kibana programı ekran görüntüleri Resim 5.1b’de gösterilmiştir.

```

import scrapy
import re
import json
import io

import itertools as IT

from unicode_tr import unicode_tr
from bot.items import BotItem
from unicode_tr.extras import slugify
from time import gmtime, strftime
from scrapy.spiders import SitemapSpider
from scrapy.spiders import XMLFeedSpider
from scrapy.spiders import CrawlSpider

from scrapy_selenium import SeleniumRequest

class USGBC(CrawlSpider):
    name = "USGBC_bot"
    allowed_domains = ["usgbc.org"]
    start_urls = ["https://www.usgbc.org/projects?Rating+System=%5B%22New+C

    def parse(self, response):
        self.logger.info('Baslangic Url: ', response.url)

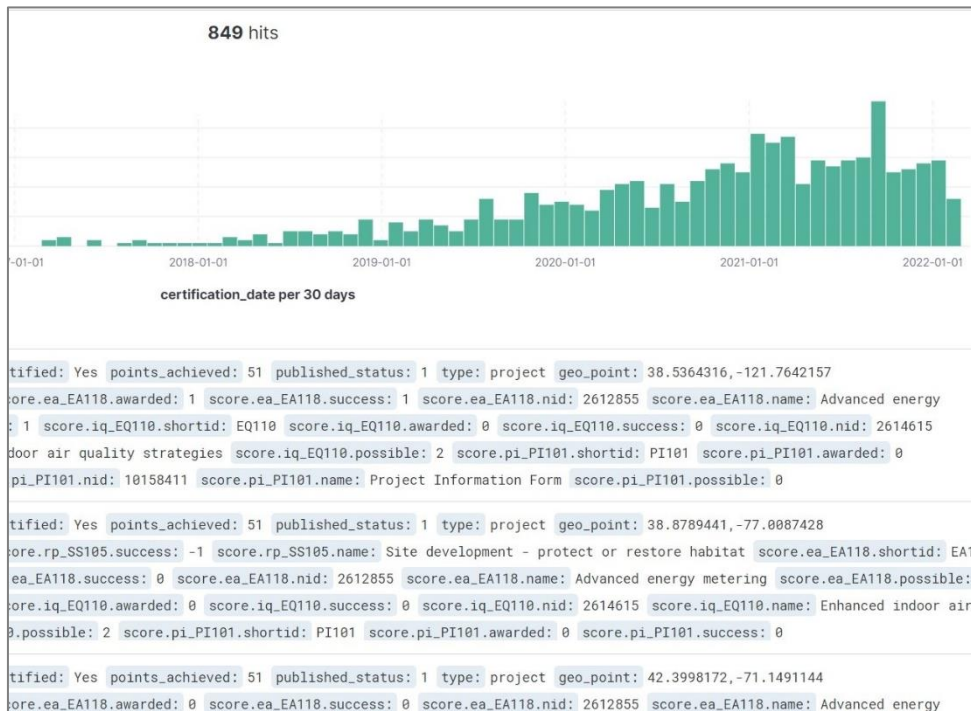
    def parse_project(self, response ):

        item = BotItem()

        item['project_name'] = response.xpath('//*[id="project-details--wr

```

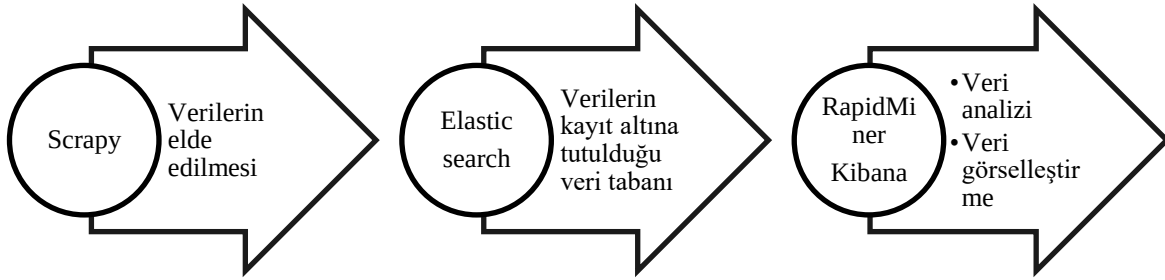
(a)



(b)

Resim 5.1. (a) Scrapy program kodu, (b) Kibana ekran görüntüsü

API terimi “application programming interface” kavramını ifade eder. Temel olarak iki program arasındaki haberleşmenin sağlanması için ara yüz oluşturmaktadır. İklim verilerinin visualcrossing web sitesinden elde edilmesi sırasında API kullanılarak hizmet sağlayıcısından veriler elde edilmiştir.

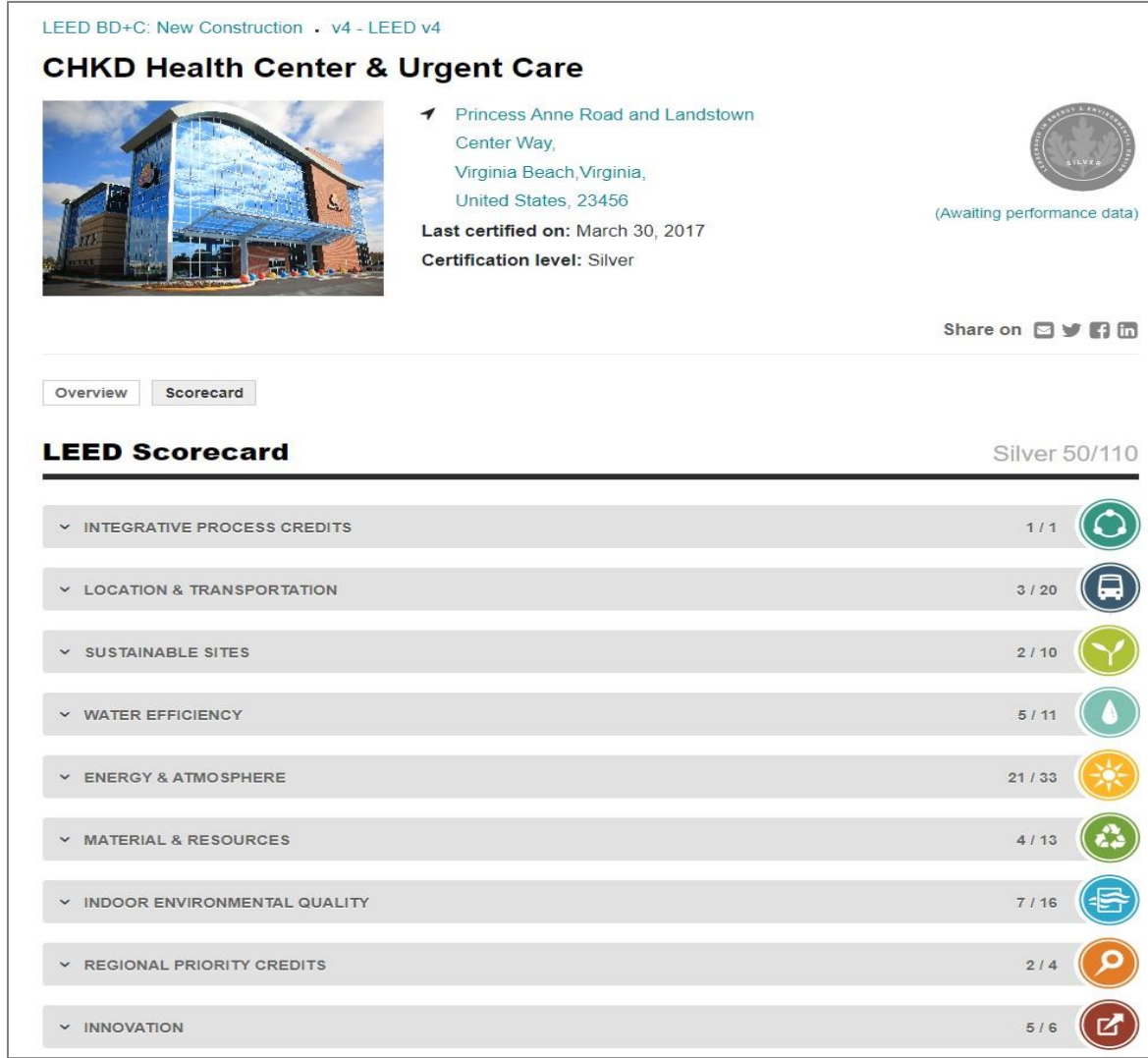


Şekil 5.2. Verilerin elde edilip analiz edilme yolu

Bilgisayar programlarının entegrasyonu ile yapılan analizlerin işlem sıralaması Şekil 5.2’de sırasıyla Scrapy framework yazılım iskeleti, Elasticsearch veri tabanı ve veri tabanındaki verilerin analizi için kullanılan RapidMiner programı şematik olarak gösterilmektedir.

5.1.1. USGBC proje verilerinin elde edilmesi

USGBC resmî web sitesinde geçmişten günümüze kadar başvuruda bulunmuş tüm başarılı ve başarısız projeler detaylarıyla birlikte yer almaktadır. USGBC web sitesindeki v4 sertifika sisteminde “LEED BD+C New Construction” oylama sistemi altında yer alan tüm proje verileri sınır şartları içerisinde Scrapy yardımıyla elde edilmiştir. Yazılan bot, USGBC sitesini bir kullanıcı olarak gezmiş ve projeye ait olan bilgilerin yanı sıra başarılı bulunduğu tüm kredi dereceleri elde edilmiştir. Verileri elde edilen örnek bir proje ‘puan tablosu’ ekran görüntüsü Resim 5.2’de gösterilmiştir. Bu çalışmada proje adı, proje açıklaması, proje koordinatları, sertifika durumu, toplam puanı ve tüm kredi dereceleri elde edilmiştir.



Resim 5.2. Verileri elde edilen örnek proje puan tablosu

5.1.2. İklim verilerinin elde edilmesi

İklim verilerinin elde edilebilmesi için visualcrossing web sitesinden (URL-7) faydalanılmıştır. Visualcrossing web sitesinin hizmet olarak vermiş olduğu API yazılım aracı kullanılmıştır. Bu çalışmada her USGBC projesinin dünya üzerindeki koordinatları elde edilmiş olup, bu koordinatların günlük en düşük ve en yüksek sıcaklıkları ile yağış miktarı verileri elde edilmiştir. Son 5 yıl baz alınarak 01.01.2017 tarihi ile 01.01.2022 tarihleri arasındaki tüm günlerin ilgili verileri elde edilmiş ve aşağıdaki formül ile ortalamaları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler üzerinden günlük sıcaklık farkı ortalaması eşitlik (5.1)'e göre; yağış hesaplaması ise eşitlik (5.2) formülüne göre hesaplanmıştır.

$$dtr(\text{günlük sıcaklık farkı}) = \frac{\sum(T_{EnYüksekGünlük} - T_{EnDüşükGünlük})}{ToplamGünSayısı} \quad (5.1)$$

$$yagis = \frac{\sum ToplamYagisMiktari}{ToplamGünSayısı} \quad (5.2)$$

Random Forest algoritmasında hedef değişken çok dengesiz olduğunda yalnızca çapraz doğrulama yöntemi (OOB-out of box) kullanılması kredi performansını ölçmekte yanıltıcı olmaktadır. Bu sorunu çözmek için RF algoritması eğitim durumlarını değiştirme yöntemini kullansa da etkili olamamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada RF kümelendirme algoritması krediler ile iklim verileri arasındaki ilişki sıralamasında yetersiz olduğundan dolayı ROC (alıcı işlem karakteristiği) ve AUC (ROC eğrisi altında kalan alan) ayırıcı özelliği kullanılarak sonuç optimize edilmiştir (Cheng ve Ma, 2015).

Random Forest algoritması, ROC (alıcı işlem karakteristiği) ve AUC (ROC eğrisi altında kalan alan) terimleri aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

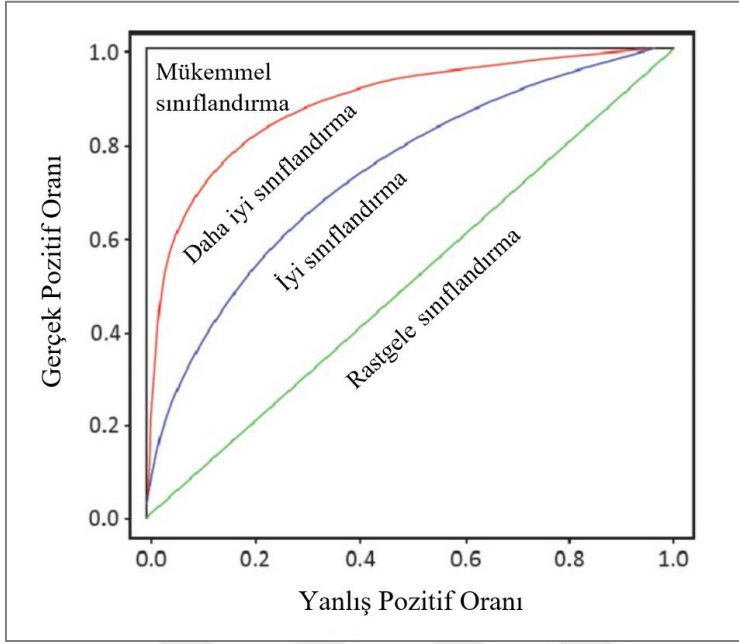
ROC ve AUC ilişki derecelendirilmesi

Alıcı işlem karakteristiği (ROC), sınıflandırma zorlukları için önemli bir performans ölçüsüdür. ROC bir fonksiyondur ve altındaki yaklaşık bölge olan AUC, ayrılma derecesini gösterir. Bu metrik, makine öğrenimi algoritmalarının dengesiz veri kümeleriyle test edildiği oldukça popüler bir ölçümdür. Algoritmanın sonuçlarını ne kadar iyi tahmin ettiğini belirtir. FPR (Yanlış Pozitif Oran) X eksenini boyunca çizilir ve TPR (Gerçek Pozitif Oran) Y eksenini boyuncadır. Eğrinin altındaki alan ne kadar yüksek olursa, sınıflar arasındaki ayrım performansı o kadar yüksek olur (Metz, 1978; McClish, 1989).

ROC eğrisi avantajları aşağıda listelenmiştir:

- Farklı model türlerine ait eğriler, genel olarak veya daha az belirgin eşiklerle karşılaştırılabilir.
- AUC (ROC eğrisi altında kalan alan), model becerisinin veya model performansı olarak kabul edilmiştir.
- Başarılı modeller, grafiğin üst kısmına doğru kıvrılan eğrilerle gösterilir.

AUC-ROC eğrisi günümüzde en yaygın kullanılan metriklerden birisidir. AUC, ROC Eğrisinin altındaki alan anlamına gelir. Bu alan ne kadar büyükse, makine öğrenimi modelleri sınıf sınırlarını belirlemede ve tahmin etmede o kadar iyidir. AUC için en ideal değer 1'dir. Bu durumda model %100 başarılıdır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Örnek ROC eğrisi şematığı (Lane ve Gantley (2016)'dan uyarlanmıştır)

5.1.3. Ülkelerin kişi başına düşen kişi başına düşen milli gelir verilerinin elde edilmesi

Kalkınmanın her aşamasında çalışan, çeşitli finansal ve teknik destek sağlayan Dünya Bankası, ülkelerin kişi başına düşen milli gelirlerine tarafsız bir şekilde ulaşılacak kaynak olmuştur.

Küresel geliştirme verilerine ücretsiz ve açık erişim sağlanabilen Dünya Bankası resmî web sitesinden (URL-9) elde edilen ülkelerin kişi başına düşen milli gelirleri manuel olarak veri tabanına kaydedilmiştir. Kaydedilen toplam ülke sayısının 54 tane olması sebebiyle karmaşık web sitesi tarama işlemleri yerine daha kolay ve daha hızlı veri girişi yapılması manuel olarak sağlanmıştır. Her ülkenin projeleri veri tabanında filtrelenmiş ve o ülkeye ait veri, Dünya Bankası resmî web sitesinden bakılarak, o ülkelerin projelerine toplu olarak ilgili veri girişleri yapılmıştır. Resim 5.3'te Dünya Bankasının resmî web sitesinde erişime açık farklı formatlarda indirilebilen veri dosyaları ve 2020 yılı kişi başına düşen milli gelir dünya haritası gösterilmiştir.



Resim 5.3. 2020 yılı kişi başına düşen milli gelir dünya haritası



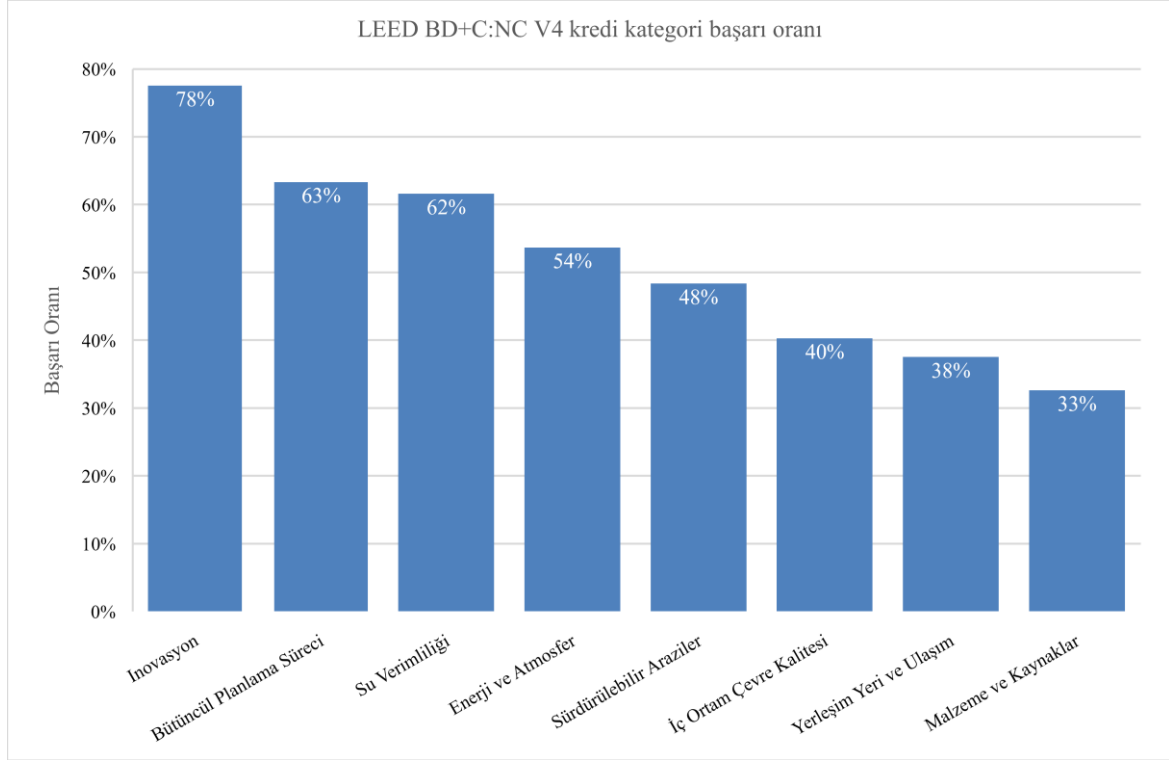
6. ALAN ÇALIŞMASI VE BULGULAR

Üç aşamalı alan çalışmasında elde edilen verilerden anlamlı bilgiye ulaşmak için; veri temizleme, veri bütünleştirme, veri seçimi, veri dönüşümü, veri madenciliği, örüntü değerlendirme ve bilgi sunumu aşamaları uygulanmıştır. Elde edilen veriler bu aşamalardan geçirilip, sentezlenmiştir.

Çalışma dünya genelindeki LEED sertifikası almış projelere odaklandığı için başarılı projelerin kategori başarı oranları ortaya çıkartılmıştır (Şekil 6.1). Kategorilere göre sıralanan başarı oranlarında projelerin puan kazanırken en kolay puan kazandıkları kategori inovasyon kategorisiyken, en fazla zorlandıkları kategori malzeme ve kaynaklar kategorisi olduğu Şekil 6.1’de görülmektedir. İnovasyon kategorisi tasarım tutumlarında yenilikçi tutumlara odaklanarak puan kazanırken, malzeme ve kaynaklar kategorisinde amaç binayı oluşturan bütün yapı malzemelerinin çevresel, sosyal ve sağlık açısından enerji ve etkilerinin zararlarını azaltmaya ve ürünlerin yaşam döngülerini göz önünde bulundurmaya odaklanmaktadır (LEED başvuru kılavuzu, 2022).

Projelerin puan kazanırken en zorlandıkları kategori malzeme ve kaynaklar kategorisiyken, en kolay puan kazandıkları kategorinin inovasyon kategorisi olduğu görülmektedir. Enerji etkin yapı tasarım stratejilerini güncel bilimsel araştırmalar doğrultusunda projelere yansıtarak puan kazanılan inovasyon kategorisinde tüm projeler üzerinden başarı değerlendirmesi sonucu projelerin %78’i puan kazanmıştır. Buna karşın tüm projelerden %33’ü de malzeme ve kaynaklar kategorisinden başarı sağlayabilmiştir.

Çalışmaya dahil toplamda 849 adet proje 54 ülkede yer almaktadır. Bunlardan en fazla sayıda 450 proje ile Amerika Birleşik Devletleri’nde yer alırken, Türkiye’de 33 tane LEED BD+C: NC v4 sertifikasına sahip proje yer almaktadır. Türkiye’de İstanbul 24 adet proje ile en çok projeye sahip ildir. LEED BD+C: NC v4 sertifikalı projeler kapsamında yeni binalar ve mevcut yapıda büyük yenilemelerin yapıldığı, 4 katlı ve üzeri konut yapılarını kapsamına alır. Ancak bu kapsamda yapının çekirdek ve dış cephe değişimleri, veri merkezleri, sağlık hizmetleri, okullar, depolar ve dağıtım merkezi kapsam dışıdır. Bu dahil edilmeyen her bir yapı çeşidi için LEED farklı oylama sistemi mevcuttur. Çalışma kapsamında değerlendirilen 849 adet proje ya yeni inşa edilen binalar ya da çok büyük yenilemenin olduğu yapılardır (USGBC, 2022).



Şekil 6.1. LEED BD+C:NC V4 kredi kategori başarı oranı tablosu

LEED sertifikasında mimari tasarımda kabul edilen tasarım kararlarına göre kazanılan başarı oranlarının okunduğu Şekil 6.1’de kredilerin ülkelerin iklim ve ekonomik gelişmişlik verileri üzerinden değerlendirildiği analizlere Bölüm 6.2 ve Bölüm 6.3’te yer verilmiştir.

6.1. LEED Sertifikası Kredileri Arasındaki Birliktelik Kuralı

Bu bölümde elde edilen veriler Rapid Miner bilgisayar programı aracılığıyla birliktelik kuralına göre kredilerin birlikte kullanılma durumları detaylı olarak incelenip analiz edilmiştir. Birliktelik kuralında önemli olan 3 kavram vardır: Support (destek), confidence (güven) ve lift (kaldıraç) değeri. Birliktelik kuralında support (destek) ve confidence (güven) değerleri 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Support (destek) ve confidence (güven) değeri 1’e yaklaştıkça birliktelik artmaktadır (Altunkaynak, 2019:143).

Birliktelik kuralı modeli Bölüm 2.1.2’de detaylı olarak açıklanmıştır. Birliktelik kuralı veriler arasındaki ilişkilere odaklanırken verilerin frekansına odaklanan bir süreç olarak ilerlemektedir (Cemaloğlu ve Duykuluoğlu, 2020: 199).

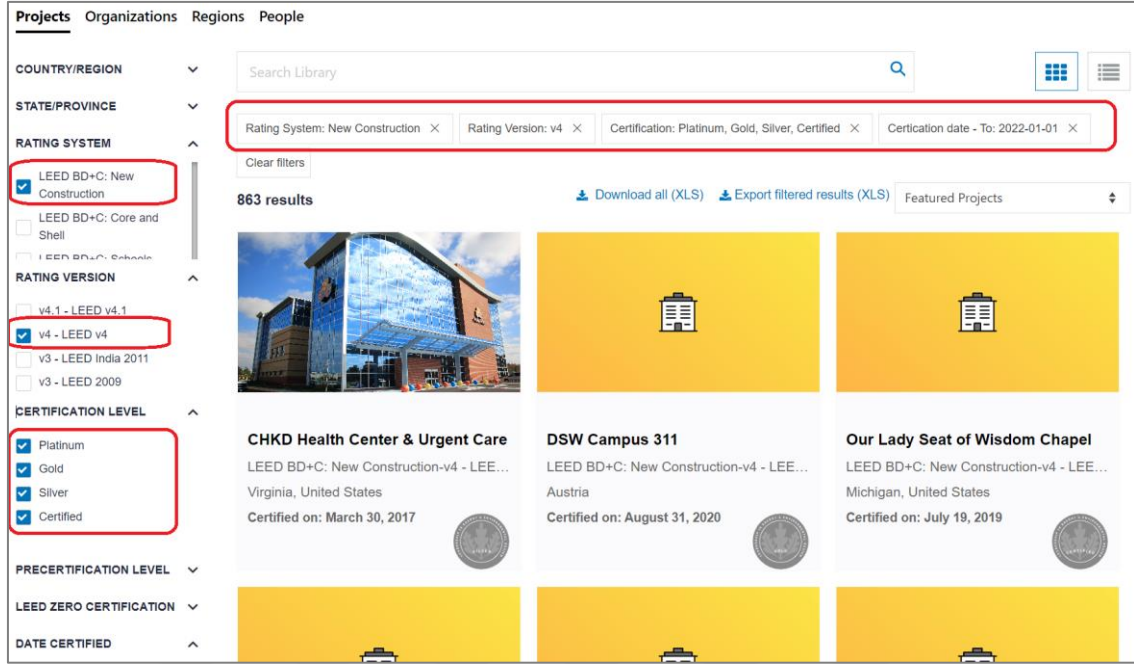
Verilere ilgili algoritmalarla veri madenciliği uygulanabilmesi için verilerin çeşitli süzgeçlerden geçip ön işleme kısımlarının uygulanması gerekmektedir. Bu ön işleme adımları verilerin temizlenip, bir bütün haline getirilip, ilgili olan verilerin seçilip ve kullanılacak programda uygun hale getirilişini ifade etmektedir. LEED kredilerine uygulanan bu adımlar, aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Veri temizleme işlemi

Verilerin elde edilmesi sırasında proje sınır koşulları gözetilerek USGBC resmî web sitesinde filtreleme yapılarak taranmıştır. Resim 6.1’de filtreleme işleminin yapıldığı web sitenin ekran görüntüsü mevcuttur. Filtreleme işleminde en başından hedef odaklı veri elde edildiği için temiz veri elde edilmiştir. Filtreleme işlemi sırasında henüz puanlaması bitmemiş ancak listelemede yer alan projeler mevcuttur. Proje bilgileri girilmemiş ancak filtreleme işleminde veri tabanına kaydolun projeler çalışmaya dahil edilmemiştir. Veri seti 849 adet projeden oluşmaktadır. Resim 6.1’de görüldüğü üzere filtreleme sonucunda 863 proje gözükmemektedir. Fakat verilerin elde edildiği tarih itibarıyla 14 projenin skor tablo verileri veya proje koordinatları girilmediği için analizlere dahil edilmemiştir.

Analiz sonuçlarının sağlıklı bir şekilde çıkabilmesi için oylama sistemleri ve versiyonlarının aynı olması gerekmektedir. Versiyon farklılıklarında, içeriklerinde değişiklik olduğundan aynı versiyondaki projeler arasında veri madenciliği işleminin uygulanması sağlıklı olacaktır. Yapılan literatür taramasında LEED BD+C: New Construction v4 oylama sistemi için yapılmış bir çalışma olmaması çalışmayı destekler yöndedir. Projede yapılan filtreleme işlemi aşağıda listelenmiştir.

- Oylama Sistemi: LEED Building Design+Construction: New Construction
- Oylama Versiyonu: LEED V4.
- Sertifika Seviyesi: platinum, gold, silver, certified.
- Sertifikalandırma Tarihi: 01/01/2022’den önceki tarihlerde kazanılan sertifikalar



Resim 6.1. Verilerin elde edildiği web sitenin filtreleme örnek ekran görüntüsü (URL-8)

Veri bütünleştirme işlemi

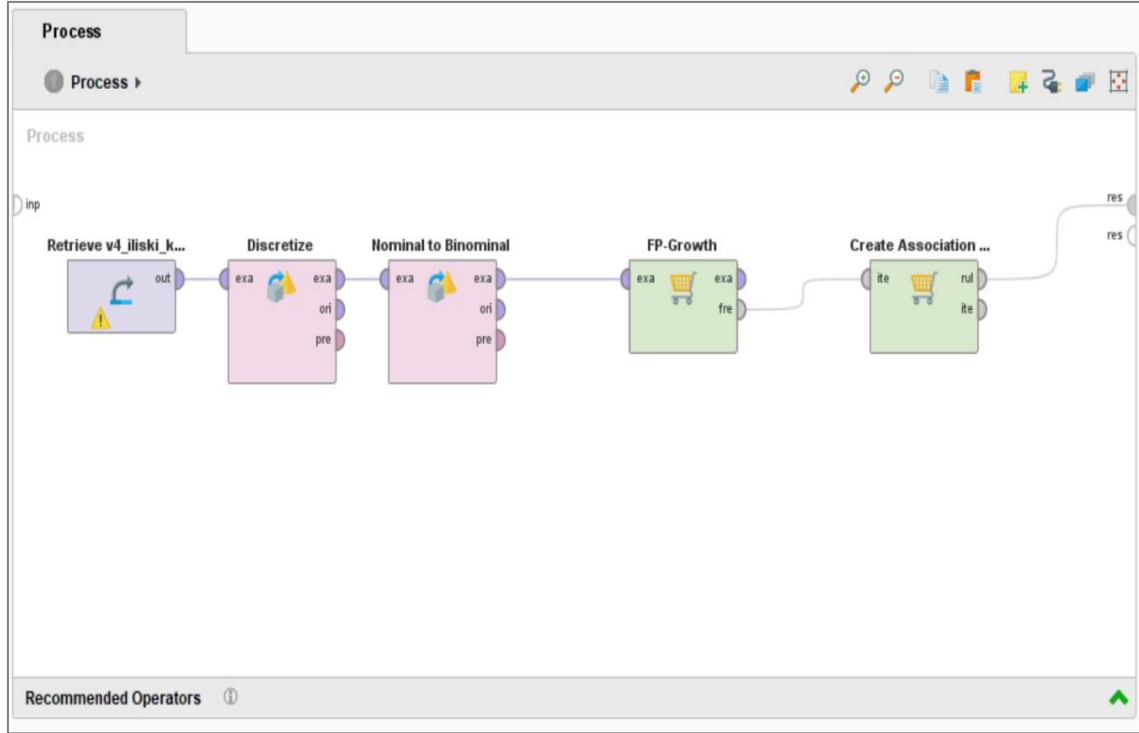
Veriler tek veri tabanından elde edildiği için veri bütünleştirme işlemi yapılmamıştır.

Veri seçme işlemi

Veri temizleme işlemi aşamasında filtreleme işlemi yapıldığından veri seçme işlemi de yapılmaya gerek kalmamıştır.

Veri dönüşümü işlemi

Rapid Miner programında birliktelik kuralında kullanılacak veri işleme algoritması için öncelikle “discretize” operatörü kullanılmıştır. Ayırıklaştırma anlamına gelen “discretize” kelimesi programda kredileri sınıflandırarak her projenin her bir krediden aldığı değerleri bir tablo şeklinde elde etmeye yaramıştır. Sonrasında ise “Nominal to Binominal” operatörü sayesinde projelerin her krediden aldığı değerler tablosu true/false yapısına yani ikili sisteme dönüştürülmüş ve FP-Growth algoritmasında analiz edilebilir hale getirilmiştir. Bu işlem Resim 6.2’de gösterilmiştir.



Resim 6.2. Rapid Miner birliktelik kuralı şematiği

Veri madenciliği işlemi

Resim 6.2’de FP Growth ile gösterilen operatör veri madenciliğinin yapıldığı adımı göstermektedir. FP Growth algoritması ile “*if/then*” kalıpları çıkarılarak kümeler arasındaki sıklıkla meydana gelen, tekrar eden küme elemanlarını bulunmuştur. FP-Growth algoritması diğer algoritmalara göre daha etkin ve daha performanslı olduğu için tercih edilmiştir (Cemaloğlu ve Duykuluoğlu, 2020:221). Sonrasında *create association rules* operatörü ile de tekrar eden küme elemanları arasındaki birliktelik kuralı analizi yapılmıştır.

Örüntü değerlendirme

Kalıpların ortaya çıktığı aşama olan örüntü değerlendirmede artık bilgiler yoruma hazır hale gelmiştir. Aşağıdaki Çizelge 6.1’de krediler arası birliktelik kuralına göre ilişkiler ortaya çıkmıştır.

Bilgi sunumu

Bilgiler raporlanıp tablo olarak ihtiyaca göre en fazla ilişkiden azalan ilişkiye doğru sıralanıp ilk 10 sıkı ilişki sıralaması Çizelge 6.1’de sunulmuştur.

Çizelge 6.1. LEED NC:BD+C V4 versiyonu krediler arası birliktelik kuralına göre en iyi 10 analiz sonuçları tablosu

	X (Krediler ve alınan puanlar)	Proje sayısı	Y (Krediler ve alınan puanlar)	Proje sayısı	Support (Destek)	Confidence (Güven)	Lift (kaldıraç)
1	LT104 = [3 - 5] LT103 = [1 - 2]	147	LT107= [2 - 5]	128	0.15	0.87	1.77
2	WE902 = [5 - 6] LT104 = [3 - 5]	153	LT107= [2 - 5]	133	0.16	0.87	1.77
3	EQ123 = [1] LT104 = [3 - 5]	164	LT107= [2 - 5]	139	0.16	0.85	1.72
4	LT108= [1] LT104 = [3 - 5]	200	LT107= [2 - 5]	168	0.19	0.84	1.71
5	LT104 = [3 - 5]	328	LT107= [2 - 5]	274	0.32	0.84	1.7
6	EA110= [4 - 6], LT104 = [3 - 5]	161	LT107= [2 - 5]	131	0.15	0.81	1.65
7	EA903 = [13 - 18] WE902 = [5 - 6]	166	EA123 = [1 - 3]	135	0.16	0.81	1.95
8	EA110 = [4 - 6] EA123 = [1 - 3]	175	EA903 = [13 - 18]	136	0.16	0.78	1.76
9	EQ121= [1 - 3]	197	EQ123= [1]	149	0.18	0.76	1.7
10	LT107= [2 - 5] LT103 = [1 - 2]	171	LT104 = [3 - 5]	128	0.15	0,75	1.94

Kredi kısaltmaları USGBC resmî web sitesinden alınmıştır (usgbc.org)

LT104: Çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar, LT103: Yüksek öncelikli alanlar, LT107: kaliteli ulaşım erişim, WE902: Bina içi su kullanımının azaltılması, EQ123: Kaliteli manzara, LT108: Bisiklet faaliyetleri, EA110: Gelişmiş işletmeye alma, EA903: Optimum enerji performansı, WE902: Bina içi su kullanımının azaltılması, EA123: Yenilenebilir enerji, EQ121: Güneş ışığı, EQ123: Kaliteli manzaralar.

Çizelge 6.1’de en iyi 10 ilişki sıralaması listelenmiştir. Support (destek), confidence (güven) ve lift (kaldıraç) değerlerine göre ilişkileri ortaya çıkan kredilerde sıralama ölçütü confidence (güven) değerine göre oluşturulmuştur ve confidence (güven) değeri ilişkinin gücünü temsil etmektedir. LEED BD+C:NC v4 krediler arası birliktelik kuralına göre yapılan incelemeler doğrultusunda elde edilen bilgiler sonucu, aşağıda listelenmiş bulgulara ulaşılmıştır:

- Hem çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredisi hem de yüksek öncelikli alanlar (LT 103) kredisinden aynı anda puan kazanan 147 adet proje bulunmaktadır. Bu iki krediden 128 tanesi aynı zamanda kaliteli ulaşım erişim (LT 107) kredisinden de puan almıştır. Bu sebeple; LT104 ve LT103 kredilerinden birlikte puan kazanan projelerin birçoğunda aynı zamanda LT107 kredisinden de puan aldığı gözlemlenmiştir. Çevre sağlığı açısından duyarlı, temizlenmiş veya ıslah edilmiş alanlarda yerleşim sağlayan yapılar (LT103) ve mevcutta bulunan altyapı ve yerleşim bölgelerine inşa edilen ihtiyaçların yürüme mesafesinde olduğu, tarım arazilerinin ve

doğal yaşamın korunmasını esas alan projelerin büyük çoğunluğunun aynı zamanda toplu taşıma ulaşım ağının geliştiği ve taşımacılık seçeneklerinin çeşitlendiği (LT 107) bölgeler olduğu gözlemlenmiştir. LT 104-LT 103 kredileri beraberliğinin LT 107 kredisine ile birliktelikte %87 oranında güven seviyesine sahiptir.

- İkinci birliktelik incelendiğinde bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) kredisinden beş veya altı puan almış ve çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredisinden üç ve üzeri puan almış 153 tane proje bulunmaktadır. Bu iki krediden birlikte puan kazanan projelerden 133 tanesi de aynı zamanda kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinden iki ve üzeri puan elde etmiştir. WE902 ve LT104 kredilerinden birlikte puan kazanan projelerin birçoğunda aynı zamanda LT107 kredisinden de puan aldığı gözlemlenmiştir. Bina içinde kullanıcıların temel ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılan bina içi su kullanımının azaltılmasını (WE 902) ve yapının konumundan kaynaklı çevreleyen alanlardaki farklı kullanım seçeneklerine sahip (LT 104) projelerin birçoğu aynı zamanda toplu taşıma ulaşım ağının geliştiği ulaşımdan kaynaklı zararların daha az olduğu bölgelere yerleştiği gözlemlenmiştir. WE 902 – LT 104 kredileri beraberliğinin LT 107 kredisine ile birlikte %87 oranında güven seviyesine sahiptir.
- Kaliteli manzaralar (EQ123) kredisinden puan almış ve çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredisinden üç ve üzeri puan almış 164 tane proje bulunmaktadır. Bu iki krediden birlikte puan kazanan 139 tane proje aynı zamanda kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinden iki ve üzeri puan elde etmiştir. EQ 123 ve LT 104 kredilerinden birlikte puan kazanan projelerin birçoğunda aynı zamanda LT 107 kredisinden de puan aldığı gözlemlenmiştir. Bina kullanıcılarının manzaradan faydalanmasını sağlayarak memnuniyeti artırmayı hedefleyen ve yapının konumundan kaynaklı çevreleyen alanlardaki farklı kullanım (LT 104) seçeneklerine sahip projelerin birçoğu aynı zamanda toplu taşıma ulaşım ağının geliştiği ulaşımdan kaynaklı zararların daha az olduğu bölgelere (LT107) yerleştiği gözlemlenmiştir. EQ 123 – LT 104 kredileri beraberliğinin LT 107 kredisine ile birlikte %85 oranında güven seviyesine sahiptir.
- Bisiklet faaliyetleri (LT108) kredisinden puan almış ve çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredisinden üç ve üzeri puan almış 200 tane proje bulunmaktadır. Bu iki krediden birlikte puan kazanan 168 tane proje aynı zamanda kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinden de iki ve üzeri puan kazanmıştır. LT 108 ve LT 104 kredilerinden birlikte puan kazanan projelerin birçoğunda aynı zamanda LT 107 kredisinden de puan aldığı gözlemlenmiştir. Bisiklet kullanımı ile ulaşım verimliliğini

hedefleyen (LT 108), yapının konumundan kaynaklı çevreleyen alanlardaki farklı kullanım seçenekleri bulunan (LT 104) projelerin birçoğu aynı zamanda toplu taşıma ulaşım ağının geliştiği ulaşımdan kaynaklı zararların daha az olduğu bölgelere (LT107) yerleştiği gözlemlenmiştir. LT 108 – LT 104 kredileri beraberliği, LT 107 kredisıyla birlikte %84 oranında krediler arasındaki güven ilişkisi kurmaktadır.

- Çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredisinden üç ve üzeri puan almış 328 tane projeden, 274 tanesi aynı zamanda kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinden iki ve üzeri puan kazanmıştır. Yapının konumundan kaynaklı çevreleyen alanlardaki farklı kullanım (LT 104) kredisinden puan almayı hedefleyen projelerin birçoğu aynı zamanda toplu taşıma ulaşım ağının geliştiği ulaşımdan kaynaklı zararların daha az olduğu bölgelere (LT107) yerleştiği gözlemlenmiştir. LT 104 – LT 107 kredileri arasında %84 oranında güven ilişkisi vardır. Bu ilişki, tabloda en yüksek proje sayısına sahip olduğu görülmüş olsa da güven (confidence) değerinin düşük olması sıralamada beşinci sıraya yerleştirmiştir. Bu kriter kurulan ilişkinin kuvvetini ve sağlamlığını ifade etmektedir (Cemaloğlu, Duykuluoğlu (2020:201). Proje sayısının fazla olması değil beraberlik durumunun daha fazla olmasının göstergesi güven (confidence) değerinin önemi ortaya konulmuştur.
- Gelişmiş işletmeye alma (EA110) kredisinden dört ve üzeri puan almış ve çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredisinden üç ve üzeri kredi almış 161 tane proje bulunmaktadır. Bu iki krediden birlikte puan kazanan 131 tane proje aynı zamanda kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinden iki ve üzeri puan kazanmıştır. Yapının enerjiyle, suyla, iç ortamlarla ilgili çeşitli sistemlerin teknik şartnamelere uygun olarak inşa edildiğinin doğrulanmasını amaçlayıp bundan puan kazanmak için gereksinimleri yerine getiren ve yapının konumundan kaynaklı çevreleyen alanlardaki farklı kullanım (LT 104) kredisinden puan almayı hedefleyen projelerin birçoğu aynı zamanda toplu taşıma ulaşım ağının geliştiği ulaşımdan kaynaklı zararların daha az olduğu bölgelere (LT107) yerleştiği gözlemlenmiştir. EA 110 – LT 104 kredileri beraberliği, LT 107 kredisıyla birlikte %81 oranında krediler arası güven ilişkisi kurmaktadır.
- Optimum enerji performansı (EA903) kredisinden on üç ve üzeri puan almış ve bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) kredisinden beş veya altı puan almış 166 proje bulunmaktadır. Bu iki krediden 135 tanesi aynı zamanda yenilenebilir enerji (EA123) kredisinden iki ve üzeri puan kazanmıştır. Çevresel ve ekonomik etkiler düşünülerek yapının enerji harcamasının azaltılmasını hedefleyen optimum enerji performansı

kredisinden ve su tasarrufunu esas alan bina içi su kullanımının azaltılması kredisi aynı zamanda yenilenebilir enerji kategorisinden de kolaylıkla puan aldığı gözlemlenmiştir. Bu üç kredi arasında %81 oranında güven ilişkisi kurmaktadır. EA903 – WE902 kredileri beraberliği, EA123 kredisiyle birlikte %81 oranında krediler arası güven ilişkisi kurmaktadır.

6.2. LEED Sertifikası Kredileri ile İklim Verileri Arasındaki İlişki

Alan çalışmasının ikinci aşamasında dünyada LEED BD+C:NC v4 versiyonu kategorileri altında yer alan kredilerin proje koordinatlarına göre iklim verileri üzerinden proje tasarım tutumları incelenmiştir. İklim verileri üzerinden değerlendirme iki aşamalı olarak ele alınmıştır. Birinci aşama günlük sıcaklık farkı verilerine göre, ikinci aşama ise yağış verilerine göre değerlendirilmiştir. Yapı tasarımında esas alınan kriterlerden yapının bulunduğu konum ve doğrudan ilişkili olduğu iklim faktörü tasarıma yön vermektedir. Bu bağlamda iklim faktörlerinden yapı tasarımına en fazla etkisi olduğu düşünülen kriterlerden günlük sıcaklık farkı ve yağış verileri esas alınarak analizler yapılmıştır. Günlük sıcaklık farkındaki artış çölleşme ile doğrudan bağlantılı olduğu için enerji etkin yapı tasarımında alınan kararlarda önemli iklim kriteri olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Günlük sıcaklık farkındaki artış çölleşmenin bir göstergesi olduğundan enerji ihtiyacının da arttığı yapılar için alınan tasarım kararları yapıları daha verimli ve etkin kullanmaya yönlendirmektedir. Aynı şekilde yağış miktarı da enerji etkin yapı tasarımında yapının tipolojisinden tasarımına kadar alınan kararlarda önemli farklar yaratan girdilerden olduğu için çalışmaya dahil edilmiştir. Geçmişte yapılan LEED sertifikalı projelerin günlük sıcaklık farkı ve yağış kriteri üzerinden değerlendirilen projelerde alınan tasarım kararları gelecekte yapılacak yeni enerji etkin yapı tasarımı için bir yol haritası oluşturacaktır.

Çalışma kapsamında tüm LEED kredileri, günlük sıcaklık farkına ve yağış miktarına göre Random Forest algoritması kullanılarak alıcı işletim karakteristiği (Receiver Operating Characteristic-ROC) ve ROC eğrisi altında kalan alan (Area Under Curve-AUC) kullanılarak ilişki durumu incelenmiştir. ROC ve AUC eğrileri sınıflandırma yapılan veri seti için önemli bir ölçüttür. 0-1 aralığında yer alan ROC eğrisi altında kalan alan (AUC) değeri ve alıcı işletim karakteristiği (Receiver Operating Characteristic-ROC) önemli bir performans ölçütüdür. Yapılan literatür taramasında, elde edilen AUC değerlerinin ilişkinin durumunu gösteren aralıkları Çizelge 6.2’de gösterilmiştir (Lemeshow ve Hosmer, 2013).

Yapılan çalışmada da bu tablodan yararlanılarak 0.7 değeri üzeri AUC değerine sahip krediler ilişkili olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 6.2. AUC değeri anlam kabul değerleri (Lemeshow ve Hosmer, 2013)

AUC değerleri	İlişki kabulü
ROC = 0,5	İlişki yok
0,5<AUC<0,7	Veriler arası ilişki anlamsız
0,7<AUC<0,8	Kabul edilebilir ilişki
0,8<AUC<0,9	Çok iyi ilişki
0,9<AUC	Mükemmel ilişki

Çizelge 6.2’de AUC değeri 0,5-0,7 arasındaysa veriler arası ilişki anlamsız kabul edilmiştir. Değer 0,7-0,8 arasında iken kabul edilebilir ilişki, 0,8-0,9 arasındayken çok iyi ilişki, 0,9 ve üzeri ise de mükemmel ilişki olarak kabul edilmiştir (Lemeshow ve Hosmer, 2013).

6.2.1. Random Forest uygulaması ile veri madenciliği uygulaması

Random forest, ilk olarak 2001’de önerilen torbalama ve altuzay yöntemlerinin bir birleşimi olarak ve Leo Breiman tarafından geliştirilmiştir (Breiman, 2001). Rastgele altuzaylar yönteminde, az sayıda değişken rastgele seçilir ve daha sonra dallanmak için kullanılır. Rastgele ormanlar, her ağacın rastgele seçilen bir değere bağlı olduğu ve ormandaki ağaçların hepsinin aynı rastgele vektöre bağlı olduğu bir ağaç tipi sınıflandırıcılar (karar ağaçları) topluluğudur. Breiman’ın makalesinde anlatılan torbalama tekniğinin ileri bir hali olarak görülebilir ve Random Forest çalışması şu şekilde gerçekleşir. Karar ağaçları oluşturulup, bu karar ağaçları içerisinde her düğümü dallara ayırmak yerine her düğümde yer alan en iyi değişken düğümlere ayrılır. Random Forest algoritmasında kullanıcı tarafından ağaç sayısı ve derinlik parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Random Forest algoritmasında işlemler aşağıdaki adımlar şeklinde gerçekleşir (Akman vd, 2011):

- Veri seti belirlenmiş olan ağaç sayısı parametresi kadar örnek seçilir. Her veri seti kadar karar ağacı algoritma tarafından oluşturulur.
- Her karar ağacı içerisinde aşağıdaki adımlar gerçekleştirilir.

- Bütün değişkenlerin yer aldığı düğümlerden dallara ayrılmaz, bunun yerine derinlik parametresi olarak belirlenmiş sayıda değişken seçilir ve bunlar içerisinde en iyi olanlar dallara ayrılır.
- Seçilen değişkenler iki alt dala ayrılır.
- Yukarıdaki maddelerde anlatılan adımlar elde edilen doğru kazanç (“information gain”) değeri ve yaprak sayısı elde edilinceye kadar tekrar edilir. Information gain, karar ağaçlarının eğitilmesi için kullanılan bir ölçümdür ve bölünmenin kalitesini ölçer. Bu sayede en iyi bölünme seçilir.
- Ayrı ayrı olarak farklı karar ağaçları tarafından gerçekleştirilen tahminler bir araya getirilerek yeni bir tahminde bulunulur. Karar ağaçları içerisinde en doğru tahminin yapıldığı değişken seçilir.

İklim verilerinde bilgiye ulaşmak için verilere uygulanan ön işlem aşamaları aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Veri temizleme işlemi

Her projenin sahip olduğu koordinat bilgisine göre veriler çekildiği için veriler arasında tutarsız, hatalı ve gürültülü veri bulunmadığından veri temizleme işlemi yapılmaya gerek kalmamıştır.

Veri bütünleştirme işlemi

Veri tabanına kaydedilen her bir LEED projesi için iklim verilerinin çekildiği web sitesine istek gönderilmiş ve elde edilen 5 yıllık iklim verileri ortalaması alınarak tek bir sayısal değer elde edilmiş ve veri tabanına kaydedilmiştir. Bu sayede ilgili projeye veri tabanında yeni bir sütun eklenmiş ve iklim verileri proje bilgileri ile bütünleştirilmiştir.

Veri seçme işlemi

İklim verilerinin seçilmesi sırasında proje koordinatı, tarih sınır koşulları, her günün en yüksek sıcaklığı, en düşük sıcaklığı, sıcaklık ortalaması ve yağış miktarı bilgileri seçilmiştir. Rapid Miner programında Select Attributes operatörü ile değerlendirmeye giren yağış veya iklim verisi verileri işaretlenerek Random Forest operatörüne aktarılmaktadır (Resim 6.3).

Veri dönüşümü işlemi

Rapid miner programında random forest algoritmasındaki işlemler için *set role* operatörü ile değerlendirme yapılan kredi işaretlenmiştir, Numerical to Polinomal operatörü ile seçimi yapılan kredi numerik sayıdan polinomal değere dönüştürülmüştür.

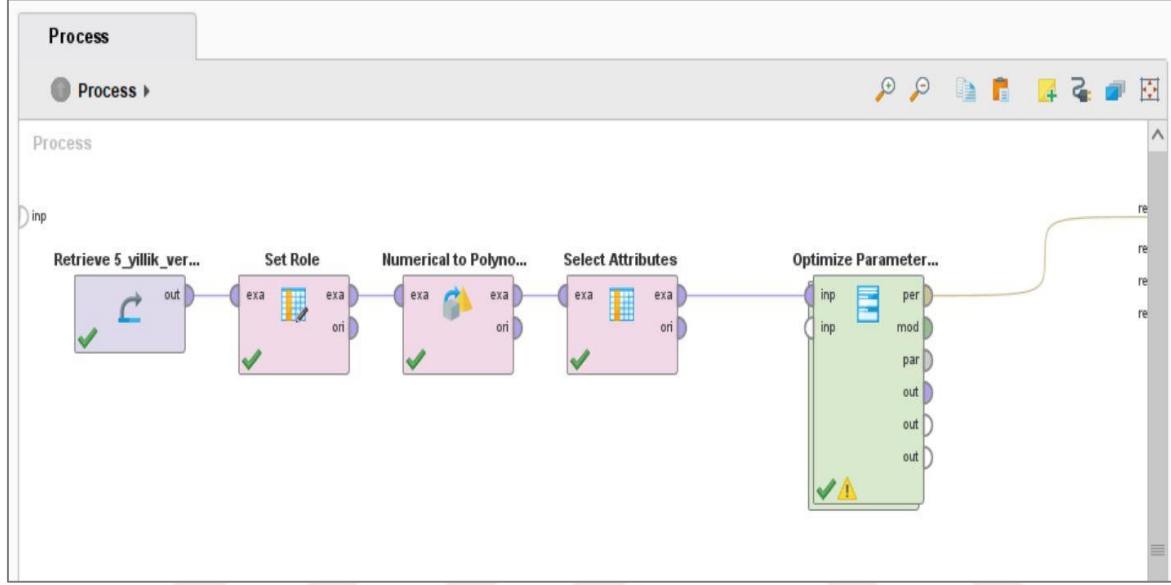
Veri dönüşüm işleminde sınıflandırmanın değerlendirilmesi “information gain” kriterine göre yapıldığından, veri kümesinin girdisi yalnızca ikili sistem ile gerçekleşmektedir. Bu sebeple sıfır ve bir puanı dışında puan derecesine sahip krediler için ilk önce “Yes” ve “No” kategorisi oluşturulmuştur. Eğer proje krediden sıfırın üzeri alındıysa bir; krediden sıfır alınmışsa sıfır rakamı ilgili sütunda yazılmıştır. Diğer bölümlere de ise “High” ve “Low” şeklinde değerlendirilmiştir. İlgili krediden, tüm dünyadaki projelerin sıfır hariç ortalaması alınmış ve ortalama üzerinde bir dereceye sahip ise bir, eğer ortalama altında bir değere sahip ise sıfır puanı verilmiştir. Bu sayede çoklu puana sahip krediler ikili sisteme dönüştürülmüştür. Bu örnek işlem Çizelge 6.3’te gösterilmiştir. EA 121 kredisinden başarı durumunu gösteren Çizelge 6.3’te 7, 2, 12, 0, 13, 5 ve 16 puan almış projelerin ikili sisteme dönüşümü gösterilmektedir. EA121 kredisinden kazanılan maksimum puan 16’dır. Bu krediden 1 ile 16 puan kazanan projelerin EA 121_YN değeri 1, hiç puan kazanamamış projelerin EA 121_YN değeri 0 olarak gösterilmektedir. Tablodaki mevcut projelerin ortalaması (0 hariç) 9,17 çıkmıştır. Ortalamanın altında puan kazanan projelerin EA 121_HL altında gösterilen değeri 0 ve ortalama üzerinde puan kazanan projelerin EA 121_HL değeri 1 olarak gösterilmiştir (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3. Veri dönüşümünü gösteren örnek tablo

EA121 (16 puan)	EA121_YN (Yes/No)	EA121_HL (High/Low)
7	1	0
2	1	0
12	1	1
0	0	0
13	1	1
5	1	0
16	1	1

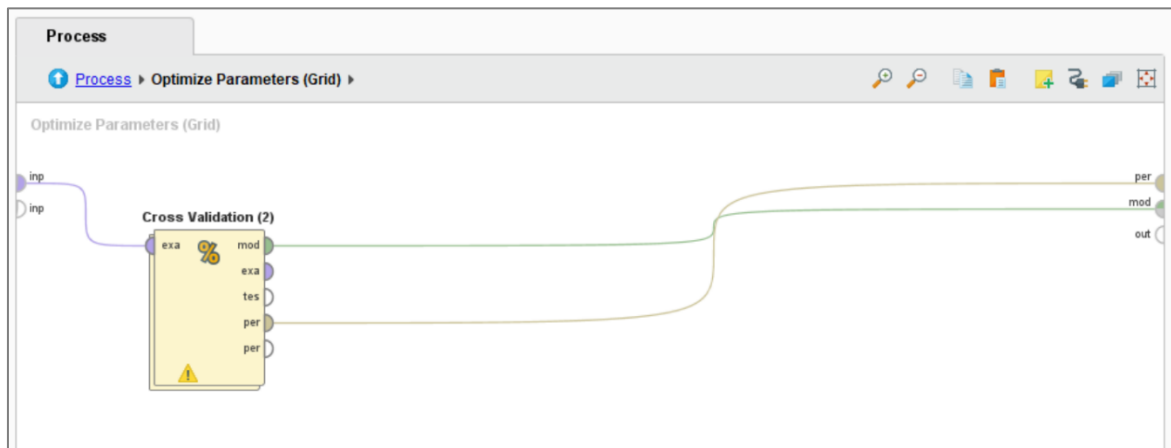
Veri madenciliği işlemi

Dönüştürülen veriler veri madenciliği uygulaması için uygun aşamaya gelmiştir. Resim 6.3, Resim 6.4 ve Resim 6.5'te Rapid Miner programında Random Forest algoritması için en optimum değerin sağlanabileceği akış kurulmuş ve açıklanmıştır.



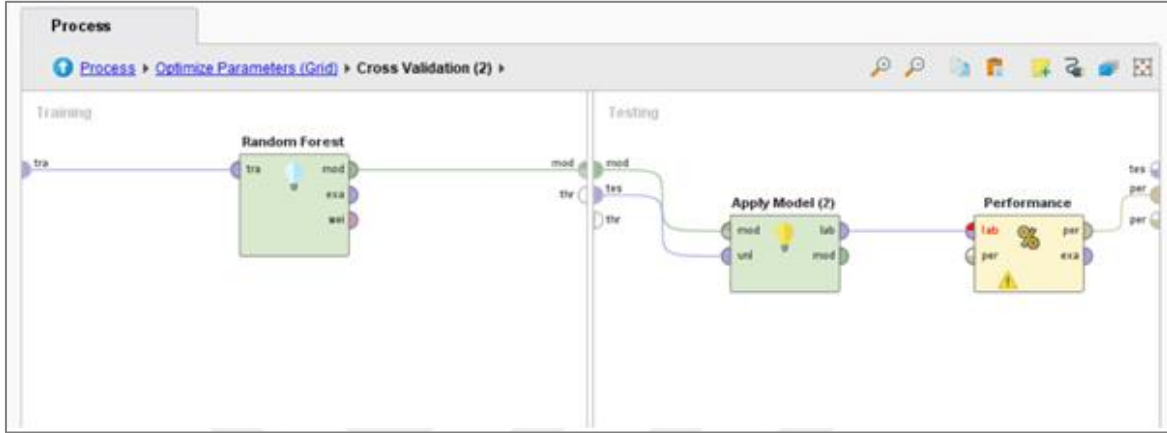
Resim 6.3. Rapid Miner Random Forest süreç şemasının gösterilmesi

Resim 6.3'te gösterildiği üzere Rapid Miner programında veri seti için ihtiyaç duyulan algoritma kurulmuştur. "Optimize Parameter" operatörü sayesinde iterasyon yani tekrar eden birliktelikler oluşturulmuş ve Resim 6.4'te *optimize parameter* operatörünün içerişi gösterilmiştir.



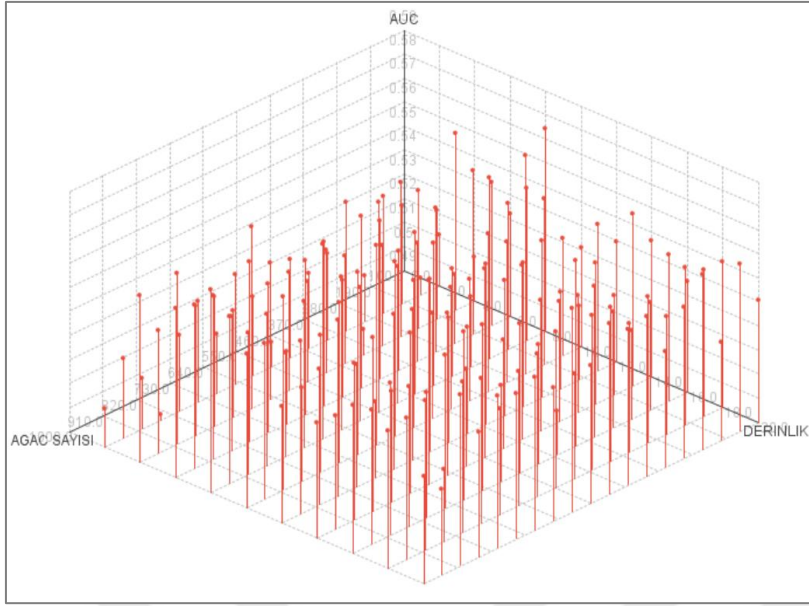
Resim 6.4. Optimize operator ile sürecin doğruluğunun sağlanması

Resim 6.4'te gösterildiği gibi iterasyon içerisinde çapraz doğrulama operatörü kullanılmıştır. Bu operatörün amacı, belirli bir öğrenme operatörü tarafından öğrenilen bir modelin pratikte ne kadar doğru performans göstereceğini ölçmek için kullanılır. Çapraz Doğrulama Operatörü, iç içe geçmiş bir operatördür.



Resim 6.5. Random Forest algoritması uygulama süreci

RF modeli sonrasında “Apply Model” operatörü ile beraber “Performance” operatöründe belirlenen kriterlere göre test edilmektedir (Resim 6.5). Daha önceki konularda da bahsedildiği üzere bu değerlendirme için AUC (eğri altında kalan alan) kriteri kullanılmıştır. RF algoritmalarında verinin bölünerek, önce eğitilmesi sonrasında bölünen veri ile test edilmesi işlemi yaygın bir kullanım olsa da yapılan bu araştırmada kümeler arası ilişki performansı değerlendirildiğinden dolayı AUC kriteri baz alınmış ve sonuçları ilerdeki maddelerde paylaşılmıştır.



Şekil 6.2. Random forest algoritması derinlik ve ağaç sayısı değişkenlerine göre AUC çıktısının örnek gösterimi

Random Forest uygulamasında farklı ağaç sayısı ve derinlik değerlerinde iterasyon kullanılarak farklı değerlerde inceleme yapılmıştır. Bu çalışmada ağaç sayısı 25 ile 1000 arasında 50 artış ve derinlik değeri ise 2 ile 20 arasında 2 artış kullanılarak yapılmıştır. Bu da her kredi ve ilişki arasında 380 farklı Random Forest kriteri incelendiğini göstermektedir. Bu incelemeye ilişkin örnek bir çıktı Şekil 6.2’te verilmiştir. Bu şekilde farklı derinlik ve ağaç sayılarında çıktı değerleri gösterilmiştir. İlerleyen başlıklarda bahsedilecek ilişkilerde ilgili parametrelerdeki en yüksek değerler alınarak tablo oluşturulmuştur.

Örüntü değerlendirme

Bölüm 6.2.2’de Çizelge 6.4’te gösterildiği gibi, bazı kredilerin neden daha yüksek önem aldıklarının pratik nedenlerini bulmak için dikkatlice incelenmesi gerekir. Daha yüksek bir AUC değeri, daha yüksek ilişki anlamına geldiğinden, konunun daha rahat incelenebilmesi için, modeller burada günlük sıcaklık farkı ve yağış özelinde gruplandırılmıştır.

Bilgi sunumu

Örüntü değerlendirme sonucu elde edilen kalıpların anlamlı olarak raporlanıp tablolaştırılmıştır. Bölüm 6.2.2’de bulunan Çizelge 6.4’te günlük sıcaklık farkı ile ilişkili olan krediler renklendirilerek sunulmuştur.

6.2.2. Günlük sıcaklık farkı ile LEED sertifikası kredilerinin ilişkisi

Tüm krediler önceki başlıklarda anlatıldığı gibi ikili puan sistemine çevrildikten sonra Random Forest algoritması kullanılarak, ROC / AUC ilişkisi ile desteklenerek günlük sıcaklık farkı ile krediler arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda Çizelge 6.4'teki sonuçlar elde edilmiştir. AUC referans değeri 0,7 ve üzeri olan krediler ilişkili olarak kabul edilmiştir. RF algoritması üzerinden yapılan değerlendirme sonucu, kaliteli ulaşım erişim (LT107), bina dışı su kullanımının azaltılması (WE901), talebe cevap veren enerji sistemleri (EA121), yüksek öncelikli alanlar (LT103) ve bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) kredileri günlük sıcaklık farkı ile ilişkili olan krediler olarak saptanmıştır.

Çizelge 6.4. Random Forest algoritması kullanılarak LEED kredileri ile günlük sıcaklık farkı ortalaması verileri arasındaki ilişki

Kredi Tanımı	Kredi Kodu	Günlük Sıcaklık Farkı Ortalaması İlişkisi		
		AUC Sonucu	Ağaç Sayısı	Derinlik
Gelişmiş işletmeye alma	EA110_YN	0,610 +/- 0,037	350	4
	EA110_HL	0,666 +/- 0,059	1000	14
İleri enerji ölçümü	EA118	0,646 +/- 0,060	450	18
Talebe cevap veren enerji sistemleri	EA121_YN	0,739 +/- 0,078	850	16
	EA121_HL	0,614 +/- 0,141	500	14
Yenilenebilir enerji	EA123_YN	0,614 +/- 0,051	100	12
	EA123_HL	0,635 +/- 0,051	700	18
Akışkanların gelişmiş yönetimi	EA126	0,618 +/- 0,046	950	18
Yeşil enerji ve karbon sertifikası kullanımı	EA128_YN	0,631 +/- 0,079	850	16
	EA128_HL	0,604 +/- 0,056	700	8
Optimum enerji performansı	EA903_YN	0,100 +/- 0,224	25	2
	EA903_HL	0,633 +/- 0,061	950	12
İnovasyon	IN101_YN	0,635 +/- 0,138	450	2
LEED akredite uzmanı	IN102	0,659 +/- 0,041	850	10
Bütüncül planlama süreci	IP102	0,612 +/- 0,036	450	14
Gelişmiş iç ortam hava kalitesi stratejileri	EQ110_YN	0,677 +/- 0,062	600	12
	EQ110_HL	0,573 +/- 0,060	1000	10
Düşük salımlı malzemeler	EQ112_YN	0,650 +/- 0,028	750	6
	EQ112_HL	0,649 +/- 0,034	900	12
İnşaatı iç ortam hava kalitesi yönetim planı	EQ113	0,539 +/- 0,109	350	18
İç ortam hava kalitesi değerlendirmesi	EQ114_YN	0,642 +/- 0,031	350	10
	EQ114_HL	0,642 +/- 0,031	350	14
Termal konfor	EQ115	0,581 +/- 0,028	850	18
Bina içi aydınlatma	EQ117_YN	0,623 +/- 0,049	800	14
	EQ117_HL	0,623 +/- 0,049	800	14
Güneşliği	EQ121_YN	0,588 +/- 0,087	1000	6
	EQ121_HL	0,588 +/- 0,087	1000	6

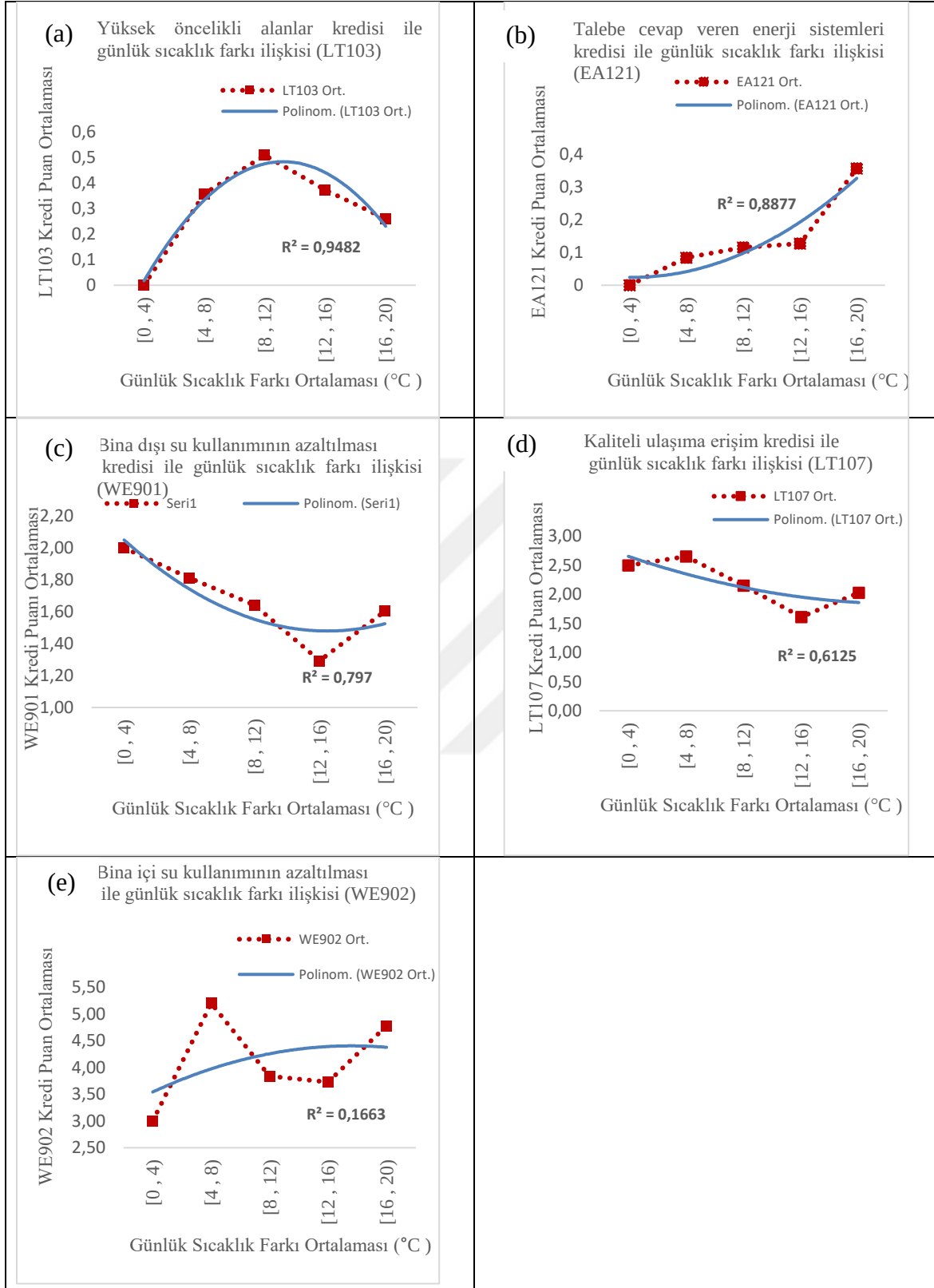
Çizelge 6.4. (devam) Random Forest algoritması kullanılarak LEED kredileri ile günlük sıcaklık farkı ortalaması verileri arasındaki ilişki

		Günlük Sıcaklık Farkı Ortalaması İlişkisi		
Kaliteli manzara	EQ123	0,590 +/- 0,032	1000	20
Akustik performans	EQ124	0,666 +/- 0,071	1000	10
LEED ND yerleşim yeri sertifikalı alanlar	LT101	0,200 +/- 0,274	100	2
Hassas arazilerin /toprakların korunması	LT102	0,636 +/- 0,088	700	8
Yüksek öncelikli alanlar	LT103_YN	0,614 +/- 0,054	350	8
	LT103_HL	0,728 +/- 0,053	300	6
Çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar	LT104_YN	0,692 +/- 0,027	1000	16
	LT104_HL	0,569 +/- 0,029	500	6
Kaliteli ulaşım erişim	LT107_YN	0,703 +/- 0,041	300	8
	LT107_HL	0,714 +/- 0,052	100	14
Bisiklet faaliyetleri	LT108	0,605 +/- 0,084	300	14
Otopark alanlarını azaltmak	LT110	0,692 +/- 0,034	100	6
Yeşil araçlar	LT111	0,665 +/- 0,037	100	2
Bina yaşam döngüsü etki azaltımı	MR108_YN	0,665 +/- 0,032	850	10
	MR108_HL	0,634 +/- 0,061	150	12
Bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD	MR112_YN	0,684 +/- 0,035	1000	14
	MR112_HL	0,684 +/- 0,035	1000	14
Bina ürün beyanları ve optimizasyon-hammaddelerin kaynağı	MR114_YN	0,660 +/- 0,031	350	18
	MR114_HL	0,660 +/- 0,031	350	18
Bina ürün beyanları ve optimizasyon-malzemelerin içeriği	MR115_YN	0,657 +/- 0,020	500	6
	MR115_HL	0,657 +/- 0,020	500	6
İnşaat ve yıkım atık yönetimi	MR123_YN	0,662 +/- 0,094	900	16
	MR123_HL	0,689 +/- 0,028	700	18
Arazinin çevresel değerlendirilmesi	SS104	0,678 +/- 0,078	900	16
Arazi geliştirme doğal yaşamı korumak ve yenilemek	SS105_YN	0,638 +/- 0,068	450	16
	SS105_HL	0,632 +/- 0,066	900	18
Açık alanlar	SS107	0,614 +/- 0,033	700	6
Yağmur suyu yönetimi	SS108_YN	0,618 +/- 0,042	800	18
	SS108_HL	0,624 +/- 0,053	450	20
Isı adası etkisi azaltma	SS110_YN	0,625 +/- 0,064	300	10
Isı adası etkisi azaltma	SS110_HL	0,660 +/- 0,041	1000	16
Işık kirliliğinin azaltılması	SS112	0,581 +/- 0,034	300	6
Soğutma kuleleri su kullanımı	WE110_YN	0,605 +/- 0,027	350	16
	WE110_HL	0,682 +/- 0,045	900	6
Su ölçümü	WE112	0,645 +/- 0,043	650	10
Bina dışı su kullanımının azaltılması	WE901_YN	0,726 +/- 0,117	150	14
	WE901_HL	0,720 +/- 0,033	700	20
Bina içi su kullanımının azaltılması	WE902_YN	0,598 +/- 0,210	300	2
	WE902_HL	0,745 +/- 0,011	100	20

Not: YES/NO (YN) veya HIGH/LOW (HL) takısı almayan krediler 1 puan üzerinden değerlendirildiğinden ikili sisteme (0 ve 1) uygundur. Bu sebepten dolayı kredi puanı doğrudan kullanılmıştır. Kredi kısaltmalarının açıklaması EK-2’de verilmiştir.

Aşağıdaki grafiklerde günlük sıcaklık farkı ortalaması ilişkisi 0,7 üzeri alan RF değerine ulaşan krediler grafiksel olarak incelenmiştir. Günlük sıcaklık farkı ortalaması değeri 0-4 °C; 4-8 °C; 8-12 °C; 12-16 °C; 16-20 °C derece arasında olan projelerin kredilerden aldığı puanların ortalamaları grafiklere yansıtılmıştır. Grafikler üzerinde eğim çizgileri ikinci dereceden polinomsal olarak oluşturulmuş, R-kare değerleri (regresyon eğrisinden olan uzaklık) grafik üzerine yazılmıştır (Şekil 6.3). R-kare değeri 0-1 arasında olup değer 1'e yaklaştıkça ilişkinin derecesi artmaktadır.

Günlük sıcaklık farkı ile en fazla ilişkinin olduğu krediler Çizelge 6.4'te belirtilmiştir. Random Forest algoritması ile günlük sıcaklık farkı ile ilişkili bulunmuş kredilerin Şekil 6.3'te regresyon eğrileri ile olan durumları da gösterilmiştir. Yüksek öncelikli alanlar, talebe cevap veren enerji sistemleri, bina dışı su kullanımının azaltılması, kaliteli ulaşım erişim ve bina içi su kullanımının azaltılması kredilerinin günlük sıcaklık farkı ile olan değişimleri gösterilmiştir. Buna karşın günlük sıcaklık farkı ortalamasıyla bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) kredisi RF ilişkisi HIGH/LOW kriterine göre değerlendirildiğinde ilişkili olarak görülmüş fakat YES/NO kriterine göre ilişki tam olarak belirlenememiştir (Şekil 6.3). RF algoritması sonucundaki bina içi su kullanımının azaltılması kredisinin (WE 902_YN) ölçüm belirsizliği diğer tüm kriterlerin yaklaşık 10 katı olarak bulunmuştur. Tüm krediler içerisinde ilişkisi tam olarak belirlenemeyen kredidir. Bu sebepten ötürü geleneksel istatistik yöntemleriyle araştırılmış fakat ilişki tespit edilememiştir. Şekil 6.3-e günlük sıcaklık farkı ortalamaları grafiğinde gösterilen iki dereceli polinom eğrisi çizgisinde bu durum gösterilmiştir. Kısaca, bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) kredisinin RF algoritması ölçüm belirsizliği nedeniyle ilişki tespiti yapılamamıştır. Bina içi su kullanımının azaltılması kredisi ile günlük sıcaklık farkı değerleri arasında geleneksel istatistik yöntemleriyle de incelendiğinde ilişki oranı çok düşük bulunmuştur.



a: yüksek öncelikli alanlar kredisi (LT103) ile günlük sıcaklık farkı arasındaki ilişki tablosu

b: talebe cevap veren enerji sistemleri kredisi (EA121) ile günlük sıcaklık farkı arasındaki ilişki tablosu

c: bina dışı su kullanımının azaltılması kredisi (WE901) ile günlük sıcaklık farkı arasındaki ilişki tablosu

d: kaliteli ulaşım erişim kredisi (LT107) ile günlük sıcaklık farkı arasındaki ilişki tablosu

e: bina içi su kullanımının azaltılması kredisi (WE902) ile günlük sıcaklık farkı arasındaki ilişki tablosu

Şekil 6.3. Krediler ile günlük sıcaklık farkı arasındaki ilişki grafiği

İlişkiler irdelendiğinde aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Şekil 6.3-a grafiğinde gösterilen yüksek öncelikli alanlar kredisi (LT103) ile günlük sıcaklık farkı arasındaki ilişki incelendiğinde; günlük sıcaklık farkı 0-4 °C arasında ve 16-20 °C arasında olan bölgelerde iklimin zor şartlarda olmasından dolayı şehirleşmenin az olduğu bölgelerdir. Bu sebepten dolayı bu bölgelerde yüksek öncelikli alanlar kredisinden puan alımı düşüktür. Bu durumun aksi olarak günlük sıcaklık farkı 4 °C ile 16 °C arası olan bölgelerde krediden puan almada başarı sağlandığı görülmektedir (Şekil6.3-a).
- Şekil 6.3- b grafiği incelendiğinde, talebe cevap veren enerji sistemleri (EA121) ile günlük sıcaklık farkı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu görülmüştür. Günlük sıcaklık farkının artması ile projelerdeki ihtiyaç duyulan ısıtma/soğutma enerji ihtiyacından dolayı bu kredi ile günlük sıcaklık farkı arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Çölleşmenin olduğu günlük sıcaklık farkının 16 °C -20 °C olduğu bölgelerde krediden kazanılan puanın en üst seviyeye çıkması bu bölgelerde enerji ihtiyacına göre karşılık verilen sistemler kullanıldığı anlaşılmaktadır. Günlük sıcaklık farkı artan ülkelerde bitki örtüsü bakımından yoksullaşma ve yağış miktarı bakımından azalma görülmektedir.
- Şekil 6.3-c grafiği incelendiğinde günlük sıcaklık farkı ortalaması 0-4 °C derece arası bölgeler genelde kar ile kaplıyken, 16-20 °C derece arası bölgeler ise tamamen çöl topraklarıyla kaplıdır. Bu sebepten ötürü artan çöl ikliminin etkisiyle bina dışı su kullanımının azaltılması (WE901) kredisinden alınan puan ortalaması düşmektedir. Bunun en önemli sebebi iklime uygun olmayan bitki kullanılması ve su isteyen peyzaj düzenlemelerine yer verilmesidir.
- Şekil 6.3- d grafiği incelendiğinde günlük sıcaklık farkındaki artışla beraber kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinden alınan puan ortalamalarında düşüş gözlemlenmektedir. Çölleşmenin yoğun olduğu bölgelerde toplu ulaşım ağlarının gelişmeyip özel araçla ulaşım sağlandığı bulgusu çıkarılabilir.

6.2.3. Yağış miktarı ile LEED sertifikası kredilerinin ilişkisi

Tüm krediler veri dönüşümü işlemi sırasında çoklu puan sisteminden ikili puan sistemine çevrildikten sonra Random Forest algoritması kullanılarak ROC / AUC ilişkisi ile desteklenerek yağış miktarı ile krediler arasındaki ilişki incelenmiştir. Çizelge 6.5’de son 5

yıllık yağış verilerine göre değerlendirme kriterleri ve krediler gösterilmiştir. Günlük sıcaklık farkında da referans değer olarak kabul edilen AUC kriterinin 0,7 ve üzeri değeri *ilişkili* olarak kabul edilmiştir. Bu doğrultuda talebe cevap veren enerji sistemleri (EA121), düşük salımlı malzemeler (EQ112), yüksek öncelikli alanlar (LT103), kaliteli ulaşım erişim (LT107), otopark alanlarının azaltılması (LT110), bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD (MR112), bina ürün beyanları ve optimizasyon-malzemelerin içeriği (MR115), inşaat ve yıkım atık yönetimi (MR123), bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) ve bina dışı su kullanımının azaltılması (WE901) kredileri yağış verileri ile RF algoritması sonucu ilişkili bulunmuştur.

Çizelge 6.5. RF algoritması kullanılarak LEED kredileri ile yağış verileri arasındaki ilişki

	Kredi Kodu	Yağış İlişkisi Kriterleri		
		AUC Sonucu	Ağaç	Derinlik
Işık kirliliğinin azaltılması	SS112	0,581 +/- 0,045	600	20
Arazinin çevresel değerlendirmesi	SS104	0,642 +/- 0,042	1000	10
Arazi geliştirme doğal yaşamı korumak ve yenilemek	SS105_YN	0,657 +/- 0,033	700	18
	SS105_HL	0,657 +/- 0,033	700	18
Açık alanlar	SS107	0,559 +/- 0,025	700	8
Yağmur suyu yönetimi	SS108_YN	0,629 +/- 0,016	500	10
	SS108_HL	0,629 +/- 0,016	500	10
Isı adası etkisi azaltma	SS110_YN	0,675 +/- 0,046	650	10
	SS110_HL	0,640 +/- 0,031	600	8
Gelişmiş işletmeye alma	EA110_YN	0,586 +/- 0,056	900	14
	EA110_HL	0,631 +/- 0,010	650	6
İleri enerji ölçümü	EA118	0,630 +/- 0,046	150	16
Talebe cevap veren enerji sistemleri	EA121_YN	0,741 +/- 0,067	300	4
	EA121_HL	0,741 +/- 0,067	300	4
Yenilenebilir enerji	EA123_YN	0,655 +/- 0,018	800	16
	EA123_HL	0,662 +/- 0,043	600	10
Akışkanların gelişmiş yönetimi	EA126	0,612 +/- 0,035	800	16
Yeşil enerji ve karbon sertifikası kullanımı	EA128_YN	0,650 +/- 0,056	550	6
	EA128_HL	0,639 +/- 0,052	150	12
Optimum enerji performansı	EA903_YN	0,100 +/- 0,224	100	2
	EA903_HL	0,666 +/- 0,045	650	12
İnovasyon	IN101_YN	0,603 +/- 0,152	200	18
	IN101_HL	0,640 +/- 0,037	1000	16
LEED akredite uzmanı	IN102	0,610 +/- 0,206	800	16
Bütüncül planlama süreci	IP102	0,663 +/- 0,028	1000	14
İnşaatı iç ortam hava kalitesi yönetim planı	EQ113	0,588 +/- 0,092	950	18
Gelişmiş iç ortam hava kalitesi stratejileri	EQ110_YN	0,642 +/- 0,065	900	20
	EQ110_HL	0,606 +/- 0,050	100	8

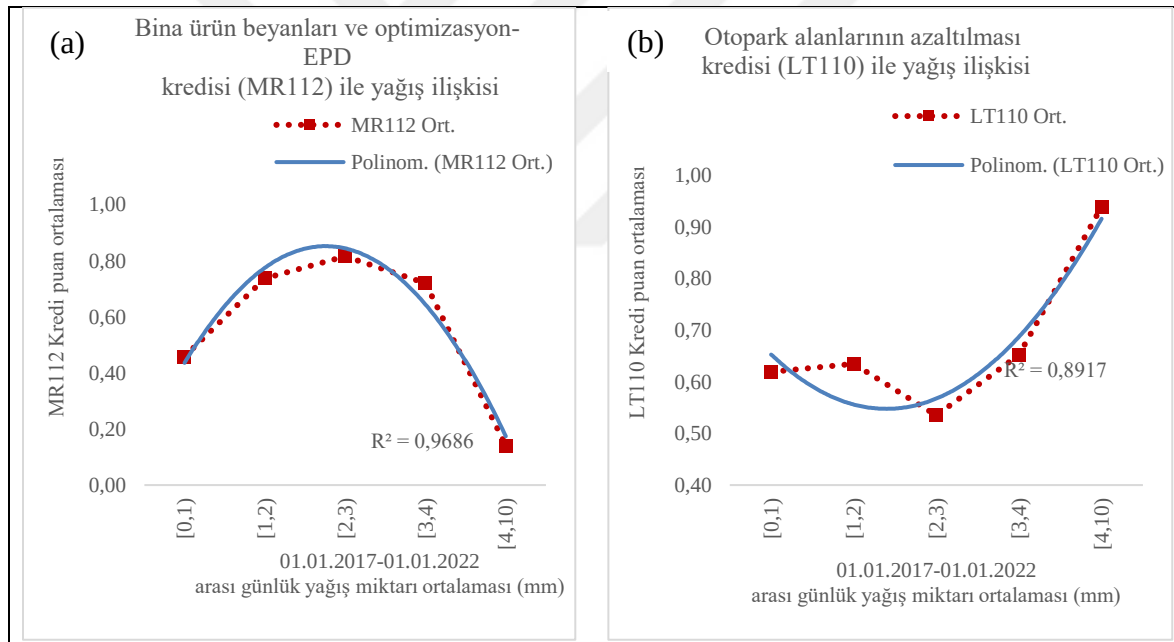
Çizelge 6.5. (devam) RF algoritması kullanılarak LEED kredileri ile yağış verileri arasındaki ilişki

		Yağış İlişkisi Kriterleri		
Düşük salımlı malzemeler	EQ112_YN	0,738 +/- 0,059	550	20
	EQ112_HL	0,689 +/- 0,041	700	16
İç ortam hava kalitesi değerlendirmesi	EQ114_YN	0,608 +/- 0,061	450	14
	EQ114_HL	0,608 +/- 0,061	450	14
Termal konfor	EQ115	0,585 +/- 0,028	400	16
Bina içi aydınlatma	EQ117_YN	0,656 +/- 0,040	850	10
	EQ117_HL	0,656 +/- 0,040	850	10
Gün ışığı	EQ121_YN	0,546 +/- 0,069	400	18
	EQ121_HL	0,546 +/- 0,069	400	18
Kaliteli manzara	EQ123	0,598 +/- 0,064	1000	12
Akustik performans	EQ124	0,682 +/- 0,115	700	18
LEED ND yerleşim yeri sertifikalı alanlar	LT101	0,100 +/- 0,224	100	2
Yüksek öncelikli alanlar	LT103_YN	0,658 +/- 0,024	850	4
	LT103_HL	0,762 +/- 0,041	100	16
Hassas arazilerin /toprakların korunması	LT102	0,625 +/- 0,084	400	10
Çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar	LT104_YN	0,633 +/- 0,060	850	18
	LT104_HL	0,526 +/- 0,020	800	18
Kaliteli ulaşım erişim	LT107_YN	0,643 +/- 0,029	500	14
	LT107_HL	0,702 +/- 0,022	250	20
Bisiklet faaliyetleri	LT108	0,651 +/- 0,040	550	16
Otopark alanlarının azaltılması	LT110	0,701 +/- 0,080	500	14
Yeşil araçlar	LT111	0,669 +/- 0,021	450	12
Bina yaşam döngüsü etki azaltımı	MR108_YN	0,630 +/- 0,067	200	14
	MR108_HL	0,619 +/- 0,058	850	8
Bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD	MR112_YN	0,802 +/- 0,024	450	18
	MR112_HL	0,802 +/- 0,024	450	18
Bina ürün beyanları ve optimizasyon-hammaddelerin kaynağı	MR114_YN	0,607 +/- 0,039	700	18
	MR114_HL	0,607 +/- 0,039	700	18
Bina ürün beyanları ve optimizasyon-malzemelerin içeriği	MR115_YN	0,763 +/- 0,045	1000	6
	MR115_HL	0,763 +/- 0,045	1000	6
İnşaat ve yıkım atık yönetimi	MR123_YN	0,707 +/- 0,119	550	16
	MR123_HL	0,590 +/- 0,066	950	8
Soğutma kuleleri su kullanımı	WE110_YN	0,581 +/- 0,070	350	20
	WE110_HL	0,651 +/- 0,044	550	20
Su ölçümü	WE112	0,625 +/- 0,057	200	10
Bina içi su kullanımının azaltılması	WE902_YN	0,647 +/- 0,153	750	20
	WE902_HL	0,804 +/- 0,043	750	12
Bina dışı su kullanımının azaltılması	WE901_YN	0,726 +/- 0,175	100	14
	WE901_HL	0,750 +/- 0,040	400	6

Not: YES/NO (YN) veya HIGH/LOW (HL) takısı almayan krediler 1 puan üzerinden değerlendirildiğinden ikili sisteme (0 ve 1) uygundur. Bu sebepten dolayı kredi puanı doğrudan kullanılmıştır. Kredi kısaltmalarının açıklaması EK-2’de verilmiştir. Tabloda 2017-2021 yılları arasındaki 5 yıllık yağış verileri üzerinden krediler ile ilişki durumu değerlendirilmiştir.

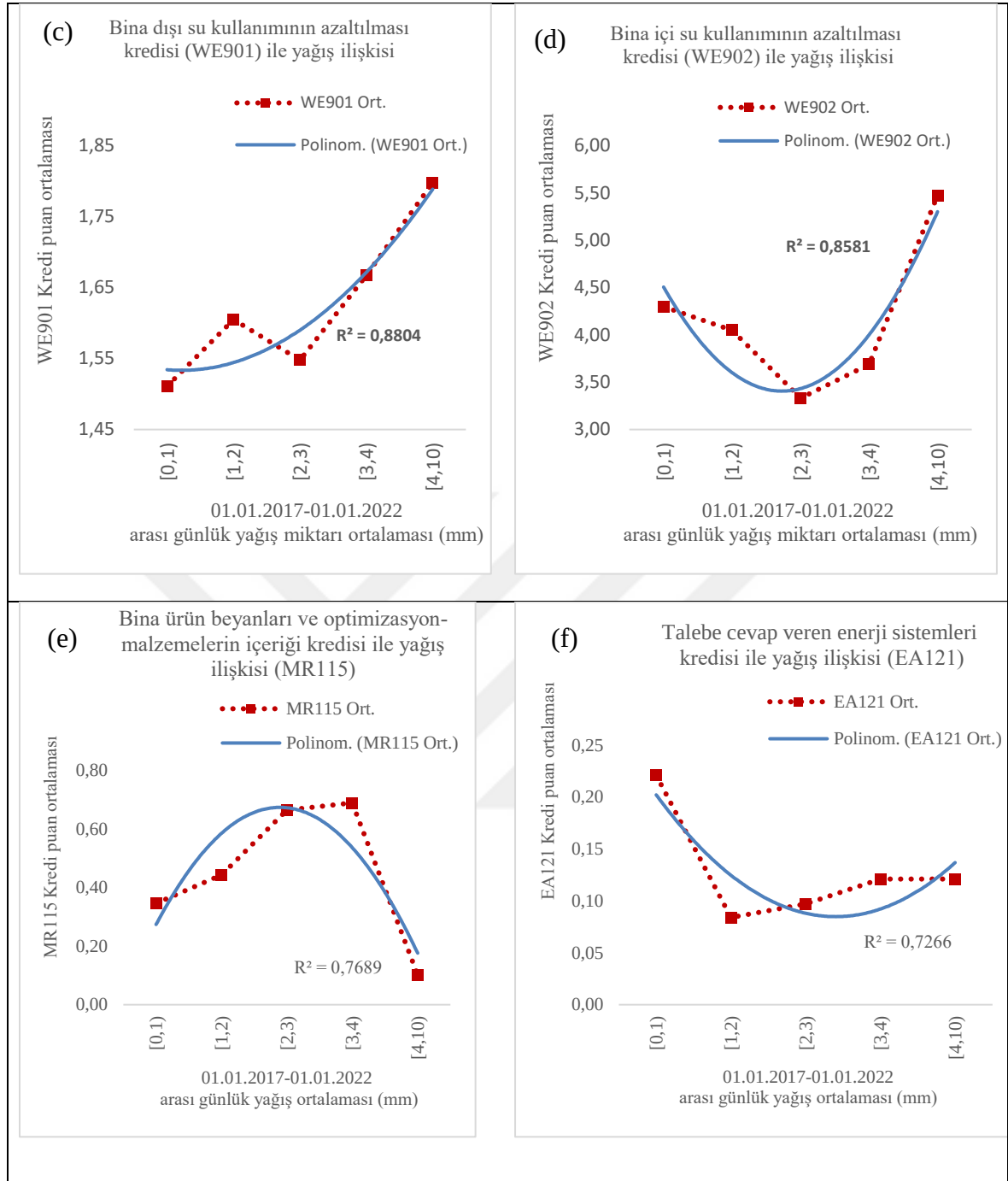
Çizelge 6.5'te bulunan ilişkilerin doğruluğunun pekiştirilmesi için istatistiksel analiz yöntemi olan regresyon ilişkisi Şekil 6.4'te gösterilmiştir. Günlük yağış ortalaması değeri 0-1 °C; 1-2 °C; 2-3 °C; 3-4 °C; 4-10 °C derece arasında olan projelerin kredilerden aldığı puanların ortalamaları grafiklere yansıtılmıştır. Grafikler üzerinde eğim çizgileri ikinci dereceden polinomsal olarak oluşturulmuş, R-kare değerleri grafik üzerine yazılmıştır (Şekil 6.4).

Regresyon ölçümleri sonucu yağış ile en fazla ilişki bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD (MR112) kredisi ile bulunmuştur. Bu ilişki sıralamasını otopark alanlarının azaltılması (LT110), bina dışı su kullanımının azaltılması (WE901), bina içi su kullanımının azaltılması (WE902), bina ürün beyanları ve optimizasyonu-malzemelerin içeriği (MR115), talebe cevap veren enerji sistemleri (EA121) kredileri takip etmiştir (Şekil 6.4).



- a: Bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD kredisi (MR112) ile yağış arasındaki ilişki grafiği
b: Otopark alanlarının azaltılması kredisi (LT110) ile yağış arasındaki ilişki grafiği
c: Bina dışı su kullanımının azaltılması kredisi (WE901) ile yağış arasındaki ilişki grafiği
d: Bina içi su kullanımının azaltılması kredisi (WE902) ile yağış arasındaki ilişki grafiği
e: bina ürün beyanları ve optimizasyonu-malzemelerin içeriği kredisi (MR115) ile günlük yağış miktarı ortalaması arasındaki ilişki grafiği
f: talebe cevap veren enerji sistemleri kredisi (EA121) ile günlük yağış miktarı arasındaki ilişki grafiği
R²: Regresyon eğrisine, hataların en küçük kareler yöntemiyle uzaklıkların hesaplanması

Şekil 6.4. Yağış verileri ile ilişkili olan krediler tablosu



Şekil 6.4. (devam) Yağış verileri ile ilişkili olan krediler tablosu

Random Forest algoritmasına göre ilişki şemaları çıkan kredilerin regresyon analiz şemalarının ifade edildiği Şekil 6.4'te (a), (b), (c), (d), (e), (f) şekilleri ilişkileri desteklemektedir. R-kare değeri regresyon eğrisini oluşturan iki dereceli polinom denkleminin verilere olan uyumunu ölçen bir başarı katsayıdır (Günel, 2003). Bu değer 1'e yaklaştıkça denklem ile veriler arası uyum mükemmel doğru yaklaşmaktadır.

İlişkiler irdelendiğinde aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Şekil 6.4-a grafiği incelendiğinde yağış miktarı 0-1 mm ile 4-10 mm arası bölgelerde puan ortalamalarında düşüş gözlenirken 1-4 mm yağış alan bölgelerde MR112 kredisinden alınan puan ortalamalarında artış görülmektedir. Günlük yağış miktarı 4 mm ve üzeri olan bölgeler muson yağmurlarının olduğu ülkeler olduğundan bu ülkelerde malzeme kullanımına gereken önemin gösterilmediği anlaşılmaktadır. Aynı zamanda Şekil 6.4-e grafiği de incelendiğinde benzer bir eğri gözükmemektedir. Bu ilişkinin sebebi incelendiğinde; günlük ortalama yağış miktarı 0mm ile 4mm arasındaki bölgelerde yağış miktarı arttıkça ülkelerin gelir düzeylerinin arttığı buna bağlı malzemeye bağlı puanlardan yüksek puan aldığı gözlemlenmiştir, günlük 4mm ile 10mm arası yağış alan bölgelerin ise diğer bölgelere nazaran şehirleşmenin ve ekonomik göstergelerin düştüğü bölgeler olarak belirlenmiş ve buna bağlı olarak malzeme puanlarından alınan ortalama puanları düştüğü gözlemlenmiştir. Bu durum bölüm 6.3'te detaylandırılmıştır.
- Şekil 6.4- b grafiği incelendiğinde 0mm ile 4mm günlük yağış ortalaması alan bölgelerin otopark alanlarını azaltmak eğiliminde bulunmadığı fakat 4-10mm arasında yağışa sahip bölgelerin diğer bölgelere kıyasla ekonomik olarak daha kötü göstergelere sahip olması sebebiyle otopark alanlarını azaltma eğiliminde bulundukları belirlenmiştir. Bu durum bölüm 6.4'te detaylandırılmıştır.
- Şekil 6.3-c grafiği incelendiğinde yağış miktarı arttıkça bina dışı su kullanımının azaltılması kredisinden de alınan puan ortalamasında artış gözlemlenmiştir. En çok yağış alan bölgelerdeki (muson yağmurlarının olduğu ülkeler) projelerde iklime uygun bitki seçimi yapılarak bu krediden başarılı puan kazandıkları gözlemlenmiştir.
- Şekil 6.4-d grafiği incelendiğinde yağışı en az ve en çok olan bölgelerde bina içi su kullanımının azaltılması kredisinden alınan puan ortalamaları yüksekken ortalama değerlerde yağış alan bölgelerde bina içi su kullanımının azaltılması kredisinden alınan puan ortalamalarında düşüş gözlenmiştir.
- Şekil 6.4-e grafiği incelendiğinde malzeme ve kategoriler alt başlığında bulunan bina ürün beyanları ve optimizasyonu-malzemelerin içeriği kredisinde yağışı en az ve en fazla alan bölgelerde krediden alınan başarı oranları düşük olarak bulunmuştur. Aşırı kurak ve aşırı yağış alan bölgelerin MR115 kredisine önem vermedikleri gözlemlenmiştir. Aşırı yağış alan bölgeler muson yağmurlarının olduğu gelişmemiş

lkeler olduğundan bu ülkelerde malzemelerin içeriğinden kaynaklı yaşam döngüsü bilgileri mevcut malzeme kullanımına önem verilmediği gözlemlenmiştir.

- şekil 6.4-f grafiği incelendiğinde talebe cevap veren enerji sistemleri (EA121) kredisinin aşırı yağış alan ve aşırı kurak bölgelerde puan ortalamalarında artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu aşırı kurak ve aşırı yağış alan bölgeler haricinde bulunan projelerde puan ortalamalarında düşüşler gözlemlenmiştir.

6.3. Ülkelerin LEED Sertifikası Kullanımı ile Ekonomik Gelişmişliği Arasındaki İlişkinin n Aşaması

Bu çalışmanın üçüncü aşamasında LEED V4 versiyonu BD+C: New Construction kredileri ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki incelenmiştir. Ulaşılan veriler analiz yapılacak veri setine manuel olarak Excel programı ile girişleri yapılmıştır. 849 adet proje sayısına sahip 54 ülkenin kişi başına düşen milli gelir verileri Amerikan doları (\$) zerinden değerlendirmeye dahil edilmiştir. lkelerdeki kişi başına düşen milli gelir bilgisi Dünya Bankası (worldbank.org) resmî web sitesinin veri tabanından yararlanılarak en güncel tarihli verilerin olduğu 2020 yılı kişi başına düşen milli gelir verileri esas alınmıştır (izelge 6.6). Çizelge 6.6'ya göre kişi başına düşen milli gelir seviyesi 87 097 \$'la en yüksek lke İsviçre iken, en düşük ülke 936 \$'la Etiyopya olarak sıralanmıştır. Türkiye 2020 yılı kişi başına düşen milli geliri 8 538 \$'la LEED sertifikası almış ülkeler arasında, ülkelerin ekonomik yönden sıralamasında 37. sırada yer almıştır. Ülkelerin ekonomik yönden gelişmişliklerini gösteren tabloda proje sayısı benzer olacak şekilde sınıflandırma yapılmıştır. Ancak kişi başına düşen milli geliri 50 000\$-100 000\$ seviyesinde yer alan LEED sertifikasının çıkış ülkesi olan ABD'nin yer aldığı sınıflandırmadaki proje sayısı 469 olmasından kaynaklı gelir seviyesine göre dağılımda en üst seviyede proje sayısında yığılma olmuştur.

Çizelge 6.6. 2020 yılı kişi başına düşen milli gelir tablosu

	Ülke	Kişi başına düşen milli gelir (\$) (2020)			Ülke	Kişi başına düşen milli gelir (\$) (2020)			
1	İsviçre	87 097	469 adet proje 50 000\$-100 000\$		28	Çin	10 435		
2	İrlanda	85 268			29	Rusya	10 126		
3	ABD	63 543			30	Kazakistan	9 122		
4	Danimarka	61 063			31	Mauritius	8 628		
5	İsveç	51 925			32	Türkiye	8 538		
6	Avustralya	51 693			33	Arjantin	8 442		
7	Finlandiya	48 745	113 adet proje 25 000\$-50 000\$		34	Meksika	8 329		
8	Avusturya	48 586			35	Sırbistan	7 721		
9	Almanya	46 208			36	Dominik C.	7 268		
10	Kanada	43 295			37	Tayland	7 198		
11	Birleşik Arap E.	43 103			38	Brezilya	6 797		
12	Japonya	40 193			39	Kolombiya	5 335		
13	Makao	39 403			40	Güney Afrika	5 090		
14	Fransa	39 030			41	Lübnan	4 650		
15	İtalya	31 714			42	Gürcistan	4 267		
16	Güney Kore	31 632			43	Endonezya	3 870		
17	Tayvan	28 358	97 adet proje 10 000\$-25 000\$		44	El Salvador	3 798		
18	İspanya	27 063			45	Sri Lanka	3 681		
19	Portekiz	22 176			46	Filipinler	3 299		
20	Litvanya	20 234			47	Fas	3 059		
21	Suudi Arabistan	20 110			48	Vietnam	2 785		
22	Yunanistan	17 622			49	Bangladeş	1 962		
23	Macaristan	15 981			50	Hindistan	1 928		
24	Polonya	15 721			51	Kamboçya	1 544		
25	Şili	13 232			52	Haiti	1 272		
26	Panama	12 510			53	Pakistan	1 189		
27	Kosta Rika	12 141			54	Etiyopya	936		
								75 adet proje / 5 000\$-10 000\$	
								95 adet proje / 0-5 000\$	

Elde edilen veriler analiz edilebilmek için uygun hale getirildiği ön işlem aşamasından geçirilmiştir. Bu işlemler detaylı olarak aşağıda açıklanmıştır.

- Veri temizleme işlemi: Tüm projelerin kişi başına düşen milli gelir verileri elle girildiğinden verilerde bir temizleme işlemi uygulanmamıştır. Temiz veriye ilk adımda

ulaşılmıştır. Dünya bankasının resmî web sitesinden (URL-9) Ulaşılan veriler ilk iki aşamada yapılan analizler için de kullanılan Elasticsearch veri tabanına kaydedilmiştir.

- Veri bütünleştirme işlemi: Daha önce elde edilen USGBC proje verileri ile Dünya Bankası kişi başına düşen milli gelir bilgileri, projelere ayrı bir sütun açılarak eklenmiş ve iki veri seti tek veri tabanında birleştirilmiştir.
- Veri seçme işlemi: Veri tabanına kaydedilen veriler ilk aşamada LEED sertifikası kazanmış ülkelerden oluştuğu için verilerin seçimi ilk başta veri tabanı oluşturulurken yapılmıştır.
- Veri dönüşümü işlemi: Tüm kategorilerin kredileri kendi içerisinde toplanarak incelemeye dahil edilmiştir. Kategorilerin altındaki kredilerin puan farklılığından dolayı kategori puan ortalamaları hesaplanıp kendi içlerinde değerlendirilmiştir.
- Veri madenciliği işlemi: Öncelikle LEED sertifika sisteminde projelerin puan almakta en çok zorlandığı malzeme ve kaynaklar kategorisinin ülkelerin kişi başına düşen milli gelir verileri ile ilişkileri incelenmiştir. Bu inceleme sırasında her gruba yaklaşık aynı sayıda proje düşmesi için gelir dağılımları kategorize edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nin diğer tüm ülkelerdeki proje sayısı kadar projeye sahip olmasından dolayı bu bölümlemede 50 000 dolar üzeri gelir elde eden ülkelerin sayısı diğer kategorilerin yaklaşık 4 katıdır.
- Örüntü değerlendirme: Projeler kategorize edildikten sonra tüm kategoriler ile kişi başına düşen milli gelir verileri arasındaki ilişki örüntüleri ortaya çıkarılmıştır.
- Bilgi sunumu: Ortaya çıkan örüntülerle ülkelerin ekonomik durumları ve LEED kategorileri puan ortalamaları üzerinden çıkarılan tablolar ve grafiklerle mevcut durum analizleri ortaya konmuştur.

6.3.1. LEED BD+C: NC v4 kategorileri ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkilerin irdelenmesi

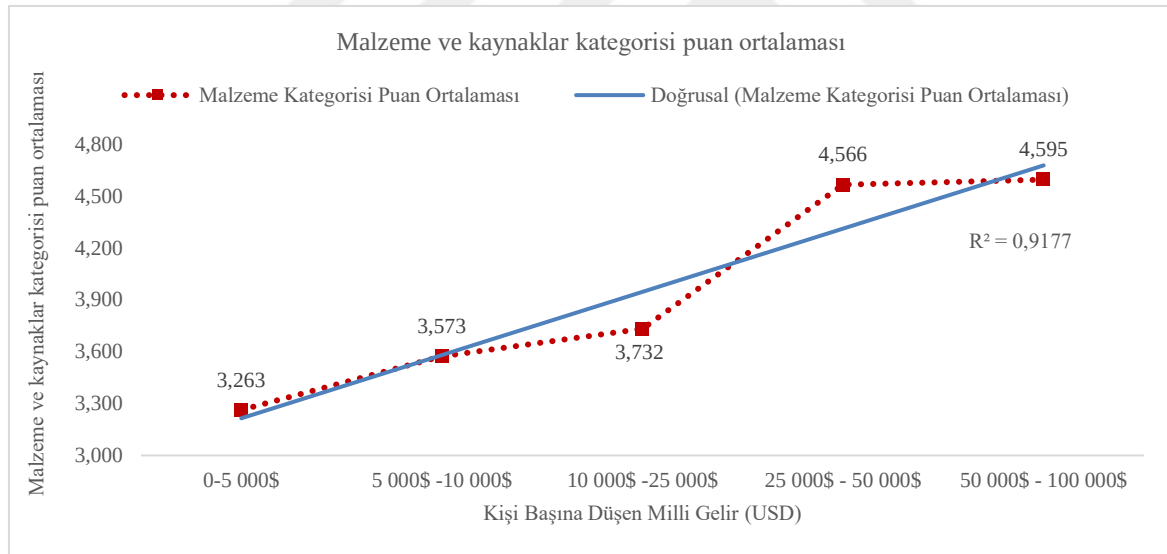
Kişi başına düşen milli gelir seviyesi ülkelerin refah seviyesini gösterdiğinden dolayı kişi başına düşen milli gelir değerleri üzerinden belirli gelir seviye aralıklarına göre sınıflandırma yapılmıştır. Belli aralıklarda olan kişi başına düşen milli gelir değerlerine göre ortalama kredi başarı puanları tablolaştırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre ekonomik gelişmişliği baz alınarak sınıflandırılan ülkelerin LEED kategori ortalama başarı puanındaki artışlar, azalmalar ya da dalgalanmaların tüm kategorilerdeki durumları incelenmiştir. Bu

incelemeler LEED BD+C: NC v4 versiyon kategori başlıklarıyla aşağıda ilişki sırasına göre detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Malzeme ve kaynaklar kategorisi ile ülkelerin kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Malzeme ve kaynaklar kategorisindeki ortalama puan ve kişi başına düşen milli gelir arasında Şekil 6.5'te gösterildiği gibi doğrusal yönde artan bir ilişki vardır. Kişi başına düşen milli gelir arttıkça LEED sertifikası kazanmış projelerin de malzeme ve kaynaklar kategorisinde elde ettikleri puan ortalamalarında artış gözlemlenmiştir.

Şekil 6.5'te gösterildiği üzere “Malzeme ve Kaynaklar” kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için doğrusal bir regresyon eğrisi çizdirilmiş ve değerinin 0.917 olduğu görülmüştür. Bu da iki değişkene sahip bu hipotez arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.5. Malzeme ve kaynaklar kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeylerine göre malzeme ve kaynaklar kategorisi puan ortalamasına Çizelge 6.7’te gösterilmiştir. En fazla 13 puan kazanılabilen bu kategoride ülkelerin gelir düzeyi arttıkça kazandıkları puan ortalaması artarken proje sayısında da artış gözlemlenmiştir. Ekonomik yönden gelişmemiş ülkelerde görülen maddi sıkıntılar yapı malzemesi kullanımına da yansıdığı Şekil 6.5’te görülmektedir. Bu ülkelerde farkındalığı artırmak adına ülke çapında ya da uluslararası platformlarda sadece mimarları değil sektöre hizmet eden tüm paydaşlar bilinçlendirilmelidir. Yapı malzemelerinde daha fazla

standartlaşmaya gidilmesi yapının yaşam döngüsüne katkı sağlarken kullanılan malzemelerin çevreye verdikleri zararları azaltmaya yardımcı olur. Yapıda kullanılan malzemenin hammaddesinden, yapıya ulaşana kadar çevreye verdiği zararı, içeriğinin temiz, sağlıklı ve şeffaf, beyan edilen olmasına odaklanan bu kategoriden alınan puan ortalamasının artması sadece projeyi değil tüm dünyadaki ekosistemi etkileyen bir girdi olduğundan önemi göz ardı edilmemelidir.

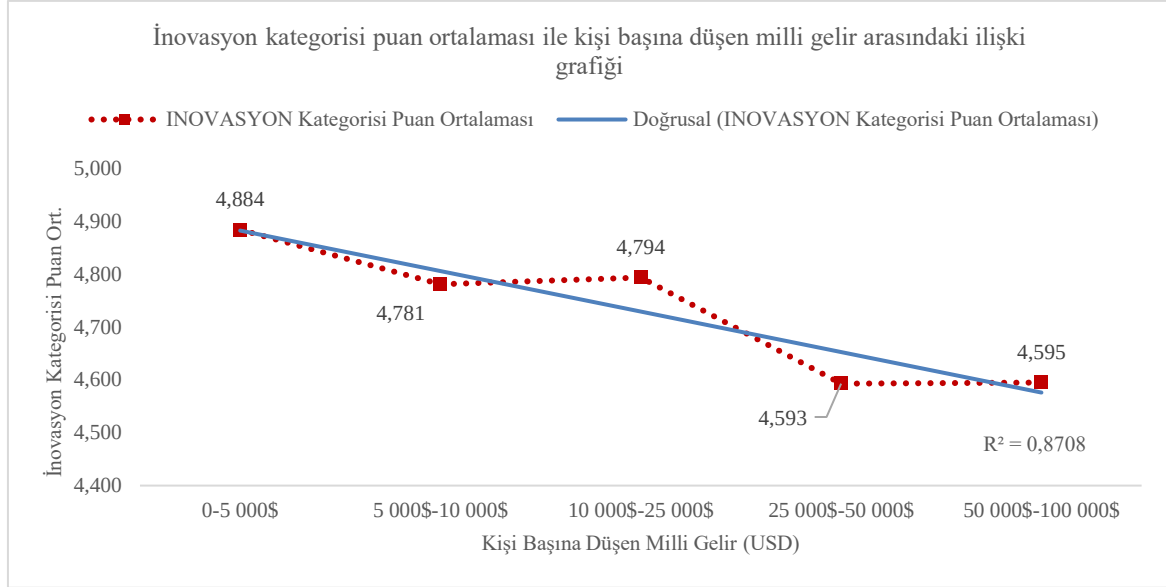
Çizelge 6.7. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış projelerin malzeme ve kaynaklar kategorisi puan ortalaması

Kişi Başına Düşen Milli Gelir (\$)	Malzeme ve Kaynaklar Kategorisi Puan Ortalaması	Proje Sayısı
0-5 000\$	3,263	95 adet
5 000\$ -10 000\$	3,573	75 adet
10 000\$ -25 000\$	3,732	97 adet
25 000\$ - 50 000\$	4,566	113 adet
50 000\$ - 100 000\$	4,595	469 adet

İnovasyon kategorisi ile ülkelerin kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

İnovasyon kategorisinde kazanılan ortalama puan ve kişi başına düşen milli gelir arasında Şekil 6.6’da gösterildiği gibi doğrusal yönde ters bir ilişki vardır. Kişi başına düşen milli gelir arttıkça LEED sertifikası kazanmış projelerin inovasyon kategorisinde elde ettikleri puanda azalma gözlemlenmiştir.

Şekil 6.6’da gösterildiği üzere “İnovasyon” kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için doğrusal bir regresyon eğrisi çizdirilmiş ve değerinin 0.8708 olduğu görülmüştür. Bu da iki değişkene sahip bu hipotez arasında güçlü bir ters ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.6. İnovasyon kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeylerine göre inovasyon kategorisi puan ortalamasına Çizelge 6.8’de gösterilmiştir. En fazla 6 puan kazanılabilen bu kategoride ülkelerin gelir düzeyi arttıkça puan ortalaması düşerken proje sayısında artış gözlemlenmiştir. Tasarımda, uygulamada, yapım tekniklerinde yenilikçi stratejileri göz önünde bulundurarak yapılara taşıyan projeler bu kategoriden puan kazanabilmektedir. Yenilikçi stratejilerin yanında çevre dostu tutumların yansıtılması inovasyon kategorisine olumlu katkı sağlayacaktır. Gelir seviyesi ile ters orantılı olan bu kategorideki ters ilişki için gelir seviyesi yüksek ülkelerdeki düşük puan sebepleri tartışılmalıdır.

Çizelge 6.8. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış inovasyon kategorisi puan ortalaması

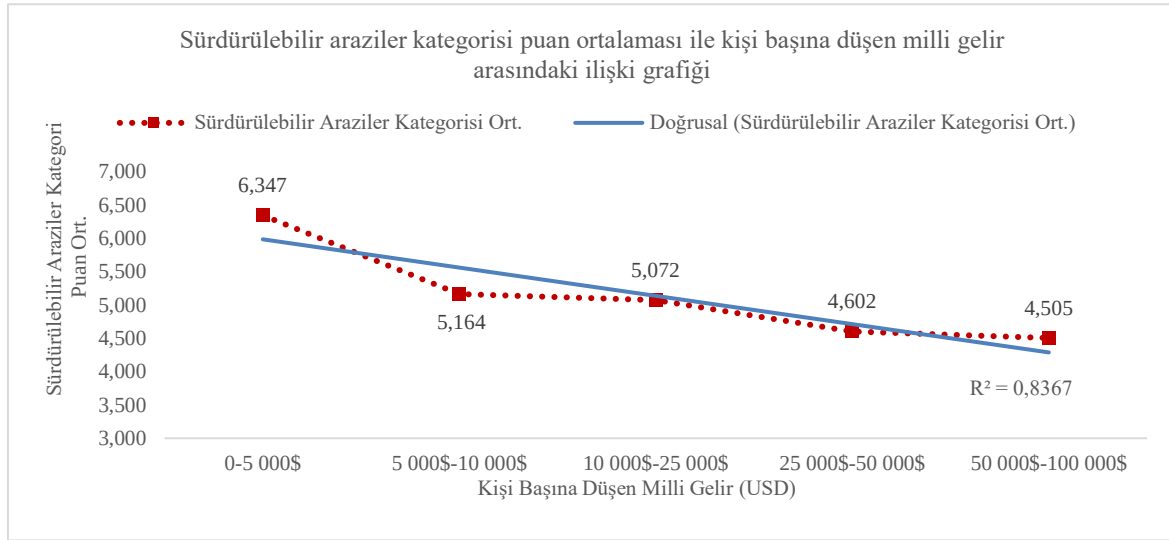
Kişi Başına Düşen Milli Gelir (\$)	İnovasyon Kategorisi Puan Ortalaması	Proje Sayısı
0-5 000\$	4,884	95 adet
5 000\$ -10 000\$	4,780	75 adet
10 000\$ -25 000\$	4,793	97 adet
25 000\$ - 50 000\$	4,592	113 adet
50 000\$ - 100 000\$	4,594	469 adet

Sürdürülebilir Araziler kategorisi ile ülkelerin kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Sürdürülebilir Araziler kategorisinden kazanılan ortalama puan ve kişi başına düşen milli gelir arasında Şekil 6.7’de gösterildiği gibi doğrusal yönde ters bir ilişki vardır. Kişi başına

düşen milli gelir arttıkça LEED sertifikası kazanmış projelerin de sürdürülebilir araziler kategorisinde elde ettikleri puanda azalma gözlemlenmiştir.

Şekil 6.7’de gösterildiği üzere “Sürdürülebilir Araziler” kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için doğrusal bir regresyon eğrisi çizdirilmiş ve değerinin 0.8367 olduğu görülmüştür. Bu da iki değişkene sahip bu hipotez arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.7. Sürdürülebilir araziler kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeylerine göre sürdürülebilir araziler kategorisi puan ortalamasına Çizelge 6.9’de gösterilmiştir. En fazla 10 puan kazanılabilen bu kategoride ülkelerin gelir düzeyi arttıkça kazanılan puan ortalamasında azalma gözlemlenmiştir.

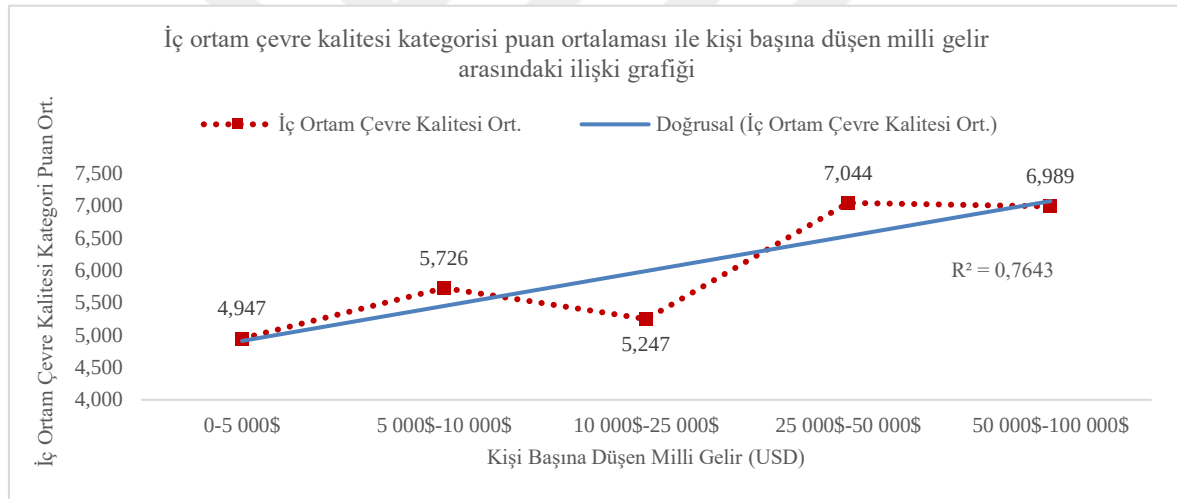
Çizelge 6.9. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış sürdürülebilir araziler kategorisi puan ortalaması

Kişi Başına Düşen Milli Gelir (\$)	Sürdürülebilir Araziler Kategorisi Puan Ortalaması	Proje Sayısı
0-5 000\$	6,347	95 adet
5 000\$ -10 000\$	5,164	75 adet
10 000\$ -25 000\$	5,072	97 adet
25 000\$ - 50 000\$	4,601	113 adet
50 000\$ - 100 000\$	4,505	469 adet

İç ortam çevre kalitesi kategorisi ile ülkelerin kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

İç Ortam Çevre Kalitesi kategorisinden kazanılan ortalama puan ve kişi başına düşen milli gelir arasında Şekil 6.8’de gösterildiği gibi doğrusal yönde artan bir ilişki vardır. Kişi başına düşen milli gelir arttıkça LEED sertifikası kazanmış projelerin de iç ortam çevre kalitesi kategorisinde elde ettikleri puanda artış gözlemlenmiştir. Ancak kişi başına düşen milli gelir değeri 10 000\$-25 000\$ arasında olan ülkelerdeki değerlerin ortalaması düşüş göstermiştir.

Şekil 6.8’de gösterildiği üzere “İç Ortam Çevre Kalitesi” kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için doğrusal bir regresyon eğrisi çizdirilmiş ve değerinin 0.7643 olduğu görülmüştür.



Şekil 6.8. İç ortam çevre kalitesi kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeylerine göre iç ortam çevre kalitesi kategorisi puan ortalamasına Çizelge 6.10’da gösterilmiştir. En fazla 16 puan kazanılabilen bu kategoride ülkelerin gelir düzeyi arttıkça puan ortalamasında dalgalanmalar gözlemlenmiştir.

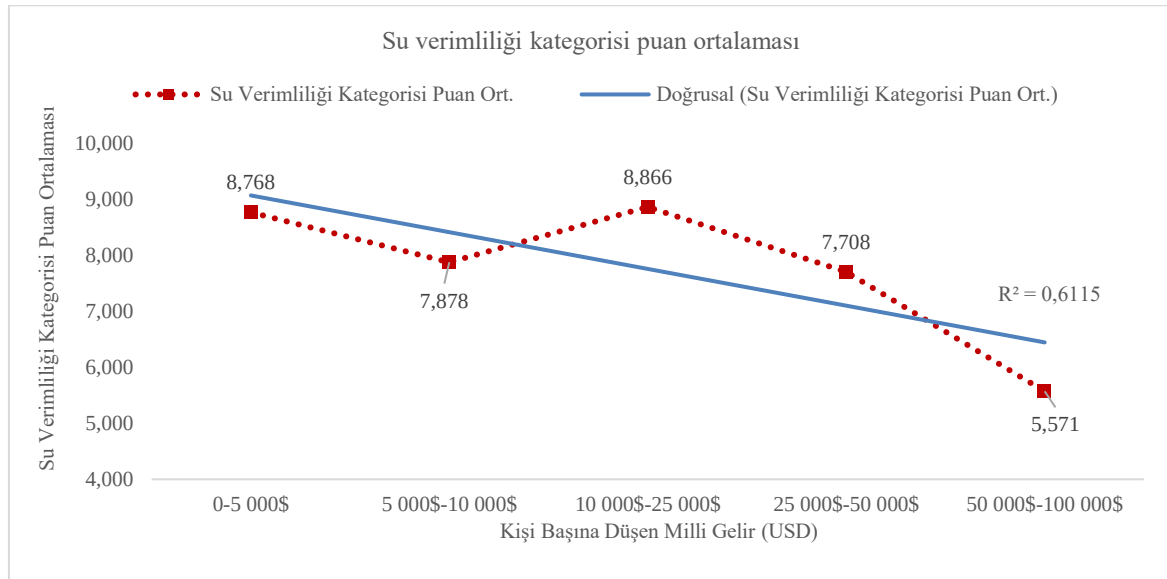
Çizelge 6.10. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış iç ortam çevre kalitesi kategorisi puan ortalaması

Kişi Başına Düşen Milli Gelir (\$)	İç Ortam Çevre Kalitesi Kategorisi Puan Ortalaması	Proje Sayısı
0-5 000\$	4,947	95 adet
5 000\$ -10 000\$	5,726	75 adet
10 000\$ -25 000\$	5,247	97 adet
25 000\$ - 50 000\$	7,044	113 adet
50 000\$ - 100 000\$	6,989	469 adet

Su verimliliği kategorisi ile ülkelerin kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Su verimliliği kategorisindeki ortalama puan ve kişi başına düşen milli gelir arasında Şekil 6.9’da gösterildiği gibi doğrusal yönde azalan bir ilişki vardır. Kişi başına düşen milli gelir arttıkça LEED sertifikası kazanmış projelerin su verimliliği kategorisinde elde ettikleri puanda azalma gözlemlenmiştir. Ancak kişi başına düşen milli gelir değeri 10 000\$-25 000\$ arasında olan ülkelerdeki değerlerin ortalaması düşüş göstermiştir.

Şekil 6.9’da gösterildiği üzere “Su Verimliliği” kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir ortalaması arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için doğrusal bir regresyon eğrisi çizdirilmiş ve değerinin 0.6115 olduğu görülmüştür.



Şekil 6.9. Su verimliliği kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

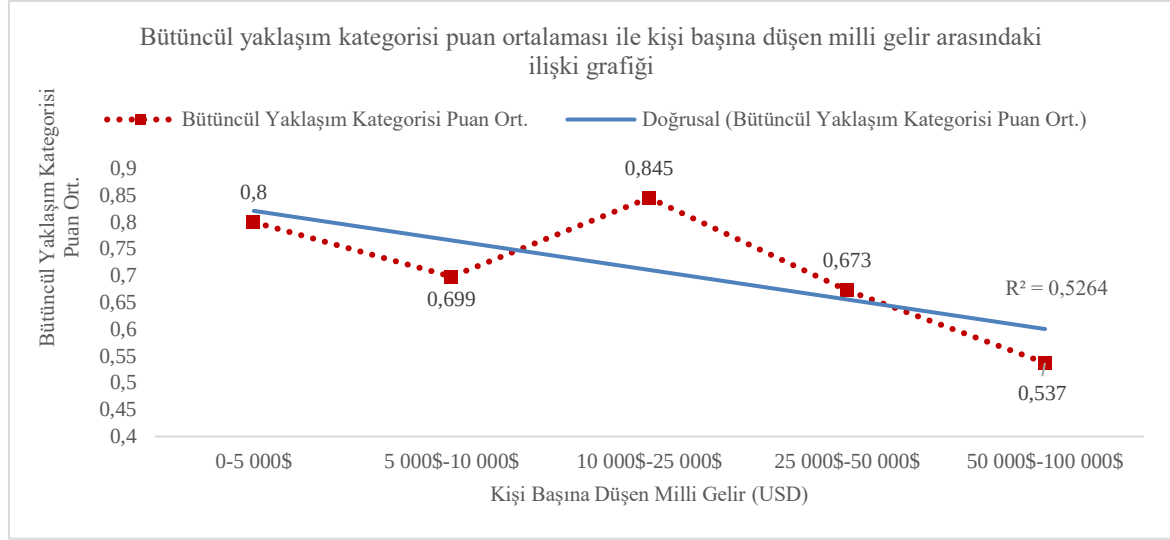
Ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeylerine göre su verimliliği kategorisi puan ortalamasına Çizelge 6.11’te gösterilmiştir. En fazla 11 puan kazanılabilen bu kategoride ülkelerin gelir düzeyi arttıkça puan ortalamasında dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Su verimliliği kategorisi binada kullanılan suyu iç mekânda kullanım, dış mekânda kullanım, cihazlar ve ölçümleri referans alarak bütüncül olarak yaklaşır. Binada kullanılan tüm su kaynakları ölçülür. Su tasarrufunun sağlanması için su kullanımları izlenip kontrol edilir (URL-10). Suların yeniden kullanılması üzerine projeleri teşvik eden su verimliliği kategorisine önem verilmesi hem ekosistem açısından hem de yapı kullanım maliyetini düşürmek açısından katkı sağlamaktadır. Ülkelerin ekonomik gelişmişliği arttıkça su verimliliği kategorisinden kazandıkları puan ortalamalarında gözlenen düşüşler Şekil 6.9 ve Çizelge 6.11’de okunmaktadır.

Çizelge 6.11. Su verimliliği kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Kişi Başına Düşen Milli Gelir (\$)	Su Verimliliği Kategorisi Puan Ortalaması	Proje Sayısı
0-5 000\$	8,768	95 adet
5 000\$ -10 000\$	7,878	75 adet
10 000\$ -25 000\$	8,866	97 adet
25 000\$ - 50 000\$	7,708	113 adet
50 000\$ - 100 000\$	5,571	469 adet

Bütüncül yaklaşım kategorisi ile ülkelerin kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Bütüncül Yaklaşım kategorisinden kazanılan ortalama puan ve kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki Şekil 6.10’da gösterilmiştir. Şekil 6.10’da gösterildiği üzere “Bütüncül Yaklaşım” kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için doğrusal bir regresyon eğrisi çizdirilmiş ve değerinin 0.5264 olduğu görülmüştür.



Şekil 6.10. Bütüncül yaklaşım kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

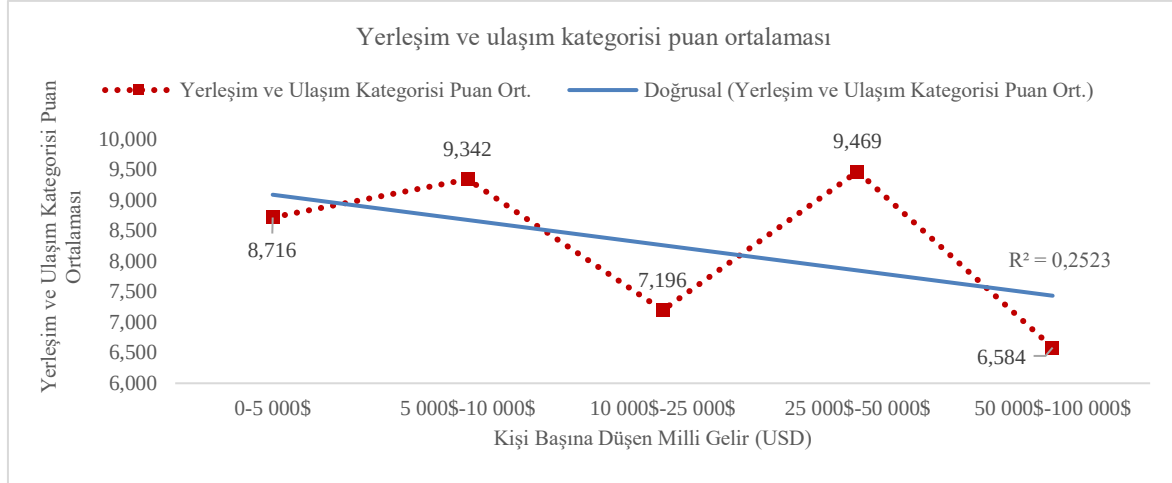
Ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeylerine göre bütüncül yaklaşım kategorisinden kazanılan puan ortalamasına Çizelge 6.12’de gösterilmiştir. En fazla 1 puan kazanılabilen bu kategoride ülkelerin gelir düzeyi arttıkça puan ortalaması artarken proje sayısında da artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 6.12. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış bütüncül yaklaşım kategorisi puan ortalaması

Kişi Başına Düşen Milli Gelir (\$)	Bütüncül Yaklaşım Kategorisi Puan Ortalaması	Proje sayısı
0-5 000\$	0,8	95 adet
5 000\$ -10 000\$	0,698	75 adet
10 000\$ -25 000\$	0,845	97 adet
25 000\$ - 50 000\$	0,672	113 adet
50 000\$ - 100 000\$	0,537	469 adet

Yerleşim ve ulaşım kategorisi ile ülkelerin kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Yerleşim ve ulaşım kategorisinden kazanılan ortalama puan ve kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki Şekil 6.11’de gösterilmiştir. Şekil 6.11’de gösterildiği üzere “Yerleşim ve Ulaşım” kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için doğrusal bir regresyon eğrisi çizdirilmiş ve değerinin 0.2523 olduğu görülmüştür. Bu da iki değişkene sahip bu hipotez arasında hiçbir ilişki olmadığını göstermektedir.



Şekil 6.11. Yerleşim ve ulaşım kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

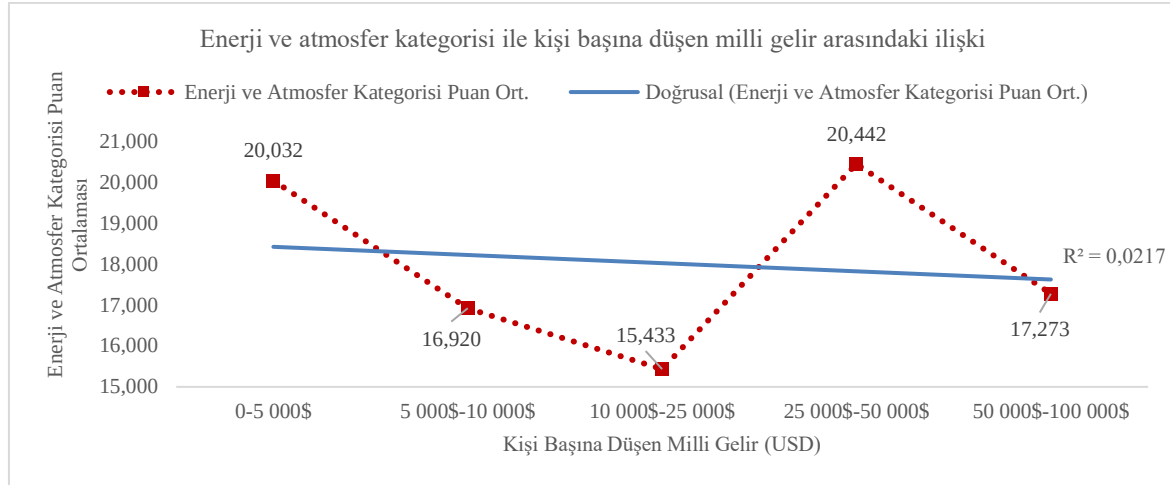
Ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeylerine göre yerleşim ve ulaşım kategorisinden kazandıkları puan ortalaması Çizelge 6.13'te gösterilmiştir. En fazla 16 puan kazanılabilen bu kategoride ülkelerin gelir düzeyi arttıkça kazanılan puan ortalamasında dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Yerleşim ve ulaşım kategorisi ile ülkelerin ekonomik gelişmişliği arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 6.13. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış yerleşim ve ulaşım kategorisi puan ortalaması

Kişi Başına Düşen Milli Gelir (\$)	Yerleşim ve Ulaşım Kategorisi Puan Ortalaması	Proje Sayısı
0-5 000\$	8,715	95 adet
5 000\$ -10 000\$	9,342	75 adet
10 000\$ -25 000\$	7,195	97 adet
25 000\$ - 50 000\$	9,469	113 adet
50 000\$ - 100 000\$	6,584	469 adet

Enerji ve atmosfer kategorisi ile ülkelerin kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Enerji ve atmosfer kategorisinden kazanılan ortalama puan ve kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki Şekil 6.12'de gösterilmiştir. Şekil 6.12'de gösterildiği üzere “Enerji ve Atmosfer” kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için doğrusal bir regresyon eğrisi çizdirilmiş ve değerinin 0.0217 olduğu görülmüştür. Bu da iki değişkene sahip bu hipotez arasında hiçbir ilişki olmadığını göstermektedir.



Şekil 6.12. Enerji ve atmosfer kategorisi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişki

Ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeylerine göre enerji ve atmosfer kategorisi puan ortalamasına Çizelge 6.14'te gösterilmiştir. En fazla 33 puan kazanılabilen bu kategoride ülkelerin gelir düzeyi arttıkça puan ortalamasında dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Enerji ve atmosfer kategorisi ile ülkelerin ekonomik gelişmişliği arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 6.14. Kişi başına düşen milli gelire göre gruplandırılmış enerji ve atmosfer kategorisi puan ortalaması

Kişi Başına Düşen Milli Gelir (\$)	Enerji ve Atmosfer Kategorisi Puan Ortalaması	Proje Sayısı
0-5 000\$	20,031	95 adet
5 000\$ -10 000\$	16,920	75 adet
10 000\$ -25 000\$	15,432	97 adet
25 000\$ - 50 000\$	20,442	113 adet
50 000\$ - 100 000\$	17,272	469 adet

6.4. Verilerdeki İlişkilerin Çaprazlaması Sonucu Karşılaştırmalı Analiz İncelemesi

Çalışmada 3 basamaklı araştırma sonucu çıkan ilişki haritası Çizelge 6.15 ile tablolaştırılıp ilişki seviyeleri görselleştirilmiştir. Veri madenciliği sonucu ortaya çıkan örüntülerin tablolaştırılıp sunulmasıyla geniş çerçeveden analizler okunabilmektedir. Ülkelerin ekonomik gelişmişliklerinin hem sosyal hem kültürel hem de çevresel farkındalıklarını bütüncül bir şekilde olumlu etkilediği hipoteziyle yaklaşılacak çalışmada araştırma başlıkları daraldıkça bu hipotezin desteklenmediği görülmüştür. Bunun altında yatan sebebin belirli gelir düzeylerine göre sınıflandırılan ülkelerdeki proje sayılarının orantısız değişiminden

kaynaklandığı düşünülmektedir. ABD'nin kendi ekonomik, sosyal, kültürel ve çevresel girdileri baz alınarak oluşturulan LEED sertifikasının proje sayısı olarak üstün olması çok normalken diğer ülkelerdeki farklı tutumlara yönelik bir çıktı veren bu çalışmada çalışmanın özet sonucunu içeren tablo gösterilmektedir (Çizelge 6.15).

Çağımızın temel sorunlarından biri olan enerji tüketiminin mimarlar açısından durumu pozitif yönde etkileyecek olan yapılardaki tasarım kararları, yapının bulunduğu konumdan, iklimden etkilenip yapıya tasarım kararı olarak yansıdığı ve bu yapı enerji etkin yapı tasarımı ile ilgilenen LEED sertifikası hedeflediği sürece içerikte bulunan şartları minimum başarı seviyesinde yerine getirmesi gerekmektedir. Bu gerekliliklerin birbirleriyle olan ilişkilerinin yanında kredilerin yağış ve günlük sıcaklık farkıyla ilgili olan durumlardan incelenmesi yapı sektörüne katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın genel hatlarıyla bulguların sunulduğu tablo aşağıdadır (Çizelge 6.15).

Çizelge 6.15. Karşılaştırmalı analiz tablosu

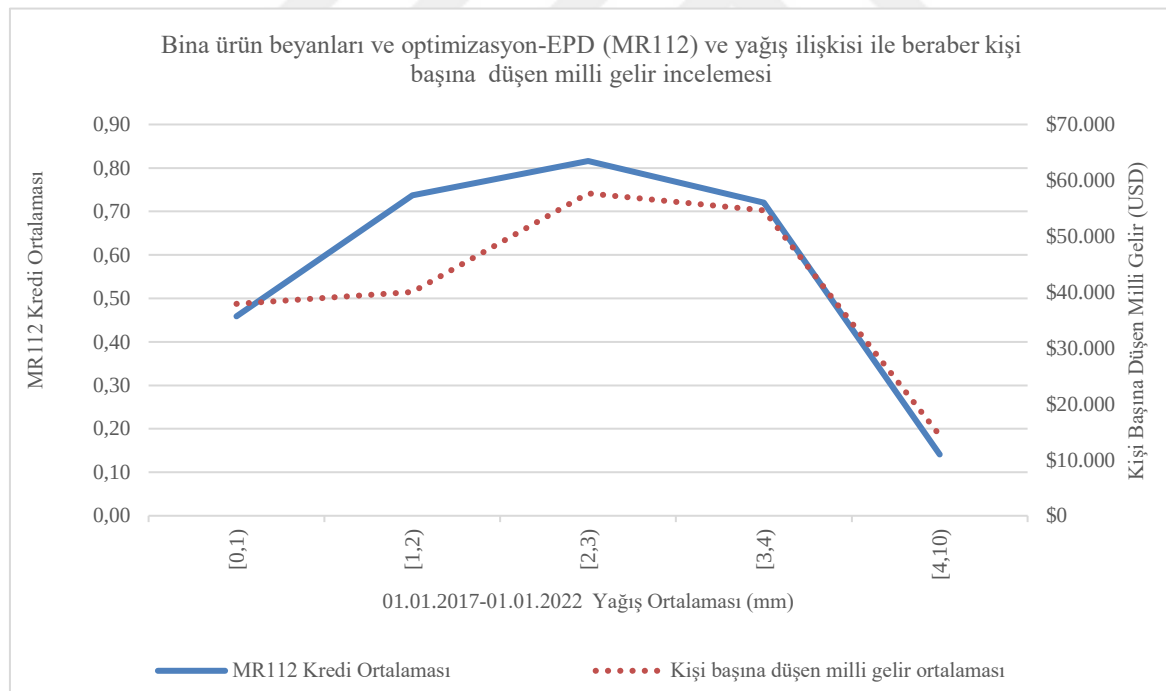
LEED BD+C:NC V4 kategorileri	Kredi kısaltmalar	Birliktelik kuralı ölçeğinde değerlendirme özeti	İklim ölçeğinde değerlendirme özeti			Ekonomik gelişmişlik ölçeğinde
			sıcaklık	yağış		
IP Bütüncül Plan. Sür.	IP 102					
LT Yerleşim Yeri ve Ulaşım	LT 101	LT 104-LT 103>>LT107 LT 104-LT 108>>LT107 LT 104>>LT 107 LT 107-LT103>>LT 104				
	LT 102					
	LT 103					
	LT 104					
	LT 107					
	LT 108					
	LT 110					
	LT 111					
SS Sürdürülebilir Araziler	SS 104					
	SS 105					
	SS107					
	SS 108					
	SS 110					
	SS 112					
WE Su Verimliliği	WE 901	WE 902-LT 104>>LT 107				
	WE 902					
	WE 110					
	WE 112					
EA Enerji ve Atmosfer	EA 110	EA 110-LT 104>>LT 107 EA 903-WE 902>>EA 123 EA 110-EA 123>>EA 903				
	EA 903					
	EA 118					
	EA 121					
	EA 123					
	EA 126					
	EA 128					
MR Malzeme ve Kaynaklar	MR 108					
	MR 112					
	MR 114					
	MR 115					
	MR 123					
IEQ İç Ortam Çevre Kalitesi	EQ 110	EQ 123-LT 104>>LT 107 EQ 121>>EQ 123				
	EQ 112					
	EQ113					
	EQ 114					
	EQ 115					
	EQ 117					
	EQ 121					
	EQ 123					
	EQ 124					
IN Tasarımda Yenilik	IN 101					
	IN 102					
Doğru Orantı Ters Orantı		En iyi ilk 10 krediler arası birliktelik gösterilmiştir.				

Kredi kısaltmaları usgbc.com sitesinden veriler elde edildiği ismiyle yazılmıştır. Bu kısaltmaların açık olarak kredi isimleri EK-2'de verilmiştir. İlişki değerlendirmeleri renklerle ifade edilmiştir.

Çalışmada yapılan 3 basamaklı araştırmanın sonuçları bu bölümde karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. İkinci aşamada yapılan incelemede yağış ve günlük sıcaklık farkı ortalaması ile ilişkili krediler bulunmuştur. Üçüncü aşamada yapılan araştırmanın verileri olan kişi başına düşen milli gelir seviyesi ülkelerin refah seviyesini gösteren önemli bir ekonomik göstergedir. Bu aşamada elde edilen bilgiler ışığında sürdürülebilir araziler, malzeme ve kaynaklar, iç ortam çevre kalitesi ve inovasyon kategorilerinin refah seviyesi ile ilişkili olduğu görülmüştür.

Kredi puan ortalamaları, yağış verileri ve ekonomik veriler doğrultusunda incelemenin birleştirilmesi sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

Malzeme ve kaynaklar kategorisi altındaki kredilerden bina ürün beyanları ve optimizasyon-çevresel ürün beyanı (MR112) kredisinin hem yağış verileri ile hem de kişi başına düşen milli gelir verileri arasında ilişkisi saptanmıştır (Şekil 6.13).

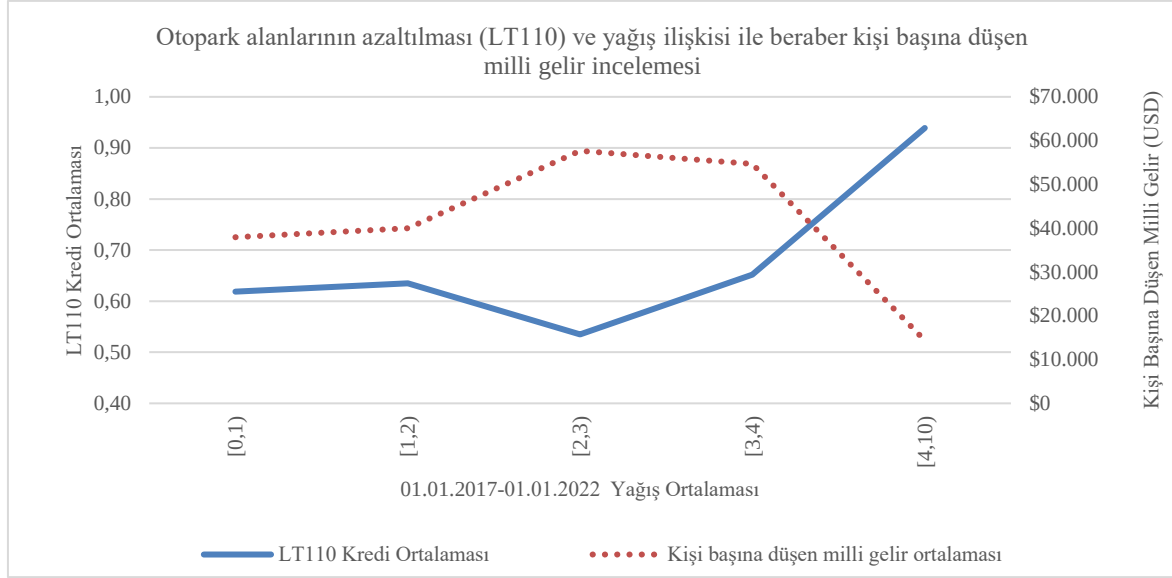


Şekil 6.13. MR112 kredisi ve yağış ilişkisinin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden incelenmesi

Bina ürün beyanları ve optimizasyon-çevresel ürün beyanı (MR112) kredisinin yağış ortalaması ile ilişkili olduğu alan çalışmasının ikinci aşamada belirlenmişti. Üçüncü aşamada ise malzeme ve kaynaklar kategorisinin kişi başına düşen milli gelir ile ilişkili olduğu ortaya

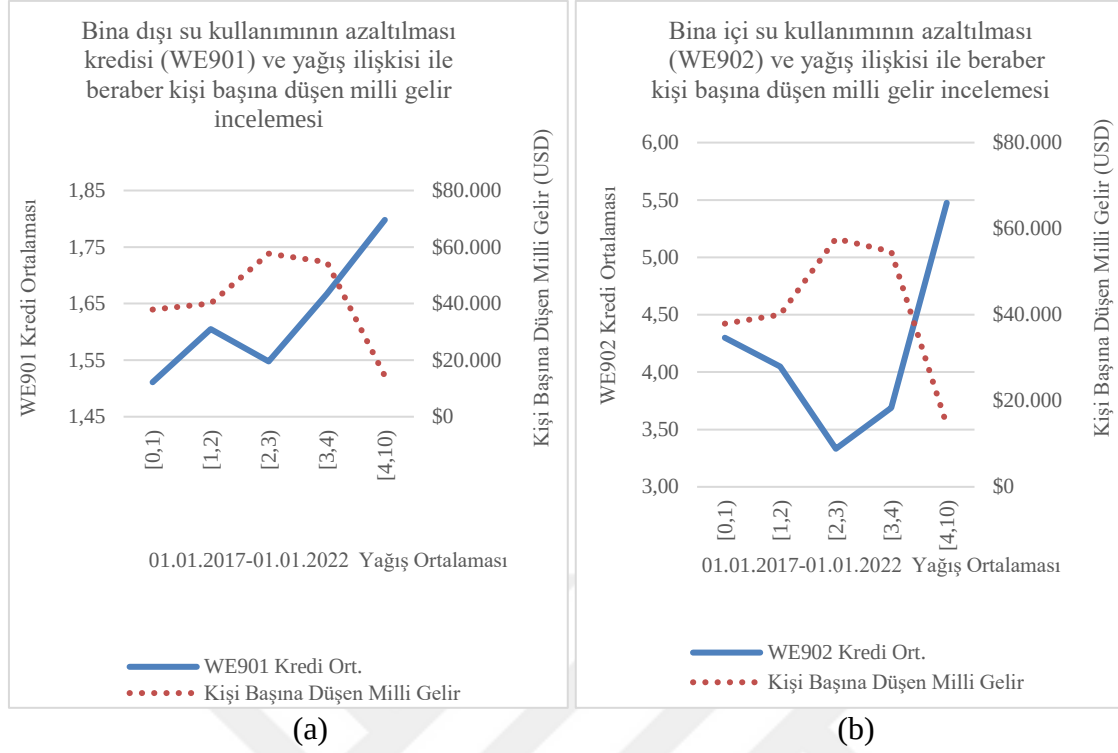
çıkarılmıştı. Şekil 6.13'te görüldüğü üzere malzeme ve kaynaklar kategorisi bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD (MR112) kredisi her iki faktörle de yüksek ilişkili olduğu görülmüştür. Yağış miktarı günlük ortalama 0 ile 3mm arasında yağış miktarı arttıkça krediden elde edilen puan ve kredinin elde edildiği ülkedeki kişi başına düşen milli gelir seviyesi arttığı görülmektedir (Şekil 6.13). Bu yağış ortalamasının yer aldığı ülkeler çoğunlukla Amerika ve Avrupa bölgeleri olduğundan dolayı, refah seviyesi ülkelerde yağış miktarına bağlı olarak malzeme kredilerine önem verildiği görülmektedir. Fakat günlük ortalama 3 ile 10 mm arasında yağış alan bölgeler incelendiğinde ise, yağış miktarı artmasına karşılık ülkenin refah seviyesindeki düşmeden dolayı krediden elde edilen puan da düşmektedir. Bunun sebebi olarak ise; bu aralıkta yer alan ülkelerin daha çok Asya ve muson yağmurlarının etkin olduğu bölgeler olduğu, bu bölgelerin ise refah seviyesinin diğer kıta ülkelerinin altında olduğu gözlemlenmiştir. Kısacası, daha az yağış alan ülkelerin refah seviyesi yüksek olması sebebiyle malzeme ve kaynaklar kategorisinden daha yüksek puan elde edebilmektedirler. Fakat yağış miktarı artmasına karşın refah seviyesi düşen ülkelerde (Hindistan, Tayland, Vietnam, Endonezya gibi) LEED sertifikalı projelerde ülkelerin malzeme ve kaynaklar kategorisinden puan kazanma oranları bir hayli azalmaktadır.

Şekil 6.14'te gösterildiği üzere otopark alanlarının azaltılması (LT110) kredisinde az yağış alan ve dünya ortalamasında kişi başına düşen milli gelire sahip ülkeler bu puandan ortalama seviyede puan alırken, ülkelerin refah seviyesi ve yağış miktarı arttıkça otopark alanlarının azaltılması kredisinden alınan puan düşmektedir. Fakat tam aksi yönde yağış miktarı [4,10) mm arası alan refah seviyesi diğer ülkelere kıyasla daha düşük olan ülkelerde ise otopark alanlarının azaltılması kredisinden yüksek puan kazanıldığı görülmektedir. Bu durumda refah seviyesi yüksek olan ülkelerde otopark ihtiyacının fazla olduğunu bu sebeple bu krediden yüksek puan alınamadığını ve tasarımcıların bu krediden puan kazanmak yerine projelerde kullanılan otopark alanının minimum seviyeyi aştığı anlaşılmaktadır. Araç bağımlılığı, arazide sert zeminin fazladan kullanımı gibi çevresel zararların göz ardı edildiği bu sertifika kazanmış projelerin ekonomik yönden gelişmiş ülkelerde oldukları anlaşılmaktadır.



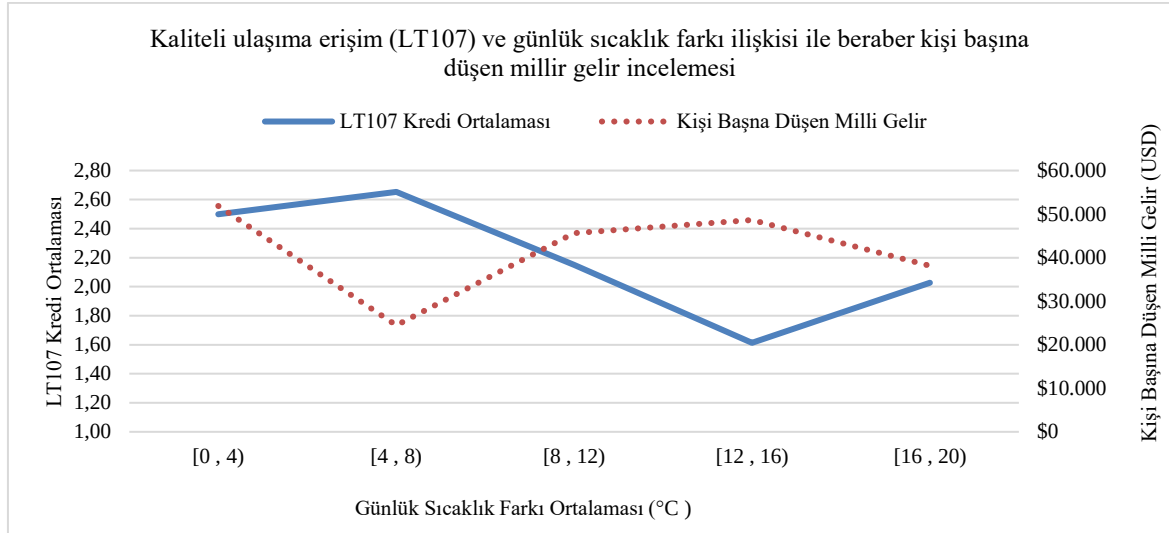
Şekil 6.14. Otopark alanlarının azaltılması (LT110) kredisi ve yağış ilişkisinin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden incelenmesi

Bir diğer kriter bina dışı su kullanımının azaltılması (WE901) ve bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) kredileri ile yağış miktarı ve kişi başına düşen milli gelir ortalamalarına göre durumları incelendiğinde (Şekil 6.14); çok az yağış alan refah seviyesi ortalama olan ülkelerde bina dışı su kullanımı azaltılması kredisi puan ortalaması çok düşük seviyelerdeyken, bina içi su kullanımı azaltılması seviyesi ise diğer refah seviyesi yüksek ülkelere kıyasla daha yüksektir (Şekil 6.15). Bu da çok az yağış alan ülkelerin su kullanımının azaltılmasına önem verdiğini göstermektedir. Yağış miktarı yüksek fakat refah seviyesi düşük ülkelerin ise bina dışı ve bina içi su kullanımının azaltılması kredisinden yüksek puan alması ülkelerin suyun kullanımı özelinde çalışmalar yürüttüğünü göstermektedir.



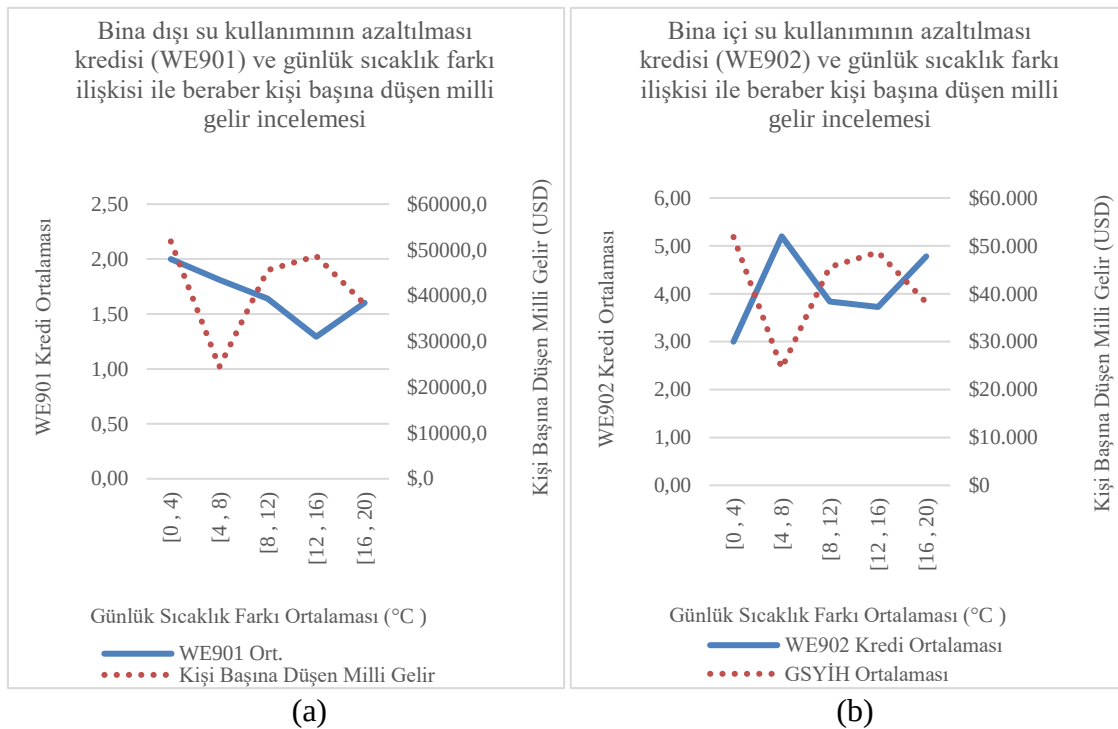
Şekil 6.15. Bina dışı (WE901) ve bina içi (WE902) su kullanımının azaltılması kredisi ve yağış ilişkisinin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden incelenmesi

Günlük sıcaklık farkı ve kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisi ülkelerin kişi başına düşen milli gelir seviyeleri ile beraber incelendiğinde (Şekil 6.16); refah seviyesi yüksek olan fakat günlük sıcaklık farkı düşük olan bölgelerde kaliteli ulaşım önem verildiği fakat günlük sıcaklık farkı ortalaması artmasına karşın gelir seviyesindeki artış veya azalışlar olması ile beraber kaliteli ulaşım erişim kredisinde düşüş gözlemlenmiştir. Kullanıcılara çok seçenekli ulaşım imkanları sunup fosil yakıt kullanımını azaltmaya yönlendiren bu kredi ülkelerin gelişmişlik seviyesi ile ters orantılı ilişkidir.



Şekil 6.16. Kaliteli ulaşma erişim (LT107) ve yağış ilişkisinin kişi başına düşen milli gelir verileri üzerinden incelenmesi

Bina dışı su kullanımının azaltılması (WE901) ve bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) kredilerinin günlük sıcaklık ortalaması ve kişi başına düşen gelir ortalamaları beraber incelendiğinde, veriler arasında ters orantılı bir ilişki olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.17). Günlük sıcaklık farkı ortalaması artışı, ülkelerin refah seviyesi arttıkça (kişi başına düşen milli gelir) her iki krediden alınan ortalama puan düşmektedir.



Şekil 6.17. Bina dışı ve bina içi su kullanımının azaltılması kredisi ile günlük sıcaklık farkı ilişkisi ile beraber kişi başına düşen milli gelir incelenmesi

Bu çalışmanın alan çalışması kısmında yapılan 3 basamaklı analizler sonucu LEED kredileri, iklim verileri ve ekonomik veriler doğrultusunda bütüncül bir sonuç çıkarılarak enerji etkin yapı tasarımında sertifikalandırılma sürecini desteklemek için mimari tasarım alanına katkı sağlanmak istenmiştir. Ayrıca sektörde payı oldukça büyük olan yapı malzemeleri üreticileri ile de yapıyı oluşturan bütün girdiler üzerinde daha verimli ve enerji korunumunu artırmaya yönelik sektörel buluşmalara yer verilip çok disiplinli bir alan olan inşaat sektörüne katkı sağlanmalıdır.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üçüncü sanayi devrimiyle birlikte hızlı bir ivme kazanan elektrik-elektronik, bilgisayar ve internet alanındaki gelişmeler Endüstri 4.0 olarak bilinen en son sanayi devriminin gelişini hızlandırmıştır. Endüstri 4.0 ile birlikte sunulan teknolojiler, başta üretim ve iş süreçleri olmak üzere mimarlık ve inşaat alanında faydalı etkiler yaratmıştır. Endüstri 4.0 teknolojileri ışığında üretim süreçleri daha da hızlanmış bilişim teknolojileri ile entegrasyon artarak enerji etkin yapı tasarımı daha verimli hale gelmiştir.

Enerji etkin yapı tasarımı ve sürdürülebilirlik kavramı genellikle birbirinin yerine kullanılan ancak aynı durumları ifade etmeyen terimlerdir. Sürdürülebilirlik kavramı çok kapsamlı bir durumu ifade ederken esasında enerji etkin yapı tasarımının altında yatan ilkedir (Runde ve Thoyre, 2020). 'Enerji etkin yapı tasarımı' kapsamında bir bina olmak için tasarımın belirli gereksinimleri karşılaması gerekir.

Endüstri 4.0, çoğu iş kolunda hemen hemen her şeyi "akıllı" hale getirdiği gibi inşaat sektörünün de dijital dönüşümünün önemli bir parçası olmuştur. Bu çalışmada bilgi teknolojilerinin hızlı gelişimiyle ortaya çıkan veri madenciliği tekniği araştırma yöntemi olarak ele alınmıştır. Veri madenciliği büyük hacimli veriden görünmeyen kalıpları çıkarıp, bunları dönüştürmek için kullanılan çok disiplinli yaklaşımların bir kombinasyonudur. Alan çalışması olarak inşaat sektörü için en önemli yönlendirici etmenlerden olan enerji etkin yapı tasarım uygulamalarına veri madenciliği uygulaması yapılması hedeflenmiştir.

Dünyada en yaygın kullanılan enerji etkin yapı tasarımı derecelendirme sistemi LEED, minimum program gereklilikleri, ön koşullar ve kredilerden oluşan puan sistemine sahip olup kredi başarılarına göre derecelendirilmektedir. Enerji etkin yapı tasarımından, inşaatına ve inşaat sonrası kullanım performansı için geniş bir yaklaşım oluşturan LEED, kanun ve yönetmeliklerin ötesinde gönüllülük esaslı olup yapının çevresel faydalarının yanında ekonomik faydaları da sunmaktadır.

Yapıların otomasyon sistemleri üzerinden yapılarla ilgili çok sayıda veriler kayıt altında tutulur. Bu kayıt altına alınan veriler arasında ilişkiler kurulması yapı tasarımı açısından faydalar sağlayacaktır.

Bu noktada inşaat sektöründe yeni bilgilerin ortaya çıkmasını, bilgi keşfi üzerine odaklandığından inşaat paydaşlarının karar aşamasında işini kolaylaştırmakta fayda sağlamaya odaklanmıştır. Büyük miktardaki verilerin analiz edilip faydalı bilgiye dönüştürülmesi doğrultusunda inşaat projeleri ve işletmelerin performansında iyileştirmeler yapılabilecektir.

Enerji korunmasıyla ilgili alınan tasarım kriterlerinin birbirleriyle ne derece ilişkili olduğunu sertifikasyon sistemleri üzerinden okuyabilmeyi hedefleyen tez çalışmasında veri madenciliği uygulaması ile büyük veri incelemesi yapılmıştır. Veri madenciliği yöntemiyle elde ettiğimiz veriden tasarımcılara, paydaşlara ve inşaat sektörüne tasarım sürecinin başından sonuna kadar daha etkin yürütülmesini sağlayacak çıkarımlarda bulunmak çalışmanın hedefi olmuştur.

Çalışmada 3 aşamalı bir araştırma yürütüldüğünden sonuçlara da 3 ayrı başlık altında değinilecektir. Bu üç aşamada da ortak veri LEED Building Design and Construction: New Construction v4 kategori ve kredileri olmuştur. İlk aşamada sadece kredilere, ikinci aşamada kredilere ek olarak iklim verilerine, üçüncü aşamada da kategorilere ek olarak ülkelerin kişi başına düşen milli gelir verilerine odaklanılmıştır.

Krediler arasındaki birlikteliklerin incelendiği ilk aşamada birlikte puan kazanma sıklığının en fazla olduğu krediler veri madenciliği yönteminin birliktelik analizi modeline göre ortaya çıkmıştır. Bu durum puan kazanımında bu birlikteliklerin gözden kaçmaması adına mimari proje tasarımcılarına ve paydaşlara ışık tutmaktadır.

LEED sertifikasını almayı planlayan projelerden yer seçimindeki hassasiyete odaklanan yapıları çevre içerisinde ya da kirletilmiş toprakların ıslah edilmesi yoluyla yerleşime uygun hale getirilmiş alanlara yerleşen projeler yüksek öncelikli alanlar (LT 103) kredisinden puan almayı başarabilirler. Mevcutta bulunan yerleşim yerleri ve altyapılardan faydalanmak amacıyla yapıları ve gelişmiş ulaşım olanaklarına sahip çevrelere yerleşen yapılar çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredisinden puan alabilirler. LT 103 ve LT 104 kredilerinden her ikisinden de puan almayı hedefleyen projeler kaliteli ulaşım erişim (LT 107) kredisinden de büyük olasılıkla puan kazanacaktır. Bu 3 kredi yerleşim yeri ve ulaşım kategorisi kredilerindendir ve bulundukları çevreye göre değerlendirilmektedir. LT103 ve LT104 kredisinden puan kazanmayı hedefleyen projelerde LT107 kredisinden de

puan kazanma olasılığı yüksek olduğundan proje yöneticileri için tasarım aşamasında bilinmeyen bu gizli bilgi referans oluşturmaktadır.

İkinci sıkı ilişki bina içindeki su kullanımını azaltarak atık su sistem yükünü azaltmaya odaklanan bina içi su kullanımının azaltılması (WE902) kredisi ve mevcut altyapılardan faydalanmaya odaklanan çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredilerinin beraber puan kazandığı durumlarda büyük olasılıkla (%87'lik oranla) kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinden de puan kazanacaktır. WE902 ve LT104 kredisinden puan almayı hedefleyen projeler LT107 kredisinden de puan alma durumunu gözden kaçırmamalıdır.

Üçüncü sıkı ilişki ise bina kullanıcılarına manzaradan yararlanma imkânı sunulan kaliteli manzara (EQ123) kredisinin çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar (LT104) kredisinden birlikte puan kazandığı durumlarda büyük olasılıkla (%85'lik oranla) kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinden de puan kazanacaktır.

Sıralamadaki bu ilk 3 ilişki yukarıda ifade edilmiştir. Veri madenciliği birliktelik kuralı yöntemi ile fark edilen bu krediler arasındaki sıkı ilişki, proje yöneticilerine ve tasarımcılara puan kazanmada gözden kaçmaması adına farkındalık yaratmaktadır.

İklim verilerine göre değerlendirilmesi hedeflenen, günlük sıcaklık farkı verileri ve yağış verileri üzerinden iki değişkenli bir değerlendirme yapılmıştır.

Günlük sıcaklık farkı verileri üzerinden incelenip ilişki aranan kategorilerin altındaki krediler incelenip sıkı ilişki ve zayıf ilişki ya da ilişki bulunamayan krediler vardır. Bulgulara göre;

- En fazla ilişki bina dışı su kullanımının azaltılması (WE901) kredisi ile bulunmuştur. Günlük sıcaklık farkında artışın olduğu proje alanlarında bina dışı su kullanımının azaltılması kredisinden alınan puan ortalamasında düşüş gözlenmiştir. Çölleşmenin göstergesi olan günlük sıcaklık farkının yüksek olduğu bölgeler ve ülkelerden Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri, Lübnan ve ABD'nin Nevada eyaleti gibi bölgelerde bina dışı su kullanımını azaltmak için peyzaj alanlarında iklime uygun ve su istemeyen bitkilere yer verilmelidir.

- Daha sonraki sıkı ilişki talebe cevap veren enerji sistemleri (EA121) ile bulunmuştur. Enerji üretim ve dağıtım sistemlerini daha etkin şekilde kullanmayı amaçlayan talebe cevap veren enerji sistemleri kredisi ile günlük sıcaklık farkı fazla olan bölgelerde (Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri, Lübnan ve ABD'nin Nevada eyaleti gibi) enerji ihtiyacı ılıman iklimlere göre daha fazla olduğu için LEED sertifikasının hedefi olan enerji etkin yapı tasarımını destekler yönde olduğu görülmüştür. Yani enerji ihtiyacı daha fazla olan çölleşme eğilimli bölgeler enerji korunumunu esas alıp talebe cevap veren enerji sistemleri (EA121) kredisinden puan kazanma hedefinde olup talep-yanıt teknolojileri programına katılırlarsa bina yaşam döngüsü boyunca enerji maliyetlerinde etkin bir şekilde tasarruf sağlanacaktır.
- Bir diğer ilişki kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisi ile bulunmuştur. Günlük sıcaklık farkı ile ters bir ilişkisi bulunan kaliteli ulaşım erişim (LT107) kredisinde günlük sıcaklık farkında artış oldukça krediden alınan puan ortalamalarında azalma olduğu görülmüştür. Çölleşme eğilimli bölge ve ülkelerde kullanıcılara toplu taşıma ağında çok modlu ulaşım seçenekleri sunarak bu krediden puan almaları sağlanabilir.
- Bir diğer ilişki yüksek öncelikli alanlar (LT103) kredisi ile bulunmuştur. Günlük sıcaklık farkı 12 °C'ye kadar olan bölgelerde krediden puan almada doğru orantılı bir ilişki gözlemlenirken günlük sıcaklık farkı 12 °C'nin üstündeki bölgelerde ilişki ters orantılı olarak yön değiştirmiştir. Yer seçimi ile ilgili olan bu krediden puan kazanmak projenin ilk aşamasında yapının konumlandığı alana odaklanma ile başarılı olabilir. Yine çölleşmenin olduğu bölgelerde projelendirme için yer seçimi olarak ekonomik ve sosyal yönden kısıtlılığı olan bölgelere yerleşim hem o bölgede kalkınmayı sağlayacak hem de krediden puan almada katkı sağlayacaktır.

Son 5 yıllık yağış verileri üzerinden incelenip ilişki aranan kategorilerinin altındaki krediler incelenip sıkı ilişkili ve zayıf ilişkili ya da ilişkisi bulunamayan krediler vardır. Bulgulara göre;

- En fazla ilişki malzeme ve kaynaklar kategorisi altındaki bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD (MR112) kredisi ile bulunmuştur. Yaşam döngüsü bilgileri mevcut olan ve etkilerini doğrulayan üreticilerden ürünlerin seçilmesi ile puan kazanılan bu kredide günlük yağış miktarı 3 mm'ye kadar olan bölgelerde krediden alınan puan ortalaması yağışla beraber artarken, bu değerın üstüne çıkıldıkça krediden alınan puan ortalamasında azalma olduğu görülmüştür. Yağış miktarı 4 mm ve üzeri olan ülkeler

gelişmemiş muson yağmurlarını alan ülkeler olduğundan (Pakistan, Hindistan, Kamboçya Vietnam gibi) ekonomik ve refah yönünden geri kalmış ülkeler olarak malzeme kullanımında çevresel ürün beyanına önem verilmediği görülmüştür. Bu ülkelerde bilinçli malzeme kullanımını artırmak adına sektörde çalışan malzeme kullanımı konusunda tüm paydaşların daha bilinçli hale gelmesi, ülkenin hem sürdürülebilir kalkınması için hem de doğal yaşamı korumak için şarttır. Bu konuda gelişmemiş ülkelerde yapılacak kongreler, seminerler, fuarlar gibi etkinliklerle sektöre katkı sağlayan paydaşlar bilinçlendirilmelidir.

- Daha sonraki sıkı ilişki malzeme ve kaynaklar kategorisi altındaki bina ürün beyanları ve optimizasyonu-malzemelerin içeriği (MR115) kredisi ile bulunmuştur. Yine yağış miktarı 4 mm ve üzeri olan ülkeler gelişmemiş muson yağmurlarını alan ülkeler olduğundan (Pakistan, Hindistan, Kamboçya Vietnam gibi) malzemelerin içeriğinin beyan edildiği ve içeriğindeki zararlı maddelerin en aza indirildiği ürün kullanımından puan kazanılan krediden puan kazanılmasına önem verilmediği görülmüştür. Ekonomik yönden gelişmemiş bu ülkeler için proje ölçeğinde değil ülke politikası olarak malzeme kullanımına yönelik malzeme kullanımları teşvik edilebilir. İnşaat sektöründeki tüm paydaşlar için enerji etkin yapı tasarımının önemli girdilerinden olan malzeme ve kaynak kullanımını esas alan ulusal ve uluslararası konferanslar, seminerler ve fuarlar düzenleyerek tüm paydaşların daha bilinçli hale gelmesi sağlanabilir. Malzemelerin de sertifikalandığı yapı sektöründe gelişmemiş ülkelerin daha çok yerel malzeme kullanacağı varsayımı ile yerel malzemelere akredite olmuş sertifika sistemi getirilmesi tavsiye edilmektedir.

Kişi başına düşen milli gelir değerleri referans alınarak ülkelerin belirli aralıklardaki gelir düzeylerine göre LEED BD+C: NC V4 sertifikalı projelerin kategoriler esas alınarak puan ortalaması hesaplanıp sınıflandırılmıştır. Buna göre;

- En fazla ilişki malzeme ve kaynaklar kategorisi ile bulunmuştur. Ülkelerin gelir düzeyleri arttıkça malzeme ve kaynaklar kategorisinden kazandıkları puan ortalamalarında da artış gözlemlenmiştir. Malzeme ve kaynaklar kategorisi yapılarda kullanılacak yapı malzemelerinin hammaddelerinin çıkarılmasından yapıya ulaşmasına ve yaşam döngüsü sonunda bertarafına kadarki somutlaştırılmış enerjinin etkilerini minimuma indirmeyi hedefler. Bu kategori altındaki krediler kaynak verimliliği ve kaynakların yaşam döngüleriyle ilgilenmektedir. Çıkan bulgular değerlendirildiğinde

ekonomik açıdan gelişmiş ülkelerin doğadaki kaynakları kullanmaya yönelik daha hassas ve bilinçli yaklaşıtları malzeme ve kaynaklar kategorisinden daha yüksek puan kazandıtları fark edilmektedir.

- Sıralamada malzeme kaynaklar kategorisini inovasyon kategorisi takip ederek ters orantılı bir ilişki gözlemlenmiştir. Ülkelerin gelir düzeyleri artttıkça inovasyon kategorisinden kazandıtları puan ortalamalarında azalma olmuştur (Şekil 6.6). İnovasyon kategorisinde güncel bilimsel araştırmalar ışığında yeni teknolojiler kullanılarak yenilikçi yöntemlerle enerji etkin yapı tasarım stratejilerini yapılarla yansıtmak temel esas olmuştur. Ekonomik olarak gelişmiş ülkelerde yapım teknolojileri ve yenilikçi yöntemlerin daha çok kullanılması beklenirken burada tezat bir durumla karşılaşlmış ve gelişmiş ülkelerde yenilikçi stratejileri yapıya yansıtan bir yaklaşım beklenirken tam tersi sonuçlarla karşılaşlmıştır. Ülkelerin ekonomik açıdan gelişttikçe inovasyon kategorisinden kazandıtları puanlarının düşmesi proje sayısındaki artıştan dolayı kaynaklanıyor olabilir. Proje sayısı artttıkça LEED sertifikalı proje sayı olarak artmış ancak sertifika düzeyinde (certified, silver, gold, platinum) düşüş gözlenmesinden kaynaklanıyor olabilir.
- Bir diğter ters orantılı ilişki de belirli oranlarda sınıflandırılan kişi başına düşen milli gelir verileri ile ülkelerin sürdürülebilir araziler kategorisinden aldıkları puan ortalamalarında bulunmuştur. Ülkelerin gelir düzeyi artttıkça sürdürülebilir araziler kategorisinden aldıkları puan ortalamalarında azalma gözlemlenmiştir. Sürdürülebilir araziler kategorisi yapının bulunduğu ekosistem ve konumlandığı alanla ilgilenir. Projenin konumlandığı arazideki çevresel bütünlüğü korumaya ve doğal ortamın korunmasına önem verildiğı sürdürülebilir araziler kategorisi mimari tasarım aşamasından projenin son aşamasına kadar her adımda proje alanına ve doğaya saygı gösterilmesine odaklanmaktadır. Ekonomik yönden gelişmiş ülkelerin imkanları daha fazla olmasına karşın doğaya daha fazla tahribat vermeleri dikkat çekmektedir.
- İç ortam çevre kalitesi kategorisi ile doğru orantılı bir ilişki gözlemlenmiştir. Ülkelerin gelir düzey ortalamaları artttıkça sürdürülebilir alanlar kategorisinden de kazandıtları puan ortalamalarında artış gözlemlenmiştir. İç ortamdaki hava kalitesi, termal konfor, aydınlatma kalitesi ve akustik tasarım gibi yapı içi tasarımlarla ve yapı sakinlerinin manzaralarıyla ilgilenir. Bu kategoriden sağlanan başarı artttıkça bina sakinlerinin yaşam kalitesi artmaktadır. İç ortam çevre kalitesinde ekonomik açıdan gelişmiş ülkelerde başarı daha fazla sağlandığından, gelişmiş ülkelerde kullanıcılarının konforuna ve sağlığına daha fazla önem verdikleri anlaşılmaktadır. Gelişmemiş ülkelerde yapıların

halk sağlığı üzerindeki etkilerini anlamalarını sağlayıp iç ortam evre kalitesiyle ilgili daha bilinçli davranmaları adına çalışmalar yapılmalıdır.

- Bütüncül yaklaşım, yerleşim ve ulaşım, enerji ve atmosfer kategorileri ile ekonomik gelişmişlik açısından hiçbir ilişki bulunamamıştır. Enerji ve atmosfer kategorisi, ülkelerin ekonomik gelişmişliğiyle en az ilişkili kategori olarak gözlemlenmiştir. Ekonomik yönden gelişmiş ülkelerin enerji politikalarına daha fazla yatırım yapmaları hem inşaatlardan kaynaklı doğaya verilen zararı azaltmaya hem de enerji maliyetlerini azaltmaya yardımcı olur.

Yapıların tasarımıından inşasına kadar büyük bir sorumluluk ve bilinçlilikle çalışılması gereken inşaat sektöründe görev sadece mimarlara değil sektördeki tüm paydaşlara düşmektedir. Bu paydaşlardan önemli bir kısmı yapı malzemesi üreticileri olduğundan malzemelerden kaynaklı doğaya verilen zararın minimuma indirilmesi adına tüm sektörün bir araya gelip çalışmalar yapılması tavsiye edilmektedir. Yapı malzemelerinde de sertifikalandırılmaya gidilmesi hem malzemenin içeriğinin şeffaflığı hem de enerji etkin yapı tasarımı için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, veri madenciliği yöntemi hala gelişmeye devam eden bir alan olmasına karşın literatürde inşaat endüstrisi ile entegre sayılı uluslararası çalışmaya rastlansa da bu alanda ulusal bir çalışmaya rastlanılmamış olması bu çalışmanın literatüre sağlayacağı katkıyı desteklemektedir. Hem krediler arasındaki ilişkileri hem çevresel faktörlerden iklim verileri (günlük sıcaklık farkı ve yağış) hem de ekonomik girdiler doğrultusunda analizleri içeren bu çalışma tasarımcılar için yeni yapılacak yapı tasarımında bir yol haritası görevindeyken, gelecekte yapılacak çalışmalara da LEED sertifikası kredilerini anlamalarında referans oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda yapılan detaylı analizler doğrultusunda çalışmanın kapsamına dahil edilmeyen diğer LEED oylama sistemlerinde (LEED-İ Tasarım ve İnşaat, LEED-Bina İşletme ve Bakım, LEED-Mahalle Gelişim, LEED-Konutlar) başarılı olmuş projeler üzerinde bir değerlendirme yapılarak etki alanı daha detaylı araştırılabilir. Veri madenciliği yönteminin tanımlayıcı modelleri ile analizlerin yapıldığı bu çalışma tahmin edici modeller kullanılarak da mimariye farklı bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Akca, S. (2011). *LEED Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi Ölçütlerinin Tasarım Ölçekleri, Kavramsal Kademelenme ve Kaynak Kullanımı Düzeyinde Tutarlılığının Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15.
- Akgün, A. E., ve Keskin, H. (2003). Sosyal bir etkileşim aracı olarak bilgi yönetimi ve bilgi yönetimi süreci. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 175-188.
- Akgün, K., ve Bulut Özek, M. (2020). Eğitsel veri madenciliği yöntemi ile ilgili yapılmış çalışmaların incelenmesi: içerik analizi. *Uluslararası Eğitim Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(3), 197-213.
- Akman, M., Genç, Y., ve Ankaralı, H. (2011). Random forests yöntemi ve sağlık alanında bir uygulama. *Türkiye Klinikleri Biyoistatistik*, 3(1), 36-48.
- Akşit, Ş. F., and Baştanoğlu, E. (2021). A review of LEED green building certification systems in Europe and Turkey. *A|Z ITU Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(1), 115-126.
- Aktan, E. (2018). Büyük veri: Uygulama alanları, analitiği ve güvenlik boyutu. *Ankara Üniversitesi Bilgi Yönetimi Dergisi*, 1(1), 1-22.
- Aktaş, Y. (2021). *Veri madenciliği uygulaması ile Sakarya ve Denizli hane halkı verileri kullanılarak yolculuk analizlerinin yapılması*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Aladağ, H. (2022). *Türk inşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamaları üzerine bir araştırma*. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(3), 973-986.
- Altair Engineering. (2022). RapidMiner (Version 9.10) [Bilgisayar Yazılımı]. URL: <https://rapidminer.com/>, Son Erişim Tarihi: 01.11.2022.
- Altunkaynak, B. (2019). *Veri Madenciliği Yöntemleri ve R Uygulamaları Kavramlar-Modeller-Algoritmalar* (2. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık, 143.
- Argüden, Y., ve Erşahin, B. (2008). *Veri Madenciliği Veriden Bilgiye, Masraftan Değere*. İstanbul: Arge Danışmanlık Yayınları, 15.
- Arslantekin, S. (2003). Veri madenciliği ve bilgi merkezleri. *Türk Kütüphaneciliği*, 17(4), 369-380.
- Bateson, G. (1979). *Mind and Nature: A Necessary Unity*. New York: Ballantine.
- Benson, E. M., and Bereitschaft, B. (2020). Are LEED-ND developments catalysts of neighborhood gentrification?. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 12(1), 73-88.

- Bilal, M., Oyedele, L. O., Qadir, J., Munir, K., Ajayi, S. O., Akinade, O. O., Owolabi, H. A., Alaka, H. A., and Pasha, M. (2016). Big data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends. *Advanced Engineering Informatics*, 30(3), 500-521.
- Bilen, Ö., Ökten, A., and Gökalp, F. (2012). Urban crime investigation association rules in Istanbul location of the perception of the problem. *Megaron*, 7(1), 26-35.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
- Cackett, D. (2013). *Information Management and Big Data: A Reference Architecture*. Redwood City: Oracle.
- Cemaloğlu, N., ve Duykuluoğlu, A. (2020). *Sosyal Bilimlerde Veri Madenciliği* (2.Baskı). Ankara: Pegem Akademi, 199-620.
- Chaffey D., and Wood, S. (2005). *Business Information Management: Improving Performance Using Information Systems*. Harlow: FT Prentice Hall.
- Cheng, C. W., Lin, C. C., and Leu, S. S. (2010). Use of association rules to explore cause-effect relationships in occupational accidents in the Taiwan construction industry. *Safety Science*, 48(4), 436-444.
- Cheng, J. C., and Ma, L. J. (2015). A data-driven study of important climate factors on the achievement of LEED-EB credits. *Building and Environment*, 90, 232-244.
- Crawley, D., and Aho, I. (1999). Building environmental assessment methods: applications and development trends. *Building Research & Information*, 27(4-5), 300-308.
- Davenport H. T. (2014). *Big Data at Work. Dispelling the Myths, Uncovering the Opportunities*. Massachusetts: Harvard Business Review Press.
- Davenport T. H., ve Prusak L. (2001). *İş Dünyasında Bilgi Yönetimi: Kuruluşlar Elleriindeki Bilgiyi Nasıl Yönetirler*. İstanbul: Rota Yayınları.
- Davenport, T. (2014). *Big data at work: dispelling the myths, uncovering the opportunities*. Harvard Business Review Press.
- Dener, M., Dörterler, M., ve Orman, A. (2009, 11-13 Şubat). *Açık kaynak kodlu veri madenciliği programları: Weka'da örnek uygulama*. Akademik Bilişim'09- XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 787-796.
- Dinçmen, M. (2010). Bilgi Yönetimine Giriş. In M. Dinçmen (Ed.), *Bilgi Yönetimi ve Uygulamaları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Dinçoğlu, P. (2022). *Perakendecilik sektöründe veri madenciliği teknikleri ile satış tahmini*. Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A., and Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123, 243-260.

- Doğan, K. A. ve Arslantekin, S. (2016). *Büyük veri: Önemi, yapısı ve günümüzdeki durum. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 56(1), 15-36.
- Dong, S., Zhong, J., Hao, P., Zhang, W., Chen, J., Lei, Y., and Schneider, A. (2018). Mining multiple association rules in LTPP database: An analysis of asphalt pavement thermal cracking distress. *Construction and Building Materials*, 191, 837-852.
- Durap, A., ve Doğan, Y. (2014). *İnşaat mühendisliği'nde bilişim kavramı ve veri madenciliği algoritmalarıyla bir sistemin oluşturulması. Akademik Bilişim Konferansları*, Mersin, 1129-1135.
- Duru, N., ve Canbay, M. (2007). Veri madenciliği ile deprem verilerinin analizi. In *International Earthquake Symposium, Kocaeli*, 556, 5605.
- Eker, M. E. (2016). *Veri madenciliğinde apriori algoritmasının sınav verileri üzerinde uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.*
- Elastic. (2022). Elasticsearch (Version 7.10.2) [Bilgisayar Yazılımı], Mountain View, CA. URL: <https://www.elastic.co/>, Son Erişim Tarihi: 01.11.2022.
- Elastic. (2022). Kibana (Version 7.10.2) [Bilgisayar Yazılımı], Mountain View, CA. URL: <https://www.elastic.co/>, Son Erişim Tarihi: 01.11.2022.
- Emre, İ. E., ve Erol, Ç. S. (2017). Veri analizinde istatistik mi veri madenciliği mi? *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2), 161-167.
- Erten, D., Kobaş, B., ve Henderson, K. (2009, 20-22 Mayıs). *Uluslararası yeşil bina sertifikalarına bir bakış: Türkiye için bir yeşil bina sertifikası oluşturmak için yol haritası. Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V) "Collaboration and integration in engineering, management and technology". İstanbul.*
- Fan, C., Xiao, F., Madsen, H., and Wang, D. (2015). Temporal knowledge discovery in big BAS data for building energy management. *Energy and Buildings*, 109, 75-89.
- Ganesh, S. (2002). *Data mining: Should it be included in the statistics curriculum? The 6th International Conference on Teaching Statistics (ICOTS 6)*, Cape Town, South Africa.
- Gemici, B. (2012). *Veri madenciliği ve bir uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.*
- Günel, A. (2003). Regresyon denkleminin başarısını ölçmede kullanılan belirleme katsayısı ve kritiği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 4(2), 133-140.
- Gürsoy Şimşek, U. T. (2017). *Veri madenciliğinde güncel yaklaşımlar. İstanbul: Çağlayan Kitabevi*, 70.
- Han, J., Pei, J., and Kamber, M. (2012). *Data mining: concepts and techniques* (Third Edition). Cambridge: Morgan Kaufmann.
- Hirsch, D. D. (2014). The glass house effect: Big data, the new oil, and the power of analogy. *Maine Law Review*, 66(2), 373.

- Jensen, P. E. (2005). A contextual theory of learning and the learning organization. *Knowledge and Process Management*, 12(1), 53-64.
- Jun, M. A., and Cheng, J. C. (2017). Selection of target LEED credits based on project information and climatic factors using data mining techniques. *Advanced Engineering Informatics*, 32, 224-236.
- Kalseth, K., and Cummings, S. (2001). Knowledge management: Development strategy or business strategy? *Information Development*, 17(3), 163-172.
- Kaya, Y. F. (2021). *Global diffusion of green building certification systems (GBCS): A Lead and lag markets model*. Doctoral Dissertation, Izmir Institute of Technology, Izmir.
- Kızmaz, M. H., and Küçükçolak, R. A. (2021). Büyük veri teriminin kökeni ve büyük verinin v'leri. *Working Paper Series*, 2(4), 19-31.
- Koyuncugil, A. S., ve Özgülbaş, N. (2009). Veri madenciliği: Tıp ve sağlık hizmetlerinde kullanımı ve uygulamaları. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2(2), 21-32.
- Köse, İ. (2018). *Veri madenciliği teori uygulama ve felsefesi*. G. Silahtaroglu (Ed.), (Birinci Baskı). İstanbul: Papatya Yayıncılık, 96.
- Lane, J. E., and Gantley, M. J. (2017). Utilizing complex systems statistics for historical and archaeological data. *Journal of Cognitive Historiography*, 3(1-2), 68-92.
- Lemeshow, H., and Hosmer, D. W. (2013) *Assessing the fit of the model. Applied logistic regression* (3rd ed.), New Jersey, NJ: John Wiley & Sons Inc., 177.
- Ma, J., and Cheng, J. C. P. (2016). Data-driven study on the achievement of LEED credits using percentage of average score and association rule analysis. *Building and Environment*, 98, 121-132.
- Mannila, H. (1996). Data mining: machine learning, statistics, and databases. In *Proceedings of 8th International Conference on Scientific and Statistical Data Base Management*, Stockholm, 2-9.
- McClish, D. K. (1989). Analyzing a portion of the ROC curve. *Medical Decision Making*, 9(3), 190-195.
- Meschenmoser, D. (2004). *Data mining und statistik: Gemeinsamkeiten und unterschiede*. Seminararbeit, Universität Ulm, Deutschland.
- Metz, C. E. (1978). Basic principles of ROC analysis. *Seminars in Nuclear Medicine*, 8(4), 283-298.
- Moss, L. T., and Atre, S. (2003). *Business intelligence roadmap: the complete project lifecycle for decision-support applications*. Boston: Addison-Wesley Publishing, 576.
- Oğuzlar, A. (2011). *Temel metin madenciliği* (1. Baskı). Bursa: Dora Yayınları, 5-6.

- Oliveira, M. I. S., and Lóscio, B. F. (2018). *What is a data ecosystem?*. Proceedings of the 19th Annual International Conference on Digital Government Research: Governance in the Data Age, 74, 1-9.
- Özkan, Y. (2016). *Veri madenciliği yöntemleri*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 41-64.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., and Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394-398.
- Prytherch, R. (2005). *Harrod's librarians' glossary and reference book: A directory of over 10,200 terms, organizations, projects and acronyms in the areas of information management, library science, publishing and archive management*. Londra: Routledge, 195.
- Qolomany, B., Al-Fuqaha, A., Gupta, A., Benhaddou, D., Alwajidi, S., Qadir, J., and Fong, A. C. (2019). Leveraging machine learning and big data for smart buildings: A comprehensive survey. *IEEE Access*, 7, 90316-90356.
- Ross, A. (1971). *Industries of the future* (1. Baskı). New York: Simon & Schuster, 152.
- Runde, T., and Thoyre, S. (2020). Integrating sustainability and green building into the appraisal process. *Journal of Sustainable Real Estate*, 2(1), 221-248.
- Sev, A., ve Canbay, N. (2009). Dünya genelinde uygulanan yeşil bina değerlendirme ve sertifika sistemleri. *Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki*, 329, 42-47.
- Silahtaroglu, G. (2013). *Veri madenciliği (kavram ve algoritmaları)* (2. Baskı). İstanbul: Papatya Yayıncılık, 52-53.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). *Enerji etkin binalara ulaşma yolunda temel tasarım prensipleri*. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yayınları. URL: https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/enerji_etkin_binalar_ulasma_yolunda_temel_tasarim_prensipleri.pdf, Son Erişim Tarihi: 10.08.2022.
- Tekerek, A. (2011). Veri madenciliği süreçleri ve açık kaynak kodlu veri madenciliği araçları. *Akademik Bilişim*, 11, 2-4.
- Tunç, Z. (2022). *Apriori algoritmasıyla market sepet analizi: bir perakende firması uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tüzüntürk, S. (2010). Veri madenciliği ve istatistik. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(1), 65-90.
- Williams, G. (2011). *Data mining with Rattle and R: The art of excavating data for knowledge discovery*. New York: Springer Science Business Media.
- Yan, H., Yang, N., Peng, Y., and Ren, Y. (2020). Data mining in the construction industry: Present status, opportunities, and future trends. *Automation in Construction*, 119, 103331.

- You, Z., and Wu, C. (2019). A framework for data-driven informatization of the construction company. *Advanced Engineering Informatics*, 39, 269-277.
- Zmazek, B., Todorovski, L., Džeroski, S., Vaupotič, J., and Kobal, I. (2003). Application of decision trees to the analysis of soil radon data for earthquake prediction. *Applied Radiation and Isotopes*, 58(6), 697-706.
- Zou, Y. (2019). Certifying green buildings in China: LEED vs. 3-star. *Journal of Cleaner Production*, 208, 880-888.
- Zyte Company. (2022). Scrapy (Version 2.6.0) [Bilgisayar Yazılımı]. New York. URL: <https://scrapy.org/>, Son Erişim Tarihi: 01.11.2022.
- İnternet: Artur, C. (2013). Tech giants may be huge, but nothing matches big data. *The Guardian*. URL: <https://www.theguardian.com/technology/2013/aug/23/tech-giantsdata#:~:text=%22Data%20is%20the%20new%20oil,Tesco%20with%20its%20Clubcard%20system>, Son Erişim Tarihi: 22.08.2022.
- İnternet: Big data phases. URL-1: <https://www.bigdataframework.org/short-history-of-big-data/>, Son Erişim Tarihi: 05.06.2022.
- İnternet: USGBC mission and vision. URL-2: <https://www.usgbc.org/about/mission-vision>, Son Erişim Tarihi: 24.05.2022.
- İnternet: U.S. Green Building Council Announces Top 10 Countries and Regions for LEED Green Building. URL-3: <https://www.usgbc.org/articles/us-green-building-council-announces-top-10-countries-and-regions-leed-green-building>, Son Erişim Tarihi: 25.04.2022
- İnternet: LEED projects. URL-4: <https://www.usgbc.org/projects?Certification=%5B%22Platinum%22%2C%22Silver%22%2C%22Certified%22%2C%22Gold%22%5D&Country=%5B%22Turkey%22%5D>, Son Erişim Tarihi: 24.04.2022.
- İnternet: LEED rating system. URL-5: <https://www.usgbc.org/leed>, Son Erişim Tarihi: 24.04.2022.
- İnternet: Veri ambarı. URL-6: <https://www.oracle.com/tr/database/what-is-a-data-warehouse/>, Son Erişim Tarihi: 10.06.2022.
- İnternet: Hava durumu verileri ve kullanıcı arayüzü. URL-7: <https://www.visualcrossing.com/>, Son Erişim Tarihi: 02.04.2022.
- İnternet: LEED kredileri. URL-8: <https://www.usgbc.org/leed>, Son Erişim Tarihi: 15.09.2022.
- İnternet: Dünya Bankası. URL-9: <https://www.worldbank.org/en/home>, Son Erişim Tarihi: 21.06.2021.
- İnternet: LEED BD+C. URL-10: <https://www.usgbc.org/guide/bdc>. Son Erişim Tarihi: 26.09.2022.

İnternet: LEED kredi kütüphanesi. URL-11: <https://www.usgbc.org/credits?Rating+System=%22New+Construction%22&Version=%22v4%22>, Son erişim Tarihi: 07.10.2022.

İnternet: İNTES 2020 rapor. URL-12: https://intes.org.tr/wp-content/uploads/2020/07/159-sayi_.pdf, Son Erişim Tarihi: 05.01.2021.

İnternet: LEED başvuru kılavuzu. URL-13: <https://www.usgbc.org/guide/bdc>, Son Erişim Tarihi: 20.11.2022.

İnternet: Türkiye kullanılan enerji etkin yapı tasarım sertifika sistemleri. URL-14: <https://cedbik.org/>, Son Erişim Tarihi: 20.11.2022.

İnternet: LEED BD+C:NC skor tablosu. URL-15: <https://www.usgbc.org/resources/checklist-leed-v4-building-design-and-construction/>, Son Erişim Tarihi: 19.10.2022.





EKLER

EK-1. LEED BD+C: NC v4 proje skor tablosu (URL-15)

**LEED v4 for BD+C: New Construction and Major Renovation**

Project Checklist

Project Name:

Date:

Y	?	N			
☒	☐	☐	Credit	Integrative Process	1
0	0	0	Location and Transportation		16
☒	☐	☐	Credit	LEED for Neighborhood Development Location	16
☒	☐	☐	Credit	Sensitive Land Protection	1
☒	☐	☐	Credit	High Priority Site	2
☒	☐	☐	Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
☒	☐	☐	Credit	Access to Quality Transit	5
☒	☐	☐	Credit	Bicycle Facilities	1
☒	☐	☐	Credit	Reduced Parking Footprint	1
☒	☐	☐	Credit	Green Vehicles	1
0	0	0	Sustainable Sites		10
Y			Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
☒	☐	☐	Credit	Site Assessment	1
☒	☐	☐	Credit	Site Development - Protect or Restore Habitat	2
☒	☐	☐	Credit	Open Space	1
☒	☐	☐	Credit	Rainwater Management	3
☒	☐	☐	Credit	Heat Island Reduction	2
☒	☐	☐	Credit	Light Pollution Reduction	1
0	0	0	Water Efficiency		11
Y			Prereq	Outdoor Water Use Reduction	Required
Y			Prereq	Indoor Water Use Reduction	Required
Y			Prereq	Building-Level Water Metering	Required
☒	☐	☐	Credit	Outdoor Water Use Reduction	2
☒	☐	☐	Credit	Indoor Water Use Reduction	6
☒	☐	☐	Credit	Cooling Tower Water Use	2
☒	☐	☐	Credit	Water Metering	1
0	0	0	Energy and Atmosphere		33
Y			Prereq	Fundamental Commissioning and Verification	Required
Y			Prereq	Minimum Energy Performance	Required
Y			Prereq	Building-Level Energy Metering	Required
Y			Prereq	Fundamental Refrigerant Management	Required
☒	☐	☐	Credit	Enhanced Commissioning	6
☒	☐	☐	Credit	Optimize Energy Performance	18
☒	☐	☐	Credit	Advanced Energy Metering	1
☒	☐	☐	Credit	Demand Response	2
☒	☐	☐	Credit	Renewable Energy Production	3
☒	☐	☐	Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
☒	☐	☐	Credit	Green Power and Carbon Offsets	2

EK-1. (devam) LEED BD+C: NC v4 proje skor tablosu (URL-15)

0	0	0	Materials and Resources	13
Y			Prereq Storage and Collection of Recyclables	Required
Y			Prereq Construction and Demolition Waste Management Planning	Required
			Credit Building Life-Cycle Impact Reduction	5
			Credit Building Product Disclosure and Optimization - Environmental Product	2
			Credit Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials	2
			Credit Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients	2
			Credit Construction and Demolition Waste Management	2
0	0	0	Indoor Environmental Quality	16
Y			Prereq Minimum Indoor Air Quality Performance	Required
Y			Prereq Environmental Tobacco Smoke Control	Required
			Credit Enhanced Indoor Air Quality Strategies	2
			Credit Low-Emitting Materials	3
			Credit Construction Indoor Air Quality Management Plan	1
			Credit Indoor Air Quality Assessment	2
			Credit Thermal Comfort	1
			Credit Interior Lighting	2
			Credit Daylight	3
			Credit Quality Views	1
			Credit Acoustic Performance	1
0	0	0	Innovation	6
			Credit Innovation	5
			Credit LEED Accredited Professional	1
0	0	0	Regional Priority	4
			Credit Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit Regional Priority: Specific Credit	1
			Credit Regional Priority: Specific Credit	1
0	0	0	TOTALS	Possible Points: 110
Certified: 40 to 49 points, Silver: 50 to 59 points, Gold: 60 to 79 points, Platinum: 80 to 110				

EK-2. LEED BD+C: NC v4 versiyonlu skor tablosu kredilerinin kredi kısaltma açıklamaları ile amaç özetleri (URL-11)

LEED BD+C:NC V4 kategorileri	Kredi kısaltmaları	Kredi isimleri	Kredilerin amaçlarının özeti (URL-11)
IP Bütüncül Planlama Süreci	IP 102	Bütüncül planlama süreci	Enerji etkin ve yüksek performanslı yapılar için ön tasarım aşamasında başlayan ihtiyaçlar, prensipler ve disiplinler arası kriterlerin belirlenmesi
LT Yerleşim Yeri ve Ulaşım	LT 101	LEED ND yerleşim yeri sertifikalı alanlar	Yaşam süresi ve kalitesini artırmaya yönelik tüm ihtiyaçların yürüme mesafesinde olmasının hedeflenmesi
	LT 102	Hassas arazilerin/toprakların korunması	Hassas arazilere yerleşimin önlenmesi ve binanın konumundan kaynaklı olumsuz etkilerin en aza indirilmesi
	LT 103	Yüksek öncelikli alanlar	Ekonomik ve sosyal kalkınma kısıtlılığı olan bölgelere projelendirmeyi teşvik etmek ve proje konumunun ekolojik, kültürel ve toplum sağlığını desteklemek
	LT 104	Çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar	Tarım arazilerini ve doğal yaşam alanlarını koruyup mevcut yerleşim ve altyapıya sahip bölgelere yerleşmek ve yürünebilirlik ile ulaşım verimliliğini artırmak
	LT 107	Kaliteli ulaşım erişim	Ulaşımdan kaynaklı zararların etkisini azaltmak için çok modlu ulaşım seçeneklerinin olduğu bölgelerde gelişmeyi teşvik etmek
	LT 108	Bisiklet faaliyetleri	Motorlu araç kullanımını azaltmaya yönelik bisiklet kullanımını teşvik etmek
	LT 110	Otopark alanlarının azaltılması	Otopark kullanımından kaynaklı çevresel zararları en aza indirmek
	LT 111	Yeşil araçlar	Çevreye verdiği zarardan dolayı geleneksel yakıtlı araç kullanımı yerine alternatiflerini teşvik etmek
SS Sürdürülebilir Araziler	SS 104	Arazinin çevresel değerlendirilmesi	Tasarım öncesi alan koşullarını değerlendirerek sürdürülebilirlik seçeneklerine odaklanmak
	SS 105	Arazi geliştirme, doğal yaşamı korumak ve yenilemek	Mevcut doğal alanların korunup, zarar görmüş alanları iyileştirmek
	SS107	Açık alanlar	Yapı kütlesi dışında açık alanlar yaratarak kullanıcılara etkileşim alanı sağlamak
	SS 108	Yağmur suyu yönetimi	Alandaki doğal hidrolojiyi ve su kalitesini koruyup iyileştirmek
	SS 110	Isı adası etkisi azaltma	Isı adası etkilerinin çevreye, insanlara ve doğal hayata etkileri azaltmak
	SS 112	Işık kirliliğinin azaltılması	Işık kirliliğinin doğal yaşama ve insanların hayatına olumsuz etkilerini azaltmak
WE Su Verimliliği	WE 901	Bina dışı su kullanımının azaltılması	Bina dışından kullanılan su miktarının tasarım kararları ile en aza indirilmesi
	WE 902	Bina içi su kullanımının azaltılması	Su verimliliğini artırmak amacıyla bina içinde kullanılan suyu en aza indirmek
	WE 110	Soğutma kuleleri su kullanımı	Soğutma kulesi için kullanılan suyun mikrop, korozyon ve kireç takibini yaparak kullanılan suyu korumak
	WE 112	Su ölçümü	Su kullanımını takip ederek tasarruf fırsatlarını belirlemek
IN Tasarımda Yenilik	IN 101	İnovasyon (tasarımda yenilik)	LEED sertifikasyon sisteminde belirlenmiş kriterler harici yenilikçi performans sağlayan projelerin teşvik edilmesi
	IN 102	LEED akredite uzmanı	Proje ekipleri arasında entegrasyon sağlayıp tasarım, başvuru ve sertifikasyon sürecini kolaylaştırmak

EK-2. (devam) LEED BD+C: NC v4 versiyonlu skor tablosu kredilerinin kredi kısaltma açıklamaları ile amaç özetleri (URL-11)

LEED BD+C:NC V4 kategorileri	Kredi kısaltmaları	Kredi isimleri	Kredilerin amaçlarının özeti (URL-11)
EA Enerji ve Atmosfer	EA 110	Gelişmiş işletmeye alma	Enerji, su, iç mekân çevre kalitesi ve dayanıklılık için proje gereksinimlerini karşılayan tasarım ve işletimi desteklemek
	EA 903	Optimum enerji performansı	Enerji performans seviyelerini artırmak
	EA 118	İleri enerji ölçümü	Bina düzeyinde tüketilen enerji miktarının ölçülüp takip edilerek enerji yönetimini desteklemek
	EA 121	Talebe cevap veren enerji sistemleri	Talep yanıt teknolojilerine ve programlarına katılımı artırmak
	EA 123	Yenilenebilir enerji	Fosil yakıtların etkisini azaltmak için yenilenebilir enerji kullanımını desteklemek
	EA 126	Akışkanların gelişmiş yönetimi	Ozon tabakasına soğutucu akışkanlar tarafından verilen zararını engellemek ve Montreal Protokol'üne uymak
	EA 128	Yeşil enerji ve karbon sertifikası kullanımı	Sera gazı emisyonlarının azaltılmasını teşvik etmek
MR Malzeme ve Kaynaklar	MR 108	Bina yaşam döngüsü etki azaltımı	Adapte edilerek yeniden kullanımı desteklemek ve binadaki girdilerin çevresel etkilerinin optimize edilmesi
	MR 112	Bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD	Yaşam döngüsü bilgisi olan ve iyileştirilmiş çevresel yaşam döngüsü etkilerini teyit eden üreticilerin ürünlerinin seçilmesi
	MR 114	Bina ürün beyanları ve optimizasyon-hammadde kaynağı	Mesul bir şekilde çıkarıldığı ve tedarik edildiği doğrulanan ürünler seçilmesi
	MR 115	Bina ürün beyanları ve optimizasyon-malzemelerin içeriği	Kullanılan ürünlerdeki kimyasal bileşenlerin envanterinin çıkarıldığı ürünler seçen ve zararlı maddeler kullanımını en aza indirmek
	MR 123	İnşaat ve yıkım atık yönetimi	İnşaat ve yıkım atıklarını azaltılırken çevresel etkilerinin azaltılıp geri dönüşünün desteklenmesi
IEQ İç Ortam Çevre Kalitesi	EQ 110	Gelişmiş iç ortam hava kalitesi stratejileri	İç mekan hava kalitesini iyileştirerek yaşayanların konfor ve verimliliğini artırmak
	EQ 112	Düşük salımlı malzemeler	Hava kalitesi ve insan sağlığına zararlı etkileri olan kimyasal kirlenici konsantrasyonları azaltmak
	EQ113	İnşaatı iç ortam hava kalitesi yönetim planı	İnşaat süreci boyunca iç mekân çevre kalitesini olumsuz etkileyen sorunları azaltmak
	EQ 114	İç ortam hava kalitesi değerlendirmesi	İnşaat bitip kullanıcıya sunulduğu zaman kaliteli iç hava sağlamak
	EQ 115	Termal konfor	Termal konfor sağlayarak kullanıcıların refahını artırmak
	EQ 117	Bina içi aydınlatma	Bina sakinlerinin aydınlatmayı kendi tercihleri doğrultusunda kontrol edebilmelerini sağlamak
	EQ 121	Gün ışığı	Bina sakinlerinin gün ışığından faydalanmasını sağlamak ve yapıya ışığı sokarak elektrik aydınlatmasını azaltmak
	EQ 123	Kaliteli manzaralar	Bina sakinlerinin dış ortamla etki kurmasını kaliteli manzaralarla sağlamak
	EQ 124	Akustik performans	Kaliteli akustik tasarım ile bina sakinlerinin refahını ve iletişimini destekleyen alanlar sağlamak



Gazili olmak ayrıcalıktır