

İnşaat Sektöründe Veri Madenciliği Birliktelik Kuralının Uygulanması: Farklı LEED Versiyonları ile Sertifikalanmış Binalar Üzerine Değerlendirme

Zeynep Yeşim İLERİSOY

*Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara.
zyharmankaya@gazi.edu.tr*

Eda GÜLPINAR

*Yüksek Lisans Öğrencisi., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara.
eda.gulpinar@gazi.edu.tr*

ÖZET

Dijital dönüşüm kavramlarından biri olan, verilerin çeşitli örüntüler kurularak bilgi haline dönüştürülme sürecinde faydalanılan veri madenciliği bilişim sektöründeki gelişmelerle ön plana çıkmaktadır. Yapı sektöründeki biriken veri yığınlarından elde edilen faydalı bilgilerin gelecekte yapılacak yapılara referans olması inşaat sektörü için performans artırmaya fayda sağlayacaktır. Bahsedilen fayda için veri madenciliği kullanımı öne çıkmaktadır. Bu çalışmada geniş veri kapasitesine sahip sertifika sistemlerinden enerji etkin tasarım uygulamalarından olan LEED sertifikasyon sistemi araştırma konusu olarak seçilmiş, enerji korunumunu esas alan bu sertifika sisteminde V3 ve V4 versiyonlarındaki değişikliklerin yapıların mimari tasarımlardaki tutumlara yansımaları birliktelik kuralı ile analiz edilmiştir. İnceleme sonucu LEED BD+C V3 versiyonunda en fazla ilişki artırılmış havalandırma kredisi ve yenilikçi atık su teknolojileri kredilerinin, su kullanımı azaltılması kredisiyle birlikteliğinde tespit edilmiştir. LEED BD+C V4 versiyonunda ise en fazla ilişki çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar kredisi ve yüksek öncelikli alanlar kredilerinin, kaliteli ulaşım erişim kredisiyle birlikteliğinde tespit edilmiştir. Veri madenciliği yöntemiyle elde edilen bu verilerin, inşaat sektöründeki paydaşlara enerji etkin tasarım sürecinin başından sonuna kadar daha etkin kararlar almasında fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: veri madenciliği, birliktelik kuralı, sürdürülebilirlik, LEED sertifikasyon sistemi.

Application of the Data Mining Association Rule in the Construction Industry: Evaluation of Buildings Certified with Different LEED Versions

ABSTRACT

One of the digital transformation concepts, data mining, which is used in the process of transforming data into information by establishing various patterns, comes to the fore with the developments. The useful information obtained from the accumulated data in the construction sector will be useful for the construction sector to be a reference for the buildings to be built in the future. For the mentioned benefit, the use of data mining stands out. In this study, the LEED certification system, which is one of the energy-efficient design applications among the certificate systems with large data capacity, was chosen as the research subject, and the reflection of the changes in the V3 and V4 versions on the architectural designs of the structures in this certificate system, which is based on energy conservation, was analyzed with the rule of association. As a result, the highest correlation was found in the LEED BD+C V3 version, with the increased ventilation credit and innovative wastewater technologies credits together with the water use reduction credit. In LEED BD+C V4 version, also the density of the areas surrounding the most relationship and the loan for different uses and high priority areas were determined together with the access to quality transportation loan. It is thought that these data obtained by data mining method will benefit the stakeholders in the construction sector in making more effective decisions from the beginning to the end of the energy efficient design process.

Keywords: data mining, association rule, sustainability, LEED certification system.

1. GİRİŞ

"Knowledge is power."— Francis Bacon

Teknolojinin sürekli gelişmesi ve ihtiyaçların farklılaşması insanların alışkanlıklarını da değiştirmiştir. Özellikle internet teknolojilerinin hayatımızda var olmasından bu yana insanlar hayatın her alanında veri üretir durumdadır. Bundan yakın bir tarihte manuel olarak çalışan cihazlar günümüzde sayısallaşıp, dijitalleşip, kendi araçlarıyla dijital veriler ortaya çıkarmaktadır. Sayıca fazla ve çeşitli verinin farklı kaynaklardan giderek fazlaşmasıyla "büyük veri" kavramı ortaya çıkmıştır (Aktan, 2018). Büyük veri, çeşitli büyüklüklerdeki dağınık veriyi ifade eden, geleneksel yöntemlerle işlenmesine imkan olmayan bir kavramdır. Alec Ross *"Toprak, tarım çağının hammaddesiydi. Demir, sanayi çağının hammaddesiydi. Veri, bilgi çağının hammaddesidir."* sözüyle her dönemin ekonomik değişken değerlerine vurgu yapmıştır (Ross, 1971: 152). Benzer şekilde veri üzerine bir başka benzetme de verinin petrolün yerini aldığından *"Veri, yeni petroldür."* olarak bahsedilmiştir (Humby, 2006; Artur, 2013). Hirsch (2014: 374) verinin ekonomik yönden katkısına dikkat çekerken *"Petrolün endüstriyel ekonomiyi beslediği gibi veri de bilgi ekonomisine güç veren bir kaynaktır."* söyleminde bulunmuştur. Veri ile petrol arasındaki bu analogi ekonomik yönden kurulurken, petrolün ham halde işlevsiz olduğunu, verinin de bilgi olarak sunulmadığı takdirde bir değerinin olmadığı anlaşılmaktadır. Verinin fayda sağlanabilir şartlara getirildiğinde, veriyi kullanacakların önemli fark yaratacaklarına vurgu yapılmaktadır (Doğan ve Arslantekin, 2016). Bu doğrultuda yapısal, yarı yapısal ve yapısal olmayan içeriklerden oluşan (Gahi vd., 2016) verilerin kullanımı ile bu veriden yararlanma imkanları veri madenciliği kavramının ortaya çıkmasıyla beraber daha az maliyetle veri depolayan ve işleyebilen veri merkezleri sayesinde artmıştır.

Veriden bilgiye uzanan süreçte 3 ana terim olan veri, enformasyon ve bilgiden bahsetmekte fayda vardır. Veri, ham haldeki işlenmemiş enformasyon parçacığdır. Enformasyon, verilerin derlenmiş halidir, bilgi ise enformatik haldeki verilerin çeşitli şekillerde analiz edilerek anlamlı ve faydalı halidir. Örneğin; -10 nümerik olarak veri niteliğinde olup hava sıcaklığının -10 derece olması enformasyon niteliğindedir. Bu konudaki *"Hava sıcaklığı yüzmek için uygun değil"* çıkarımı ise bilgi sunmaktadır (Bohn, 1994). Bilgiye ulaşım hiyerarşisinde veri tabanda yer almakta olup veriden bilgiye giden yolda değer niteliği artmaktadır (Resim 1) (Chaffey ve Wood, 2005).



Resim 1. Bilgi hiyerarşisi (Chaffey ve Wood (2005)'den uyarlanmıştır)

Teknolojinin gelişmesiyle beraber inşaat sektörü veri hacminin aşırı şekilde arttığı dijital bir çağa girmiştir (You ve Wu, 2019). Yapılara ait sayısal, grafik, metinsel ve diğer inşaat bilgileri gibi çeşitli veri türleri, sensörler, sayaçlar, deneyler ve web siteleri gibi farklı kaynaklardan toplanmaktadır (Bilal vd., 2016). Bu çok kaynaklı verilerin hedeflere yönelik analiz edilmesi ise inşaat sektöründe bilgi keşfini mümkün kılacaktır. Böylece tüm paydaşların hem sektör yararına hem kendi yararlarına hem de ülke gelişmelerine daha çok katkı sağlayacak doğru kararlar alması kolaylaşacaktır. Buradan hareketle bu çalışmada yararlı bilgiye ulaşabilmek için kullanılan veri madenciliği tekniğinin inşaat sektöründe

kullanılabilirliği üzerinden bir çalışma yapmak amaçlanmıştır. Özellikle yapılı çevrede en etkin rol alan meslek olan mimarlık disiplini için çıkarımlarda bulunmak hedefiyle dünyada giderek yaygın kullanılan enerji sertifikasyon sistemleri ve tasarım kriterlerinin ilişkilendirme durumu alan çalışması için seçilmiştir. Bu sertifikasyon sistemlerinden en yaygın derecelendirme sistemi Leadership in Energy and Environmental Design (LEED-Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik) yeşil bina sertifika sistemidir.

Günümüzde ülkeler sürdürülebilir bina uygulamalarına yatırım yapılmasını zorunlu hale getirmiş, sertifika sistemleri ile de derecelendirme imkanı elde etmektedir. Dinamik bir değerlendirme imkanı sunulan yeşil yapı sertifika sistemleri içinde güncel ve yaygın kullanımı olan LEED'in yenilenmesi ve güncellenmesi ile farklı versiyonlar günümüze kadar kullanılmıştır. Güncellenen versiyonlarda kriterler arasındaki ilişkiler değişmekte olup 2014 yılı itibarı ile LEED v.3 yerine LEED v.4 geçerli olmuştur ve son güncellenmiş versiyon olarak v.4.1 geçerliliğini korumaktadır. Versiyonlar arası bu farklılıkların sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi ve binalardan elde edilen veriler ile kriterler arasındaki ilişkinin irdelenmesi; bu çalışmanın araştırma modelini oluşturmaktadır. Araştırma sorusu ise uygulanmış yeşil bina sertifikalı yapıların tasarım kararları ve dereceleri kesişiminde ilerideki uygulanacak yapılara ışık tutacak referans ilişki haritasının nasıl elde edileceğidir. Böylece çalışmanın inşaat sektörünün bilişim sektörüyle entegre olarak en etkin paydaşlardan olan mimarlar için yönlendirici olacağı düşünülmektedir.

LEED sertifika sistemine başvuran projelerin verileri The US Green Building Council (USGBC- Amerika Yeşil Binalar Konseyi) resmi web sitesinde depolanmaktadır. Projelere açık erişimi olan USGBC resmi web sitesi (www.usgbc.org/) araştırmanın veri kaynağını oluşturmaktadır.

İnşaat sektöründeki bilgi, belge ve dokümantasyonun farklı sebeplerle şeffaf olmamasından kaynaklı veri havuzu eksikliği veri madenciliği uygulamalarının en temel engelidir. Bu tür engellerin üstesinden gelmek ve dünyadaki yeşil bina sertifikalı yapıların veri madenciliği yöntemiyle analiz ederek birliktelik kuralı alt başlığı altında mimari tasarım tutumlarına yönelik çıkarımlar yapmanın amaçlandığı çalışmada, mevcut yapılar üzerinden değerlendirmeler yapılacaktır. Birliktelik kuralı ile mimari tasarım kararlarını etkileyen tasarım girdileri arasındaki ilişkilerin fark edilmeyen örüntülerine ışık tutulması sağlanacaktır. Bu doğrultuda çalışmanın bölümleri özetlenecek olursa; Bölüm 2'de problemin tanımlanması için veri madenciliği tanımı sunulacak olup, Bölüm 3'te inşaat sektöründe veri madenciliğine yönelik literatürde bulunan çalışmaları incelenerek makalenin kuramsal çerçevesi açıklanmıştır. Bölüm 4'te veri madenciliğinde temel adımlar verilerek alan çalışması oluşturulmuştur. Bölüm 5'te alan çalışmasından elde edilen bulgular açıklanacak olup, Bölüm 6 ile Sonuç bölümü sunulacaktır.

2. VERİ MADENCİLİĞİ

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

—Daniel Keys Moran (Deustch R., 2015)

Geçmişte kağıt yığınlarından arşivlerin oluşturulduğu veri depolama işlemi bilişim teknolojilerinin gelişmesiyle elektronik ortamlarda oluşturulmaya başlanmıştır. Ancak, veri boyutundaki artış veriyi okumayı zorlaştırmıştır. Bu zorluğun üstesinden gelmek geleneksel yöntemlerle mümkün olmamaktadır. Bu durum veri madenciliği yöntemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Veri madenciliği veri tabanları, veri ambarları, çeşitli bilgi havuzları ve verilerin depolandığı çeşitli kaynaklardaki büyük miktardaki veriden ilginç örüntüler bulup bilgi keşfetme işlemidir. Uygulama odaklı bir alan olan veri madenciliği; istatistik bilimi, veri taban sistemleri, makine öğrenmesi, algoritmalar, bilgisayar mimarisi gibi çeşitli bilimlerin bir araya gelmesinden oluşan bir veri analiz metodudur (Gemici, 2012; Han, Pei ve Kamber, 2012 s: 8, 34; Dinçoğlu, 2022). Resim 2'de veri madenciliğinin ilişkili olduğu bilim dalları gösterilmektedir.



Resim 2. Veri madenciliğinin ilişkili olduğu bilim dalları (Dinçoğlu (2022), Han, Pei ve Kamber, (2012 s: 23)'den uyarlanmıştır.)

Ham verilerden önemli ve fayda sağlayacak bilgi çıkarma işlemi olan veri madenciliği günümüzde pek çok alanda destek amaçlı tercih edilmektedir. Hemen hemen her sektörde kullanılan veri madenciliğinin farklı sektörlerde hangi amaçlar ile kullanıldıklarının gösterimi Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 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

Ar-Ge kapsamında veriler arasındaki ilişkileri analiz edilmesi ile gelecek ile ilgili tahminler yapılmakta, geçerli olan süreçlerin uygulanabilirliği artırılmakta, en temelde ise kullanıldığı alanın ve sektörün iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Çok çeşitli süreçte en etkin olma, en verimliliği elde etme çabasıyla kullanıldığı görülmektedir.

3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE VERİ MADENCİLİĞİNE YÖNELİK KURAMSAL ÇERÇEVE

Dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılacak sürecin en temel hedefi olan dijital dönüşümle beraber her meslek kendi alanında yeni teknolojilere yönelmek ya da mevcuttaki sistemlerini ileriye taşımak zorundadır. Hedef bilgiye ulaşım çıkarımlar yapmak ve bu çıkarımlar doğrultusunda iyileştirmeler yaparak iş alanlarında sürekli gelişen bir süreç oluşturmak her sektörde olduğu gibi inşaat sektörünün de vazgeçilmezidir. Ancak sektör profesyonellerinin işlerini daha iyi yapmalarını sağlayacak olan veriden bilgi edinim aşamalarının gerekli adımlarını irdelemeleri gerekmektedir. Bu doğrultuda rekabet gücünü koruyan teknoloji ve eğitim yatırımlarının katkılarıyla ivmelenen bilgi daha yüksek getiri sağlayacaktır. Özellikle yapı çevrenin en önemli aktörü olan mimarların yeni beceriler ve teknolojik yeteneklerin getirisiyle, dijital dönüşüm ile elde edilen verileri toplayıp işlenebilir hale getirip ortaya bilgi sunması gerekmektedir (Deustch, 2015). Özellikle tasarım aşamasında hem bireysel gelişimleri hem de ülkelerin gelişimleri için bilgi edinimi önemlidir.

Bu süreçteki veri üretiminin ve toplanmasının, uluslararası nitelikte gerçekleşmesi doğrultusunda dijital olarak gerçekleşmesi inşaat projelerinin performansının iyileştirilmesinde önemli bir kaynak teşkil eder. Ancak literatür incelendiğinde veri madenciliğinin inşaat sektöründe diğer sektörlerle göre geride kaldığı gözlenmiştir. Bunun nedeninin, inşaat sürecinin 'geçici' ve 'kendine özgü' bir faaliyet olduğundan kaynaklandığı düşünülebilir. İnşaat sektöründe ortaya çıkan ürünlerde süreç ve yöntem adımları benzerlik gösterse de birbirinden farklı değerlendirmelere rastlamak mümkündür. Örneğin insan odaklı çalışmalar ile verimlilik arayışları olmuştur. 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 teknolojisi kullanılmaktadır. Çalışmada Tayvan'daki çok sayıda (1347) iş kazası ve ölüm raporunun dikkatli bir şekilde sınıflandırılması ve kodlaması yapılarak ham veriler elde edilmiştir. Daha sonra çeşitli etki faktörleri arasındaki ilişki düzeylerini belirlenmiştir (Cheng, Lin ve Leu, 2009). Keleş ve Kaya ise yaptıkları çalışmada işçi verimliliğini yükseltmek hedefiyle veri madenciliği yöntemi kullanarak duvar işçilerinin günlük verimlilik değerleri, ekip büyüklüğü, yaş ve tecrübeleri gibi ilişkileri analiz etmişlerdir (Keleş ve Kaya, 2014). Farklı nitelikteki bilgiler arasında ilişkilendirme ile süreç önemi aydınlatılmak istenmiştir.

Farklı bir arayış ise iş adımlarının iyileştirilmesi olmuş, çalışmalar çeşitlendirilmiştir. Durap ve Doğan yaptıkları çalışmada, inşaat mühendisine yol gösterici olacak şekilde en uygun malzeme ve yöntem seçiminde yol gösterici bir sistem kurmayı amaçlamıştır. Bu amacı da yapı sektöründe biriken verileri işlenebilir bir ortamda tutup veri madenciliği yöntemi kullanarak yapmaktadır (Durap ve Doğan, 2014). Dong S. vd (2018) ise yaptıkları çalışmada asfaltlardaki termal çatlama sorunları için ilişkilendirme kuralı oluşturmayı amaç edinip ABD ve Kanada'nın soğuk bölgelerinden numuneler toplayıp veri madenciliği yöntemine göre analizler yapmışlardır. Asfaltta termal çatlama sebeplerine ilişkin çevresel faktörler ile ilişkili değerlendirmeler yapıp hizmet ömrü boyunca asfalt tasarımı, inşaatı ve yönetimi için öneriler sunulmaktadır (Dong vd., 2018).

Güncel olarak ise çağın temel sorunlarına çözüm arayan araştırmalar bulunmaktadır. Sabah ve Bayraktar 2020 yılında yaptıkları çalışmada Kaynaşlı (Düzce) ilçesindeki 2112 tane yapıya ait bina ile ilgili çeşitli yapısal bilgilerini (yapı malzemesi, kat yüksekliği, kullanım durumu vb.) 1999 depremi öncesi ve sonrası inşa edilme durumu ile risk puanları üzerinden birliktelik kuralı analizleri yapılmıştır. Elde edilen ilişki şemalarından deprem puanları, bina kat sayıları ve zemin titreşim değerleri gibi bina verileri ile ilişkili olası korelasyonlardan faydalanmak amaçlanmıştır (Sabah ve Bayraktar, 2020). Cheng ve Ma ise 2015 yılında yaptıkları çalışmada iklim faktörleri ile LEED-EB v2009 kredileri arasındaki korelasyonu incelemeyi amaçlamıştır. İklim faktörlerinden günlük sıcaklık farkı ve yağış verilerinin kredilerin kullanımları üzerindeki korelasyon random forest algoritması ile incelenip iklim verileri ile krediler arasında ilişkilere rastlanılmıştır (Cheng ve Ma, 2015). Aynı ekip 2016 yılında yaptıkları başka bir araştırmada da veriye dayalı teknikler kullanarak Amerika'da

LEED sertifikası kazanmış projeler üzerinden birliktelik kuralı ile krediler arasında birlikte kullanım durumları analizleri yapılmıştır. Önceki başarılı LEED sertifikalı projelere göre kredi başarıları üzerinden analizler yapıp LEED yöneticilerine kredilerde başarı sağlamaya yönelik bir anlayış sergilemek amaçlanmıştır (Ma ve Cheng, 2016).

Literatürde inşaat sektöründe veri madenciliği kullanımı ile tahminleme, sınıflandırma, kümeleme, ilişkilendirme ve aykırı değer tespiti modelleri ile birçok çalışma yapılmıştır (Yan vd., 2020). Bu noktada sektörün önemli bileşenlerinden olan yapı tasarımına da veri madenciliği yöntemi ile ışık tutmak verimliliği artırmak için en önemli hedefler içerisinde sayılmaktadır. Bu çalışmada literatürden farklı olarak sertifikasyon sistemindeki iki versiyon arasındaki farklılıklardan kaynaklı tasarım tutumlarına yansımalar somut ve nesnel bir şekilde belirtilecektir.

4. ALAN ÇALIŞMASI

Veri madenciliğinin sektörlere katkısı göz önüne alındığında, gayrisafi milli hasılanın büyük payına sahip olan inşaat sektörü, diğer iş kollarına kıyasla veri madenciliği uygulamasında geriden gelmektedir. Veri madenciliği yöntemi ile ele alınan bu çalışmanın ana araştırma sorusu; veri madenciliği uygulamasının sektördeki en önemli aktörlerden olan mimarlara nasıl bilgiler aktaracağını görmektir. Bu noktada alan çalışması kısmında sektörün en önemli problemlerinden olan enerji etkin yapı tasarımı konusu seçilmiştir.

Dünyada enerji kullanımı ve sera gazı emisyonunun üçte birinde payı olan inşaat sektörü, küresel enerji tüketiminde %40'lık payla dünyanın en büyük enerji tüketicisi olma yolunda ilerlemektedir (Perez-Lombard, Ortiz, Pout, 2008). Bu durum da dikkatleri yapılarda enerji verimliliği üzerine çekmektedir. Enerji verimliliği açısından da yapılar için sunulan en önemli adımlardan biri ise enerji korunumunu esas alan yeşil bina değerlendirme sertifikasyon sistemleridir. Dünya genelinde artan bu enerji verimli yapıların belli standartlarda olup, gerekli şartları yerine getirdiğinin göstergesi olan sertifikalar çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler, çevresel değerlendirmenin ötesinde ekonomik ve sosyal konuları da ele alan bir değerlendirme ve belgeleme araçlarına dönüşmüştür (Sev ve Canbay, 2009).

Günümüzde ülkeler sürdürülebilir bina uygulamalarına yatırım yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Dolayısıyla araştırma sorusu detaylandırıldığında uygulanmış yeşil bina sertifikalı yapılar aracılığıyla ilerideki uygulanacak yapılara ışık tutacak referans ilişki haritasının nasıl elde edileceğidir. Disiplinler arası tüm konuları içermesi, mimarın tüm bu konularda kaptan niteliğinde olması, bu sebeple de mevcut sertifika sistemleri üzerinden faydalı bilgiler çıkarılması bu çalışmanın hedefidir ve ancak veri analiziyle gerçekleştirilebilir. Hedeflenen veri analizinin yapılması ise sadece mimarları değil mimarlıkla bağlantılı diğer disiplinler için de önemlidir. Bu önemin alan çalışmasıyla somutlaştırılması amaçlanmaktadır.

Açık veri, büyük veri gibi kavramların arttığı günümüz dijital çağında mimarlık alanında açık kaynaklı veri erişimi projelerdeki gizlilik sözleşmelerinden dolayı ya da başka sebeplerle engellere takılmaktadır. Bu tarz sebeplerden dolayı açık kaynaklı veri seti olan LEED sertifika sistemi alan çalışmanın ana kaynağıdır (Resim 3).

4.1. Veri Madenciliğinde Temel Adımlar ve Kullanılan Programlar

Ham veriden bilgiye ulaşma sürecinde güvenilirliğin artırılması için veri ön işlem aşamaları uygulamak sağlıklı sonuçlara ulaşmak için zaruridir. Bu ön işlemler uygulanmadığı takdirde hatalı girdilerin sonucu hatalı çıktı olarak karşımıza çıkması olasıdır. Veri madenciliğinde veriden bilgiye uzanan süreçte işlenmesi gereken bu aşamalar aşağıda sıralanmıştır (Han, Pei ve Kamber, 2012: 6-8).

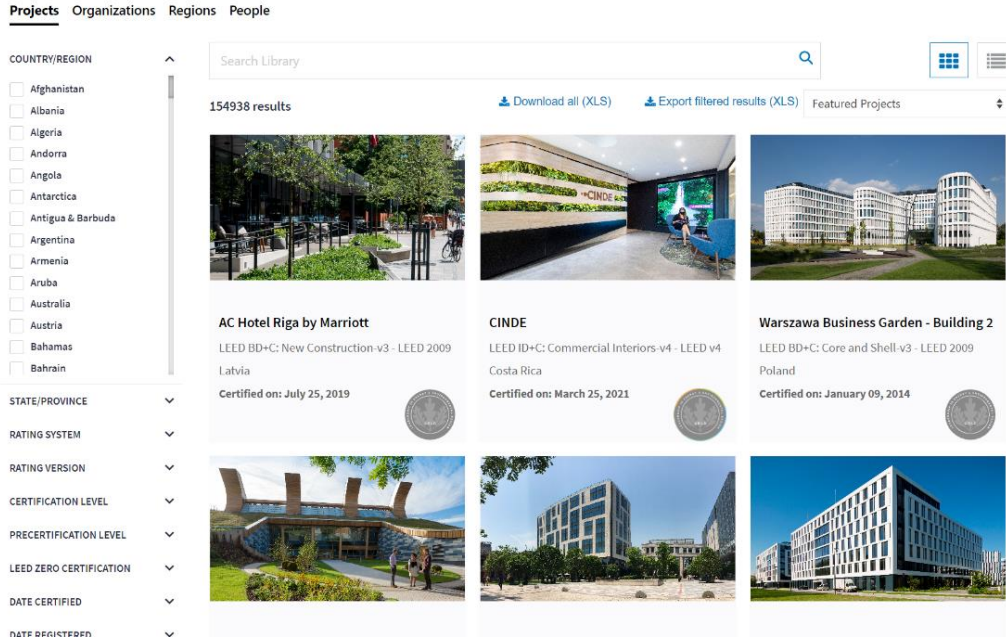
1. Veri temizleme: Gürültülü, tutarsız ve uyumsuz verilerin kaldırıldığı aşamadır.
2. Veri bütünleştirme: Birden fazla kaynağın birleştirildiği aşamadır.
3. Veri seçimi: Analiz göreviyle ilgili verilerin veri tabanından seçildiği durumdur.

4. Veri dönüşümü: Verilerin veri madenciliği için uygun hale getirildiği, özet ve toplama işleminin gerçekleştirildiği aşamadır.
5. Veri madenciliği: Veri modellerini çıkarmak için çeşitli algoritmaların uygulandığı önemli bir süreçtir.
6. Örüntü değerlendirme: İlginç örüntülerin ortaya çıktığı aşamadır.
7. Bilgi sunumu: Bilginin kullanıcıya sunulduğu aşamadır



About LEED Credentials Education Membership

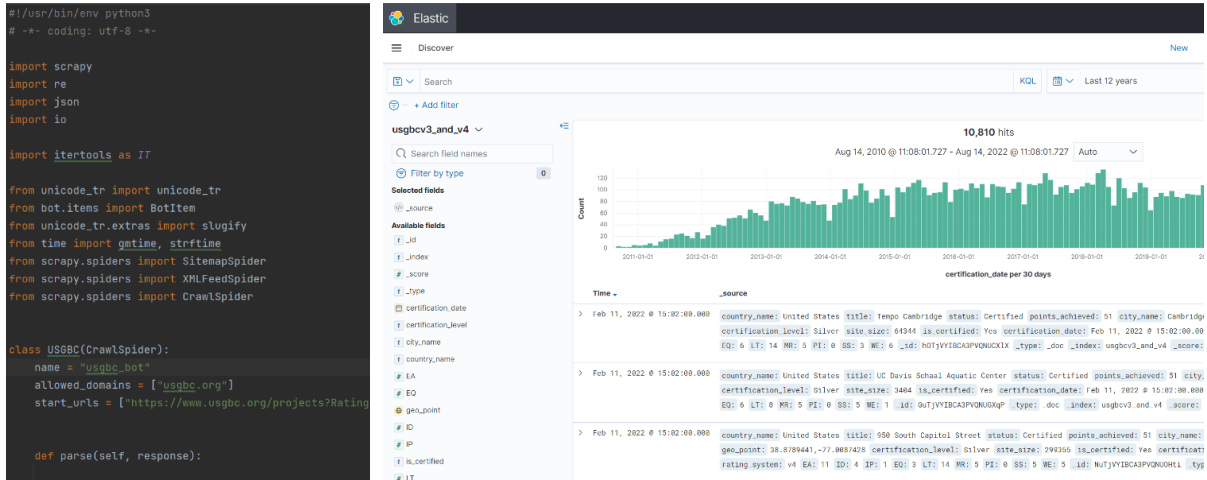
Store Resources Directory Articles FAQs Contact Account



Resim 3. LEED sertifikalı projelerin elde edildiği web sitesi örnek sayfa görüntüsü (URL:1)

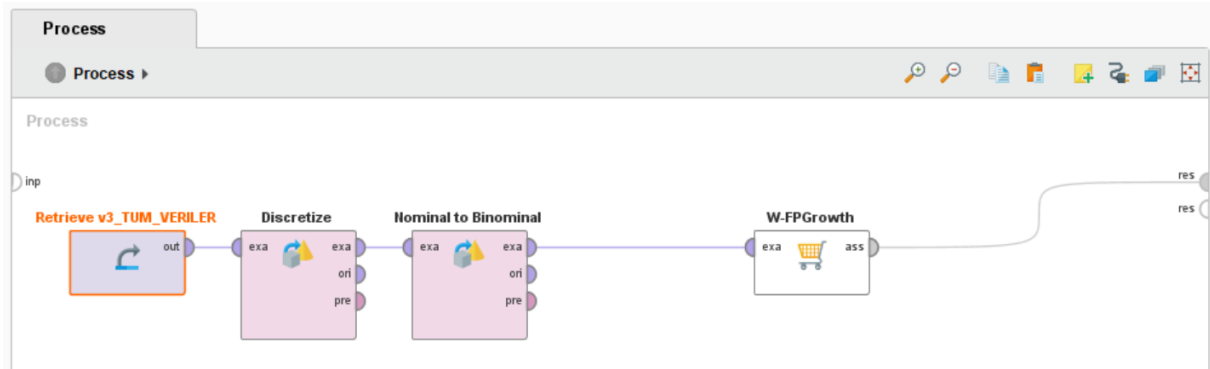
Veri kaynağımız web tabanlı platform olduğu için verilerin elde edilmesi web tarama işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Web sitesinin taranması işleminde veriler otomatik olarak toplanmaktadır. Bu işlem için Python dilinde yazılmış Scrapy kullanılmıştır. Scrapy ücretsiz olarak kullanılabilir ve açık kaynak olması sayesinde tüm kodları herkesin erişimine açıktır. Elde edilen veriler Elasticsearch veri tabanına kaydedilmiştir. Elasticsearch NoSQL özellikli şemasız, doküman tabanlı bir veri tabanıdır. Metin arama özellikleri ile ön plana çıkan veri tabanı açık kaynak ve ticari sürümleri mevcuttur. Şemasız veritabanı olması sayesinde her bir doküman altında dokümana ait birbirlerinden farklı veriler kaydedilebilmektedir.

Bu çalışmada USGBC'nin resmî web sitesinden çekilen her projenin farklı özellikte kredilere sahip olmasına karşın tüm veriler her proje altında rahatlıkla saklanabilmektedir. Elasticsearch veri tabanı sahip olduğu alt yapı sayesinde binlerce veriyi saniyeler içerisinde işleyebilmekte ve kullanıcıya sunabilmektedir. Elasticsearch veri tabanı aynı zamanda Kibana görselleştirme programı ile beraber gelmekte bu sayede veri analizi kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu projede de elde edilen verilerin görselleştirilmesi işleminde Kibana kullanılmıştır (Resim 4).



Resim 4. Scrapy program kodu ve Kibana ekran görüntüsü

Web sitesinin taranması sırasında, USGBC sitesinin sunduğu filtreleme özelliği kullanılarak, sadece istenen tarih aralığında, belirlenen kriterlerde tarama gerçekleştirilmiştir. Projelerin detay verileri içerisinde konum bilgisi veya henüz detay kredi bilgisi girilmemiş projeler veri tabanına kaydedilmesi programlama sayesinde gerçekleştirilerek *temiz veri*, veri tabanına kaydedilmiştir. Veri tabanının şemasız özellikte olması sayesinde, farklı veriler aynı tablo içerisinde kaydedilmiş, bu sayede veri bütünleştirme ihtiyacı olmamıştır. Veri tabanına kaydedilen verilerin tamamı istenen veriler olması sebebiyle, tüm veriler kullanılmıştır yani analiz edilecek tüm verilerin seçimi ilk başta yapılan filtreleme işlemiyle gerçekleştirilmiştir. Verilerin dönüştürülmesi işlemi, Rapid Miner programında gerçekleştirilmiştir. İlk adımda ayrıklaştırma operatörü ile frekansa bağlı olarak proje kredilerini nominal kümelerle bölmüştür. İkinci adımda ise bu nominal değerler binominal değerlere dönüştürülmüştür. Ardından veri madenciliği işleminde LEED kredilerinin incelenmesi için FP-Growth algoritmasından faydalanılarak kredilerin birliktelik durumu ortaya çıkmıştır (Resim 5). FP-Growth algoritması diğer algoritmalarla kıyasla daha performanslı olduğu için tercih edilmiştir. İlginç örüntülerin ortaya çıktığı örüntü değerlendirme aşaması tablolaştırılarak bilgi sunumuna hazır hale getirilmiştir (Tablo 5 ve Tablo 6). Böylece veri madenciliğinde kullanılan tüm adımlar tamamlanmıştır.



Resim 5. Rapid Miner ile FP-Growth algoritma gösterimi

4.2. Veri Madenciliği Modelleri

Farklı algoritmalar ile keşif yapılan veri madenciliğinin temelde 2 ana modeli vardır. Bunlar tanımlayıcı (descriptive) ve tahmin edici (predictive) modellerdir (Köksal vd., 2011; Argüden ve Erşahin, 2008). Tanımlayıcı veri madenciliği hedef veri kümesindeki verilerin özelliklerini karakterize eder. Tahmin edici veri madenciliğinde tahminler yapmak için mevcut veriler üzerinden induksiyon gerçekleştirilir. Veri madenciliği modelleri kapsamında da farklı yöntemler bulunmaktadır (Tablo 2). Mevcut yöntemlerin yanına hemen her geçen gün yeni yöntem ve algoritmalar da eklenmektedir. Genellikle istatistiği temel alan ama

daha çok makine öğrenimi ve yapay zekâ destekli yeni nesil yöntemlerin eklenmesi ile verilerdeki örüntülerin daha detaylı taranması sağlanmaktadır.

Tablo 2. Veri Madenciliğinin Modelleri (Argüden ve Erşahin, 2008)

Fonksiyon	Model	Yöntem/Algoritma
Tahmin Edici Model	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 Model	Kümeleme	Bölme yöntemleri, hiyerarşik yöntemler, yoğunluk tabanlı yöntemler, grid tabanlı yöntemler, model tabanlı yöntemler
	Birliktelik Analizi	Apriori, FP-Growth
	Sıralı Dizi Analizi	

Çalışma kapsamında inşaat sektöründeki bina tipi yapıların tasarımına ışık tutmak amacıyla enerji kullanımını azaltan kararların *Birliktelik Analizi* yapılmıştır. Değerli ilişkiler veya korelasyonları bulmak için ise modelinin FP-Growth algoritması kullanılarak kredi birliktelikleri üzerinden bir değerlendirme yapılmıştır.

Birliktelik Kuralı; 90'lı yıllarda büyük veri, veri madenciliği gibi kavramların önemi tam anlaşılamamışken Amerika'da bir süpermarket tarafından toplanan verilerin analizi sonucu artan satış grafikleri üzerine keşfedilmiş bir analiz yöntemidir. Amaç satışlar arasındaki analizleri bulmak ve ilişkiler üzerinden çıkarımlar yapmaktır. Bu yüzden '*market sepet analizi*'de denilmiştir. İlk olarak perakende sektöründe kullanılan birliktelik kuralı analizi diğer sektörlerde de karar destek sistemlerinin kalitesini artırmak için kullanılmıştır. Birliktelik kuralında sonucu önemli şekilde etkileyen kavramlar vardır. Bunlar öge kümesi, destek (support) ve güven (confidence)'dir. Birliktelik kuralında destek ve güven kriterleri ögeler arasındaki birliktelikleri ortaya koymaya yaramaktadır. Ögeler arası bağıntının sıklığını destek (support) kriteri ortaya koyarken, öge kümesindeki Y ürününün X ürünü ile beraber olma durumunu ortaya güven (confidence) koyar. Destek ve güven değerlerinin değeri arttıkça elde edilen kuralın güvenilirliği de artmaktadır (Akçetin, 2017: 177-178).

X ve Y için destek ve güven değerlerinin hesaplanması Denklem 1 ve 2'de gösterilmiştir. (1) ile gösterilen denklemde X ve Y elemanlarının olduğu bir kümede X ve Y'nin kullanıldığı kayıt sayısının toplam kayıt sayısına oranını açıklayan support (destek) formülünü ifade etmektedir. (2)' ile gösterilen formül de confidence (güven) formülünü ifade etmektedir. Veri setinde X ve Y'nin birlikte bulunduğu veri setinde X'in olup Y'nin olmadığı veri kümesine oranını açıklamaktadır. Daha yüksek desteğe sahip kurallar, aynı güvene sahip olduklarında daha yüksek önceliğe sahiptir (Cheng ve Ma, 2016).

$$\text{Destek (Support)}(X \rightarrow Y) = \frac{X \text{ ve } Y' \text{ yi beraber içeren kayıt sayısı}}{\text{Toplam kayıt sayısı}} \quad (1)$$

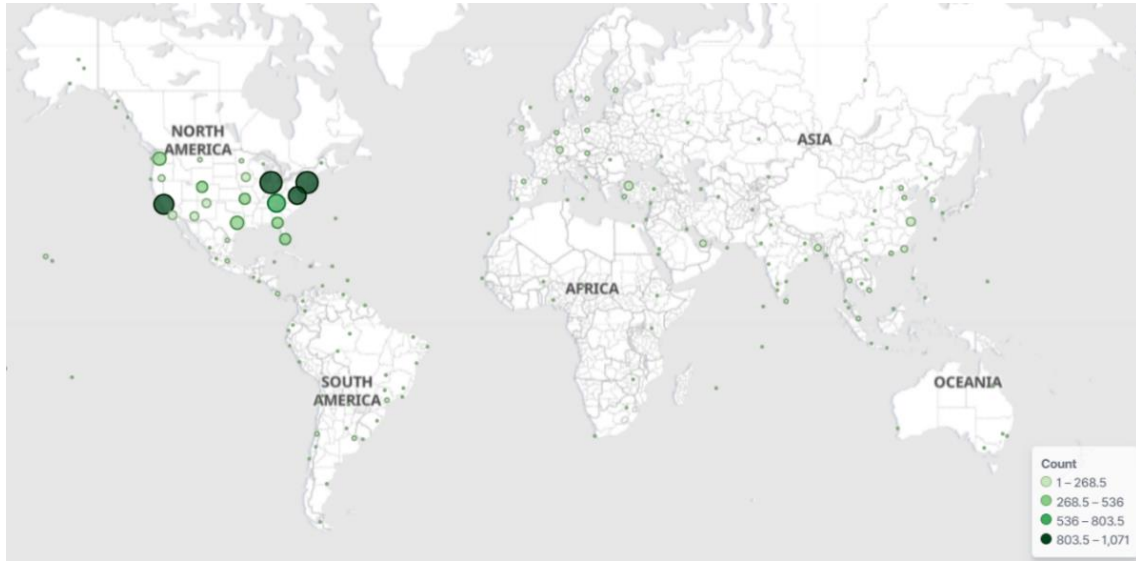
$$\text{Güven (Confidence)}(X \rightarrow Y) = \frac{X \text{ ve } Y' \text{ yi beraber içeren kayıt sayısı}}{X' \text{ i içeren tüm kayıtların sayısı}} \quad (2)$$

Birliktelik kuralı için iki tane nesnel ölçüt birimi olan support ve confidence değerleri kalıplardaki ilginçlikleri ortaya koymaktadır. Birliktelik kuralı pazar sepet analizi olarak ortaya çıkıp perakende sektöründe doğrudan kullanılmaktadır. "*Pazar sepet analizi, hangi ürünlerin bir arada satın alındığı ve en uygun promosyonların belirlenmesi konusunda bilgiler vermektedir.*" (Berry ve Linof, 1997). Her ne kadar perakende sektöründe ortaya çıksa da diğer iş kollarında da amaca yönelik kurulan ilişkilerin tespitinde sıklıkla yararlanılmaktadır. İnşaat sektörü de bu sektörlerden biridir. İlişkilerdeki kıymetli ve ilginç

gibi soyut ifadelerin destek (support) ve güven (confidence) değerleriyle somut ifadelere dönüştüğü birliktelik analizinde bu kavramların, kullanıcının belirlediği eşik değerden büyük olması gerekir (Bilen, Ökten ve Gökalp, 2012). Veri madenciliğinin temel adımlarından olan örüntü değerlendirme aşamasında ilginç ve geleneksel yöntemlerle elde edilemeyecek modellerin ortaya çıkması support (destek) ve confidence (güven) değerleri ile birliktelikleri ortaya çıkarmayı sağlamıştır.

5.BULGULAR

İlk aşamada dünyada genel dağılımı anlamak amacıyla geniş bir bakış açısıyla sertifika sisteminin uygulanma durumu analiz edilmiştir Resim 6'da V3 versiyonları tüm dünyada kullanım oranları gösterilmiştir. Çalışmanın ana verisi LEED BD+C: NC sertifikasının sadece V3 ve V4 versiyonunu kapsadığından Resim 6'da daha önceki versiyonlara ait veri seti azlığından dolayı yer verilmemiştir.



Resim 6. Dünyada LEED BD+C V3 ve V4 versiyonları dağılım gösterimi

LEED BD+C NC oylama sisteminden başarılı olmuş toplam proje sayısı 18740 adettir. Tablo 3.'te de belirtildiği gibi bu projelerden 11 tanesi V1, 7602 tanesi V2, 10205 tanesi V3 ve 922 tanesi V4 versiyonundan başarı sağlamıştır. Ancak proje kapsamında USGBC internet sitesinin yalnızca 10.000 proje gösterebilmesi sebebiyle, internet sitesinden yalnızca 10.000 projenin verisi elde edilmiştir. Elde edilen projelerin henüz kredi bilgileri girilmemiş veya koordinatları girilmemiş ise veri tabanına eklenmemiştir. Bu sebeple bu çalışmada 9.967 adet LEED V3 sertifikalı ve 851 adet LEED V4 sertifikalı projenin kredisi incelenmiştir.

Tablo 3. Dünyada LEED BD+C: NC oylama sistemi tüm versiyonların proje başarı tablosu (URL:2)

	Toplam Proje Sayısı
LEED BD+C NC V1	11 adet proje
LEED BD+C NC V2	7602 adet proje
LEED BD+C NC V3	10205 adet proje
LEED BD+C NC V4	922 adet proje
Toplam Proje Sayısı	18740 adet proje

Çalışmanın ana verisi LEED BD+C: NC V3 ve V4 versiyon verilerine dayandığından iki versiyon kredi kategorilerindeki farklılıklar Tablo 4'te gösterilmiştir. Tabloya göre V4 versiyonunda kategori sayısı genişletilmiştir. Ayrıca kategori kredi içeriklerinde de değişiklikler olmuştur. Bu farklılıklar ile yapıların tasarım bileşenleri arasındaki ilişkide nasıl farklılıklar olacağı gündeme gelmektedir. Daha kapsamlı hale getirilen versiyon güncelleme ile yapılarda enerji tüketimi, karbon emisyonu, su tüketimi ve katı atık yönetimi gibi kaynak

tüketimine yönelik olgularda tasarruf potansiyeli artırılıp sistemlerin ortak puanları ayrıştırılmıştır.

Tablo 4. LEED BD+C: NC V3 ve V4 versiyonları kredi kategorileri

LEED BD+C: NC V3 Kredi Kategorileri	LEED BD+C: NC V4 Kredi Kategorileri
-	IP Bütüncül Planlama Süreci
-	LT Yerleşim Yeri ve Ulaşım
SS Sürdürülebilir Alanlar	SS Sürdürülebilir Araziler
WE Su Verimliliği	WE Su Verimliliği
EA Enerji ve Atmosfer	EA Enerji ve Atmosfer
MR Malzeme ve Kaynaklar	MR Malzeme ve Kaynaklar
EQ İç Mekan Çevre Kalitesi	EQ İç Mekan Çevre Kalitesi
ID Tasarımda Yenilik	ID Tasarımda Yenilik/İnovasyon

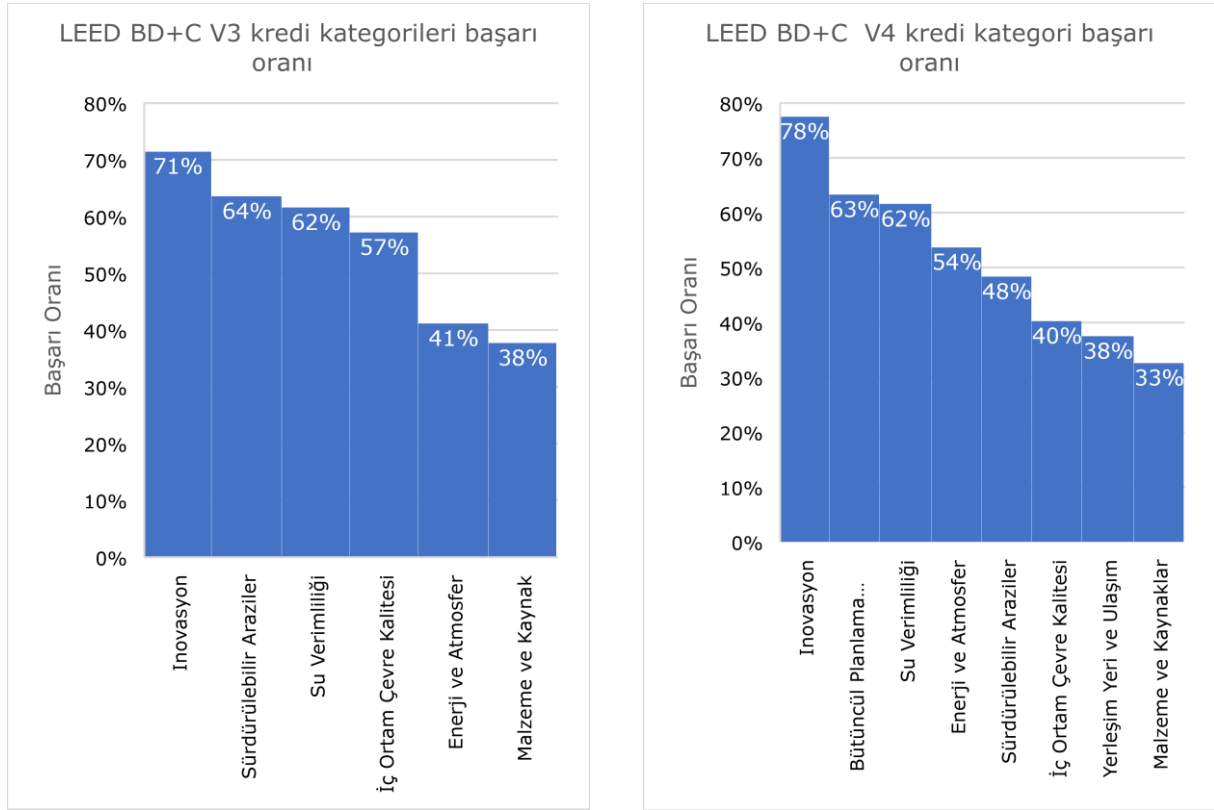
LEED BD+C: NC V3 ve V4 versiyonları *sertifika derecesi* bakımından karşılaştırılacak olunursa Resim 7’de gösterildiği gibi yüksek puan alınması daha zor hale getirilmiştir. Certified (40-49 puan) seviyesindeki oran v4 versiyonunda artarken, silver (50-59 puan), gold (60-79 puan) ve platinum (80+ puan) seviyesindeki oranlar düşmüştür.



Resim 7. Dünyada sertifikalandırılmış LEED BD+C: NC V3 ve V4 versiyonlu projelerin sertifika derecesine göre dağılımı

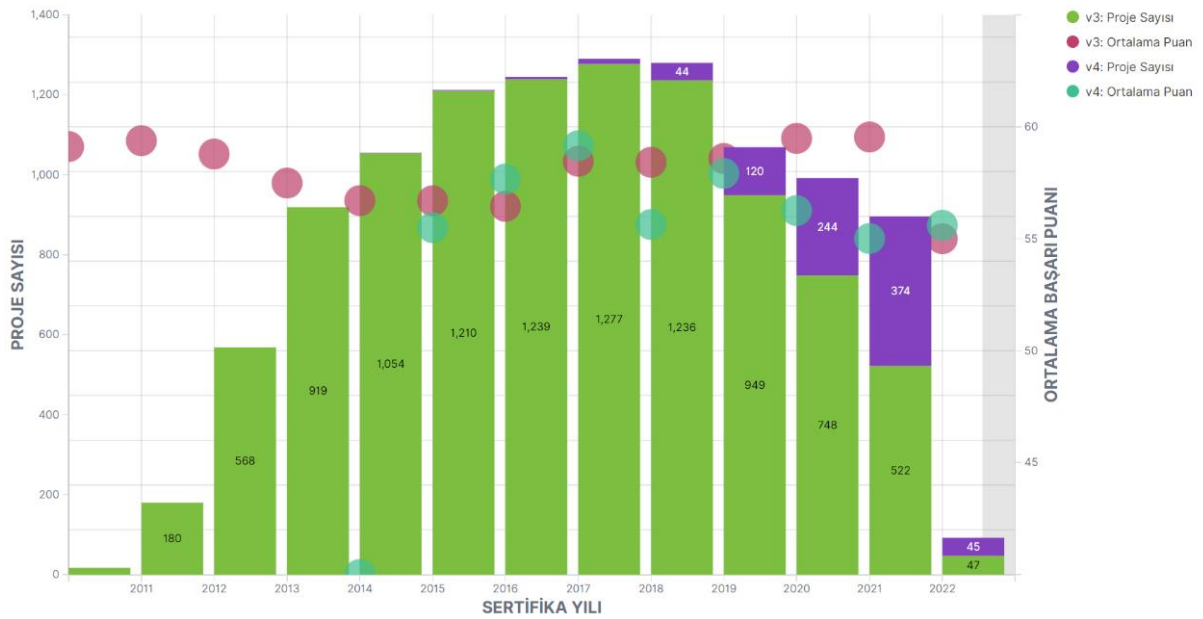
Sürdürülebilirlik şartlarının daha sıkı hale getirildiği V4 versiyonunda sertifika dereceleri açısından farklılıklar gözlenirken kredi kategori başarı oranlarında da farklılıklar göze çarpmaktadır. Resim 8’de V3 ve V4 versiyonları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Başarı sağlanan kategori her iki versiyonda da en fazla “İnovasyon” kategorisinde sağlanırken en az başarı “Malzeme ve Kaynaklar” kategorisinden sağlanmıştır.

Versiyon farklılığında başarı oranlarının değiştiği görülmüştür. V3’te projelerin dünya genelinde kredi kategorisinden başarı sağlama oranları incelendiğinde en fazla başarı %71 oranla “İnovasyon” kategorisinde, en az başarı %38 oranla “Malzeme ve Kaynak” kategorisinden sağlanmıştır. V4’te ise İnovasyon” kategorisi %78 oranla V3’e göre başarı oranını artırarak başarı sıralamasında ilk sırada yer alırken, “Malzeme ve Kaynak” kategorisi ise %33 oranla en az başarı sağlayan kategori olmuştur. Versiyon güncellenmesi ile V4 versiyonuna geçildiğinde “Malzeme ve Kaynaklar” kategorisinden sağlanan başarı oranı da V3’e göre azalmıştır. İnovasyon, enerji ve atmosfer kategorilerinde başarı oranı artarken, sürdürülebilir araziler, iç ortam çevre kalitesi, malzeme ve kaynaklar kategorilerinde başarı oranı azalmıştır (Resim 8).



Resim 8. Dünya genelinde LEED BD+C V3 ve V4 versiyonları başarı oranları

Yıllara göre dünyada LEED BD+C: NC V3 ve V4 versiyonlarının proje sayısı ve puan dağılımı birleştirilerek elde edilen bilgi Grafik 1’de yer almaktadır. Tablodaki yıllar projelerin başlama ya da bitiş değil sertifikalandırılma tarihlerini göstermektedir. Tabloya göre V3 versiyonunda en fazla proje başarısı 2017 yılında 1277 adet proje ile sağlanmıştır. V4 versiyonunda ise 374 adet proje ile 2021 yılında sağlanmıştır.



Grafik 1. Dünyada LEED NC BD+C V3 ve V4 versiyonları proje sayısı ve puan dağılımı

5.1. LEED BD+C NC V3 Versiyonu Krediler Arası Birliktelik Kuralı Analizi

LEED BD+C NC V3 versiyonu veri setinde 9967 adet proje üzerinden analiz yapılmıştır. Veri setinde 10205 adet V3 versiyonlu proje olmasına rağmen veri temizleme işleminde eksik

ve verisi girilmemiş projeler çalışmaya dahil edilmemiştir. Tüm LEED BD+C NC V3 versiyonlu başarılı projeler alan çalışması olarak veri madenciliği yöntemlerinden birliktelik kuralı yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Birliktelik kuralı için iki nesnel ölçüt olan *support (destek)* ve *confidence (güven)*'e göre LEED V3 krediler arası ilişkiler Tablo 5'te belirtilmiştir.

Tablo 5. LEED BD+C NC V3 versiyonu krediler arası birliktelik kuralına göre analiz tablosu

X (Krediler ve alınan puanlar)	Proje sayısı	Y (Krediler ve alınan puanlar)	Proje sayısı	Support (Destek)	Confidence (Güven)
EQc2 = [1] WEc2 = [2]	1246	WEc3= [2 - 4]	1092	0.10	0.88
IDc1 = [1] WEc2 = [2]	1401	WEc3= [2 - 4]	1219	0.12	0.87
EAc5 = [3] WEc2 = [2]	1303	WEc3= [2 - 4]	1127	0.11	0.86
WEc2= [2]	2125	WEc3= [2 - 4]	1794	0.18	0.84
IDc1 = [1] EAc2 = [1-7]	1277	EAc1= [1 - 19]	996	0.10	0.78
WEc3 = [1] EAc2 = [1-7]	1328	EAc1= [1 - 19]	1032	0.10	0.78
EAc2 = [1-7]	2343	EAc1= [1 - 19]	1197	0.12	0.77
SSc6.1= [1] EAc5 = [3]	1456	SSc6.2= [1]	1084	0.10	0.74
EAc1= [1-19] SSc6.1 = [1]	2037	SSc6.2= [1]	1509	0.15	0.74
EQc8.1 = [1]	1694	EAc8.2= [1]	1229	0.12	0.73

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

EQc2: Artırılmış havalandırma, WEc2: Yenilikçi atık su teknolojileri, WEc3: Su kullanımı azaltılması, IDc1: Tasarımda yenilik, EAc5: Ölçüm ve doğrulama, EAc2: Yerinde yenilebilir enerji, EAc1: Optimum enerji performansı, SSc6.1: yağmur suyu kontrolü – miktar kontrolü, SSc6.2: Yağmur suyu kontrolü – kalite kontrolü, EQc8.1: Gün ışığı ve manzaralar – günışığı, EQc8.2: Gün ışığı ve manzaralar – manzaralar.

Tablo 5'te destek (support) kriteri öğeler arası bağıntının sıklığını ifade ederken, güven (confidence) kriteri Y kategorisinin hangi olasılıkla X kategorisi ile beraber bulunduğunu ifade eder (Çelik, Akçetin ve Gök, 2017). Tablo 5'e göre; EQ c2 (artırılmış havalandırma) kredisi ve WE c2 (yenilikçi atık su teknolojileri) kredilerinin birlikte puan kazandığı 1246 tane proje vardır. Bu ikiliden 1092 tane proje de aynı anda WEc3 (su kullanımı azaltılması) kredisinden de puan almıştır. ID c1 (tasarımda yenilik) kredisi ve WE c2 (yenilikçi atık su teknolojileri) kredilerinin birlikte puan kazandığı 1401 adet proje vardır. Bu ikiliden 1219 tane proje aynı zamanda WE c3 (su kullanımı azaltılması) kredisinden de puan almıştır. EA c5 kredisi ve WE c2 (yenilikçi atık su teknolojileri) kredilerinin birlikte puan kazandığı 1303 adet proje vardır. Bu ikiliden 1127 tane proje aynı anda WE c3 (su kullanımı azaltılması) kredisinden de puan almıştır.

5.2. LEED BD+C V4 Versiyonu Krediler Arası Birliktelik Kuralı Analizi

LEED BD+C V4 versiyonu veri setinde 851 adet proje üzerinden veri madenciliği birliktelik kuralına göre analiz yapılmıştır. Veri setinde 922 adet V4 versiyonlu proje olmasına rağmen veri temizleme işleminde eksik ve verisi girilmemiş projeler çalışmaya dahil edilmemiştir. LEED V4 krediler arası ilişkiler Tablo 6.'da sıralanmıştır.

Tablo 6. LEED BD+C: NC V4 versiyonu krediler arası birliktelik kuralına göre analiz tablosu

X (Krediler ve alınan puanlar)	Proje sayısı	Y (Krediler ve alınan puanlar)	Proje sayısı	Support (destek)	Confidence (güven)
LT104 = [3 - 5] LT103 = [1 - 2]	147	LT107= [2 - 5]	128	0.15	0.87
WE902 = [5 - 6] LT104 = [3 - 5]	153	LT107= [2 - 5]	133	0.16	0.87
EQ123 = [1] LT104 = [3 - 5]	164	LT107= [2 - 5]	139	0.16	0.85
LT108= [1] LT104 = [3 - 5]	200	LT107= [2 - 5]	168	0.19	0.84
LT104 = [3 - 5]	328	LT107= [2 - 5]	274	0.32	0.84
EA110= [4 - 6], LT104 = [3 - 5]	161	LT107= [2 - 5]	131	0.15	0.81
EA903 = [13 - 18] WE902 = [5 - 6]	166	EA123 = [1 - 3]	135	0.16	0.81
EA110 = [4 - 6] EA123 = [1 - 3]	175	EA903 = [13 - 18]	136	0.16	0.78
EQ121= [1 - 3]	197	EQ123= [1]	149	0.18	0.76
LT107= [2 - 5] LT103 = [1 - 2]	171	LT104 = [3 - 5]	128	0.15	0,75

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

LT104: Çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar, LT103: Yüksek öncelikli alanlar, LT107: Otopark alanlarının azaltılması, 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: Güneşiği, EQ123: Kaliteli manzaralar.

Tablo 6'ya göre; LT 104 (çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar) kredisi ve LT 103 (yüksek öncelikli alanlar) kredilerinin birlikte puan kazandığı 147 tane proje vardır. Bu iki krediden puan kazanan projelerden 128 tanesi aynı zamanda LT 107 (kaliteli ulaşım erişim) kredisinden de puan kazanmıştır. WE 902 (bina içi su kullanımının azaltılması) kredisi ve LT 104 (çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar) kredilerinin birlikte puan kazandığı 153 tane proje vardır. Bu iki krediden puan kazanan projelerden 133 tanesi aynı zamanda LT 107 (kaliteli ulaşım erişim) kredisinden de puan kazanmıştır. EQ 123 (kaliteli manzara) kredisi ve LT 104 (çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar) kredilerinin birlikte puan kazandığı 164 tane proje vardır. Bu iki krediden puan kazanan projelerden 139 tanesi aynı zamanda LT 107 (Kaliteli Ulaşım Erişim) kredisinden de puan kazanmıştır.

5.3. Karşılaştırmalı Değerlendirme

Doğal kaynakların azalması, ekolojik dengenin bozulması, gibi problemler mimaride sürdürülebilirlik kavramını ortaya çıkarmış ve mimarları enerji odaklı yapı tasarımına yönlendirmiştir. Mimaride önem kazanan bu kavram yapıları sürdürülebilirlik çerçevesi getirme kapsamında etiketleme sistemi olan sertifikasyon sistemi getirmiştir. Bu sertifikasyon sistemlerinden en yaygın olan LEED sertifikası güncellenen versiyonlarıyla sürdürülebilir yapı üretimine katkı sağlamaktadır. Çalışmanın evrenini oluşturan LEED sertifikasının versiyon güncellemelerindeki farklılıklar mimarların yapı tasarımındaki tutumlarına da yansımıştır. Bu tutumlar üzerinden yapı tasarım odaklarındaki farklılıklara değinmek hedeflenmiştir. Literatür incelendiğinde versiyon farklılıklarından kaynaklı karşılaştırmalı değerlendirme veri madenciliği yöntemiyle çalışılmadığından literatürdeki eksikliğe çalışmanın katkı sağlaması önem taşımaktadır.

Kategorilerdeki değişiklik ile elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki çaprazlandığında öne çıkan farklılık kredilerin birliktelik durumlarında da değişikliklerin olduğudur. LEED v3 versiyonunda krediler birlikteliği ilk sırada WE c3 (su kullanımı azaltılması) kredisi ile sağlarken v4 versiyonunda kredi birlikteliği LT107 (otopark alanlarının azaltılması) kredisi

olarak gözlenmiştir. V3 versiyonunda ID c1, WE c2, EQ c2, EA c5 kredilerinden puan kazanmayı hedefleyen projeler WE c3 su kullanımı azaltılması kredisinden puan almaya meyillidir.

Kazanılması için en fazla çaba gerektiren kategori 'Malzeme ve Kaynaklar' (Material and Resources) kategorisi olmuştur. LEED BD+C V3 versiyonundan V4 versiyonuna geçildiğinde 'Malzeme ve Kaynaklar' kategorisi başarı ortalaması da azalmıştır. Yani bu kategoriden puan kazanılması zorlaştırılmıştır.

LEED NC BD+C V3 versiyonunda EQ c2 (artırılmış havalandırma) ve WE c2 (yenilikçi atık su teknolojileri) kredilerinden birlikte puan kazanan projelerin %88'i aynı zamanda WE c3 (su kullanımı azaltılması) kredisinden de başarı sağlamıştır. Ak olarak; LEED NC BD+C V4 versiyonunda LT c104 (çevreleyen alanların yoğunluğu ve farklı kullanımlar) ve LT c103 (yüksek öncelikli alanlar) kredilerinden birlikte puan kazanan projelerin %87'si aynı zamanda LT c107 (Kaliteli Ulaşım Erişim) kredisinden de başarı sağlamıştır.

İlişkilerin en yüksek tespit edildiği tabloda destek (support) değeri %10 ile %15 arasında değişmektedir. Bu da bu güçlü ilişkilerin dünyada ki projelerin ancak %10'luk kısmında kullanıldığını göstermektedir. Bu ilişkiler kullanılarak beraber puan alınabilecek proje sayıları artırılabilir.

6. SONUÇLAR

Teknolojinin gelişmesiyle beraber verilerin depolanma şeklinde de gelişmeler olmuştur. Gün geçtikçe artan veriler sonucu çeşitli veri depolama, veri analizi, veriden bilgi çıkarma gibi ihtiyaçlar sonucu veri madenciliği kavramının önemi artmaktadır. Günümüzde hemen hemen her alanda kullanılan veri madenciliği özünde bilgiye odaklanmaktadır. Bu çalışmada inşaat sektöründe veri madenciliği kullanılarak tasarım süreçlerine girdi sağlanması hedeflenmiştir. Son yüzyılın önemli problemlerinden olan sürdürülebilirlik çalışmalarını desteklemek amacıyla dünyada en fazla veriye sahip sertifika sistemi olan

LEED sertifika sistemi üzerinden veri madenciliği yöntemiyle değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmada krediler arasındaki birlikteliklere vurgu yapılarak birlikte kullanım olasılığı fazla olan kredilerin kazanım kolaylığının gözden kaçmamasına vurgu yapılmıştır. Kredi kategorileri başarıları açısından değerlendirildiğinde SS Sürdürülebilir Araziler, EQ İç Ortam Hava Kalitesi ve MR Malzeme ve Kaynaklar kategorilerinden başarı sağlanması daha zor hale gelirken; ID İnovasyon ile EA Enerji ve Atmosfer kategorilerinden başarı sağlanmasının kolaylaştığı veri analizlerinden okunmaktadır. Bu durum versiyonlar arasında tutum farklılığına işaret etmektedir. Genel çerçeveden bakınca sürdürülebilirlik şartlarının daha denetleyici hale geldiği fark edilmektedir.

Dünyada artan iklim krizinden kaynaklı sorunların yapı tasarımından kaynaklı etkilerin minimuma indirilmesi için yapılardaki sürdürülebilirlik ölçütlerinin somutlaştırıldığı sertifikasyon sistemleri tasarımcılara referans niteliği taşımaktadır. Bu bağlamda sertifikasyon versiyonlarından kaynaklı farklılıklara dikkat çeken bu çalışma, yöntemiyle inşaat sektöründe dijitalleşmeye ışık tutarken, ilişkilendirme kuralı sonucu ortaya çıkan bulgularla da yapı tasarımına ışık tutmaktadır.

Sonuç olarak yapılan literatür çalışmasında veri madenciliği tekniği ve yapı endüstrisinin bir arada olduğu sayılı uluslararası çalışmalar olsa da LEED sertifikasyonunun kredi birlikteliklerinin versiyonlara göre incelenip karşılaştırıldığı bir çalışmaya ulaşılamamış olunması bu çalışmanın sağlayacağı katkıyı desteklemektedir.

KAYNAKLAR

Akçetin E. (2017). Birliktelik Kuralları ve İlişki Analizi., U.Çelik, M.Gök (Editörler).

RapidMiner ile Uygulamalı Veri Madenciliği. Birinci Baskı. İstanbul. Pusula Yayıncılık, s. 177-178.

Argüden Y., Erşahin B., (2008). Veri Madenciliği Veriden Bilgiye, Masraftan Değere, Arge Danışmanlık Yayınları, 15.

- Artur, C., 2013, "Tech giants may be huge, but nothing matches big data", The Gardian, <https://www.theguardian.com/technology/2013/aug/23/tech-giants-data#:~:text=%22Data%20is%20the%20new%20oil,Tesco%20with%20its%20Cubcard%20system>, Son Erişim Tarihi: 22.08.2022.
- Berry M., Linof G., (1997), "Data Mining Techniques", John Wiley&Sons, USA, p. 124.
- Bilen Ö., Ökten A., Gökalp F., (2012). İstanbul'da Suçun Kentsel Sorun Algısındaki Yerinin Birlikte Kuralları ile İncelenmesi. Megaron 7 (1) 26-35.
- Bohn R.E., (1994). Measuring and Managing Technical Knowledge. 1. Baskı, Sloan Management Review, Boston, 48-52.
- Chaffey D., Wood, S. (2005). Business information management: Improving performance using information systems. FT Prentice Hall:Harlow.
- Cheng C., Lin C., Leu S.,(2009) "Use of association rules to explore cause-effect relationships in occupational accidents in the Taiwan construction industry" Safety Science.
- Cheng J.C.P., 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.
- Cheng Y., Yu W., Li Q., (2015) "GA-based multi-level association rule mining approach for defect analysis in the construction industry" Automation in Construction 51 78-91
- Deustch R., (2015) "Data-Driven Design and Construction: 25 strategies for capturing, analyzing and applying building data" Wiley.
- Dinçoğlu P. (2022). Perakendecilik Sektöründe Veri Madenciliği Teknikleri ile Satış Tahmini. Yüksek Lisans Tezi. T.C. Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Doğan K., Arslantekin S. (2016). Büyük veri: önemi, yapısı ve günümüzdeki durum. DTCF Dergisi, 56.1, 15-36.
- Durap A., Doğan Y., (2014). İnşaat Mühendisliği'nde Bilişim Kavramı ve Veri Madenciliği Algoritmalarıyla Bir Sistemin Oluşturulması. Akademik Bilişim Konferansları, AB.
- Eker, M. E. (2016). Veri Madenciliğinde Apriori Algoritmasının Sınav Verileri. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Gahi, Y., Guennoun, M. ve Mouftah, H. T. (2016, 27-30 Haziran). Big Data Analytics: Security and Privacy Challenges. 2016 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC), Messina, İtalya, 952-957.
- Gemici, B. (2012). Veri Madenciliği ve Bir Uygulaması. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İzmir, Türkiye.
- Han J., Pei J., & Kamber M. (2012). Data mining: concepts and techniques. Morgan Kaufmann. Third Edition. 6-8.
- Hirsch D.D, (2014). The glass house effect: big data, the new oil, and the power of analogy. Maine Law Review. Volume 66:2, 374-395.
- Yang J.B., Yau N.J., (1996). Application of case-based reasoning in construction engineering and management. Proceedings of the Third Congress held in conjunction with A/E/C Systems, Computing in Civil Engineering, American Society of Civil Engineers, New York, 663-669.
- Keleş A., E., Kaya M. (2014). Duvar İnşa Edilmesinde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin Apriori Veri Madenciliği Yöntemi Kullanılarak Analizi. Akademik Bilişim Konferansları, AB.
- Köksal G., Batmaz İ., Testik M.C., (2011). A review of data mining applications for quality improvement in manufacturing industry. Expert Systems with Applications 38 (10). 13448-13467. doi: 2011 10.1016/j.eswa.2011.04.063.
- Bilal M., Oyedele L.O., Qadir J., Munir K., Ajayi S.O., Akinade O.O., Owolabi H.A., Alaka H.A., 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, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2016.07.001>.
- Ma J., 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.
- Perez-Lombard L., Ortiz J., Pout C. (2008). A review on buildings energy consumption information. Energy and Building.40(3),394-398.
- Ross A., (1971). Industries of the Future. 1. Baskı. New York: Simon & Schuster, s. 152.

- Sabah L., Bayrakta H. (2020). Veri Madenciliği Birliktelik Kuralları ile Binaların Risk Durumlarının Analizi: Kaynaşlı, Düzce Örneği. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(1): 70-78.
- Tunç Z., (2022). Apriori Algoritmasıyla Market Sepet Analizi: Bir Perakende Firması Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Yan H., Yang N., Yi P., Yitian R. (2020). "Data mining in the construction industry: Present status, opportunities, and future trends" Automation in Construction 119. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103331>
- Yang J.B., Yau N.J., (1996), "Application of case-based reasoning in construction engineering and management", Proceedings of the Third Congress held in conjunction with A/E/C Systems, Computing in Civil Engineering, American Society of Civil Engineers, New York, 663-669.
- Yu Z.J., Fung B.C.M, Haghighat F. (2013). Extracting knowledge from building-related data-A data mining framework. BUILD SIMUL. 6: 207-222 DOI 10.1007/s12273-013-0117-8
- Z. You, C. Wu, (2019). A framework for data-driven informatization of the construction company. Advanced Engineering Informatics 39 269-277. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.02.002>.
- URL 1: <https://www.usgbc.org/projects> Son Erişim Tarihi: 11.08.2022.
- URL 2: <https://www.usgbc.org/projects?CertEndDate=%222022-02-13%22&Rating+System=%5B%22New+Construction%22%5D> Son Erişim Tarihi: 13.02.2022.