

Yapı Yaklaşık Maliyet Hesaplarında Yapay Zeka Tekniğinin Uygulanabilirliğinin Bir Vaka Çalışması Üzerinde İncelenmesi

*¹Esra Dobrucalı ve ²İsmail Hakkı Demir

*¹Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Sakarya Üniversitesi, Türkiye

²Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Sakarya Üniversitesi, Türkiye

Özet

Kamu inşaat ihalelerinde yaklaşık maliyet hesabı, ihaleyi yapan kurum ve ihaleye katılan istekli açısından önem arz etmektedir. İnşaat işleri ihalelerinde yaklaşık maliyet bedellerinin metraj üzerinden yapıldığı da bilinmektedir. Her kamu inşaat ihalesi için gerekli olan ve uygulama projeleri tabanında gerçekleştirilen metraja dayalı yaklaşık maliyet çalışmaları detaylı ölçüm ve hesaplamaları gerektirmektedir. Bu çalışmada ise, kamu kurumları açısından yatırım bütçelerinin planlanması ön çalışmalarına katkı sağlayacak, aynı zamanda ihaleye teklif verecek isteklilere yapı maliyeti hakkında tatmin edici bir ön bilgi verecek, az sayıda değişkenin kullanıldığı, hızlı, gerçeğe oldukça yakın bir genel tahmin yöntemi olarak yapay zekâ tekniğinin uygulanabilirliği üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Bu amaçla 2011-2016 yılları arasında kamu kurumları tarafından ihalesi yapılmış 120 proje, toplam inşaat alanı değişkeni ve üç adet sabit yapı birim ölçüleri üzerinden, genetik algoritma programı ile analiz edilmiş ve yaklaşık maliyet tahmini yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, gerçeğe oldukça yakın bir değer olarak, yaklaşık maliyet belirleme kat sayısı (R^2) 0,98 bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Yapı Yaklaşık Maliyeti, Genetik Algoritma, Kamu İhaleleri

Investigation of Applicability of Artificial Intelligence Technique on a Case Study in Construction Cost Estimation Calculations

Abstract

Cost estimation calculation of construction projects is an important process in construction tenders for the owners and tenderers. It's also known that the approximate cost values for the tenders are based on the quantity surveys. In this study, it will be focused on the applicability of artificial intelligence technology as a quick, fairly realistic approximation method, which will contribute to the preliminary studies of planning investment budgets in terms of public institutions and it will be also given satisfactory preliminary information about the building costs to the tenderers who will bid for tender. For this purpose, 120 projects, which were tendered by public institutions between 2011 and 2016, were analyzed by genetic algorithm program on the total construction areas variables and three fixed building unit measurements; then the approximate total cost estimates were calculated. As a result of the study, the approximate costing factor (R^2) was found to be 0.98 as fairly close to the real values.

Key words: Cost Estimation, Genetic Algorithm, Construction Tender

1. Giriş

Türkiye’de kıt kaynaklarını en verimli şekilde kullanmaya çalışan kamu kurumları inşaat sektöründe en büyük işveren konumundadır. Ayrıca kamu kurumları tarafından yaptırılacak yapıların, ön görülen bütçe sınırlarında kalınarak en ekonomik fiyatla istenilen kalitede yapılması gerekmektedir [1]. Bu amaçla kamu kurumlarına hizmet binası yapılması amacıyla yapılan ihaleler büyük önem taşımaktadır. Düzgün devam eden bir ihale sürecinde en önemli maddi sınırlardan biri de yaklaşık maliyetin doğru hesaplanması ve bu değerın güncel kalmasıdır [2]. Pek çok kamu kuruluşu tarafından yaklaşık maliyetin hesaplanmasında, detaylı ve uzun süren metraj çalışmalarıyla beraber Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca hazırlanan birim fiyatlar kullanılmaktadır. Yaklaşık maliyet hesaplarında bu uzun ve zahmetli klasik metraj yöntemi ile yapılabilecek hataların kontrol edilmesi veya başka yöntemler kullanılmadan maliyet tahmininin daha hızlı bir şekilde gerçeğe uygun olarak tahmin edilebilmesi için günümüzde birçok alanda etkin bir şekilde kullanılan yapay zeka tekniklerinin kullanılmasına yönelik çalışmalar dikkat çekmektedir.

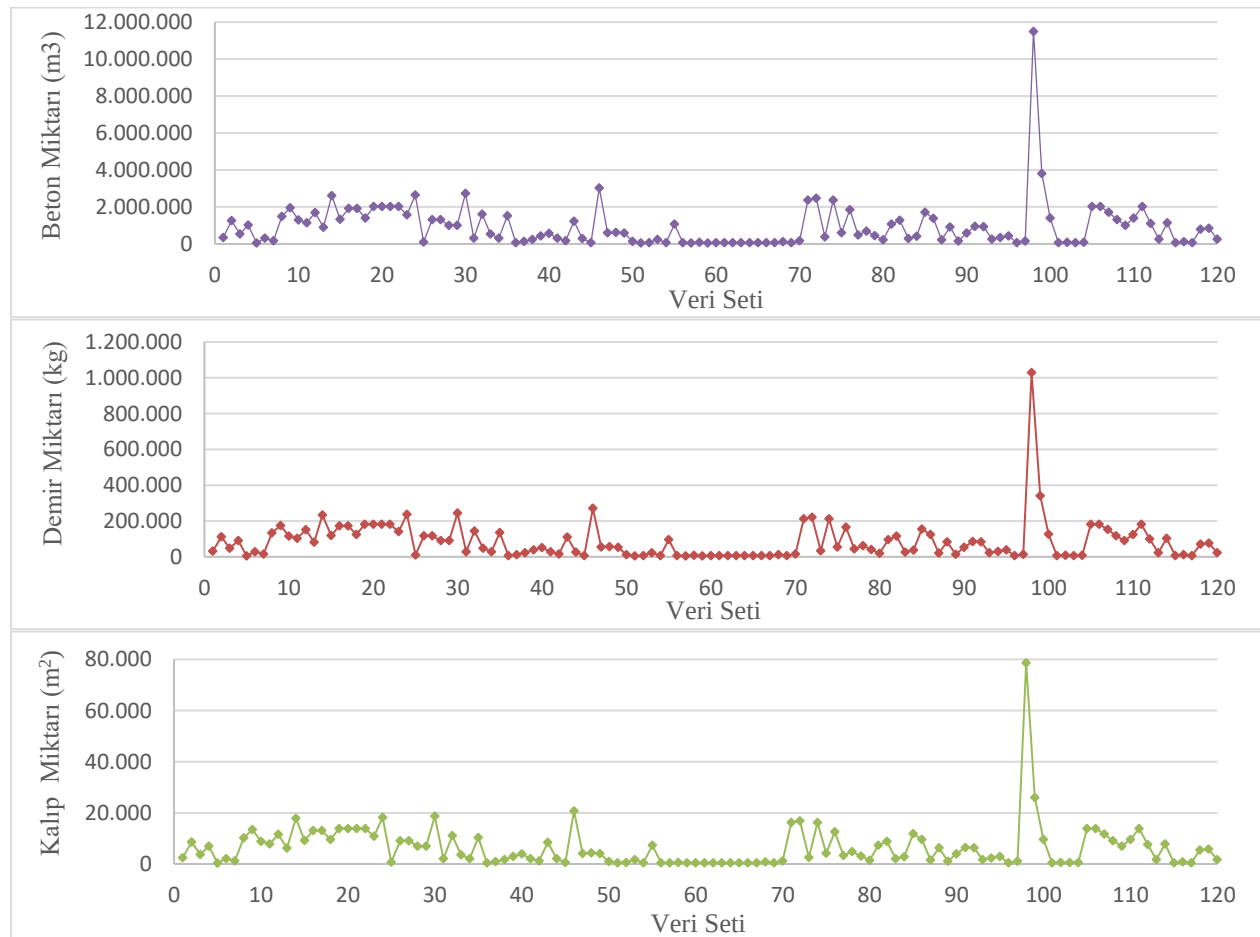
Dünyada, hem kamu alanında, hem de özel sektörde yapım maliyetinin (yaklaşık maliyet) farklı algoritmalarla erken evrede tahmin edilmesi amacıyla yapılan çalışmaların arttığı görülmektedir. Literatürde; Elhag ve Boussabaine tarafından 1998 yılında inşaat projelerinin maliyet tahminini yapmak amacıyla 30 adet okul için en düşük ihale fiyatları örnek alınarak 14 değişkenin yer aldığı iki yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur ve bu iki modelin doğruluk yüzdeleri sırasıyla %79.3 ve %82.2 olarak bulunmuştur [3]. 2003 yılında Altın tarafından, kamu ihalelerinde inşaat maliyetinin bilgisayar desteği ile hesaplanması amacıyla yüksek lisans tezi yapılmıştır [4]. Günaydın ve Doğan, 2004 yılında binanın Türkiye’de bulunan otuz adet 4-8 katlı betonarme yapılar için erken fiyat tahminini yapmak amacıyla sekiz adet tasarım parametresinin yer aldığı yapay sinir ağları modeli geliştirilmiştir. Bu ağ modeli ile maliyet ortalama %93 oranında tahmin edilmiştir [5]. Doğan ve arkadaşları tarafından 9 adet inşaat projesi, 8 farklı yapı özelliği kullanarak 3 farklı optimizasyon metodu ile analizler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda genetik algoritma ile yapılan optimizasyonun ortalama hata oranı %16. 23 olarak bulunmuştur ve genetik algoritma yöntemin diğer iki yöntemle kıyasla daha iyi olduğu ifade edilmiştir [6]. Cheng ve arkadaşları, Tayvan’daki inşaat projelerinin maliyet tahmini için yapay zeka teknikleri ile yaptıkları çalışmada bulanık sinir ağı olan EFHNN ile geleneksel sinir ağı modeli olan EFNIM arasında karşılaştırma yapmışlardır ve toplam hata oranlarının ortalaması sırası ile 5.904 ve 6.753 olarak bulunmuştur. Böylece en iyi sonucu EFHNN ile yapılan model olduğunu belirlenmiştir [7]. 2011 yılında Arafa ve Alqedra tarafından 71 adet inşaat projesindeki 7 değişken için yapay sinir ağları modeli oluşturulmuştur ve sonuçta kat sayısı, temel tipi, asansör sayısı ve zemin kat alanı değişkenlerinin erken evredeki maliyet tahmininde etkili olduğu belirlenmiştir [8]. Cho ve arkadaşlarının erken dönemde inşaat maliyetini tahin etmesi için yaptıkları çalışmada, 96 adet ilköğretim projesinde 6 adet değişken ile yapay sinir ağları ve regresyon analizleri yöntemleri kullanılmıştır. Sonuç olarak hata oranları sırasıyla 7.99 ve 10.02 olduk bulunmuş ve yapay sinir ağları yönteminin hata oranı daha az olduğu görülmüştür [9]. Kim ve arkadaşları 20 tane okul projesindeki 10 adet değişken ile yapay sinir ağları, destek vektör teknikleri ve regresyon analizi yöntemlerinin erken evrede inşaat maliyetini belirlemedeki performanslarını ölçmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda yapay sinir ağları modelinin hata oranı 5.27 olarak bulunmuşlardır ve bu modelin diğer yöntemlere göre daha uygun olduğunu belirlemişlerdir [10]. El-Sawalhi ve Shehatto, 2014 yılında Gazze’deki inşaat proje maliyetlerinin hesaplanması için 169 adet anket çalışması yapmışlardır.

Bu anket çalışmasını yapay sinir ağı yöntemi kullanarak değerlendirmişlerdir ve sonuçta modelin doğrulama performansı % 94 olarak belirlemişlerdir [11].

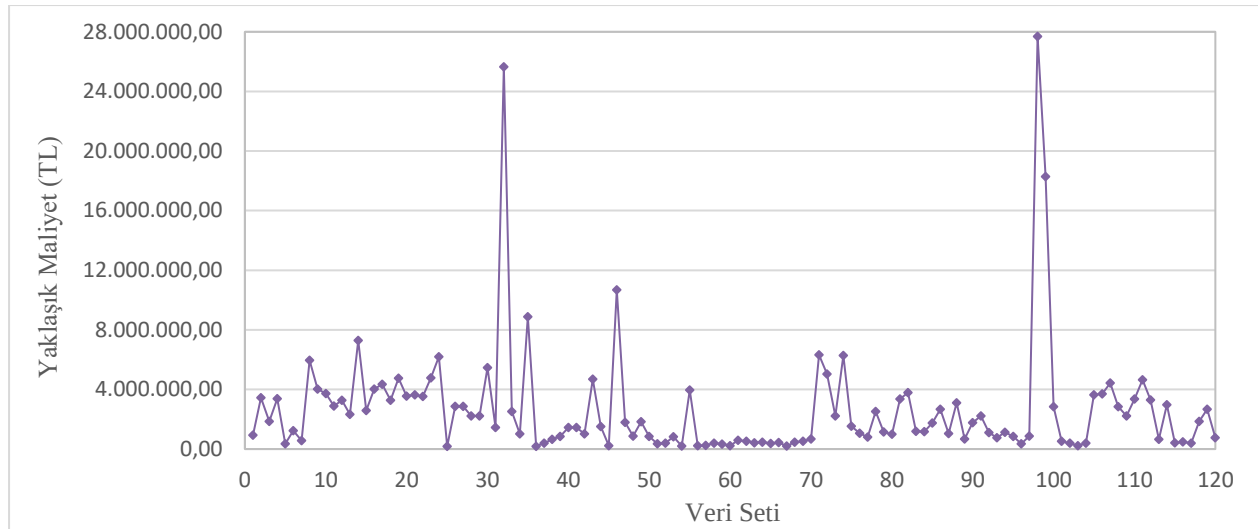
2. Metot

2.1. Veri Özellikleri ve Yaklaşık Maliyetlerin Güncellenmesi

Bu çalışmada 2011-2016 yılları arasında kamu kurumları tarafından ihalesi yapılmış 120 proje kullanılmıştır. Bu projelerin yaklaşık maliyet değerleri EKAP internet sitesinden elde edilmiştir [12]. Bu maliyet bedelleri TÜİK tarafından yayınlanan 2016 yılı ortalama bina maliyet oranları kullanarak güncellenmiştir [13]. Bu projelerden hesaplanan toplam inşaat alanı, İnşaat Mühendisleri Odası tarafından açıklanan Yapı Yaklaşık Maliyetleri tablosundaki (betonarme karkas binalar için) beton ($0,38 \text{ m}^3/\text{m}^2$), demir ($34 \text{ kg}/\text{m}^2$) ve kalıp ($2,60 \text{ m}^2/\text{m}^2$) birim metraj ölçüleri ile çarpılarak veri seti oluşturulmuştur [14]. Bu verilerin dağılımı Şekil 1’de, güncellenmiş maliyetlerin dağılımları ise Şekil 2’de gösterilmiştir



Şekil 1. Beton-Demir-Kalıp Miktarlarının Dağılımı



Şekil 2. Yaklaşık Maliyet Dağılımı

2.2. Genetik Algoritma (GA)

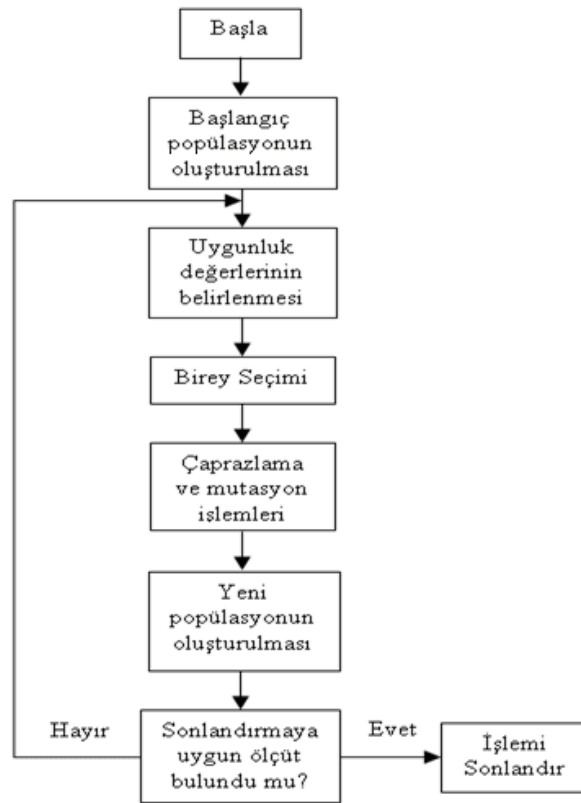
Genetik algoritma, gerçek hayattaki gen yapılarını ve doğadaki evrim yöntemlerini örnek alan sezgisel arama bir arama yöntemidir [15,16]. Bu algoritma yönteminde her iterasyondaki çaprazlamalar sonucunda elde edilen en iyi kromozomlar, bir sonraki nesle aktarılmaktadır [17]. Genetik algoritmada, kromozomlar bireyleri, genler kromozomların içinde yer alan en ufak bilgiyi, popülasyon ise kromozomların birleşmesinden oluşan toplumu ifade etmektedir. Genetik Algoritma için akış diyagramı aşağıda gösterilmiştir [18].

3. Model

Genetik Algoritma programında, toplam inşaat alanı 140,40m² ile 30260,75 m² arasında değişen 120 proje için İMO yapı yaklaşık maliyetine göre hesaplanan demir, beton ve kalıp miktarları giriş verisi, TÜİK 2016 yılı ortalama bina maliyetlerine göre güncellenen yaklaşık maliyetler ise çıkış (hedef) verisi olarak tanımlanmıştır. Oluşturulan veri setinde rastgele seçilen 100 adet proje (%75 eğitim) özellikleri Tablo 1’de gösterilen Genetik Algoritmanın eğitimi amacıyla kullanılmıştır. Geriye kalan 20 adet proje (%25 test) ise eğitim verileriyle oluşturulan bu algoritmanın tahmin düzeyinin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Tablo1. Genetik Algoritma Parametreleri

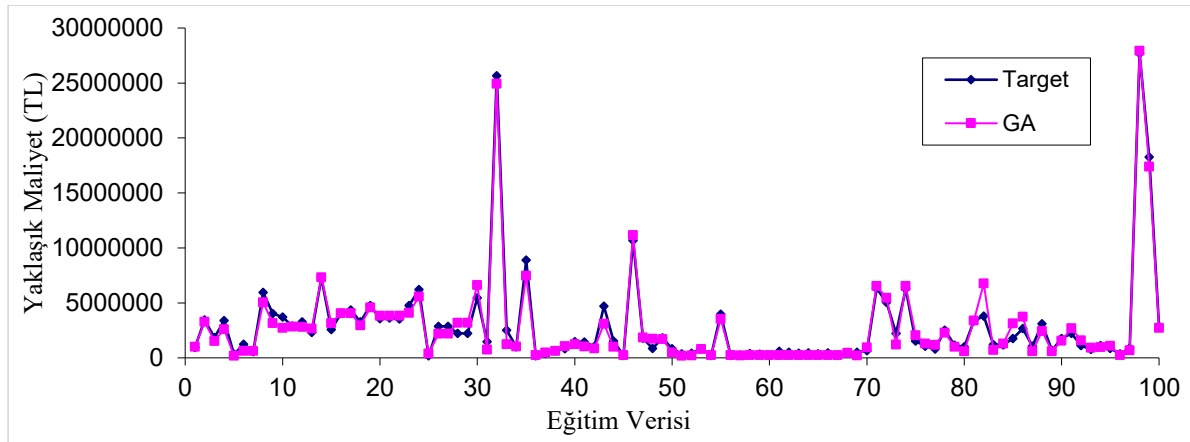
Kromozom sayısı	50
Fonksiyon	Addition
Mutasyon oranı	0,00206
Gen çaprazlama oranı	0,00277
Gen Aralığı	[-10,10]



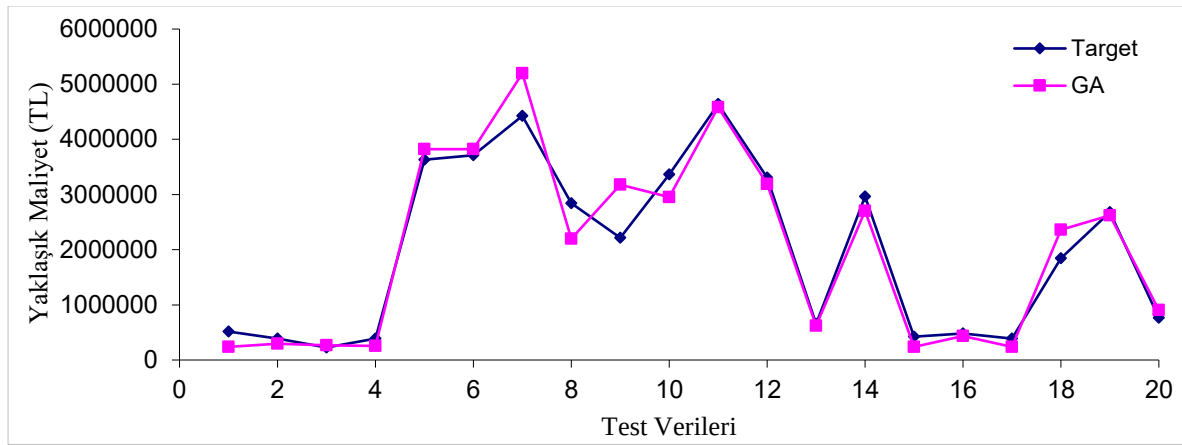
Şekil 3. Genetik Algoritma akış diyagramı [18]

4. Senaryo ve Bulgular

Oluşturulan veri seti Tablo 1’de yer alan parametrelere göre Genetik Algoritma programı GeneXproTools 5.0 ile analiz edilmiştir [19]. Bu analizlerin sonucunda yaklaşık maliyet belirleme katsayısı eğitim verilerinde 0.98, test verilerinde ise 0.95 olarak bulunmuştur. Ayrıca hedefte yer alan yaklaşık maliyete ulaşmasında en uygun değerin (best fitness) eğitim verilerinde 857.97, test verilerinde ise 804.26 olduğu görülmüştür. Test ve eğitim verileri analiz sonuçları Şekil 4 ve Şekil 5’te yer almaktadır.



Şekil 4. Genetik Algoritma (GA) Eğitim Verileri Analiz Sonuçları



Şekil 5. Genetik Algoritma (GA) Test Verileri Analiz Sonuçları

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, kamu yapım projelerine ait yaklaşık maliyetin yapay zeka tekniği olan Genetik Algoritma ile tahmin edilebilirliği araştırılmıştır. Veri setinin oluşturulmasında, toplam inşaat alanı değişkeni ile İMO tarafından yayınlanmış yaklaşık maliyet tablosunda yer alan beton, demir ve kalıp sabitleri (birim metraj ölçüleri) kullanılmıştır. Bu analizler yapay zeka tekniklerinin kamu yapım projelerindeki pek çok değişkenden sadece biri olan toplam inşaat alanıyla değişen 3 sabit ile yaklaşık maliyeti 0.95 oranında tahmin edilebildiği görülmüştür.

Teşekkür

Bu bildiri Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 20160712004 numarası ile desteklenen bilimsel araştırma projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Referanslar

- [1] H. Gencer, Türkiye Kamu Yatırım İhalelerinde İndirim Oranlarını Etkileyen Faktörler ve Sistemin İyileştirilmesine Yönelik Yaklaşımlar, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- [2] S. Doğanıyıt, İhalenin Ruhu: Yaklaşık Maliyetin Gizliliği, Dış Denetim, 2010;2: 95–99
- [3] A. H. Boussabaine and T. M. S. Elhag, An Artificial Neural System For Cost Estimation Of Construction Projects, Proc. 14th Annu. ARCOM Conf., 1998;1: 9-11.
- [4] M. Altın, Devlet İhale Kanununa Göre Bilgisayar Destekli İnşaat Maliyet Analizleri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi , 2003.
- [5] H. Murat Günaydın and S. Zeynep Doğan, A neural network approach for early cost estimation of structural systems of buildings, Int. J. Proj. Manag., 2004; 22: 595–602.
- [6] S. Z. Doğan, D. Arditi, and H. M. Günaydın, Determining Attribute Weights in a CBR Model for Early Cost Prediction of Structural Systems, J. Constr. Eng. Manag., 2006; 132: 1092–1098.
- [7] M.-Y. Cheng, H.-C. Tsai, and E. Sudjono, Conceptual cost estimates using evolutionary fuzzy hybrid neural network for projects in construction industry, Expert Syst. Appl., 2010; 37: 4224–4231.
- [8] M. Arafa and Alqedra Mamoum, Early Stage Cost Estimation of Building Construction Projects using Artificial Neural Networks, J. Artificial Intell., 2011; 4: 63–75.
- [9] H. Cho, K. Kim, J. Kim, and G.-H. Kim, A Comparison of Construction Cost Estimation Using Multiple Regression Analysis and Neural Network in Elementary School Project in the Early Stages Of A Construction Project , The Most Important Thing is To Predict Construction Costs In A Rational Way, J. Korea Inst. Build. Constr., 2013; 13: 66–74.
- [10] G. Kim, J. Shin, S. Kim, and Y. Shin, Comparison of School Building Construction Costs Estimation Methods Using Regression Analysis, Neural Network, and Support Vector Machine, J. Build. Constr. Plan. Res., 2013; 1: 1–7.
- [11] N. I. El-sawalhi and O. Shehatto, A Neural Network Model for Building Construction Projects Cost Estimating, 2014.
- [12] Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP), URL: /ekap.kik.gov.tr, Son Erişim Tarihi: Ocak 2017.
- [13] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Bina İnşaat Maliyet Endeksi , URL: www.tuik.gov.tr., Son Erişim Tarihi: Ocak 2017.
- [14] İnşaat Mühendisleri Odası (İMO), Yapı Yaklaşık Maliyeti Hesabı Tablosu, URL: www.imo.org.tr., Son Erişim Tarihi: Ocak 2017.

- [15] D. E. Goldberg and J. H. Holland, Genetic Algorithms and Machine Learning, Mach. Learn., 1988; 3: 95–99.
- [16] Ö. İşçi and S. Korukoğlu, Genetik Algoritma Yaklaşım ve Yöneylem Araştırmalarında Bir Uygulama, Yönetim ve Ekon., 2003; 10.
- [17] M. F. Adak, K. Canpolat, and N. Yumusak, Genetik Algoritma Kullanan Yapay Sinir Ağları ile İkili Gaz Karışımlarının Sınıflandırılması Artificial Neural Network Using Genetic Algorithm to Classify Binary Gas Mixtures, 4th Int. Symp. Innov. Technol. Eng. Sci. 2016.
- [18] M. M. Yapıcı, Genetik Algoritma Kullanılarak Ders Çizelgeleme Yazılımının Geliştirilmesi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [19] GeneXproTools 5.0, Gepsoft Limited, Lisans Tarihi: 23 Temmuz 2017.