



## PÜSKÜRTME BETONUN YAKLAŞIK MALİYET ANALİZİ İÇİN UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ

Melda ALKAN ÇAKIROĞLU<sup>1\*</sup>, Ahmet Ali SÜZEN<sup>2</sup>, İlkenur ŞENTÜRK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Uluborlu Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Isparta, Türkiye.

<sup>3</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Püskürtme Beton, Maliyet Hesabı, Yaklaşık Maliyet, Yazılım Geliştirme, Microsoft C#</i>	Püskürtme beton depremden hasar görmüş binaların onarım/güçlendirilmesinin yanı sıra metro, baraj, köprü, tünel yapım ve onarımı, şev stabilizasyonları gibi bir çok uygulama alanına sahip olması bakımından karışım tasarımı, uygulanması, makine teçhizat, geri sıçrama vb. faktörlerin maliyete olan etkisinin incelenmesi en önemli olgudur. Püskürtme betonun maliyetine; uygulanma yüzeyi, malzeme kalitesi, geri sekme, işçilik, nakliye vb. gibi birçok faktör etki etmektedir. Bu nedenle maliyeti kesin olarak tayin etmek mümkün değildir. Bu çalışmada püskürtme betonun farklı uygulama ve amaçları için yaklaşık maliyetinin hesaplanması amaçlanmıştır. Püskürtme betonun maliyetini etkileyen parametrelerin maliyete olan etkisini değerlendirebilmek için geliştirilen yazılım, Microsoft Visual Studio platformunda C# programlama dili ile geliştirilmiştir. Yazılımdan analiz edilerek ortaya çıkan veriler, örnek bir çalışma ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak geliştirilen yazılımında yapılan testlerin, örnekle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

## DEVELOPING AN APPLICATION FOR APPROXIMATE COST ANALYSIS OF SHOTCRETE

Keywords	Abstract
<i>Shotcrete, Cost Estimate, Approximate Cost, Application Developing, Microsoft C#.</i>	Shotcrete has many application areas such as repair/reinforcement of buildings damaged by an earthquake as well as metro, dam, bridge, tunnel construction and repair, slope stabilization so it's important to investigate the effects of certain factors, including mixture design, application, machinery and equipment, rebound on cost. The cost of shotcrete is affected by several factors such as the application surface, material quality, rebound, workmanship, transport, etc. Therefore, it is not possible to determine the exact cost. The aim of this study is to calculate the approximate cost of shotcrete for different applications and purposes. The software developed to evaluate the effects of the parameters affecting the cost of shotcrete was developed using C# programming language on Microsoft Visual Studio platform. Data obtained by analyzing on the software were compared with a sample study. As a result, it was determined that the tests performed in the developed software were in agreement with the sample.

### Alıntı / Cite

Çakıroğlu, M. A., Süzen, A.A., Şentürk, İ., (2020). Püskürtme Betonun Yaklaşık Maliyet Analizi için Uygulama Geliştirilmesi, Journal of Engineering Sciences and Design, 8(1), 153-164.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

M. Alkan Çakıroğlu, 0000-0002-8919-6278  
A.A. Süzen, 0000-0002-5871-1652  
İ. Şentürk, 0000-0001-9376-8243

### Makale Süreci / Article Process

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	08.05.2019
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	05.08.2019
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	19.08.2019
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	20.03.2020

## 1. Giriş (Introduction)

Günümüzde insan hayatının ayrılmaz bir parçası haline gelen ve günlük hayatın her alanında etkisini gösteren bilgisayar, hızlı gelişen teknoloji sayesinde bilime daha çok yardımcı olmaktadır. Bilim bilgisayar geliştirirken, aynı

\* İlgili yazar / Corresponding author: meldaalkan@isparta.edu.tr, +90-246-214-6808

anda bilgisayar da bilimle senkronize çalışmakta ve bilimsel çalışmaları kolaylaştırmaktadır (Özgür ve İleri, 2002). Günümüzde tüm mühendislik disiplinleri, gerek proje gerekse üretim aşamasında bilgisayar programlarından yararlanmaktadır (Özgür, 2004). İnşaat sektörü uygulamalarında her geçen gün daha karmaşık ve büyük boyutlu projeler gündeme gelmektedir. İşletmeler arasında giderek artan rekabet, bu karmaşık projelerin sadece performansları açısından değil, süre ve maliyet açısından da değerlendirilmelerini zorunlu kılmaktadır (Kırankaya, 2007). İnşaat sektöründe uygulama alanına sahip püskürtme betonun yaklaşık maliyet hesabının üzerinde dikkatle durulması gereken önemli bir olgudur. Maliyet faktörü düşünülmeden püskürtme betonun üretim ve uygulamasını planlamak mümkün değildir.

Bu çalışmada püskürtme betonun yaklaşık maliyetini hesaplamak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyat Analizlerinden yararlanılarak, Microsoft C# program dili kullanılarak bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Microsoft C# dili nesne tabanlı bir dil olması ve grafiksel kullanıcı arayüzü geliştirme gibi özelliklere sahip olmasından dolayı tercih edilmiştir. Programda püskürtme betonun kullanım amacı, betonun yerleşimi, işçilik ve çevre faktörleri ve geri sıçrama miktarının maliyete olan etkileri göz önüne alınmıştır.

Ekonominin önde gelen sektörlerinden biri olan inşaat sektöründe kritik bir faktör olan maliyet ve bu maliyeti etkileyen faktörlerin tespiti, bu konunun önemini arttırmaktadır. Bu nedenle araştırmada yapı maliyetinin hesaplanması ve yaklaşık maliyet yöntemleri konuları ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar arasından bazıları; püskürtme beton ve geri sıçrama miktarının püskürtme beton maliyetine etkisi (Arioğlu vd., 2008), ahşap tahkimat sistemi ile püskürtme beton ve çelik telli püskürtme beton sistemlerinin maliyetlerinin karşılaştırılması (Yüksek vd., 2004), püskürtme beton operatörleri için simülasyon programı (Börjesson ve Thell 2009), yaş karışım püskürtme betonda çelik lif kullanımının maliyete etkisi (Ayış, 2010), kuru karışım püskürtme beton karışım hesabının bilgisayar ortamında hazırlanması (Çakıroğlu, 2014), maliyet analizi (Altın ve Allahverdi, 2004; Kani ve Baykan, 2004; Bostancıoğlu, 2006; Uğur, 2007; Kuruoğlu, vd., 2012; Klakegg ve Lichtenberg, 2016; Bayraktar ve Bayraktar, 2016), yapay zeka ve yapay sinir ağları (Günaydın ve Doğan; 2004; Juszczak, 2017), PERT-CPM tekniği (Dziadosz, 2013; Karahan ve Ezin, 2014), yapı bilgi modellemesi (Yaman ve İlhan, 2010; Lee, vd., 2014; Gerçek vd., 2016; Wang, vd., 2016; Abanda vd., 2017; Beşer, 2017), yapay arı koloni algoritması (Tapao ve Cheerarot, 2017; Dağdeviren ve Kaymak, 2018), onarım/güçlendirme maliyetleri (Doğramacı vd., 2003; Yanmaz ve Luş, 2005) üzerine yapılmış çalışmalardır. Ancak püskürtme betonun yazılım tabanlı maliyet analizi hakkında yapılmış bir literatür çalışmasına rastlanılamamıştır. Bu nedenle bu çalışmanın yeni çalışma alanlarının belirlenmesine fayda sağlayabileceği söylenebilir.

Püskürtme betonun maliyetinin mümkün olduğunca gerçeğe yakın bir şekilde hesaplanması kullanıcı için önem arz etmektedir. Ancak bu hem zaman alan hem de yanılma olasılığı oldukça yüksek olan bir iştir. Bu çalışmada, farklı uygulamalar için üretimi yapılacak püskürtme betonun yaklaşık maliyetini hesaplamaya yönelik bir bilgisayar uygulaması geliştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Hazırlanan programda püskürtme betonun; hammaddeleri, uygulanma şekli, kullanım yerleri, teknik özellikleri, geri sekmesi gibi püskürtme betonun maliyet unsurlarını ve teknik farklılıklarını hesaba katan ve işleyen bir uygulama tasarlanmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği uygulama Microsoft Visual Studio. NET 2017 platformunda C# 6.0 programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

Uygulama tasarımı bölümünde Kullanımı Amacı (Şekil 1-a), Karışım Türü (Şekil 1-b), Çevresel Koşullar (Şekil 1-c), Beton ve Katkı (Şekil 1-d), Çelik Hasır (Şekil 1-e) isimli 5 menüden oluşmaktadır. Bu beş menüde kendi aralarında alt menülere ayrılmaktadır. Kullanım amacı menüsünde püskürtme betonun uygulanma amacına göre giriş verisi, menü de yer alan seçeneklerden tespit edilmektedir. Karışım türü menüsünden uygulama yapılacak püskürtme betonun karışım türü ekranda yer alan menüden seçim yapılır.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

**Şekil 1.** Uygulamaya ait menülerin tasarımı, (a) Kullanımı Amacı, (b) Karışım Türü, (c) Çevresel Koşullar, (d) Beton Katkı, (e) Çelik Hasır (Design of application menus, (a) purpose of use, (b) type of mixture, (c) environmental conditions, (d) concrete additive, (e) steel mesh)

Program içerisinde detaylı bir kullanım kılavuzu yer almaktadır. Programın uluslararası düzeyde kullanımın sağlanabilmesi için Türkçe ve İngilizce dil seçenekleri de bulunmaktadır. Programa veri girişi sırasında ara ara çalışmanın durumunu kaydetmek, sonuçları saklamak veya başka bir bilgisayara aktarabilmek için kaydet ikonu, yazıcıdan sonuçların alınabilmesi için de yazıcıdan çıktı alma seçeneği eklenmiştir. Programda ilave olarak her aktif ekranın alt kısmında kullanıcıya yönelik genel bilgilere de yer verilmiştir.

Programda, işçilik ve operatör faktörü, makine ve teçhizat, kullanılan katkı maddeleri, geri sekme, yüzey faktörü gibi püskürtme betonun karışım dizaynı ve maliyetini etkileyen parametreleri veri girişi olarak sunmaktadır. Ayrıca kullanıcıların isteği doğrultusunda gerekli giriş alanlarında hesaplama yapılmasına imkân tanınmıştır. Hesaplanan sonuçların daha sonradan kullanılması için veri girişlerini temsil eden MS Access türünde veri tabanı oluşturulmuştur.

Uygulamayı kullanacak kullanıcı ilk olarak kullanım amacı menüsünü (Şekil 2) seçerek püskürtme betonun uygulama alanı ekranında ilk seçimleri yapması gerekmektedir. Hesaplama yapılacak zayıf oranları da bu menü içerisinde kullanıcıya sunulmaktadır. Geri sekme oranlarında literatürdeki kaynaklardan (Aka ve Celep; 1978; Arıoğlu ve Yüksel, 1999; Arıoğlu vd., 2008; Celep, 2017) yararlanılmıştır.

Yapının Türü	Zayıf %	
	Kuru Karışım	Yaş Karışım
Döşeme ve kaplamalar	5-10	0-5
Şev ve dişey duvarlar	10-20	5-10
Tavan	15-35	10-20

Şekil 2. Açılış ekranı (Splash screen)

Bundan sonraki süreçte, uygulamada kullanım alanı seçildikten sonra gelen ekranda yaklaşık maliyet hesabı yapılacak olan püskürtme beton sisteminin kuru veya yaş olarak parametresinin seçilmesi gerekmektedir. Bu seçimde seçeneklerden sadece birinin aktif hale gelmesi sağlanmıştır. Karışım türünün butonu seçildiği zaman açılan veri girişi sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3'de verilmiştir. Ayrıca karışım türü ekranına püskürtme betonun kapasitesi ( $m^3/saat$ ), işçilik, operatör ve makine-teçhizat kirası gibi maliyeti etkileyen parametrelerin girişi yapılmıştır. Her aktif olan ekranın alt kısmında genel bilgilere yönelik kullanıcıya açıklama notları yazılmıştır.

Şekil 3. Karışım türü, işçilik ve makine ekranı (Mix type, craftsmanship and machine display)

Kullanıcının çevresel koşullarda kullanacağı menünün ekran görüntüsü Şekil 4'de verilmiştir. Bu ekran sayesinde hava koşulları, işçilik faktörü ve geri sekme ile ilgili girdilerin programa girişi sağlanmıştır. Geri sekme oranı, püskürtme betonun uygulama açısı, karışımın özellikleri, uygulama yüzeyinin konumu ve operatörün deneyimine bağlı olarak değişmektedir. Bunun için kullanıcı otomatik geri sekmeyi seçtiği takdirde program seçilen yüzeye uygun geri sekme faktörünü otomatik olarak ekleyecek şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca kullanıcının bu oranı manuel olarak girmesine de olanak sağlanmıştır. Manuel giriş tercih edilecekse sınır değerler arasında giriş yapması gerektiği ile ilgili olarak uyarı yazısı kullanıcının karşısına çıkacak şekilde düzenleme yapılmıştır.

Şekil 4. Çevresel koşullar ekranı (Environmental conditions display)

Çevresel koşulların etkisi programa girildikten sonra beton ve katkı oranlarının belirlendiği menü aktif hale geçmektedir. Beton fiyatları güncel olarak değiştiği için kullanıcının betonun  $m^3$  birim fiyatını manuel olarak programa girmesini sağlayan özellik seçenek olarak eklenmiştir. Kullanıcının betonun uygulanacağı ortama göre seçeceği katkı türleri de menüde verilmiştir. Her katkı türünün püskürtme betonda kullanılacağı miktar/oran programın veri tabanında mevcuttur. Burada kullanıcının sadece kullanacağı katkı türünü belirlemesi ve birim fiyatını programa manuel olarak girmesi sağlanmıştır. Hazırlanan programda katkı maddelerinin çimento hacmi ile orantılı olarak kullanılması için bir formülizasyon oluşturulmuş ve arka planda çalışması sağlanmıştır. Şekil 5’de beton ve katkı veri girişlerinin olduğu ekran görüntüsü verilmiştir.

Şekil 5. Beton ve katkıları ekranı (Concrete and additives display)

Kullanıcı beton ve katkı veri girişlerini tamamladıktan sonra programda çelik hasır ve çelik liflere ait veri girişlerinin yapılacağı menü aktif hale gelmektedir (Şekil 6). Kullanıcının çelik hasır/çelik lif seçeneklerinden herhangi birisini seçmesi sağlanmıştır. Bu seçimin kullanılacak püskürtme betonun kalınlığı ve amacına göre yapılmasına olanak sağlanmıştır. Programın güncelliği açısından hasır çelik ve çelik lif fiyatları manuel olarak giriş yapılacak şekilde düzenlenmiştir. Diğer menülerde olduğu gibi ekranın alt kısmında genel bilgilere yönelik kullanıcıya notlar yazılmıştır.

Şekil 6. Çelik hasır ve çelik lif ekranı (Steel wire mesh and steel fiber screen)

Maliyet analizinin yapılması için gerekli parametrik değerler girildikten sonra hesaplamanın yapılması için gerekli formülizasyon işlemi Şekil 7'de gösterildiği gibi gerçekleştirilmiştir. Burada  $b$  yüzey genişlik,  $\beta$  boşluk oranı katsayısı,  $\Omega$  geri sekme oranı,  $\Psi$  hava durumu etkisi,  $\phi$  operatör deneyimini temsil etmektedir.

Şekil 7. Formüle göre maliyet analizi hesaplama (Cost analysis by Formula calculation)

### 3. Uygulamanın Testi (Application Test)

Geliştirilen uygulamaların sonuçlarını test etmek için Kıyı Enerji Elektrik Üretim A.Ş. firmasının 2012 yılında Erik regülatörü ve HES projesinde kullanılan ve analizi yapılan püskürtme betonun parametreleri vaka çalışmasında kullanılmıştır. Hazırlanan uygulamaların etkinliği ve güvenilirliğini ölçmek için referans olarak seçilen Bekaert firmasından temin edilen 2012 yılı çelik hasır ve çelik telli maliyet kıyaslama uygulaması verileri yazılımda kullanılmak üzere alınmıştır. Projede çelik hasırlı yaş karışım püskürtme beton uygulaması yapılmıştır.

Program  $1 \text{ m}^3$  püskürtme beton maliyetini hesaplaması için planlanmıştır. Genişlik 5m, yükseklik 2m ve kalınlık 0,1m bir alan varsayıp toplamda  $1 \text{ m}^3$  alana yapılacak püskürtme beton fiyatı hesaplanması amaçlanmıştır. Kullanıcı  $1 \text{ m}^3$  alan için hesaplanan fiyatı, hesaplamak istediği alan ile çarparak (birim fiyat x istenilen alan) istenilen toplam maliyeti bulabilmektedir. Hesaplama işlemi için ilk olarak püskürtme betonun örnek projedeki kullanım amacı seçilmiştir (Şekil 8).

Şekil 8. Programa kullanım amacının girilmesi (Entering the purpose of use in the program)

Çalışmada yaş karışım yöntem kullanıldığı için, “Karışım Türü” ekranından “Yaş Karışım” butonu seçilmiştir. 1 saatte atımı yapılan püskürtme beton miktarı seçeneklerden seçilmekte, arka planda ise dakikada yapılan atım miktarı hesaplanarak işçi giderleri dakika bazında ne kadar atım yaptığı hesaplanıp ve maliyete eklenmiştir. İşçi sayısı kişi başına ücret girdisi yapılmaktadır fakat arka planda karışım türüne ve kullanılan işçi sayısına göre hesaplama yapılmaktadır. Örnek çalışmada işçi ücreti 10TL (Adam/Saat) ve operatör ücreti 20TL (Adam/Saat) olarak alınmıştır. Mikser ücreti olarak ise 30TL alınmıştır (Şekil 9).

Şekil 9. Karışım türü girişi (Mix type input)

Uygulama alanındaki hava koşullarının ideal olduğu varsayılarak devam edilmiştir. Firmadan edinilen bilgiler doğrultusunda işçilik kalitesi iyi ve geri sekmede otomatik seçilmiştir (Şekil 10). Arka planda geri sekme literatür taraması sonucunda oluşturulan; kullanıldığı yüzeye göre % oranında etki tablosuna göre maliyete yansıtılmıştır.

Şekil 10. Çevresel koşullar girişi (Environmental conditions input)

Örnek alınan projeye göre betonun  $m^3$  fiyatı 130TL olarak alınmış ve programa aynen yansıtılmıştır. Katkı türü kullanılmadığı için bir veri girişi yapılmamıştır (Şekil 11).

Şekil 11. Beton ve katkı girişi (Concrete and additive input)

Firmadan alınan çalışmada çelik lif ve hasır kullanılmıştır. Çelik hasırın  $m^2$  fiyatı olarak 1,55 TL, çelik lifin  $m^3$  fiyatı olarak 3,44 TL olarak veri girişi yapılmıştır (Şekil 12). Veriler  $m^2$  için verilmiştir, program arka planda düzenleme yaparak  $1m^3$  püskürtme beton için maliyet hesabı çıkarmaktadır.

Şekil 12. Çelik hasır ve çelik lif girişi (Steel wire mesh and steel fiber input)



Programa tüm veriler girildikten sonra hesapla butonuna basılarak sonuç ekranına geçiş yapılmıştır. Püskürtme betonun maliyeti için girilen bilgiler doğrultusunda, malzeme (beton, çelik) ve makine ve teçhizat ücretleri otomatik olarak sonuç ekranında hesaplanmıştır (Şekil 13).

Örnek uygulamada  $1\text{m}^2$ 'lik alan için yapılan püskürtme beton maliyetini vermektedir. Hazırlanan programda ise  $10\text{m}^2$ 'lik alan için hesaplama yapmaktadır.  $\text{Toplam} + \text{Makine teçhizat giderleri} = \text{Toplam Maliyeti}$  formülü ile toplam maliyet çıkmaktadır. Makine teçhizat giderleri ayrı kalem olarak hesaplanmaktadır. Uygulama sonucuna göre  $195,68+90=285,68$  TL olarak toplam maliyet çıkmaktadır.  $285,68/10$  yapıldığından örnek çalışmada olduğu gibi  $1\text{m}^2$ 'ik alanın maliyet sonucunu vermektedir. Uygulamada maliyet 30,47 TL olarak edilmişken programda yaklaşık maliyet 28,56 TL olarak elde edilmiştir. Firmadan alınan verilerin aktarıldığı programdan elde edilen sonuçlar ile uygulamada yapılan maliyet karşılaştırıldığında benzer olduğu görülmüştür.



SONUÇLAR:	
Beton Hacmi	1.386 m3
Katkı Hacmi	0 lt
Çelik Alanı	10 m2
Beton Fiyatı	180,18 TL
Katkı Fiyatı	0 TL
Çelik Fiyatı	15,5 TL
Mak. Tec. İş. Ücreti	90 TL
Toplam	195,68 TL

Şekil 13. Örnek alınan projenin sonuç ekranı (Result screen of sample project)

#### 4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışmada püskürtme betonun geleneksel betondan farklılıkları itibariyle maliyetini etkileyen unsurların tanımlanmasına ve bunlara bağlı olarak yaklaşık maliyetini mümkün olduğunca gerçekçi bir yaklaşımla hesaplamak amaçlanmıştır. Ayrıca yazılımın geliştirilme süreci; güncellemelere açık olması, kullanıcının istekleri doğrultusunda yönlenebilmesi ön planda tutulmuştur.

Çalışmada, püskürtme beton uygulaması yapmak isteyen sektör çalışanları için, püskürtme beton üretiminde yaklaşık maliyetin hesaplamasına olanak sağlayan bir uygulama yazılımı geliştirilmiştir. Uygulamanın hesaplama bölümünde kullanılan birim fiyatlarda T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının belirlediği birim fiyatlar kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada uygulamanın etkinlik düzeyini ve güvenilirliğinin belirlenmesine yönelik olarak, Bekaert firmasından temin edilen 2012 yılında çelik hasır ve çelik telli maliyet kıyaslama uygulaması verileri yazılımda kullanılarak, hesaplanan değerler ile yazılım çıktıları karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda geliştirilen uygulamanın doğruluk sonuçlarında tutarlı olduğu görülmüştür. Geliştirilen uygulama ile test uygulaması sonucunda elde edilen değerler arasında yaklaşık %5 kadar bir fark olduğu görülmüştür. Betonun tasarım, karışım ve uygulanma safhalarında birçok öngörülemez parametre, ortam koşulları ve değişkenden etkilenebileceği düşünülecek olursa maliyeti konusunda net bir sonuca ulaşmak mümkün olmadığından %5'lik farkın kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu öngörülmüştür.

Yapılan bu çalışma özellikle inşaat sektöründe püskürtme beton uygulaması yapacak olan yüklenici açısından yapılması gereken yapım ve sözleşme yönetimi alanındaki birçok işleve cevap verebilecek bir yazılımın geliştirilmesi bakımından güncel bir konudur. Bu amaçla geliştirilen yazılımın, sektörde ilgili ihtiyaç duyulan tüm verilere ve parametrelere etkin ve hızlı bir şekilde ulaşılmasına olanak sağlayacağı beklenmektedir.

Uygulamanın kolaylıkla istenilen algoritmayı geliştirmeye açık olması bakımından, sonrasında kullanımla birlikte ortaya çıkabilecek gereksinimlerde uygulamanın geliştirilerek daha etkin bir hale dönüştürülmesi muhtemeldir. Püskürtme betonun yaklaşık maliyetini bilgisayar ortamında hesaplama imkânı sağlayan bu uygulama, gerek duyulan ihtiyaçlar doğrultusunda yeni özellikler eklenmesi ile geliştirilebilir olması uygulamanın önemli bir özelliğidir. Böylece yazılımın farklı çalışmalarda uygulanabilmesine olanak sağlanabilecektir.

## Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 1977-YL-09 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca yazılımın test verilerini sağladığı için Bekaert A.Ş firmasına teşekkür ederiz.

## Conflict of Interest (Çıkar Çatışması)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

## Kaynaklar (References)

- Abanda, F.H. Kamsu-Foguem, B. Tah, J.H.M., 2017. BIM–New Rules of Measurement Ontology for Construction Cost Estimation, *Engineering Science and Technology, an International Journal* 20 (2017) 443–459, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jestch.2017.01.007>
- Aka, İ., ve Celep, Z., 1978. Püskürtme Beton ve Uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 19s.
- Altın, M., ve Allahverdi, N., 2004. Bilgisayar Destekli İnşaat Maliyet Analizleri, *Selçuk Teknik Dergisi*, 3(1), 1-8.
- Arıoğlu, E., ve Yüksel, A., 1999. Tünel ve Yer altı Mühendislik Yapılarında Çözümlü Püskürtme Beton Problemleri, *Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, İstanbul.
- Arıoğlu, E., Yüksel, A., Yılmaz A.O., 2008. Püskürtme Beton Bilgi Föyleri-Çözümlü Problemler, *Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, Yayın No: 142, ISBN 978-9944-89-565-1, İstanbul.
- Ayış, H.İ., 2010. Tünel Açma Sistemlerinde Çelik Lifli Püskürtme Betonun Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programı, İstanbul.
- Bayraktar, D., ve Bayraktar, E.A., 2016. Yapım İşlerinde Yaklaşık Maliyetin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2) 2016, 29 – 54.
- Beşer, S.A., 2017. Üst Yapı İnşaat İşlerinin Proje Üretimini ve Saha Uygulamalarının Takip Edilmesinde YBM (Yapı Bilgi Modellemesi – Building Information Modelling) Programları Kullanılmasının İller Bankası Anonim Şirketine Sağlayacağı Yararların İncelenmesi, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi.
- Bostancıoğlu, E., 2006. Bilgisayar Destekli İnşaat Maliyet Analizleri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(3), 27-49.
- Börjesson, P., ve Thell, M., 2009. Shotcrete Simulator For Education of Shotcrete Robot Operators, Master of Science Thesis in Computer Science, University of Gothenburg, Department of Computer Science and Engineering, Goteborg, Sweden. <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/22225>, Erişim Tarihi: 20/08/2016
- Celep, Z., 2017. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beşinci Baskı, İstanbul.
- Çakıroğlu, A.M., 2014. In The Mixing Account of Dry Mix Shotcrete Using DELPHI Programming Language. 4<sup>th</sup> International Advances in Applied Physics and Materials Science Congress & Exhibition, APMAS 2014, 24-27 April 2014, Fethiye/ Muğla.
- Dağdeviren, U., ve Kaymak, B., 2018. Yapay Arı Koloni Algoritması Kullanılarak Betonarme İstinat Duvarlarının Optimum Maliyet Tasarımını Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33:1 (2018) 239-253, doi 10.17341/gazimmfd.406796
- Doğramacı, N., Koçak, A., Ekiz, İ., 2003. Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve/veya Güçlendirme Maliyetlerinin Toplam Bina Maliyetleri İle Karşılaştırılması, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- Dziadosz, A., 2013. The Influence of Solutions Adopted at the Stage of Planning the Building Investment on the Accuracy of Cost Estimation, *Procedia Engineering* 54 (2013) 625–635, doi: 10.1016/j.proeng.2013.03.057
- Gerçek, B., İlal, M.E., Tokdemir, O.B., Günaydın, H.M., 2016. Yapı Bilgi Modellemesi Yardımıyla Metraj ve Maliyet Hesabı, 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 3 – 5 Kasım 2016, 786-796.
- Günaydın, H.M., ve Doğan, S.Z., 2004. A Neural Network Approach for Early Cost Estimation of Structural Systems of Buildings, *International Journal of Project Management* 22 (2004) 595–602, doi:10.1016/j.ijproman.2004.04.002
- Juszczyk, M., 2017. The Challenges of Nonparametric Cost Estimation of Construction Works With the Use of Artificial Intelligence Tools, *Procedia Engineering* 196, (2017) 415–422, doi: 10.1016/j.proeng.2017.07.218
- Kanıt, R., ve Baykan, U.N., 2004. Bina Yaklaşık Maliyetinin Çoklu Doğrusal Regresyon ile Belirlenmesi, *Politeknik Dergisi*, 7(4), 359-367.
- Karahan, M., ve Ezin, Y., 2014. PERT-CPM Tekniğiyle Bir İnşaatın Yapım Süresi ve Maliyetlerinin Optimizasyonu, *Bartın Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(10).
- Klakegg, O.J., ve Lichtenberg, S., 2016. Successive Cost Estimation–Successful Budgeting of Major Projects, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 226 (2016) 176–183. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.06.177
- Kırankaya, R.T., 2007. Rusya Federasyonu'nda İnşaat İşçiliği Verimliliğinin ve Proje Karlılığına Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı İşletmesi.
- Kuruoğlu, M., Yönez, E., Topkaya, E., Çelik Y.L., 2012. İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 7(1), 263-272.
- Lee, S.-K, Kim, K.-R, Yu, J.-H., 2014. BIM and Ontology-Based Approach for Building Cost Estimation, *Automation in Construction* 41 (2014) 96–105, <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.020>
- Özgür, S.H., ve İleri, R., 2002. Eysel Nitelikli Merkezi Atıksu Arıtma Tesisinin Bilgisayar Destekli Tasarımı, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (6), 69-76.
- Özgür, E., 2004. Bilgisayar Programlama Dilleri, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi, 19, (118).

- Tapao, A., ve Cheerarot, R., 2017. Optimal Parameters and Performance of Artificial Bee Colony Algorithm for Minimum Cost Design of Reinforced Concrete Frames, *Engineering Structures* 151 (2017) 802–820, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.08.059>.
- Uğur, L. O. 2007. İnşaat Firmalarının Maliyet ve Süre Belirleme Yöntemleri Üzerine Bir Alan Çalışması, 4. İnşaat Yönetimi Kongresi, 30–31 Ekim 2007, İstanbul, Türkiye.
- Yaman, H., ve İlhan, B., 2010. İnşaat Sektörü'nde Bina Enformasyonu Modellemesi Kavramına Genel Bir Bakış, 1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 29 Eylül -1 Ekim 2010, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, 962-976s., Ankara.
- Yanmaz, Ö., ve Luş, H., 2005. Yapı Güçlendirme Yöntemlerinin Yapı Güçlendirme Yöntemlerinin Fayda-Maliyet Analizi, İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, 3497-3522, Yazı 233.
- Yüksek, S., Demirci, A., ve Dayı, Ö., 2004. Pulpınar Krom İşletmesinde Püskürtme Beton Uygulamaları ve Sonuçlarının Geleneksel Ahşap Tahkimatla Karşılaştırılması, KAYAMEK'2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, Türkiye.
- Wang, K.-C., Wang, W.-C., Wang, H.-H., Hsu, P.-Y., Wu, W.-H., Kung, C.-J., 2016. Applying Building Information Modeling to Integrate Schedule and Cost for Establishing Construction Progress Curves, *Automation in Construction* 72 (2016) 397–410, <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.005>

**EKLER (Appendix)****EK 1. Test için Kullanılan Maliyet Çalışması (Cost study used for testing)**

<b>Bekaert Maliyet Çalışması</b>					
<b>Çelik Hasırlı- Dramix'li Püskürtme Beton Maliyet Karşılaştırma:</b>					
<b>Tahkimat Tipi A</b>					
Kalınlık (mm)	100		90		
Donatı	Q 131 Tek Sıra		20 kg/m3 Dramix 65/35		
<b>2.1. Malzeme</b>					
Birim Maliyet	Miktar/m2	Maliyet/m2	Miktar/m2	Maliyet/m2	
Beton	130	0,10	13,00	0,09	11,70
Hasır	1,8	2,06	3,70		0,00
Dramix	3,6		0,00	1,8	6,48
I Profil					
<b>TOPLAM MALZEME m2</b>		<b>16,70</b>		<b>18,18</b>	
<b>2.2. Diğer giderler</b>					
	miktar	maliyet/m2	mikar	maliyet/m2	
overbreak filling (dolgu)	15,0%	2,51	0,0%	0,00	
dökülme	10,0%	1,67	5,0%	0,91	
hasır bindirme	16,0%	0,59	0,0%	0,00	
<b>TOPLAM İLAVE MASRAFLAR m2</b>		<b>4,77</b>		<b>0,91</b>	
<b>2.3. İşçilik</b>					
saatlik maliyet	saat/m2	maliyet/m2	saat/m2	maliyet/m2	
hasır işçiliği (15 m2 hasır /3 adam-saat)	10,50	0,20	2,10	0,00	0,00
püskürtme beton (4 m3 beton /3 adam-saat, dökülme dahil)	10,00	0,09	0,94	0,07	0,71
<b>TOPLAM İŞÇİLİK M2</b>		<b>3,04</b>		<b>0,71</b>	
<b>2.4. EKİPMAN</b>					
saatlik maliyet	saat/m2	maliyet/m2	saat/m2	maliyet/m2	
Çalışma plarfon (15 m2 hasır/ saat)	12,00	0,07	0,80	0,00	0,00
pompa/kompresi (4 m3 beton/saat, dökülme dahil)	85,00	0,03	2,66	0,02	2,01
Tüketim (dizel, yağ, hortum and nozul)	30,00	m3/m2	maliyet/m2	m3/m2	maliyet/m2
		0,13	3,75	0,09	2,84
<b>TOPLAM EKİPMAN m2</b>		<b>7,21</b>		<b>4,84</b>	
<b>2.5 TOPLAM</b>					
Malzeme		16,70		18,18	
İlave Masraflar		4,77		0,91	
İşçilik		3,04		0,71	
Ekipman		7,21		4,84	
<b>TOPLAM MALİYET m2</b>		<b>31,71</b>		<b>24,64</b>	