



TÜRKİYE'DE KAMU OKUL VE HASTANE İNŞAATI PROJELERİNDE FARKLI ÖN MALİYET TAHMİN YÖNTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI: GÜNEY MARMARA BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Latif Onur UĞUR^{1*}

¹Düzce University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, 81620, Düzce, Türkiye

Özet: İnşaat projelerinin tasarım aşamasında gerekli olan ön maliyet tahmini değerleri, yatırımın gerçekleştirilebilmesi ile ilgili çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmanın amacı; gerçek inşaat maliyetleri ve hesaplanan ön maliyetler açısından sapma miktarlarının belirlenmesinde katkı sağlamak, yukarıda anılan yöntemlerin okul ve hastane yapılarındaki performanslarını karşılaştırmaktır. Bunun için Güney Marmara bölgesinde kamu tarafından yapılan ihalelerle inşa ettirilen beş adet okul ve iki adet hastane yapısının (ayrıca üç farklı bölgedeki üç hastane yapısının daha) metraj ve keşifleri çıkarılarak (2021 yılı rayiçleriyle) Birim Fiyat Yöntemine göre gerçek maliyetleri bulunmuştur. Aynı yapıların maliyetleri, bu kez anılan ön maliyet tahmin yöntemleri ile hesaplanarak gerçek maliyetlerden sapma oranları araştırılmıştır. İlgili zaman dilimi esnasında dünyada ve Türkiye'de yaşanan Covid 19 Pandemisi şartları ve yüksek enflasyonist ekonomik şartlar da ihmal edilmeden yöntemlerin hata oranları karşılaştırılmıştır. Edinilen verilere göre Alan Yöntemi, okul yapılarında %113, hastane yapılarında %97 hata ile maliyet tahmini yaparken; Hacim Yöntemi aynı sıra ile %121 ve %120 hata ile tahminde bulunmaktadır. Kat Kabuğu Yönteminin hata oranı ise yine aynı sıra ile %158 ve %203 düzeylerinde gerçekleşmiştir. Gerek yatırımcı kurumların gerekse inşaat firmalarının; yapıların ön tasarım aşamasında kullandıkları ön tahmin yöntemlerinin hata oranlarını bilerek, yaklaşık yapı maliyeti tahmini gerçekleştirmelerinin ihalelere sağlıklı teklifler verilmesi ve projelerin gerçekleştirilebilmesi konusunda katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmada aynı anda, farklı yöntemlerin kullanılması ile yapılacak tahminlerin farklı yapı/bina tipleri için ve daha önceki çalışmalarla birbirinden farklı sonuçlar verebileceği; bu sebeple her yapı ve yöntem için, firmaların ayrı hesaplar yaparak, farklı güvenilirlik derecelerine ulaşmaları ve alacakları kararları bu kapsamda değerlendirmeleri gerektiğinin altı da çizilmek istenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yapı maliyeti, Ön maliyet tahmin yöntemleri, Alan yöntemi, Hacim yöntemi, Kat kabuğu yöntemi

Comparison of Performance of Different Preliminary Cost Estimation Methods in Public School and Hospital Construction Projects in Türkiye: South Marmara Region Example

Abstract: Preliminary cost estimation values required in the design phase of construction projects play a very important role in the realization of the investment. The purpose of this study; to contribute to the determination of deviation amounts in terms of actual construction costs and calculated preliminary costs, and to compare the performances of the above-mentioned methods in school and hospital structures. For this purpose, the quantity surveys and surveys of five schools and two hospital structures (as well as three more hospital structures in three different regions) constructed with public tenders in the Southern Marmara region were taken and their actual costs were found according to the Unit Price Method (with 2021 current prices). The costs of the same structures, this time, were calculated with the aforementioned preliminary cost estimation methods and the deviation rates from the actual costs were investigated. The error rates of the methods were compared without neglecting the Covid 19 Pandemic conditions and high inflationary economic conditions experienced in the world and Türkiye during the relevant time period. According to the obtained data, the Area Method makes a cost estimation with a 113% error in school buildings and a 97% error in hospital buildings; while the Volume Method makes estimates with 121% and 120% errors, respectively. The error rates of the Floor Shell Method were again at the levels of 158% and 203%, respectively. It is thought that both investing institutions and construction companies; Knowing the error rates of the preliminary estimation methods they use in the preliminary design phase of structures and making approximate construction cost estimations will contribute to submitting healthy offers to tenders and realizing projects. In the study, it was determined that the estimations to be made by using different methods at the same time may give different results for different structure/building types and compared to previous studies; For this reason, it is also desired to underline that companies should make separate calculations for each structure and method, reach different reliability levels and evaluate the decisions they will take within this scope.

Keywords: Building cost, Preliminary cost methods, Area method, Volume method, Storey enclosure method

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Düzce University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, 81620, Düzce, Türkiye

E mail: latifugur@duzce.edu.tr (L. O. UĞUR)

Latif Onur UĞUR  <https://orcid.org/0000-0001-6428-9788>

Gönderi: 08 Ağustos 2024

Kabul: 13 Nisan 2025

Yayınlanma: 15 Mayıs 2025

Received: August 08, 2024

Accepted: April 13, 2025

Published: May 15, 2025

Cite as: Uğur L.O. 2025. Comparison of performance of different preliminary cost estimation methods in public school and hospital construction projects in Türkiye: south Marmara region example. BSJ Eng Sci, 8(3): 846-854.

1. Giriş

Maliyetler, projelerin fizibilite çalışmalarında ve projenin erken aşamalarındaki karar alma süreçlerinde birincil kriter olarak kabul edilir (Heralova, 2017). Maliyet tahmini, bir projeyi geliştirmek için gerekli kaynakları nicelleştirerek ve değerlendirerek maliyet tahminleri üretme sürecidir (Amos, 2004). Süreç, tahminlerin başlangıç ve tasarım aşamalarında mevcut olan bilgi düzeyine göre güncellenmesi anlamında yinelemelidir ve bu da karar alma süreci için temeldir. Maliyet tahmini, projenin ekonomik fizibilitesinin belirlenmesini ve alternatiflerin değerlendirilmesini sağlar, ayrıca proje sahiplerinin ilk aşamalarda daha fazla etkiye sahip olması nedeniyle kapsam için bir itici güç olabilir (PMI, 2016). Bir inşaat projesinin başarısı, proje maliyetinin başlangıç aşamasında ne kadar hassas bir şekilde tahmin edildiği ve yaşam döngüsü boyunca nasıl yönetildiği ile değerlendirilebilir (Ahn vd., 2017). Genel olarak maliyet tahminleri amaçları doğrultusunda tanımlanırlar. Bir ihaleye teklif verilmesi için, bütçe oluşturulması için veya proje fon temini amaçlı vb. olabilirler (Gücüyener, 2005). Ön maliyet tahmini bir inşaat projesinin fizibilite, ön tasarım aşamasında gerçekleştirilen konsept maliyet tahminidir. Gerçekleştirilen literatür araştırmasında daha çok inşaat maliyetini içermekte fakat bazı çalışmalarda ilk yatırım maliyeti olarak değerlendirilmektedir. Ön maliyet tahmini için gerekli en önemli dört ana eleman geçmiş projelerden oluşan bir veritabanı; geçmiş maliyet değerlerini güncellemeyi sağlayan maliyet indeksleri, güncel üretkenlik oranları, spesifik saha koşulları vb. gibi bilgileri içeren güncel veri tabanı; tahmin algoritmalarını içeren bir tahmin metodolojisi, yöntemi ve tüm bunları organize eden tahmincidir (Çelik 2006).

Bir inşaat projesinde inşaat maliyetlerinin tahmininin doğruluğu, projenin başarısında kritik bir faktördür. Erken aşamada minimum proje bilgisi ile inşaat maliyetlerini tahmin eden maliyet tahmin modelleri, bir inşaat projesinin ön tasarım aşamasında faydalıdır. Proje yöneticilerinin kullanımına sunulan iyileştirilmiş maliyet tahmin teknikleri, inşaat projelerinde zaman ve maliyetlerin daha etkili bir şekilde kontrol edilmesini kolaylaştıracaktır. Maliyet tahmini görevinin büyük önemine rağmen, projenin erken aşamalarındaki bilgi eksikliği nedeniyle ne basit ne de anlaşılırdır (Perera ve Watson, 1998).

İnşaat projelerinin erken aşamalarında maliyetleri tahmin etmek için en yaygın kullanılan yöntem yüzeysel alan yöntemidir (Ashworth, 2015). Kat alanı yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntem, toplam brüt iç kat alanının tarihsel verilere dayalı uygun bir maliyet/m² ile çarpılmasından oluşur (RICS, 2017). Bu geleneksel yöntem, -%15 ile +%25 arasında değişen düşük bir doğruluk sağlar (Abourizk vd., 2002, Ashworth, 2008). Maliyet tahminlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak, karar vericinin alternatifleri en iyi şekilde değerlendirme ve projelerin erken aşamalarında yatırım

kararlarını iyileştirme yeteneği için son derece önemlidir.

Önceki çalışmalarda, kullanımı zor olan birçok girdiye dayalı olarak nihai inşaat maliyeti değerlerini tahmin etmek için modeller geliştirilmiştir. Ancak, nispeten az girdiye sahip modellere güvenmek, tahmin sonuçlarının doğruluğunu azaltacaktır (Khalid vd., 2025).

İnşaat sektöründe maliyet tahmini, maliyet planlaması ve bütçeleme için esastır ve proje geliştirmenin tüm aşamalarında yer alır. Bir inşaat projesinin maliyet açısından analizi, planlamadaki en hayati sorunlardan biridir. Yapı sektörü doğası gereği güçlü bir rekabet alanıdır ve tahmin çalışmaları hayati öneme sahiptir. (Uğur vd., 2019; Özmaden ve Erdal 2020; Sueri ve Erdal 2022).

Maliyet tahminlerinde kimi zaman oldukça büyük miktarda sapmalar meydana gelmektedir (Ayaydın, 2000). Ayrıca tahminlerden elde edilen sonuçlara kesin gözüyle bakılmamalıdır (Eski, 1993). Maliyet tahmini sonucu doğru, yüksek ya da düşük olabilir. Doğru hesaplanan projeler en ekonomik olarak gerçekleşen projeler olurken, düşük ya da yüksek tahminler daha fazla harcamalara sebep olurlar (Çelik 2005).

Doğruluk maliyet tahmin performansının bir ölçüsüdür. Tahmin, gerçeğin doğru bir yansıması olması gerektiğine göre, maliyet tahminini etkileyen faktörler aynı zamanda tahminin doğruluğunu ve güvenilirliğini etkileyen faktörler olarak da değerlendirilebilirler (Asworth, 1988). Tahminin doğruluğu ve güvenilirliği; tahmin için ayrılan süreye, ele alınan projenin mevcut detay seviyesine, eldeki verinin kalitesine, kullanılan tahmin modeline ve tahmincinin kişisel beceri ve tecrübesi ile de yakından ilişkilidir (Seyyar, 2000). Tahminin doğruluğu, gerçekleşen maliyet ile tahmin arasında karşılaştırma yapılarak anlaşılabilir. İhalelerde ise, gerçek maliyet sadece ihaleyi kazanan tarafından bilinebileceği için, tahminin başarısını değerlendirme konusu önemli bir problem noktasıdır (Yaylagül, 1994). Doğru maliyet tahminleri, yatırımcıların nakit akış eğrilerini daha hassas yönetmelerini sağlarken, uygulayıcı paydaşların da iş planlarını daha doğru bir şekilde yapmalarına olanak tanır (Çakmak ve Erdal, 2024).

Proje, tasarımın ilk aşamalarından inşaat aşamasına kadar geliştikçe, maliyet tahmini yöntemleri değişir. Prensipten olarak, proje geliştikçe, daha fazla bilgi elde edilebilir hale gelir, dolayısıyla daha doğru tahmin olabilir ve daha kesin tahmin yöntemleri olabilir. Buna göre uluslararası platformda tahmin yöntemleri şu şekilde gruplandırılabilir (beklenen kesinlik parantez içinde belirtilmiştir):

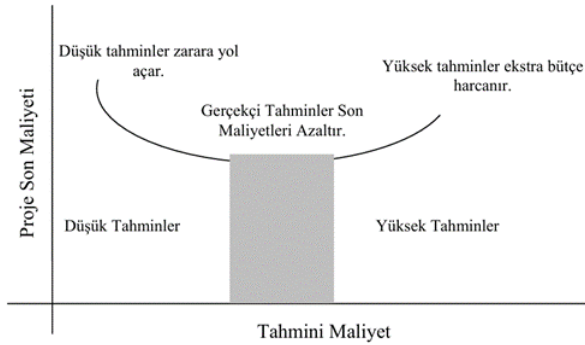
- Başlangıç aşamasındaki tahmin yöntemleri (%30 ila %50)
- Tasarım aşaması tahmin yöntemleri (%15 ila %30)
- İnşaat aşaması tahmin yöntemleri (%5 ila %15).

İlk iki sınıfa dahil edilen yöntemler ile yukarıdaki son sınıfa dahil edilenler arasındaki temel fark, birincisinin güvenilir tarihsel maliyet verilerine bağlı olması,

ikincisinin ise projenin tamamlanması için gereken kaynakların maliyetlerine dayalı analitik bir yaklaşım izlemesidir. Ayrıca, tasarım ekibi tarafından proje hakkında daha fazla bilgi yayınlandıkça tasarım aşamasında tahminin doğruluğu artar.

Herhangi bir inşaat işinin maliyet tahmini çeşitli yöntemlerle yapılır. Maliyet tahmin yöntemlerini kullanarak tahminin yaklaşık değeri elde edilir. Tahminde hesaplanan miktar, projenin yürütülmesine göre neredeyse kesindir. Bu yöntemlerin kullanımı temel olarak tahmin edilen yapının tasarım türüne ve şekline bağlıdır (Singh 2019).

Şekil 1.'deki Freiman Eğrisi, Maliyet Tahminlerinin Proje Sonu Maliyetler ile ilişkisini göstermektedir. Buradan görüleceği gibi maliyet tahmininin düşük ve yüksek olması durumunda da gerçekleşen maliyet, en düşük maliyetin üzerindedir (Phaobunjong, 2002).



Şekil 1. Freiman eğrisi.

Düşük hesaplamaları tasarım ve şartnamelerin tahmin edilenden daha fazla maliyet içermesi anlamına gelir. Bunun sebebi zayıf planlama ve tahmin sonucu önemli bileşenlerin ihmal edilmesidir. Bu tahmin proje gecikmelerine, organizasyonun ikinci bir defa oluşturulmasına, planlamaya sebep olur ki bu da maliyeti önemli ölçüde artırır (Çelik 2005). Yüksek tahmin de düşük tahmin gibi kötü sonuçlar doğurur. Proje daha düşük finansmanla gerçekleşebilecekken bu tahmin sonucunda ekstra bütçe çoğunlukla tamamen harcanacaktır. Proje sonunda daha düşük maliyetle tamamlanmış gibi gözükse de aslında daha fazla para harcanmıştır (Phaobunjong, 2002). Mevcut tasarım bilgilerinin miktarı arttıkça, maliyet tahmininin doğruluk oranı artmakta, ancak maliyet hesaplama işleminin süresi de artmaktadır (Bostancıoğlu, 2006).

Yeni proje nitelikleri maliyet tahmini metodolojisine bağlı olarak gerektiği şekilde belirtilir. Geçmiş projelere ait veri tabanında da gerçekleşmiş projelerle ilgili maliyet bilgileri, üretkenlik değerleri vb. gibi bilgiler bulunur. Güncelleme veri tabanı da maliyet indeksleri ile güncel üretkenlik verilerinden oluşmaktadır. Maliyet tahmini metodları, tasarım değişkenleri, yapım metodları, yapım işlemlerinin zamanlaması ve yapıya ilişkin çeşitli özelliklerin göz önünde bulundurulmasıyla oluşturulmuş yöntemlerdir (Saner 1993).

Projelerin erken aşamalarında inşaat maliyetlerinin tahminindeki düşük doğruluk, hesaplama gelişmelerinden yararlanan alternatif maliyetlendirme yöntemleri üzerine araştırmaları yönlendirmiştir, ancak bunların uygulamada kullanımındaki doğrudan çıkarımlar net değildir (Miranda vd., 2022).

Kuruoğlu vd., inşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerinin karşılaştırdıkları çalışmalarında; inşaat sektöründeki tüm firmaların sistematik bir şekilde bilgisayarlar aracılığıyla inşa ettikleri yapılara ait bilgileri kayıt etmeleri gerektiği, hem analizlerinde hem de tahmin hesaplamalarında daha hızlı, daha doğru sonuçlar elde etme yollarını aramalarının icap ettiği sonucuna varmışlardır (Kuruoğlu vd., 2011).

Bayram vd., çalışmalarında; Türkiye’de yapım maliyeti tahmininde yaygın olarak kullanılan ve en önemli veri tabanları olarak kabul edilen “İnşaat Birim Fiyat Yöntemi” (BFY) ve “Birim Alan Maliyeti Yöntemi” (BAMY) yaklaşımlarının maliyet tahmini performanslarının belirlenmesi ve kıyaslanması amaçlamışlardır. Anılan yöntemlerin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri tarafından 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu’na göre ihale edilerek 2003-2011 yılları arasında tamamlanmış olan 420 kamu yapım işine ait ihalelerde sırasıyla %13,57’lik ve %17,3’lük sapma oranları ile daha düşük hesaplandıkları belirlenmiş, BFY’nin BAMY’ye göre daha yüksek performans gösterdiği ancak tatminkâr düzeyde olmadığı tespit edilmiştir (Bayram vd., 2016).

Dünyada yapı maliyeti tahmini yapmak için kullanılan çok çeşitli yöntemler vardır. Birim maliyet değerleriyle; dönüştürme modeliyle; nedensel ve deneysel modeller ile regresyon modeliyle; boyutsuz büyüklükler ile olasılık modelleriyle; faktör yöntemiyle; uzman sistemleri ile; maliyet indeksleriyle; fonksiyonel elemanlara dayalı; yapı birimlerine dayalı; kaynaklara dayalı olarak vb. yöntemler sıralanabilir. Türkiye’de bu yöntemlerin bazıları sıklıkla kullanılmakta bazıları ise hiç bilinmemektedir. Türkiye’de ön maliyet tahmininin sapma oranının %10 - %20 arasında olduğu belirlenmiştir. Bir firma için yüksek doğrulukta tahminler üreten bir metot diğer bir firma için aynı doğrulukta olmayabilir (Göktürk, 2007). Yapı ön maliyet tahmininde güncel olarak kullanılan modeller arasında Regresyon Analizi, ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri de gerçeğe yakın tahminler sağlayabilmektedir (Uğur, 2018). Miranda vd., Tahmini maliyet hesaplama ve analiz tekniklerinin, inşaat projelerinin erken aşamalarında inşaat maliyetini tahmin etmedeki tahmini güçlerini ve en çok uygulanan tekniklerin hangileri olduğunu araştırmışlardır. Çalışmalarında maliyet tahmini araştırmaları için daha katı parametre tanımlama yöntemlerini izleyerek, daha iyi veriler ve öngörücü güç değerlendirmeleri kullanarak, modellerin daha güvenilir tahminler üretebileceği sonucuna varmışlardır (Miranda vd., 2022).

İnşaat projeleri vb. faaliyet sayısı oldukça fazla olan projelerde ise sezgisel yaklaşımların uygun çözümler ürettiği bilinmektedir. Sezgisel yaklaşımlara örnek olarak

Seri ve Paralel Yöntem, Genetik Algoritma, Tabu Arama ve Yapay Sinir Ağları verilebilir (Kanıt vd., 2005).

Bazı projelerde özellikle de kamu projelerinde maliyetlerin parasal ifade ile karşılaştırılması mümkün değildir. Bunun en önemli nedeni ise kamu yatırım projelerinin büyük ölçüde sosyal içerikli yatırımlardan oluşmasıdır. İçme suyu, eğitim, sağlık, ulaştırma, enerji gibi projelerde klasik anlamda proje değerlendirme ve analiz teknikleri kullanılamamaktadır. Zira bu projeler insan yaşamını etkileyen ve vazgeçilmez olan projelerdir. Maliyetleri yüzünden vazgeçmek ya da alternatif bulmak kimi zaman zor, kimi zamanda imkânsızdır (Manav ve Erdal 2017). Okul ve hastane yapılarının da sosyal faydaları açısından bu gruba dahil olduğu açıktır.

Bu çalışmada birinci derecede incelenen ön maliyet tahmin yöntemleri, bu yöntemlerin avantajları ile dezavantajları aşağıda açıklanmıştır.

1.1. Hacim Yöntemi

Yapının maliyetinin hacmine dayanarak hesaplandığı bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle İkinci Dünya Savaşı sırasında yaygın olarak kullanılmıştır (Topçu 1989). Bu yöntemde yapı maliyetinin yapı hacmine oranı olarak tanımlanan metreküp maliyet, yükseklik faktörünü de dikkate almak istediğinden doğmuştur. Yöntemin uygulandığı ülkelerde tahmin büroları ellerinde bir küp kitabı bulundurmakta ve bir proje için sözleşme imzalandığında kabul edilen teklifin değerini bina hacmine bölerek bu kitaba işlemekteydi (Usta 1994). Bu yöntem, maliyetleri karşılaştırılan binalar çok büyük benzerlikler taşımadıkça fazla kullanışlı olmamaktadır. Kat adedindeki farklılıklar bile maliyetlerde büyük sapmalara ve hesap hatalarına neden olabilmektedir.

İlave bir kat, birçok imalat miktarını artırır ve maliyete önemli ölçüde yansır. Tüm bu eksiklikler çoğu tip projelerin tahmininde hacim yönteminin terk edilmesine sebep olmuştur. Bina maliyetinin hacimden çok, döşeme alanı ile sıkı bir ilişki içinde olduğunun anlaşılmasından itibaren bu maliyet tahmin yöntemi bugün de çoğu proje tipinde pek kullanılmamaktadır. Genellikle Devlet Su İşleri kurumunun bazı projelerinde kullanılabilmektedir (Usta 1994). Bu yöntem belli bir hacme sahip bina tipi yapılarda yani depolar, kapalı spor salonları, büro binası vb. yapılarda uygulanabilir. Bu yöntem aşağıdaki aşamalar doğrultusunda maliyet tahmini ve hesaplamalarında uygulanmaktadır: 1) Bu yöntemde yapılacak ilk iş proje tipi seçilir. (hastane, tiyatro binası vb.) 2) Belirli kıstaslar göz önüne alınarak benzer projeler veri tabanından süzülür. 3) Bu aşamada benzer projelerin hacmi hesaplanır. RIBA (Royal Institute of British Architects) tarafından temel işlemsel kuralları konulmuş binanın her bir parçasının, en, boy ve yüksekliğinin (dış ölçüler) çarpımıyla binanın m³ hacim miktarı elde edilir (Seyyar 2000, Ashworth 2008).

Avantajı: Bu yöntemin tek avantajı kolaylığıdır (Topçu 1989).

Dezavantajları:

- Yapı sahibini faydalı alan hakkında bilgilendirmemesi,

- Plan formu, kat sayısı gibi faktörleri dikkate almaması (Seyyar 2000).

- Ayrıca binanın özelliklerine bağlı olarak m³ birim belirlenmesi de oldukça zordur.

Aynı yapı hacmine sahip binaların maliyetini eşit veren yöntem ile avan proje aşamasında hesap yapılabilmesine karşın, gerçekte farklı maliyete sahip olan alternatif projeler arasında seçim yapılamaz (Eski 1993).

1.2. Birim Alan Yöntemi

Taban alanı yöntemi, basitliği nedeniyle birçok Avrupa ülkesinde çok popülerdir. Ayrıca ön tahmin için de yeterlidir, ancak açıkçası yukarıda açıklanan birim başına maliyet yönteminden daha fazla proje bilgisine ihtiyaç duyar. Projenin toplam maliyeti şu şekilde verilecektir:

Toplam maliyet = metrekare başına maliyet x toplam proje alanı.

Birim alan yöntemi, plan alanı ilişkisiyle maliyeti belirleyen ve uygulamada en çok kullanılan bir yöntemdir. Planın biçimsel yönden özellik göstermediği ve kat yükseklikleri arasındaki farklılaşmaların az olduğu durumlarda kullanılabilmektedir. Bu yöntemde kullanılacak projeler % 100 tamamlanmış olmalıdır (Roney 1992). Bu model konut, fabrika, depo, hastane, okul, kule vb. inşaat projelerinde uygulanabilir.

Yöntemin kullanılabilmesi için yapının öncelikle her kat seviyesinde iç boyutları ölçülmelidir. İç duvarlar, kanallar, asansörler veya merdiven kasaları için herhangi bir kesinti yapılmaz. Önceki benzer binaların maliyetleri, yukarıdaki ifade kullanılarak toplam proje maliyetinin hesaplanmasında kullanılabilecek metrekare başına sağlam bir maliyet oluşturmak için kullanılır. Konum ve enflasyon için geçmiş verilerde ayarlamalar yapılabilir.

Avantajları:

- Hacim ve birim yöntemlerine göre daha hassastır.
- Maliyetin döşeme alanı ile olan ilişkisi hacmi ile ilişkisinden daha fazladır (Topçu 1989).
- Bu yöntem bina planının biçimsel açıdan farklılık göstermediği ve kat yüksekliklerinin arasındaki değişiklikler büyük değilse kullanılabilir.
- Plan şeması, büyüklük vb. gibi faktörler, göz önüne alındığından bu yöntem sonucu elde edilen tahmin güvenilir olmaktadır (Seyyar 2000).

Dezavantajları:

- Bu yöntemde üçüncü boyuta ait özellikler yoktur. Bu da bina kabuğunda oluşan ve farklı malzeme girdilerinden dolayı denetlenemeyen bir takım maliyet sapmalarının oluşmasına neden olmaktadır (Eski 1993).
- Plan şeklindeki değişiklikleri ve toplam bina yüksekliğini doğrudan hesaba almaz (Eski 1993).
- İnşaat yeri ve koşulları, inşaat yöntemleri, malzemeler, dış yüzey kalitesi, tesisat özellikleri ve kalitesi gibi birçok değişkene dağıtım yapılması gerektiğinden dolayı mevcut binaların bilinen fiyatlarının değerlendirilerek m² birim fiyatının tespit edilmesi zordur.
- Avan proje evresinde maliyet hesabı yapılacak aynı alana sahip iki binanın bu yöntem sonucu maliyeti aynı olmasına rağmen gerçekte farklı olmasından dolayı

projeler arasında seçim yapılamaz (Eski 1993).

- Kat yüksekliği, plan biçimi, büyüklüğü, inşaatların kalite sınıfları arasındaki farklar gibi etkenler göz önüne alınmadığı için sonuçlar yeteri kadar hassas değildir (Erdem 1996).
- Alan yöntemi, bina kat yüksekliği çok fazla ise güvenilir değildir (Topçu 1989).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı m² maliyet verileri bir yıl için belirlenmekte bu nedenle bu bilgiler tahminin gerçekleştirileceği gün için güncel nitelik taşımamaktadır.

1.3. Kat Kabuğu Yöntemi

Kat kabuğu yöntemi, yapının dış duvarları, kat döşemeleri ve çatı döşemesi alanlarının hesaplanarak bu alanların da her birinin belirli katsayılarla çarpılması sonucu elde edilen değerlerin toplamı sonucunda kat kabuğu olarak adlandırılan değer ile yapının maliyeti arasında kurulan ilişkiye dayanmaktadır (Eski 1993). Bu model depolar, büro binası vb. gibi inşaat projelerinde uygulanabilir. Bu modeldeki parametreler bina tipi, inşaatın yapıldığı yer, (kat döşeme alanları, çatı alanı ve dış duvarların alanıdır). Bu model aşağıdaki aşamalar doğrultusunda uygulanır:

- 1) Proje tipi seçilir. (otel, apartman, hastane vb.)
- 2) Belirli kıstaslar göz önüne alınarak benzer projeler proje veri tabanından süzülür.
- 3) Seçilen projelerin kat kabuğu değeri hesaplanır.

Avantajları:

- Binanın plan şemasına daha fazla önem verdiği için diğer metotlardan daha hassas sonuçlar verir (Eski 1993).
- Yöntem plan biçimini, kat yüksekliklerini ve yapının Göktürk'e göre; Birim Maliyete dayalı tahmin yaklaşımında firmaların sık karşılaştıkları zorluklar; Zaman yetersizliği, projenin ilerleyen safhalarında idarenin ihtiyaç ve beklentilerini değiştirmesi, projeye ait yetersiz bilgi bulunması ve ön maliyet tahmin sapma oranı ortalaması %14.6'dır. Ön Maliyet tahmini yapılacak projeye ait yetersiz bilgi bulunması, zaman yetersizliği ve proje belirsizliği, konsept değişiklikleri sık karşılaşılan zorluklar içerisinde (Göktürk, 2007).

Uğur ve Akdık'ın 2019'da yaptıkları bir araştırmaya göre; Aydın ilinde yapımı gerçekleştirilen "zemin + 4 katlı, 20 daireli" bir konut yapısının Birim Fiyat Yöntemi ile hesaplanan maliyetiyle; Birim Alan Yöntemi, Kat Kabuğu Yöntemi ve Hacim Yöntemi ile hesaplanan maliyetler arasında sırasıyla; %128, %156 ve %86 düzeylerinde farklar bulunduğu tespit edilmiştir (Uğur ve Akdık 2017). Uğur ve Penbe, Betonarme çok katlı konut yapılarının maliyetinde Birim Fiyat Yöntemi (UPM) ve Birim Alan Maliyet Yöntemi (UACM) tahmin performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır. BFY yardımıyla hesaplanan maliyet tahminlerinin ortalama hata oranı %22,74 iken BAMY yardımıyla elde edilen maliyetlerin ortalama hata oranı ise %25,09'dur (Uğur ve Penbe, 2021).

Bu çalışmada Güney Marmara Bölgesi'ndeki kamu okul ve hastane maliyetlerinin Alan, Hacim ve Kat Kabuğu

tüm yüksekliğini hesaba kattığından diğer modellerden daha başarılı bulunmaktadır. Dezavantajları:

- Veriler kolay elde edilememekte bu da yöntemin kullanımını engellemektedir (Seyyar 2000).
- Tüm duvar, döşeme ve çatının tek tek alanları ölçüldükten sonra ayrı katsayılarla çarpılması yöntemin eleştirilmesine sebep olmuştur.
- Bu yöntem de binanın fiziksel formunu göz önüne almamaktadır (Topçu 1989).

Bu yöntem önerildiğinde, diğer tek oranlı tahmin yöntemlerinde tespit edilen sorunların plan şekli ve kat yüksekliğindeki değişimler dikkate alınarak aşılması hedeflenmiştir. Ne yazık ki, diğer tek oranlı yöntemlerden çok daha fazla hesaplama gerektirdiğinden ve ihtiyaç duyulan oranlar doğrudan geçmiş verilerden çıkarılamadığından, yöntem inşaat uzmanları tarafından tam olarak benimsenmemiştir.

Diğer birçok faktör bir tahminin doğruluğunu etkiler. Yanlış fiyatlandırma kullanımı, fiyat bilgilerinin kullanılabilirliği ve uygun fiyatlandırma yöntemleri gibi tahmin prosedürü sırasında hatalar meydana gelebilir. Hatalı atlanan öğeler veya yanlış boyutlar gibi tasarım değişiklikleri ve eksik veriler de çıktıyı etkiler. Tahmincinin belirli maliyet kalemlerini gözden kaçırmak veya atık parçaları planlamamak gibi kötü yargıları, doğruluğu etkileyen insan hatasının bir parçasıdır. Hava durumuna bağlı belirsizlikler, inşaatteki gecikmeler, denetim politikaları, farklı inşaat yöntemleri, ekonomik ve siyasi konular, değişen inşaat teknolojisi, ekipman ve malzemelerin mevcudiyeti ve işgücü verimliliğindeki farklılıklar maliyet tahminlerinin doğruluğunu etkileyebilecek dış etkilere bazılarıdır (Gaffney 2021). Yöntemleri ile yapılacak ön maliyet tahminlerinin gerçek maliyetler göre sapmaları hesaplanacak; hangi tip yapı için hangi yöntemin hata sınırlarının hangi aralıklar içinde kaldığı belirlenerek uygulamacılara gereken yapı tipi kategorizasyonları yapabilmeleri, sınır değerleri kontrol edebilmeleri ve en uygun tahmin yöntemini seçebilmeleri için bir karşılaştırma düzlemi sunulacaktır. Literatüre de okul ve hastane yapıları maliyetlerinin ve bölgesel değişimlerin farklı ön tahmin yöntemleri ile hesaplanmasında (kısıtlı sayıda örnekle de olsa) hata sınırları değerleri kazandırılacaktır. Önceki örneklerdeki hata oranları ile çalışma bulguları arasındaki paralellikler ve farklılıklar değerlendirilecektir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri esasları ile maliyeti hesaplanan okul ve hastane yapılarının ön maliyetleri; Alan, Hacim ve Kat Kabuğu Yöntemleri ile yeniden hesaplanarak aradaki oransal maliyet farkları karşılaştırılmıştır. Bunun için 2020 yılında inşaatları tamamlanmış; Düzce ili dahilinde Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde yapısı tamamlanan 5 okul projesi ve Bursa, Düzce, Çanakkale, Diyarbakır ve Isparta illerinde Sağlık Bakanlığınca yaptırılan 5 hastane projesi esas alınmıştır. Her projenin farklı yöntemlerle

hesaplanan maliyet değerleri; Birim Fiyat Yöntemi maliyetleri ile karşılaştırılarak hata oranları belirlenmiştir. Edinilen bulgular tablolar yardımı ile anlamlandırılmış ve karşılaştırılmıştır. Hesaplamalarda 2020 yılı maliyetleri esas alınmıştır. İlgili zaman dilimi esnasında dünyada ve Türkiye’de yaşanan Pandemi şartları ve yüksek enflasyonist ekonomik şartlar da ihmal edilmeden yöntemlerin hata oranları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada aynı anda, farklı yöntemlerin kullanılması ile yapılacak tahminlerin farklı yapılar için ve daha önceki çalışmalarla birbirinden farklı sonuçlar verebileceği; bu sebeple her yapı ve yöntem için, firmaların ayrı hesaplar yaparak, farklı güvenilirlik derecelerine ulaşmaları ve alacakları kararları bu kapsamda değerlendirmeleri gerektiğinin altı çizilmek istenmiştir. Çalışma verilerinin elde edildiği ve hesaplamalarının yapıldığı dönemin ekonomik olarak normalden hareketli bir özelliğe sahip olduğu unutulmamalıdır.

3. Bulgular ve Tartışma

Düzce ilinde yapımı tamamlanan 5 okul yapısına ait farklı yöntemlerle hesaplanan maliyetler ve bu maliyet değerlerinin Birim Fiyat Yöntemi bulguları ile

karşılaştırıldığı veriler Tablo 1.’de sunulmuştur. Bu verilere göre gerçek okul maliyet değerleri olarak kabul edilen Birim Fiyat esaslı maliyet değerleri ile Alan Yöntemi ile gerçekleştirilen maliyet değerleri arasında ortalama %113 fark bulunduğu anlaşılmıştır. Aynı karşılaştırma sonucunda Hacim Yöntemi hata ortalaması %121 ve Kat Kabuğu Yöntemi hata ortalaması %158 düzeylerinde gerçekleşmiştir.

Bursa, Düzce, Çanakkale, Diyarbakır ve Isparta illerinde yapımı tamamlanan 5 hastane yapısına ait farklı yöntemlerle hesaplanan maliyetler ve bu maliyet değerlerinin Birim Fiyat Yöntemi bulguları ile karşılaştırıldığı veriler Tablo 2.’de sunulmuştur. Yalnızca Düzce ve Bursa’da yer alan hastaneler esas alınırsa; Alan Yönteminde %97, Hacim Yönteminde %120 ve Kat Kabuğu Yönteminde %203 oranlarında fark bulunduğu görülmektedir. Diğer üç il hastaneleri verileri ortalamaya dahil edilirse gerçek hastane maliyet değerleri olarak kabul edilen Birim Fiyat esaslı maliyet değerleri ile Alan Yöntemi ile gerçekleştirilen maliyet değerleri arasında ortalama %101 fark bulunduğu anlaşılmaktadır. Aynı karşılaştırma sonucunda Hacim Yöntemi hata ortalaması %107 ve Kat Kabuğu Yöntemi hata ortalaması %132 düzeylerinde gerçekleşmiştir.

Tablo 1. Okul maliyetlerinin farklı yöntemlere göre değerleri ve hata ortalamaları

	Düzce Gümüşova Ortaokulu	Merkez Anaokulu	Fatih İlkokulu	Bolu Kültür İlkokulu	Yığılca ÇPL
Derslik sayısı (Ad)	16	6	12	32	6
Öğrenci sayısı (Ad)	320	200	210	750	240
Kat sayısı (Ad)	5	2	3	5	2
Taban alanı (m ²)	3920	660	3398	2200	512,7
Yapı alanı (m ²)	23520	1320	13592	11200	1025,4
Hacim (m ³)	12844	2178	12234,06	45702	4030,9
Bodrum kat (Ad)	1	0	1	1	0
Kat Kabuğu değeri (m ²)	9950,75	1713	7750,07	30790	3159,72
Kat Kabuğu birim maliyeti (TL)	894	894	894	894	894
Alan birim maliyeti (TL/m ²)	2034,81	646,8	1971,23	1310,32	730,98
Hacim birim maliyeti (TL/m ³)	500	500	500	500	500
Birim Fiyat Yöntemi Maliyet (TL)	7.101.499,27	565.711,00	6.698.928,60	14.675.575,00	2.707.307,00
BM Oran	100%	100%	100%	100%	100%
Ortalama			100%		
Alan Yöntemi Maliyet (TL)	47.858.731,20	853.776,00	26.792.958,16	14.675.584,00	749.548,94
Birim M./Alan M. Oranı	15%	66%	25%	100%	361%
Ortalama			113%		
Hacim Yöntemi Maliyet (TL)	6.422.000,00	1.089.000,00	6.117.030,00	22.851.000,00	2.015.450,00
Birim M./Hacim M. Oranı	%)=	193%	91%	156%	74%
Ortalama			121%		
Kat Kabuğu Yönt. Maliyet (TL)	8.895.970,50	1.531.422,00	6.928.562,58	27.526.560,00	2.824.789,68
Birim M/K. Kabuğu M Oranı	125%	217%	103%	188%	104%
Ortalama			158%		

Tablo 2. Hastane maliyetlerinin farklı yöntemlere göre değerleri ve hata ortalamaları

	Ali Osman Sönmez Devlet Hastanesi	Çilimli Devlet Hastanesi	Çanakkale Devlet Hastanesi	Silvan Devlet Hastanesi	Isparta Eğirdir Devlet Hastanesi
Yatak sayısı (Ad)	750	10	75	150	75
Kat sayısı (ad)	11	3	5	3	6
Taban alanı (m ²)	19913	1051	4962	5449	4166
Yapı alanı (m ²)	258864	3143,03	29973	27246	29164
Hacim (m ³)	507177	10000	96853,5	41440	90548
Bodrum kat (Ad)	2	1	1	2	1
Kat Kabuğu değeri (m ²)	850719,5	14849,87	15000	12803,73	15000
Kat Kabuğu birim maliyeti (TL)	800	800	800	800	800
Alan birim maliyeti (TL/m ²)	1219,76	2136,16	1653,75	1537,92	2907,61
Hacim birim maliyeti (TL/m ³)	750	750	750	750	750
Birim Fiyat Yöntemi Maliyet (TL)	29.677.621,00	6.714.006,00	69.957.888,00	41.987.592,00	57.470.000,00
BM Oran	100%	100%	100%	100%	68%
Ortalama			100%		
Alan Yöntemi Maliyet (TL)	315.751.952,64	6.714.014,96	48.701.184,75	41.902.168,32	84.797.440,02
Birim M./Alan M. Oranı	94%	100%	144%	100%	68%
Ortalama			101%		
Hacim Yöntemi Maliyet (TL)	380.382.750,00	7.500.000,00	726.401,25	31.080.000,00	67.911.000,00
Birim M./Hacim M. Oranı	128%	112%	104%	74%	118%
Ortalama			107%		
Kat Kabuğu Yönt. Maliyet (TL)	680.575.600,00	11.879.896,00	75.392.463,60	10.242.984,00	69.897.964,32
Birim M/K. Kabuğu M Oranı	229%	177%	108%	24%	122%
Ortalama			132%		

Yalnızca Düzce ve Bursa'da yer alan hastaneler esas alınır; Alan Yönteminde %97, Hacim Yönteminde %120 ve Kat Kabuğu Yönteminde %203 oranlarında fark bulunduğu görülmektedir. Diğer üç il hastaneleri verileri ortalamaya dahil edilirse gerçek hastane maliyet değerleri olarak kabul edilen Birim Fiyat esaslı maliyet değerleri ile Alan Yöntemi ile gerçekleştirilen maliyet değerleri arasında ortalama %101 fark bulunduğu anlaşılmaktadır. Aynı karşılaştırma sonucunda Hacim Yöntemi hata ortalaması %107 ve Kat Kabuğu Yöntemi hata ortalaması %132 düzeylerinde gerçekleşmiştir.

4.Sonuç

Yatırım projelerinin daha fikir aşamasındayken maliyetlerinin en düşük hata oranları ile tahmin edilmesi; gerek alternatifler arasında seçim yapılması, gerek yatırım kararının alınması, gerekse kaynak temini, bütçeleme, maliyet kontrolü gibi alanlarda birincil derecede önem arz etmektedir. Dünyada ve Türkiye'de kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerinden üç tanesinin gerçek maliyet değerlerine göre hangi oranlarda hata düzeylerine sahip tahminler yapabildiği; değerlendirme yapan ve karar verecek kimseler tarafından önceden bilinmesi gereken bir önemli konudur.

Maliyet tahminini etkileyen ana faktörler; Proje tipi ve büyüklüğü, Projenin gerçekleştirileceği bölgenin coğrafi

konumu, Tasarım, Kullanılan teknoloji, Kullanılan sözleşme tipi, Mevcut ekonomik durum, Mevcut rekabet ortamı ve şartları, Finansman olanakları, Kullanılan tahmin modeli, Kullanılan enformasyon, Tahmin hesaplamaları için kullanılabilecek zaman, Tahmini yapan kişinin beceri ve tecrübe düzeyidir. Bunlar arasında kullanılan metodoloji ve yöntemler nihai maliyet tahmini için farklı ve önemli güvenilirlik değerlerine sahiptirler (Uğur ve Penbe, 2021).

Bu çalışmada 2020 yılında kamu tarafından yapımları tamamlanan 5 okul ve 5 hastane yapısının farklı ön maliyet yöntemleri ile maliyet tahmini hesaplamaları yapılmıştır. Her iki yapı tipi için de Kat Kabuğu Yöntemi ile yapılan tahminlerin hata oranları en fazla düzeyde olmuştur. Uygulanan yöntemlerden Alan Yönteminin hata oranı ise en düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Her iki tip yapı için de Hacim Yöntemi, diğer iki yöntemin arasında hata düzeyine sahiptir.

Çalışmanın önemli bulgularından birisi; daha başlangıç aşamasında, detaylı projeler yokken Türkiye şartlarında yapılan maliyet tahmini hesaplarının hata oranlarının tamamının %100 değerinden fazla olduğudur. Bu değer, uluslararası kabul gören hata oranlarının (%30 - %50) ve Abourizk ve Asworth'un verdiği değerlerin (-%15 ile +%25 arasında) önemli derecede üzerinde bulunmaktadır. Bulgular; Türkiye'de çok katlı betonarme konut yapıları için yapılan Uğur ve Akdık çalışmasındaki Alan Yöntemi hata oranı %128, Kat Kabuğu Yöntemi hata

oranı %156 ve Hacim Yöntemi Hata oranı %86 değerleri ile paralellik göstermektedir. Örnek sayısı az olmakla birlikte, edinilen oranlarla, bu konuda Türkiye yada uluslararası platformlardaki yapı maliyetleri hesaplama yaklaşımlarının ve maliyet unsurlarının önemli derecede farklılıklar taşıdığı fikri akla gelmektedir. Bu önemli farkın sebebi başta Pandemi ve buna bağlı yüksek enflasyonist ekonomik ortam olabilir.

Hata oranları, okul yapıları ile hastane yapılarında farklılıklar göstermektedir. Literatür kısmında; bir apartman/konut yapısı için benzer yöntemlerin karşılaştırıldığı çalışmada da farklı oranların bulunduğu görülmüştür. Dolayısı ile Türkiye’de örnekleme yapılan yapılar için yapı tiplerine göre hata oranlarının da değiştiği çıkarımı yapılabilir.

Yurdumuzda farklı yapı maliyeti hesaplama yöntemlerine göre düzenlenmiş veri bankalarının bulunmaması; daha az ve sınırlı örneklemelerle ve daha az güvenilirlik betimlemeler yapılması mecburiyetini getirmektedir. Örnek sayısının artırılarak yapılacağı çalışmalarla; edinecek bulguların güvenilirliği de daha yüksek olacaktır.

İlgili zaman dilimi esnasında dünyada ve Türkiye’de yaşanan Covit 19 Pandemisi şartları ve yüksek enflasyonist ekonomik şartlar da ihmal edilmeden yöntemlerin hata oranları karşılaştırılmıştır. Çalışma verilerinin elde edildiği ve hesaplamalarının yapıldığı dönemin ekonomik olarak normalden hareketli bir özelliğe sahip olduğu unutulmamalıdır. Ekonomik sürekliliğin devam ettiği gelecek zaman dilimlerinde benzer hesaplamaların yapılması; bu çalışmanın ekonomik dalgalanmalardan etkilenme düzeyi için fikir verebilir.

Sıklıkla kullanılan ve gerçeğe en yakın sonuçların alındığı Birim Fiyat Yöntemi esas alınarak yapılan hesaplamalar ile gerçek maliyetler değerlerine ulaşıldığı kabul edilen bu çalışmada; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı orijinal birim fiyatların Türkiye geneli için ilan edildiği, farklı bölgelerdeki hammadde, yarı mamul ve mamul fiyatları ile nakliye ve işçilik, makine ekipman maliyetlerinin ortalama değerlerinin alındığı; genel olarak bu yöntemle getirilen eleştirilerin temelinde yer almaktadır. Bu çalışmanın karşılaştırılabilir bir yöntemle gerçek maliyetlere ulaşmasında kullanılan bu yöntemin bölgesel değişikliklerle yapım firmalarının kültürü, teknolojisi ve vizyonu ile değişeceği aşikardır. Başka bir coğrafi bölgede aynı yapıların gerçek maliyet değerleri de farklılıklar arz edebilecektir. Çalışma bulguları ilgili bölge, yapı tipi ve yapı sayıları ile sınırlı bulunmaktadır. Çalışmadaki örnekleme sayısı, edinilen proje sayısı ile kısıtlı olduğundan sınırlı bir çıkarım yapılabilen, farklı bölgelerden edinecek benzer projelerle kesinlik düzeyi daha yüksek tahmin değerlerine ulaşmak mümkün olabilecektir. Veri edinilen okulların tamamı ve hastanelerin bir tanesi Güney Marmara Bölgesi’nde yer alırken diğer hastaneler; Bursa, Çanakkale, Silvan ve Isparta’da yer almaktadır. Dolayısı ile üç hastane Güney

Marmara Bölgesi’nde bulunmamaktadır. Yalnızca bölgedeki iki hastane (Düzce ve Bursa) değerleri esas alınırsa hastane maliyetleri için hata oranları; Alan Yöntemi %97, Hacim Yöntemi %120 ve Kat Kabuğu Yöntemi %203 değerlerini almaktadır.

İnşaat firmaların maliyet tahmin sürecinde gereken ilgi ve önemi firma bazında göstermeleri kendi lehlerine sonuçlanarak maliyet tahmini tutarlılığını geliştirmelerine imkan verecektir.

İhale bedelleri, Birim Fiyat Rayiçleri, toplam maliyet değerleri TL üzerinden olduğu için diğer yöntemler de TL üzerinden uygulanmıştır. Daha uzun bir süreçte, farklı para birimleri ile (USD; Euro vb.) benzer hesaplamaların yapılması döviz kuru ve enflasyon etkilerini minimize edebilir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazar katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	L.O.U.
K	100
T	100
Y	100
VTI	100
VAY	100
KT	100
YZ	100
KI	100
GR	100
PY	100
FA	100

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedir.

Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

- Abourizk SM, Babey GM, Karumanasseri G. 2002. Estimating the cost of capital projects: An empirical study of accuracy levels for municipal government projects. Can J Civ Eng, 29: 653-661.
- Ahn J, Park M, Lee H, Ahn SJ, Ji SH, Song K, Son B. 2017. Covariance effect analysis of similarity measurement methods for early construction cost estimation using case-based reasoning. Autom Constr, 81: 254-266.
- Amos S. 2004. Skills and knowledge of cost engineering. A

- project of the education board of AACE international. AACE International: Morgantown, 5th ed., WV, USA, pp: 136.
- Ashworth A, Perera S. 2015. Cost studies of buildings. Routledge: Abingdon, Oxon, UK, 6th ed., pp: 104.
- Ashworth A. 2008. Pre-Contract studies: development economics, tendering, and estimating. Blackwell, Melden, MA, USA, pp: 128.
- Ayaydın E. 2000. Bir yatırım projesi için uygulanan ve önerilen proje yönetim sistemi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, ss: 89.
- Bayram S, Öcal ME, Laptalı Oral E, Atış CD. 2016. Yapım maliyeti tahmininde birim fiyat yöntemi - yapı yaklaşık maliyetleri kıyaslaması. Politeknik Derg, 19(2): 175-183.
- Bostancıoğlu E. 2006. Konut binalarının ön tasarımında bir maliyet tahmin modeli. DEÜ Müh Fak Fen Müh Derg, 8(3): 27-49.
- Çakmak C, Erdal M. 2024. Doğal gaz boru hattı inşaatı maliyetlerinin çoklu doğrusal regresyon ve k-en yakın komşuluk yöntemleri ile tahmini. BSJ Sci, 7(6): 1327-1337.
- Çelik LY. 2006. Türkiye’de inşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmini yöntemleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, pp: 29.
- Erdem AE. 1996. Konut projelerinde, ön tasarım aşamasında, fonksiyonel elemanlara dayalı maliyet tahmini için bir model geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, pp: 21.
- Eski O. 1993. Avan (ön) proje evresinde bina maliyetinin inşaat imalatlarına dayalı olarak hesaplanmasına yönelik bir model. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, pp: 12.
- Gaffney C. 2021. Unit method of cost planning. URL: <https://smallbusiness.chron.com/unit-method-cost-planning-14497.html> (accessed date: November 17, 2021).
- Göktürk İ. 2007. İnşaat sektöründe fizibilite aşamasında maliyet tahmini yapmakta karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri üzerine bir değerlendirme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, pp: 83.
- Gücüyener M. 2005. Değişken birim fiyat usulü ile yapılan bir otokol projesinde yüklenici yıllık maliyet yönetim sistemi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, ss: 86.
- Heralova RS. 2017. Life cycle costing as an important contribution to feasibility study in construction projects. Procedia Eng, 196: 565-570.
- Kanıt R, Baykan UN, Erdal M., 2005. Kısıtlı kaynak koşullarının yapı maliyetine etkisinin incelenmesi. Politeknik Derg, 8(2): 209-221.
- Khalid SA, Alsugair AM, Alsanabani NM, Alabduljabbar AA, Almohsen AS. 2025. ANN Prediction model of final construction cost at an early stage. J Asian Archit Build Eng, 24(2): 775-799.
- Kuruoğlu M, Topkaya E, Çelik LY, Erkan Yönez E. 2011. İnşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması. 6. İnşaat Yönetimi Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 25-27 Kasım, Bursa, Türkiye, ss: 140-141.
- Manav T, Erdal M. 2017. Ceza infaz kurumu projelerinin maliyet-etkililik analizi ile değerlendirilmesi. TÜBAV Bilim, 10(3): 21-27.
- Miranda SLC, Castillo EDR, Gonzalez V, Adafin J. 2022. Predictive analytics for early-stage construction costs estimation. Build, 12: 1043.
- Özmaden MŞ, Erdal M. 2020. Konut yapılarının maliyet tahmininde kullanılan yöntemlerin performans analizi. Konya Müh Bil Derg, 8(4): 970-985.
- Perera S, Watson I. 1998. Collaborative case-based estimating and design advances in engineering. Adv Eng Softw, 29(10): 801-808.
- Phaobunjong K. 2002. Parametric cost estimating model for conceptual estimating of building construction projects. Faculty of Graduate School of Texas, Austin, USA, pp: 29.
- Project Management Institute (PMI). 2016. Construction extension to the PMBOK® guide. Project Management Institute: Newtown Square, Pennsylvania, USA, 2nd ed., pp: 75.
- Roney SF. 1992. Square foot type estimating for construction. AACE® International Professional Guid, Doc. No: 01, New York, USA, pp: 45.
- Royal Institution of Chartered Surveyors. 2012. RICS new rules of measurement. In NRM 1, order of cost estimating and cost planning for capital building works. RICS, London, UK, pp: 48.
- Saner C. 1993. 4-8 katlı konut yapılarında taşıyıcı sistem maliyetini tahmine yönelik bir yaklaşım önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, pp: 42.
- Seyyar B. 2000. Bina tasarım sürecinde bilgisayar destekli maliyet tahmin sistemleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, pp: 90.
- Singh R. 2019. Cost estimation methods in construction. URL: <https://civilpanel.com/cost-estimation-methods-construction/> (Son erişim tarihi: 24 Haziran 2024).
- Sueri M, Erdal M. 2022. Early estimation of sewerage line costs with regression analysis. Gazi Univ J Sci, 35(3): 822-832.
- Topçu G. 1989. Yapı üretim sürecinde maliyet hesaplanmasına ilişkin işlemler: tahmin, planlama, kontrol. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, pp: 28.
- Uğur L. O., Akdık M. M. 2017. İnşaat Sektöründe Maliyet Hesaplamalarında Kullanılan Birim Fiyat Analizlerinin Piyasa Fiyatlarıyla Karşılaştırılması, Yapı İşletmesi Araştırmaları, Alter Yayınları, Ankara, Türkiye, ss: 196-207.
- Uğur LU. 2018. Yapı maliyeti çalışmaları. Alter Yayınları, Ankara, Türkiye, ss: 494.
- Uğur LO, Kanıt R, Erdal H, Namli E, Erdal Hİ, Baykan UN, Erdal M. 2019. Enhanced predictive models for construction costs: A case study of Turkish mass housing sector. Comput Econ, 53: 1403-1419.
- Uğur LO, Penbe K. 2021. Comparison of the performance of “unit area cost method” (UACM) and “unit price method” (UPM) used in estimating the costs of the reinforced concrete multi-storey housing buildings. ICCAUA Proc, 4(1): 751-762.
- Usta SH. 1994. Avan proje evresinde, bina maliyetinin bina elemanlarına dayalı olarak hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, ss: 13.
- Yaylagül N. 1994. Bina yapımında simülasyon yaklaşımıyla maliyet tahmini, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, ss: 22.