



Türkiye’de TOKİ Projelerinde İdeal İş Süresinin Tahmini İçin Bir Hesaplama Yöntemi Önerisi¹

A Calculation Method Proposal For Estimation of Ideal Construction Duration of TOKI Projects in Turkey

Hakan TIRATACI² , Hakan YAMAN³ 

öz

İnşaat projelerinde süresel gecikmelerin yönetimi, dünya genelinde araştırmacılar arasında büyük ilgi görmektedir. Bu konudaki geniş literatür, iş süresini etkileyen çok sayıda faktör olduğunu öne sürmektedir. Bu faktörlerle iş süresini belirleme yönelik tahmin yöntemleri, daha güvenilir araçlar ve etkin zaman performansı sağlamak açısından önceki araştırmalarda kullanılmıştır. İş süresi hesaplama tekniklerinin önemli potansiyeli olmasına rağmen, bu yöntemler sınırlı sayıdaki çalışmada ihale aşamasında ve konut projelerinde uygulanmıştır. Ayrıca Türkiye’de inşaat süresi ile ilgili araştırmalar, konut projelerinde önemli gecikmeler olduğunu göstermiştir. Bu nedenle “İdeal İş Süresi”ne ulaşmak amacıyla yeni bir hesaplama yöntemi önermek için sadece konut projelerinde inşaat süresini etkileyen faktörlerin araştırılmasına karar verilmiştir. Konut projelerine ilişkin veriler, Türkiye’de konut projeleri inşa etmede temel kurum olan Türkiye Cumhuriyeti Toplu Konut İdaresi Başkanlığı’ndan (TOKİ) elde edilmiştir. İstatistiksel veri analizinde çoklu regresyon, CHAID ve CART analizleri kullanılmıştır. Çalışmanın bulguları, her üç istatistiksel yöntem için İdeal İş Süresini önemli ölçüde etkileyen birkaç faktörün olduğunu göstermiştir. Her üç istatistiksel yöntemin de geçerliliğini test etmek için kestirim değerleri ve standart hatalar hesaplanmıştır. Regresyon formülü, önerilen hesaplama yönteminin sınanmasında istatistiksel anlamlılık göstermiştir. Yöntemin farklı konut projelerine de uygulanması, geciken proje sayısının önemli ölçüde azaldığını kanıtlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Proje Yönetimi, İdeal İş Süresi, Süre Planlaması, Proje Gecikmeleri, CHAID, CART

ABSTRACT

The management of delays in construction projects is of great interest among researchers around the world. The extensive literature on this topic suggests that there are many factors affecting construction duration. Estimation methods for determining construction duration with these factors have been used in previous studies to provide more reliable tools and effective time performance. Although construction duration calculation techniques have significant potential, these methods have been applied in a limited number of studies regarding tender stage and housing projects. In addition, research on construction duration in Turkey has shown that there are significant delays in housing projects. Therefore, in order to propose a novel calculation method to reach the “Ideal Construction Duration”, it was decided to investigate the factors affecting the construction duration only in housing projects. Data on housing projects were obtained from the Housing Development Administration of Turkey (TOKI), which is the main institution in constructing housing projects. Multiple regression, CHAID, and CART methods were used in statistical data analysis. The findings of the study showed that there are several factors that significantly

¹ Bu makale, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı kapsamında Prof. Dr. Hakan YAMAN’ın danışmanlığında yürütülmüş olan “Kamu Sektörü Konut Projelerinde İhale Aşaması Planlama Sürecine Yönelik Bir Model Önerisi” isimli doktora tezinden türetilmiştir.

² **Corresponding Author:** İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, htirataci@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2373-9196

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye, yamanhak@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1154-7189



affect the Ideal Construction Duration for each statistical method. To test the validity of all three statistical methods, cutoff values, and standard errors were calculated. The regression formula showed statistical significance in testing the proposed calculation method. The implementation of the proposed method to different housing projects has proven that the number of delayed projects has significantly decreased.

Keywords: Project Management, Ideal Construction Duration, Scheduling, Project Delays, CHAID, CART

GİRİŞ:

İnşaat projeleri maliyet, kalite ve paydaş memnuniyeti gibi diğer kriterler dikkate alınarak zamanında tamamlandığında, başarılı kabul edilmektedir (Chan ve Kumaraswamy, 2002; Majid, 2006). İnşaat sektöründeki bir projede gecikmeler, organizasyonların verimliliği ve kıyaslama performansı nedeniyle “İdeal İş Süresinin” tahmini gereklidir (Chan ve Kumaraswamy, 2002; Nani ve ark., 2017). Etkili planlama ve programlama gecikmeleri önlemekte, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayan yüksek proje performansı sağlamaktadır (Gibson ve ark., 2006; Luu ve ark., 2009; Ismail, 2013; Lines ve ark., 2014; Tunç ve Özaraç, 2015). Planlama ve programlamanın iyi yapılamaması işveren, yüklenici ve mal sahibi üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkarmaktadır (Ndekugri ve ark., 2008). Buna rağmen ihale aşamasında inşaat süresi için planlama ve programlamaya ilişkin literatür sınırlıdır.

İhale aşamasında zaman planlaması ve programlaması, ilgili kanunlar ve yetkili kuruluşlar tarafından düzenlenmesine rağmen (FIDIC, 2017), Türkiye’de kamu inşaat sektörü için böyle bir düzenlemenin olmadığı görülmüştür (Birgönül ve ark., 2007; Köktaş ve ark., 2009; Erbaş ve Çıracı, 2013; Usta, 2014). Bunun nedeni, ihale aşamasında planlama yapılmaksızın sadece en düşük teklif fiyatına öncelik verilmesidir (Türesoy, 1989; Karapınar, 2005; Tokalakoğlu, 2010; Kaplan, 2012). Yüklenici seçiminde sadece düşük maliyetlerin olmaması gerektiği, aynı zamanda zaman ve performans faktörlerinin de göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmaktadır (Obodo ve ark., 2021). Ayrıca Kalkınma Planlarında belirtilen daha iyi ihale sistemi ve etkin planlama ilkeleri uygulanmamıştır (DPT, 2001; DPT, 2007; Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019). İnşaat sektörü paydaşları, iş süresinin önemini farkında olmalarına rağmen, birçok sözleşmenin gereklilikleri karşılamadığı tespit edilmiştir (Lin ve ark., 2011). Bu bulgulara göre, inşaat projelerinin zamanında bitirilememesinin yaygın bir sorun olduğu ve Türkiye'deki projelerin zaman planlaması ve programlamasından yoksun olduğu görülmektedir.

Türkiye’de konut proje süresini etkileyen en önemli faktör maliyettir ve diğer birçok faktör dikkate alınmamaktadır (Odabaşı, 2009; Baltacı, 2012). Arditi ve ark. (1985) Türkiye'deki kamu inşaat projelerinde kamu kurumlarını ve yüklenicileri araştırmış ve projelerdeki gecikmelerin nedenlerini “ulusal politikalarından etkilenenler” ve “kamu kurumları ve yükleniciler tarafından kontrol edilebilenler” olarak tanımlamıştır. Sönmez (2019) konut projeleri için zaman-maliyet ilişkisinde toplam inşaat süresinin tek bir matematiksel denklemlerle hesaplanamayacağını ve her konut projesinin kendine has özellikleri bulunması nedeniyle zaman planlama hataları olduğunu vurgulamıştır. Uygulamada iş süresi için çoğu tahmin yöntemi, “nesnel değerlendirmeler yerine tahmincilerin ve planlayıcıların öznel beceri ve bilişlerine” bağlıdır (Lin ve ark., 2001). Öte yandan Yargıtay içtihatları, Türkiye’de konut projelerinde yaşanan gecikmeler nedeniyle hukuki uyuşmazlıkların olduğunu belirtmektedir (Yargıtay 13. Hukuk Dairesi, 2010; 2011; 2013; 2014; 2015). Literatürde de bu gecikmeleri doğrulayan bulgulara rastlanmaktadır (Al-Khalil ve Al-Ghafly, 1999; Aibinu ve Jagboro, 2002; Odabaşı, 2009). Dolayısıyla daha önce tamamlanmış konut projelerinden elde edilen verileri kullanmak yerine modern planlama ve programlama tekniklerini kullanması önerilmektedir. Bu nedenlerle konut projelerinin karmaşık yapısına uygun olarak güvenilir bir tahmin yöntemine ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda bahsedildiği üzere konut projeleri için ihale aşamasında iş süresinin hesaplanmasına ilişkin bir literatür eksikliği mevcuttur. Nijerya (Elinwa ve Joshua, 2001; Ubani ve ark., 2013), Suudi Arabistan (Bin Seddeeq ve ark., 2019; Alshihri ve ark., 2022), Malezya (Endut ve ark., 2009; Memon, 2014) ve Endonezya (Kaming ve ark., 1997; Susanti, 2020) gibi gelişmekte olan ülkelere benzer biçimde Türkiye de inşaat gecikmeleri ve kötü inşaat planlaması söz konusudur. Bu nedenle, bu çalışmada gerekli faktörleri ve değerlendirme kriterlerini dikkate alarak toplu konut projelerinde ideal inşaat süresini tahmin etmek ve gecikmeleri önlemek için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Hesaplama yöntemi mevcut ihale sistemi ile uyumlu ve kullanıcı dostudur. Bu nedenle maliyet ve zaman kayıplarının önüne geçilebilir. İş süresine yönelik hesaplama yöntemi, Türkiye’deki inşaat yetkililerinden (TOKİ) toplanan verilere dayanmaktadır. Bu çalışmanın bulgularının, üst düzey proje yöneticilerinin ihale hazırlık aşamasında konut projeleri için ideal inşaat süresini tahmin etmelerine olanak sağlaması beklenmektedir.

1. Literatür Tarama

İnşaat sektöründe konut projelerinin başarısı için iş süresi temel kriterlerden biri olarak kabul edilmiştir (Chan ve Chan, 2004; Aibinu ve Odeyinka, 2006; Ting ve ark., 2021). Ancak konut projelerinin gecikmesi hala yaygın bir sorundur ve araştırmalar, tamamlanan projelerin %40-70’inin planlanan programın gerisinde kaldığını ve gecikmelerin aylarca sürdüğünü göstermiştir (Blyth ve ark., 2004; Iyer ve Jha, 2005; Lin ve ark., 2011). Projelerin inşaat süreleri genellikle varsayımlar veya karşılaştırmalar ile belirlenmekte ve inşaat projelerinin ilk aşamalarında süresel planlama dikkate alınmamaktadır (Walraven ve de Vries, 2009; Ibrionke ve Elamah, 2011; Shokri-Ghasabeh ve Chileshe, 2016; Oyedele, 2013; Oyedele ve ark., 2015; Obodo ve ark., 2021). İnşaat projelerinin ihale aşamasında paydaşlar, proje süresinin güvenilir şekilde tahmin edilmesini istemektedirler (Qiao ve ark., 2019). Faaliyetler başlamadan önce proje süresinin tahmini, projenin verilen süre içinde tamamlanması açısından son derece önemlidir (Thing, 2006). Proje süresinin olduğundan düşük sürelerde belirlenmesi, yüklenici ile mal sahibi arasında anlaşmazlıklara yol açabilirken, fazla belirlenmesi ise ihale aşamasında rekabet gücünü azaltabilir (Jin ve ark., 2016). Çalışmalar, inşaat projelerinin ilk aşamalarında planlama ve programlamanın nihai proje sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir (Wang ve ark., 2012).

İş süresini tahmin etmeye yönelik araştırmalar; temel olarak finansal ve ekonomik faktörlere (Türesoy, 1989; Alaghbari ve ark., 2005; Musarat ve ark., 2020), iklimsel, coğrafi ve topografik faktörlere (Cheng, 2014; IAEA, 2018), projelerin karmaşıklığı ve boyutuna (Kerzner, 1991; Chevallier ve Russell, 2001), projenin önceliğine (Yang ve ark., 2014), proje bölgesinin tedarik ve lojistik koşullarına (Asnaashari ve ark., 2009; Ramli ve ark., 2018; Tunji-Olayeni ve ark., 2018; Nayak, 2019), sosyal ve kültürel faktörlere (Imbert, 1990; Assaf ve Al-Hejji, 2006; Salleh, 2009; Al-Sabah ve ark., 2014) odaklanmıştır. Farklı çalışmalarda birçok faktör göz önünde bulundurulmasına rağmen, literatür bulguları iş süresinin çoğunlukla göz ardı edildiğini göstermiştir.

İnşaat projelerinde iş sürelerini etkileyen çok çeşitli faktörler mevcuttur (Oo ve ark., 2022). Bu faktörler genellikle proje ve ihale türü (Kaka ve Price, 1991; Dursun ve Stoy, 2012), proje tasarımının karmaşıklığı (Chan ve Kumaraswamy, 1997; Oyedele, 2017), hava koşulları ve projenin coğrafi konumu (Kaming ve ark., 1997; Salleh, 2009; Sweis, 2013), proje özellikleri ve inşaat öncesi süresel planlama (Chan ve Kumaraswamy, 2002; Meeampol ve Ogunlan, 2006), finansal koşullar (Hoffman ve ark., 2007; Shanmugapriya ve Subramanian, 2013; Faremi ve ark., 2016; Nayak, 2019), deprensellik (Mauriya ve ark., 2010; Mahmoodzadeh ve ark., 2022) ve tedarik koşulları (Oyedele, 2017) olarak sıralanmaktadır.

Yukarıda sıralanan faktörler kullanılarak çeşitli iş süresi tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. İş süresini tahmin etmek için birçok araştırmacı, bir projenin ilk aşamalarında süre tahmini için regresyon analizinin uygulanabilirliğini göstermiştir (Khosrowshahi ve Kaka, 1996; Lin ve ark., 2011). İş süresini tahmin etmek için simülasyon modelleri de kullanılmıştır. Sanni-Anibire ve ark. (2021) yüksek bina projeleri için Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi (ÇDRA), k-En Yakın Komşu Algoritması (KNN), Yapay Sinir Ağları (YSA), Destek Vektör Makineleri (DVM) ve Topluluk Öğrenmesi yöntemlerini içeren makine öğrenme modelleri geliştirmişlerdir. İş süresini etkileyen en önemli faktör toplam kat sayısı olarak bulunmuştur. Fan ve ark. (2021) inşaat projelerinin ön aşamalarında iş süresini tahmin etmek için YSA kullanmış, iki aşamalı YSA'lar ve duyarlılık analizi ile öznelik seçimi ile doğru sürelerin elde edilebileceğini bulmuşlardır. Yogesh ve Rao (2021) Delphi analizini kullanarak her faaliyetin çıktı oranlarından yol yapım sürelerini tahmin etmek için bir sistem geliştirmiştir. Yaseen ve ark. (2020) inşaat sürelerini tahmin etmek ve risk seviyelerini izlemek için hibrit yapay zekâ modeli kullanmışlardır. Lines ve ark. (2014) ihale aşamasında iş süre planlama modelinin sırasıyla %44,0 ve %44,9 oranında maliyet ve zaman azalması sağladığını göstermiştir. Lines ve ark. (2015) ihale aşamasındaki planlama modelinin maliyeti ve süreyi sırasıyla %54 ve %70 oranında azalttığını belirlemiştir. Karar ağacı algoritmalarından Sınıflama ve Regresyon Ağacı (CART) ve Otomatik Ki-Kare Etkileşim Belirleme (CHAID) yöntemleri de süre tahmini için kullanılmaktadır (Godinho ve Costa, 2004). Ancak çok az sayıda araştırmacı inşaat sektöründe CART ve CHAID kullanmıştır. Lin ve Fan (2019) iş süresini olumsuz etkileyen yetersizlikleri azaltmak için kamu inşaat projelerindeki hataları belirlemek amacıyla CHAID ve CART'ı kullanmışlardır. Pospieszny (2015) yazılım projelerinin süresini tahmin etmek için CHAID'i kullanmıştır. CHAID ve CART kullanılarak hibrit bir yazılım maliyet tahmini yaklaşımı da geliştirilmiştir (Papatheocharous ve Andreau, 2012).

İnşaat projelerindeki gecikmeleri azaltmak için uygun faktörlerin seçilmesiyle daha iyi zaman yönetimi sağlanabilir. Paydaşların olası anlaşmazlıkları, zaman ve maliyet kayıplarını önleyebilmeleri için ihale ve ilk planlama aşamasında inşaat süresinin tahmin edilmesi önemlidir. Bu araştırma, inşaat projelerindeki gecikmeleri azaltmanın yanı sıra özellikle konut projelerinin ihale sürecinde inşaat süresini etkileyen faktörleri ve değerlendirme kriterlerini ele almaktadır.

1.1. Faktörlerin Seçimi

İnşaat sektöründe gecikmeye neden olan faktörler, inşaat faaliyetlerinin yapım aşamalarında zamanında teslim edilmesine engel olmakta ve dolayısıyla projelerin tamamlanma süresini olumsuz etkilemektedir (O'Brien ve Plotnick, 1999). Son yıllarda yayınlanan araştırmalar, inşaat projelerinde gecikmeyi etkileyen çok sayıda faktör belirlemiştir. Literatür çalışmaları, birçok inşaat projesinde gecikme faktörlerinde yüksek derecede benzerlik olduğunu göstermiştir (Doloi ve ark., 2012). Ek 1'de yer alan tabloda, literatür taraması yoluyla inşaat süresini etkileyen 56 faktör listelenmiştir. Bu araştırmada iş süresini etkileyen faktörlerin seçimi iki şekilde açıklanmıştır:

1) TOKİ'den mevcut kullandığı Temel İş Süresi (TİS), Proje Önceliği, Projenin Karmaşıklığı, Projeye Özel Talebi, Proje Bölgesinin Tedarik Koşulları ve Proje Bölgesi İklimsel Koşulları literatür çalışmaları ile uyumlu olarak seçilmiştir.

2) Literatür taramasından ekstra üç önemli faktör daha elde edilmiştir.

İlk olarak TOKİ'nin konut projelerinde toplam inşaat süresini tahmin etmek için kullandığı hesaplama yöntemi aşağıda formüle edilmiştir. Bu formülün amacı, TOKİ konut projelerinin toplam inşaat süresini tahmin etmektir. İlk faktör olan TİS; projedeki konut sayısı, Avan Projeli veya Uygulama Projeli gün sayısı ve çalışılmayan gün sayısı olmak üzere üç temel faktörü içermektedir.

$$\begin{aligned} \text{TİS (gün)} = & \text{Faktör\#1'e karşılık gelen Faktör\#2 iş günü sayısı (UPİS)} \\ & + \text{Faktör\#2b kullanılırsa 50 iş günü (APİS)} \\ & + \text{Faktör\#3'e karşılık gelen çalışılmayan gün sayısı} \end{aligned}$$

Eşitlik 1’de TİS’in hesaplanması için kullanılan faktörler Tablo 1’e göre belirlenmektedir.

Tablo 1. TOKİ’nin konut projelerinde “Temel İş Süresi”ni hesaplamak için kullandığı üç temel faktör

Konut Sayısı (Adet)	Uygulama Projeli İş Süresi	Avan Projeli İş Süresi (Gün)	Çalışılmayan Günlerin Sayısı (Gün)
(Faktör #1)	(Faktör #2a)	(Faktör #2b)	(Faktör #3)
0 – 250 Konut	400 Gün		
250 – 750 Konut	500 Gün	İlave 50 Gün	Çalışılmayan Günlerin Sayısı İlave Edilecektir.
750 – 1250 Konut	550 Gün		
1250 Konut ve Üzeri	600 Gün		

TOKİ tarafından kullanılan TİS dışındaki faktörlerden Proje Önceliği, Proje Karmaşıklığı, Projeye Proje Özel Talebi, Proje Bölgesinin Tedarik Koşulları ve Proje Bölgesinin İklimsel Koşullarının iş süresi üzerinde etkili olduğu farklı çalışmalarda gösterilmiştir (Kaka ve Price, 1991; Kaming ve ark., 1997; Chan ve Kumaraswamy, 2002; Salleh, 2009; Dursun ve Stoy, 2012; Sweis, 2013; Yang ve ark., 2014; Oyedele, 2017). İkinci olarak TOKİ tarafından ideal iş süresini tahmin etmek için kullanılan sekiz faktör dışında üç temel faktör literatür taramasından elde edilmiştir. Bu çalışmada inşaat süresini etkileyen anahtar faktörlere çok sayıda çalışmanın ortak bulgularından ulaşılmıştır (Chan ve Kumaraswamy, 1997; Assaf ve Al-Hejji, 2006; Mauriya ve ark., 2010; Faremi ve ark., 2016; Nayak, 2019; Musarat ve ark., 2020; Mahmoodzadeh ve ark., 2022).

İş süresini etkileyen faktörleri seçmek için literatür taramasından 56 faktör elde edilmiştir. İlk olarak Mücbir Sebeplerle ilgili iki faktör elenerek “ihale aşaması” ve “yapım aşaması”nda etkili olan faktörler olarak 54 faktör kalmıştır. Hesaplama yönteminin ihale aşamasında kullanılması önerildiği için geriye sadece 21 faktör kalmaktadır. 54 faktör aynı zamanda “İşveren Kaynaklı Faktörler” ve “Yüklenici Kaynaklı Faktörler” olmak üzere iki gruba ayrılmış ve sadece işveren kaynaklı 29 faktör seçilmiştir. Hesaplama yönteminde hem “İhale Aşaması” hem de “İşveren Kaynaklı” olmak üzere 19 faktörün kullanılması düşünülmüştür. Daha sonra bu faktörler, önerilen yöntem uygunluk ve uygulanabilirlik açısından tek tek incelenmiştir. Bu seçim süreci sonucunda literatürden üç faktör elde edilmiştir. Öte yandan, TOKİ tarafından kullanılan sekiz faktör seçilmiş ve yöntemin seçim kriterlerine uygun olduklarını ortaya çıkarmak için literatür taraması ile geçerlilikleri kontrol edilmiştir. Sonuç olarak yöntemde kullanılmak üzere seçilen değişkenler, 11 temel faktör şeklinde Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Konut projeleri için toplam iş süresini belirleyen faktörler

Faktörler	Faktörlerin Açıklamaları	Değişken Türü
(F1+F2+F3) (standardize edilmiş)	Temel İş Süresi	
F4	Proje Önceliği	
F5	Proje Karmaşıklığı	
F6	Proje Özel Talebi	Bağımsız
F7	Projenin Zorluk Derecesi	Değişkenler
F8	Projenin Finansal Riski	
F9	Proje Bölgesi’nin Tedarik Koşulları	
F10	Proje Bölgesi’nin İklimsel Koşulları	

F11	Proje Bölgesi'nin Depremselliği	
Y	İdeal İş Süresi (Gün)	Bağımlı Değişken

Her bir değişken için iş süresi üzerindeki etki büyüklüğünün belirlenmesinde değerlendirme kriterleri ve değerleri kullanılmıştır. İlk sekiz faktör için değerlendirme kriter değerleri -1, 0 ve 1 (sırasıyla iş süresini 'azaltır', 'etki etmez' ve 'artırır') şeklinde kodlanmıştır. F9 ve F10 için değerlendirme kriter değerleri 1'den 7'ye kategorik olarak kodlanmıştır. Bu değer, Türkiye'nin yedi bölgesine ait yer şekillerinin yükseltisi ve yağışın arttıkça, faktörlerin iş süresine etkisinin de arttığını göstermektedir. F11 için değerlendirme kriterleri değerleri, deprem risk düzeyi biçiminde 1'den 5'e kadar kategorik olarak kodlanmıştır ve değer arttıkça faktörün süreye etkisi azalmaktadır.

Yukarıda yapılan inceleme, bu çalışma için araştırma çerçevesini geliştirmek açısından teorik çerçeveyi oluşturmaktadır. TİS (F1+F2+F3), Proje Önceliği (F4), Proje Karmaşıklığı (F5), Proje Özel Talebi (F6), Projenin Zorluk Derecesi (F7), Projenin Finansal Riski (F8), Proje Bölgesinin Tedarik Koşulları (F9), Proje Bölgesinin İklimsel Koşulları (F10) ve Proje Bölgesinin Depremselliği (F11) inşaat projelerinde inşaat süresini etkilediği varsayılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada nicel araştırma metodolojisi benimsenmiştir. Araştırma yöntemi ve prosedürü, araştırma amaçları doğrultusunda iki aşamadan meydana gelmektedir. Çalışmanın ilk aşaması hesaplama yönteminin geliştirilmesi ve doğrulanması, ikinci aşaması ise yöntemin sınanması ve uygulanmasıdır.

2.1. Veri Toplama

İdeal iş süresini tahmin etmek için bir hesaplama yöntemi geliştirmek ve geçerliliğini sınamak amacıyla "TOKİ Projeleri İzleme Cetveli" kullanılarak 3500 TOKİ projesi için verilere ulaşılmıştır. 3500 projeden sadece 2800 tamamlanmış proje analize dahil edilmiştir. Toplamda 22 farklı proje türü bulunmakta ve bu projelerin çoğu 1530 adet konut projesinden oluşmaktadır. TOKİ tarafından yürütülen 2800 inşaat projesinden 1367'si gecikmede olup, projelerin yaklaşık %49'u zamanında tamamlanmamıştır. 1530 konut projesinden ise 720'si gecikmededir. Geciken konut projelerinin, toplam TOKİ inşaat projesi sayısına oranı ($720/2800=0,2571$) %25,71 olarak hesaplanmıştır. 1530 TOKİ konut projesinden geciken konut projesi sayısı 720, gecikme oranı ($720/1530=0,4706$) %47,06 olarak hesaplanmıştır. Tüm TOKİ projeleri arasında en fazla gecikme oranına sahip projeler konut projeleri olması nedeniyle hesaplama yönteminin sadece konut projeleri ile oluşturulmasına karar verilmiştir.

2.2. İstatistiksel Yöntemler

İdeal iş süresini etkileyen faktörleri belirlemek için geriye doğru değişken seçme yöntemi ile çoklu doğrusal regresyon analizi ve parametrik olmayan CHAID ve CART analizi kullanılmıştır. Çoklu doğrusal regresyon, birden fazla bağımsız değişken arasındaki nedensellik ilişkisini modelleyen ve bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından ne ölçüde açıklandığını gösteren istatistiksel bir yöntemdir (Soong, 2004).

Otomatik Ki-kare Etkileşim Belirleme (CHAID), sınıflandırılmış bağımlı değişkenlerin tanımlanması ve analizi için kullanılmaktadır. Veri madenciliğinde sıklıkla kullanılan bu analiz yönteminin amacı, analizde kullanılan veri seti, bağımlı değişkenler ve bağımsız değişkenleri daha homojen alt kategorilere ayırmaktır. Analizin güvenilir ve doğru sonuçlar vermesi, veri setinin homojen alt kategorilere ayrılmasına bağlıdır (Özdamar, 2004).

Sınıflama ve regresyon ağacı (CART), kategorik veya sürekli bağımlı değişkenleri tahmin etmek için parametrik olmayan istatistiksel bir yöntemdir. CART, bağımlı değişkenin sürekli olup olmamasına göre sınıflama ve regresyon olarak adlandırılmaktadır (Fu, 2000). CART, bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin aralarındaki etkileşime göre ikili alt gruplara bölünmesiyle elde edilen bir ağaç modelidir. Tekrarlayan ikili alt gruplandırma, karar noktalarına ulaşılan kadar devam etmektedir (Chipman ve ark., 2000).

CHAID ve CART yöntemlerinde %70 eğitim kümesi ve %30 test kümesi ile 10 kat çapraz doğrulama kullanılmıştır. Eğitim ve veri kümeleri için %90/%10 kullanıldığında standart sapma artmakta ve aşırı uyum sorunu ortaya çıkabilmektedir (Geng ve ark., 2015). Bu sorunu ortadan kaldırmanın yanı sıra yapılan çalışmalarda %70/%30 oranlarının kullanımı sayesinde %60/%40 ve %75/%25'e kıyasla en yüksek sınıflandırma başarısına sahip olduğu da ortaya konmuştur (Koc ve Ulucan, 2016; Aksoy ve Boztosun, 2021).

Regresyon analizi, ideal iş süresini sabit bir denklemlerle hesaplayarak TOKİ'nin yöntemini geliştirmek için kullanılmıştır. Öte yandan konut projelerini etkileyen F9, F10 ve F11 gibi faktörlerdeki kategorik veriler nedeniyle ideal inşaat süresini daha doğru hesaplamak için CHAID ve CART analizleri ilave edilmiştir. CHAID ve CART yöntemleri öncelikle inşaat sürelerinin hesaplanmasında daha önce denenmediği için tercih edilmiştir. İkinci olarak çalışmada kullanılan proje verilerinin niteliği karar ağaçlarının kullanımını gerektirmiştir. Regresyon analizi, bağımsız değişkenlerin önemini kategorik yerine nümerik (sürekli) olarak değerlendirmektedir. CHAID ve CART yöntemleri ise değişkenleri denklem yerine “Karar Ağaçları” olarak tanıtmaktadır. Sürekli nitelikteki verilerden tahmin yapmak için regresyon analizi kullanılırken, kategorik nitelikteki verilerin sınıflandırma ve segmentasyonu için CHAID ve CART kullanılmıştır. Bu yöntemlerin seçimi, araştırma sorusuna ve analiz edilen veri türüne bağlıdır. Konut projelerine ilişkin veri türü hem sürekli hem de kategorik verileri içermektedir. Bu nedenle çalışmada önerilen hesaplama yöntemi, bir regresyon denklemi ve iki karar ağacı yöntemi (CHAID ve CART) olmak üzere üç farklı istatistiksel analiz yöntemi kullanarak tek yöntem şeklinde değerlendirilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada yeni bir iş süresi hesaplama yöntemi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu üç yöntem, optimal çözüm bağlamında ideal iş süresini tahmin etmek için kullanılmıştır. Veri analizleri SPSS 26.0 kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Hesaplama Yöntemini Geliştirmeye Ait Bulgular

Önerilen hesaplama yöntemini optimize etmek için her üç yöntemle elde edilen İdeal İş Süresi (İİS) belirlenmiş ve analiz edilmiştir. İlk yöntem olan regresyon analizine ilişkin sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir. İstatistiklerde p değerinin 0,05'ten küçük olması, bulguların en az %95 düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Regresyon analizi sonuçları

Değişken	R ²	β	t	p	VIF
Regresyon Yöntemi	0,356	663,630	21,009	0,00***	-
F1+F2+F3		146,447	27,833	0,00***	1,160
F4		-48,437	-3,733	0,00***	1,341
F5		-47,053	-4,057	0,00***	1,402
F6		-0,029	-1,249	0,212	1,279
F7		43,870	3,800	0,00***	1,047
F8		-18,510	-2,326	0,02*	1,011
F9		-3,953	-1,716	0,086	1,088

F10	-13,676	-4,768	0,00***	1,045
F11	-0,024	-1,205	0,228	1,115

*p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001

Tablo 3'e göre TİS (F1+F2+F3), Proje Önceliği (F4), Proje Karmaşıklığı (F5), Projenin Zorluk Derecesi (F7), Projenin Finansal Riski (F8) ve Proje Bölgesinin İklimsel Koşulları (F10) İİS'yi anlamlı şekilde etkilemektedir. İİS'deki bir günlük artış TİS'i 146 gün, Proje Karmaşıklığını 47 gün, Proje Önceliğini 48 gün, Proje Zorluk Derecesini 43 gün, Projenin Finansal Riskini 18 gün ve Proje Bölgesinin İklimsel Koşullarını 14 gün artıracaktır. TİS (F1+F2+F3), İİS üzerinde en büyük etkiye sahip olan faktördür.

Elde edilen bulgular sonucunda, regresyon analizinde anlamlı çıkan değişkenlere ilişkin hesaplama yönteminin eşitliği şu şekildedir (Eşitlik 2):

$$\text{İİS (gün)} = 663,630 + 146,447 * (F1 + F2 + F3) - 48,437 * F4 - 47,053 * F5 + 43,870 * F7 - 18,510 * F8 - 13,676 * F10$$

Bir regresyon modelinin uyumu, 0 ile 1 değerleri arasında değişken R² değerleri ile ölçülmektedir. R² değerinin 1 olması, denklemdeki verilerin kusursuz olduğunu göstermektedir. R² değerleri araştırma alanına göre değişiklik gösterdiğinden, R²'nin ne düzeyde uygun olduğuna ilişkin temel bir kural belirtmek zordur. Örneğin, boylamsal çalışmalarda 0,90 ve daha yüksek R² değerleri yaygındır. Kesitsel modellerde 0,30 civarındaki değerler yaygınken, kesitsel verileri kullanan keşifsel araştırmalar için 0,10 civarındaki R² değerleri kabul edilebilir düzeydedir (Mooi ve Sarstedt, 2011). Bu çalışmanın keşfedici nitelikte olması ve kesitsel veriler kullanılması nedeniyle sonucunda 0,356 olarak bulunan R² değerinin kabul edilebilir olduğu söylenebilir. Ayrıca çoklu regresyon analizinde, Denklem 2'de gösterildiği gibi 6 adet bağımsız değişken kullanıldığı için sapmaların artarak R² değerinin azalması beklenen bir sonuçtur. Çünkü R² denkleminde pay, kareler varyansının regresyon toplamıyken, payda ise kareler varyansının genel toplamıdır (Lewis-Beck, 1980; Hagquist ve Stenbeck, 1998).

CHAID ve CART analizinde İİS'yi tahmin etmek için karar ağaçları elde edilmiştir.⁴ CHAID ağaç diyagramının üst kısmındaki kök düğüm, ilk ağaç derinliğinde TİS açısından altı gruba ayrılırken (Plat. p= 0,000; F=163.239; sd1=6; sd2=1523), CART ağaç diyagramının üst kısmındaki kök düğüm, iki gruba ayrılmıştır (p<0,05).

Tablo 4. Hesaplama yönteminde anlamlı bulunan değişkenler

Değişkenler	Regresyon	CHAID	CART
F1+F2+F3	Anlamlı	Anlamlı	Anlamlı
F4	Anlamlı	Anlamlı	Anlamlı
F5	Anlamlı	-	-
F6	-	-	-
F7	Anlamlı	-	-
F8	Anlamlı	-	-
F9	-	Anlamlı	Anlamlı
F10	Anlamlı	Anlamlı	-
F11	-	Anlamlı	-

Tablo 4'e göre İİS'yi etkileyen 11 faktörden regresyon, CHAID ve CART analizinde sırasıyla sekiz, yedi ve beş faktör anlamlı bulunmuştur. TİS standardize edildiği için ilk üç faktör, bir değişken olarak sayılmaktadır. Bu durumda regresyon yöntemi için altı değişkenin, CHAID analizi için beş değişkenin ve CART analizi için üç değişkenin anlamlı olduğu belirlenmiştir.

⁴ Karar ağaçlarına yönelik ayrıntılı sonuçlar için yazar ile iletişime geçiniz.

CHAID yönteminin karar ağacı yapısı, İİS’yi istatistiksel olarak anlamlı etkileyen yedi değişkenin olduğunu göstermiştir. Bu değişkenler Proje Karmaşıklığı (F5), Proje Bölgesinin Tedarik Koşulları (F9), Proje Bölgesinin İklimsel Koşulları (F10), Proje Bölgesinin Depremselliği (F11) ve TİS (F1+F2+F3) olarak sıralanmaktadır ($p<0,05$). Öte yandan, CART yönteminin karar ağacı yapısı, İİS’yi beş değişkenin istatistiksel olarak anlamlı etkilediğini ortaya koymuştur. Bu değişkenler TİS (F1+F2+F3), Proje Önceliği (F4) ve Proje Bölgesinin Tedarik Koşulları (F9) olarak belirlenmiştir ($p<0,05$).

Regresyon yönteminin aksine, CART ve CHAID yöntemlerinde Proje Bölgesinin Tedarik Koşulları (F9) anlamlılık göstermiştir. Regresyon ve CART yöntemlerinin aksine, CHAID yönteminde Proje Alanının Depremselliği (F11) önemli bir faktör olarak belirlenmiştir. Proje Özel Talebi (F6) her üç yöntemde de anlamlı bulunmamıştır. CHAID yönteminde Proje Bölgesinin Tedarik Koşulları (F9) anlamlılık gösterirken, CART yönteminde Proje Önceliği (F4) İİS üzerinde anlamlı etkiye sahiptir. CHAID ve CART analizi, tüm bağımsız değişkenler için karar ağaçları kullanılarak önerilen hesaplama yöntemi için en uygun çözümü sağlamıştır. Regresyon yöntemi, bağımsız değişkenlerin etkilerini kategorize etmemiş, ancak bunları bir denklem biçiminde sayısal sonuçlar olarak değerlendirmiştir. Her üç yöntemin de temel ve ortak amacı, İİS’yi optimum şekilde tahmin etmektir.

3.2. Hesaplama Yönteminin Geçerliliğine Ait Bulgular

CHAID ve CART yöntemlerinin geçerliliği 10 kat çapraz geçerlik, 70/30 eğitim ve test kümeleri ve kestirimler için standart hata değerleri ile sağlanmıştır. Regresyon yönteminin geçerliliği için Enter ve Stepwise yöntemleri kullanılmıştır.

Regresyon Yönteminin Geçerliliği: Eşdoğrusallık 0,1’den küçükse veya VIF>10 ise doğrusallık mevcuttur (Yeom ve ark., 2018). Regresyonda ideal iş süresinin VIF değeri 10’dan küçük olduğu için eşdoğrusallık yoktur. “Enter” ve “Stepwise” yöntemlerine ilişkin bulgular Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. Regresyon yönteminin geçerliliğinin kontrolü

Değişkenler	Grup 1 (Enter metodu)			Grup 2 (Stepwise metodu)		
	B	t	p	B	t	p
	696,696	18,876	0,00***	646,473	21,562	,000***
F1+F2+F3	146,765	27,548	0,00***	148,020	28,551	,000***
F4	-55,102	-3,981	0,00***	-50,401	-3,897	0,00***
F5	-48,665	-4,179	0,00***	-47,116	-4,060	0,00***
F6	-18,039	-1,329	0,184	-0,033	-1,431	0,153
F7	43,636	3,781	0,00***	47,520	4,185	0,00***
F8	-17,797	-2,231	0,026*	-18,340	-2,304	0,021*
F9	-4,285	-1,800	0,072	-0,037	-1,716	0,086
F10	-13,893	-4,835	0,00***	-14,443	-5,081	0,00***
F11	-5,978	-1,205	0,228	-0,014	-0,680	0,496

* $p\leq 0,05$, ** $p\leq 0,01$, *** $p\leq 0,001$

Analiz sonuçları enter yöntemi ile stepwise yönteminin β , t ve p değerlerinin birbirine benzer olması nedeniyle regresyon yönteminin geçerli olduğunu göstermiştir.

CHAID Yönteminin Geçerliliği: Kestirim değerleri yaklaşık olarak 36600 ile 42500 arasında değişmektedir. CHAID yöntemi için standart hata, Tablo 6'da gösterildiği gibi eğitim kümesi (%70) ve test kümesi (%30) tarafından bulunanların aksine, 10 kat çapraz geçerlik bulguları ile benzerdir.

Tablo 6. CHAID analizinin geçerliğinin kontrolü

Yöntem	Kestirim	Std Hata
CHAID Analizi	37227,186	3109,763
10 katlı çapraz geçerlik	40115,651	3524,340
Eğitim Kümesi (%70)	36616,334	5011,920
Test Kümesi (%30)	42521,916	4823,904

CART yönteminin geçerliliği: Kestirim değerleri yaklaşık olarak 33300 ile 43300 arasında değişmektedir. CART yöntemi için standart hata, Tablo 7'de gösterildiği gibi eğitim kümesi (%70) ve test kümesi (%30) tarafından bulunanların aksine, 10 kat çapraz geçerlik bulguları ile benzerdir.

Tablo 7. CART yönteminin geçerliğinin kontrolü

Yöntem	Kestirim	Std Hata
CART Analizi	33379,264	3166,306
10 Katlı Çapraz Geçerlik	41092,216	3860,222
Eğitim Kümesi (%70)	43341,801	5111,257
Test Kümesi (%30)	41189,758	5133,594

Geçerlik ve Tanımlayıcı İstatistiklerin Karşılaştırılması: Tablo 8'de gösterildiği üzere geçerlik bulgularının karşılaştırılması sonucunda regresyon yönteminin CHAID ve CART yöntemlerinden daha doğru sonuçlar verdiği söylenebilir. Gelecekte iş süresini tahmin etmeye yönelik çalışmalarda İİS'yi altı değişken üzerinden belirlemek için regresyon yöntemi kullanılabilir. Her üç yöntemin standart hataları benzerdir.

Tablo 8. Regresyon, CHAID ve CART yöntemlerinin geçerlik sonuçlarının karşılaştırılması

Yöntemler	Anlamalı Bulunan Değişken Sayısı	Kestirim	Std Hata
Regresyon	6	36495,932	3039,935
CHAID	5	37227,186	3109,763
CART	3	33379,646	3166,306

Tablo 9'da İİS tanımlayıcı istatistikler karşılaştırıldığında, CHAID ve CART yöntemlerinde ortalama İİS'nin regresyona göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aksine, CHAID ve CART yöntemlerinde İİS'nin daha düşük standart hataya sahip olduğu görülmüştür. İİS'nin minimum ve maksimum değerleri, regresyon ve karar ağaçları arasında oldukça farklıdır.

Tablo 9. İİS için tanımlayıcı istatistikler

Yöntemler	Konut Sayısı	Ortalama İİS (gün)	Standart Hata	Minimum (gün)	Maksimum (gün)
Regresyon	1530	679,16	133,20	387	1355
CHAID	1530	704,38	113,13	635	1051
CART	1530	705,98	109,50	640	926

3.3. Hesaplama Yönteminin Sınanmasına Ait Bulgular

Önerilen hesaplama yöntemini test etmede yapılan pilot çalışmada, geciken 40 konut projesine ait veriler kullanılmıştır. Bu konut projeleri “TOKİ Proje İzleme Cetveli”nde yer alan 3500 proje arasından tesadüfi örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. 1530 konut projesi içinden seçilen 40 konut projesi, gecikmeli olarak yeni tamamlanan konut projelerinden oluşmaktadır. Test verisi sayısı, normallik koşulunu sağlaması açısından minimum 30 veri sınırının üzerinde tutulmuştur (Field, 2009; Cevahir, 2020).

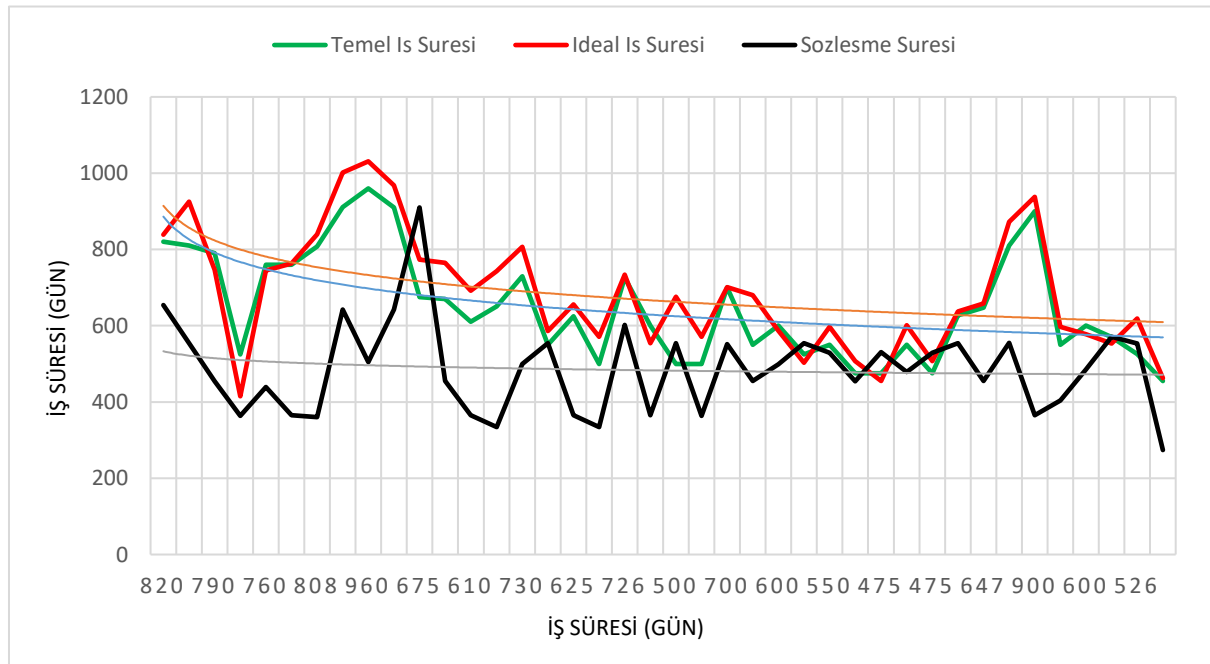
Seçilen verileri test etmek için regresyon formülü kullanılmıştır. Test için kullanılan regresyon formülünde istatistiksel anlamlılık gösteren değişkenler yer almıştır. SPSS’te regresyon formülü kullanılarak 40 konut projesi için elde edilen sonuçların doğru ve uygun olduğu görülmüştür. Başka bir deyişle, önerilen yöntemin test sonuçları güvenilirdir. Geciken konut proje sayısı ve oranına ait test öncesi ve test sonrası sonuçlar Tablo 10’da gösterilmiştir.

Tablo 10. Hesaplama yönteminin sınanmasına ilişkin sonuçlar

	Sınama Öncesi	Sınama Sonrası
Geciken Konut Projesi Sayısı	40	23
Gecikme Yüzdesi (%)	%100	%57,50
Geciken Proje Sayısının Azalma Miktarı (%)	-	%42,50

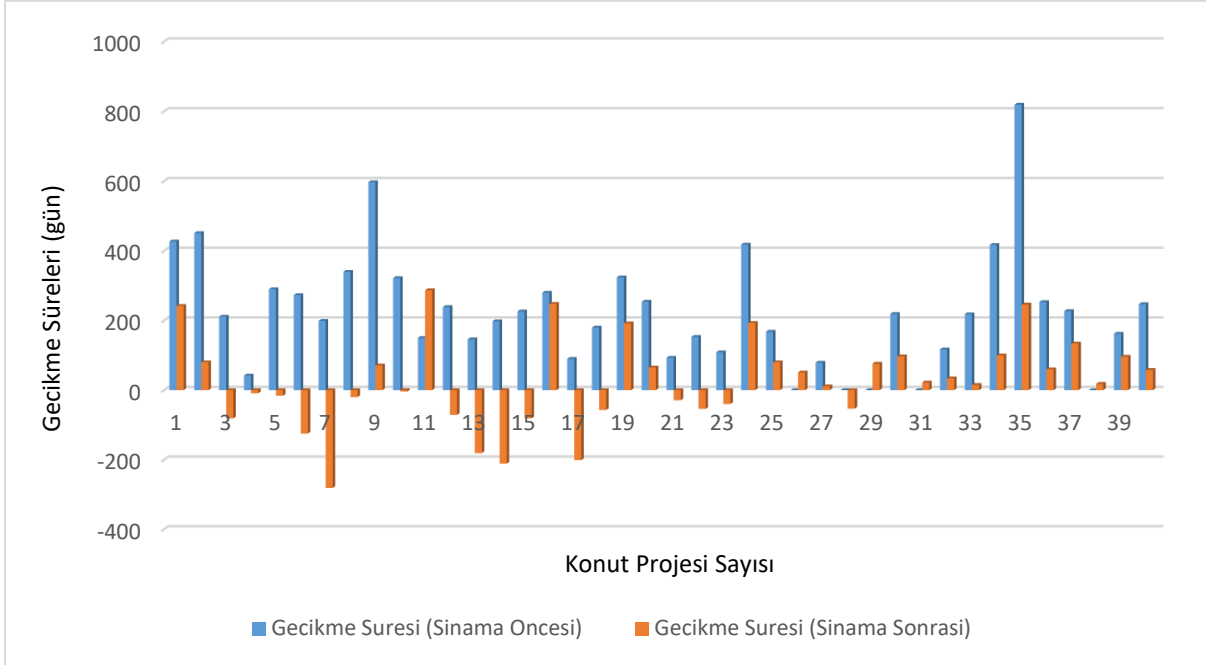
Sınama verileri için regresyon yönteminin geciken konut proje sayısını %42,50 oranında azalttığı belirlenmiştir. Konut projelerinde gecikme sayısının 40’tan 23’e düştüğü gözlemlenmiştir. Geciken 23 konut projesinin gecikme sürelerinin de sınama sonrası azaldığı tespit edilmiştir.

Sınama verilerinden sınama öncesi gecikme süreleri elde edilmiştir. Şekil 1’de, sınama sonrası İİS’nin TOKİ tarafından belirlenen sözleşme sürelerinden önemli ölçüde yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca İİS, TİS’ten biraz daha yüksektir ve her iki sürenin logaritmik trend çizgileri paralel ilerlemektedir.



Şekil 1. Sınama sonrasında TİS, İİS ve sözleşme sürelerinin karşılaştırılması

Şekil 2’de yer alan sinama sonrası sonuçlar, hem gecikme sürelerinin hem de geciken konut projelerinin sayısının azaldığını göstermektedir. Sinama verilerinde konut projelerinin fiili tamamlanma süresinden regresyon formülü ile bulunan İİS çıkarılarak test sonrası gecikmeler hesaplanmıştır. Pozitif değerler (mavi renkle gösterilen), gecikme sürelerinin azaldığını ancak gecikmenin devam ettiğini, negatif değerler (kırmızı renkle gösterilen) ise gecikme sürelerinin azaltılarak gecikmelerin önlendiğini temsil etmektedir.



Şekil 2. Sinama öncesi ve sonrasında konut projelerinin gecikme sürelerinin karşılaştırılması

3.4. Hesaplama Yönteminin Uygulanmasına Ait Bulgular

Geliştirilen hesaplama yönteminden ulaşılan İİS ve TOKİ hesaplama yönteminden elde edilen sonuçlar, 1530 konut inşaatı proje verisi üzerinden karşılaştırılmıştır. Veri dosyasındaki her konut projesi için İİS hesaplanırken, her bir istatistiksel analizde anlamlı bulunan faktörler kullanılmış ve aynı zamanda değerlendirme kriterlerinin değerleri atanmıştır.

1530 konut projesi için İİS, sözleşme süresi ile değiştirilerek hesaplama yönteminin uygulanması için gecikme süreleri yeniden hesaplanmıştır. Önerilen yöntemi uygulamadan önce 1530 projeden 720 proje gecikmedeyken, yöntem uygulandıktan sonra her bir istatistiksel analiz için hesaplanan geciken konut proje sayıları ve oranları azalmıştır (Tablo 11).

Tablo 11. Hesaplama yöntemi uygulamasına ait sonuçlar

	Yöntem Uygulanmadan Önce	Yöntem Uygulandıktan Sonra		
		Regresyon	CHAID	CART
Geciken Konut Projesi Sayısı	720	350	285	299
Gecikme Yüzdesi (1530 konut için)	%47,06	%22,88	%18,63	%19,54
Gecikme Sayılarının Azalma Miktarları		%51,39	%60,42	%58,47

Tablo 11’ye göre geliştirilen yöntemin uygulanmasından sonra, regresyon yöntemi için geciken konut proje sayısının %22,88’lik bir oranla 350’ye düştüğü gözlemlenmiştir. CHAID yönteminde geciken konut proje sayısı %18,63’lük bir oranla 285’e, CART yönteminde ise %19,54’lük bir yüzde ile 299’a düşürülmüştür.

Hesaplama yönteminin mevcut duruma uygulanmasından sonra elde edilen sonuçlar, yöntemin gecikme sürelerini ve geciken konut projelerinin sayısını azalttığını göstermiştir. Böylece önerilen yöntemin anlamlı ve geçerli olduğu gösterilmiş ve bu araştırmanın temel amacı olan ideal iş süresinin optimizasyonunu da desteklediği belirlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Proje yönetiminde en büyük zorluklardan biri, ideal proje süresini tahmin etmektir. Konut projelerinin performansını etkileyen kritik faktörlerin belirlenmesi zorunludur (McCord ve ark., 2015). Bu araştırmanın bulguları, regresyon analizinde ortalama ideal inşaat süresinin 679,16 gün olduğunu, CHAID ve CART için ise sırasıyla 133, 113 ve 109 standart sapma ile 704,38 ve 705,98 gün olduğunu göstermiştir. Park ve arkadaşlarına (2015) göre, büyük ölçekli toplu konut projelerinin ortalama inşaat sürelerinin 930 ve 997 gün olduğu ve standart sapmaların sırasıyla 146 ve 154 gün olduğu belirlenmiştir. Polat ve Bingöl (2017) veri zarflama analizini kullanarak inşaat süresi ile ihale hazırlık sürelerini optimize etmişlerdir. Örneğin inşaat süresinin fiili değeri 18 ay, ihale hazırlık süresi 15 gün, inşaat süresinin öngörülen değeri ise 31 ay, ihale hazırlık süresi ise 35 gün olarak bulunmuştur. Bu bulgu, ihale hazırlık süresi arttıkça planlamaya ayrılan sürenin de artacağını ve ideal inşaat süresine ilişkin daha doğru tahminlere yol açacağını göstermektedir. Aksi takdirde işverenler, genellikle daha kısa sözleşme sürelerini tercih etmekte ve konut projelerinde gecikmeler kaçınılmaz hale gelmektedir. Markov Zinciri modellerini kullanan konut projeleri üzerine yapılan bir başka çalışma, proje programındaki olası sapmaları tahmin etmiş ve inşaatın yapımının ilerleme tahmininde %2,38’lik bir hatayı ve toplam inşaat süresinin tahmininde %4,29’luk bir hatayı ortaya çıkarmıştır (Rudeli ve ark., 2017). Baqerin ve ark. (2016), konut projelerinde her bir aktivitenin zamanlama performansını değerlendirmek ve tahmin etmek için aktivite temelli model kullanmışlardır. Bulgulara göre modelin, konut projelerinde tekrarlanan bir aktivite henüz yapım aşamasındayken gerçek performansı iyi tahmin edebildiği bulmuşlardır.

Araştırma bulguları, farklı iş süresi hesaplama yöntemleri kullanılarak iş süresindeki gecikmelerin azalmanın sağlanabileceğini göstermiştir. Lin ve Fan (2019) tarafından yapılan benzer bir çalışma, CHAID ve CART’ın kamu inşaat projelerindeki hataları tahmin etmede iyi bir doğruluğa sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, iş süresi ve süre aşımaları üzerinde dolaylı bir etkiye işaret etmektedir. Papatheocharous ve Andreau (2012) proje maliyetlerini tahmin etmek için CHAID ve CART kullanarak bir yazılım geliştirmişlerdir. Bu çalışmaların her ikisi de, kamu proje verilerinin sorunlu doğası gereği, regresyon ve kıyaslama gibi geleneksel yöntemlere alternatifler önermiştir. Ancak bu çalışmaların CHAID ve CART’ın doğruluğunu kanıtlamak için daha büyük veri setlerine ihtiyacı vardır. Ayrıca bu alanda ortak bir boşluk oluşturan toplu konut projelerinde inşaat süresini tahmin etmek için CHAID ve CART ile ilgili herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. İnşaat sektöründeki diğer çalışmalar farklı yöntemleri ele almıştır. Örneğin, otoyol inşaat projelerini değerlendirmek için doğrusal çizelgeleme yöntemi ve Delphi süreci kullanılmış ve çeşitli risk türlerinin ve faaliyetlerin üretim hızlarının proje süresini tahmin etmek için önemli olduğu sonucuna varılmıştır (Yogesh ve Rao, 2021). Yeom ve ark. (2018) ofis binaları için planlama aşamasında proje süresini tahmin etmek amacıyla MLRA’yı kullanmışlardır. Ortaya koydukları model, paydaşlar için kullanım kolaylığının yanı sıra iş süresi için doğru sonuçlar sağlamıştır. Önerilen bir yöntemin verileri ve sonuçları basit ve doğru bir şekilde sunması önemlidir. Çünkü yazılım kullanıcıları, hangi verileri nasıl kullanması gerektiğini kolayca anlayabilirler. İnşaat projelerinin planlama aşamasına odaklanan diğer

çalışmalar, farklı metodolojiler kullanarak benzer sonuçlar göstermiştir. AAN ve duyarlılık analizi, regresyon analizi ve standart eğri modelleri gibi diğer geleneksel yöntemler için bir sınırlama olan karmaşık tahmin davranışını simüle etmek için inşaat süresini tahmin etmede kabul edilebilir düzeyde doğruluk göstermiştir (Chao ve Chien, 2010; Fan ve ark., 2021). Ujong ve ark. (2022) binalar için YSA modelinin süre tahmin performansının MLRA'dan daha iyi olduğunu desteklemiştir. Ancak YSA, girdi çıktı sürecini açıklamak için çeşitli kontrol özelliklerine karar verme konusunda sınırlamalara sahiptir ve inşaat süresi, tüm faaliyetlerin toplamı yerine kritik faaliyetlerle belirlenebilir (Fan ve ark., 2021). Ayrıca, yanlış veriler veya ölçümler, modeli ve tahmin doğruluğunu bozabilir. Çünkü eğitim setlerindeki her veri, veri güdümlü bir model olan YSA'da veriyi geliştirmek için kullanılmaktadır (Adul-Hamid, 1996). Öte yandan eylem araştırması metodolojisi kullanan Lines ve ark. (2014) ihale aşamasında bir çizelgeleme modeli geliştirerek, modelin maliyet ve zaman aşımalarını sırasıyla %44,0 ve %44,9'a kadar azaltabileceğini bulmuşlardır. Benzer sonuçlar, Lines ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada inşaat maliyeti ve süresi için elde edilmiştir.

Birçok araştırma, inşaat süresini etkileyen faktörlere ve inşaat alanındaki gecikmelerin nedenlerine odaklanmış ve etkili ortak faktörleri belirlemiştir (Arditi ve ark., 1985; Türesoy, 1989; Chan ve Kumaraswamy, 1997; Iyer ve Jha, 2005; Assaf ve Al-Hejji, 2006; Hoffman ve ark., 2007; Mauriya ve ark., 2010; Mahmoodzadeh ve ark., 2022). Bu araştırma, genel anlamda literatür bilgisine dayanarak Türk inşaat sektöründeki konut projelerinin ideal yapım sürelerini araştırmıştır. Bu nedenle TOKİ'nin konut proje veri tabanına dayalı olarak ideal iş süresini tahmin etmek için bir hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Hesaplama yöntemi, proje verilerinin doğruluğu ile sınırlıdır ve bu da hesaplama yönteminin tahmin doğruluğunu etkilemektedir. Ayrıca önceki çalışmalarda inşaat süresi üzerinde anlamlı etkisi olarak tanımlanan anahtar faktörler, birçok faktörün ihale aşaması ile ilgili olmaması nedeniyle kısmen dahil edilmiştir.

Çalışmada esas olarak TOKİ'nin TİS'i belirlemek için kullandığı faktörlerin yeterli olmadığı gösterilmiştir. TOKİ'nin ön tahminleri, konut projelerinin iş süreleri için yetersiz olup, bu çalışmanın önerdiği tahminler ise genellikle TOKİ tahminleri ile gerçekleşen tahminler arasında yer almaktadır. Burada gerçekleşen iş sürelerinden yola çıkılarak TOKİ'nin iş süresi tahminlerinin daha kabul edilebilir değerlere çekilmesi sağlanmıştır. Ancak tüm konut projelerinde ulaşılan değerler, her zaman daha doğru iş sürelerine işaret etmeyebilir. Daha doğru iş sürelerine ulaşmak için literatürden ek faktörlerin gerekli olduğu gösterilmiştir. İstatistiksel analiz, her üç istatistiksel yöntemin de geçerli olduğunu göstermiştir. Regresyon yöntemi, CHAID ve CART'a kıyasla daha doğru sonuçlar vermiştir. Bu nedenle gelecekte regresyon yöntemi kullanılarak İİS, altı faktör üzerinden tahmin edilebilecektir. CHAID ve CART yöntemlerinin regresyon yöntemine göre daha düşük performans göstermesine rağmen, daha az faktör kullanılarak İİS kestirimlerine ulaşılabileceği ortaya çıkmıştır. Böylece İİS'nin her üç yöntemle de hesaplanabileceği ortaya çıkmaktadır. Nitekim İİS'nin tahmininde üç yöntemden herhangi birinde en az bir defa anlamlılık gösteren bir faktörün dikkate alınması gerektiği savunulmuştur.

Hesaplama yönteminin sınanması, önerilen yöntemin geciken konut projelerinin sayısını ve gecikme sürelerini azalttığını göstermiştir. Bu anlamda sonuçlar, yöntemin kullanışlı ve geçerli olduğuna işaret etmektedir. Hesaplama yöntemi ayrıca toplam inşaat süresinin optimizasyonunu da desteklemektedir. İİS belirlenerek TOKİ konut projelerinin zamanında tamamlanması ve daha iyi maliyet yönetimi sağlanabilmekte, paydaşlar arasında ihtilaflara yol açacak gecikmelerin önüne geçilebilmektedir.

İhale aşamasında sorunların önlenmesini sağlayan ve inşaat aşamasındaki riskleri de azaltabilme potansiyeli olan yöntem ile daha pratik ve tutarlı bir proje yönetim aracı geliştirilmiştir. İleride yapılacak araştırmalarda, önerilen hesaplama yöntemi sayısal ortama aktarılarak bilgisayar yazılımına

dönüştürülebilir ve kullanıcı sayısı artırılabilir, uluslararası kullanıcıların ve TOKİ personelinin kullanımına sunulabilir. Böylece önerilen hesaplama yöntemi küresel olarak daha geniş çapta kullanılabilir.

Bu çalışmanın üç sınırlılığı vardır. Birincisi, Türkiye'deki kamu inşaat projelerinin çoğunluğunun büyük gecikmelere yol açan konut projeleri olması nedeniyle inşaat süresinin tahmini yalnızca toplu konut projelerini içermektedir. Türkiye'de inşaat odaklı ekonomi benimsenmiş ve inşaat patlaması ağırlıklı olarak TOKİ'nin konut projelerinden kaynaklanmış olsa da, geciken konut projelerinden dolayı açılan çok sayıda dava, süre planlaması eksikliğinin devam ettiğini göstermektedir. Bu nedenle Türk inşaat sektörünün ekonomik, sosyal ve hukuki açıdan en sorunlu alanlarından biri konut projeleridir. Ayrıca karayolları, köprüler, tüneller, havalimanları gibi diğer projelere de siyasi nedenlerle nispeten daha fazla önem verilmektedir. Noorzai ve ark. (2022), toplu konut projelerinin sosyal ve politik alanlara sahip olduğunu ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için çeşitli politikalar gerektiren bir konu haline geldiğini desteklemektedir. Dolayısıyla araştırmacılar için gelecekte siyasi faktörlerin ideal iş süresi üzerindeki etkilerine yönelik kapsamlı bir çalışma yapılması önerilmektedir. İkincisi, önerilen yöntemin, kamu inşaat projesi verilerinin doğruluğu ile sınırlı olması ve bu da tahmin doğruluğunu etkileyebilmesidir. Üçüncüsü, önceki çalışmalarda inşaat süresi üzerinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilen temel faktörler, pek çok faktörün inşaat öncesi (tedarik) aşamasıyla ilgili olmaması nedeniyle yalnızca kısmen dahil edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada sadece ihale aşamasında inşaat süresini etkileyen faktörler dikkate alınmıştır. Gelecek araştırmalarda, önerilen hesaplama yöntemi kullanılarak ihale sonrası aşamalar için iş süresi tahminleri yapılabilir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, kendileri ve / veya diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik Kurul İzni: Hazırlanan makalede insan veya hayvanlar üzerinde herhangi bir araştırma yapılmaması nedeniyle etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

Finansal Destek: Araştırma için herhangi biri finansal destek alınmamıştır.

Teşekkür: Teşekkürümüz yoktur.

KAYNAKÇA:

- Abd El-Razek, M. E., Bassioni, H. A., & Mobarak, A. M. (2008). Causes of delay in building construction projects in Egypt. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(11), 831–841. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:11\(831\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:11(831))
- Adul-Hamid, R. (1996). *Construction duration prediction using neural network methodology* (PhD Thesis). University of Manchester.
- Ahuja, H. N., & Nandakumar, V. (1985). Simulation model to forecast project completion time. *Journal of Construction Engineering and Management*, 111(4), 325–342. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1985\)111:4\(325\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1985)111:4(325))
- Aibinu, A. A., & Jagboro, G. O. (2002). The effects of construction delays on project delivery in Nigerian construction industry. *International Journal of Project Management*, 20(8), 593-599. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00028-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00028-5)
- Aibinu, A. A., & Odeyinka, H. A. (2006). Construction delays and their causative factor in Nigeria. *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, 132(7), 667-677. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2006\)132:7\(667\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:7(667))

- Aksoy, B., & Boztosun, D. (2021). Comparison of classification performance of machine learning methods in prediction financial failure: Evidence from Borsa İstanbul. *Hitit Journal of Social Science*, 14(1), 56-86. doi: 10.17218/hititsbd.880658
- Alaghbari, W., Kadir, M.R.A., Salim, A., & Ernawati. (2005). Significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 14(2), 192–206. <https://doi.org/10.1108/09699980710731308>
- Alfalasi, A.A. (2016). *Developing a framework for improving business continuity management success (BCM) in UAE construction industry* (MSc Thesis). The British University in Dubai.
- Aliverdi, R., Naeni, L. M., & Salehipour, A. (2013). Monitoring project duration and cost in a construction project by applying statistical quality control charts. *International Journal of Project Management*, 31(3), 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.08.005>
- Al-Khalil, M. I., & Al-Ghafly, M. A. (1999). Important causes of delay in public utility projects in Saudi Arabia. *Construction Management & Economics*, 17(5), 647-655.
- Al-Sabah, R., Menassa, C. C., & Hanna, A. (2014). Evaluating impact of construction risks in the Arabian Gulf Region from perspective of multinational architecture, engineering and construction firms. *Construction Management and Economics*, 32(4), 382-402. <https://doi.org/10.1080/01446193.2014.884281>
- Alshihri, S., Al-Gahtani, K., & Almohsen, A. (2022). Risk factors that lead to time and cost overruns of building projects in Saudi Arabia. *Buildings*, 12(7), 902. <https://doi.org/10.3390/buildings12070902>
- Arditi, D., Akan, G. T., & Gurdamar, S. (1985). Reasons for delays in public projects in Turkey. *Construction Management and Economics*, 3, 171-181. <https://doi.org/10.1080/01446198500000013>
- Asnaashari, E., Knight, A., Hurst, A., & Farahani, S. S. (2009). Causes of construction delays in Iran: project management, logistics, technology and environment. ARJ Dainty, (Ed.), *Proceedings 25th Annual ARCOM Conference*, Nottingham, UK.
- Assaf, S.A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24, 349-357. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>
- Baltacı, M.K. (2012). *TOKI'nin arsa satışı karşılığı gelir paylaşımı modeli üzerine bir inceleme* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Baqerin, M. H., Shafahi, Y., & Kashani, H. (2016). Application of Weibull Analysis to Evaluate and Forecast Schedule Performance in Repetitive Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(2), 04015058. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0001040
- Bin Seddeeq, A., Assaf, S., Abdallah, A., & Hassanain, M. A. (2019). Time and cost overrun in the Saudi Arabian oil and gas construction industry. *Buildings*, 9(2), 41. <https://doi.org/10.3390/buildings9020041>
- Birgönül, M.T., Dikmen, İ., Ozorhon, B., & Işık, Z. (2007, 30-31 Ekim). *İnşaat sektörünün yapım yönetimi eğitiminden beklentileri* [Konferans sunumu]. 4. İnşaat Yönetimi Kongresi, ODTÜ, Ankara.
- Blyth, K., Lewis, J., & Kaka, A. (2004). Predicting project and activity duration for buildings in the UK. *Journal of Construction Research*, 5(2), 329-347. <https://doi.org/10.1142/S1609945104000097>
- Cevahir, E. (2020). *SPSS ile nicel veri analizi rehberi* (1. Baskı). Kibele Yayınları.

- Chan, A.P.C., & Chan, A.P.L. (2004). Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, 11(2), 203-221.
- Chan, D.M.W., & Kumaraswamy, M.M. (1997). A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. *International Journal of Project Management*, 15(1), 55-63.
- Chan, D.M.W., & Kumaraswamy, M.M. (2002). Compressing construction durations: lessons learned from Hong Kong building projects. *International Journal of Project Management*, 20(1), 23-35. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00032-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00032-6)
- Chao, L-C., & Chien, C-F. (2010). A model for updating project s-curve by using neural networks and matching progress. *Automation in Construction*, 19(1), 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.09.006>
- Cheng, Y.-M. (2014). An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management*, 32(5), 850-860. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.003>
- Chevallier, N., & Russell, A. (2001). Developing a draft schedule using templates and rule. *Journal of Construction Engineering & Management*, 127(5), 391-398.
- Chong, C.T. (2006). *Determination of civil engineering construction time duration* (Final Year Project Report). University of Malaysia Sarawak.
- Chipman, H.A. George, E.I., & McCulloch, R.E. (2000). Hierarchical priors for bayesian CART shrinkage. *Statistic and Computing*, 10(1), 17-24. <https://doi.org/10.1023/A:1008980332240>
- Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *On birinci kalkınma planı* (2019-2023). Ankara.
- Doloi, H., Sawhney, A., & Iyer, K. C. (2012). Structural equation model for investigating factors affecting delay in Indian construction projects. *Construction Management and Economics*, 30(10), 869-884. <https://doi.org/10.1080/01446193.2012.717705>
- DPT (2001). *Sekizinci kalkınma planı* (2001-2006). Ankara.
- DPT (2007). *Dokuzuncu kalkınma planı* (2007-2013). Ankara.
- Dursun, O., & Stoy, C. (2012). Determinants of construction duration for building projects in Germany. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(4), 444-468. [doi:10.1108/09699981211237139](https://doi.org/10.1108/09699981211237139)
- Elinwa, A. U., & Joshua, M. (2001). Time-overrun factors in Nigerian construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(5), 419-425.
- Endut, I. R., Akintoye, A., & Kelly, J. (2009). Cost and time overruns of projects in Malaysia. Glasgow Caledonian University. <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB10633.pdf>
- Erbaş, İ., & Çıracı, A. M. (2013). Construction project delivery system as a form of project implementation in Turkish Public Procurement. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 8, 108-119.
- Fan, S-L., Yeh, I-C., & Chi, W-S. (2021). Improvement in estimating durations for building projects using artificial neural network and sensitivity analysis. *Journal of Construction Engineering Management*, 147(7), 04021050. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002036](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002036)
- Faremi, O., Ogunsanmi, O., & Kohn, I. (2016). Factors affecting cost and time control in construction projects. *Lagos Journal of Environmental Studies*, 8(1), 94-102. <https://ir.unilag.edu.ng/handle/123456789/8373>

- FIDIC. (2017). *Conditions of contract for construction* (2nd Ed.). *Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils*.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3rd Ed.). Sage Publications.
- Fu, C.Y. (2004). Combining loglinear model with classification and regression tree (CART): an application to birth data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 45(4), 865-874.
- Geng, R., Bose, I., & Chen, X. (2015). Prediction of financial distress: an empirical study of listed Chinese companies using data mining. *European Journal of Operational Research*, 241, 236-247. doi: 10.1016/j.ejor.2014.08.016
- Gibson Jr, G. E., Wang, Y.R., Cho, C. S., & Pappas, M.P. (2006). What is preproject planning, anyway? *Journal of Management in Engineering*, 22(1), 35-42.
- Girth, A. M., & Lopez, L. E. (2019). Contract design, complexity, and incentives: Evidence from US federal agencies. *The American Review of Public Administration*, 49(3), 325-337. <https://doi.org/10.1177/0275074018787558>
- Godinho, P.C., & Costa, J.P. (2004). The use of cost and time in project decision trees: a model and an application. *Notas Económicas*, 1-22.
- Haas, O., Huschbeck, T., & Markovič, P. (2022). Effects of Theft on the critical path of construction projects. N. Kryvinska & M. Greguš (Eds.), *Developments in information & knowledge management for business applications* (pp. 59-78). Springer.
- Hagquist, C., & Stenbeck, M. (1998). Goodness of fit in regression analysis-R2 and G2 reconsidered. *Quality & Quantity*, 32, 229-245. <https://doi.org/10.1023/A:1004328601205>
- Hoffman, G. J., Thal, A. E., Webb, T. S., & Weir, J. D. (2007). Estimating performance time for construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 23(4), 193-199.
- Hosseinian, S.M., & Reinschmidt, K.F. (2015). Finding best model to forecast construction duration of road tunnels with new Austrian tunneling method using Bayesian inference: Case study of Niayesh highway tunnel in Iran. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2522(1), 113-120. <https://doi.org/10.3141/2522-11>
- Hwang, B.G., Zhao, X., & Ng, S.Y. (2013). Identifying the critical factors affecting schedule performance of public housing projects. *Habitat International*, 38, 214-221. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.06.008>
- Ibironke, O.T., & Elamah, D. (2011). Factors affecting time, cost and quality management in building construction projects. *FUTY Journal of the Environment*, 6(1), 1-9.
- Imbert, D.I. (1990). Human issues affecting construction in developing countries. *Construction Management and Economics*, 8(2), 219-228.
- Ismail, S. (2013). Factors attracting the use of public private partnership in Malaysia. *Journal of Construction in Developing Countries*, 18(1), 95-108.
- Iyer, K. C., Chaphalkar, N. B., & Joshi, G. A. (2008). Understanding time delay disputes in construction contracts. *International Journal of Project Management*, 26(2), 174-184.
- Iyer, K.C., & Jha, K.N. (2005) Factors affecting cost performance: evidence from Indian construction projects. *International Journal of Project Management*, 23, 28-295. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.05.002>

- Jin, R.Z., Han, S.W., Hyun, C.T., & Cha, Y.W. (2016). Application of case-based reasoning for estimating preliminary duration of building project. *Journal of Management in Engineering*, 142(2), 04015082-1-8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001072](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001072)
- Kaka, A., & Price, A.D.F. (1991). Relationship between value and duration of construction projects. *Construction Management & Economics*, 9(4), 383-400.
- Kaliba, C., Muya, M., & Mumba, K. (2009). Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia. *International Journal of Project Management*, 27(5), 522–531. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.07.003>
- Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G. D., & Harris, F. C. (1997). Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. *Construction Management & Economics*, 15(1), 83-94.
- Kaplan, S. (2012). İdeal bir kamu ihale kanunu ve ideal bir kamu ihale kurumu ve kurulu nasıl olmalıdır? Fonksiyonel bir model çalışması. *Maliye Dergisi*, 162, 18-50.
- Karapınar, O. (2005). 2886 ve 4734 sayılı ihale kanunlarının incelenmesi ve yapım işlerinde 4734 sayılı kamu ihale kanununun uygulanmasında karşılaşılan sorunlar için çözüm önerileri (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Kerzner, H. (1992). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling* (4th Ed.). Van Norstrand Reinhold Co.
- Khosrowshahi, F., & Kaka, A. P. (1996). Estimation of project total cost and duration for housing projects in the U.K. *Building and Environment*, 31(4), 375-383.
- Koc, S., & Ulucan, S. (2016). Testing of Altman Z methods which is used for detecting of financial failures with fuzzy logic (Anfis) technique: a case study on technology and textile sector. *Journal of Finance Letters*, 106, 147-167. doi: 10.33203/mfy.341768
- Koushki, P. A., Al-Rashid, K., & Kartam, N. (2005). Delays and cost increases in the construction of private residential projects in Kuwait. *Construction Management and Economics*, 23(3), 285–294. <https://doi.org/10.1080/0144619042000326710>
- Köktaş, A., Karaosmanoğlu, F., & Bilgiç, F.K. (2009). *Kamu ihaleleri ve etik. Yolsuzluğun önlenmesi için etik projesi*. Akademik Araştırma Çalışması.
- Kumar, S.S. & Cheng, J.C.P. (2015). A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. *Automation in Construction*, 59, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.008>
- Le-Hoai, L., Lee, Y. D., & Lee, J. Y. (2008). Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. *KSCCE Journal of Civil Engineering*, 12(6), 367–377. <https://doi.org/10.1007/s12205-008-0367-7>
- Lessing, B., Thurnell, D., & Durdyev, S. (2017). Main factors causing delays in large construction projects: Evidence from New Zealand. *Journal of Management, Economics and Industrial Organization*, 1(2), 63–82. doi:10.31039/jomeino.2017.1.2.5
- Lewis-Beck, M.S. (1980). *Applied regression: An introduction*. Sage Publications.
- Li, H., Chen, Z., Yong, L., & Kong, S.C.W. (2005). Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency. *Automation in Construction*, 14(3), 323–331. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.007>

- Lin, C-L., & Fan, C-L. (2019). *Evaluation of CART, CHAID, and QUEST algorithms: a case study of construction defects in Taiwan*. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 18(6), 539-553. <https://doi.org/10.1080/13467581.2019.1696203>
- Lin, M.-C., Tserng, H. P., Ho, S.-P., & Young, D.-L. (2011). Developing a construction-duration model based on a historical dataset for building project. *Journal of Civil Engineering and Management*, 17(4), 529-539. <https://doi.org/10.3846/13923730.2011.625641>
- Lines, B.C., Sullivan, K.T., Smithwick, J.B., & Mischung, J. (2015). Overcoming resistance to change in engineering and construction: Change management factors for owner organizations. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1170-1179. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.008>
- Lines, B.N., Sullivan, K.T., Hurtado, K.C., & Savicky, J. (2014). Planning in construction: longitudinal study of pre-contract planning model demonstrates reduction in project cost and schedule growth. *International Journal of Construction Education and Research*, 11(1), 21–39. <https://doi.org/10.1080/15578771.2013.872733>
- Lo, T. Y., Fung, I. W. H., & Tung, K. C. F. (2006). Construction delays in Hong Kong civilengineering projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(6), 636–649. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2006\)132:6\(636\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:6(636))
- Luu, V., Kim, S., Van Tuan, N., & Ogunlana, S. (2009). Quantifying schedule risk in construction projects using Bayesian belief networks. *International Journal of Project Management*, 27(1), 39-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.03.003>
- Mahmoodzadeh, A., Nejati, H.R., & Mohammadi, M. (2022). Optimized machine learning modelling for predicting the construction cost and duration of tunneling projects. *Automation in Construction*, 139, 104305. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104305>
- Majid, I.A. (2006). *Causes and effect of delays in Aceh construction industry* (Unpublished master's thesis). University of Technology Malaysia.
- Mauriya, V. K., Yadav, P. K., & Angra, V. K. (2010, 16-18 December). *Challenges and strategies for tunnelling in the Himalayan Region*. Indian Geotechnical Conference' 2010, GEO Trendz, India.
- McCord, J., McCord, M., Davis, P. T., Haran, M., & Rodgers, W.J. (2015). Understanding delays in housing construction: Evidence from Northern Ireland. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 20(3), 286-319. doi:10.1108/jfmpc-07-2015-0028
- Meeampol, S., & Ogunlan, S.O. (2006). Factors affecting cost and time performance on highway construction projects: Evidence from Thailand. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 11(1), 3-20. <https://doi.org/10.1108/13664380680001076>
- Memon, A. H., Rahman, I. A., & Azis, A. A. A. (2012). Time and cost performance in construction projects in southern and central regions of Peninsular Malaysia. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 1(1), 45–52. <http://doi.org/10.11591/ijaas.v1.i1.pp45-52>
- Memon, A.H. (2014). Contractor perspective on time overrun factors in Malaysian construction projects. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3(3), 1184-1192.
- Mooi, E., & Sarstedt, M. (2011). *A concise guide to market research: The Process, data, and methods using IBM SPSS statistics*. Springer Verlag.
- Musarat, M. A., Alaloul, W. S., & Liew, M. S. (2021). Impact of inflation rate on construction projects budget: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 407–414. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.009>

- Nani, G., Mensah, I., & Adjei-Kumi, T. (2017). Duration estimation model for bridge construction projects in Ghana. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 15(6), 754-777. doi:10.1108/JEDT-04-2017-0029
- Nasirzadeh, F., & Nojehdehi, P. (2013). Dynamic modeling of labor productivity in construction projects. *International Journal of Project Management*, 31(6), 903-911. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.11.003
- Nayak, V.K.(2019). *Study on factors affecting time overrun in rural infrastructure projects (case study: mission Kakatiya)* [Vinod Paper Representation]. https://www.academia.edu/40915067/STUDY_ON_FACTORS_AFFECTING_TIME_OVERRUN_IN_RURAL_INFRASTRUCTURE_PROJECTS_Case_Study_MISSION_KAKATIYA
- Ndekugri, I., Braimah, N., & Gameson, R. (2008). Delay analysis within construction contracting organizations. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(9), 692-700. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:9(692)
- Nguyen, L.D., Phan, D.H., & Tang, L.C.M. (2013). Simulating construction duration for multistory buildings with controlling activities. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(8), 951-959. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000677
- Noorzai, E., Gharouni Jafari, K., & Moslemi Naeni, L. (2022). Lessons Learned on selecting the best mass housing method based on performance evaluation criteria in Iran. *International Journal of Construction Education and Research*, 18(2), 1-19. doi:10.1080/15578771.2020.1867258
- O’Brien, J.J., & Plotnick, F.L. (1999). *CPM in construction management*. McGraw-Hill.
- Obodo, C. E., Xie, Z. N., Cobbinah, B. B., & Yari, K. D. Y. (2021). Evaluating the factors affecting contractors tender for project construction: An Empirical study of small-scale indigenous contractors in Awka, Nigeria. *Open Journal of Social Sciences*, 9, 381-397. doi:10.4236/jss.2021.97028
- Odabaşı, E. (2009). *Models for estimating construction duration: An application for selected buildings on the METU campus* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Odeh, A. M., & Battaineh, H. T. (2002). Causes of construction delay: traditional contracts. *International Journal of Project Management*, 20(1), 67-73. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00037-5
- Oleinik, P., Cherednichenko, N., Shvedov, S., & Melnichuk, V. (2019, 10-12 December). The principles of justification of an object construction duration. *E3S Web of Conferences*, 110, 02126. https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911002126
- Oo, B.L., Lim, T.H.B., & Runeson, G. (2022), Critical factors affecting contractors’ decision to bid: a global perspective. *Buildings*, 12, 379. https://doi.org/10.3390/buildings12030379
- Oyedele, L. O., Jaiyeoba, B. E., Kadiri, K. O., Folagbade, S. O., Tijani I. K., & Salami R. O. (2015). Critical factors affecting construction quality in Nigeria: evidence from industry professionals. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 6(2), 103-113. https://doi.org/10.1080/2093761X.2015.1033662
- Oyedele, L.O. (2013). Avoiding performance failure payment deduction in PFI/PPP projects: model of critical success factors. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 27, 283-294. https://doi.org/10.1061/%28ASCE%29CF.1943-5509.0000367
- Oyedele, O.A. (2017). *A study into the factors affecting duration of construction projects in Nigeria*. Femi Oyedele & Co.

https://www.researchgate.net/publication/313842757_A_study_into_the_factors_affecting_duration_of_construction_projects_in_Nigeria

- Oyewobi, L. O., & Ogunsemi, D. R. (2010). Factors influencing reworks occurrence in construction: A study of selected building projects in Nigeria. *Journal of Building Performance*, 1(1), 1–20.
- Ozdamar, K. (2004). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi 2*. Kaan Kitapevi.
- Papatheocharous, E., & Andreou, A.S. (2012). A Hybrid software cost estimation approach utilizing decision trees and fuzzy logic. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 22(3), 435-465. <https://doi.org/10.1142/S0218194012500106>
- Park, H. S., Lee, D., Kim, S., & Kim, J.L. (2015). Comparing project performance of design-build and design-bid-build methods for large-sized public apartment housing projects in Korea. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 14(2), 323-330.
- Polat, G., & Bingol, B.N. (2017). Data envelopment analysis (DEA) approach for making the bid/no bid decision: A case study in a Turkish construction contracting company. *Scientia Iranica*, 24(2), 497-511.
- Polat, G., Kaplan, B., & Bingöl, B.N. (2015). Subcontractor selection using genetic algorithm. *Procedia Engineering*, 123, 432–440. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.081>
- Pospieszny, P. (2015). *Application of data mining techniques for effort and duration estimation of software projects* (PhD Thesis). Warsaw School of Economics.
- Qiao, Y., Labi, S., & Fricker, J.D. (2019). Hazard-based duration models for predicting actual duration of highway projects using nonparametric and parametric survival analysis. *Journal of Management in Engineering*, 35(6), 04019024. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000700](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000700)
- Ramli, N.A., Abdullah, C.S., Mohd Nawli, M.N., Zalazilah, M.H., Othuman Mydin, M.A., & Hamid, Z.A. (2018). A model of load-bearing masonry (LBM) technology adoption: Empirical study in the Malaysia Country. *Malaysian Construction Reserarch Journal*, 3(1), 204-217.
- Rudeli, N., Santilli, A., Puente, I., & Viles, E. (2017). Statistical Model for Schedule Prediction: Validation in a Housing-Cooperative Construction Database. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(11), 04017083. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0001396
- Salleh, R. (2009). *Critical success factors of project management for Brunei construction projects: improving project performance* (Doctoral dissertation). Queensland University of Technology.
- Sanni-Anibire, M.O., Zin, R.M., & Olatunji, S.O. (2021). Developing a machine learning model to predict the construction duration of tall building projects. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 4(1), 22-36.
- Shanmugapriya, S., & Subramanian, K. (2013). Investigation of significant factors influencing time and cost overruns in Indian construction projects. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(10), 734-740.
- Shokri-Ghasabeh, M., & Chileshe, N. (2016). Critical factors influencing the bid/no bid decision in the Australian construction industry. *Construction Innovation*, 16, 127-157. <https://doi.org/10.1108/CI-04-2015-0021>

- Smugala, S., & Kubečková, D. (2021, June 14-18). *Construction process duration predicted by statistical method*[Conference paper]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Prague, Czech Republic. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1203/3/032135>
- Soong, T. (2004). *Fundamentals of probability and statistics for engineers*. Wiley.
- Sönmez, M. (2019). *Türkiye’de üstyapı projelerinde zaman-maliyet ilişkileri* (Doktora tezi). Sakarya Üniversitesi.
- Susanti, R. (2020). Cost overrun and time delay of construction project in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1444(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1444/1/012050>
- Sweis, J.G. (2013). Factors affecting time overruns in public construction projects: the case of Jordan. *International Journal of Business and Management*, 8(23), 120-129. doi:10.5539/ijbm.v8n23p120
- Ting, S.N., Darrell, V.C., Kueh, A.B.H., Lee, Y.Y., & Ng, C.K. (2021, October 27-28). *Extension of time (EoT) considerations in construction duration estimate for public construction projects* [Conference paper]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1101/1/012030>
- Tokalakoğlu, D. (2010). *Kamu inşaat sektöründe yaklaşık maliyet hesabı şartnamesi oluşturulmasına yönelik bir çalışma* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Tunç, G., & Öz Saraç, E. (2015, 14-16 Ekim). Türkiye’deki kamu özel işbirliği modelinin iyileştirilmesine ait öneriler [Konferans sunumu]. 3. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Tunji-Olayeni, P.F., Afolabi A.O., & Okpalamoka, O.I. (2018). Survey data set on occupational hazards on construction sites. *Data in Brief*, 18, 1365-1371. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.04.028>
- Türesoy, M. (1989). *Yapı üretiminde süre tahmini ve yapım süresini etkileyen faktörler* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ubani, E. C., Okorocho, K. A., & Emeribe, S. C. (2013). Analysis of factors influencing time and cost overruns on construction projects in Southeastern Nigeria. *International Journal of Management Sciences and Business Research*, 2(2), 73-84.
- Ujong, J., Mbadike, E. M., & Alaneme, G. U. (2022). Prediction of cost and duration of building construction using artificial neural network. *Asian Journal of Civil Engineering*, 23, 1117-1139. doi:10.1007/s42107-022-00474-4
- Usta, Y. (2014). Kamusal kalkınmada proje yönetimine yönelik modelsel bir yaklaşım. *Verimlilik Dergisi*, 3, 115-139.
- Walker, D. H. T., & Vines, M. W. (2000). Australian multi-unit residential Project construction time performance factors. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 7(3), 278–284.
- Walraven, A., & de Vries, B. (2009). From demand driven contractor selection towards value driven contractor selection. *Construction Management and Economics*, 27, 597-604. <https://doi.org/10.1108/eb021152>
- Wang, Y. R., Yu, C. Y., & Chan, H. H. (2012). Predicting construction cost and schedule success using artificial neural networks ensemble and support vector machines classification models.

International Journal of Project Management, 30(4), 470-478.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.09.002>

Williams, R. C. (2008). *The development of mathematical models for preliminary prediction of highway construction duration* (Doctoral dissertation). Virginia Tech.

Woolery, J. C., & Crandall, K. C. (1983). Stochastic network model for planning scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 109(3), 342–354.

Yang, R. J., Wang, Y., & Jin, X.-H. (2014). Stakeholders' attributes, behaviors, and decision-making strategies in construction projects: importance and correlations in practice. *Project Management Journal*, 45(3), 74-90.

Yargıtay. (2010). *2010/2081 Esas ve 2010/9729 Sayılı Karar*. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu Kararları.

Yargıtay. (2011). *2011/4202 Esas ve 2011/14042 Sayılı Kararı*. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu Kararları.

Yargıtay. (2013). *2012/24284 Esas ve 201/1694 Sayılı Kararı*. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu Kararları.

Yargıtay. (2014). *2013/13 – 1143 Esas ve 2014/625 Sayılı Kararı*. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu Kararları.

Yargıtay. (2015). *2013/13 – 2342 Esas ve 2015/1066 Sayılı Kararı*. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu Kararları.

Yaseen, Z.M., Ali, Z.H., Salih, S.Q., & Al-Ansari, N. (2020). Prediction of risk delay in construction projects using a hybrid artificial intelligence model. *Sustainability*, 12, 1514.

Yeom, D.-J., Seo, H.-M., Kim, Y.-J., Cho, C.-S., & Kim, Y. (2018). Development of an approximate construction duration prediction model during the project planning phase for general office buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(3), 238-253.
<https://doi.org/10.3846/jcem.2018.1646>

Yogesh, G., & Hanumanth Rao, C. (2021). A study on linear scheduling methods in road construction projects. *Materials Today: Proceedings*, 47(4), 5475-5478.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.393>

Ek-1.Literatür araştırmalarında inşaat süresini etkileyen faktörler

No	Faktörler	Yapım Evresindeki Faktörler	İhale Evresindeki Faktörler	Yüklenici Kaynaklı Faktörler	İşveren Kaynaklı Faktörler	Hesaplama yöntemi için seçilen faktörler	İhale Evresi ve İşveren Kaynaklı Faktörler	Yazarlar
1	Malzemenin Zamanında Teslimi	+	-	+	-	-	-	Alaghbari ve ark. (2007), Asnaashari ve ark. (2009), Tunji-Olayeni ve ark. (2018)
2	İř Gücü Verimliliği	+	-	+	-	-	-	Faremi ve ark. (2016), Smugala ve Kubečková (2021)
3	Etkin Bir İř Programının Kullanımı	+	+	+	+	+	-	Chan ve Kumaraswamy (2002), Sweis (2013), Lines ve ark. (2015)
4	Proje- Yapım Koordinasyonu	+	-	+	-	-	-	Faremi ve ark. (2016)

5	İş Gücü Temini	+	-	+	-	-	-	Ahuja ve Nandakumar (1985)
6	Projede Yapılan Değişiklikler	+	-	+	+	-	-	Shanmugapriya ve Subramanian (2013)
7	Proje Bölgesinin Depremselliliği	+	+	+	+	+	+	Mauriya ve ark. (2010), Mahmoodzadeh ve ark. (2022)
8	Yönetim Personelinin Sayısının Yeterliliği ve Deneyimi	+	-	+	-	-	-	Lo ve ark. (2006)
9	Alt Yüklenicilerin Seçimi	+	-	+	-	-	-	Polat ve ark. (2015)
10	Proje Tipi ve Özellikleri	-	+	+	+	+	-	Dursun ve Stoy (2012), Oyedele (2017)
11	Efektif Organizasyon Yapısı	+	-	+	-	-	-	Arditi ve ark. (1985)
12	Firma Bazlı Finansal Problemler	+	+	+	-	-	-	Lo ve ark. (2006), Nayak (2019)
13	Projede Kullanılan Teknoloji	+	+	+	+	+	-	Chan ve Kumaraswamy (2002)
14	İşin Sürekliliğinin Sağlanması	+	-	+	-	-	-	Alfalasi (2016)
15	İlave Çizim, şartname ve Teknik Detayların Uygulama İçin Zamanında Elde Edilmesi	+	-	-	+	-	-	Ahuja ve Nandakumar (1985)
16	İşin Çapındaki Artış	+	-	-	+	-	-	Arditi ve ark. (1985), Shanmugapriya ve Subramanian (2013)
17	Alt Yükleniciler Arasındaki Koordinasyonun Sağlanması	+	-	+	-	-	-	Hwang ve ark. (2013)
18	İş Gücünün Motivasyonu	+	-	+	-	-	-	Nasirzadeh ve Nojedehi (2013)
19	Doğal Afetler	FM	-	FM	-	-	-	Nayak (2019)
20	Projenin İnşa Edilebilirliği	+	+	+	+	+	+	Kaka ve Price (1991), Chan ve Kumaraswamy (1997, 2002) Oyedele (2017)
21	Proje – Planlama Koordinasyonu	+	-	+	-	-	-	Walker ve Vines (2000)
22	Etkili Denetim ve Kontrol	-	-	+	+	-	-	Long ve ark. (2008)
23	Yer Teslimindeki Gecikmeler	-	+	-	+	+	-	Iyer ve ark. (2008)
24	Ekipmanların Rasyonel Kullanımı	+	-	+	-	-	-	Oleinik ve ark. (2019)
25	Projelendirmede Tecrübeli Elemanların Yer Alması	+	+	+	+	+	-	Oyewobi ve Ogunsemi (2010), Lessing ve ark. (2017)

26	Uygun Şantiye Koşullarının Sağlanması	+	-	+	-	-	-	Dursun ve Stoy (2012)
27	Yapım Hataları	+	-	+	-	-	-	Kaliba ve ark. (2009)
28	Olağanüstü Hava Koşulları	FM	-	FM	-	-	-	Kaming ve ark. (1997), Salleh (2009), Oyedele (2017)
29	Tasarım Danışmanlık Hizmetlerinin Yeterliliği	+	+	+	+	+	-	Le-Hoai ve ark. (2008)
30	Mühendislik Verimliliği	+	-	+	+	-	-	Chan ve Kumaraswamy (1995)
31	Uygun Ekipman Seçimi	+	-	+	-	-	-	Mahmoodzadeh ve ark. (2022)
32	Enformasyon Teknolojisinin Etkin Kullanımı	-	+	+	+	+	-	Li ve ark. (2005)
33	Uygulanan Teknolojiyi Kullanma Tecrübesi	+	-	+	-	-	-	Memon ve ark. (2012)
34	Ekipman Arızası	+	-	+	-	-	-	Aibinu ve Odeyinka (2006), Mahmoodzadeh ve ark. (2022)
35	Bürokrasi Fazlalığı	+	+	+	+	+	-	Abd El-Razek ve ark. (2008)
36	İşe Adaptasyon ve İş Öğrenme İsteği	+	-	+	-	-	-	Doloi ve ark. (2012)
37	Malzeme Seçimi	+	-	+	-	-	-	Koushki ve ark. (2005)
38	Ulusal Bazlı Finansal Problemler	+	+	+	+	+	+	Arditi ve ark. (1985), Turesoy, 1989; Hoffman ve ark. (2007), Musarat ve ark. (2020)
39	Yapım Danışmanlık Hizmetlerinin Yeterliliği	+	-	+	+	-	-	Alaghbari ve ark. (2007), Hwang ve ark. (2013)
40	Proje Tarafları Arasındaki Hak Talebi Sorunları (İhtilaflar)	+	-	+	+	-	-	Al-Khalil ve Al-Ghafly, (1999), Aibinu ve Jagboro (2002)
41	Şantiye Zemini ve Topoğrafyası	+	+	+	+	+	-	Cheng, (2014), Oyedele (2017)
42	Diğer Otoritelerle İletişimin Sürekli Kılınması	+	-	+	+	-	-	Doloi ve ark. (2012), Hwang ve ark. (2013)
43	Aktivitelerinin Önem Derecelerindeki Değişiklikler	+	-	+	+	-	-	Woolery ve Crandall (1983), Nguyen ve ark. (2013)
44	Oluşabilecek Aksaklıklara Yönelik Acil Durum, Kriz Yönetimi ve Risk Yönetimi Planlarının Önceden Oluşturulması	+	+	+	-	-	-	Hosseinian ve Reinschmidt (2015)

45	Kayıt ve Dokümantasyon Yönetimi	+	-	+	-	-	-	Faremi ve ark. (2016)
46	Sözleşme Türünün Proje Tipine Uygunluğu	+	+	-	+	+	-	Oyedele (2017),
47	İthal Malzeme Kullanımı	+	+	+	+	+	-	Odeh ve Battaineh (2002)
48	Malzeme Depolama İmkânı	+	-	+	-	-	-	Kumar ve Cheng (2015)
49	Proje Prosedürleri	+	+	+	+	+	-	Williams (2008)
50	Kalite Kontrol	+	-	+	+	-	-	Aliverdi ve ark. (2013)
51	Şantiyenin Uzaklığı	+	+	+	+	+	-	Ramli ve ark. (2018)
52	Yapı Endüstrisine Yönelik Uygulamaya Konulan Vergi ve Teşvikler	+	-	-	-	-	-	Kumaraswamy ve Chan (1995), Girth ve Lopez (2019)
53	Mevzuat Değişiklikleri ve Yasal Düzenlemeler	+	-	-	+	-	-	Ahuja ve Nandakumar (1985)
54	Projede Uygulanacak Güvenli İş Programı'nın Hazırlanması	+	+	+	+	+	-	Meeampol ve Ogunlan (2006), Salleh (2009)
55	Uygulamanın Yapılacağı Yerdeki Dini, Kültürel ve Sosyal Faktörler	+	+	+	+	+	-	Assaf ve Al-Hejji (2006), Al-Sabah ve ark. (2014)
56	Hırsızlık	+	-	+	-	-	-	Haas ve ark. (2022)
Toplam		50	21	48	29	18	3	

EXTENDED SUMMARY

Research Problem:

The construction industry plays a pivotal role in economic development, infrastructure enhancement, and urbanization in Turkey. The Housing Development Administration of Turkey (TOKI) is a key player in this sector, responsible for numerous construction projects aimed at providing affordable housing and improving living conditions across the country. Efficient project management, particularly in estimating the ideal construction duration, is essential for successful project completion, cost control, and stakeholder satisfaction. Although scheduling at the tender stage are regulated by relevant laws and authorized institutions, there is no such regulation for the public construction sector in Turkey. This is because only the lowest bid price is given priority without planning during the tender stage. When choosing a contractor, not only low costs but also construction duration should be taken into consideration. There is a lack of literature on the calculation of construction duration at the tender stage for housing projects. Similar to developing countries, there are major construction delays and poor construction planning in Turkey. This article aims to bridge the gap in existing construction duration estimation methods in Turkey, which often overlook the specificities of TOKI projects. The purpose is to improve a calculation method to estimate ideal construction duration and prevent delays in public housing projects by considering the influencing factors and evaluation criteria. By tailoring the proposed method to the unique context of housing projects, it is expected to enhance project planning and scheduling, ultimately leading to more efficient project delivery.

Research Questions:

The research aims to answer the question of “What is the impact of the proposed calculation method on the delays of existing public housing projects?”

Literature Review:

Literature has shown that various factors affect construction duration of housing projects such as the type of project and tender, the complexity of the project design, construction volume and height (number of floors), site characteristics, weather conditions and the geographical location of the project, project characteristics and pre-construction scheduling, financial conditions, seismicity, and supply conditions. 56 factors addressed in the literature regarding construction duration and they are reduced to three factors for proposed model by considering force majeure, tender stage, attribution to the employer, eligibility and applicability to statistical methods.

Methodology:

Factors affecting construction duration was determined by literature review and from construction authority documents after elimination of irrelevant factors for model. To develop and validate a method for estimating the ideal construction duration, data were selected from 3500 public housing projects, which were obtained using the "Projects Status Table" from TOKI. The ratio of the number of delayed public housing projects to the total number of public construction was 25.71%. The ratio of the number of delayed public housing projects to the total number of public housing projects was 47.06%. Therefore, among all construction projects, housing projects showed the major delays and a calculation method was developed for only housing projects. Quantitative methodology involves development, validation, testing, and implementation of proposed model. Statistical data analysis was performed using multiple linear regression analysis, chi-squared automatic interaction detection (CHAID), and classification and regression tree (CART) methods. Validation for regression, CHAID, and CART methods was done by enter and stepwise methods, and 10-fold cross-validation, respectively.

Results and Conclusions:

The findings showed that several factors significantly affected the ideal construction duration for each statistical method. The regression analysis indicated that six variables, i.e., the standardized BCD (F1+F2+F3), priority of the project (F4), complexity of the project (F5), difficulty of the project (F7), financial risk of the project (F8), and climatic conditions of the project region (F10), significantly affected the ideal construction duration ($p < 0.05$). In contrast to the results of the regression method, the CART and CHAID analyses indicated that the logistic conditions of the project region (F9) were significant. In contrast to the results of the regression and CART analyses, the seismicity of the project area (F11) was determined to be a significant factor in the CHAID analysis. Special request for the project (F6) was not a significant factor for any of the three methods. The logistic conditions of the project region (F9) and priority of the project (F4) were found to be significant in both the CHAID and CART analyses.

The cutoffs and standard errors were calculated to test the validity of all three statistical methods. The regression formula indicated statistical significance when the calculation method was tested. The implementation of the regression method for test data (40 delayed housing projects) significantly reduced the number of delayed projects. Testing of the regression method reduced the number of delayed housing projects by 42.50% as the number of delayed housing projects decreased from 40 to 23. After the implementation of the proposed calculation method, the number of delayed public housing projects decreased to 350 for the regression method, corresponding to a percentage reduction of 22.88%. For the CHAID method, the number of delayed public housing projects decreased to 285 (18.63%), whereas it decreased to 299 (19.54%) for the CART method.

The findings of this study are expected to contribute senior project managers to estimate the ideal construction duration for housing projects during the tender preparation stage. This study provided a user-friendly software tool for project managers and stakeholders to easily estimate ideal construction durations for TOKI projects.