

Yüksek Hızlı Tren Üst Yapı İhaleleri İçin Teklif Değerlerinin Oyun Teorisi ile Belirlenmesi

Hacı Mehmet ALAKAŞ¹

Cem KACAR²

Emre YAZICI³

ÖZ

Dünyada tren yolu taşımacılığında hız ve rekabet edilebilirlik için yüksek hızlı tren (YHT) kullanımı artmaktadır. Türkiye’de de son yıllarda tren yolunun geliştirilmesi için yeni hatlar inşa edilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de inşa edilen YHT hatlarının üstyapı ve elektromekanik yapım işi ihalelerinde son teklif fiyatın belirlenmesi için matematiksel model oluşturulması amaçlanmıştır. Matematiksel modelde yükleniciler veya teklif vericiler arasındaki çıkar çatışmasını analiz edebilmek için oyun teorisinden faydalanılmıştır. Modelde geçmiş ihalelerdeki verilmiş tekliflerden faydalanılarak, teklif dağılımları belirlenmiştir. Son teklif fiyatın belirlenmesinde kazananın laneti derecesini minimize etmek için, geçmiş ihale teklifleri kullanılarak, deneysel ampirik yaklaşım ile matematiksel model önerilmiştir. Matematiksel model ile incelenen geçmiş ihalelerin standartlarında yeni yapılacak YHT demiryolu hatlarının üstyapı ve elektromekanik işi yapım ihalelerinin rekabetçi son teklif bedeli hesaplanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek hızlı tren ihaleleri, oyun teorisi, teklif hazırlama, teklif verme, teklif stratejisi, son teklif fiyatı, kazananın laneti.

ABSTRACT

Determination of Bid Values for High Speed Train Superstructure Tenders by Game Theory

The use of high-speed trains (YHT) is increasing for the world's speed and competitiveness in rail transport. In Turkey, new lines have been built for the development of the railway in recent years. This study, it is aimed to create a mathematical model to determine the final bid

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu’na 27 Ağustos 2021 günü ulaşmıştır. 18 Şubat 2022 günü yayımlanmak üzere kabul edilmiştir.
- 31 Temmuz 2022 gününe kadar tartışmaya açıktır.

• <https://doi.org/10.18400/tekderg.987879>

1 Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
hmalagas@kku.edu.tr - <https://orcid.org/0000-0002-9874-7588>

2 Yapı Merkezi İnşaat ve Sanayi A.Ş., Ankara
msc.cemkacar@gmail.com - <https://orcid.org/0000-0001-7334-2122>

3 Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
emreyazici92@hotmail.com - <https://orcid.org/0000-0002-3661-2119>

price in the superstructure and electromechanical construction works of the YHT lines built in Turkey. Game theory was used to analyze the conflict of interest between contractors or bidders in the mathematical model. In the model, the bid distributions were determined by using the bids given in the previous bids. To minimize the degree of the winner's curse in determining the final bid price, a mathematical model is proposed using an empirical approach, using past bids. The competitive final bid price of the superstructure and electromechanical works of the superstructure and electromechanical works of the new YHT railway lines can be calculated in the standards of the previous tenders examined with the mathematical model.

Keywords: High speed train auctions, game theory, bid preparation, bidding, bidding strategy, final bid price, winner's curse.

1. GİRİŞ

Tüm dünyada ulaştırma sektörü üretim ekonomisinin devamlılığı için büyük önem taşımaktadır. Hem yük hem de yolcu ulaşımı, üretim sürecinin tamamlayıcısı olması yanında; ekonomik, sosyal ve kültürel olarak toplumların gelişmesinde rol oynamaktadır. Ulaştırma sektörü için en büyük alternatiflerden biri demiryolu ulaşımıdır. Dünyada olduğu gibi Türkiye için de önemli ulaştırma seçeneklerinden olan demiryolu, 2003 yılından itibaren Türkiye’de gelişimini hızlandırmıştır. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollarının (TCDD) 2018 [1] ve 2020 [2] verilerine göre Türkiye’de şimdiye kadar tamamlanmış olan demiryolu hattının %31,05’i 2003-2020 yılları arasında yapılmıştır. Ayrıca 2020 yılı bütçesinde T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na ayrılan ödeneklerin %47’si demiryolu yatırımları içindir. Bu oranın 2023 yılında %60 oranında olması beklenmektedir.

Türkiye’deki demiryolu hatları yapım işleri kamu tarafından finanse edilmekte olup ihaleleri ise TCDD tarafından organize edilmektedir. TCDD demiryolu hatları yapım işleri ihale teklifleri istekliler tarafından TCDD’ye kapalı zarf içerisinde sunulur. TCDD, sunulan teklifler arasında en avantajlı teklif sahibi ile sözleşme imzalar. Demiryolu ihalelerinden Yüksek Hızlı Tren (YHT) hatları ihaleleri, Türkiye’de müşavirlik, altyapı, üstyapı ve elektromekanik yapım işi olarak TCDD tarafından üçe ayrılmıştır. Sırasıyla hattın müşavirlik ihalesi, altyapı ihalesi ve son olarak üstyapı ve elektromekanik yapım işi ihaleleri yapılır. Müşavir firma belirlendikten sonra, müşavir firmanın hazırladığı projeler kapsamında altyapı ihaleleri yapılır. Altyapı işleri tamamlandıktan sonra üstyapı ve elektromekanik yapım işi ihale edilir. Bu ihale neticesinde de üstyapı ve elektromekanik yapım işini yapacak yüklenici belirlenir.

Müteahhit firmalar pazarda yerlerini koruyabilmek ve sürdürülebilirliklerini sağlayabilmek adına sürekli rekabet halindedir. Böyle bir rekabetçi ortamda, rekabetçi teklif modeli geliştirilmesi gereklilik haline gelmiştir. Özellikle YHT hatlarının yapımındaki üstyapı ve elektromekanik işleri, inşaat sektöründeki diğer yapım işlerine göre daha spesifik olduğundan dolayı, bu çalışmada YHT üstyapı ve elektromekanik yapım işi ihaleleri için rekabetçi teklif modeli geliştirilmesine odaklanılmıştır.

Çalışmada geçmiş üç ihale incelenerek YHT ihalelerinde teklif vericilerin teklif ortalamaları üzerinde ve hatta bazı teklif vericilerin TCDD’nin yaklaşık maliyeti üzerinde teklif verdiği tespit edilmiştir. Bu sorunları ortadan kaldırabilmek veya minimize etmek adına, geçmiş

ihale verileri dikkate alınarak gelecekte yapılacak ihaleler için optimum teklif davranışı ortaya koyulabilir. Bu hipotez doğrultusunda çalışmada aşağıdaki soruların cevapları aranacaktır:

- YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalelerinin özellikleri dikkate alınarak teklif hazırlamak için hangi yol izlenmelidir?
- İhale teklifinin belirlenmesinde nasıl bir strateji izlenmelidir?
- İhale teklifi hazırlanırken hangi değerler ve formülasyon kullanılarak teklif değeri belirlenmelidir?
- İhale teklifi hazırlamada hangi kıstaslar dikkate alınmalıdır?
- Oyun teorisi ile ihale teklifi hazırlamak firmaya nasıl bir yarar sağlayacaktır?

İhalelerde sunulan teklifin, işin kazanılabilecek değerinden, ihalenin yapısına göre, daha düşük veya yüksek olması ihtimali söz konusu olabilir. Bu ihtimaller oyun teorisinde “kazananın laneti” olarak açıklanmaktadır. YHT hattı yapım ihalelerinde “kazananın laneti” ihaleyi kazananın daha yüksek bir bedelle ihaleyi kazanma ihtimali varken daha düşük teklif verip ihaleyi kazanması ile açıklanır. Çalışmada son teklif fiyatın belirlenmesinde oyun teorisi kapsamındaki kazananın laneti derecesini minimize edebilmek için deneysel ampirik bir yaklaşım matematiksel modele entegre edilmiştir. Ayrıca son teklif fiyatın belirlenmesinde, yükleniciler veya teklif vericiler arasındaki çıkar çatışması göz önüne bulundurulup oyun teorisinden faydalanılarak matematiksel model sunulmuştur. Önerilen matematiksel model ile incelenen geçmiş üç ihalenin standartlarında yeni yapılacak YHT hatlarının üstyapı ve elektromekanik işi yapım ihalelerinin rekabetçi son teklif bedeli hesaplanabilmektedir.

Çalışma oyun teorisinin YHT hatlarının yapım ihalelerine uygulanması ile literatüre öncülük etmektedir. Ayrıca oyun teorisi ile maliyet tahmini yapılması bu çalışma vasıtasıyla Türkiye’de ilk kez uygulanmıştır. Oyun teorisi ile geçmiş teklif davranışlarına göre teklif vericilerin kazancını maksimize edecek şekilde teklif fiyatını optimize etmek mümkündür. Dolayısıyla oyun teorisi ile oluşturulan matematiksel model, regresyon analizlerinden elde edilen sonuçlara kıyasla daha gerçekçi hesaplama yapılmasını sağlamaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde incelenen konu ve ele alınan problem ile ilgili genel bilgi verildikten sonra ikinci bölümde literatürde konu ve yöntem ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde demiryolları ve demiryolları ihaleleri hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde oyun teorisi yöntemi hakkında bilgiler sunulmuştur. Beşinci bölümde YHT ihaleleri ve bu ihalelerin bir parçası olan üstyapı ve elektromekanik yapım işi ihalelerine teklif hazırlama stratejileri, metodu ve hesaplamaları yer almaktadır. Son bölüm ise çalışmanın sonuç kısmını oluşturmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İhalelerde rekabetçi teklif verme konusu; mühendislik, ekonomi, istatistik ve oyun teorisi alanlarının kapsamındadır. Oyun teorisi, karmaşık problemlerin çözülebilmesi ve stratejik karar vermede etkili olabilmesi nedeniyle araştırılması literatürde önemli bir yer tutmaktadır.

Oyun teorisi ile teklif stratejilerinin belirlenmesi konusunda matematiksel yaklaşımla optimum davranış modellenmektedir. Oyun teorisi kapsamındaki ihale türleri için rekabetçi teklif davranışlarının teorik analizini Milgrom ve Weber [3] çalışmalarında açıklamışlardır. Her ne kadar teorik yaklaşım strateji belirlemede faydalı olsa da, uygulanabilirlik teorik yaklaşımın etkinliğini ölçen bir faktördür. İhalelerde teklif stratejilerinin belirlenmesi için üretilen matematiksel modellerin uygulanabilirliğinin sınanması ile gelecekteki ihaleler için tekliflerinin belirlenmesi ve kazanan lanetinin minimize edilmesi Dyer ve Kagel [4] tarafından incelenmiştir. İhalelerde teklif stratejisi belirlenmesi konusu inşaat sektörü üzerinde uygulanmıştır. Chen [5] çalışmasında basitleştirilmiş oyun teorisi ile inşaat sektöründe gelecekteki ihalelerde teklif stratejisi belirlenebilmesi için matematiksel model oluşturmuştur. Jofre-Bonet ve Pesendorfe [6] çalışmalarında geçmişte yapılan otoyol ihaleleri teklif verileri kullanılarak, gelecekteki ihaleler için maliyet tahmininde bulunmuşlardır. Athey ve Levin [7] çalışmalarında ise geçmiş zaman ihalelerindeki teklifler göz önüne alınarak bir teklif modeli geliştirmişlerdir. Teklif stratejileri belirlenmesinde kazananın laneti konusu göz önünde bulundurulmalıdır. Her ne kadar verilen teklif en rekabetçi teklif olsa da şayet ikinci teklif ile kazanan teklif arasında fark bulunuyorsa, kazanan teklifi sunan isteklinin teklifi ile ikinci teklif arasındaki fark masada bırakılmış olur. Kazananın laneti olarak tanımlanan bu durumun etkisinin azaltılması [8]'de ele alınmıştır. Kimi zaman firmalar için teklif sunmamak teklif sunmadan daha avantajlı olabilecektir. İhaleye teklif sunum kararının incelenmesi [9]'da sınanmıştır. Türkiye'deki yapım işi ihalelerinde en düşük teklifi sunan isteklinin teklifi ihaleyi kazanmaktadır. En düşük teklifin kazandığı ihalelerde stratejilerin belirlenmesini ortaya koyan çalışmalarda mevcuttur [10].

Türkiye'de ise maliyet tahmini konusunda sadece regresyon-kolerasyon analizi kullanılmıştır. Regresyon-kolerasyon analizi her ne kadar gelecekteki maliyetlerin belirlenmesi için uygun bir yaklaşım olsa da ihalelere katılacak istekliler için regresyon-kolerasyon analizinin tek başına yeterli rehberliği sağlaması mümkün olmayacaktır. Çünkü oyun teorisi yaklaşımında teklif vericilerin arasındaki çatışmalar incelenmektedir ancak regresyon-kolerasyon analizlerinde incelenememektedir. Dağdeviren ve Kaymak [11] çalışmasında beton istinat duvarları için regresyon ve kolerasyon analizi ile maliyet tahmininde bulunmuşlardır. Türkiye'de Türk Lirası (TRY)'nin Amerikan Doları (\$) karşısındaki değer kaybı Türkiye'deki enflasyon oranlarından daha yüksek olabilmektedir. Dolayısıyla geçmişteki fiyatların güncellenmesi için enflasyon oranları yerine \$ kurları kullanılmalıdır. Uğur ve Sivri [12] çalışmalarında konut projelerinin maliyetleri m² cinsinden regresyon-kolerasyon analizi ile incelenerek maliyetlerin Türkiye'deki enflasyon oranlarına bağlı olan üretici fiyat endeksi (ÜFE) ile bağlantısı araştırmışlardır.

Bu çalışmada, aynı standarttaki geçmiş ihale teklif verileri oyun teorisi ile değerlendirilerek ve fiyatlar dolar cinsinden güncellenerek Türkiye'de gelecekte yapılacak olan aynı standarttaki ihaleler için son teklif fiyatını belirleyecek matematiksel model önerilmiştir.

3. YHT DEMİRYOLU HATLARI VE YHT İHALELERİ

Dünyada demiryolu ilk olarak İngiltere'de maden ocaklarında kömür taşımak amacıyla 1825 yılında Teesside'de bulunan Darlington maden ocağını Stockton Limanına bağlayan hattın yapılmasıyla ortaya çıkmıştır. Sanayileşme ile demiryolları, kömür taşıma amacıyla

göre teklifler ihale isteklilerince gerçekleştirilmektedir. Ancak yapım aşamasında olan ve planlanan hat sayılarının fazlalığı nedeniyle ihale sayıları da bu doğrultuda artmaktadır. Bu durum ihale süreçlerinde isteklilerin teklif vermesi ve süreci değerlendirmesi açısından karmaşık bir karar sürecini ortaya çıkarmaktadır.

4. İHALELERDE OYUN TEORİSİ

Oyun teorisi 1940'lı yılların ortalarında ortaya çıkan bir disiplin olarak kabul edilmektedir. Oyun teorisi bir çatışma diğer bir ifade ile rekabet ortamının söz konusu olduğu durumlardan birden fazla rakibin etkileşimli olarak karar almasını sağlayan bir yaklaşımdır. Bir bireyin başarısının diğer bireyin kararlarına bağlı olduğu durumlarda her bireyin davranışını belirlemek temel amaçtır. Oyun teorisinin üç temel unsuru vardır. Bu unsurlar bireyler “oyuncu” olarak, bireylerin davranışları “oyuncuların stratejileri” sonuç ise “kayıp” veya “kazanç” olarak ifade edilmektedir [15].

Oyun teorisinde oyuncular ve stratejiler sonlu sayıdadır. Aynı zamanda oyuncuların kazanç ya da kayıpları da sınırlıdır. Oyuncular tüm olası stratejileri bilmektedir. Ancak rakiplerin hangi olası strateji ile davranacağını bilmemektedir. Bu nedenle oyuncuların kazanç ya da kayıpları kendi kararlarının yanı sıra rakibin kararına da bağlıdır. Oyuncuların olası tüm stratejileri aynı ölçü biriminde ve hesaplanabilir olmalıdır. Bunlar oyun teorisinin temel varsayımları olmakla birlikte en önemli varsayımlarında birisi de oyuncuların akılcı davranarak en kazançlı durum için rasyonel hareket etmesidir [15].

Oyun teorisinde oyun kuralları belirlenmiştir ve oyunun kuralları değiştirilmez. Tüm oyuncular oyun kurallarını bilerek oyuna katılırlar. Bu sebeple oyunu kurallarına ait bilgilerin genel bilgi olduğu varsayılır. Katılımcıların özel değerlendirmelerinin, herkes tarafından bilinmesi durumuna tam bilgili oyunlar denilmektedir. Tam bilgili oyunlarda katılımcıların stratejileri genel bilgidir. Katılımcıların sadece kendi değerlendirmelerini bildiği durumlara ise eksik bilgili oyunlar denilmekte olup; bu durumda katılımcıların stratejileri asimetrik bilgidir.

Oyun teorisinde sosyal, ekonomik ve politik başta olmak üzere birçok karar durumu incelenebilmektedir. Sosyal olarak bakıldığında seçim stratejileri, politik olarak bakıldığında iki ülke arasındaki soğuk savaş politikalarının belirlenmesi gibi birçok karar durumu oyun teorisi ile incelenebilmektedir. Ekonomi veya iktisadi alanda bakıldığında ise özellikle rekabet ortamının söz konusu olduğu durumlara verilecek örneklerin sayısı oldukça fazladır. İktisadi alanda özellikle ihale teorisi son yıllarda ilgi görmeye başlamıştır. İhaleler oyun teorisinin varsayımlarının incelenmesine imkan tanınması ile oyun teorisi ile daha etkin bir şekilde tasarlanabilmektedir. Oyun teorisi ile incelenen ihalelerde tam bilgili ve eksik bilgili ihaleler olarak sınıflandırılabilir.

Tam bilgili ihalelerde teklif verici diğer teklif vericilerin teklif değerlerini bilir. Bu duruma gerçek hayatta çok rastlanmaz. Ancak tam bilgili ihaledeki teklif davranışı eksik bilgili ihale davranışına temel oluşturmaktadır. Tam bilgili ihalede verilecek teklifler aslında tüm katılımcılar tarafından bilindiği kabul edildiğinden, verilecek teklifler bir dağılımla incelenebilir. Belirlenen dağılıma istinaden ikinci tekliften daha az teklifin belirlenebileceği olasılık dilimi hesaplanır [15].

Tam bilgili ihalelerde $v = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$ değer vektörleri tüm teklif verecekler tarafından bilinir. Her bir i oyuncusu için kazanç fonksiyonu $u_i = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_n)$ olacağından kazanacak teklifin hangisi olacağı, tekliflerin bir dağılım ile incelenmesiyle belirlenebilecektir. Dolayısıyla i oyuncusu özel değerlendirmelerini yapmasıyla $b_i \geq v_i$ davranışıyla teklifte bulunacaktır. En düşük teklifi veren birinci oyuncunun ihale konusu değerlendirmesi $v_1 \leq v_2$ şeklindedir. Birinci oyuncu $b_1 \leq v_2$ teklif koşulunu sağlayarak ihaleyi kazanır. Eğer ihaleye katılımcı sayısı birden fazlaysa, ihaleyi kazanmak isteyen i oyuncusunun $b_i = v_2$ koşulunu sağlayan teklifi vermesi gerekir. Çünkü b_2 teklifi ile v_2 arasında epsilon değeri kadar $b_2 = v_2 + \epsilon$ fark bulunmaktadır. Dolayısıyla $b_i = v_2$ teklifini veren ihaleyi kazanacaktır.

Tam bilgili ihalelerde Nash dengesi için şöyle bir çıkarım ortaya koyulabilir: Bir oyunda oyuncuların en uygun stratejiyi seçerek, en yüksek kazançlara yaklaşabildikleri durum varsa $b_2 - \epsilon$ koşulu sağlanması için bu oyun yaklaşık Nash dengesine sahiptir. Diğer bir deyişle oyunda benzersiz bir Nash dengesi bulunmamaktadır. Birinci oyuncu, ikinci oyuncunun teklifinden daha düşük teklifi vermesi durumunda $b_2 - b_1$ kadar kazanç sağlar. Birinci oyuncu, ikinci oyuncunun teklifinin $-\epsilon$ kadar düşük teklifini sunmasıyla oyunu kazanmaktadır. Burada ϵ değerinin ne kadar küçük olduğunun belirlenmesi için teklif dağılımları baz alınır. ϵ değeri sürekli güncellenerek pozitif kazanç sürekli artırılabilir olduğundan dolayı oyunun Nash dengesi, yaklaşık Nash dengesi olacaktır.

Eksik bilgili ihalelerde ise oyuncular diğer oyuncuların tekliflerini bilmemektedir. Bundan dolayı tam bilgili ihalelerde olduğu gibi ikinci en iyi teklife göre bir strateji izlemek mümkün değildir. Eksik bilgili ihalelerde ise geçmiş benzer ihalelerdeki teklifler incelenerek regresyon denklemi elde edilebilir ve yeni ihalenin teklifi hesaplanabilir. Böylelikle en iyi ikinci teklif tahmin edilip, bu değere göre bir teklif sunulabilir.

4.1. TCDD İhalelerinin Oyun Teorisi ile İncelenmesi

Oyun teorisi ile teklif stratejilerinin belirlenmesi konusunda matematiksel olarak optimum davranışın modellenmesi yapılabildiğinden, YHT üstyapı ve elektromekanik yapım işi ihalelerinin rekabetçi teklif modeli de oyun teorisi ile oluşturulmuştur. Çünkü yapısı gereği YHT üstyapı ve elektromekanik yapım işi ihaleleri, oyun teorisi ihale türlerinden birinci fiyat kapalı zarf ihale teklif modeliyle incelenebilir. Bu amaçla teklif modelinde gelecekte yapılacak ihalelere rehber olması için aynı standartta geçmişte yapılmış Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy, Polatlı-Uşak Üstyapı ve Elektromekanik işi ihaleleri ele alınmıştır.

4.2. Tam Bilgili Oyun Olarak İhalelerin İncelenmesi

Yerköy-Sivas YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşinin 14.10.2016 tarihinde ihalesi onaylanmış ve 25.10.2016 tarihinde işin açık ihale usulüyle ihalesi yapılmıştır. TCDD 13.07.2017 tarihinde 1.083.690.000,00 TRY teklifini veren Yapı Merkezi İnşaat ve Sanayi Anonim Şirketi ile sözleşme imzalamıştır. Yerköy-Sivas YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşinin için TCDD tarafından belirlenmiş olan yaklaşık maliyet 1.829.316.995,09 TRY'dir. Yerköy-Sivas YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşinin proje başlangıcı 184+400,00 ve proje bitişi 465+500,00 çift hat olarak ihale dokümanlarında verilmiştir. Buradan proje uzunluğu 281.100,00 mt olarak hesaplanır. 25.10.2016 tarihinde ihalesi yapılan Yerköy-Sivas YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşinin ihalesinin

Yüksek Hızlı Tren Üst Yapı İhaleleri İçin Teklif Değerlerinin Oyun Teorisi ile Belirlenmesi

tekliflerinin \$ değerine dönüştürülebilmesi için Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) 'nin 24.10.2016 tarihindeki \$ satış kuru kullanılmıştır. 24.10.2016 tarihinde TCMB \$ satış kuru 3,0780 TRY 'dir. Tablo 1'de Yerköy-Sivas YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesine ait teklifler TRY ve \$ cinsinden gösterilmiştir.

Kayaş-Yerköy YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik işinin 11.05.2017 tarihinde ihalesi onaylanmış ve 22.05.2017 tarihinde işin açık ihale usulüyle ihalesi yapılmıştır. TCDD, 20.11.2017 tarihinde 779.411.346,35 TRY teklifini veren Doğu İnşaat ve Ticaret Anonim Şirketi ile sözleşme imzalamıştır. Kayaş-Yerköy YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi için TCDD tarafından belirlenmiş olan yaklaşık maliyet 1.109.719.156,88 TRY'dir. Kayaş-Yerköy YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi'nin proje başlangıcı 012+263,30 ve proje bitişi 184+400,00 çift hat olarak ihale dokümanlarında verilmiştir. Buradan proje uzunluğu 172.137,00 mt olarak hesaplanır. 22.05.2017 tarihinde ihalesi yapılan Kayaş-Yerköy YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesinin tekliflerinin \$ değerine dönüştürülebilmesi için TCMB 'nin 18.05.2017 tarihindeki \$ satış kuru kullanılmıştır. 18.05.2017 tarihinde TCMB \$ satış kuru 3,6193 TRY 'dir. Tablo 1'de Kayaş-Yerköy YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesine ait teklifler TRY ve \$ cinsinden gösterilmiştir.

Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik işinin 01.11.2017 tarihinde ihale onaylanmış ve 14.11.2017 tarihinde işin açık ihale usulüyle ihalesi yapılmıştır. TCDD, 28.05.2018 tarihinde 1.819.779.082,81 TRY teklifini veren KMB Metro İnşaat Altyapı Taahhüt Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi ve YSE Yapı Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi ortaklığı ile sözleşme imzalamıştır. Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi için TCDD tarafından belirlenmiş olan yaklaşık maliyet 2.198.274.399,72 TRY'dir. Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik işinin proje başlangıcı 000+186,00 ve proje bitişi 329+500,00 çift hat olarak ihale dokümanlarında verilmiştir. Buradan proje uzunluğu 329.314,00 mt olarak hesaplanır. 14.11.2017 tarihinde ihalesi yapılan Kayaş-Yerköy YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesinin tekliflerinin \$ değerine dönüştürülebilmesi için TCMB 'nin 13.11.2017 tarihindeki \$ satış kuru kullanılmıştır. 13.11.2017 tarihinde TCMB \$ satış kuru 3,8728 TRY 'dir. Tablo 1'te Kayaş-Yerköy YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesine ait teklifler TRY ve \$ cinsinden gösterilmiştir.

Tablo 1 - Yerköy-Sivas Teklifleri

Sıra	Yerköy-Sivas		Kayaş - Yerköy		Polatlı - Uşak	
	Teklif Bedeli (TRY)	Teklif Bedeli (\$)	Teklif Bedeli (TRY)	Teklif Bedeli (\$)	Teklif Bedeli (TRY)	Teklif Bedeli (\$)
1	1.083.690.000,00	352.076.023,39	767.530.540,23	212.066.018,35	1.736.118.502,66	448.285.091,58
2	1.184.999.000,00	384.989.928,53	779.411.346,35	215.348.643,76	1.819.779.052,81	469.887.175,38
3	1.214.886.000,00	394.699.805,07	845.530.629,89	233.617.171,80	1.947.400.000,00	502.840.322,25
4	1.248.553.000,00	405.637.751,79	857.657.166,00	236.967.691,54	1.967.000.000,00	507.901.260,07
5	1.248.966.000,00	405.771.929,82	870.300.000,00	240.460.862,60	1.968.562.012,68	508.304.589,10
6	1.317.000.000,00	427.875.243,66	877.827.604,91	242.540.713,65	1.975.167.766,95	510.010.268,27
7	1.348.539.000,00	438.121.832,36	883.016.380,88	243.974.354,40	2.088.400.900,00	539.248.321,63
8	1.362.500.000,00	442.657.569,85	890.844.000,00	246.137.098,33	2.121.628.081,02	547.827.949,03
9	1.398.200.000,00	454.256.010,40	915.900.000,00	253.059.983,97	2.159.849.396,00	557.697.117,33
10	1.444.244.000,00	469.215.074,72	948.745.621,12	262.135.114,83	2.259.969.839,29	583.549.328,47
11	1.464.182.000,00	475.692.657,57	978.969.396,83	270.485.838,93	3.590.224.760,55	927.035.932,80
12	1.569.449.000,00	509.892.462,64	1.045.371.579,89	288.832.531,12		

İncelenen üç YHT ihalelerinde tam bilgili ihaleler olması kabulüyle Chen [5]'e göre bu üç ihale teklifleri normal dağılım ile incelenebilir. Şayet bu üç ihale tam bilgili ihale olsaydı; teklif vericiler normal dağılıma göre kazanan teklifin olasılığını hesaplayarak $-\epsilon$ minimizasyonunu belirleyebilirlerdi. Bu üç ihalenin normal dağılım incelemesi için SPSS programı kullanılmıştır.

SPSS programı ile analiz yapılmadan önce Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesindeki 11. katılımcının teklifinin yaklaşık maliyetin %120 'si üzerinde olması nedeniyle aykırı değer olup olmadığı belirlenmelidir. Ovla ve Taşdelen [16] aykırı değer belirlenmesi için Dixon testinin yapılabileceğini ifade etmiştir. Örnek büyüklüğü 11 olduğundan; $11 \leq n \leq 13$ 'e göre en yüksek değer için aykırı değer Denklem 1'e göre hesaplanır.

$$d = \frac{x_{(n)} - x_{(n-2)}}{x_{(n)} - x_{(2)}} \quad (1)$$

Denklem 1 ile hesaplanan Dixon değeri d , veri setindeki en büyük veri değeri $x_{(n)}$ ve veri setindeki ikinci küçük veri değeri $x_{(2)}$ ile gösterilmiştir.

Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesindeki 11. katılımcının teklifi için d değeri 0,8079 hesaplanır. Dixon kritik tablo değeri $d_{n,\alpha}$; $n=11$ şartı ve anlamlılık seviyesi $\alpha=0,005$ için Verma ve Quiroz-Ruiz [17]'in çalışmasına göre 0,5416 belirlenmiştir. d değeri $d_{n,\alpha}$ değerinden büyük olduğundan, %99,95 güvenlilikle, Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesindeki 11. katılımcının teklifi aykırı değerdir ve normal dağılım incelemesinde kullanılamaz.

Böylece üç YHT ihalesi için normallik testleri yapılabilir. Normallik testleri için SPSS programından faydalanılmıştır. Normallik testlerine ilişkin sonuçlar Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 2 - Shapiro-Wilk Testleri

Yüksek Hızlı Tren Projesi Üstyapı Ve Elektromekanik İşi	Shapiro-Wilk Anlamlılık Değeri	Shapiro-Wilk Anlamlılık Değeri 0,05'ten Büyük Mü?
Yerköy-Sivas	1,000	Evet
Kayaş-Yerköy	0,826	Evet
Polatlı-Uşak	0,879	Evet

Normal dağılım için Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalelerinin tam bilgili olması varsayımında, ihaleyi kazanacak teklifin belirlenmesi standart normal değerler tablosuna göre yapılabilir. Standart normal değerler kullanılarak yapılan hesaplamalara göre kazanan değer Tablo 3'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 3 - YHT İhale Tekliflerinin Normal Dağılıma Göre Olasılık Dilimleri

Yüksek Hızlı Tren Projesi Üstyapı Ve Elektromekanik İşi	Kazanan Teklif (TL)	Kazanan Teklifin Yaklaşık Maliyete Göre Tenzilatı	İkinci Teklif (TL)	İkinci Teklifin Yaklaşık Maliyete Göre Tenzilatı	İkinci Teklif Baz Alınarak Kazanacak Teklifin Normal Dağılıma Göre Olasılık Dilimi
Yerköy-Sivas	1.083.690.000,00	%40,7	1.184.999.000,00	%35,22	%13,79
Kayaş-Yerköy	779.411.346,35	%29,76	845.530.629,89	%23,81	%32,74
Polatlı-Uşak	1.819.779.052,81	%17,22	1.947.400.000,00	%11,41	%43,83

Tablo 3'e göre Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihaleleri tam bilgili ihaleler şeklinde ve TCDD tarafından belirlenen yaklaşık maliyet ihale öncesi biliniyor olsaydı; aşağıdaki teklif davranışları gösterilebilirdi:

1. Yerköy-Sivas YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesinde kazanmak için verilecek teklif %13,79 'dan daha küçük bir dilimde olması gerekirdi. Yani yaklaşık maliyete göre tenzilat oranı %35,22 'den büyük hesaplanmalıydı.
2. Kayaş-Yerköy YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesinde kazanmak için verilecek teklif %32,74 'den daha küçük bir dilimde olması gerekirdi. Yani yaklaşık maliyete göre tenzilat oranı %23,81 'den büyük hesaplanmalıydı.
3. Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihalesinde kazanmak için verilecek teklif %43,83 'den daha küçük bir dilimde olması gerekirdi. Yani yaklaşık maliyete göre tenzilat oranı %11,41 'den büyük hesaplanmalıydı. Bu ihalede 11. teklif aykırı değer olduğundan değerlendirme 10 teklif üzerinden yapılmıştır.

Yukarıdaki üç maddeye istinaden, Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihaleleri tam bilgili ihaleler şeklinde olsaydı; karar vericiler aşırı düşük sorgulaması ve tekliflerin ihale dokümanlarına uygun şekilde hazırlanıp sunulması gerekliliğini göz önüne alarak, kendi kişisel değerlendirmelerine göre $-\epsilon$ değerini ikinci tekliflere göre hesaplamak suretiyle ilgili kazanma olasılığı dilimine girmeyi sağlayabilirlerdi. Benzer şekilde yeni yapılacak YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihaleleri tam bilgili ihaleler şeklinde olabilseydi; karar vericiler tekliflerin uygun dağılımını belirleyerek, kendi kişisel değerlendirmelerine göre $-\epsilon$ değerini ikinci tekliflere göre hesaplayabilirlerdi.

4.3. Eksik Bilgili Oyun Olarak İhalelerin İncelenmesi

Katılımcıların teklif değerlerinin bilinmediği durumdaki ihalelere eksik bilgili ihaleler denir [15]. Eksik bilgili ihalelerde $v = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$ değer vektörleri teklif vericiler tarafından

bilinmez. Hâlihazırda Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi ihaleleri de eksik bilgili ihalelerdir.

Bu üç ihalede şartnamelere uygun hazırlanan ve kapalı zarfta en düşük teklifi sunan istekli ihaleyi kazanır. Teklif vericiler teklif verme sürecinde kendi özel değerlendirmelerine istinaden farklı proje maliyetleri ve proje durumu hakkında farklı bilgilere erişimi olacaktır. Teklif vericiler TCDD tarafından belirlenen yaklaşık maliyeti ihale öncesi bilmezler. Aynı şekilde teklif vericiler, rakiplerin özel değerlendirmelerini bilmezler. İhaleye fesat karıştırmak yasa dışı olduğundan gizli anlaşmaların ve teklif bilgilerinin değiş tokuşu muhtemel değildir. Bu sebeple teklif verenin tahmini değerinin diğer teklif sahiplerinden bağımsız olduğu varsayılabilir.

TCDD YHT ihaleleri gerçekte eksik bilgili ihale ve birinci fiyat kapalı zarf ihalesi olduğundan i oyuncusu diğer oyuncuların tahmini maliyetlerini bilmez. Her i oyuncusunun v_i değeri için teklifi j oyuncularına benzer olarak $b(v_i)$ olacaktır. Karabacak [15] ve Cheng vd. [18]'e göre bir simetrik oyunda tüm oyuncular için bir stratejiyi oynamanın getirisi, oyunculardan bağımsız olarak strateji esaslıdır. Yani bir simetrik oyunda oyuncuların yerlerinin değiştirilmesi oyunun sonucunu etkilemez. Bu tanıma göre simetrik bir oyundaki dengede, her i oyuncusu için $b_i=b$ denilebilir. Teklif verme fonksiyonu $b(\cdot)$ ise artan bir fonksiyon olduğundan, i oyuncusunun tahmini değeri $b^{-1}(b)$ şeklinde gösterilebilir. Teklif veren i oyuncusu b_i teklifini verdiğinde elde edilecek kar ise $(b-v)$ genel gösterim şeklinde ifade edilebilir. Diğer tüm teklif vericiler $(n-1)$ tahmini maliyetlere sahip olma olasılığı, v_j ($j=1, 2, \dots, n$) $b(v_j)>b_i$ olacak şekilde sıra istatistiğine ve Denklem 2'ye göre $[1 - F(b^{-1}(b_i))]^{n-1}$ şeklinde ifade edilebilir. Kümülatif dağılım fonksiyonu $F(\cdot)$ tahmini maliyetlerin dağılımını temsil eder. Teklif veren i oyuncusunun karı Denklem 2'teki gibidir.

$$(b_i - v_i) * [1 - F(b^{-1}(b))]^{n-1} \quad (2)$$

Denklem 2'ye, Yılmaz [19] diferansiyel denklem çözümü uygulanırsa $b^*(v_i)$ optimal teklifi Denklem 3'teki gibi elde edilir.

$$b^*(v_i) = v_i - \frac{\int_0^{v_i} [1-F(x)]^{n-1} dx}{[1-F(v_i)]^{n-1}} \quad (3)$$

Chen [5]'e göre Denklem 3'teki $\int_0^{v_i} [1 - F(x)]^{n-1} dx \leq 0$ 'dır. Çünkü $\int_0^v [1 - F(x)]^{n-1} dx$ eşitliğinin azalan bir fonksiyon olduğunu belirtmiştir. Buna göre $-\frac{\int_0^{v_i} [1-F(x)]^{n-1} dx}{[1-F(v_i)]^{n-1}} > 0$ eşitliği olacağından Denklem 3 aslında i oyuncusunun tahmini değeri v_i üzerine eklemesi gereken fiyatı göstermektedir. Chen [5]'e göre $F'(x) = f(x)$ Kabulü ile Denklem 3'ün v_i için türevi alınarak optimum teklif bedeli eşitliği Denklem 4'teki haline getirilebilir.

$$b^*(v_i) = v_i + \frac{1-F(v_i)}{f(v_i)(n-1)} b'(v_i) \quad (4)$$

Denklem 5'te i oyuncusunun optimal teklifi $b^*(v_i)$, i oyuncusunun tahmini değeri v_i , $F(v_i)$ i oyuncusunun tahmini değerinin kümülatif dağılım fonksiyonu, $f(v_i)$ i oyuncusunun tahmini değerinin yoğunluk fonksiyonu, n katılımcı sayısı, optimal teklifin türevi $b'(v_i)$ olarak ifade

edilmiştir. İncelenen üç ihale teklifleri normal dağılım şeklinde olduğundan Ott ve Longnecker [20]'a göre standart normal dağılım eşitliği $Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ ile tekliflerin değerlendirilmesi yapılabilir. Chen [5]' e göre kazananın lanetini minimize edebilmek amacıyla standart normal dağılım eşitliği ve sıra istatistiğine göre Denklem 6 ve 7 ampirik denklemleri elde edilebilir.

$$v_{1:n} = \mu + \sigma Z_{1:n} \quad (6)$$

$$E(v_{1:n}) = \mu + \sigma E(Z_{1:n}) \quad (7)$$

Kazananın laneti önlemek için ayarlanmış fonksiyonu $V^*(v_{1:n}) = v_{1:n} + \varepsilon$ şeklinde tanımlanmıştır [5]. Sonrasında verilecek teklifin gerçek değerini ayarlanmış beklenen değeri olarak $E[V^*(v_{1:n})] = \mu$ belirterek kazananın lanetinin etkilerini azaltmayı amaçlamıştır. Ayarlanmış beklenen değeri $E[V^*(v_{1:n})]$ için Denklem 8, 9 ve 10'da geliştirilmiştir.

$$E[V^*(v_{1:n})] = E(v_{1:n}) + \varepsilon \quad (8)$$

$$E[V^*(v_{1:n})] = \mu + \sigma E(Z_{1:n}) + \varepsilon \quad (9)$$

$$\varepsilon = -\sigma E(Z_{1:n}) \quad (10)$$

Böylece ayarlanmış tahmini değer $V^*(v_i)$ kazananın lanetini önlemek adına Denklem 11'deki gibi gösterilebilir.

$$V^*(v_i) = v_i - \sigma E(Z_{1:n}) \quad (11)$$

Denklem 11'de $v_{1:n} = v_i$ gösterimi i oyuncusunun n katılımcılı bir ihalede en avantajlı teklifi vermesi kabulüyle yapılmıştır. Denklem 11'deki koşul ideal koşullarda olan bir yaklaşımdır. Gerçek ihalelerde, teklif karar vericileri kazananın lanetinden tam anlamıyla kaçınması olası değildir. Bu nedenle Chen [5] kazananın lanetini minimumda tutmak ve karar vericilerin modelde hesaplanan teklifin pazar şartlarına göre güncelliğini koruyabilmesi için bir düzeltme katsayısı önermiştir. Düzeltme katsayısı β , karar vericilerin aslında alabilecekleri riski de gösteren bir katsayıdır. Düzeltme katsayısı β değeri alınabilecek riske göre $\beta = [0,1]$ aralığında seçilebilir. Buna göre Denklem 11'in yeni hali Denklem 12'deki gibidir.

$$V^*(v_i) = v_i - \beta \sigma E(Z_{1:n}) \quad (12)$$

Denklem 12 kullanılarak Denklem 5, Denklem 13'teki gibi geliştirilebilir.

$$b^*(v_i) = v_i - \beta \sigma_b E(Z_{1:n}) + \frac{1-F(v_i)}{f(v_i)^{(n-1)}} b'(v_i) \quad (13)$$

Pollarda [21]'a göre normal dağılımın standart snormal dağılıma dönüştürülmesi neticesinde, $f(v_i)$ ve $F(v_i)$ fonksiyonları belirlenebilir. Ayrıca teklif vericilerin ihale teklif bedeli tespitinde v_i tahmini bedelini belirleyebilmek için bir kabulde bulunması gerekir. Bu durum için Chen

[5] $v_i = \mu$ yaklaşımının yapılabileceğini belirtmiştir. Orlof ve Bloom [22] ile Chen [5]'e göre $f(v_i)$ ve $F(v_i)$ fonksiyonları Denklem 14 ve 15'te gösterilmiştir.

$$F(v_i) = G\left(\frac{v_i - \mu}{\sigma}\right) = G(0) = \frac{1}{2} \tag{14}$$

$$f(v_i) = \frac{1}{\sigma} g\left(\frac{v_i - \mu}{\sigma}\right) = \frac{1}{\sigma} g(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \tag{15}$$

Denklem 13'teki $b'(v_i)$ ifadesi, $b^*(v_i)$ optimum teklifinin lineer olması nedeniyle Chen [5]'in belirttiği gibi " $b'(v_i) = 1$ " kabul edilmiştir. Son olarak eksik bilgili ihalelerde optimum teklifi verebilmede Denklem 13'teki optimum teklif standart sapması σ_b için, Denklem 16 kullanılabilir.

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{\sigma_{bstd}^2}{\sigma^2(Z_{1;n})}} \tag{16}$$

Denklem 16'da $x_{r;n}$ değerinin standartlaştırılmış değeri $Z_{r;n}$, $Z_{r;n}$ 'nin varyansı $\sigma^2(Z_{r;n})$, geçmiş ihaledeki teklif bedellerinin standart sapması σ_{bstd} ile gösterilmiştir. Böylece Denklem 14,15 ve 16 Denklem 13'te yerine koyularak nihai Denklem 17 bulunur.

$$b^*(v_i) = v_i - \beta \left(\sqrt{\frac{\sigma_{bstd}^2}{\sigma^2(Z_{1;n})}} \right) E(Z_{1;n}) + \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{\sqrt{\frac{\sigma_{bstd}^2}{\sigma^2(Z_{1;n})}}}{n-1} \tag{17}$$

Geçmiş verilere dayanarak bir teklif bedeli oluşturmak için Denklem 17 kullanılır. Denklem parametlerinden olan $E(Z_{1;n})$ ile $\sigma^2 Z_{1;n}$ değerleri Tablo 4'te sunulmaktadır. Krishnaiah ve Sen [23]'ün çalışmasından alınan Tablo 4'te normal dağılım için sıra istatistiğine göre beklenen değer (E) ve varyans (σ^2) değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4 - Normal Dağılım için Sıra İstatistiğinde Beklenen Değer ve Varyans

n	E(Z _{r;n})	σ ² (Z _{r;n})
2	-0,56419	0,68169
3	-0,84628	0,55947
4	-1,02938	0,49172
5	-1,16296	0,44753
6	-1,26721	0,41593
7	-1,35218	0,39192
8	-1,42360	0,37290
9	-1,48501	0,35735
10	-1,53875	0,34434

11	-1,58644	0,33325
12	-1,62923	0,32364
13	-1,66799	0,31521
14	-1,70338	0,30773
15	-1,73591	0,30104
16	-1,76599	0,29501
17	-1,79394	0,28953
18	-1,82003	0,28453
19	-1,84448	0,27994
20	-1,86748	0,27570

5. YHT İHALELERİ İÇİN TEKLİF HAZIRLAMA VE OYUN TEORİSİ İLE TEKLİF DEĞERİNİN TAHMİNİ

Gelecekte yapılacak YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalelerinde örneğin; Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İş devamı olan Uşak-İzmir arası yapılacak YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalesinde, teklif değeri ihale bilgi yapısına göre belirlenecektir. Yani teklif değeri ihalenin tam bilgili ihale veya eksik bilgili ihale olmasına göre şekillenecektir. Gelecekte yapılacak YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalelerinde optimum teklif hesabı için izlenecek yol bu bölümde verilecektir.

5.1. Bir YHT İhalesi için Teklif Değerinin Hesaplanması

YHT ihalelerinde teklif verme stratejileri değerlendirilmesi için oyun kurallarının belirlendiği ihale dokümanlarının teklif vericiler tarafından temin edilmesi gereklidir. İhaleye teklif verecek olanların ihale dokümanlarını Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP) üzerinden e-imza kullanarak indirmesi veya TCDD'den satın alması gereklidir. Tüm şartlarda teklif verecek isteklilerin EKAP'a üye olması zorunludur.

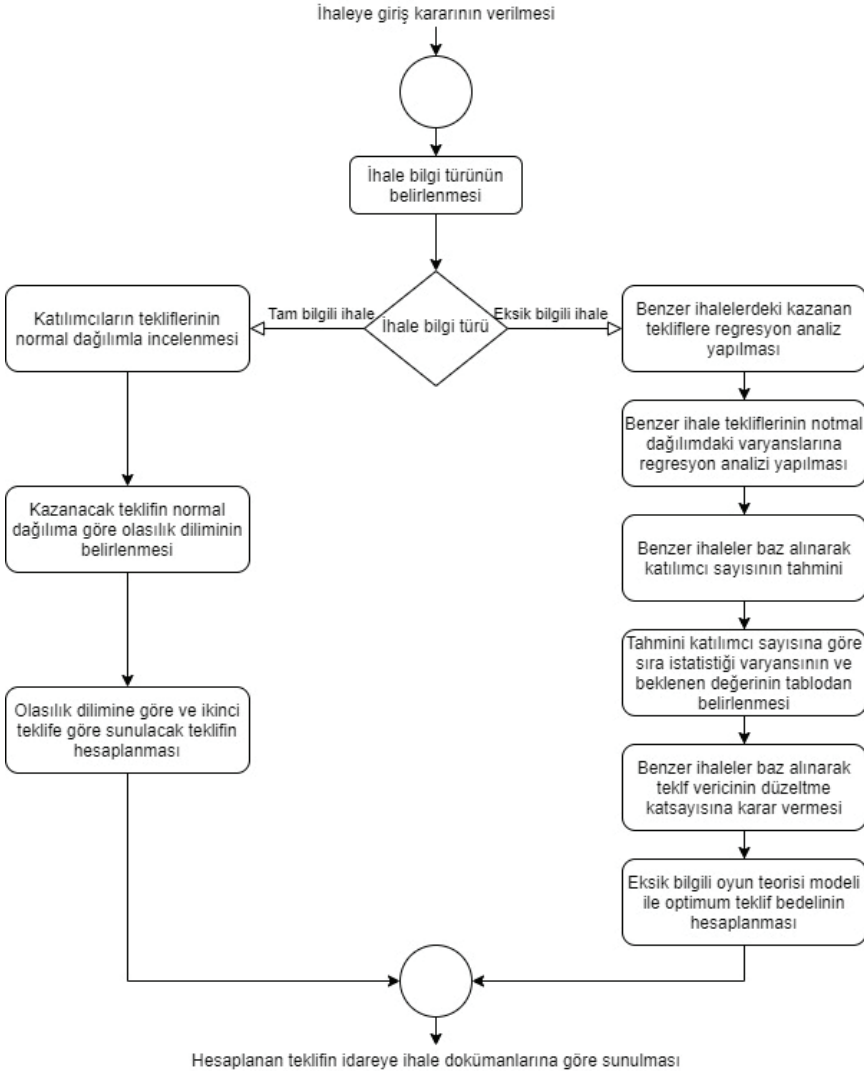
İsteklilerin teklif oluşturmasındaki en önemli şart yeterlik belgeleridir. Yeterlilik belgeleri Türkiye'deki ihale mevzuatında iki başlığa ayrılmıştır. Bu başlıklardan birincisi ekonomik ve mali yeterlik olup, ikincisi de mesleki ve teknik yeterlidir. İsteklilerin gerçek veya tüzel kişi olması, ortak girişim yani iş ortaklığı veya konsorsiyum olması durumuna göre yeterlik kıstasları ayrı ayrı belirlenmiştir. İstekliler bu yeterlik kıstaslarını sağladıkları durumda tekliflerini yeterlik belgeleriyle idareye sunmalıdır. Aksi halde teklif kapalı zarfı içinde istenen yeterlik belgelerini sunmayan veya eksik sunan isteklinin teklifi idare tarafından geçersiz sayılacaktır. Bu nedenle, istekli yeterlik belgelerini sağlayıp sağlayamadığını teklif hazırlama sürecinde sınımalıdır. Şayet yeterlik belgelerini sağlayamıyorsa, yeterlik belgelerini sağlayan istekliler ile alt yüklenici sözleşmesi yapma stratejisi kurabilir.

YHT ihalelerinde; istekliler yeterlilik belgeleri şartını sağlaması durumunda, piyasadaki tedarikçilerden TCDD tarafından belirlenen standartlara uygun topladıkları fiyat tekliflerini ve kendi özel değerlendirmelerini TCDD'nin sunduğu birim fiyat cetvellerinde gösterirler.

Birim fiyat cetvelinde her iş kalemi için ayrı ayrı birim fiyatlar isteklilerce bu şekilde belirlenir. Her iş kalemi için teklif fiyatlarının belirlenmesi neticesinde ihale dokümanlarındaki sunum şartlarına göre TCDD'ye teklifler sunulur.

5.2. Oyun Teorisi ile Teklif Verme Stratejisinin Belirlenmesi

Oyun teorisi ile teklif stratejisi oluşturmadaki en önemli husus, teklif verilecek ihalenin bilgi yapısıdır. Gelecekte yapılacak YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalelerinde optimum teklif hesabı için izlenecek yol Şekil 2 'de gösterilmiştir.

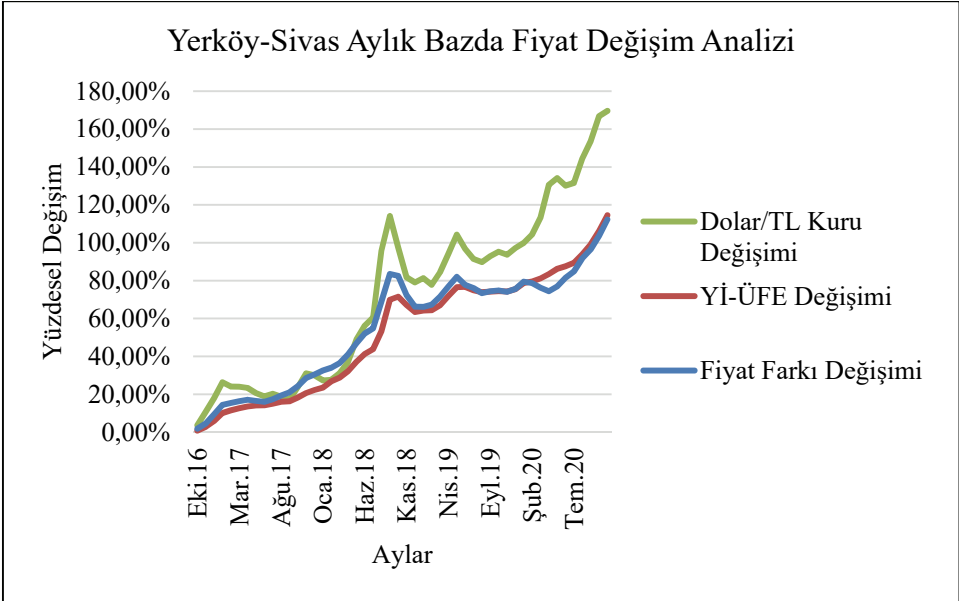


Şekil 2 - Gelecekteki İhalelerde Optimum Teklif Verilmesi İçin İzlenecek Akış Şeması

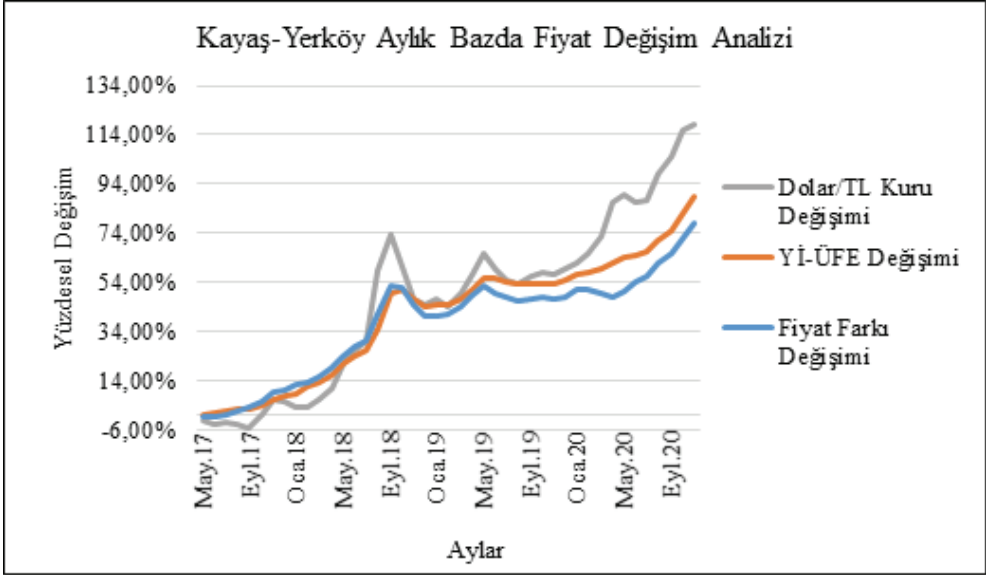
TCDD YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihaleleri eksik bilgili ihalelerdir. Eksik bilgili ihalelerde teklif verici diğer teklif vericilerin teklif değerlerini bilmez. Bu nedenle, Bölüm 4'teki yaklaşımla Denklem 17'yi kullanılarak gelecekte yapılacak olan Uşak-İzmir YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalesi için, optimum teklif belirlenebilir. Denklem 15'in gerçek sonucu verebilmesi için Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İş i ihalelerinin verileri baz alınacaktır.

Denklem 17'deki v_i tahmini değeri için, Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İş i ihalelerindeki kazanan teklifler kullanılarak regresyon analizi ile doğrusal bir denklem elde edilebilir. YHT üstyapı ve elektromekanik iş i ihalelerinin ihale dokümanlarındaki projeler üzerinden gerçeğe en yakın olarak hesaplanabildiği için, kazanan fiyat ile lineer ilişki kurulabilecek en güvenilir değer hat-metre cinsinden demiryolu uzunluğu metrajıdır. Uşak-İzmir YHT üstyapı ve elektromekanik iş i ihalesinde teklif tahmini için, Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İş i ihalelerinin seçilme nedeni ise; neredeyse aynı şartnamelerle ihalelerin yapılmasıdır.

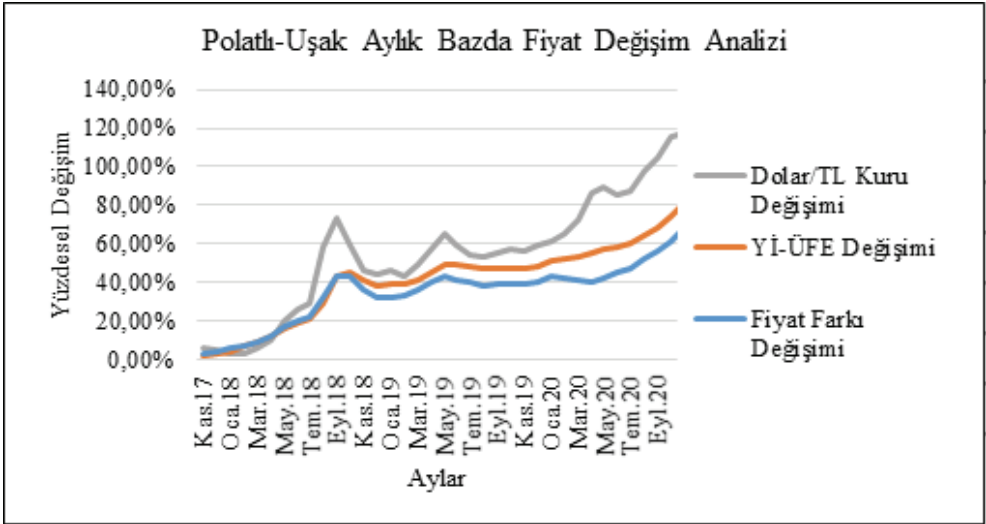
Geçmişteki kazanan tekliflerin günümüze taşınması için de en doğru yöntem, görüleceği üzere \$/TRY kuru değişimi olacaktır. Çünkü zamana göre Türkiye'deki enflasyona bağlı fiyat güncellemeleri \$/TRY kuru değişiminin gerisinde kalmaktadır. Türkiye'de enflasyon değerlerine göre fiyat güncellemesi yurtiçi üretici fiyat endeksi (Yİ-ÜFE) veya üst sınır fiyat katsayıları ile hesaplanmaktadır. Bu katsayılar TÜİK tarafından belirlenmektedir. TÜİK fiyat katsayılarını [24], TÜİK Yİ-ÜFE katsayıları [25] ve aylık ortalama \$/TRY kurları [26] temin edilerek Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak ihalelerinin kazanan tekliflerinin incelenmesi Şekil 3, 4 ve 5'teki gibidir.



Şekil 3 - Yerköy-Sivas İhalesi için Fiyat Değişimi



Şekil 4 - Kayaş-Yerköy İhalesi için Fiyat Değişimi



Şekil 5 - Polatlı-Uşak İhalesi için Fiyat Değişimi

Şekil 3,4 ve 5'te görülebileceği üzere geçmiş teklifler, \$ cinsine çevrilerek regresyon analizi yapılmalıdır. Tablo 1'deki \$ cinsinden teklif bedelleri ile ihale dokümanlarından temin edilen Tablo 5 demiryolu metrajları kullanılarak SPSS programında regresyon analizi yapılmıştır.

SPSS programı ile Denklem 17'deki v_i değer tahmini için yapılan regresyon analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5 - Geçmiş İhalelerin Demiryolu Metrajları

Yüksek Hızlı Tren Projesi Üstyapı Ve Elektromekanik İşi	Hat Uzunluğu (m)	Hat Uzunluğu (km)	Demiryolu Uzunluğu (Hat-metre)
Yerköy-Sivas	281.100,00	281,10	517.583,80
Kayaş-Yerköy	172.137,00	172,14	331.378,00
Polatlı-Uşak	329.314,00	329,31	697.660,00

Tablo 6 - Geçmiş İhalelerde Kazanan Tekliflerin Regresyon Analizi Çıktıları

R ²	ANOVA Anlamlılık Düzeyi	Katsayı Anlamlılık Düzeyi	Doğrusal Denklem
0,999	0,021	0,021	$y = -1,26 * 10^7 + 6,95 * 10^2 * x$

SPSS programında \$ cinsinden kazanan teklifler ile hat-metre cinsinden demiryolu uzunluğu metrajı değişiminin R² testine göre %99,90'ı açıklanabilmektedir. Dhakal [27]'a göre regresyon analizinin anlamlı olabilmesi için SPSS program çıktıları olan ANOVA ve katsayıların anlamlılık değerlerinin 0,05'ten küçük olması gerektiğini belirtmiştir. Tablo 3'e göre Denklem 17'deki v_i değeri için Denklem 18 yazılabilir.

$$v_i = -1,26 * 10^7 + 6,95 * 10^2 * L \quad (18)$$

İncelenen üç ihale için YHT Projesi Üstyapı ve Elektromekanik İşi için kazanan teklif tahmini değere eşit kabul edildiğinde, $\sigma_b = \sigma_v$ denilebilir. Dolayısıyla Denklem 16 aynı zamanda Denklem 19'daki gibi ifade edilebilir.

$$\sigma_v = \sigma_b = \sqrt{\frac{\sigma^2(b_{std})}{\sigma^2(Z_{1;n})}} \quad (19)$$

Bölüm 4'te yapılan tekliflerin normal dağılım incelemesinde SPSS programından elde edilen varyanslar Tablo 7'de verilmiş olup, σ^2_{bstd} değeri ve hat-metre cinsinden demiryolu uzunluğu metrajı değişimi için regresyon analizi sonuçları Tablo 8'de gösterilmiştir. Tablo 8'de yer alan verilerde görüleceği üzere regresyon analizi neticesinde ANOVA ve katsayıların anlamlılık düzeyleri hesaplanamamıştır. Bunun nedeni ise incelenen veri setinin küçük olmasından kaynaklıdır. YHT hatları ile ilgili fazla ihale yapılmadığından sınırlı verilerle yeni ihalelerde hesaplamalar yapılabilmesi için model önerilmiştir. Yeni ihaleler yapıldığında modelin tekrar analiz edilmesi ve katsayıların güncellenmesi gerekmektedir.

Tablo 7 - Geçmiş Tekliflerin Varyanslarının Dolar Cinsinden Değeri

Yüksek Hızlı Tren Projesi Üstyapı Ve Elektromekanik İşi	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Döviz Satış Kuru	\$/TRY Satış Kuru Tarihi	Normal Dağılımdaki Tekliflerin Standart Sapması (\$)	Normal Dağılımdaki Tekliflerin Varyansı (\$)
Yerköy-Sivas	3,0780	24.10.2016	44.057.919,49	1.941.100.269.787.320,00
Kayaş-Yerköy	3,6193	18.05.2017	21.561.097,60	464.880.929.716.726,00
Polatlı-Uşak	3,8728	13.11.2017	40.656.342,75	1.652.938.205.805.480,00

Tablo 8 - Geçmiş Tekliflerin Varyanslarının Regresyon Analizi Çıktıları

SPSS Programında Geçmiş Kazanan Tekliflerin Varyanslarının Regresyon Analizi Çıktıları			
R ²	ANOVA Anlamlılık Düzeyi	Katsayı Anlamlılık Düzeyi	Doğrusal Denklem
1,00	-	-	$y = -6,62 * 10^{15} + 3 * 10^{10} * x - 2,6 * 10^4 * x^2$

σ_{bstd}^2 değeri ve hat-metre cinsinden demiryolu uzunluğu metrajı değişimi için yapılan regresyon analizinde R² testinde sonuç %100'dür. Tablo 8'e göre Denklem 19'daki σ_{bstd}^2 değeri için Denklem 20 yazılabilir.

$$\sigma_{bstd}^2 = -6,62 * 10^{15} + 3 * 10^{10} * L - 2,6 * 10^4 * L^2 \quad (20)$$

Denklem 18 ve 20'de L yerine hat-metre cinsinden demiryolu uzunluğu metrajları yazılarak elde edilebilir. Yerköy-Sivas, Kayaş-Yerköy ve Polatlı-Uşak ihaleleri için Denklem 17,18 ve 20 kullanılarak düzeltme katsayısı β değeri hesaplanabilir. Bunun için katılımcı sayısı n=12 seçilerek Tablo 6'dan $E(Z_{1;n}) = -1,62923$ ve $\sigma^2(Z_{1;n}) = 0,32364$ belirlenir. Hesaplanan β değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9 - Geçmiş İhaleler İçin Hesaplanan β Değerleri

Yüksek Hızlı Tren Projesi Üstyapı Ve Elektromekanik İşi	İkinci Teklif, $b^*(v_i)$ (\$)	Hesaplanan Düzeltme Katsayısı β
Yerköy-Sivas	384.989.928,53	0,23010
Kayaş-Yerköy	233.617.171,80	0,18730
Polatlı-Uşak	502.840.322,25	0,19240

Gelecekte yapılacak olan YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalesinde optimum teklif hesabı için düzeltme katsayısı β Tablo 9'a göre belirlenir. Tüm geçmiş ihalelerde hesaplanan teklifin kazanmasını sağlayan $\beta=0,18730$ 'dur. Tabi ki teklif vericiler $\beta=[0,1]$ aralığında olduğunu bilerek ve risk alarak daha yüksek bir β seçebilir. Ancak $\beta=[0, 0,23010]$ aralığında yapılacak seçim kazanan bölge aralığında olabilecektir.

Gelecekte yapılacak olan YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalesinde optimum teklif, Tablo 10'daki değerler Denklem 17'ye yazılarak hesaplanabilir.

Tablo 10 - Optimum Teklif Eşitliği Değerleri

Değer	Kaynak
L	Gelecekte yapılacak ihalenin ihale dokümanları.
v_i	Denklem 18'den hesaplanır.
σ^2_{bstd}	Denklem 20'den hesaplanır.
n	Geçmiş ihalelerden n=12 tahmin edilir.
$E(Z_{1;n})$	Tablo 4'ten belirlenir.
$\sigma^2(Z_{1;n})$	Tablo 4'ten belirlenir.
β	Geçmiş ihalelerden $\beta=0,18730$ kullanılabilir.

Tablo 10 ve Denklem 17'ye göre yapılan hesapta gelecekte yapılacak olan YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalesindeki $b^*(v_i)$ değeri kazananın lanetinin minimum tutulmuş olarak \$ cinsinden bulunur. TCDD'ye teklif sunulması öncesi güncel \$/TRY kurunun sonuç ile çarpılmasıyla TCDD'ye sunulacak teklif TRY cinsinden elde edilir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada YHT üstyapı ve elektromekanik ihaleleri için Türkiye'deki ihale mevzuatına göre teklif oluşturmada önemli stratejilerden bahsedilmiştir. İncelenen geçmiş üç ihale standardına göre; gelecekte yapılacak YHT üstyapı ve elektromekanik ihaleleri için, oyun teorisi teklif verme modeli kullanılarak, teklif vericiler için rekabetçi teklif oluşturmayı sağlayacak matematiksel model olan Denklem 17 ile sunulmuştur. Denklem 17 ile incelenen geçmiş üç ihale verilerinden oluşturulan Çizelge 10 değerleri yazılarak, teklif vericiler, kazananın lanetinin minimum tutulmuş son teklif tutarını, \$ cinsinden belirleyebilir.

Denklem 17'ye Çizelge 10 değerleri yazılmasıyla geçmiş üç ihale tekliflerine göre teklif bedeli hesaplanabildiğinden dolayı, matematiksel model uygulanabilir ve kabul edilebilirdir. Çünkü matematiksel model geçmiş üç ihaleye göre düzenlenmiş olup; ampirik yaklaşımla düzeltme katsayısı uygulanarak geçmiş üç ihale için hesaplanan teklifin kazanan aralıkta olması sağlanmıştır. Sonrasında geçmiş üç ihalede matematiksel model test edildiğinde matematiksel modelin uygulanabilir olduğu görülebilir. Matematiksel model, günlük uygulamada hesabın kolay yapılabilmesi için olabildiğince sadeleştirilmiştir. Teklif vericiler

matematiksel modeli kullanırken hesap makinelerinden faydalanabileceği gibi, Excel vb. uygulamalar ile de sonuca erişebilirler.

İsteklilerin YHT ihalelerine hazırlanırken, ilgili ihale doküman şartlarını sağlayıp sağlamadıklarını sınamaları gerekmektedir. İstekliler, bölüm 5.1’de anlatılan süreçleri takip etmek suretiyle tekliflerini hazırlamalı ve TCDD’ye sunmalıdırlar.

YHT ihalelerinde TCDD’ye sunulacak tekliflerde ihalenin bilgi yapısına göre strateji geliştirilmelidir. Tam bilgili ihalelerde verilecek teklifler tüm teklif vericiler tarafından tekliflerin dağılımına göre kazanacak teklif çok basit bir şekilde belirlenebilir. Yapılan incelemelerde görüldüğü üzere gelecekteki YHT üstyapı ve elektromekanik işi ihalesi tekliflerinin de normal dağılımda olması beklenebilir. Ancak gerçek hayatta YHT ihaleleri eksik bilgili ihaleler olduğundan dolayı istekliler sadece kendi verecekleri teklifleri bilirler. Dolayısıyla teklif belirleme aynı standartlarda yapılmış geçmiş ihaleler incelenerek gelecekteki ihaleye teklif oluşturulmalıdır.

Bu çalışmada sunulan model ile telekomünikasyon, ulaştırma ve elektrik gibi çeşitli sektörlerde benzer alt ve üst yapı ihalelerine teklif oluşturmak için çalışmalar yapılabilir. İhale prosedürleri benzer olan demiryolu hatları ve şehiriçi raylı hatların üst yapı ve elektromekanik ihalelerine örnek bir çalışmadır. Bu kapsamda ileride benzer alanlarda yapılacak olan ihaleler için çalışmalar yapılabilir.

Teşekkür

Yazar Emre YAZICI, Yöneylem Araştırması alanında Yüksek Öğretim Kurumu tarafından YÖK 100/2000 Doktora Bursu kapsamında bursiyer olarak desteklenmektedir.

Semboller

T_{ort1}	Geçerli tekliflerin aritmetik ortalaması
Σ	Geçerli tekliflerin standart sapması
σ^2	Geçerli tekliflerin varyansı
T_i	Standart sapma aralığında kalan teklifler
T_{ort2}	Standart sapma aralığında kalan tekliflerin (T_i) aritmetik ortalaması
C	İkinci aritmetik ortalamanın yaklaşık maliyete oranı
K	C değerine göre bulunan değer
N	Sınır değer katsayısı
n	İhaleye katılan oyuncu sayısı
u	Kazanç fonksiyonu
u_i	i oyuncusunun kazanç fonksiyonu
v	Tahmini değer vektörü
v_i	i oyuncusunun tahmini değer vektörü

b	Teklif bedeli
b_i	i oyuncusunun teklifi
ε	Epsilon değeri
d	Hesaplanan Dixon değeri
$d_{n,\alpha}$	Dixon kritik tablo değeri
$x_{(n)}$	Veri setindeki en büyük veri değeri
$x_{(2)}$	Veri setindeki ikinci küçük veri değeri
α	Anlamlılık seviyesi
x_j	Dizideki j . değişken
$x_{j:n}$	n sayılı değişkene sahip bir dizideki j . sıra istatistiği
$P(\cdot)$	Olasılık fonksiyonu
$F(\cdot)$	Kümülatif dağılım fonksiyonu
$f(\cdot)$	Yoğunluk fonksiyonu
Z	Standart normal dağılıma sahip rasgele değişken
μ	Geçerli tekliflerin ortalaması
$x_{r:n}$	n sayılı değişkene sahip bir dizideki r . sıra istatistiği
$Z_{r:n}$	$x_{r:n}$ değerinin standartlaştırılmış değeri
$E(x_{r:n})$	r . sıra istatistiğinin beklenen değeri
$E(Z_{r:n})$	$Z_{r:n}$ 'nin beklenen değeri
$\sigma^2(Z_{r:n})$	$Z_{r:n}$ 'nin varyansı
$b_{1:n}$	n katılımcılı bir ihalede en düşük teklif bedeli
$v_{1:n}$	n katılımcılı bir ihalede en düşük tahmini değer
σ_v	İhaledeki tahmini değerlerin standart sapması
σ_b	İhaledeki teklif bedellerinin standart sapması
$b(\cdot)$	Teklif verme fonksiyonu
$b^*(v_i)$	i oyuncusunun optimal teklifi
$V^*(\cdot)$	Kazananın laneti önlemek için ayarlanmış fonksiyon
β	Düzeltilme katsayısı
$G(\cdot)$	Standart normal dağılımın kümülatif dağılım fonksiyonu
$g(\cdot)$	Standart normal dağılımın yoğunluk fonksiyonu
σ_{bstd}^2	Geçmiş ihaledeki teklif bedellerinin standart normal dağılımdaki varyansı
L	Hat-metre cinsinden demiryolu uzunluğu metraji

Kaynaklar

- [1] TCDD, Demiryolu Sektör Raporu 2017. TCDD (2018), <https://www.tcdd.gov.tr/files/istatistik//2017sektorrapor.pdf> (Erişim Tarihi: 03.07.2018)
- [2] TCDD, 2015-2019 İstatistik Yıllığı. TCDD (2020), <https://www.tcdd.gov.tr/files/istatistik//20152019yillik.pdf> (Erişim Tarihi: 10.07.2020)
- [3] Milgrom, P. R. ve Weber, R. J., A theory of auctions and competitive bidding. *Econometrica*, 50 (5): 1089-1122, 1982.
- [4] Dyer, D. ve Kagel, J. H., Bidding in common value auctions: how the commercial construction industry corrects for the winner's curse. *Management Science*, 42 (10): 1463-1475, 1996.
- [5] Chen, H., Competitive bidding strategy in the construction industry : a game theoretic approach. Yüksek Lisans Tezi. New Jersey Institute of Technology, New Jersey, 1989.
- [6] Jofre-Bonet, M. ve Pesendorfer, M., Estimation of a dynamic auction game. *Econometrica*, 71 (5): 1443-1489, 2003. <https://www.jstor.org/stable/1555508>.
- [7] Athey, S., Levin, J. ve Seira, E., Comparing open and sealed bid auctions: evidence from timber auctions. *The Quarterly Journal of Economics*, 126 (1): 207-257, 2011.. <https://www.jstor.org/stable/10.1086/319558>.
- [8] Ahmed, M. O., El-Adaway, I., Coatney, K. ve Eid, M., Understanding the construction winner's curse using game theory. In *Construction Research Congress*, 2016, San Juan, Puerto Rico, s. 2160-2170, 2016.
- [9] Xu, N., Xu, Q. ve Li, Q., Construction project bidding research based on game theory and target cost pre-control management. In *Proceedings of the 20th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*, 2017, Springer, Singapore, s. 875-882, 2017.
- [10] Mohlin, E., Östling, R. ve Wang, J. T.-y., Lowest unique bid auctions with population uncertainty. *Economics Letters*, 134, 53-57, 2015.. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.econlet.2015.06.009>.
- [11] Dağdeviren, U. ve Kaymak, B. Betonarme İstinat Duvarları için Maliyet Tahmin Modelleri, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilim. Derg.* 7, 9–26, 2020. <https://doi.org/10.35193/bseufbd>.
- [12] Uğur, L. O. ve Sivri, A. R., Toplu konut projelerinde maliyetlerin regresyon metodu ile incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2 (1): 251-270, 2014.
- [13] Gülнар, H., Yüksek hızlı tren yatırımlarının gelir ortaklığı senedi ile finansmanı. Uzmanlık Tezi. T.C. Kalkınma Bakanlığı Yıllık Programlar ve Konjktür Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Yayın No:2958.195s, 2016.
- [14] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Demiryolu. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/demiryolu/demiryolu.pdf> (Erişim Tarihi: 27.05.2019)

- [15] Karabacak, D. H., Herkes için Oyun Teorisi. Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., Ankara, 2016
- [16] Ovla, H. D. ve Taşdelen, B., Aykırı Değer Yönetimi. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 5 (3): 1-12, 2012. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mersinsbd/issue/19531/207962>.
- [17] Verma, S. P. ve Quiroz-Ruiz, A., Critical values for six Dixon tests for outliers in normal samples up to sizes 100, and applications in science and engineering. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 23 (2): 133-161, 2006.
- [18] Cheng, S.-F., Reeves, D. M., Vorobeychik, Y. ve Wellman, M. P., Notes on Equilibria in Symmetric Games. Proceedings of the 6th International Workshop On Game Theoretic And Decision Theoretic Agents GTDT , 7, 71-78, 2004.
- [19] Yılmaz, E. *Oyun Teorisi (Gözden Geçirilmiş 2. Basım)*. Literatür Yayıncılık Dağıtım Pazarlama San. ve Tic. Ltd. Şti, İstanbul, 2012.
- [20] Ott, R. L. ve Longnecker, M., An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis. Wadsworth Group, Kaliforniya, 2001.
- [21] Pollard, D., Normal Distribution, Department of Statistics and Data Science, Yale University. (1997). <http://www.stat.yale.edu/~pollard/Courses/241.fall97/Normal.pdf>. (Erişim Tarihi: 14.09.2020)
- [22] Orlof, J. ve Bloom, J., Expectation, Variance and Standard Deviation for Continuous Random Variables Class 6, 18.05, MIT OpenCourseWare, Massachusetts Institute of Technology, 2020. https://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-05-introduction-to-probability-and-statistics-spring-2014/readings/MIT18_05S14_Reading6a.pdf (Erişim Tarihi: 09.07.2020).
- [23] Krishnaiah, P. R. ve Sen, P. K., *Handbook of Statistics - Nonparametric Methods*. Volume 4. North Holland, 1984.
- [24] Hakediş.org, Yapım İşleri Fiyat Farkı Endeksleri (Kasım 2013 sonrası işler), Hakediş.org (2020a) çevrimiçi, <https://www.hakedis.org/endeksler/yapim-isleri-fiyat-farki-endeksleri-kasim-2013-sonrasi> (Erişim Tarihi: 18.11.2020)
- [25] Hakediş.org, Yİ - ÜFE Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi ve Değişim Oranı, Hakediş.org (2020b) çevrimiçi, <https://www.hakedis.org/endeksler/yi-ufe-yurtici-uretilci-uyat-endeksi> (Erişim Tarihi: 18.11.2020)
- [26] Muhasebenews, Ortalama Döviz Kuru Programı, Muhasebenews, <https://www.muhasebenews.com/ortalama-doviz-kuru-programi/> (Erişim Tarihi: 18.11.2020).
- [27] Dhakal, C. P., Interpreting the basic outputs (SPSS) of multiple linear regression. International Journal of Science and Research (IJSR), 8 (6): 1448-1452, 2018. 1448–1452. <https://doi.org/10.21275/4061901>.