

Yap-işlet-devret modeli ile ihale edilen otoyollarda Monte Carlo simülasyonu ile projenin değerlendirilmesi

Banu KÖSEOĞLU¹, Füsün ÜÇER ÇİFTÇİ^{2*}

¹Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çağış kampüsü, Balıkesir.

²Balıkesir Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl., Çağış kampüsü, Balıkesir

Geliş Tarihi (Received Date): 06.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted Date): 14.08.2024

Özet

Yap-İşlet-Devret modeli, Türkiye genelinde son yıllara ait altyapı yatırım çalışmalarında sıkça kullanılan finansal yöntemlerden birisidir. Özellikle karayolu ağının otoyollarla yeniden inşa edilmeye başlamasıyla ülkemizdeki otoyol yatırımları neredeyse tamamen bu yöntem kullanılarak yapılmaya başlamıştır. Bu çalışmada, YİD modeli ile ihalesi yapılan bir otoyol projesinde ihaleye verilecek imtiyaz süresinin hesabı için literatürdeki yöntemler içerisinde Monte Carlo Simülasyonu ve hesaplanan aralığın daraltılması için de Pazarlık-Oyun Teorisi yöntemleri seçilmiş ve bu model de Kuzey Marmara Otoyolu projesi üzerinde çalıştırılmıştır. Çalışmada farklı senaryolar oluşturulmuş ve bu senaryolar üzerinden projeyi gerçekleştirmeye hak kazanan ortaklığın teklif olarak verdiği imtiyaz süresi hakkında değerlendirmeler yapıp projenin devlet ve özel sektör açısından karlılık durumları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, projeye verilen imtiyaz süresinin özel sektör yatırımcısı açısından projenin yapılabilişliği ve çekiciliği, devlet açısından ise karlılığının maksimum seviyede dengelendiği bir süre olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Proje değerlendirme, yap işlet devret modeli, otoyol projeleri, imtiyaz süresi hesabı, karayolu.

Valuation of the project with Monte Carlo simulation for freeways tendered with the build operate transfer model

Abstract

The Build-Operate-Transfer model is one of the financial methods frequently used in infrastructure investments in Turkey in recent years. Especially with the reconstruction

Banu KÖSEOĞLU, banukoseoglu05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3379-9990>

*Füsün ÜÇER ÇİFTÇİ, fucer@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6174-0868>

of the road network with freeways, freeway investments in Turkey have started to be made almost entirely using this method. In this study, Monte Carlo Simulation was chosen among the methods in the literature for the calculation of the concession period and Bargaining-Game theory for narrowing the calculated concession period to be given to the tender for a freeway project that was tendered with the BOT model, and this model was run for the Kuzey Marmara Freeway project. In this study, different scenarios were created and evaluations were made about the concession period given by the partnership that was entitled to carry out the project, based on these scenarios, and the profitability of the project in terms of government and private sector was examined. As a result of the study, it was seen that the concession period given to the project was a period in which the feasibility and attractiveness of the project for the private sector investor and the profitability of the project for the government were balanced at the maximum level.

Keywords: *Project valuation, build-operate-transfer, model, freeway projects, concession period calculation, freeway.*

1. Giriş

Yolcu ulaştırmasında başlangıç noktası ve varış noktası, yük taşımacılığı ulaştırmasında ise üretim noktası ve tüketim noktası aralarında aktarma olmadan bir ulaşım imkanı sağlanması, güzergah seçiminde alternatif seçeneklerin olması, yük taşımacılığının daha kolaylık ve belirli mesafelere için zamandan daha çok tasarruf sağlayacak şekilde aktarma sağlanması gibi nitelikler karayolu taşımacılığında önem arz eden özelliklerindedir [1]. Karayolu ulaşımı için, ulaştırma ağının yeterliliğe sahip olması o ülkenin ekonomik yönden gelişmişliğinin bir göstergesi olarak ifade edilmektedir [2]. Her geçen gün artan trafik talebini karşılayabilmek amacıyla yeni yolların planlanması, mevcuttaki yollara trafiğin daha dengeli olacak şekilde atanması ile ulaşım ağına ait kapasite daha yükseltilmeye çalışılabilir [3].

Ulaşım ağının önemli bir parçası olan otoyol imalatları, içerdiği belirsizlikler ve risklerle inşaat sektöründe geleceği en öngörülemez projelerden oluşmaktadır. Aynı zamanda bu karmaşık projeler, sözleşmelerinin imzalanmasının ardından tamamlanmasına kadar geçen sürede ülke ya da dünya çapında birçok ekonomik ya da siyasi değişikliğe maruz kalabilecek kadar uzun soluklu projelerdir. Bununla birlikte ülkelerin ulaşım ağının gelişmesinde ve ülke ekonomisinin kalkınmasına sağlayacağı katkı bakımından otoyol projeleri büyük öneme sahiptir.

Gelişen teknoloji, hızlı nüfus artışı ve artan ihtiyaçlar nedeniyle devletin yatırımlar ile ilgili yerine getirmesi gereken fonksiyonlar artış göstermektedir. Bu durum yeni finansman arayışlarını gündeme getirmiştir. Aynı zamanda, toplumsal ihtiyaçların önceliğinin olması ve devletçe yerine getirilmesi anlayışı, yaşanan gelişmelerle birlikte yerini kamu ve özel sektör işbirliğinde yatırımların gerçekleştirilmesi anlayışına bırakmıştır [4]. Yap-İşlet-Devret (YİD) modeli, Kamu-Özel Sektör İşbirliği yöntemleri içerisinde en sık kullanılan finansman modellerinden birisidir.

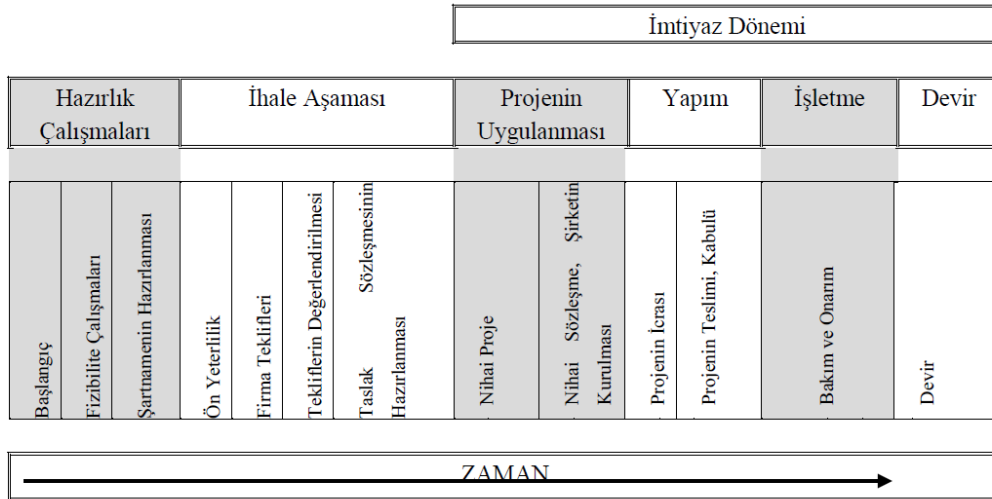
Genel anlamıyla YİD modeli kamuya ait altyapı yatırımlarının ve hizmetlerinin özel bir yüklenici firma tarafından finans edilerek yapılması şeklinde açıklanabilir [5]. Son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de altyapı projelerinin gerçekleştirilmesinde sıkça kullanılan bir model olan YİD modeli, kamu ile özel sektörün birlikte yükümlülük altına girmesi temeline dayalıdır. Bu model ile yatırım bir işletme ya da oluşturulacak konsorsiyum tarafından gerçekleştirilir [6]. Kamunun ülkedeki yatırımlar için böyle bir

finansal model arayışı içine girmesinin en önemli sebebi şüphesiz kendi kaynaklarını olduğu gibi ülkenin altyapı yatırımlarına harcamak istememesidir. Böylece, yeni yatırımların hayata geçirilebilmesi için devlet tarafından finansal kaynaklar kullanılmadan ülkeye önemli miktarlarda döviz girişi sağlanmış olacaktır [7].

YİD modeli ve benzeri sözleşmelerin “işbirliği” şeklinde ifade edilmesinin en önemli nedeni, imtiyazı tanıyanın firmanın verdiği garantiler dolayısı ile risk olabilecek etkenlerin, kamu sektörü ile özel sektör arasında paylaşıyor olmasındandır. Söz konusu paylaşım, YİD projelerine ait sözleşmelerin başarılı olarak sonuçlanması bakımından da önemlidir. Projeye ait risk taşıyan unsurların her iki taraf arasında paylaşımına ek olarak, projeye ait risk taşıyan unsurların iyi yönetilmesi de başarılı sonuçlar elde edebilmek bakımından önemlidir [8].

Yatırım projesi fikirlerinin uygulamaya konulmasında en önemli karar aracı fizibilite etütleridir. Fizibilite etüdü, kesin yatırım kararının alınmasından ve kesin projenin hazırlanmasından önce yapılan, ekonomik, teknik ve mali etütleri kapsayan bir rapordur [9]. YİD modeli ile gerçekleştirilecek otoyol projelerinde de, hem kamunun hem de özel sektörün karlılığının gözetilmesi için sözleşme öncesi fizibilite ve ihale/teklif verme süreçleri oldukça hayati önem taşır. Özellikle son yıllarda, ülkemizde tahmin edilmesi zor enflasyon faktörü, kredi kuruluşlarının faiz oranları, ülkenin ve dünyanın ekonomik gidişatının dinamizmi, otoyol projelerinin de kendi yapıları gereği ciddi risk ve belirsizlikler barındırması faktörleri ile birleştiğinde, bu projelerin sözleşmelerinde yer alacak imtiyaz sürelerinin hesabının öneminin daha da arttığı gerçeği göz ardı edilememektedir.

Şekil 1’de de görüldüğü gibi imtiyaz süresi, projeye ait sözleşmenin imzalanıp yapım aşamasının yüklenici özel sektör ortaklığı tarafından başlanmasından, ilgili firmaların yapımı bitirip kar edecekleri dönem olan işletme aşamasını da içeren ve devir aşamasıyla da son bulan aşamada geçen süreye denir.



Şekil 1. YİD sözleşmelerinin işleyişi [10].

Projelere ait yaşam döngüsünde oldukça önem arz eden fizibilite etütlerinden en yüksek oranda fayda elde edilebilmesi ve projeler için alınacak kararların zamanında ve yerinde olabilmesi için, etütlerin analiz edilmesinde kullanılan değerlendirme yöntemlerinin seçimi önemlidir [11].

Çalışmanın amacı, YİD modeli uygulanarak ihalesi yapılmış olan otoyol yatırımlarının, literatürde mevcut olan yatırım değerlendirme yöntemleri de düşünülerek değerlendirmektir. Gelecek zamanda YİD modeli ile ihalesi yapılacak olan otoyol yatırım projelerinin karşılıklı tarafları (özel sektör ile kamu sektörü kuruluşları) için, her iki sektör bakımından da karlılığı en yüksek olacak, ekonomik bakımdan uygun ve uygulanabilir sonuçlar ortaya koyacak şekilde, optimum imtiyaz sürelerinde ortak noktaya varmalarına yardımcı olacak bir analizi sunabilmektir. Çalışmada, özel sektör yatırımcısına bu projeleri yapıp işletmesi için tanınan imtiyazların, kamu-özel sektör çıkarlarını eşit derecede ve maksimum seviyede koruyup koruyamadığı hakkında değerlendirme yapabilmek adına örnek bir proje üzerinden farklı senaryolar ile analizler yapılmıştır.

2. Yatırım projesi imtiyaz sürelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek yöntemler

Yatırım projelerinin değerlendirmesinde farklı yöntemlerle farklı sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu da yatırım değerlendirmede kullanılan hiçbir yöntemin tam ve mükemmel olmadığını gösterir. Seçim yaparken yöntemin her türlü proje için kullanılabilmesi, hesaplama basitliği, doğru karara varılması için gerekli bilgilerin bir sayı ile temsil edilmesi gibi özellikleri olmalıdır [12]. YİD modelinde yatırımların değeri hakkında kabaca hesap yapılırken en sık kullanılan yöntem ise Net Bugünkü Değer (Net Present Value, NPV) yöntemidir. Ancak YİD projelerinde yatırımın uzun süreyi kapsamaması, imtiyaz süresinin uzunluğu, yapılacak yatırımın niteliği ve tutarı, birçok kuruluşun projede taraf olması, üretilecek mal ve hizmetin satış fiyatının belirlenmesi, istenilen gelirin elde edilmesi ve yatırımın yapılacağı ülkenin siyasi ve ekonomik koşulları gibi nedenlerden dolayı belirsizlikler kaçınılmazdır [13]. Bu durum da, deterministik bir yöntem olan NPV' nin yalnız başına projelerin detaylı değerlendirilmesinde yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Ho ve Liu', özelleştirilmiş altyapı projelerinde finansal bakımdan uygulanabilirliğin değerlendirilmesine yönelik yaptıkları çalışmada, uzun süren imtiyaz sürelerinin zorluklar getirdiğine vurgu yapmışlar ve bu zorluklardan kaynaklı yatırımların değerlendirilmesi bakımından NPV yönteminin yetersiz kalabildiğini belirtmişlerdir [14].

YİD modeli otoyol projelerinin hazırlık süreçlerinde yatırımın değerlendirilmesi beraberinde imtiyaz süresi hesaplarını getirir. İmtiyaz süresi hesabında Duyarlılık Analizi, Olasılık Analizi, Başa baş Noktası Analizi, Karar Ağacı Yöntemi, Monte Carlo Simülasyonu, Reel Opsiyon Analizi gibi bir çok farklı yöntem kullanılır.

Duyarlılık analizi, bir yatırım işindeki hangi risklerin, belirsizliklerin, değişebilecek verilerin projeyi daha çok etkileyebileceğinin belirlenmesine yardımcı olur. Projedeki belirsizliklerin proje hedefleriyle nasıl bir ilişkisi olduğunun ve nasıl, ne derece etkilediklerinin analiz edilmesinde kullanılır. Duyarlılık analizinin amacı, projeye ait değişebilecek verilerin değişim miktarlarının proje nakit akışı üzerindeki etkisini incelemektir. Eğer NPV bu değişimlere duyarlılık gösteriyorsa, projenin riskli olduğu şüphesizdir [15]. Ancak duyarlılık analizi ile yatırım projelerindeki değişebilecek verilerin projenin getiri sonuçlarındaki etkisini belirlemek hedeflense de, her değişken için alabileceği değişim sınırları ve bu alabileceği değişim sınırları içerisindeki her değişken için olasılık hesaplanamaz. Böyle bir durumda olasılık analizinden yararlanılır. Olasılık analizi, her değişebilecek verinin olabilecek değişim periyodunu ve bu değişim periyodu içerisindeki bütün sonuçların ortaya çıkma olasılığını bulabilmeyi hedeflemektedir. Değişim periyodu için bütün verilerin olasılıkları toplamı bire eşit olur [16]. Başa baş noktası analizi ise kâra geçiş noktası olarak da adlandırılır. Bu yöntem,

gider ve kâr arasındaki ilişkiyi, satış/hizmet geliri ilişkisini, araştıran analitik bir yöntemdir. İşletmenin nasıl bir durumda kara geçip geçmediğini anlatan bir kontrol mekanizmasıdır. Başa baş noktası hangi satış düzeyinin altında zarar etmeye başlanır sorusunun da cevabını verir. Başa baş noktası, firmaların toplam gelirleri ile toplam giderlerinin birbirine eşit olduğu noktaya denir [17]. Karar ağacı yöntemi, tercihlerin, risklerin, kazançların, hedeflerin tanımlanmasında yardımcı olabilen ve birçok önemli yatırım alanlarında uygulanabilen, birbirini izleyen şansa bağlı olaylarla ilgili olarak çıkan çeşitli karar noktalarını incelemek için kullanılan bir yöntemdir. Özetlenecek olursa, projeye ait bütün aşamalar içerisinde, karar alınması gerekli hallerde her çeşit sonucu ve sonuçlara ait olasılıkları belirten yöntemden denir [18]. Reel opsiyon yöntemi ise geleneksel yöntemlere bir alternatif olarak düşünülür ve karar vericilere projeleri farklı boyutlarla değerlendirme imkanı vermektedir. Bir yatırım projesi mevcut koşullar içerisinde karlı gözükmemekle birlikte genişleyen talep ve piyasa şartlarına göre ileriki dönemlerde oldukça karlı bir duruma dönüşebilir. Reel opsiyon yöntemi karar vericilere yatırım projelerini hemen uygulama ya da bekleme esnekliklerini sağlamaktadır [19].

3. Monte Carlo Simülasyonu ile imtiyaz aralığının belirlenmesi

Monte Carlo Simülasyonu yöntemi, proje içinde belirsiz olan her türlü parametreyi olasılık dağılımlarıyla ele alır. Proje maliyetleri, iskonto oranı, kredi faiz oranları, enflasyon vs. parametreler yıllara göre değişebilecek ve belirsiz olan parametrelerdir. Hanaoka ve Palapus, çalışmalarında NPV, Monte Carlo Simülasyonu ve Pazarlık Oyun Teorisini kullanarak YİD modelinde imtiyaz periyodu hesabı ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir [20]. Çalışmalarında iskonto oranının yıllar içinde sabit tutmuş olmaları, YİD projesinin yapısı gereği çalışmayı gerçeklikten bir adım geride bırakmıştır. Hu ve Zhu ise yine NPV ve Monte Carlo Simülasyonunu imtiyaz süresi hesabında birlikte kullanmış olup, hem kamu hem de özel sektör için yıllara göre NPV dağılımlarını içeren hesaplamalar yapmıştır [21].

Bu çalışmada, literatürde bulunan risk analizi ve imtiyaz süresi hesabı çalışmaları arasından yukarıda belirtilen belirsiz parametrelerin en iyi şekilde hesaba dâhil edileceği düşünülen yöntemlerden biri olan Monte Carlo Simülasyonunun NPV yöntemi ile bir arada kullanılmasına karar verilmiştir. Monte Carlo Simülasyonu yönteminin diğerlerinden farkı, olayların olasılık dağılımları ile değil bu olayları oluşturan etkenlerin olasılık dağılımları ile işe başlamasıdır [22]. Bu bağlamda, çalışmanın ilk aşamasında projenin değerinin ve yapılabilişliğinin etmenleri olan belirli olan parametreler ve belirsiz olan parametreler saptanarak belirsiz olan parametreler olasılık dağılımları yardımı ile hesaplamalara dâhil edilmiştir. Ardından model için oluşturulan kombinasyon, projeye ait üç farklı senaryo üzerinde kullanılarak Microsoft Excel ve @Risk programları ile analiz edilmiştir.

Bu senaryolar şöyledir,

- Senaryo 1: Devletin YİD ile ihale edilen otoyol projelerinde verdiği asgari geçiş garantisini Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) garantisi kullanmak yerine, Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)'ne ait trafik hacim istatistiklerini kullanarak projenin NPV' sinin hesaplanması.
- Senaryo 2: Gerçekte de olduğu gibi garanti YOGT hacmi verilerini kullanarak hesaplamaların yapılması.

- Senaryo 3: Devletin dışarıdan hiçbir kaynağa başvurmaksızın öz kaynak ve imkânları ile projeyi kendisinin inşa etmesi.

Unutulmamalıdır ki, bu senaryolardan yalnızca Senaryo 2 gerçekleşebilecek olan senaryodur. Senaryo 1'in oluşturulmasındaki amaç, devletin gelir garantisi vererek ettiği zararı tespit etmektir. Senaryo 3 ise NPV hesaplarında kredi ve faiz gibi giderler olmadığında imtiyaz süresinin ne derece değişeceği gibi değerlendirmeler yapabilmek için oluşturulmuş olup ana amaç Monte Carlo Simülasyonunda üst sınır olan “devletin çıkarlarını koruyan imtiyaz süresi” hesabını yapabilmektir.

Projeye ait belirli olan ve belirsiz olan parametreler Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Kuzey Marmara otoyolu asya kesimi projesi için belirli olan parametreler [23].

Belirli Olan Parametreler	
İnşaat Süresi	3 Yıl
İlk Yıl Gişe Ücreti (/km)	0,06\$
Vergiye ait oran	%18
Projeye ait servis ömrü	30Yıl
Hedeflenen kar miktarı için oran	% 15
Olabilecek diğer gelirler	50.000.000 \$/Yıl
Öz kaynak için oran	% 20
Kamulaştırmaya ait gider	500.000.000 \$

Tablo 2. Kuzey Marmara otoyolu asya kesimi projesi için belirsiz olan parametreler [23].

Belirsiz Olan Parametreler	
Yapım maliyeti	1.413.475.673,79\$ (Minimum) 1.570.528.526,43\$ (Ortalama) 1.727.581.379,07\$ (Maksimum)
Enflasyon	%2 (Ortalama) %0,5 (Standart Sapma)
YOGT hacmi yıllık artışı	Ortalama: %2 Standart Sapma: %0,5
Bakım-işletme gideri	100.000 \$ /Yıl
Gişe ücreti artış oranı	% 0,74 (Minimum) %2,36 (Ortalama) %3,98 (Maksimum)
Kredi faiz oranı	% 4,72 (Minimum) %4,98 (Ortalama) %5,30 (Maksimum)

Belirsiz olan parametrelerden, enflasyon değeri ve YOGT hacmi yıllık artışı değerleri, ortalama bir artış değeri düşünülerek ortalaması %2, standart sapması ise %0,5 olarak kabul edilmişken, gişe ücreti artış oranı ve kredi faiz oranı tabloda belirtildiği gibi minimum, ortalama ve maksimum değerler halinde hesaplanmıştır [23].

Projeye ait parametrelerin belirlenmesinin ardından, model için hesaplamalar yapılmaya başlanmıştır. Shen ve arkadaşları (2002) çalışmalarında NPV hesabı için aşağıda verilen Eşitsizlik 1’i kullanmışlardır. [24].

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_c} NPV_t = \sum_{t=1}^{T_c} \frac{(I_t - C_t)}{(1+r)^t} \geq I * R \quad (1)$$

(1) nolu eşitsizlikte,

- NPV : Net Bugünkü Değer,
- T_c : toplam imtiyaz süresi,
- NPV_t : projenin t kadar süre sonundaki net bugünkü değer,
- t : süre (1. yıldan imtiyaz süresi sonuna kadar geçen süre),
- I_t : projeye ait gelir değeri,
- $C_{(t)}$: projenin bugünkü yatırım değeri,
- r : iskonto oranı,
- I : toplam proje maliyeti,
- R : kar oranı olarak ifade edilmektedir.

Eşitsizlikte NPV değerinin sıfır değerine eşitlenmesi yerine, toplam projeye ait maliyet ile kar oranının çarpılmasındaki amaç, yani yatırım yapan kuruluşun arzu ettiği kar değerinden büyük olma şartının konulma nedeni, YİD modelinin yatırımcı için cazip olması ve yapılabilir durumda olmasının istenmesidir.

Shen ve arkadaşlarının (2002) NPV formülü, projenin bütün gelir-gider parametrelerinin açılımıyla revize edildiğinde, aşağıda verilen Eşitlik 2 elde edilecektir [24].

$$T_c = T_{cp} + T_{op} \quad (2)$$

(2) nolu eşitlikte,

- T_{cp} : inşaat yapım süresi,
- T_{op} : işletme süresi,
- T_c : toplam imtiyaz süresi olarak ifade edilmektedir.

Buna göre minimum YOGT hacmi hesaba dahil edilerek ve özel sektördeki yatırımcının çıkarlarını koruyan senaryo 2 için, NPV değeri 1 numaralı eşitsizlik genişletilerek aşağıda 3 numaralı eşitsizlikte olduğu gibi hesaplanacaktır. Denklem 3'deki eşitsizliği sağlayan zaman değeri imtiyaz süresi alt sınırı T_{c-L} olarak belirlenecektir.

$$NPV = \sum_{t=T_{cp}+1}^{T=T_c} \frac{(q * V_G + k - C_{o\&m} - C_{tax} - C_{int})_t}{(1 + r_t)^t} - \sum_{t=1}^{T_{cp}} \frac{I_t}{(1 + r_t)^t} \geq I * R \quad (3)$$

(3) nolu eşitsizlikte,

- NPV : Net Bugünkü Değer,
- T_c : toplam imtiyaz süresi,
- T_{cp} : inşaat yapım süresi,
- q : devlet tarafından belirlenen km başına otoyol geçiş ücreti,
- V_G : devlet tarafından verilen yıllık garanti geçiş miktarı,
- k : işletme dönemine ait reklam, hizmet tesisi vb gelirler,
- $C_{o\&m}$: işletme bakım-onarım giderleri,

- C_{tax} : vergi giderleri,
- C_{int} : kredi-faiz giderleri,
- I_t : projeye ait gelir değeri,
- r_t : t yılına ait iskonto oranı,
- I : toplam proje maliyeti,
- R : yatırımcının beklediği kar oranı olarak ifade edilmektedir.

Shen ve arkadaşlarının, devletin menfaatlerini koruyan senaryo 1'e ait imtiyaz hesabı yöntemindeki eşitliğe parametreler yerleştirilirse 4 nolu eşitsizlik ortaya çıkacaktır [23].

$$NPV = \sum_{t=T_c+1}^{T=T_f} \frac{(q * V_R + k - C_{o\&m})_t}{(1 + r_t)^t} \geq 0 \quad (4)$$

(4) nolu eşitsizlikte,

- NPV: Net Bugünkü Değer,
- t : süre,
- T_c : imtiyaz süresi,
- T_f : proje servis ömrü,
- q: devlet tarafından belirlenen km başına otoyol geçiş ücreti,
- V_R : gişe geliri hesaplanırken “ V_G ” yerine kullanılan yıllık toplam araç hacmi,
- k: işletme dönemine ait reklam, hizmet tesisi vb gelirler,
- $C_{o\&m}$: işletme bakım-onarım giderleri,
- r_t : t yılına ait iskonto oranı olarak ifade edilmektedir.

Eşitsizlikte görüldüğü gibi, devlet menfaatlerini koruyan senaryo 1'e ait hesapta vergi oranları, YOGT garantileri ve kredi ödemeleri göz ardı edilmiştir. Bu hesap yapılırken yukarıda bahsedilen projeyi devletin tekeliyle gerçekleştirdiği senaryo 3 ve YOGT garantisi olmadan özel sektörün projeyi gerçekleştirdiği senaryo 1'den faydalanılacaktır.

Yukarıda bahsedilen kabuller doğrultusunda eşitsizliğin düzenlenmesi gerekecektir. Kamulaştırma bedeli “ C_{row} ” geçmiş finansal modellerin birçoğunda ihmal edilmişse de, modelimizde kamulaştırma işinin projenin başlangıç aşamasında devlet tarafından yapılacağı kabulü yapılmıştır.

Türkiyedeki YİD modeli ile analiz edilen otoyol projeleri için taşıtların gelir garantileri, gerçekleşecek olan YOGT değerlerinden daha fazla olacak şekilde (garanti YOGT'ye göre) tayin edilmektedir. Bu bakımdan, devletin özel sektöre ödediği “ $T_{cp} - T_c$ ” süreli bir ödeme olacaktır. Eşitsizlik buna göre düzenlendiğinde, aşağıda verilen 5 nolu eşitsizlik senaryo 2'e ait hesapların yapılması için oluşacaktır.

$$NPV = -C_{row} - \sum_{t=T_{cp}}^{T=T_c} \frac{(q*(V_G - V_R) - C_{tax})_t}{(1+r_t)^t} + \sum_{t=T_c+1}^{T=T_f} \frac{(q*V_R + k - C_{o\&m})_t}{(1+r_t)^t} \geq 0 \quad (5)$$

(5) nolu eşitsizlikte,

- NPV: Net Bugünkü Değer,
- C_{row} : kamulaştırma bedeli,

- T_c : toplam imtiyaz süresi,
- T_{cp} : inşaat yapım süresi,
- q : devlet tarafından belirlenen km başına otoyol geçiş ücreti,
- V_G : devlet tarafından verilen yıllık garanti geçiş miktarı,
- V_R : gişe geliri hesaplanırken “ V_G ” yerine kullanılan yıllık toplam araç hacmi,
- C_{tax} : vergi giderleri,
- r_t : t yılına ait iskonto oranı,
- T_f : proje servis ömrü,
- k : işletme dönemine ait reklam, hizmet tesisi vb gelirleri,
- $C_{o\&m}$: işletme bakım-onarım giderleri olarak ifade edilmektedir.

5 numaralı eşitsizliği sağlayan ve imtiyaz süresi üst sınırı olan T_{c-U} değeri hesaplandığında eşitsizlik 6’da belirtilen imtiyaz periyodu aralığı oluşturulmuş olacaktır.

$$T_{c-L} \leq T_c \leq T_{c-U} \quad (6)$$

(6) nolu eşitsizlikte,

- T_{c-L} : imtiyaz süresi alt sınırı,
- T_c : imtiyaz süresi,
- T_{c-U} : imtiyaz süresi üst sınırı olarak ifade edilmektedir.

Özetlersek; senaryo 1 için NPV değeri eşitsizlik 4, senaryo 2 için NPV değeri eşitsizlik 5 ile hesaplanmıştır.

4. Monte Carlo Simülasyonunun uygulanması

Yukarıda Tablo 1 ve Tablo 2’de de verilen belirli olan ve belirsiz olan parametreler, Microsoft Excel ve @Risk programları yardımıyla ve yukarıdaki eşitsizlikler doğrultusunda analiz edilip projeye ait 3 farklı senaryo için ayrı ayrı servis ömrü boyunca yıllık NPV değerleri hesaplanmıştır. @Risk programı, belirli olan parametrelerin direkt olarak kullanılıp, belirsiz olan parametrelerin ise olasılık dağılımları yardımı ile hesaplamalara dahil edilerek direkt olarak Monte Carlo Simülasyonu yapabilmek için üretilmiş bir risk analizi programıdır. Çalışmada her bir NPV değeri 1000’er iterasyon yapılarak simüle edilmiştir. Aşağıda Şekil 2’de @Risk programının excel üzerindeki bir örneği, hesaplamaların nasıl yapıldığına bir ışık tutmak adına gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, formüller excel programı üzerinde çalıştırılıp belirli ve belirsiz parametreler uygulamaya girilmekte ve @Risk programı aracılığıyla iterasyonlar yaptırılıp NPV değerleri hesaplanmaktadır.

H31	Pano	Yazı Tipi	Hızalama	Stiller
1	Belirli Parametreler			
2	Kamulaştırma	\$500.000.000,00		
3	Vergi Oranı	18%		
4	Kar Oranı	15%		
5	Özkaynak Oranı	20%	\$314.105.705,29	
6	Diğer Gelirler/yıl	\$50.000.000,00		
7	Geçiş Ücreti (1. Sene)	\$0,06		
8				
9	Belirsiz Parametreler			
10	Yapım Maliyeti	\$1.570.528.526,43	Üçgen Dağılım	
11	Enflasyon	4,00%	Normal Dağılım	
12	Gişe Ücreti Artış Oranı	2,36%	Üçgen Dağılım	
13	YOGT Hacmi	2,00%	Normal Dağılım	
14	Bakım-İşletme Giderleri	\$100.000,00	Normal Dağılım	
15	Kredi Faiz Oranı	5,00%	Üçgen Dağılım	
16				
17	İskonto oranı	0,96%		
18		100,96%		
19				
20				
21		235579279		
22		\$1.806.107.805,39		
23				
24				
25				
26	\$314.105.705,29 özkaynak			
27	\$1.256.422.821,14	\$1.319.243.962,20		
28				
29				
30	1. yıl	-282695134,8	-8282.695.134,77	
31		-345516275,8	-8345.516.275,83	
32		-\$314.105.705,30	-8314.105.705,30	
33	2.yıl	-706737836,9	-8706.737.836,88	
34		-863790689,5	-8663.790.689,52	
35		-\$785.264.263,20	-8785.264.263,20	
36	3. yıl	-424042702,1	-8424.042.702,11	
37		-518274413,7	-8518.274.413,69	
38		-\$471.158.557,90	-8471.158.557,90	
39				

	2016	2017	2018	2019	2020
YIL					
NPV	-311.114,22	-1.081.492,30	-1.539.316,98	-929.044,40	-303.818,93
min. NPV (*1000)	-\$335.641.410,00	-\$1.157.856.020,00	-\$1.603.132.480,00	-\$1.033.550.150,00	-\$486.797.480,00
maks. NPV	-\$275.012.670,00	-\$947.705.890,00	-\$1.352.213.320,00	-\$802.741.010,00	-\$203.084.350,00
ort. NPV	-\$305.131.460,00	-\$1.046.193.320,00	-\$1.478.154.400,00	-\$913.390.510,00	-\$345.855.790,00

	2016	2017	2018	2019	2020
Garanti YOGT(otomobil adet total km	100.375.000,00 186,9				
YATIRIM TUTARI				\$11,21	\$11,48
GIŞE ÜCRETİ				\$1.125.605.250,00	\$1.152.169.533,90
DIĞER GELİR				\$50.000.000,00	\$50.000.000,00
BAKIM MALİYETİ				-\$100.000,00	-\$100.000,00
VERGİ GİDERİ				-\$211.608.945,00	-\$216.390.516,10
FAİZ GİDERİ				-\$329.810.990,55	-\$329.810.990,55
NAKİT AKIŞI				634.085.314,45	655.868.027,25
				-\$471.158.557,90	-\$504.701.719,00

	2016	2017	2018	2019	2020
NPV					
min. NPV (*1000)					
maks. NPV					
ort. NPV					

Şekil 2. Excel & @Risk programları ile YOGT dahil NPV değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerlerinin hesabı

Tablo 3’de garanti YOGT değerleri yerine KGM’ ye ait trafik hacmi verilerinin kullanıldığı (garanti YOGT değerleri ihmal edilmesi) senaryo 1 halinde NPV için değerler gösterilmektedir.

Tablo3. Garanti olan YOGT değerlerinin ihmal edilmesi halinde NPV için değerler (Senaryo 1) [23].

YIL	NPV (minimum)	NPV (maksimum)	NPV (ortalama)
2016	-\$336.448.560	-\$274.365.700	-\$305.132.860
2017	-\$1.143.956.340	-\$939.588.740	-\$1.046.193.700
2018	-\$1.589.302.340	-\$1.343.931.890	-\$1.478.151.550
2019	-\$1.129.607.410	-\$923.555.620	-\$1.021.150.890
2020	-\$672.176.950	-\$454.361.360	-\$554.109.710
2021	-\$299.690.510	-\$18.048.140	-\$167.896.480
2022	\$134.716.950	\$490.275.390	\$288.262.490
2023	\$504.851.250	\$1.026.314.110	\$754.421.210
2024	\$904.909.570	\$1.583.961.670	\$1.230.433.190
2025	\$1.292.787.500	\$2.188.605.920	\$1.716.578.940
2026	\$1.677.772.240	\$2.822.198.610	\$2.212.931.950
2027	\$2.047.729.170	\$3.399.715.260	\$2.719.504.210
2028	\$2.412.755.570	\$4.101.228.560	\$3.236.579.620
2029	\$2.850.390.160	\$4.933.073.780	\$3.852.345.860
2030	\$3.279.742.950	\$5.798.238.650	\$4.476.331.850
2031	\$3.700.236.880	\$6.698.170.860	\$5.108.752.420
2032	\$4.113.633.540	\$7.634.378.750	\$5.749.826.280
2033	\$4.520.065.530	\$8.608.433.870	\$6.399.776.120
2034	\$4.919.662.470	\$9.621.973.680	\$7.058.828.830
2035	\$5.312.551.130	\$10.676.704.370	\$7.727.215.590
2036	\$5.698.855.470	\$11.774.403.770	\$8.405.172.030
2037	\$6.078.696.710	\$12.916.924.390	\$9.092.938.380
2038	\$6.452.193.440	\$14.106.196.620	\$9.790.759.650
2039	\$6.819.461.670	\$15.344.232.020	\$10.498.885.720
2040	\$7.180.614.910	\$16.633.126.760	\$11.217.571.600
2041	\$7.535.764.220	\$17.975.065.240	\$11.947.077.490
2042	\$7.885.018.290	\$19.372.323.840	\$12.687.669.040
2043	\$8.228.483.500	\$20.827.274.800	\$13.439.617.450
2044	\$8.566.264.000	\$22.342.390.300	\$14.203.199.690
2045	\$8.898.461.720	\$23.920.246.730	\$14.978.698.660
2046	\$9.225.176.480	\$25.563.529.090	\$15.766.403.380

Tablo 3’den anlaşılacağı üzere, garanti YOGT göz ardı edildiği durumda özel sektörün hedeflediği %15’lik kar oranına ulaşması 2022 yılının son aylarında mümkün olacaktır. Bu tarihe proje yapım maliyetinin %15 fazlasına denk gelen NPV değeri tablo üzerinde belirlenerek ulaşılmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken KGM Resmi sitesinde yer alan 2019 yılı trafik hacim haritalarından faydalanılarak trafik hacim miktarları “ V_R ” kullanılmıştır.

Devletin garanti geçiş ödemeleri ile ettiği zararı görebilmek adına gerçek senaryo olan garanti YOGT getirisinin hesaba katıldığı duruma ait (senaryo 2) veriler ise aşağıda Tablo 4’te verilmiştir. Gerçek durumu yansıtan garanti YOGT değerlerinin göz önünde bulundurulduğu senaryoda (senaryo 2) ise özel sektörün eklediği kar oranına ulaşması 14 Aralık 2021 tarihine denk gelmektedir. Tabloda bulunan değerler yıllık değerler olduğundan, detay tarihler ve detay bir tarihe ait herhangi bir NPV değeri bulunurken @Risk uygulaması üzerinde belirli bir gün ya da NPV değeri girilerek o değere denk gelen gün/ay/yıl ya da NPV değeri excel üzerinde hesaplanmıştır.

Bu durumda senaryo 2 için imtiyaz süresinin alt sınırı $T_{c_L} \leq 5yıl+4ay+14gün$ olarak belirlenir.

Tablo 4. Garanti olan YOGT değerlerinin hesaba dahil edilmesi halinde NPV için değerler (senaryo2) [23].

YIL	NPV(minimum)	NPV(maksimum)	NPV(ortalama)
2016	-\$335.641.410	-\$275.012.670	-\$305.131.460
2017	-\$1.157.856.020	-\$947.705.890	-\$1.046.193.320
2018	-\$1.603.132.480	-\$1.352.213.320	-\$1.478.154.400
2019	-\$1.033.550.150	-\$802.741.010	-\$913.390.510
2020	-\$486.797.480	-\$203.084.350	-\$345.855.790
2021	\$56.141.410	\$412.262.910	\$224.314.390
2022	\$543.419.120	\$1.043.240.330	\$796.990.130
2023	\$1.259.726.050	\$1.955.731.670	\$1.633.769.930
2024	\$1.954.362.860	\$2.980.548.190	\$2.465.383.200
2025	\$2.627.989.660	\$4.028.557.020	\$3.291.932.360
2026	\$3.281.246.290	\$5.100.329.540	\$4.113.518.110
2027	\$3.914.752.920	\$6.196.450.590	\$4.930.239.480
2028	\$4.458.625.290	\$7.254.300.250	\$5.742.325.500
2029	\$5.124.902.120	\$8.464.146.910	\$6.549.476.850
2030	\$5.702.692.100	\$9.636.962.150	\$7.352.182.770
2031	\$6.263.028.000	\$10.836.606.550	\$8.150.404.200
2032	\$6.806.440.460	\$12.063.737.300	\$8.944.232.300
2033	\$7.333.443.820	\$13.319.027.150	\$9.733.756.750
2034	\$7.844.536.690	\$14.603.164.740	\$10.519.065.830
2035	\$8.340.202.370	\$15.916.855.000	\$11.300.246.420
2036	\$8.820.909.350	\$17.260.819.550	\$12.077.384.050
2037	\$9.287.111.810	\$18.635.797.100	\$12.850.562.960
2038	\$9.739.249.980	\$20.042.543.860	\$13.619.866.080
2039	\$10.177.750.660	\$21.481.833.930	\$14.385.375.100
2040	\$10.603.027.570	\$22.954.459.800	\$15.147.170.500
2041	\$11.015.481.780	\$24.461.232.720	\$15.905.331.560
2042	\$11.415.502.110	\$26.002.983.190	\$16.659.936.410
2043	\$11.803.465.500	\$27.580.561.410	\$17.411.062.050
2044	\$12.179.737.350	\$29.194.837.760	\$18.158.784.390
2045	\$12.544.671.930	\$30.846.703.280	\$18.903.178.260
2046	\$12.898.612.680	\$32.537.070.180	\$19.644.317.450

Tablo 3 ve Tablo 4 'e ait senaryolardan yola çıkarak devletin özel sektöre verdiği garanti YOGT (senaryo 2) nedeni ile yıllık zarar etmesine ait NPV değerlerinin olduğu Tablo 5 aşağıdaki gibidir.

Tablo 5'e bakıldığında, gerçek senaryoya (senaryo 2) göre yatırımcının kar oranına ulaşip işletme döneminin bittiği 14 Aralık 2021 tarihinde devletin ettiği zarara ait NPV değeri 1,408,319,730 \$ olarak hesaplanmaktadır. Başka bir deyişle, bu miktar devletin işletmeyi devraldığı gün özel sektöre işletme süresi boyunca yaptığı garanti geçiş ödemeleri sebebiyle edeceği zararın karşılığıdır. Ancak projenin fizibilite aşamasında hazırlanan ÇED raporlarında 30 yılın sonunda, projenin devlete getirisi yaklaşık 15.000.000.000 \$ olarak hesaplanmıştır. Özetle YİD sözleşmelerinin yapısı gereği, garanti geçiş ödemeleri sebebi ile her zaman bir zarar kalemi olacak olsa da, proje ekonomik ömrü içerisinde bu zararın çok daha fazlasını kamuya kar olarak sağlayacaktır.

Tablo 5. Garanti olan YOGT nedeni ile devletin yıllık zararına ait NPV için değerler [23].

YIL	NPV(minimum)	NPV(maksimum)	NPV(ortalama)
2019	-\$426.809.690	-\$424.518.210	-\$425.684.030
2020	-\$861.798.430	-\$825.542.770	-\$843.290.150
2021	-\$1.306.257.850	-\$1.200.387.290	-\$1.252.278.110
2022	-\$1.759.928.630	-\$1.548.936.470	-\$1.652.085.210
2023	-\$2.222.937.500	-\$1.870.400.850	-\$2.042.125.430
2024	-\$2.695.409.570	-\$2.163.964.900	-\$2.421.788.540
2025	-\$3.177.468.100	-\$2.428.786.080	-\$2.790.439.260
2026	-\$3.669.862.720	-\$2.660.815.350	-\$3.147.416.290
2027	-\$4.172.524.040	-\$2.860.837.440	-\$3.492.031.340
2028	-\$4.685.429.570	-\$3.027.808.430	-\$3.823.568.140
2029	-\$5.208.721.600	-\$3.160.543.910	-\$4.141.281.430
2030	-\$5.742.541.020	-\$3.257.816.860	-\$4.444.395.830
2031	-\$6.287.027.150	-\$3.318.356.130	-\$4.732.104.780
2032	-\$6.842.317.400	-\$3.340.844.860	-\$5.003.569.380
2033	-\$7.408.547.080	-\$3.323.918.840	-\$5.257.917.170
2034	-\$7.985.849.100	-\$3.266.164.810	-\$5.494.240.950
2035	-\$8.574.353.670	-\$3.166.118.670	-\$5.711.597.450
2036	-\$9.174.187.990	-\$3.022.263.680	-\$5.909.006.020
2037	-\$9.785.475.940	-\$2.833.028.560	-\$6.085.447.280
2038	-\$10.408.337.720	-\$2.596.785.510	-\$6.239.861.700
2039	-\$11.042.889.470	-\$2.311.848.210	-\$6.371.148.090
2040	-\$11.689.242.920	-\$1.976.469.690	-\$6.478.162.140
2041	-\$12.347.504.980	-\$1.588.840.160	-\$6.559.714.800
2042	-\$13.017.777.290	-\$1.147.084.750	-\$6.614.570.650
2043	-\$13.700.155.790	-\$649.261.170	-\$6.641.446.240
2044	-\$14.394.730.260	-\$93.357.270	-\$6.639.008.320
2045	-\$15.101.583.780	\$522.711.430	-\$6.605.872.020
2046	-\$15.820.792.280	\$1.201.104.400	-\$6.540.599.010

Eşitsizlik 5' i hesaplayabilmek adına, projenin tamamen devlet tarafından üstlenildiği bir senaryo (senaryo 3) oluşturulmuştur. Devletin çıkarlarını koruyan bu senaryo 3 de net nakit akışı içerisinde vergi ve kredi faiz giderleri yer almayacaktır. Bu durumu yansıtabilecek şekilde yapılan hesaplara göre oluşacak toplam NPV değerlerinin sonuçları aşağıda Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6'ya ait verilerle, devletin net nakit akışına ait NPV'yi sıfıra eşitleyip hedeflenen kara ulaştıracak olan süre @Risk uygulaması programı ile 6 yıl, 9 ay, 15 gün olarak hesaplanır. Yani periyodun üst sınırı,

$$T_{c_u} \geq 6\text{yıl} + 9\text{ay} + 15\text{gün}$$

şeklinde belirlenmiştir. Böylece imtiyaz periyodu eşitsizlik 6' ya göre aşağıdaki gibidir.

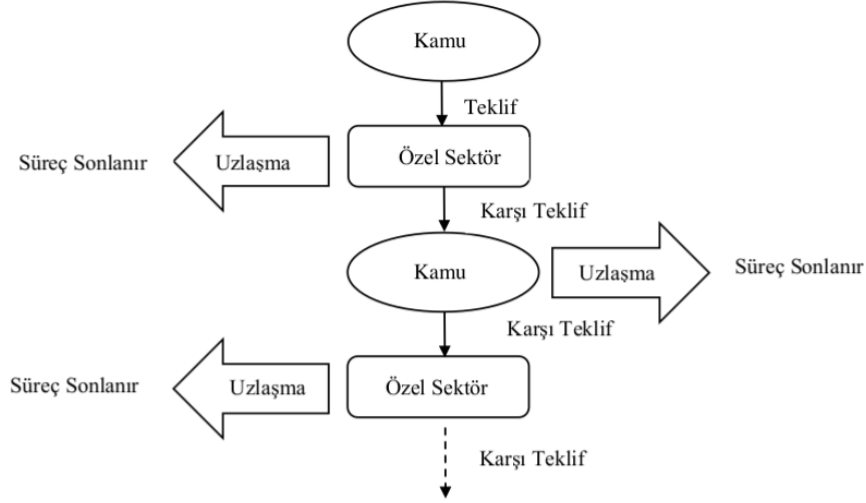
$$5\text{yıl} + 4\text{ay} + 14\text{gün} \leq T_c \leq 6\text{yıl} + 9\text{ay} + 15\text{gün}$$

Tablo 6. Projeyi devletin üstlenmesi ile gerçekleşen senaryoya ait NPV için değerler (senaryo 3) [23].

YIL	NPV(minimum)	NPV(maksimum)	NPV(ortalama).
2016	-\$336.448.560	-\$274.365.700	-\$305.132.860
2017	-\$1.143.956.340	-\$939.588.740	-\$1.046.193.700
2018	-\$1.589.302.340	-\$1.343.931.890	-\$1.478.151.550
2019	-\$914.463.620	-\$709.710.420	-\$813.955.260
2020	-\$266.075.120	-\$19.069.190	-\$142.127.030
2021	\$361.058.080	\$707.137.350	\$537.555.290
2022	\$987.647.170	\$1.455.743.410	\$1.225.319.330
2023	\$1.579.697.770	\$2.240.957.080	\$1.921.396.210
2024	\$2.160.309.300	\$3.084.152.780	\$2.626.020.680
2025	\$2.732.831.220	\$3.959.820.770	\$3.339.431.280
2026	\$3.297.407.830	\$4.869.345.980	\$4.061.870.470
2027	\$3.854.179.660	\$5.814.170.130	\$4.793.584.860
2028	\$4.403.283.590	\$6.795.794.080	\$5.534.825.290
2029	\$4.944.852.980	\$7.815.780.310	\$6.285.847.070
2030	\$5.479.017.800	\$8.875.755.470	\$7.046.910.130
2031	\$6.005.904.780	\$9.977.413.030	\$7.818.279.170
2032	\$6.525.637.440	\$11.122.516.120	\$8.600.223.880
2033	\$7.038.336.300	\$12.312.900.340	\$9.393.019.080
2034	\$7.544.118.920	\$13.550.476.860	\$10.196.944.940
2035	\$8.043.100.020	\$14.837.235.490	\$11.012.287.160
2036	\$8.535.391.550	\$16.175.247.990	\$11.839.337.170
2037	\$9.021.102.850	\$17.566.671.460	\$12.678.392.300
2038	\$9.500.340.680	\$19.013.751.880	\$13.529.756.020
2039	\$9.973.209.290	\$20.518.827.820	\$14.393.738.130
2040	\$10.439.810.590	\$22.084.334.280	\$15.270.654.960
2041	\$10.900.244.120	\$23.712.806.660	\$16.160.829.640
2042	\$11.354.607.220	\$25.406.884.990	\$17.064.592.260
2043	\$11.802.995.020	\$27.169.318.240	\$17.982.280.110
2044	\$12.245.500.590	\$29.002.968.820	\$18.914.237.960
2045	\$12.682.214.940	\$30.910.817.340	\$19.860.818.270
2046	\$13.113.227.110	\$32.895.967.490	\$20.822.381.410

5. Pazarlık-oyun teorisi ile imtiyaz periyodunun daraltılması

NPV hesabı binlerce veya yüzlerce iterasyonun yapılması ile simülasyon şeklinde gerçekleştirilmektedir. Monte Carlo Simülasyonu belirli bir imtiyaz aralığını verdiği için zamanla bu yöntemin geliştirebilmesi amacı ile yeni yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bu yöntemler içindeki Pazarlık – Oyun Teorisi yöntemi, imtiyaz aralığını mümkün olduğu kadar daraltıp imtiyaz süresi için daha net bir değere ulaşılabilmesine yardımcı olmuştur. Shen ve arkadaşları tarafından, yatırımcı ile idareci arasında oluşan süre görüşmelerinde Pazarlık - Oyun Teorisi (Bargaining - Game Theory) kullanılarak mevcuttaki yöntemler geliştirilmiştir [24]. Aşağıda Şekil 2’de görüldüğü gibi, bu yöntem kamu ve özel sektörün uzlaşana kadar karşılıklı olarak imtiyaz periyodu teklifleri sunmasına dayanır ve sonucunda bir önceki aşamada hesaplanan periyodun daraltılması sağlanmış olur.



Şekil 3. Pazarlık-oyun teorisinin aşamaları.

Shen ve arkadaşları, aşağıdaki 7 eşitliğini kullanarak pazarlık oyun teorisinin uygulamasını yapmışlardır [25].

$$T_{c,U}^1 = T \left\{ NPV = NPV(T_f) - \frac{\{(1-\delta_p) * [NPV(T_f) - IR] - 2\delta_p f_g + f_p\}}{(1-\delta_p \delta_g)} \right\} \quad (7)$$

(7) nolu eşitlikte,

- $T_{c,U}^1$: kamu bakımından karlı olan durumdaki imtiyaz süresi
- Q_g : ilk aşamada kamunun verdiği teklif
- δ_p : özel sektöre ait iskonto faktörü
- δ_g : kamuya ait iskonto faktörü
- f_p : pazarlık süresi boyunca özel sektör için aşamaların maliyeti
- f_g : pazarlık süresi boyunca kamu için aşamaların maliyeti
- δ : iskonto faktörüne ait tolerans aralığı olarak ifade edilmektedir.

Uygulama sırasında birebir eşitliğin sağlanması olanaksız olabileceğinden belirli bir tolerans aralığının belirlenmesi ile eşitliğin sağlanmasına çalışılması uygun olacaktır [25].

$$\frac{T_{c,U}^i - T_{c,L}^i}{T_{c,U} - T_{c,L}} \leq \delta \quad (8)$$

(8) nolu eşitsizlikte,

- $T_{c,U}$: imtiyaz süresi üst sınırı,
- $T_{c,L}$: imtiyaz süresi alt sınırı,
- δ : iskonto faktörüne ait tolerans aralığı olarak ifade edilmektedir.

Shen ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma doğrultusunda, devlet ile yatırımcı arasında gerçekleştirilecek olan görüşme aşamasına ait pazarlık oyun teorisi girdi değerlerinin aşağıda verilen şekilde olduğu varsayılmaktadır.

$$\delta p = 0,95$$

$$\delta g = 0,98$$

$$fp = fg = 20.000\$$$

$$\delta = \%0,6$$

Eşitlik 7 nin kullanılmasıyla, devletin ilk tur için verilen teklif ve devamında verdiği teklifler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

- Devletin verdiği (senaryo 1) 1. teklif

$$NPV (T^1_{c_}) = 742.946.918,86 \$ \quad T^1_{c_} = 6\text{yıl}+7\text{ay}+7\text{gün}$$

- Özel Sektörün verdiği (senaryo 2) karşı teklif

$$NPV(T^1_{c_L}) = 743.435.507,80\$ \quad T^1_{c_L} = 6\text{yıl}+7\text{ay}+13\text{gün}$$

- Devletin verdiği (senaryo 1) 2. teklif

$$NPV (T^2_{c_}) = 743.267.805,16 \$ \quad T^2_{c_} = 6\text{yıl}+7\text{ay}+8\text{gün}$$

- Özel Sektörün verdiği (senaryo2) karşı 2. teklif

$$NPV (T^2_{c_L}) = 743.364.952,60 \$ \quad T^2_{c_L} = 6\text{yıl}+7\text{ay}+10\text{gün}$$

...

Teklifler bu şekilde devam edecektir.

Eşitsizlik 8 ile tolerans aralığı kontrol edildiğinde,

$$\frac{T^2_{c_} - T^2_{c_L}}{T_{c_} - T_{c_L}} = 0.587 \leq 0,6$$

$$6\text{yıl}+7\text{ay}+7\text{gün} \leq T_c \leq 6\text{yıl}+7\text{ay}+10\text{gün}$$

şeklinde imtiyaz süresi aralığı daraltılacaktır.

Yukarıda da belirtildiği gibi, belirlenen bu değerler excel ve @Risk uygulamaları üzerinde, belirli bir NPV değeri girdi olarak eklenerek ona karşılık gelen gün değerinin iterasyonlarla istatistiksel olarak hesaplanmasıyla bulunmaktadır.

6. Sonuçlar ve tartışma

Kuzey Marmara Otoyoluna ait belirli olan ve belirsiz olan parametreler kullanılarak, projenin imtiyaz periyodunu belirlemek amacıyla çeşitli senaryolar oluşturulmuş ve bu senaryolara ait NPV'lerin yıllık değerleri hesaplanmıştır.

Devlet faydasını gözeten senaryo ile üst sınır, özel sektör yatırımcısının faydasını gözetilen senaryo ile alt sınırı belirlenmiştir. Devlet faydasını gözetilen senaryoda, projenin tamamen devlet eliyle gerçekleştirildiği, bu sebeple de garanti YOGT yerine devletin resmi verilerine ait trafik hacimlerine göre gişe gelirlerinin hesaplandığı varsayılmış ve ayrıca devlete ödenecek vergiler ve kredi-faiz giderleri de göz ardı edilmiştir. Özel sektörün faydasını gözetilen senaryoda ise devlet tarafından verilen garanti YOGT değerleri kullanılmış ve imtiyaz periyodunun alt sınırı hesaplanmıştır. Ayrıca, devletin garanti geçiş ödemeleri sebebi ile ettiği zararın hesaplanabilmesi için projenin özel sektör eliyle gerçekleştirildiği ancak garanti YOGT değerleri yerine devletin resmi geçiş hacim verilerinin kullanıldığı bir senaryo oluşturulmuş ve devletin işletme süresince özel sektöre ödeyeceği garanti geçişler sebebi ile kasasına yazılacak zarar saptanmıştır. Tüm hesaplamalar sonucunda bulunan imtiyaz aralığı ise,

$$5yıl+4ay+14gün \leq T_c \leq 6yıl+9ay+15gün$$

olmuştur. İhale tarihi 04 Mayıs 2016 gününde olan Kuzey Marmara Otoyolu Asya Kesimi projesi, 8 firma arasında gerçekleşmiştir. İmtiyaz süresi **6Yıl+9Ay+12gün** olacak şekilde ihale için en uygun teklifi veren Limak ve Cengiz İnşaat Ortak Girişimi sorumluluğunda ihale sonuçlanmıştır. Verilen imtiyaz süresine göre, 16 Şubat 2023 tarihinde proje devlete devir edilmelidir. Bu çalışmada, oluşturulan imtiyaz süresi aralığı ($5yıl+4ay+14gün \leq T_c \leq 6yıl+9ay+15gün$) hesaplama modeli ile yapılan hesaplamalar doğrultusunda, projeyi üstlenen firma tarafından verilen teklif, yukarıda belirlenen periyotta üst sınıra oldukça yakındır. İhaleyi kazanan firmaya ait imtiyaz süresi, model ile yapılan hesaplamalar sonucu hesaplanan imtiyaz periyodu ile kıyaslanmış ve şu sonuca ulaşılmıştır. Yatırımcı firmaların verdiği teklifin modelde çıkan aralığın üst sınırına daha yakın olması sebebi ile yatırımcının çıkarlarının daha fazla göz önüne bulundurulduğu yorumu yapılmıştır. Her ne kadar YİD ihalelerinde amaç hem yatırımcının hem de kamunun çıkarlarını eşit ve maksimum seviyede koruyacak imtiyaz sürelerinin belirlenmesi olsa da, devletin yatırımcılar tarafından oldukça fazla risk ve belirsizlik barındıran YİD modeli ile ihale edilecek otoyol projelerini ihaleye katılacak firmalar için daha cazip hale getirmek amacıyla böyle bir denge gözetiyor olması kabul edilebilir bir durumdur. Ayrıca hesaplanan imtiyaz periyodunda alt ve üst sınırın birbirine oldukça yakın olması da bu durumu göz ardı edilebilir kılmaktadır. Ayrıca Pazarlık-Oyun teorisi kullanılarak elde edilen imtiyaz periyodu aralığının da yine ihaleyi kazanan firmanın teklifine oldukça yakın çıktığı görülmektedir. Bu durum da, yukarıda yapılan çıkarımlara ek olarak hesaplamaların ne kadar gerçeğe yakın sonuçlar verebildiğini göstermektedir.

Ülkemizde otoyol yatırımlarına son yıllarda oldukça hız verilmiştir. Bu yatırımların da neredeyse tamamında finansal model olarak YİD modeli kullanılmaya başlanmıştır. Devletin öz kaynaklarından hiçbir harcama yapmadan projeyi özel sektör yatırımcıları ile paylaşması, işletme dönemi süresince devlete zarar getiriyor gibi görünse de, işletme döneminin bitmesiyle, projenin ekonomik ömrü boyunca devletin kasasına oldukça kar getirecektir.

YİD projeleri ile ihale edilen otoyol projelerinin en önemli aşamalarından biri olan ihaleye hazırlık sürecinde, imtiyaz süresi hesabı hem devlet hem yatırımcının çıkarları için oldukça titizlikle yürütülmelidir. Ülkemizde yöntemin kullanımının son yıllarda artmaya başlamış olması, YİD modeline karşı tecrübenin henüz oldukça az olması ve belirsiz ekonomik koşullardan kaynaklı risklerin fazla olması, devletin bu yöntem ile gerçekleştirilecek otoyol projelerini özel sektör yatırımcılarına daha çekici göstermeyi

hedeflemesine sebep olmuştur. Bunun da imtiyaz sürelerinin olması gerekenden daha uzun belirlenmesi ve garanti araç geçiş sayılarının gerçekleşecek verilere görece daha fazla tutulması ile sağlanmak istendiği görülmektedir. Hem kamu hem de yatırımcılar için oldukça karlı sonuçlanan YİD projeleri her iki tarafın kar ve faydasının olabildiğince eşit seviyede ve dengede tutulduğu sürece, ülkemizde gerçekleştirilen otoyol projelerinde öncü finansal model olarak kullanılmaya devam edecektir.

Kaynaklar

- [1] Deniz, T., Türkiye’de Ulaşım Sektöründe Yaşanan Değişimler ve Mevcut Durum, **Doğu Coğrafya Dergisi**, 36, 135-156, Karabük, (2016).
- [2] Köseoğlu, E., Otoyol Projelerinde Karşılaşılan Risk Faktörlerinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2020).
- [3] Üçer, F., Ulusal Karayolu Sisteminin Ağ Güvenilirliği Yaklaşımı ile İncelenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2009).
- [4] Yılmaz, G., Gebze-Orhangazi-İzmir Otoyolu Projesi Örneği Çerçevesinde Yap-İşlet-Devret Modeli ile Karayolu Proje Geliştirme ve İşletme Modelinin Değerlendirilmesi, Dönem Projesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2016).
- [5] Kaya, A. G., Implementation of Toll Road Projects By B.O.T. Model in Turkey, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2010).
- [6] Özer, K., Yap-İşlet-Devret Modeli ve Türkiye Uygulamaları, **Ziraat Mühendisliği Dergisi**, sayı. 358, ss. 30-35, (Oca. 2012).
- [7] Fırat Kalkınma Ajansı, Yap-İşlet-Devret Modelinde Uygulanan Usül ve Esasların Kalkınma Ajansları Açısından Analizi, **Araştırma Raporu**, Malatya, (2014)
- [8] Llanto, Gilberto M.; Build-Operate-Transfer for Infrastructure Development: Lessons from the Philippine Experience”, International Infrastructure Development, East Asia – Towards Balanced Regional Development and Integration, ERIA Research Project Report 2007-2, 2008, 319-359.
- [9] Özpeynirci, R. , Yatırım Projeleri Kapsamında Mali Etüd Üzerine Bir Çalışma, **Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, sayı. 5, ss. 0-0, (Ara. 2001)
- [10] Vardar, G. Ç., İmtiyazlı Hizmet Sözleşmeleri ve Yap-İşlet-Devret Modeli Muhasebe Sorunları (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. (2013).
- [11] Uygur, M., Yatırım Projesi Değerleme Yöntemleri. **Demiryolu Mühendisliği Dergisi**, sayı.2,56-59 (2015).
- [12] Çınar, M., Yönetimsel Kararlara İlişkin Sayısal Yöntemler, Erciyes Üniversitesi, Yayın No:6, Kayseri, (1990).
- [13] Acar, E., Durucasu, H., Yap-İşlet-Devret (YİD) Modeli, Tarafları, Önemli Sözleşme Unsurları ve Belirsizlikleri, **Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 3,12, 296-313, (2015).
- [14] Ho, S. P. ve Liu, L.Y., An Option Pricing-Based Model for Evaluating the Financial Viability of Privatized Infrastructure Projects. *Construction Management and Economics*, 20, 143-156. ABD, (2002).

- [15] Uçkun, N. ve Girginer, N. Yatırım Projeleri Riskinin Belirlenmesinde Duyarlılık Analizi: Özel Bir Sağlık Kuruluşu Yatırım Projesi Üzerinde Bir Uygulama. **Muhasebe ve Finansman Dergisi**, Sayı 32, 1-11, (2006).
- [16] Sarıaslan, H., Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlenmesi. Siyasal Kitabevi, Ankara, (2014).
- [17] Köseoğlu, S. D., Başabaş ve Kaldıraç Analizi. Finansal Yönetim, İnkılap Kitabevi 172-187, (2015).
- [18] Chance, D.M. ve Peterson, P.P., Real Options and Investment Valuation, **Research Foundation Aimr**, ABD, (2002).
- [19] Akkaya, C., Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Alternatif Bir Yöntem: Reel Opsiyonlar, e-**Muhasebe ve Finansman Dergisi**, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, (2005).
- [20] Hanaoka, S. & Palapus, H.P., Reasonable Concession Period for Built-Operate-Transfer Road Projects in the Philippines, **International Journal of Project Management**, 30/ 938-949, (2012).
- [21] Hu, H. & Zhu, Y., Social Welfare-Based Concession Model for Build/Operate/Transfer Contrats, **Journal of Construction Engineering and Management**, 141(1):1-5, (2015).
- [22] Kaya, Ö., Türk İnşaat Sektöründe Risk Analizi ve Yönetiminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2010).
- [23] Köseoğlu, B., Yap- İşlet-Devret Modeli ile İhale Edilecek Olan Otoyol Projelerinde Teklif Hazırlama Süreci, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2023).
- [24] Shen, Y.L., Li, H. ve Li, Q. M., Alternative Concession Model for Built Operate Transfer Contract Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, 326 - 330, (2002).
- [25] Shen, L. Y., Bao, H.J., Wu, Y.Z. & Lu, W.S., Using bargaining-game theory for negotiating concession period for BOT-type contract. **Journal of Construction Engineering and Management**, 133 (5), 385 - 392, (2007).