

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ

EGE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ

PROJELERİN
DEĞERLENDİRİLMESİNDE
RİSK ANALİZİ
YAKLAŞIMI

M. TALAT BİRGÖNÜL
İREM (DİKMEN) ÖZDOĞAN

1.
YAPI
İŞLETMESİ
KONGRESİ

18 - 19 EKİM 1996 - İZMİR

PROJELERİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE RISK ANALİZİ YAKLAŞIMI

M.Talat Birgönül
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
06531 Ankara

İrem (Dikmen) Özdoğan
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
06531 Ankara

Özet

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ

İnşaat projeleri pek çok risk faktörünü bünyesinde barındırmasına rağmen, risklerin çoğunlukla bilinçli bir şekilde ele alınamaması sonucunda; öngörülen maliyet sınırları aşılarak belirlenen sürede tamamlanamayan ve tarif edilen kalite standartlarına uygun olarak gerçekleştirilemeyen projelerin sayısı artmaktadır. Sistematik bir yaklaşım olan risk yönetiminin amacı ise; risklerin tanımlanmasını, sınıflandırılmasını, risk analiz yöntemleri ile sayısal olarak ifade edilmesini, belirsizliklerin proje sonuçlarına ilişkin tahminlere yansıtılmasını ve üstlenilebilecek/transfer edilebilecek risk oranlarına karar verilip, gerekli düzenlemelerin yapılmasını sağlamaktır. Bu tebliğ kapsamında, risk analiz tekniklerinden Monte Carlo Benzetimi kullanılarak örnek bir fizibilite çalışmasındaki ekonomik göstergelerin değişkenliği irdelenecek ve karar verme konumundaki kişilerin tek değerli yaklaşımlar yerine olasılık dağılımlarını inceleyerek, projenin yapılabilirliği hakkında daha gerçekçi ve sağlıklı kararlara varabilecekleri gösterilmeye çalışılacaktır.

Giriş

Risk sözcüğü, değişik şekillerde gerçekleşmesi mümkün olan olay, belirsizliğin kaynağı ya da bir olayın olumsuz yönde gerçekleşme olasılığı şeklindeki tanımlamalardan herhangi birine uygun olarak kullanılmakta ve potansiyel etki ve olasılık kavramlarından oluşmaktadır. İnşaat sektörü pek çok risk içermekle birlikte, çoğu inşaat projesinde riskler sistematik olarak ele alınmamakta ve bu risklerin gerçekleşmesi durumunda ise projeler başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Bu tebliğde, sistematik bir yaklaşım olan risk yönetimi

tanıtılarak, proje değerlendirme aşamasında risk analizi kullanımı ile edinilebilecek yararlar irdelenecektir.

Risk Yönetim Sistemi

Risk yönetimi; geleceğe yönelik kestirimlerin yapıldığı karar verme aşamalarında, incelenen projenin tipine, büyüklüğüne, gerçekleştirildiği ortama ve sözleşme koşullarına bağlı olarak değişik oranlarda mevcut bulunabilen risklerin sistematik olarak irdelenmesi prensibine dayalı bir proje yönetim tekniğidir. İnşaat sektörü büyük ölçekte çeşitlilik arzeden disiplin ve farklı iş kalemlerini bünyesinde barındırmasının yanı sıra, sürekli değişim eğiliminde bulunan çevre koşulları, belirsiz ekonomik ve politik ortam, değişik ihale sistemlerinin getirdiği farklı yükümlülüklerin de etkisiyle, belki de risk yönetimi uygulamalarının en gerekli olduğu endüstrilerden birisidir. Risk yönetim sistemi, bir projenin ön aşamalarında risklerin tanımlanması ile kurgulanmakta, daha sonra uygun risk analiz teknikleri kullanılarak risklerin proje üzerindeki etkilerinin saptanması ile geliştirilmekte ve belirsizlik etkilerinin gözönünde bulundurularak çözümlerin üretildiği karar verme aşaması ile sonuçlandırılmaktadır. Projede en uygun risk/getiri dengesinin sağlanması, kontrol edilebilecek risklerin en kolay ve en az maliyetle üstlenilebilecek tarafa aktarılması, kontrol edilemeyen risklerin etkilerinin hesaplanıp gerekli düzenlemelerin yapılması, uygun sözleşme stratejilerinin belirlenmesi ve kararların olası tüm senaryolar incelendikten sonra verilmesi risk yönetim sisteminin temel ilkelerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte risk yönetim sistemi, tüm risklerin ortadan kaldırılmasını amaçlayan sihirli bir yaklaşım olarak algılanmamalıdır. Risk yönetim sisteminin asıl amacı gerekli fiziksel ve finansal önlemlerin alınarak, risklerin mümkün olabildiğince azaltılmasını sağlamak ve tüm değerlendirmelerde risk etkilerinin gözönünde bulundurulmasını temin etmektir. Bu bağlamda tanımlanmış bir risk, artık risk olma niteliğinden çıkarak tekdüze bir işletmecilik problemi haline dönüşmektedir (Flanagan, Norman, 1993).

Bir inşaat projesinin ön aşamalarında tanımlanıp büyüklükleri saptanamayan riskler, proje sonucunu;

- Risklerin gözardı edilmesi nedeni ile gerçekçi olmayan maliyet/süre tahminlerinde bulunulması ve böylelikle projede maliyet/süre limitlerinin aşılması projenin başarısızlıkla sonuçlanması, veya
- Risklerin sistematik olarak hesaplanmaması ve sayısal olarak ifade edilememesine karşın, gözardı edilmemeleri gerektiği düşüncesi ile, tahminlere büyük ölçekli risk toleranslarının eklenmesi ve böylelikle proje ekonomik göstergelerinin yapay olarak azaltılması şeklinde etkileyebilmektedir.

Edinilen tüm bu olumsuz tecrübelerle rağmen, risk yönetim sistemi ülkemiz inşaat sektöründe henüz yaygın olarak kullanılmamakta ve riskler sistematik olmayan yetersiz yöntemlerle ele alınmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak da herhangi bir projede taraflar üstlendikleri riskler konusunda bilinçlendirilemediklerinden anlaşmazlıkla sonuçlanan proje sayısı azımsanamayacak mertebelere ulaşmaktadır. Ayrıca yerleşik ihale sistemi de risklerin tanımlanarak, taraflarca en uygun şekilde paylaşılmasına olanak sağlamamaktadır. Bu kapsamda, anlaşmazlıkların asgari düzeye indirgenebilmesi amacıyla risklerin paylaşımına dayalı yeni sözleşme tiplerinin geliştirilmesi de üzerinde önemle durulması gereken bir husus olarak belirginleşmektedir (Thompson, Perry, 1992).

Projenin ilk evrelerinde kurgulanıp, tüm aşamalarında revize edilmesi gereken risk yönetim sistemi projeye özel ve dinamik olmalıdır. Risk yönetim tekniklerinin aşağıda sıralanan proje aşamalarında kullanımı önerilmektedir:

- 1) Proje seçimi
- 2) Proje değerlendirme (Yapılabilirlik çalışması)
- 3) İnşaat tekniklerinin ve tasarım alternatiflerinin kıyaslanması (Birgönül, Dikmen, 1995)

4) Teklif değerlendirme

5) Sözleşme koşullarının düzenlenmesi

6) Teklif hazırlanması

Bu tebliğ kapsamında, proje değerlendirme aşamasında risk analiz tekniklerinin kullanımı üzerinde durulacaktır. Önerilen risk analiz sisteminin oluşturulması ile risk etkilerinin sayısal olarak ifade edilebileceği ve ekonomik göstergelerdeki değişkenliğin hesaplanabileceği savunulmakta ve ileriye dönük tahminlerin daha gerçekçi temellere oturtulabileceğinin gösterimi amaçlanmaktadır.

Proje Değerlendirilmesinde Risk Analizi

Risk analizinin temeli, modellemede kullanılacak olan verilerin tek bir değer yerine, olası tüm değerler gözönünde bulundurularak tanımlanmasına dayanmaktadır. Risklerin proje üzerindeki etkilerinin objektif/subjektif yaklaşımlarla saptanabilmesi amacıyla kullanılan risk analiz teknikleri çoğunlukla veri toplama, belirsizliğin modellenmesi ve potansiyel etkilerin hesaplanması aşamalarını kapsamaktadır.

Proje değerlendirme süreci, proje ile ilgili belirsizliklerin en fazla olduğu aşama olmakla birlikte burada alınan kararlar sonucu en fazla etkileyebilecek niteliktedir. Özellikle büyük ölçekli makro-ekonomik projelerin fizibilite çalışmalarında, sınırlı kaynakların en doğru şekilde kullanılabilmesini teminen proje yapılabilirliğinin en iyi şekilde irdelenebilmesi gereklidir. Bununla birlikte, proje ömrünün uzun olması nedeni ile ileriye dönük belirsizlikler artmakta ve analiz süresi uzadıkça geleceğe yönelik tahminlerde bulunulup varsayımların yapılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Genellikle fizibilite çalışmalarında başvurulan yöntem, en iyi tahmin değerlerinin kullanılarak Yarar/Maliyet (Y/M) oranı, güncel değer, geri ödeme süresi ya da iç verimlilik oranı gibi ekonomik göstergelerin deterministik yaklaşımlarla hesaplanması ile sınırlı kalmakta ve nihai kararlara tek bir

değerin baz alınması sonucunda ulaşılmaktadır. Yapılabilirlik çalışmalarında kullanımı önerilen diğer tekniklerden bazıları ise; risk toleransı (riske ayarlı iskonto oranı), beklenen değer yaklaşımı, duyarlık analizi ve Monte Carlo Benzetimi olarak sıralanabilmektedir. Bu tebliğde risk analiz tekniklerinden Monte Carlo Benzetimi üzerinde yoğunlaşarak, kullanımına ilişkin zorluklar irdelenecek ve örnek bir proje bu teknikle incelenecektir.

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ

Monte Carlo Benzetimi

Parametrelerin olasılık dağılımlarıyla modellenebileceği varsayımına dayalı stokastik bir benzetim tekniği olan Monte Carlo Benzetimi, en iyi bilinen ve 1970'li yıllardan bu yana kullanılagelmekte olan bir olasılık analiz yöntemidir. Projelerin değerlendirilmesinde risk analiz tekniği olarak kullanılan tekniklerin en detaylısı ve en fazla veri gerektireni Monte Carlo Benzetimi'dir. Monte Carlo Benzetimi'nde, tercihen duyarlık analizi sonucunda proje üzerindeki etkilerinin büyük olduğu saptanan değişkenler belirlendikten sonra parametreler olasılık dağılımları ile modellenmektedir. Potansiyel risk etkilerini yansıtan olasılık dağılımlarının objektif verinin bulunduğu durumlarda saptanması mümkündür. Buna karşın inşaat projelerinde istatistiki verinin çoğunlukla mevcut bulunmayışı nedeniyle dağılımlar subjektif görüşlere dayandırılmaktadır. Bir sonraki aşamada korelasyonlar saptanmakta ve proje nakit akış tablosu parametrelere atanan olasılık dağılımları ile modellenmekte, daha sonra ise Rassal Sayı Türetimi ile parametreler arasındaki korelasyonlar da gözönünde bulundurularak her dağılımdan birer değer seçilmekte ve ekonomik gösterge hesaplanmaktadır. Bu işlemin pek çok kez gerçekleştirilerek, her seferinde ekonomik göstergenin tekrar hesaplanması sonucunda ise ekonomik gösterge olasılık dağılımı bulunmaktadır. Bu dağılım Merkez Limit Teoremi'ne göre en genel koşullarda, normal dağılıma yaklaşmakta ve istatistiki bilgilerin edinilmesiyle sonuç daha kolay yorumlanabilmektedir. Monte Carlo Benzetimi tek değerli yaklaşımların aksine, olası tüm sonuçların irdelenebilmesine olanak sağlamakla birlikte, bilgisayar kullanımını gerektiren ve yeterli veri bulunamadığı durumlarda kullanılması

önerilmeyen bir tekniktir. Monte Carlo Benzetimi'nin kullanımına ilişkin çözümlenmesi gereken sorunlar ise aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir:

1. Olasılık Dağılımlarının Seçimi:

İnşaat projelerinde daha önce gerçekleştirilmiş olan benzer işlere ait kayıtların çoğunlukla bulunmayışı ve istatistiki verinin yetersizliği, en uygun dağılımın belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, istatistiki bilginin derlenebildiği durumlarda veriler standart teknikler kullanılarak normal ya da Beta dağılımları ile modellenmeli ve dağılımın verilere uygunluğu hipotez testlerle ölçülmelidir. Uygun dağılımın saptanamadığı durumlarda verinin kendisinin ampirik dağılımlarla tanımlanması da mümkün olabilmektedir. Objektif verinin bulunamadığı durumlarda ise; en iyi tahmin değeri, olası en küçük ve en büyük değerlerinin saptanması ile tanımlanabilen üçgen veya yamuk dağılımların kullanılması önerilmektedir. Belirsizliğin en fazla olduğu ve belli bir aralıkta tüm değerlerin gerçekleşme olasılıklarının eşit olduğu düşünüldüğünde ise, dikdörtgen dağılımın kullanımı gerekmektedir. Ayrıca, log-normal dağılımın inşaat maliyet verilerini en iyi tanımlayan dağılım olduğu da savunulmaktadır (Touran, 1993). Tüm bu bilgilere rağmen, kişiler parametreleri genellikle en iyi tahmin değerleri ile tanımlamaya alışık olduklarından, olasılık dağılımının şeklini belirlemekte zorlanmaktadırlar. Buna karşın, proje sonucunun dağılımın şeklinden çok seçilen aralığa duyarlı olduğu bilinmektedir (Perry, Hayes, 1985). Aynı aralıkta üçgen dağılımların normal ya da yamuk dağılımlara çevrilmesi sonucunda elde edilen sapmanın marjinal olduğu kanıtlanmış, korelasyonların ihmal edilmesinin ise sonuçta çok daha büyük sapmalara neden olacağı belirlenmiştir (Pouliquen, 1970).

2. Korelasyonların Saptanması:

Tanımlanan değişkenlerin birçoğunun aynı risklere duyarlı olması durumunda; bu değişkenlerin olasılık dağılımları arasında korelasyonların mevcudiyeti kaçınılmaz hale gelmektedir. Korelasyonların ihmal edilmesi durumunda ise sonucun büyük oranlarda sapabileceği belirlenmiştir. Bu nedenle değişkenler arasındaki korelasyonların

tanımlanması analizin en önemli aşamalarından birini oluşturmaktadır. Korelasyonların tanımlanmasında aşağıdaki yöntemlerden uygun olanının kullanımı önerilmektedir:

- İstatistiki verinin mevcut bulunduğu durumlarda korelasyonların doğru ve kesin olarak belirlenmesi mümkündür. Bu amaçla geliştirilmiş formüller literatürde yer almaktadır (Touran, Wiser,1992).
- Çoğunlukla istatistiki verinin bulunmayışı alternatif çözümlerin üretilmesini gerekli kılmaktadır. Bu durumda önerilen yöntemlerden birtanesi, bağımlı değişkenlerin olabildiğince aynı başlıklar altında ve belirsizliğin kaynağına göre toplanarak tek bir dağılım ile modellenmesi ve tam bağımsızlık varsayımı ile korelasyonların ortadan kaldırılmasıdır. Buna karşın bu yöntem, analizin kapsamını daraltmakta ve uygulanması çoğunlukla mümkün olmamaktadır (Pouliquen,1970).
- Aynı şekilde aralarında ilişki olduğu düşünülen parametrelerin tam bağımlı ve tam bağımsız olarak kabul edilmesi ve bu varsayımlarla bulunan değerlerin hedef değerlerle karşılaştırılması önerilmektedir. Bu şekilde korelasyonların etkisinin ihmal edilebilir olup olmadığı sorgulanmaktadır. Bununla birlikte hedef değer her zaman belirlenen aralıkta olacağının düşünülmesi gerçekçi bir yaklaşım olarak görülmemektedir (Pouliquen,1970).
- Diğer bir görüş ise korelasyonların tam olarak saptanamayacağı ve saptamaya çalışmanın da zaman kaybı olacağı yönündedir. Bu bağlamda, aralarında kuvvetli bir ilişki bulunduğu bilinen değişkenler için tam bağımlılık varsayımının yapılması, diğerleri için ise tam bağımsızlık varsayımında bulunulması önerilmektedir (Beeston,1986).
- Bu tebliğ kapsamında sunulacak olan örnek projede olduğu gibi korelasyonların subjektif görüşlere dayalı olarak hesaplanmasının gerektiği durumlarda kullanımı önerilen bir başka yöntem de bir korelasyon cetvelinin kurgulanmasıdır. (-1) ile (+1) arasındaki değerleri kapsayan bu cetvelde; (+1) doğru orantılı ve tam bağımlı parametreler için kullanılmakta, (-1) ise ters orantılı parametreler için

**İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ**

tanımlanmaktadır. Projede görev alan deneyimli kişiler tarafından zayıf, orta veya kuvvetli şeklinde tanımlanabilecek olan korelasyonların sayısal olarak ifade edilebilmesi amacıyla cetvel birimlere ayrılmaktadır. Örneğin 0-0.3 arasının zayıf, 0.3-0.6 arasının orta ve 0.6-1 arasının ise kuvvetli korelasyonları tanımladığı varsayılarak,

uzman görüşleri doğrultusunda aralıklardan uygun değerler seçilebilmektedir (Touran,1993). Bu teknik sadece subjektif bilgiye dayalı bir yaklaşım olmakla birlikte, sistematik bir yöntem olması ve uzman görüşlerine dayandırılması itibariyle kullanımı önerilmektedir.

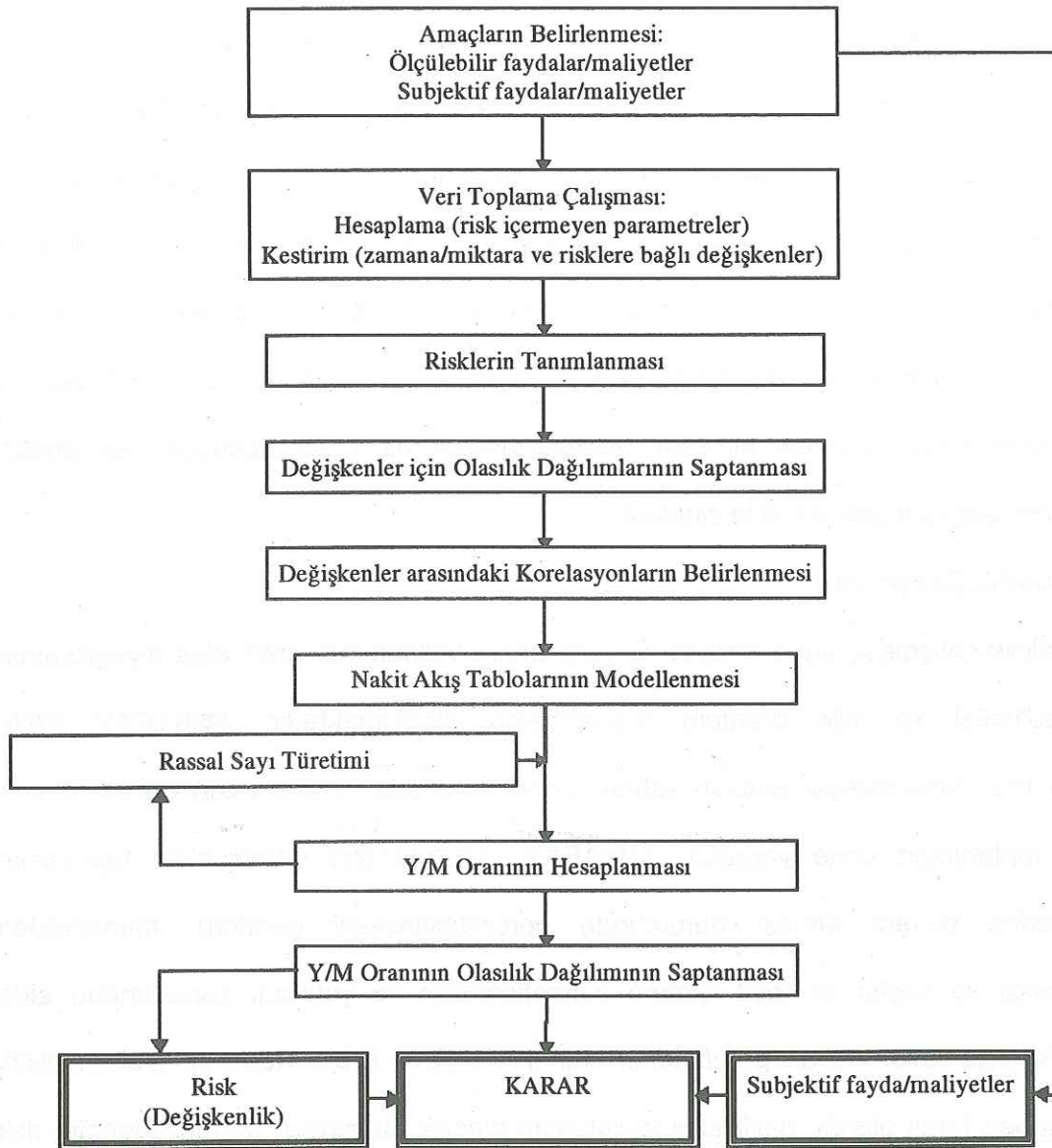
3. İterasyon Sayısı:

Monte Carlo Benzetimi'nde örnekleme hatalarının en aza indirgenebilmesi amacıyla yeterli sayıda iterasyon gerçekleştirilmelidir. Bu kapsamda, 1000 iterasyonun gerekli güvenilirliği sağladığı belirlenmiştir (Thompson, Perry,1992).

4. Yazılım:

Monte Carlo Benzetimi'nde tüm değişkenler çoğunlukla normal dağılımla ifade edilemediğinden bir bilgisayar yazılımının kullanılması zorunludur. Yazılımın yeterliği, korelasyonların ve istenilen olasılık dağılımlarının tanımlanabilmesine ve yeterli sayıda iterasyonun gerçekleştirilebilmesine bağlıdır. Bu tebliğde Crystal Ball isimli Windows altında çalışan bir yazılımdan yararlanılmıştır.

Proje değerlendirme aşamasında Yarar/Maliyet (Y/M) oranının hesaplanarak proje yapılabilirliğinin irdelenebilmesi için temeli Monte Carlo Benzetimi'ne dayalı bir risk analiz sistemi önerilmektedir. Şekil 1'de özetlendiği üzere büyük ölçekli makro-ekonomik projelerde risk faktörlerinden kaynaklanan Y/M oranındaki değişkenliğin ve subjektif (ölçülemeyen) unsurların karar verme aşamasında gözönünde bulundurularak değerlendirme ortamına dahil edilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Proje değerlendirme aşamasında risk analiz sistemi

Örnek Proje

Kent içi ulaşım projeleri, gerek yatırım miktarlarının büyüklüğü ve gerekse de sundukları sosyal yararlar açısından son derece stratejik öneme sahip makro-ekonomik ölçekli projelerdir. Diğer taraftan, gelişmekte olan ülkelerin karakteristik özellikleri olarak tanımlanan belirsiz ve yüksek oranlarda kentleşme, karmaşık sosyal ve kültürel altyapı, kısıtlı kaynakların rasyonel kullanım gerekliliği, düzenli ve güvenilir veri bulunmayışı, kırsal kesimden kentlere olan göç sonucu kentlerin aşırı hızda büyümesi, kentsel ulaşım ağının yetersizliği, dengesiz politik ve ekonomik ortam gibi unsurlar kent içi ulaşım

alternatiflerinin değerlendirilmesinde önemli oranda belirsizlik faktörünün göz önünde bulundurulmasını zorunlu kılmaktadır. Yukarıda özetlenen belirsiz koşullar, bahis konusu kent içi ulaşım projelerinin değerlendirilmesi aşamasında risk analizi uygulamaları için ideal ortamı oluşturdukları düşüncesiyle, Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen 'ANKARAY' Projesi bu tebliğ kapsamında incelenecek örnek proje olarak seçilmiştir. Tebliğin amacı ANKARAY projesinin yapılabilirliğini eleştirmek ya da yapılan analiz sonuçlarını sınamak olmayıp, sadece gerçek bir proje üzerinde risk analizi sisteminin işleyişini göstermekle sınırlıdır.

Yapılabilirlik Çalışması

Yapılabilirlik çalışması, proje maliyet ve yararlarının belirlenerek nakit akış diyagramının elde edilmesi ve Y/M oranının bulunmasına dayanmaktadır. ANKARAY Proje Raporu'nda; proje maliyet grupları yatırım giderleri ve işletme masrafları olarak iki ana grupta toplanırken proje yararları; ANKARAY yapılmaksızın Belediye'nin toplu taşıma hizmetlerine devam etmesi durumunda gerçekleştirilmesi gereken yatırımlardan sağlanacak kazançlar ile taşıt işletme masraflarından ve yolculuk zamanından elde edilecek kazanımlar olarak gruplandırılmıştır (ANKARAY Proje Raporu). Deterministik yaklaşımdan farklı olarak, nakit akış tablolarının olasılık dağılımları ile modellendiği risk analizinde aşağıda sunulan varsayımlar yapılmıştır:

1. Belirlenmiş proje amaçları çerçevesinde analizde kullanılacak olan parametreleri etkileyen risk faktörleri saptanarak, parametreler olasılık dağılımları ile tanımlanmıştır. İnşaat maliyetini etkileyen parametreler olası fiyat artışları, miktar değişiklikleri ve süre uzama riski olarak belirlenmiş ve üçgen dağılım ile modellenmiştir. Personel, enerji ve bakım-onarım-malzeme maliyetlerini kapsamakta olan işletme maliyetleri ise yıllık yolculuk talep artışı ile ilişkilendirilmiştir. Yıllık yolculuk talep artışı tahminleri normal olasılık dağılımları ile tanımlanmış ve bu değişkene bağlı maliyet kalemleri arasındaki korelasyonlar belirlenmiştir. Proje yararları kapsamında ise; yolculuk talebi, birim zaman kazanımları, doruk-doruklararası-dorukdışı trafik yoğunluklarının oranı, zaman

kazanımlarının parasal değeri ve toplulaşım ile özel araç zaman kazanımlarının parasal değerlerinin oranı olasılık dağılımları ile modellenerek ilgili yarar kalemleri tanımlanmıştır.

2. Paranın zaman değeri düşünüldüğünde, belki de en önemli riskin inşaat süresinin uzayarak işletmeye açılma tarihinin gecikmesi olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, inşaat süresi olasılık dağılımı ile tanımlanmış ve hesaplamalar olası tüm değerler gözönünde bulundurularak yapılmıştır. Deterministik yaklaşım ile 3 senede bitirileceği öngörülen inşaat işlerinin 4., 5. veya 6. senelere uzama olasılığı gözönünde bulundurularak risk analizi gerçekleştirilmiştir. Şu anda Ankaray inşaatının 6. senesinde olması bu olasılığın ihmal edilmemesi gerektiğini kanıtlamaktadır.
3. Analiz süresi 25 yıl olarak belirlenmiş, tüm yarar ve maliyet kalemleri Amerikan Doları cinsinden ifade edilmiştir.
4. Güncelleştirme işleminde kullanılan iskonto oranı değişken kabul edilerek üçgen dağılım ile tanımlanmıştır.
5. Nakit akış diyagramı Crystal Ball adlı yazılım kullanılarak modellenmiş ve Monte Carlo Benzetimi ile 5000 adet iterasyon gerçekleştirilmiştir.

Değerlendirme

Benzetim sonucunda Y/M oranı ile ilgili edinilen bilgiler deterministik yaklaşımla bulunan sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de sunulmaktadır. Deterministik yöntemle hesaplanan Y/M oranları; %3 iskonto oranı ile 2004 yılında, %5 iskonto oranı ile 2008 yılında, %7 iskonto oranı ile 2011 yılında 1'in üzerine çıkmakta, %10 iskonto oranının uygulanması halinde ise yatırımın gerçekleştirilmesi için asgari seviyede gerekli olan 1 değerine ulaşamamaktadır. Risk analizinde ise iskonto oranının alabileceği değerler olasılık dağılımı ile modellenmiştir. Risk analizi sonuçları Y/M oranı ortalama değerlerinin 1'den küçük olduğunu göstermekte ve 2015 yılında bile bu oranın %60,7 olasılıkla 1'den küçük olabileceğine işaret etmektedir. Analiz sonucu edinilen yıllık Y/M olasılık dağılımlarından 2004, 2008 ve 2012 yıllarına ait olanları örnek teşkil etmesi bakımından

Tablo 1. Deterministik Yöntem ve Risk Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

YILLAR	DETERMINİSTİK YAKLAŞIM				RİSK ANALİZİ		
	DEĞİŞİK İSKONTO ORANLARI İÇİN YILLIK Y/M ORANLARI				YILLIK Y/M ORANI İLE İLGİLİ İSTATİSTİKİ BİLGİLER		
	i = 3%	i = 5%	i = 7%	i = 10%	ORTALAMA DEĞER	STANDART SAPMA	p(Y/M)<1 (%)
1991	0	0	0	0	0	0	100
1992	0	0	0	0	0	0	100
1993	0	0	0	0	0	0	100
1994	0,116	0,107	0,102	0,101	0,03	0,05	100
1995	0,199	0,183	0,173	0,170	0,08	0,08	100
1996	0,281	0,256	0,240	0,233	0,14	0,10	100
1997	0,365	0,329	0,306	0,293	0,21	0,09	100
1998	0,450	0,402	0,370	0,350	0,27	0,09	100
1999	0,537	0,475	0,434	0,405	0,32	0,10	100
2000	0,624	0,547	0,496	0,457	0,38	0,10	100
2001	0,718	0,623	0,559	0,509	0,43	0,11	100
2002	0,811	0,697	0,620	0,557	0,48	0,11	100
2003	0,906	0,771	0,680	0,603	0,53	0,12	100
2004	1,028	0,864	0,753	0,659	0,59	0,12	100
2005	1,130	0,853	0,753	0,664	0,60	0,12	100
2006	1,085	0,919	0,804	0,701	0,64	0,12	99,8
2007	1,172	0,985	0,853	0,736	0,69	0,13	99,2
2008	1,261	1,049	0,903	0,770	0,73	0,13	97,4
2009	1,349	1,111	0,949	0,800	0,77	0,14	94,4
2010	1,437	1,173	0,993	0,829	0,80	0,14	90
2011	1,531	1,238	1,039	0,858	0,84	0,15	84,5
2012	1,620	1,298	1,080	0,884	0,88	0,15	78,2
2013	1,710	1,357	1,121	0,908	0,92	0,16	71,1
2014	1,815	1,426	1,167	0,935	0,95	0,17	63,8
2015	1,908	1,425	1,173	0,942	0,97	0,17	60,7

* Y/M oranının 1'den küçük olma olasılığı

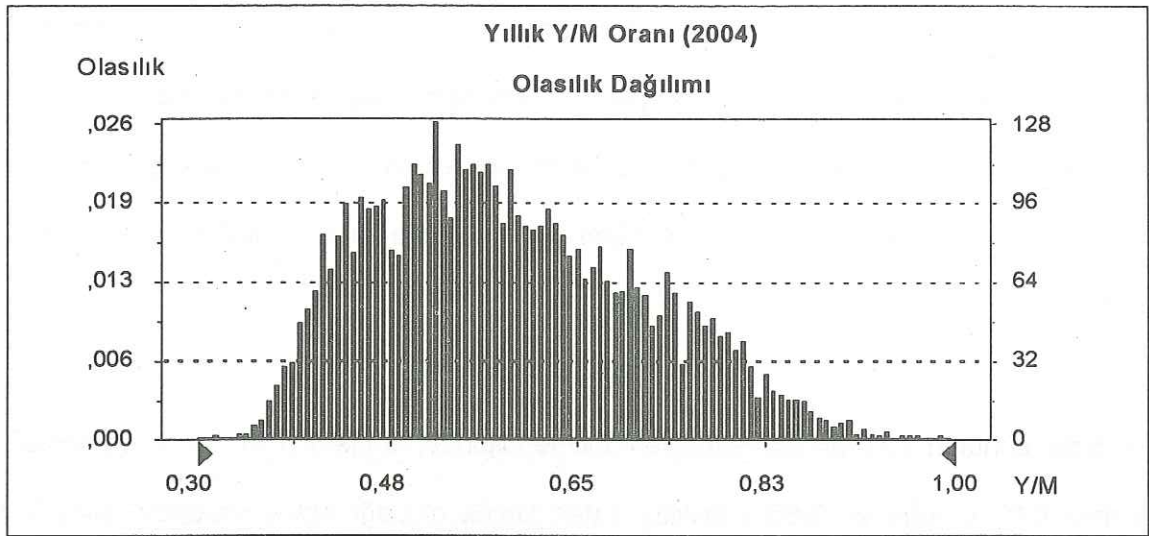
sırasıyla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmektedir. Ayrıca, analiz süresince gerçekleşen tüm proje maliyet ve yararlarının günümüze kapitalize edilmesi sonucu hesaplanan toplam Y/M oranının, proje yapılabilirliğini en iyi yansıtan gösterge olacağı düşüncesi ile elde edilen olasılık dağılımı ve istatistiki diğer bilgiler Şekil 5'de sunulmaktadır.

Sonuç

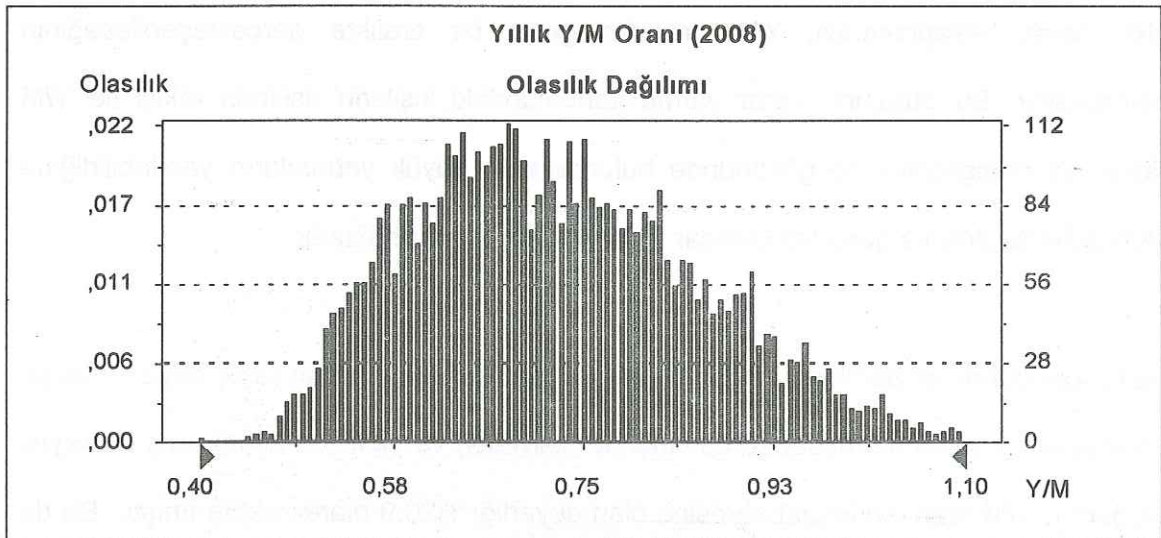
Şekil 5'de sunulan risk analizi sonuçları incelendiğinde, toplam Y/M oranı ortalama değerinin 0.97 olduğu ve %60 olasılıkla 1'den küçük olacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca, herhangi bir değişkenin risk oranının betimlenmesinde kullanılan değişim katsayısının 0.18 olarak hesaplanması, Y/M oranının geniş bir aralıkta gerçekleşebileceğinin göstergesidir. Bu durumda karar verme konumundaki kişilerin risklerin etkisi ile Y/M oranındaki değişkenliği de gözönünde bulundurarak büyük yatırımların yapılabilirliğine ilişkin daha sağlıklı ve gerçekçi kararlar verebilmeleri sağlanmaktadır.

Analiz sonucunda gözlemlenen diğer bir gerçek de, Y/M oranının en fazla duyarlı olduğu parametrelerin sırası ile inşaat süresi, inşaat maliyetleri ve yolculuk talebi artış katsayısı olduğudur. Y/M oranının inşaat süresine olan duyarlılığı %20.9 olarak saptanmıştır. Bu da Y/M oranı değişkenliğinin %20.9'unun inşaat süresinin değişkenliğinden kaynaklandığını göstermektedir.

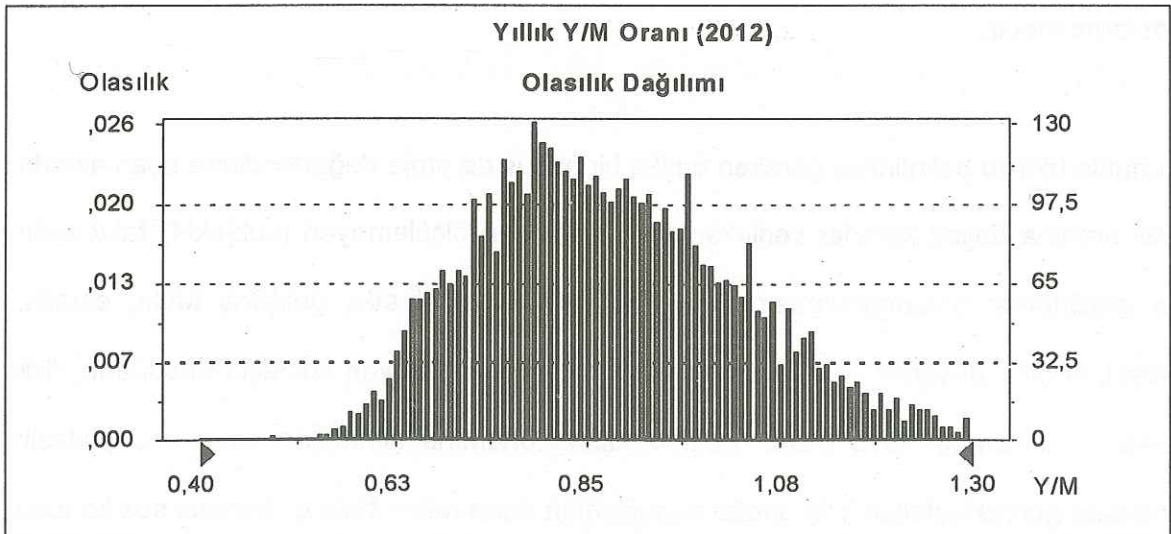
Bununla birlikte belirtilmesi gereken başka bir husus da proje değerlendirme aşamasında Y/M oranına dayalı kararlar verilirken para cinsinden ölçülemeyen (subjektif) faktörlerin de gözönünde bulundurulmasının gerekliliğidir. Çevresel etki, gelişime katkı, estetik, prestij, konfor, güvenlik vb. gibi parasal bazda tanımlanamayan subjektif unsurların, risk analizi yaklaşımına ilave olarak değerlendirme ortamına alınmaları sonucunda, klasik anlamda gerçekleştirilen Y/M analizi sonuçlarının daha rafine hale getirilmesi söz konusu olabilecektir.



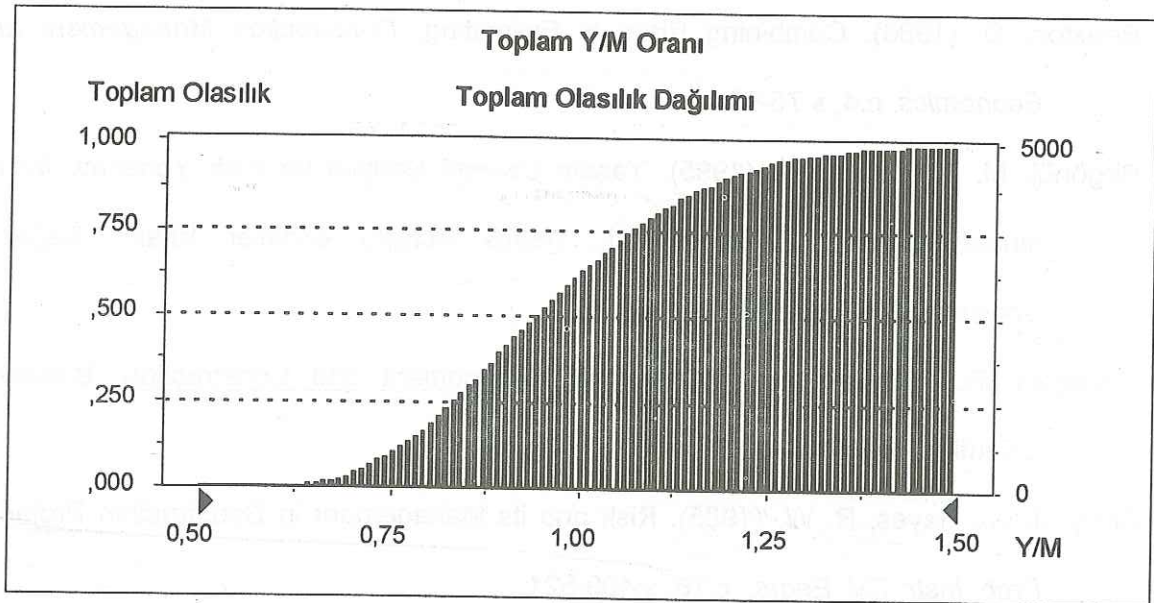
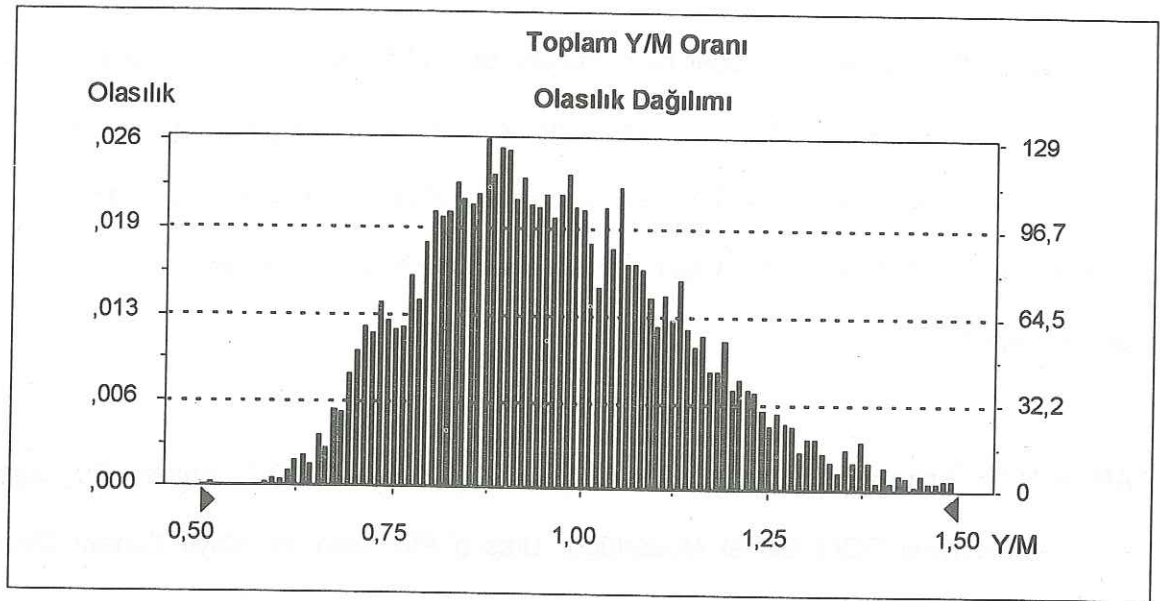
Şekil 2. Y/M oranı olasılık dağılımı (2004)



Şekil 3. Y/M oranı olasılık dağılımı (2008)



Şekil 4. Y/M oranı olasılık dağılımı (2012)



		$p(Y/M) < x^*$	x
İterasyon sayısı	5.000	0%	0,52
Ortalama değer	0,97	10%	0,75
Medyan	0,95	20%	0,82
Standart Sapma	0,17	30%	0,86
Varyans	0,03	40%	0,91
Değişim Katsayısı	0,18	50%	0,95
Minimum değer	0,52	60%	1,00
Maksimum değer	1,62	70%	1,05
		80%	1,11
		90%	1,20
		100%	1,62

* Y/M oranının x değerinden küçük olma olasılığı

Şekil 5. Y/M oranı olasılık/toplam olasılık dağılımları ve edinilen istatistiki bilgiler

Önemle belirtilmesi gereken diğer bir nokta ise, bu tebliğ amacının risk analizi yaklaşımı ile tipik bir fizibilite etüdünde hesaplanan ekonomik göstergelerdeki değişkenliğin vurgulanması ile sınırlı olduğudur. Bu kapsamda elde edilen sonuçların örnek proje olarak seçilmiş bulunan ANKARAY Projesi'nin eleştirisi mahiyetinde yorumlanmaması gerekmektedir.

Kaynaklar

ANKARAY , Ankara Hafif Toplutaşım Sistemi Proje Raporu, Cilt II, Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, Ulaşım Planlama ve Raylı Sistem Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Beeston, D. (1986). Combining Risks in Estimating, *Construction Management and Economics*, c.4, s.75-79.

Birgönül, M. T., Dikmen, İ. (1995). Yaşam Dönemi Maliyeti ve Risk Yönetimi, İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, II. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Boğaziçi Üniversitesi, s.589-599.

Flanagan, R., Norman, G. (1993). Risk Management and Construction, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Perry, J. G., Hayes, R. W. (1985). Risk and its Management in Construction Projects, *Proc. Instr. CV. Engrs.*, c.78, s.499-521.

Pouliquen, L. Y. (1970). Risk Analysis in Project Appraisal, World Bank staff occasional Paper No.11, John Hopkins University Press, Baltimore.

Thompson, P. A., Perry, J. G. (1992). Engineering Construction Risks, SERC Project Report, Eastern Press Limited, Thomas Telford, London.

Touran, A. (1993). Probabilistic Cost Estimating with Subjective Correlations, *J. of Constr. Engineering and Management*, c.119, s. 58-71

Touran, A., Wiser, E. P. (1992). Monte Carlo Technique with Correlated Random Variables, *J. of Constr. Engineering and Management*, c. 118, s. 258-272.