

YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE MAKSİMUM ENTROPİ YÖNTEMİ İLE ÇOK ÖLÇÜTLÜ ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

Dr. S. Erdal DİNÇER*

ÖZET

Tek ölçütlü yöntemler ile alternatif yatırım projelerinin uygunluk sıralamasında daima aynı sonuç elde edilmektedir. Bu nedenle kullanılacak yöntemin olumlu ve olumsuz yanlarının çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Tek ölçütlü yöntemler, analizin tek bir göstergeye dayandırılması ve çok çeşitli yönlere sahip olan karar problemlerinin yalnızca bu tek ölçütle ifade edilmeye çalışılmasıyla yetersiz kalmaktadır. Aynı zamanda yatırımların gerçekçi bir analizin yapılabilmesi için problemin risk ve belirsizlik durumlarını da kapsaması gerekmektedir.

Yatırım kararı gelecekle ilgilidir ve en önemli boyutlarından biri de belirsizliktir. Bu açıdan, yatırım kararlarının alınmasında karar alıcı projenin geçerliliğini değerlendirirken, projeye ilişkin belirsizlikleri inceler ve bu belirsizlikleri risklere dönüştürmek suretiyle bu risklerin gerçekleşme olasılığının projenin kabul edilebilirliğini ne ölçüde etkileyeceğine karar verir.

Tüm bu nedenlerden dolayı, yatırım projelerinin analizinde kullanılacak bir modelin risk ve belirsizlik durumunu ele alması ve çok ölçütlü olması kaçınılmaz hale gelmektedir.

Bu çalışmada belirsizlik altında yatırım projelerinin değerlendirilmesinde çok ölçütlü bir yöntem olan Maksimum Entropi yöntemi ele alınarak işleyiş adımları açıklanmaya çalışılmış ve gerçek bir yatırım projesine uygulanmıştır.

* M.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Öğretim Üyesi.

1. PROJE ANALİZİ VE DEĞERLENDİRME

Bilindiği üzere, ekonomide kaynaklar sınırlı gereksinimler ise sınırsızdır. Her proje bu gereksinimleri karşılamaya yönelik bir tasarımıdır. Gereksinimlerin karşılanması (mal ve/veya hizmet üretimi) aynı zamanda bir kaynak (girdi) tüketimidir. Çünkü, her proje, bir alternatif projenin veya projelerin kullanılabileceği kaynakları tüketmektedir[1]. Bundan dolayıdır ki, literatürde, kıt kaynakların alternatif kullanım alanları arasındaki dağılımını uygun bir şekilde yapmaya yönelik bu yönteme “proje analizi” denilmektedir.

Proje analizi, projeler tarafından tüketilen kaynaklar (maliyet) ve üretilen mal ve/veya hizmetlerin (fayda) belirlenmesi, parasal olarak ölçülmesi ve ortak bir temelde karşılaştırılmasıdır. Ortak bir birim cinsinden ölçülen faydalar maliyetleri aştığında projeler kabul edilir, aksi durumda ise reddedilir. Alternatif projeler söz konusu ise, en küçük maliyetle en yüksek faydayı sağlayacak olan proje seçilir. Söz konusu analiz, yatırımcı kuruluşlar açısından yapıldığında ticari analiz, ulusal ekonomi veya toplum açısından yapılması halinde ise ulusal analiz veya fayda maliyet analizi olarak adlandırılmaktadır[2].

Buraya kadar sözü edilen “proje analizi” proje kavramına temel oluşturan bir değerlendirme niteliğindedir. Proje sürecinde bir diğer önemli etkinlik, proje tamamlandıktan sonra yapılan değerlendirmedir. Projenin tamamlanmasından sonra geriye dönük olarak yapılan bu değerlendirmeye literatürde “proje değerlendirmesi” denilmektedir. Bu aşamada hedeflerin gerçekleşip gerçekleşmediği tespit edilmekte ve alınan kararların ve gerçekleştirilen eylemlerin makul ve faydalı olup olmadığı konusunda bir sonuca varılmaktadır. Böylece, projenin uygulanması ile ulaşılan sonuçların verimlilik, üretim ve diğer etkiler açısından değerlendirilmesi yapılarak gelecekteki planlama çalışmaları (plan ve projelerin hazırlanması, analizi, uygulanması, izlenmesi ve değerlendirilmesi) için ders çıkarılmaktadır[3].

2. KARAR ANALİZİ SÜRECİ

Karar analizleri insanoğlunun mevcut tüm alternatifler arasından amaç yada amaçlarına uygun mümkün bir yada bir kaçını seçtiği analitik bir süreçtir. Karar analizlerinin öneminin artması yöntemin teknolojisindeki ilerlemenin etkileri, çevre koşullarındaki karmaşanın artışı ve karar alıcıların gelişen yeteneğinin bir sonucudur. Karar almada rasyonelliğe ulaşmak amacıyla, karar çevresi ve alternatif projelerin sonuçları hakkında daha elle tutulur bilgiler sağlayabilecek teknikler üzerinde durulmaktadır. Bu nedenle karar almanın eğilimi kantitatif ve bilgisayarlı yaklaşımlar doğrultusunda olmaktadır. Böylece, karar analizleri optimum çalışma

planını belirlemede karar alıcıya yardımcı olmak için modern bilimsel teknikler ve sistematik araştırma yöntemlerini kullanan analitik bir süreç olmaktadır[4].

Modern karar teorisi geçmişte kullanılan, hatta bugün bile kullanılmaya devam eden sezgisel karar alma yaklaşımının yerini tam olarak tutmamaktadır. Sezgisel yaklaşım karar alma yeteneği ile tanınan karar alıcının tecrübesine dayanır. Bu tür karar alıcılar durum hakkında genel bilgiye ve gelecekteki sonuçları hakkında somut düşüncelere sahiptirler. Bilimsel yöntemlerle, yada bunlar olmaksızın bazı kişisel yargılara varırlar. İşte bu noktada modern karar teorisi karar alıcının bu yargılara varmasını sağlamak ve desteklemek amacını gütmektedir. Karar analizinin karakteristiklerini dört ana başlık altında toplamak mümkündür[5]. Bunlar;

- Çevre kısıtları ve organizasyonel hedeflerin belirlenmesi
- Modeldeki bileşenlerin birbiriyle ilişkilerinin analizi
- Optimum çözüm sonuçlarının ispatlanması
- Bilimsel yöntemin uyarlanması

Karar alıcının rasyonelliği hedeflere ulaşma derecesi ile ölçülür. Karar analizleri aynı zamanda çevre faktörleri ile sınırlanmıştır. Bu nedenle organizasyonel hedefler bu çevre kısıtları ile tanımlanır.

Optimum çözüme ulaşmak için ilgili değişkenlerin aralarındaki ilişkiler açıkça analiz edilmelidir. Bu tür analizler optimum çözümün diğer alternatiflere olan üstünlüğünün onaylanmasını sağlar[3].

Önerilen çözüm açık ve ispatlanabilir olmalıdır. Tarafsız olarak analiz yapıldığında, karar alıcı kim olursa olsun aynı sonuca ulaşılmalıdır. Kişisel eğilim ve taraf tutma olasılığını mümkün olduğunca azaltmak için bilimsel bir yaklaşımın kullanılması gereklidir. Sistematik bir araştırma, karar alıcının, nihai çözümü diğer alternatifler arasından seçebilmesi için kararlar ilgili gerekli tüm faktörleri göz önünde bulundurmasını sağlar. Bir karar analizi süreci, karar bekleyen koşulların açıkça ortaya konması, alternatif çözüm arayışı ve karar alma adımlarını içermektedir[2].

3. ÇOK AMAÇLI KARAR ALMA ANALİZİ

Çok amaçlı karar alma sayılabilir veya sayılamaz alternatifler kümesi arasından bir veya birden fazla kriter yardımıyla seçim yapmaktır. Amaçların tam olarak bilinmesi durumunda çok amaçlı karar alma problemi deterministik, aksi durumda ise stokastik olarak adlandırılmaktadır[5].

Çok amaçlı karar destek sistemleri çok amaçlı karar alma problemlerinin çözümüne ve yapısına yardımcı olan karar destek sistemidir. Bu sistemler çok amaçlılığın analiz edilmesini sağlar ve karar alıcının bu amaçlar karşısında sağlayacağı yararların analize katılmasına imkan sağlar. Çok amaçlı karar destek sistemi çoğunlukla gelişmiş dâşünsel kabiliyetleri kullanarak karar alma probleminin yapılandırılması ve modellenmesini desteklemeye çalışmaktadır. Uzlaşık çözümler/grup kararları ise birden fazla karar alıcının olduğu durumlarda çok amaçlı karar almanın doğal uzantısı durumundadır[4].

Çok özellikli fayda teorisi özellikle riskin ve belirsizliğin olduğu durumlarda çok amaçlı ve çok özellikli alternatiflerin yapılandırılması ile bireysel faydaların değerlendirilmesi için teknikler ve subjektif olasılıklar üzerinde yoğunlaşır. Çok özellikli fayda teorisi bazen çok amaçlı karar alma altında ele alınır, ancak, çoğu zaman riskler ve belirsizlikler alternatiflerin değerlendirilmesinde ve tanımlanmasında etkin rol oynadıkları durumlarda ayrı olarak incelenirler[10].

Karar alıcının fayda fonksiyonunun analizinde oynadığı rol çok amaçlı karar alma ve çok amaçlı karar destek sistemi modelleri arasında kısıtlayıcı bir karakteristiktir. Genel olarak fayda fonksiyonu açık olarak oluşturulabiliyorsa, sistemin çok özellikli fayda teorisi kategorisinde olduğu söylenebilir. Eđer fayda fonksiyonu açık değilse veya böyle bir fonksiyonun olmadığı varsayılırsa sistem genellikle çok amaçlı karar alma olarak sınıflandırılmaktadır[5].

4. MAKSİMUM ENTROPİ YÖNTEMİ

Birden fazla yatırım projesi içerisinde en uygununun tespit edilmesinde karar alıcının gözönünde bulundurması gereken temel kriterler belirlilik, risk ve belirsizlik olarak karşımıza çıkmaktadır. Varolan koşullar altında sonuçların bilindiği ancak, bu sonuçların olasılıklarının bilinmediği durumlar ise belirsizlik problemleri olarak ele alınmakta ve değerlendirilmektedir. Bu tür problemlerde sonuçların olasılıklarının bilinmemesinden dolayı değişkenlerin olasılık fonksiyonları da bilinmemektedir. Bu olumsuz sonuçları ortadan kaldırmaya yönelik olarak değişkenlerin olasılık fonksiyonlarını kurmak için Maksimum Entropi Yönteminden yararlanılabilmektedir. Ancak Maksimum Entropi prensibinin kullanılması, çözümü genellikle güç olan lineer olmayan matematiksel programlama yönteminin çözümünü gerektirmektedir[6].

Maksimum Entropi Yönteminde, olasılık dağılımı, sonuçlar hakkındaki bilgiyi yansıtan kısıtlara bağlı entropinin maksimizasyonu yoluyla elde

edilebilmektedir. Farklı tesadüfi değişkenler için entropiyi (E) aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür[7].

$$E = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i$$

Burada P_i : i. sonucun olasılığını ifade etmektedir.

Genel olarak P_i değerleri bir olasılık dağılımı fonksiyonunu oluşturduğundan genel olasılık kısıtını yerine getirmek zorundadır. Bu:

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1$$

dir.

Kararın alınmasına yardımcı olacak olan diğer kısıt fonksiyonları da değişkenlerin sonucu hakkında sahip olunan bilginin kullanılmasıyla oluşturulabilir.

Bilinen parametrelerle nihai olasılık fonksiyonlarının ayrıntılı olarak tanımlanması mümkündür. Şayet ortalama ve standart sapmaları kesinlikle biliniyorsa, Maksimum Entropi dağılımı normaldir.

Çoğu zaman farklı değerlerin olasılık sınırlarının belirlenmesi, dağılımın parametrelerinin belirlenmesinden çok daha kolaydır. Bu durumda lineer olmayan matematik programlama tekniklerinin kullanılmasına gerek yoktur[8].

4.1. Yöntemin İşleyiş Adımları

Yöntemin uygulanmasından önce yatırım fırsatlarına ait değerlendirme ölçütlerine, bu ölçütlerin alabileceği değerler ve değerlerin gerçekleşebilmesine ait olasılık sınırları ile her ölçütün önem ağırlığının belirlenmesi gerekmektedir. Tüm bunlara ait düzenlemeler Tablo.1'de yer almaktadır[9].

Tablo.1. Ölçütler ve olasılık sınırları

Ölçütler	Ölçüt değerleri	Ölçüt olasılık sınırları	Ölçüt önem ağırlığı
1	a_1 a_2 . . a_n	$P_{1aa} \leq P_1 \leq P_{1aü}$ $P_{2aa} \leq P_2 \leq P_{2aü}$. . $P_{naa} \leq P_n \leq P_{naü}$	w_1
2	b_1 b_2 . . b_k	$P_{1ba} \leq P_1' \leq P_{1bü}$ $P_{2ba} \leq P_2' \leq P_{2bü}$. . $P_{kba} \leq P_k' \leq P_{kbü}$	w_2
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
j	t_1 t_2 . . t_l	$P_{1ta} \leq P_1^{(j-1)} \leq P_{1tü}$ $P_{2ta} \leq P_2^{(j-1)} \leq P_{2tü}$. . $P_{lta} \leq P_l^{(j-1)} \leq P_{ltü}$	w_j

1.Adım: J. Ölçüt için;

$$P_{1ta} < P_{1tü} < P_{2ta} < P_{2tü} < \dots < P_{lta} < P_{ltü}$$

olduğunu varsayalım. Bu durumda T_j kümesi,

$$T_j = \{ 0, P_{1ta}, P_{1tü}, P_{2ta}, P_{2tü}, \dots, P_{lta}, P_{ltü} \}$$

olacaktır.

2.Adım: $V(x)$, bir doğrusal fonksiyon olmak üzere, j adet $V(x)$ fonksiyonunun hesaplanması:

$$V_a(x) = \sum_{i=1}^n V_i(x)$$

$$V_b(x) = \sum_{i=1}^n V_i(x)$$

·
·
·

$$V_t(x) = \sum_{i=1}^l V_i(x)$$

Burada $x \in [0,1]$ dir ve j. ölçütün t_j değeri için,

$$V_{iti}(x) = \begin{cases} P_{ita}, & 0.0 \leq x \leq P_{ita} & \text{ise} \\ x, & P_{ita} \leq x \leq P_{itü} & \text{ise, tüm } i \text{ ler için} \\ P_{itü}, & P_{itü} \leq x \leq 1.0 & \text{ise} \end{cases}$$

$V_j(x)$, T_j üzerinde 1 değerini alana kadar değerlendirilecektir.

3.Adım: 2. Adımın sonucunun, $[t_1, t_2]$ aralığında bazı noktalarda $V_j(x)=1$ olduğunu varsayacak olursak, burada t_1 ve t_2 , T_j nin iki ardışık elemanlarıdır. Daha sonra eşitlik (β) için çözülecek olursa[10],

$$V(\beta) = 1$$

β , aşağıdaki ifade ile verilmektedir.

$$\beta = t_1 + (1 - V_{j(t_1)}(t_2 - t_1)) / (V_{j(t_2)} - V_{j(t_1)})$$

4.Adım: Olasılık dağılımı,

$$P_i^{(j-1)} = V_j(\beta), \quad i = 1, 2, \dots, l$$

yazılarak bulunur.

5. **Adım:** J. ölçüt için beklenen değer;

$$E_j = P_1^{(j-1)} \cdot t_1 + P_2^{(j-1)} \cdot t_2 + \dots + P_1^{(j-1)} \cdot t_1$$

olarak bulunur.

6. **Adım:** Her bir ölçütün varyansı[11];

$$\sigma_j^2 = \sum_{i=1}^1 t_i^2 \cdot P_i^{(j-1)} - [E_j]^2$$

7. **Adım:** Beklenti-Varyans kriteri vasıtasıyla her ölçüt için beklenti-varyans ölçüsünün hesaplanması;

$$Q_j = E_j - A \cdot \sigma_j$$

Burada A, risk karşılık katsayısıdır.

8. **Adım:** D puanının ölçüt önem ağırlıklarına göre dağıtımı;

J. ölçütün puanı;

$$D_j = D \cdot \omega_j$$

$$\sum_{i=1}^j \omega_i = 1$$

Birden fazla yatırım fırsatının olması durumunda Q_j değerleri her yatırım fırsatı için karşılaştırılmak zorundadır. Bu karşılaştırmayı;

Q_{jv} : V yatırımının j. ölçütünün beklenti-varyans ölçüsü

Q_{jz} : Z yatırımının j. ölçütünün beklenti varyans ölçüsü

.

.

Q_{jy} : Y yatırımının j. ölçütünün beklenti varyans ölçüsü

olarak hesaplayabiliriz.

Bu durumda Z yatırımının j. ölçütünün D_j puanından alacağı miktar[12];

$$D_{jz} = (Q_{jz} / (Q_{jz} + Q_{jv} + \dots + Q_{jy})) \cdot D_j$$

olacaktır.

9. Adım: Her yatırım fırsatı için hesaplanan D_i değerlerinin toplanması;

$$D_{1v} + D_{2v} + \dots + D_{jv} = \sum_{i=1}^j D_{iv}$$

$$D_{1z} + D_{2z} + \dots + D_{jz} = \sum_{i=1}^j D_{iz}$$

•
•

$$D_{1y} + D_{2y} + \dots + D_{jy} = \sum_{i=1}^j D_{iy}$$

10. Adım: Toplamların en büyüğünün seçilmesi,

$$\text{Max} \left(\sum_{i=1}^j D_{iv}, \sum_{i=1}^j D_{iz}, \dots, \sum_{i=1}^j D_{iy} \right)$$

En büyük toplamı veren yatırım fırsatı tercih edilecektir.

7. adımda bahsi geçen beklenti-varyans kriteri yatırım projelerinin değerlendirilmesinde ve en uygun projenin seçiminde kullanılan tek ölçütlü bir yöntem olup bir projenin beklenen sonucunu ve varyansını gözönüne alarak basit bir ölçüye göre ekonomik çekiciliği ölçmektedir[10].

$$Q = E[x] - A \cdot \sigma[x]$$

Burada;

Q: Beklenti-varyans ölçüsü

$E[x]$: Ortalama veya beklenen parasal sonuç

$\sigma[x]$: Parasal sonucun standart sapması

A: Risk karşılık katsayısını ifade etmektedir.

Azalan bir marjinal fayda durumunda, bir firmanın risk karşıtı katsayısı ile parasal sonucun fayda fonksiyonu arasındaki bağıntı;

$$A = -\frac{U''(E[x])}{2}$$

olarak elde edilmektedir.

k adet farklı sonuca sahip olan herhangi bir seçenek için x değişkeninin varyansı[8];

$$V[x] = \sum_{j=1}^k (X_j - E[x])^2 \cdot P(x_j)$$

olacaktır. Burada,

$V[x]$: x' in varyansı

$E[x]$: x' in beklenen değeri

x_j : x' in j. sonucu

$P(x_j)$: x_j nin gerçekleşme olasılığıdır.

$V(x)$ in hesaplanmasında bir diğer uygun form;

$$V[x] = \sum_{j=1}^k X_j^2 \cdot P(x_j) - (E[x])^2$$

olarak yazılabilir.

UYGULAMA

Uygulamaya konu olan Borusan A.Ş. Borusan grubunun ilk sanayi yatırımı olup aynı zamanda çelik grubunda çekirdeğini oluşturmaktadır. Dört ana iş

kolundan biri olan çelik alanında Borusan, yassı çelik ve çelik boru sektöründe faaliyet göstermektedir. 2000 yılında dünyadaki gelişmelere paralel olarak, yassı çelik grubu şirketleri-Borçelik, Birlik Galvaniz ve Kerim Çelik- "ortak yönetim stratejisi" ile tek yönetim altına toplanmıştır.

Şirketin "Ortak yönetim stratejisi" ile tek yönetim altına toplanması işleminde iki farklı yatırım stratejisinden hareket edilerek nihai karara ulaşılmaya çalışılmıştır. Uygulamada yer alan değerler bu karar aşamasında yapılan incelemeler sonucunda elde edilen değerlerden oluşmaktadır.

İki yatırım projesine ait ölçüt ve ölçüt olasılık değerleri tablo.2 de yer almakta olup dağılımların hesaplanmasında **12 hesaplama işleminden yalnızca 2 tanesi** detaylı olarak gösterilmiştir.

Tablo.2. İki alternatif yatırım projesine ait ölçüt ve olasılık sınırları tablosu

ÖLÇÜTLER	ÖLÇÜT DEĞERLERİ	ÖLÇÜT OLASILIK SINIRLARI		ÖLÇÜT ÖNEM AĞIRLIĞI
		YATIRIM -I	YATIRIM-II	
ÜRETİM DÜZEYİ	500	$0.10 \leq P_{11} \leq 0.60$	$0.20 \leq P_{12} \leq 0.70$	0.40
	1000	$0.30 \leq P_{21} \leq 0.70$	$0.30 \leq P_{22} \leq 0.60$	
	1500	$0.10 \leq P_{31} \leq 0.40$	$0.20 \leq P_{32} \leq 0.30$	
KAR DÜZEYİ	2500	$0.10 \leq P_{11}^I \leq 0.50$	$0.10 \leq P_{12}^I \leq 0.80$	0.60
	3000	$0.30 \leq P_{21}^I \leq 0.90$	$0.20 \leq P_{22}^I \leq 0.60$	
	3500	$0.20 \leq P_{31}^I \leq 0.70$	$0.30 \leq P_{32}^I \leq 0.60$	

Tablo.2 de yer alan 2 yatırım fırsatı ve bunlara ait değerler yer almaktadır. Bu değerlerden hareketle projeler arasında bir seçim yapmak istersek,

1.Adım:

$$T_{11} = \{0.00 - 0.10 - 0.30 - 0.40 - 0.60 - 0.70 - 1.00\}$$

$$T_{12} = \{0.00 - 0.10 - 0.20 - 0.30 - 0.50 - 0.70 - 0.90 - 1.00\}$$

$$T_{21} = \{0.00 - 0.20 - 0.30 - 0.60 - 0.70 - 1.00\}$$

$$T_{22} = \{0.00 - 0.10 - 0.20 - 0.30 - 0.60 - 0.80 - 1.00\}$$

2.Adım: V_{jt} dağılımlarının hesaplanmasında 12 hesaplamadan yalnızca 2 tanesi gösterilmiştir.

$$V_{\text{ÜD11}}(\mathbf{x}) = \left\{ \begin{array}{ll} 0.10, & 0.00 \leq \mathbf{x} \leq 0.10 \text{ ise} \\ \mathbf{x} & , 0.10 \leq \mathbf{x} \leq 0.60 \text{ ise} \\ 0.60, & 0.60 \leq \mathbf{x} \leq 1.00 \text{ ise} \end{array} \right\}$$

$$V_{\text{KD11}}(\mathbf{x}) = \left\{ \begin{array}{ll} 0.10, & 0.00 \leq \mathbf{x} \leq 0.10 \text{ ise} \\ \mathbf{x} & , 0.10 \leq \mathbf{x} \leq 0.50 \text{ ise} \\ 0.50, & 0.50 \leq \mathbf{x} \leq 1.00 \text{ ise} \end{array} \right\}$$

3.Adım: $V_j(\mathbf{x})$ fonksiyonlarının hesaplanması

$$V_{\text{ÜD1}}(\mathbf{x} = 0) = \sum_{i=1}^3 V_{\text{ÜDi1}}(\mathbf{x} = 0)$$

$$V_{\text{ÜD1}}(\mathbf{x} = 0) = V_{\text{ÜD11}}(\mathbf{x} = 0) + V_{\text{ÜD21}}(\mathbf{x} = 0) + V_{\text{ÜD31}}(\mathbf{x} = 0)$$

$$V_{\text{ÜD1}}(\mathbf{x} = 0) = 0.10 + 0.30 + 0.10$$

$$V_{\text{ÜD1}}(\mathbf{x} = 0) = 0.50$$

Aynı şekilde,

$$V_{\text{ÜD1}}(\mathbf{x} = 0.30) = 0.30 + 0.30 + 0.30 = 0.90$$

$$V_{\text{ÜD1}}(\mathbf{x} = 0.40) = 0.40 + 0.40 + 0.40 = 1.20$$

$$t_1 = 0.30$$

$$t_2 = 0.40$$

$$V_{KD1}(x = 0.30) = 0.30 + 0.30 + 0.30 = 0.90$$

$$V_{KD1}(x = 0.40) = 0.40 + 0.40 + 0.40 = 1.20$$

$$t_1 = 0.30$$

$$t_2 = 0.40$$

$$V_{\text{ÜD1}} \text{ için } \beta_{\text{ÜD1}} = 0.30 + \frac{(1-0.90)(0.10)}{0.30}$$

$$V_{KD} \text{ için } \beta_{KD1} = 0.33$$

4. Adım: Her olasılık sınırlarına ait tek bir olasılık değerinin hesaplanması,

$$P_{11} = V_{\text{ÜD1}}(0.33) = 0.33$$

$$P'_{11} = V_{KD1}(0.33) = 0.33$$

5. Adım: Beklenen değerlerin hesaplanması,

$$E_{\text{ÜD1}} = (500 + 1000 + 1500) \cdot 0.33 = 990$$

$$E_{KD1} = (2500 + 3000 + 3500) \cdot 0.33 = 2970$$

6. Adım: Ölçüt varyanslarının hesaplanması,

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ÜD1}}^2 &= (500^2 + 1000^2 + 1500^2) \cdot 0.33 - 990^2 \\ &= 174.900 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{KD1}^2 &= (2500^2 + 3000^2 + 3500^2) \cdot 0.33 - 2970^2 \\ &= 254.000 \end{aligned}$$

7. Adım: Her ölçüt için beklenti-varyans ölçütünün hesaplanması,
(A=0.70 olarak alınmıştır)

$$Q_{\text{ÜD1}} = 990 - 0.70 \cdot \sqrt{174.900} = 697.25$$

$$Q_{\text{KD1}} = 2970 - 0.70 \cdot \sqrt{254.100} = 2617.14$$

8. Adım: $D=100$ olmak kaydıyla

$$D_{\text{ÜD}} = 100 \cdot (0.40) = 40 \text{ puan}$$

$$D_{\text{KD}} = 100 \cdot (0.60) = 60 \text{ puan}$$

$$D_{\text{ÜD1}} = \left(\frac{697.25}{(697.25 + 693.36)} \right) \cdot 0.40 = 20.06$$

$$D_{\text{ÜD2}} = 40 - 20.06 = 19.94$$

$$D_{\text{KD1}} = \left(\frac{2617.14}{(2617.14 + 2617.14)} \right) \cdot 0.60 = 30$$

$$D_{\text{KD2}} = 60 - 30 = 30$$

9. Adım: $(D_{\text{ÜD1}} + D_{\text{KD1}}, D_{\text{ÜD2}} + D_{\text{KD2}})$

12 hesaplama işleminin tümünün gerçekleştirilmesi sonucunda ulaşılan sonuç karar değerleri;

Maksimum (50.06, 39.94)

olarak karşımıza çıkmaktadır.

50.06 değeri maksimum olduğundan dolayı I. Yatırım fırsatı tercih edilir.

SONUÇ

Yatırım kararlarının gelecekle ilgili olması ve en önemli boyutlarından birinin de belirsizlik olmasından dolayı, yatırım kararlarının alınmasında karar alıcının projenin geçerliliğini değerlendirirken, projeye ilişkin belirsizlikleri incelemesi ve bu belirsizlikleri risklere dönüştürmek suretiyle de bu risklerin gerçekleşme olasılığının projenin kabul edilebilirliğini ne ölçüde etkileyeceğine karar vermesi gerekmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı da, yatırım projelerinin analizinde kullanılacak bir modelin risk ve belirsizlik durumunu ele alması ve çok ölçütlü olması kaçınılmaz hale gelmektedir.

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde çok ölçütlü bir yöntem olan maksimum entropi yaklaşımının genel işleyiş adımlarının açıklanarak minimize edilmiş gerçek bir işletme problemine uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonucun uygunluğu bu yaklaşımın bu tür karar alma problemlerinin çözüme ulaştırılmasında oldukça tatmin edici bir sonuç vereceğini göstermektedir. Ancak, sonuçlardan da anlaşılacağı üzere ölçüt olasılık sınırlarının dar bir aralıkta belirlenmesi elde edilecek sonuçların çok daha hassas olmasını sağlayacaktır. Aksi takdirde sonuçların birbirlerine yakın değerler alması kaçınılmazdır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] U. Saxena, Engineering economics, investment analysis under uncertainty, University of Wisconsin-Milwaukee, Vol. 29, 1983.
- [2] P. Hhandra, Projects preparation appraisal implementation, Mc Graw-Hill Book Company, 1980.
- [3] V. Venusgopal, T.T. Narendran, An interactive procedure for multiobjective optimization using nash bargaining principle, Vol.6 pp. 261-268, 1990.
- [4] L. Krajewski, Comparative evaluation of three interactive multiobjective programming techniques as group decision support tools, Infor, Vol.84, pp.221-236, 1992.
- [5] C.L. Hwang, A.S. Masud, Multiple objective decision making methods and applications, A State of the art Survey, Springer Verlag, Berlin, 1979.
- [6] I. Arizono, Y. Cui, H. Ohta, An analysis of M/M/S queueing systems based on the maximum entropy principle, J. Oper. Res. Soc. 42 (1991) 69-73.
- [7] M.A. El-Affendi, D.D. Kouvatsos, A Maximum entropy analysis of the M/G/1 and G/M/1 queueing systems at equilibrium, Acta Inform. 19 (1987) 339-355.
- [8] D.D. Kouvatsos, Maximum entropy and the G/G/1/N queue, Acta Inform, 23 (1986) 545-565.
- [9] J.E. Shore, Derivation of equilibrium and time-dependent solutions to M/M/ ∞ /N and M/M/ ∞ queueing systems using entropy maximization, in: Proceedings, National Computer Conference, AFIPS, 1978, PP. 483-487.
- [10] H.C. Tijma, Stochastic modelling and analysis, Wiley, New York, 1986.
- [11] K.H. Wang, S.L. Shuang, W.L. Pearn, Maximum entropy analysis to the N policy M/G/1 queueing system with a removable server, Appl. Math. Model, 26 (2002) 1151-1162.-
- [12] J.S. Wu, W.C. Chan, Maximum entropy analysis of multiple-server queueing systems, J. Oper. Res. Soc. 40, (1989) 815-825.