

GEDİZ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİNDE AHP, TOPSIS, VIKOR ÇÖZÜMLERİ
VE BİR YAZILIM UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eser İPEKSAÇ

Sistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Sistem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa GÜNEŞ

TEZİN SAVUNULDUĞU AY YIL

GEDİZ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİNDE AHP, TOPSIS, VIKOR ÇÖZÜMLERİ
VE BİR YAZILIM UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Eser İPEKSAÇ
(600112008)**

Sistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Sistem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa GÜNEŞ

TEZİN SAVUNULDUĞU AY YIL

GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 600112008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **ESER İPEKSAÇ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİNDE AHP, TOPSIS, VIKOR ÇÖZÜMLERİ VE BİR YAZILIM UYGULAMASI”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Mustafa GÜNEŞ**

Gediz Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mustafa GÜNEŞ**

Yrd. Doç. Dr. Şerife DEMİROĞLU

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KUSETOĞULLARI

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi :

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince bana gösterdiği anlayıştan ve yardımlarından dolayı değerli Hocam Sayın Prof.Dr. Mustafa GÜNEŞ'e ve manevi desteğini hep yanımda hissettiğim sevgili ailem Erkan İPEKSAÇ, Yaşar İPEKSAÇ ve Yener İPEKSAÇ' a ayrıca yüksek lisans yapmam konusunda beni yüreklendiren ve bu çalışma esnasında bana fikirleriyle ve manevi olarak destek olan sevgili nişanlım Fatma Müşerref ÜNAL' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İzmir, Ağustos 2014

Eser İPEKSAÇ

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖNSÖZ..... | iv |
| İÇİNDEKİLER..... | v |
| TABLO LİSTESİ..... | vi |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | vii |
| ÖZET..... | viii |
| SUMMARY..... | ix |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİ..... | 3 |
| 3. AHP YÖNTEMİ..... | 4 |
| 4. TOPSIS YÖNTEMİ..... | 16 |
| 5. VIKOR YÖNTEMİ..... | 22 |
| 6. QUSION UYGULAMASI İLE AHP, TOPSIS ve VIKOR ÇÖZÜMLERİ | 25 |
| 6.1 Qusion Uygulaması | 26 |
| 6.2 Günümüzdeki Ülkelerin Gelişmişlik Düzeyleri Sıralaması | 36 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 45 |
| KAYNAKLAR..... | 47 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 50 |

TABLO LİSTESİ

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| Tablo 3.1 : Önem Skalası | 6 |
| Tablo 3.2 : RI Değerleri | 10 |
| Tablo 3.3 : Önem Tanımları | 11 |
| Tablo 6.1 : Veri Tablosu | 37 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Şekil 6.1 : Qusion Akış Diyagramı | 27 |
| Şekil 6.2 : Classlar Arası İletişim Modeli | 28 |
| Şekil 6.3 : Qusion Seçenek Girme Ekranı | 29 |
| Şekil 6.4 : Qusion Kriter Girme Ekranı | 29 |
| Şekil 6.5 : Qusion Kriter Özelliklendirme Ekranı | 30 |
| Şekil 6.6 : Qusion Puanlama Ekranı | 31 |
| Şekil 6.7 : Qusion Yöntem Seçim Ekranı | 32 |
| Şekil 6.8 : Qusion Uyarı Ekranı | 33 |
| Şekil 6.9 : Qusion Sonuç Ekranı | 34 |
| Şekil 6.10 : Qusion Ahp Skor Grafik Ekranı | 35 |
| Şekil 6.11 : Qusion Topsis Skor Grafik Ekranı | 35 |
| Şekil 6.12 : Qusion Vikor Skor Grafik Ekranı | 35 |
| Şekil 6.13 : Seçenek Belirleme Ekranı | 38 |
| Şekil 6.14 : Kriter Belirleme Ekranı | 38 |
| Şekil 6.15 : Kriter Düzenleme Ekranı | 39 |
| Şekil 6.16 : Skor Belirleme Ekranı | 39 |
| Şekil 6.17 : Yöntem Seçme Ekranı | 40 |
| Şekil 6.18 : Ahp Sonuç Gösterim Tablosu | 41 |
| Şekil 6.19 : Ahp Sonuç Skor Grafiği | 41 |
| Şekil 6.20 : Topsis Sonuç Gösterim Tablosu | 42 |
| Şekil 6.21 : Topsis Sonuç Skor Grafiği | 42 |
| Şekil 6.22 : Vikor Sonuç Gösterim Tablosu | 43 |
| Şekil 6.23 : Vikor Sonuç Skor Grafiği | 43 |

ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİNDE AHP, TOPSIS, VIKOR ÇÖZÜMLERİ VE BİR YAZILIM UYGULAMASI

ÖZET

Yüzyıllardan bu yana süregelen bir problem olan karar problemleri, günümüze kadar pek çok farklı yöntemle çözülmeye çalışılmıştır. Basit karar problemlerinde çözüm süresi oldukça kısa iken, seçenek ve kriter sayıları arttıkça bu problemler gittikçe daha karmaşık hale gelmiş ve bu karmaşıklığın içerisinde adil bir karar vermek çok zor hale gelmiştir. Bu problemlerin çözümü konusunda bilim insanları da ciddi uğraşlar vermiş ve sonuç olarak pek çok yöntem geliştirilmiştir.

Bu yöntemlerden bazıları AHP (Analytic Hierarchy Process), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) olup, tez çalışmamızda kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, yukarıda belirtilen üç yönteme göre, geliştirilmiş olan bilgisayar uygulaması yardımıyla belirlenen seçeneklerin belli kriterler bazında sıralamasını sağlamak ve yöntemleri karşılaştırmaktır.

Bu çalışma kapsamında yüksek lisans başvurusu yapan üç öğrencinin, ales, yds, not ortalaması, kararlılık ve sorumluluk kriterlerine göre puanlandırılması yapılmış ve bu puanlar bilgisayar uygulamasına girilerek karar problemi uygulama tarafından çözülmüş ve bir sıralama çıktısı verilmiştir. Ayrıca Avrupa, Asya, Afrika ve Amerika kıtalarının her birinden üçer adet toplam oniki adet siyasi devletin karşılaştırılması için demokrasi indeksi, işsizlik oranı, gelen turist sayısı, okur-yazar oranı ve gayrisafi milli hasıla kriterlerine göre uygulama tarafından sıralama yapılmıştır.

AHP, TOPSIS, VIKOR SOLUTIONS IN MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS AND A SOFTWARE CASE STUDY

SUMMARY

The solution problems, which continuous for centuries, have been tried solve by using various methods until present days. The solution process of basic desicion problems takes short time. However, the problems become more complicated when the number of choices and criteria increase. It becomes very difficult to make a fair desicion in such complication. The scientests are working on to solve this problems hard and as a result, they invented various solution for such problems. Some of these methods used in this thesis including de AHP (Analytic Hierarchy Process), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). The purpose of this study is, to comprare these methods by creating the arrangement of the determined options which is based on specific criterion, according to this three methods that mentioned above using the help of computer application.

The gpa of three students who applied for master program has been scored according to the average of academic staff and master exam, foreign language exam and the criteria of determination and responsibility and this scores has been entered to the computer application and solved by determination implementation end has been given an arrangment output within this study.

Also, it has been put an order by the computer application according to the criteria of democracy index, ratio of unemployment, arriving tourist number, ratio of product in order to compare twelve countries which has been chosen from Europe, Asia, Africa and America continents.

1. GİRİŞ

Çok kriterli karar analizinde; belirlenmiş ve sonuca etki düzeyleri saptanmış olan kriterlere göre seçeneklerin sıralaması veya karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu analiz, kişisel tercihlerde kullanılabileceği gibi; işletme, kurum ya da organizasyonel tercihler belirlenirken de kullanılabilir. Bu sayede seçenekler arasındaki optimal tercih belirlenerek tercih işleminin verimliliği artırılmış olup, karlılık en üst düzeye çıkarılacaktır. Örneğin; bir üniversitenin yüksek lisans eğitimi için öğrenci seçme aşamasında etkin rol oynayan kriterlere göre seçilebilecek en uygun öğrenci veya öğrenciler belirlenebilir.

Bu tez çalışmasına konu olan, günümüzdeki ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin sıralanması da bir bakıma yüksek lisans eğitimi için aday öğrencilerin sıralanması gibi düşünülebilir. Dünyanın var oluşundan bu yana insanların bir araya gelerek kurduğu siyasi yapılanmalar birbiriyle bir yarış içerisinde olmuştur. O yıllardan günümüze geçen süre içerisinde pek çok ülke yıkılarak yerine yeni devletler kurulsa da bu yarış her zaman varlığını sürdürmüştür. Çok kriterli karar analizi uygulanarak, günümüz ülkeleri için belirlenen kriterler doğrultusunda seçilen ülkelerin gelişmişlik düzeyleri karşılaştırılarak bir sıralama oluşturulabilir.

Seçilen ülkelerin sıralaması, içerisinde pek çok kriteri barındıran karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte alternatif ülkelerin mümkün olduğunca doğru şekilde sıralanması gerekmektedir. Bu yapı içerisinde üç farklı kriter çeşidi ile karşılaşılr. Bunlar:

Normal Kriter; niceliksel şekilde sayılarla ya da puanlarla ölçülebilen ve sonuçları net olan kriterlerdir. Örneğin, yüksek lisans eğitimi için seçilme aşamasında olan bir öğrenci adayının ALES puanı bu yapıya göre normal bir kriterdir.

Zarar Yönlü Kriter; yine niceliksel şekilde sayılar ya da puanlarla ölçülür ancak normal kriterden farklı olarak sayı ya da puan yükseldikçe sonuç zarar yönünde etkilenir. Sonuç ve puan arasında ters orantı mevcuttur. Örneğin, bir işletmenin insan kaynakları yönetimi tarafından seçilme aşamasında olan bir personel adayının aylık ortalama harcaması bu yapıya göre zarar yönlü bir kriterdir.

Linguistik Kriter; dilsel kriter olarak da adlandırılabilirdiği gibi bu kriter çeşidinde niteliksel olarak karşılaştırılma yapılabilmektedir. Örneğin, yüksek lisans eğitimi için seçilme aşamasında olan bir öğrenci adayının sorumluluk derecesi bu yapıya göre linguistik bir kriterdir. Sorumluluk derecesi değerleri, "Çok İyi", "İyi", "Orta", "Kötü", "Çok Kötü" gibi dilsel değişkenlerden oluşabilmektedir.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde, çok kriterli karar analizi ve bu analiz içerisinde yer alan temel kavramlar açıklanmıştır.

Bu çalışmamızın üçüncü bölümünde ise, çok kriterli karar analizi yöntemlerinden olan AHP (Analytic Hierarchy Process) yöntemi açıklanmıştır. Dördüncü bölümünde de, çok kriterli karar analizi yöntemlerinden olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi açıklanmıştır.

Bu çalışmamızın izleyen beşinci bölümünde ise, çok kriterli karar analizi yöntemlerinden olan VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi açıklanmıştır.

Bu tez çalışmasının altıncı bölümünde, AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin otomatik hesaplanması için tarafımdan geliştirilen bilgisayar yazılımı uygulaması açıklanmış ve örneklendirilmiştir.

Tez çalışmamızın sonuç bölümünde ise, tarafımdan geliştirilen bilgisayar yazılım uygulaması yardımıyla AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle ayrı ayrı çözülen örnek karar probleminin sonuç çıktıları gözden geçirilerek bu üç yöntemin karşılaştırılması sağlanmıştır.

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİ

Ekonomik, endüstriyel, finansal karar problemlerinin birçoğu çok kriterlidir. Bu tür problemlerde alternatiflerin arasından en uygun seçimi yapmak oldukça zor ve karmaşık bir işlemdir. Son yıllarda bu tür problemleri çözmek amacıyla farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu çözüm yöntemlerini “Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemleri” başlığı altında toplayabiliriz.¹

Çok Kriterli Karar Analizi, çoklu ve genellikle birbiriyle uyuşmayan kriterlerin olduğu durumda, bir probleme çözüm getirecek karar verme sürecini tanımlar. Günlük hayatta Çok Kriterli Karar Analizi problemleriyle çok geniş bir alanda karşılaşmaktadır. Kişisel kararlardan işletmelerin verdikleri stratejik ve kritik kararlara kadar çeşitlilik göstermektedir.

Çok Kriterli Karar Analizi, çok sayıda kriter ile alternatifi bir araya getirerek eş zamanlı olarak çözebilen bir yapıya sahiptir. Bu, gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin karmaşık yapısında doğru karar vermeyi sağlayan önemli bir avantajdır. Bu nedenle, birçok alanda uygulama imkanı sağlayan yöntemler içermektedir. Çok kriterli karar analizi yöntemlerinden özellikle AHP, TOPSIS ve VIKOR karar problemlerinin çözümünde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.²

¹ Ballı S, Karasulu B, Korukoğlu S, (2007); “En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık Promethee Yöntemi Uygulaması”. D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt: 22 Sayı: 1, Yıl: 2007, ss: 139-147

² Baysal G, Tecim V, (2006); “Katı Atık Depolama Sahası Uygunluk Analizin Coğrafi Bilgi Sistemleri (cbs) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleri ile Uygulaması”, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 13 – 16 Eylül 2006 / Fatih Üniversitesi / İstanbul-Türkiye

3. AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS) YÖNTEMİ

AHP³ öncelikle Myers ve Alpert (1968) tarafından ortaya atılmış ve Saaty (1977) tarafından geliştirilerek karar verme problemleri üzerinde uygulanmıştır.⁴ AHP yöntemi temel olarak nitel veya nicel farketmeksizin karara etki edecek olan kriterlerin birbirlerine olan üstünlüklerini hesaplayarak sonrasında her bir kriter bazında seçeneklerin birbirlerine olan üstünlüklerinin hesaplanmasını ve bu doğrultuda seçeneklerin matematiksel olarak sıralanmasını sağlar. Kriter ve seçeneklerin birbirlerine karşı olan üstünlükleri hesaplanırken, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak birbir karşılaştırmalar şeklinde matrisler oluşturulur. Sonuç olarak hesaplanan skor değerleri, seçeneklerin sıfır ve bir arasında değişen puanlarını simgelemektedir. Bu puanlara göre karar sıralaması şekillendirilir.

Dağdeviren (2004), çalışmasında⁵ AHP ile ilgili olarak “AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir.” cümlesini kurmuştur.

Yaralıoğlu (2010), bir karar verme probleminin AHP ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken aşamaları ve aşamalar ile bağlantılı olarak formül ve tabloları aşağıdaki gibi tanımlamıştır.⁶ Her bir aşamada, formülasyon ile birlikte ilgili açıklamalar yapılmıştır.

1. Aşama : Karar Problemi Tanımlanır

Karar probleminin tanımlanması, iki basamaktan oluşur. İlk basamakta seçenekler belirlenir. Yani sıralaması yapılacak olan alternatifler veya aday tercihler oluşturulur. İkinci basamakta ise bu aday tercihleri yani seçenekleri etkileyecek olan kriterler belirlenir. Bu çalışmada seçeneklerin sayısı m , kriterlerin sayısı ise n ile sembolize edilmiştir. Özellikle nihai tercihi etkileyecek kriterlerin sayısının doğru belirlenmesi, ikili karşılaştırmaların tutarlı ve mantıklı yapılabilmesi açısından önemlidir.

³ Saaty, L.T. (1994); Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh.

⁴ Yaralıoğlu, K. (2001); “Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Proses”. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2001; 16(1):129-142

⁵ Dağdeviren, M., Akay, D., Kurt, M. (2004); “İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması”. Gazi Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi 19 (2), 131-138

⁶ Yaralıoğlu K. (2010); Karar Verme Yöntemleri, Detay Yayıncılık 2010; 42-53

2. Aşama : Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisi Oluşturulur

Kriterler arası karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutunda bir kare matristir. Her bir kriterin kendilerine karşı üstün veya zayıf yönü olmayacağından dolayı bu matrisin köşegeni üzerindeki yani kriterlerin kendileriyle karşılaştırıldığı bölümlerdeki matris bileşenleri 1 değerini alır. Karşılaştırma matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Kriterlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılıır. Bu yüzden bu karşılaştırmalar sonucunda oluşan matrise ikili karşılaştırma matrisi adı verilir. Kriterlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında **Tablo 3.1** deki önem skalası kullanılır.

Örnek olarak birinci kriter üçüncü kritere göre karşılaştırmayı yapan tarafından daha önemli görünüyorsa, bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni ($i = 1, j = 3$), 3 değerini alacaktır. Aksi durumda, yani birinci kriterin üçüncü kriterle karşılaştırılmasında, daha önemli tercihi üçüncü kriterden yana kullanılacaksa bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni $1/3$ değerini alacaktır. Aynı karşılaştırmada, birinci kriterle üçüncü kriterin karşılaştırılmasında, kriterler eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda bileşen 1 değerini alacaktır.

Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılıır. Köşegenin altında kalan bileşenler için ise doğal olarak **(3.11)** formülünü kullanmak yeterli olacaktır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (3.11)$$

Yukarıda verilen örnek dikkate alınır, karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni ($i = 1, j = 3$) 3 değerini alıyorsa, karşılaştırma matrisinin üçüncü satır birinci sütun bileşeni ($i=3, j=1$), (3.11) formülünden $1/3$ değerini alacaktır.

| Önem Değerleri | Değer Tanımları |
|----------------|---|
| 1 | Her iki kriterin eşit öneme sahip olması durumu |
| 3 | 1. Kriterin 2. kriterden daha önemli olması durumu |
| 5 | 1. Kriterin 2. kriterden çok önemli olması durumu |
| 7 | 1. Kriterin 2. kriterden çok güçlü bir öneme sahip olması durumu |
| 9 | 1. Kriterin 2. kriterden mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu |
| 2,4,6,8 | Ara değerler |

Tablo 3.1 Önem Skalası

3. Aşama : Kriterlerin Ağırlıkları Belirlenir ⁷

Karşılaştırma matrisi, kriterlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde gösterir. Ancak bu kriterlerin birbirlerine göre ağırlıklarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır. **n adet** ve **n bileşenli** B sütun vektörü oluşturulur.

Aşağıda bu vektör gösterilmiştir:

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

B sütun vektörlerinin hesaplanmasında (3.12) formülünden yararlanılır.

⁷ Diakoulaki D., Mavrotas G. ve Papayannakis, L. (1995); "Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The Critic Method" Computers & Operations Research, 22:763-770. IN

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.12)$$

Örnek olarak değerlendirme kriterlerinin birbirleriyle karşılaştırılmalarını gösteren A karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi tanımlanmışsa ve B_1 vektörü hesaplanmak isteniyorsa,

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 5 \\ 3 & 1 & 4 \\ 1/5 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

bu durumda B_1 vektörünün b_{11} elemanı, $b_{11} = \frac{1}{1+3+0,2}$ olarak hesaplanacaktır.

Benzer şekilde B_1 vektörünün diğer elemanları hesaplandığında, vektör aşağıdaki gibi elde edilebilir ve sütun vektörünün bileşenleri toplandığında toplamın 1 olduğu görülebilir.

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0,238 \\ 0,714 \\ 0,048 \end{bmatrix}$$

Yukarıda anlatılan adımlar diğer kriterler içinde tekrarlandığında kriter sayısı kadar B sütun vektörü elde edilecektir. n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde yani tüm sütun vektörleri yanyana eklenerek bir matris oluştuğunda ise aşağıda gösterilen C matrisi oluşturulacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki örnek göz önüne alındığında C matrisi aşağıdaki gibi oluşur.

$$C = \begin{bmatrix} 0,238 & 0,210 & 0,500 \\ 0,714 & 0,632 & 0,400 \\ 0,048 & 0,158 & 0,100 \end{bmatrix}$$

C matrisinden yararlanarak, kriterlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren ağırlıkları elde edilebilir. Bunun için **(3.13)** formülünde gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3.13)$$

W vektörü aşağıda gösterilmiştir.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki örnek çözüldüğünde, öncelik vektörünün elemanları aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Bu durumda her üç kriter birlikte değerlendirildiğinde yaklaşık değerlerle, birinci kriter % 32, ikinci kriter % 58 ve üçüncü kriter % 10 öneme sahip olacaktır.

$$W = \begin{bmatrix} \frac{0,238 + 0,210 + 0,500}{3} \\ \frac{0,714 + 0,632 + 0,400}{3} \\ \frac{0,048 + 0,1580 + 0,100}{3} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 0,32 \\ 0,58 \\ 0,10 \end{bmatrix}$$

4. Aşama : Kriter Kıyaslamalarındaki Tutarlılık Ölçülür

AHP yönteminde karar vericinin kriterler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarsızlıklar sonucun güvenilirliğini düşüreceğinden yöntem içerisinde tutarlılığın kontrol edilmesi ihtiyacı doğmaktadır. AHP, Tutarlılık Oranı (CR), kriter sayısı ile Temel Değerin (λ) karşılaştırılmasıyla hesaplanmaktadır. λ ' nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{matrix} \left[\begin{matrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{matrix} \right] \\ x \end{matrix}$$

(3.14) formülünde tanımlandığı gibi, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir kritere ilişkin temel değer (E) sütun vektörü elde edilmektedir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ((3.15) formülü) ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) verir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3.14)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3.15)$$

λ hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), (3.16) formülünden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (3.16)$$

Son aşamada ise CI , Random Gösterge (RI) olarak adlandırılan ve **Tablo 3.2'** de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek ((3.17) formülü) CR elde edilir. **Tablo 3.2'** den kriter sayısına karşılık gelen değer seçilir. Örnek olarak 3 kriterli bir karşılaştırmada kullanılacak RI değeri **Tablo 3.2'** den 0.58 olacaktır. Kriter sayısının 4 e çıkması durumunda bu kez RI değeri olarak 0.90 kullanılmalıdır.

| N | RI | N | RI |
|---|------|----|------|
| 1 | 0 | 8 | 1,41 |
| 2 | 0 | 9 | 1,45 |
| 3 | 0,58 | 10 | 1,49 |
| 4 | 0,90 | 11 | 1,51 |
| 5 | 1,12 | 12 | 1,48 |
| 6 | 1,24 | 13 | 1,56 |

Tablo 3.2 RI Değerleri

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.17)$$

Sonuç olarak hesaplanan CR değerinin 0.1'dan küçük çıkması durumunda karar vericinin yaptığı karşılaştırmalar tutarlıdır denebilir. CR değerinin 0.1'dan büyük çıkması ya AHP' deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir.

5. Aşama : Her Bir Kriter İçin, m Adet Seçeneğin Yüzde Önem Dağılımları Bulunur

Bu aşamada her bir kriter açısından tüm seçeneklerin yüzde önem dağılımları belirlenir. Diğer bir deyişle birebir karşılaştırmalar ve matris işlemleri, kriter sayısı kadar yani n defa tekrarlanır. Ancak bu kez her bir kriter için seçeneklerde kullanılacak G karşılaştırma matrislerinin boyutu $m \times m$ olacaktır. Bu aşamada karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra her bir matris elemanı içinde yer aldığı sütun toplam değerine bölünerek optimize edilir. Sonrasında optimize edilen değerlerin satırsal bazda aritmetik ortalamaları alınarak ilgili kriterin S sütun vektörü oluşturulur. Bu işlemlerden sonra $m \times 1$ boyutlu ve değerlendirilen kriterin seçeneklere göre yüzde dağılımlarını gösteren S sütun vektörleri elde edilir. Yani her bir kriter için bir adet sütun vektörü ve bu sütun vektöründe satır sayısı seçenek sayısı kadar oluşacaktır. Bu sütun vektörleri aşağıda tanımlanmıştır:

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix}$$

6. Aşama : Seçeneklerdeki Sonuç Dağılımının Bulunması

Bu aşamada öncelikle, yukarıda anlatılan n tane $m \times 1$ boyutlu S sütun vektörü yanyana eklenerek $m \times n$ boyutlu K karar matrisi oluşturulur. Bu matriste sütunlar kriterleri, satırlar ise seçenekleri sembolize eder. K karar matrisi aşağıda tanımlanmıştır:

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix}$$

K karar matrisi W sütun vektörü (öncelik vektörü) ile aşağıdaki gibi çarpıldığında m elemanlı L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü seçeneklerin yüzde dağılımını yani skor değerlerini verir. Diğer bir deyişle vektörün elemanlarının toplamı 1'dir. Bu dağılım aynı zamanda seçeneklerin önem sırasını da gösterir.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix}$$

Örnek⁸

Bir çoklu karar probleminde 3 seçenek ve 4 kriter bulunmaktadır. Karar verici karar matrisini aşağıdaki gibi oluşturmuş ve kriter ağırlıklarını $w_1 = 0,20$, $w_2 = 0,15$, $w_3 = 0,40$ ve $w_4 = 0,25$ şeklinde belirlemiştir.

$$A = \begin{bmatrix} 25 & 20 & 15 & 30 \\ 10 & 30 & 20 & 30 \\ 30 & 10 & 30 & 10 \end{bmatrix}$$

Tablo 3.3 Önem Tanımları

⁸ Yaralıoğlu K. (2010); Karar Verme Yöntemleri, Detay Yayıncılık 2010; 50-53

Karar verici, AHP yöntemini kullanarak seçeneklerin önem sırasını nasıl oluşturacaktır?

Bu örnekte kriterlere ilişkin ağırlıklar veri olarak verildiğinden AHP yönteminin yukarıda tanımlanan ilk dört aşaması atlanmıştır. Diğer bir deyişle W öncelik vektörü (kriterlere ilişkin ağırlıklar vektörü),

$$W = \begin{bmatrix} 0,20 \\ 0,15 \\ 0,40 \\ 0,25 \end{bmatrix}$$

olarak kabul edilmiştir. Daha sonra her bir kriter için, seçeneklerin önem dağılımları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda **Tablo 3.3**' deki önem tanımları kullanılmıştır.

1. Kriter için seçeneklerin önem dağılımı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

| | A_1 | A_2 | A_3 |
|-------|-------|-------|-------|
| A_1 | 1 | 4 | 1/2 |
| A_2 | 1/4 | 1 | 1/5 |
| A_3 | 2 | 5 | 1 |
| | 3,25 | 10 | 1,7 |

Burada seçeneklerin kıyaslamalarında örnekte verilen A matrisinin 1. sütunu kullanılmıştır. Köşegen üzerindeki 1 değerleri aynı seçenekleri göstermektedir. **Tablo 3.3**' deki önem tanımları örneğe uyarlanırken, A matrisinin sütun değerlerindeki her on farkın tablodaki tek sayılara, her beş farkın çift sayılara karşılık geldiği kabulü yapılmıştır. A matrisinin 1. sütunundaki 25 A_1 seçeneğinin, 10 A_2 seçeneğinin, 30 ise A_3 seçeneğinin değerini göstermektedir. Bu durumda A_1 ve A_2 1. Kriter için kıyaslandığında **Tablo 3.3**' e göre A_1 , A_2 ' den 4 kat kadar daha önemli olacaktır. Benzer mantıkla yukarıdaki karşılaştırma matrisinin diğer hücreleri doldurulmuştur. Sonrasında ise karşılaştırma matrisinin sütun toplam değerleri elde edilmiştir.

1. Kriter açısından seçeneklerin önem dağılımları için S_1 sütun vektörü hesaplanmıştır. Bunun için öncelikle karşılaştırma matrisinin sütunlarındaki sütun toplamlarına bölünmüş, satır toplamları bulunmuş ve bu değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak S_1 sütun vektörünün elemanları elde edilmiştir. Hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

$$0,3077 + 0,4 + 0,2941 = 1,0018 \Rightarrow 1,0018/3 = 0,33$$

$$0,0769 + 0,1 + 0,1177 = 0,2946 \Rightarrow 0,2946/3 = 0,10$$

$$0,6154 + 0,5 + 0,5882 = 1,7036 \Rightarrow 1,7036/3 = 0,57$$

$$S_1 = \begin{bmatrix} 0,33 \\ 0,10 \\ 0,57 \end{bmatrix}$$

Bu vektörden 1. Kriter açısından A_1 seçeneğinin % 33, A_2 seçeneğinin % 10 , A_3 seçeneğinin ise % 57 öneme sahip olduğu söylenebilir.

Benzer şekilde, diğer kriterler için seçeneklerin önem dağılımları aşağıda hesaplanmıştır.

2. Kriter için seçeneklerin önem dağılımı:

| | A_1 | A_2 | A_3 |
|-------|-------|-------|-------|
| A_1 | 1 | 1/3 | 3 |
| A_2 | 3 | 1 | 5 |
| A_3 | 1/3 | 1/5 | 1 |
| | 4,33 | 1,53 | 9 |

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|---|--------|----|------|
| 0,2309 | 0,2157 | 0,3333 | = | 0,7799 | => | 0,26 |
| 0,6929 | 0,6536 | 0,5556 | = | 1,9021 | => | 0,63 |
| 0,0762 | 0,1307 | 0,1111 | = | 0,3180 | => | 0,11 |

$$S_2 = \begin{bmatrix} 0,26 \\ 0,63 \\ 0,11 \end{bmatrix}$$

3. Kriter için seçeneklerin önem dağılımı:

| | A_1 | A_2 | A_3 |
|-------|-------|---------------|---------------|
| A_1 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ |
| A_2 | 2 | 1 | $\frac{1}{3}$ |
| A_3 | 4 | 3 | 1 |
| | 7 | 4,5 | 1,58 |

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|---|--------|---|------|
| 0,1429 | 0,1111 | 0,1582 | = | 0,4122 | ⇒ | 0,14 |
| 0,2857 | 0,2222 | 0,2089 | = | 0,7168 | ⇒ | 0,24 |
| 0,5714 | 0,6667 | 0,6329 | = | 1,8710 | ⇒ | 0,62 |

$$S_3 = \begin{bmatrix} 0,14 \\ 0,24 \\ 0,62 \end{bmatrix}$$

4. Kriter için seçeneklerin önem dağılımı:

| | A_1 | A_2 | A_3 |
|-------|---------------|---------------|-------|
| A_1 | 1 | 1 | 5 |
| A_2 | 1 | 1 | 5 |
| A_3 | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{5}$ | 1 |
| | 2,2 | 2,2 | 11 |

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|---|--------|---|------|
| 0,4546 | 0,4546 | 0,4546 | = | 1,3638 | ⇒ | 0,46 |
| 0,4546 | 0,4546 | 0,4546 | = | 1,3638 | ⇒ | 0,46 |
| 0,0908 | 0,0908 | 0,0908 | = | 0,2724 | ⇒ | 0,08 |

$$S_4 = \begin{bmatrix} 0,46 \\ 0,46 \\ 0,08 \end{bmatrix}$$

Daha sonra yukarıda bulunan S sütun vektörleri matris formatında bir araya getirilmiş ve W vektörü ile çarpılmıştır.

$$\begin{bmatrix} 0,33 & 0,26 & 0,14 & 0,46 \\ 0,10 & 0,63 & 0,24 & 0,46 \\ 0,57 & 0,11 & 0,62 & 0,08 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,20 \\ 0,15 \\ 0,40 \\ 0,25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,28 \\ 0,32 \\ 0,40 \end{bmatrix}$$

Elde edilen sütun vektöründeki 0,28 1. Seçeneğin (A_1) önem seviyesini, 0,32 2. Seçeneğin (A_2) önem seviyesini, 0,40 ise 3. Seçeneğin (A_3) önem seviyesini göstermektedir. Diğer bir deyişle, seçeneklerin önem dizilimi A_3 , A_2 ve A_1 şeklinde olacaktır.

4. TOPSIS (TECHNIQUE FOR ORDER PREFERENCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION) YÖNTEMİ

TOPSIS⁹ (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yoon ve Hwang tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir. Yoon ve Hwang TOPSIS yöntemini, alternatif çözüm noktasının pozitif ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif ideal çözüme en uzak mesafede olacağı varsayımına göre oluşturmuşlardır. Seçeneklerin yani aday tercihlerin ideal çözüme yakınlığına göre skor değerleri oluşturularak sıralama yapılır. TOPSIS yöntemi 6 aşamadan oluşur. İlk iki aşama ELECTRE yöntemi ile aynıdır. Fakat sonraki aşamalar ELECTRE yönteminden daha kısa zamanda karar problemini çözüme ulaştırmayı amaçlar.

Eleren ve Karagül (2008), çalışmalarında¹⁰ TOPSIS ile ilgili olarak “TOPSIS yönteminde, alternatif seçeneklerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal çözüme uzaklıkları değerlendirilerek sıralanması mümkündür.” cümlesini kurmuşlardır.

Yaralıoğlu (2010), bir karar verme probleminin TOPSIS ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken aşamaları ve aşamalar ile bağlantılı olarak formül ve tabloları aşağıdaki gibi tanımlamıştır.¹¹ Her bir aşamada, formülasyon ile birlikte ilgili açıklamalar yapılmıştır.

1. Aşama : Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında, aralarında sıralama oluşturulması amaçlanan seçenekler, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak kriterler yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan seçeneklerin kriterlere göre puanlandığı matristir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} matrisinde m seçenek sayısını, n kriter sayısını verir.

⁹ Shih H., Shyr H., Lee S. (2006); “An extension of TOPSIS for group decision making” Mathematical and Computer Modelling , 45(2007):801-813.

¹⁰ Eleren A., Karagül M. (2008); “1986-2006 Türkiye Ekonomisinin Performans Değerlendirmesi”. Yönetim ve Ekonomi, 2008; 15(1):1-14

¹¹ Yaralıoğlu K. (2010); Karar Verme Yöntemleri, Detay Yayıncılık 2010; 23-28

2. Aşama : Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanılarak ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır. Bu hesaplamalar sonucunda karar matrisi normalize edilerek tüm kriterler bazında seçenek puanları 0 ile 1 arasına çekilerek R matrisi oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (4.11)$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

3. Aşama : Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Öncelikle kriterlere ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir. Kriter ağırlık değerleri 0 ile 1 arasında olmalı ve tüm ağırlık değerleri toplamı 1 e eşit olmalıdır.

$$\left(\sum_{i=1}^n w_i = 1\right).$$

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki puanlar, ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

4. Aşama : Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

Pozitif ideal çözüm setlerinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış kriterlerin, yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili kriter zarar yönlü ise en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (4.12)$$

(4.12) formülünden hesaplanacak set $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış kriterlerin, yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili kriter zarar yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (4.13)$$

(4.13) formülünden hesaplanacak set $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Her iki formülde de J fayda, J' ise zarar değerini göstermektedir.

Gerek pozitif ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, kriter sayısı, yani m elemandan oluşmaktadır.

5. Aşama : Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde her bir seçeneğe ilişkin kriter değerinin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen seçeneklere ilişkin sapma

değerleri ise Pozitif İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. Pozitif ideal ayırım (S_i^*) ölçüsünün hesaplanması (4.14) formülünde, negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması ise (4.15) formülünde gösterilmiştir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (4.14)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (4.15)$$

Burada hesaplanacak S_i^* ve S_i^- sayısı seçenek sayısı kadar olacaktır.

6. Aşama : İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir seçeneğin ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında pozitif ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (4.16)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

Tüm seçenekler için bu aşamalar uygulandığında tatmin edici sonuçlara ulaşmak mümkündür. Sonuç olarak elde edilen skor değerleri seçenekler arasındaki farklılığı ve sıralamayı göstermektedir.¹²

¹² Deng, H., Yeh, C.H., Willis, R.J. (2000); "Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS with Objective Weights". Computers & Operations Research 27:963-973

Örnek¹³

Bir çoklu karar probleminde 3 seçenek ve 4 kriter bulunmaktadır. Karar verici karar matrisini aşağıdaki gibi oluşturmuş ve kriterlere ilişkin ağırlıkları ise $w_1 = 0,20$, $w_2 = 0,15$, $w_3 = 0,40$ ve $w_4 = 0,25$ şeklinde belirlemiştir.

$$A = \begin{bmatrix} 25 & 20 & 15 & 30 \\ 10 & 30 & 20 & 30 \\ 30 & 10 & 30 & 10 \end{bmatrix}$$

Karar verici, seçenek önem sırasını nasıl oluşturacaktır?

Öncelikle, (4.11) formülü yardımıyla (3x4) boyutlu Standart karar matrisi (R) oluşturulmuştur. Burada r_{11} değeri,

$$r_{11} = \frac{25}{\sqrt{25^2 + 10^2 + 30^2}} = 0,6202$$

olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde diğer r_{ij} değerleri hesaplanarak aşağıda gösterilen R matrisi tamamlanmıştır.

$$R = \begin{bmatrix} 0,6202 & 0,5345 & 0,3841 & 0,6883 \\ 0,2481 & 0,8018 & 0,5122 & 0,6883 \\ 0,7442 & 0,2673 & 0,7682 & 0,2294 \end{bmatrix}$$

2. adımda Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (V) oluşturulmuştur. Bunun için R matrisinin sütunlarındaki değerler ilgili kriterlerin ağırlık değerleri ile çarpılmış ve V matrisinin sütunları hesaplanmıştır.

$$V = \begin{bmatrix} 0,1241 & 0,0802 & 0,1537 & 0,1721 \\ 0,0496 & 0,1203 & 0,2049 & 0,1721 \\ 0,1489 & 0,0401 & 0,3073 & 0,0574 \end{bmatrix}$$

3. adımda pozitif ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözüm setleri oluşturulmuştur. A^* seti için V matrisinin her bir sütunundaki en büyük değer, A^- seti için V matrisinin her bir sütunundaki en küçük değer seçilmiş ve setler aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$A^* = \left\{ \max_i v_{i1}, \max_i v_{i2}, \max_i v_{i3}, \max_i v_{i4} \right\}$$

$$A^* = \{0,1489; 0,1203; 0,3073; 0,1721\}$$

¹³ Yaralıoğlu K. (2010); Karar Verme Yöntemleri, Detay Yayıncılık 2010; 26-28

$$A^- = \left\{ \min_i v_{i1}; \min_i v_{i2}; \min_i v_{i3}; \min_i v_{i4} \right\}$$

$$A^- = \{0,0496; 0,0401; 0,1537; 0,0574\}$$

4. adımda **(4.14)** formülünden her bir seçenek için pozitif ideal ayırım ölçüleri $S_1^* = 0,1606$, $S_2^* = 0,1428$ ve $S_3^* = 0,1400$ olarak elde edilmiştir.

(4.15) formülünden ise negatif ideal ayırım ölçüleri, $S_1^- = 0,1428$, $S_2^- = 0,1490$ ve $S_3^- = 0,1830$ olarak hesaplanmıştır.

5. adımda ise **(4.16)** formülünden üç seçenek için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri,

$$C_1^* = \frac{0,1428}{0,1606 + 0,1428} = 0,4707$$

$$C_2^* = \frac{0,1490}{0,1428 + 0,1490} = 0,5106$$

$$C_3^* = \frac{0,1830}{0,1400 + 0,1830} = 0,5666$$

bulunmuştur. Bu değerler büyüklük sırasına sokulduğunda seçeneklerin önem sırasının A_3 , A_2 ve A_1 şeklinde olduğu görülebilir.

5. VIKOR (VISE KRITERIJUMSKA OPTIMIZACIJA I KOMPROMISNO RESENJE) YÖNTEMİ

VIKOR¹⁴ Yöntemi (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), birbiriyle çelişen kriterlerin varlığında, karar vericinin nihai bir çözüme ulaşmasına yardımcı olmak amacıyla, alternatifleri sıralamaya ve bir alternatifler kümesinden uzlaşık çözüm bulmaya yarayan etkin bir yöntemdir. (Kaya, Çetin ve Kuruüzüm (2011))¹⁵

İlk olarak Yu (1973)¹⁶ ve Zeleny (1982)¹⁷ tarafından oluşturulan uzlaşık çözüm, birbiriyle çelişen kriterlerin yani pek çok kriter çeşidinden kriterin yer aldığı bir karar verme probleminde ortak bir konsensüs ile anlaşmaya varmak anlamına gelmekte ve ideale en yakın uygun çözümü vermektedir.

Çok kriterli karar analizi literatüründeki birden fazla karar vericinin bulunduğu karar problemleri çözümü yani uzlaşık çözüm tekniklerinden biri olan VIKOR yöntemi Opricovic (1998)¹⁸ tarafından önerilmiştir. Çok kriterli karar analizi literatüründe ilk kez Opricovic ve Tzeng'in (2004) çalışmasında¹⁹ kullanılmıştır.

VIKOR yönteminde, elde edilen seçeneklerin skor değerleri için 1 e en yakın olan seçenek AHP ve TOPSIS yöntemlerinden farklı olarak en uygun seçenek değil tam tersine aday tercihler arası sıralamada en son sıradaki seçenektir. Bu yöntemde sonuç olarak hesaplanan skor değerleri arasından en düşük skor değerine sahip olan seçenek optimal tercih olarak belirlenir.

Yaralıoğlu (2010), VIKOR yönteminin TOPSIS yönteminden farkını belirtmek için, "VIKOR yöntemi, referans noktası olarak belirlenmiş karar noktasına uzaklıklarının göreceli önemlerini dikkate almasıyla TOPSIS yönteminden ayrılır." cümlesini kurmuştur.²⁰

VIKOR yöntemi 5 aşamadan oluşur. Yöntemin algoritması²¹ ve her bir aşamayla bağlantılı olarak formülleri²² aşağıdaki gibidir.

¹⁴ Çakır, S., Perçin, S. (2013); "Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü" Ege Akademik Bakış, Cilt :13, Sayı : 4, 449-459.

¹⁵ Kaya, P., Çetin, E., Kuruüzüm, A. (2011); "Çok Kriterli Karar Verme İle Avrupa Birliği Ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi". İstanbul Üniversitesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi , 2011; 13:80-94

¹⁶ Yu, P.L. (1973); "A Class of Solutions for Group Decision Problems" Management Science 19(8):936-946.

¹⁷ Zeleny, M.(1982); Multiple Criteria Decision Making, New York,Mc Graw-Hill.

¹⁸ Opricovic, S. (1998); Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems, Belgrade, Faculty of Civil Engineering.

¹⁹ Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2004); "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS" European Journal of Operational Research, 156(2):445-455.

²⁰ Yaralıoğlu K. (2010); Karar Verme Yöntemleri, Detay Yayıncılık 2010; 37

²¹ Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2007); "Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods" European Journal of Operational Research, 178:514-529.

²² Çakır, S., Perçin, S. (2013); "Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü" Ege Akademik Bakış, Cilt :13, Sayı : 4, 449-459.

1. Aşama : Kriterlerin En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) Değerlerinin Hesaplanması

$$f_i^* = \max_j f_{ij}, f_i^- = \min_j f_{ij} \quad i = 1, \dots, n \text{ normal kriter} \quad (5.11)$$

$$f_i^* = \min_j f_{ij}, f_i^- = \max_j f_{ij} \quad i = 1, \dots, n \text{ zarar yönlü kriter} \quad (5.12)$$

2. Aşama : S_j ve R_j ($j=1, \dots, J$) Değerlerinin Hesaplanması

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (5.13)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (5.14)$$

(5.13) formülünde yer alan w_i sütun vektörü karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin önem ağırlıklarını ifade etmektedir.

3. Aşama : Q_j ($j=1, \dots, J$) Değerlerinin Hesaplanması

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (5.15)$$

(5.15) formülünde yer alan $S^* = \min_j S_j$, $S^- = \max_j S_j$; $R^* = \min_j R_j$, $R^- = \max_j R_j$ ifade etmektedir.

Aynı denklemdeki v ise maksimum grup faydasını verecek stratejiye verilen ağırlığı ifade ederken, $(1 - v)$ değeri de bireysel pişmanlığın ağırlığını göstermektedir. Yani v değeri karar verici grubunun oy birliğiyle mi yoksa oy çoğunluğuyla mı kararını verdiğini sembolize eder. Uygulamada genellikle ($v = 0,5$) olarak yani oy birliği tercih edilmektedir.

4. Aşama : Uzlaşık Çözüm için Seçeneklerin Sıralanması

S_j , R_j ve Q_j değerlerinin azalan şekilde sıralanmasıyla seçenekler için üç ayrı sıralama elde edilir. VIKOR yönteminde seçeneklerin önem sıralaması için Q_j değerleri esas alınmaktadır. En küçük Q_j değerine sahip seçenek en iyi seçenek olarak kabul edilir.

5. Aşama : Uzlaşık Çözümün (En İyi Seçeneğin) Bulunması

Minimum Q_j değerine sahip alternatif, eğer aşağıdaki iki koşulu sağlıyorsa uzlaşık çözüm olarak önerilir.

Koşul 1 (C1): Kabul edilebilir avantaj

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ \quad (5.16)$$

$$DQ = (1/J-1) \quad (5.17)$$

(5.16) ve (5.17) formüllerindeki notasyonda yer alan A_2 , en küçük ikinci Q değerine sahip olan seçeneği, J ise seçenek sayısını göstermektedir.

Koşul 2 (C2): Karar vermede kabul edilebilir istikrar

Önerilen uzlaşık çözüm (A_1) S ve/veya R değerlerine göre yapılan sıralamalardan en az birinde en iyi değere sahip olmalıdır.

Yukarıda açıklanan iki koşuldan birinin sağlanamaması halinde aşağıda belirtilen uzlaşık çözüm seti önerilmektedir.

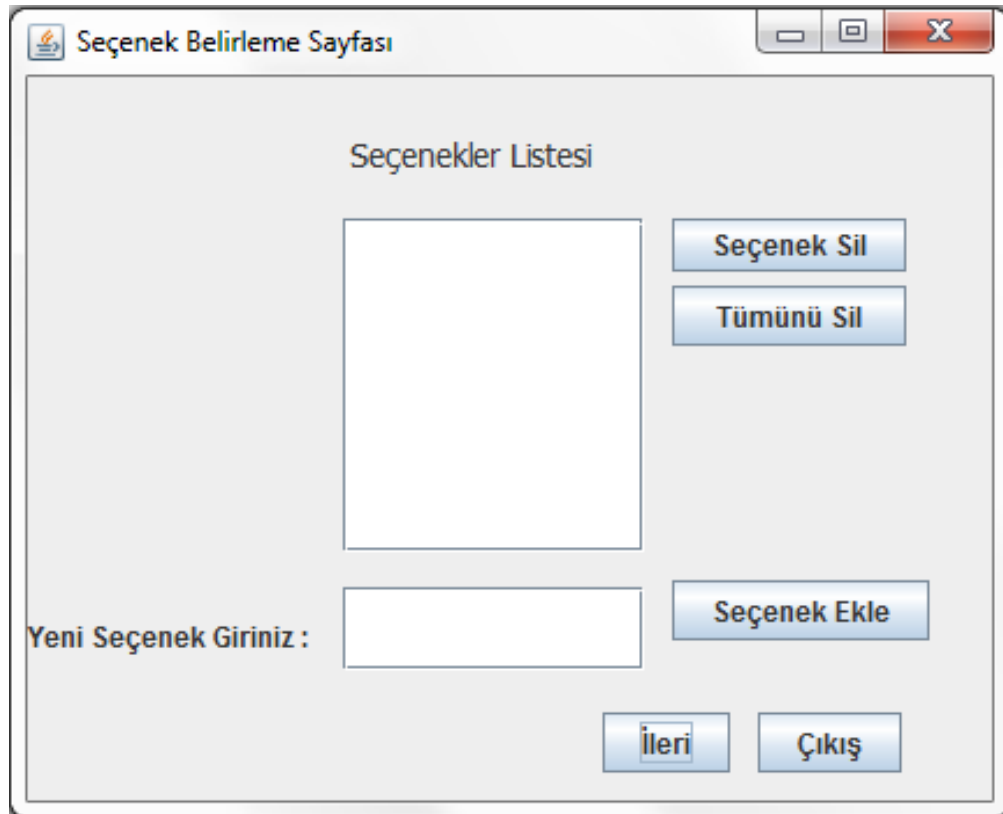
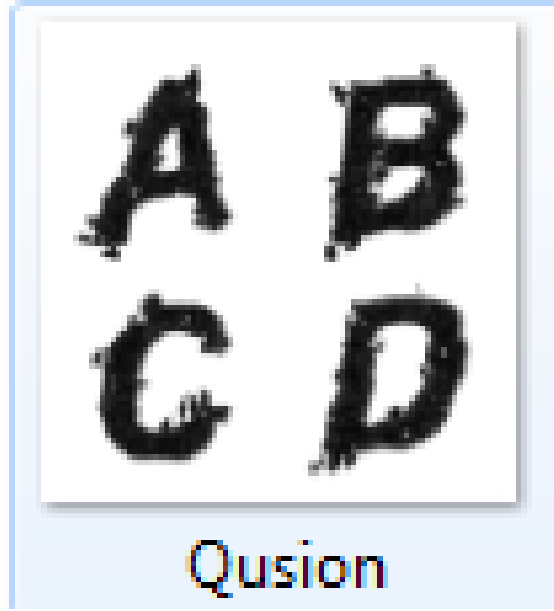
- Koşul 2 (C2) sağlanamazsa A_1 ve A_2 seçenekleri
- Koşul 1 (C1) sağlanamazsa A_1, A_2, \dots, A_M seçenekleri

A_M seçeneği maksimum M için aşağıdaki ilişkinin sağlanması sonucu elde edilir.

$$Q(A_M) - Q(A_1) < DQ \quad (5.18)$$

(5.18) formülünde seçeneklerin pozisyonu “yakınlık” kriterine göredir. Q değerlerine göre yapılan uzlaşık sıralamaya göre en iyi seçenek, minimum Q değerine sahip seçeneklerden biridir.

6. QUSION UYGULAMASI İLE AHP, TOPSIS VE VIKOR ÇÖZÜMLERİ



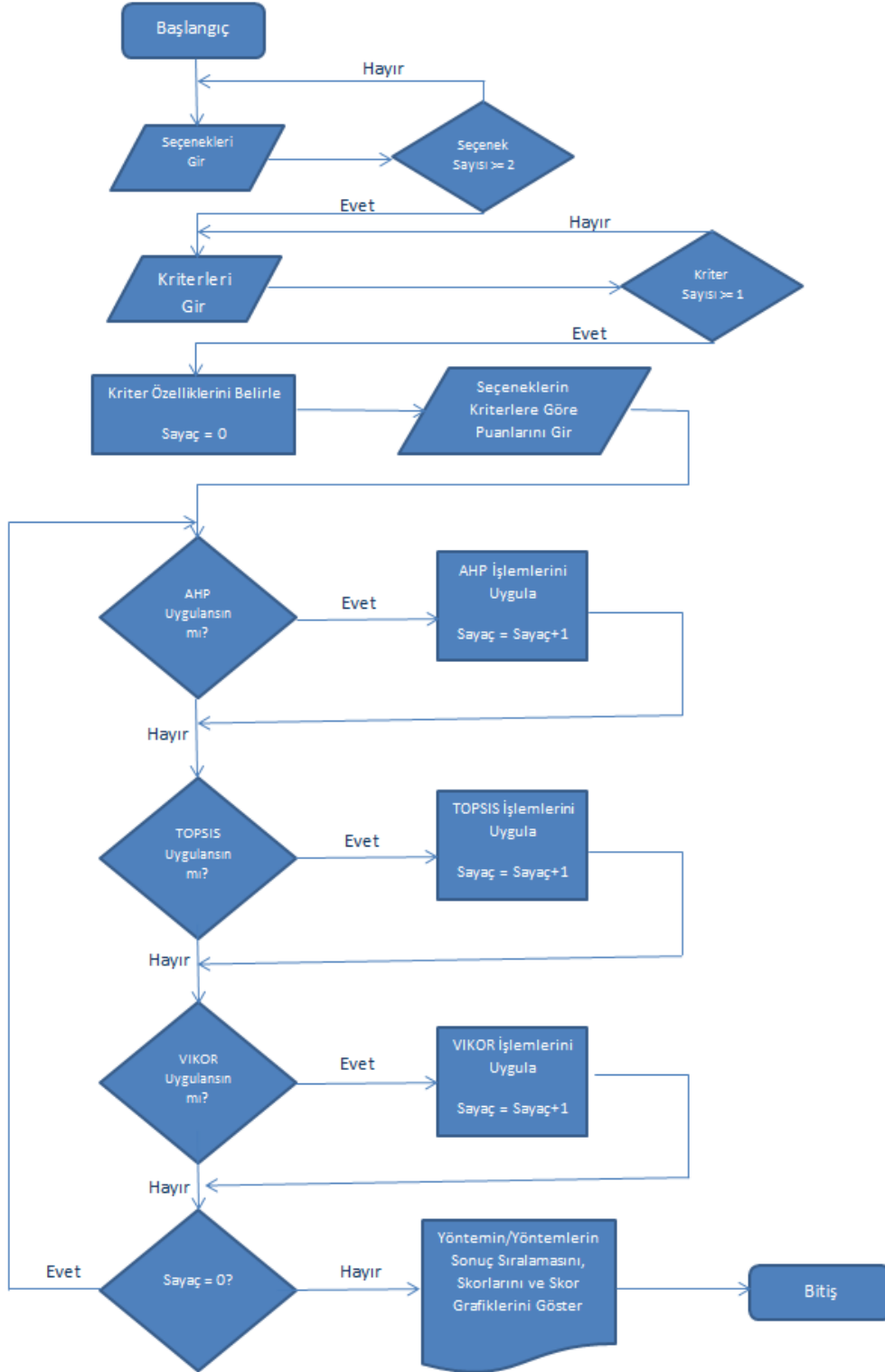
The screenshot shows a software window titled 'Seçenek Belirleme Sayfası'. The window has a standard Windows-style title bar with minimize, maximize, and close buttons. The main content area is titled 'Seçenekler Listesi' and contains a large empty rectangular box for listing options. To the right of this box are two buttons: 'Seçenek Sil' and 'Tümünü Sil'. Below the main box is a text input field labeled 'Yeni Seçenek Giriniz :'. To the right of this input field is a button labeled 'Seçenek Ekle'. At the bottom right of the window are two buttons: 'İleri' and 'Çıkış'.

6.1 Qusion Uygulaması

Qusion bilgisayar uygulaması AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin çözüme ulaştırılması için yapılması gereken işlemler dizisinin bilgisayar sistematığında doğrusal bir yapıyla, hızlı ve hatasız olarak sonuçlandırılması amacıyla geliştirilmiştir.

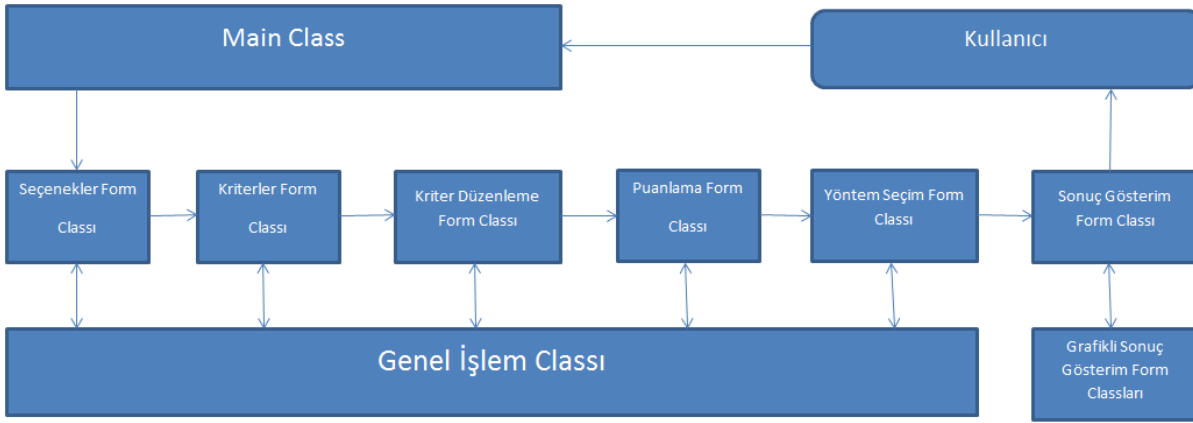
Uygulamada kullanıcının seçenekleri ve kriterleri programa girmesinin ardından, kriter özelleştirme tablosuyla kriterin türü ve ağırlıklandırılması gibi parametrelerin belirtilmesi gerekmektedir. Sonrasında seçeneklerin kriterlere göre puan değerleri girilir ya da kriter linguistik (dilsel) ise belirtilen seçenek için tanımlar arasından en uygun olanı seçilir. Son olarak AHP, TOPSIS, VIKOR yöntemlerinden biri veya bir kaç seçilerek uygulamanın karar problemini çözmesi için son adıma geçilir. Bu adımda sonuç skorları ve sıralaması yöntemler bazında ayrı ayrı tablolar şeklinde gösterilir. Ayrıca istenirse sonuç sıralamasının grafiksel gösterimi de yine bu aşamada görüntülenebilir.

Uygulamanın algoritmik akış diyagramı Şekil 6.1’ de modellenerek gösterilmiştir.



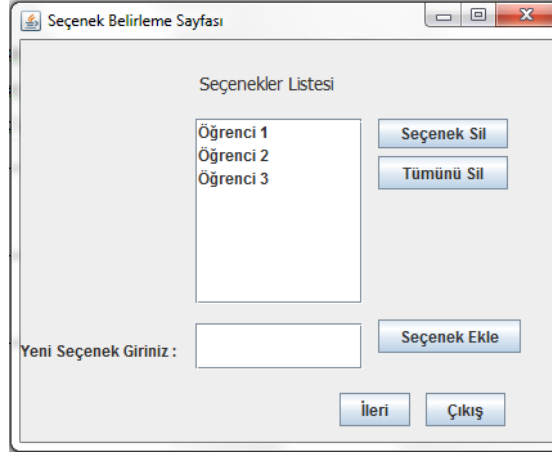
Şekil 6.1 Qusion Akış Diyagramı

Qusion bilgisayar uygulaması, “Java NetBeans IDE 7.4” ortamında geliştirilmiş olup, sekiz adet java classından ve bu classlar içinde de altı adet java form classından oluşmaktadır. Bunun yanı sıra grafiksel gösterim için “jfreechart-1.0.17” ismiyle dışarıdan bir adet kütüphane klasörü projeye dahil edilmiştir.Uygulamada bulunan classlar arası iletişim düzeni **Şekil 6.2**’de modellenerek gösterilmiştir.



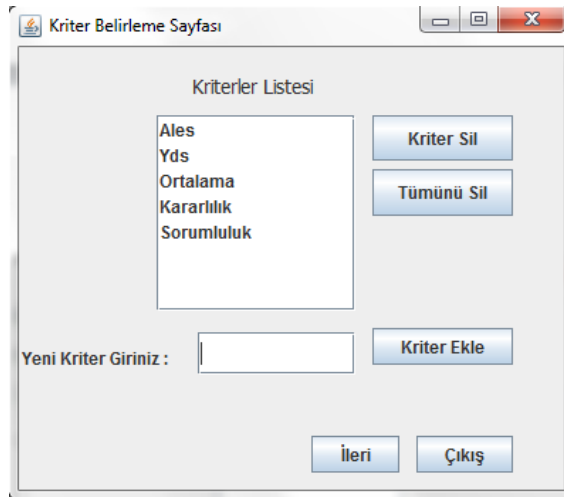
Şekil 6.2 Classlar Arası İletişim Modeli

Qusion uygulamasını çalıştırıldığında ilk etapta seçeneklerin girilmesi beklenmektedir. En az iki adet seçenek girilene kadar bu ekran geçilemeyecektir. **Şekil 6.3**'de bu ekran gösterilmiştir.



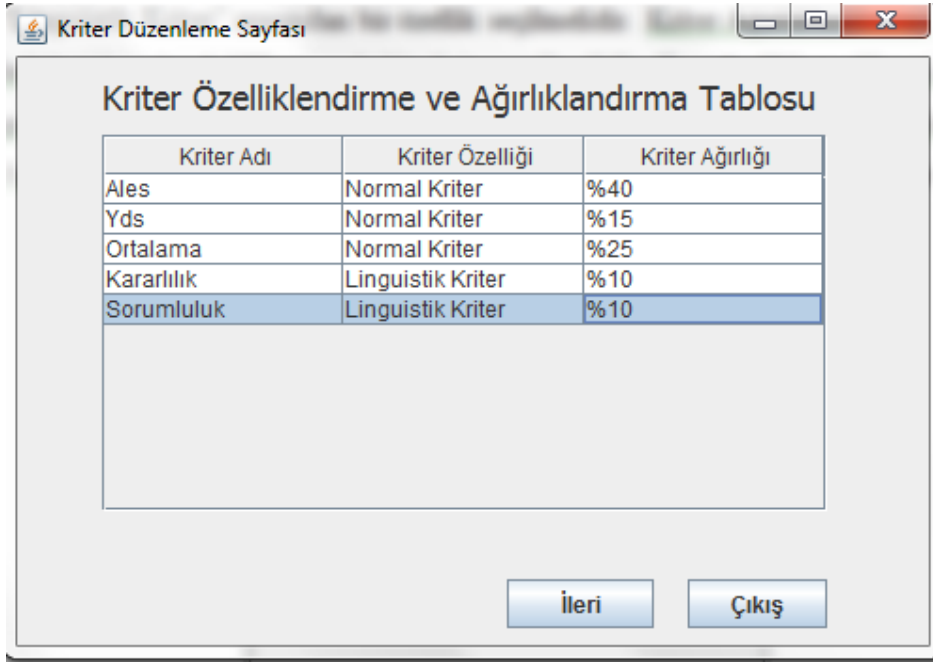
Şekil 6.3 Qusion Seçenek Girme Ekranı

Seçenekler girilip "İleri" butonuna tıklandıktan sonra kriterlerin girilmesi için bir sonraki adıma geçilecektir. En az bir adet kriter yazılana kadar bu ekran geçilemeyecektir. **Şekil 6.4**'de bu ekran gösterilmiştir.



Şekil 6.4 Qusion Kriter Girme Ekranı

Kriterlerin girilmesinin ardından, bu yeni aşamada kriterlerin özelleştirilmesi beklenmektedir. Kriter türü ve kriter ağırlığı gibi değerler burada belirtilir. Kriter türü belirlenirken, her bir kriter için “Normal Kriter”, “Zarar Yönlü Kriter” veya “Linguistik Kriter” arasından bir özellik seçilmelidir. Kriter ağırlıklandırma belirlenirken ise 1-100 arasında bir değer seçilmelidir. Burada dikkat edilmesi gereken durum, tüm kriterlerin ağırlıkları toplamda 100 değerini bulmalıdır. Aksi durumda, bir sonraki ekrana geçilemeyecektir. **Şekil 6.5**'de bu ekran gösterilmiştir.

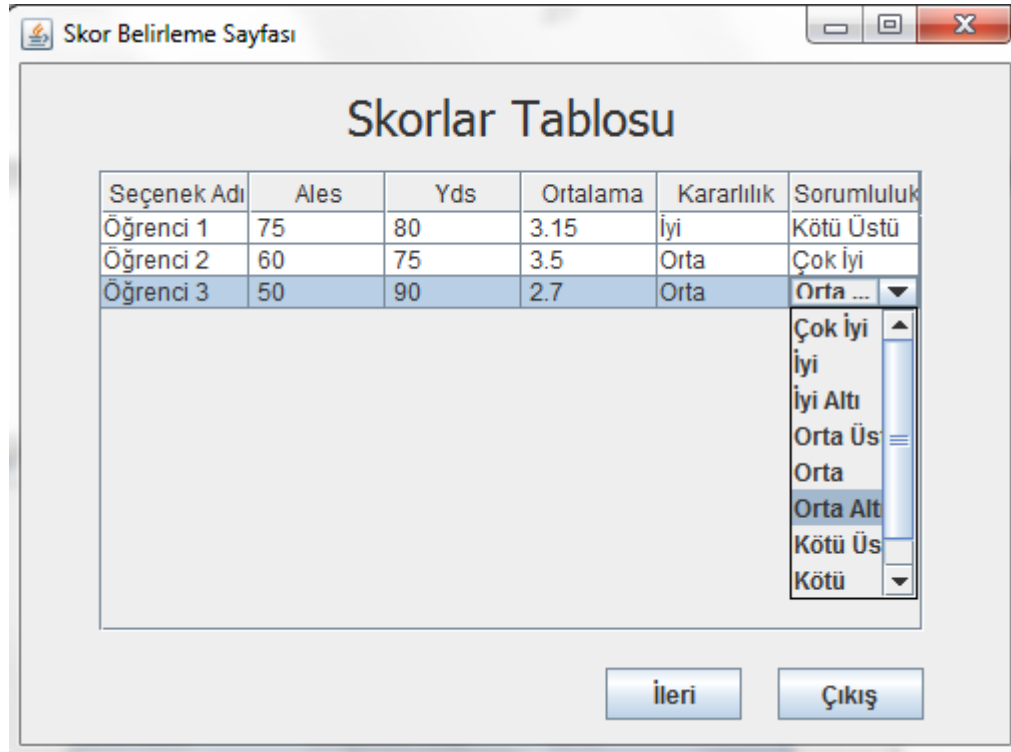


| Kriter Adı | Kriter Özelliği | Kriter Ağırlığı |
|------------|-------------------|-----------------|
| Ales | Normal Kriter | %40 |
| Yds | Normal Kriter | %15 |
| Ortalama | Normal Kriter | %25 |
| Kararlılık | Linguistik Kriter | %10 |
| Sorumluluk | Linguistik Kriter | %10 |

İleri Çıkış

Şekil 6.5 Qusion Kriter Özelleştirme Ekranı

Kriter özelliklerinin de belirlenmesinin ardından bir sonraki aşama, seçeneklerin kriterler bazında puanlandırılma aşamasıdır. Seçeneklerin puanları bu aşamada uygulamaya girilir. **Şekil 6.6**'da bu ekran gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Qusion Puanlama Ekranı

Bu aşamanın ardından girilen puanların bilgisayarın anlayacağı şekilde gösterimi “Ham Veri Tablosu” alanında, puanların kriterler bazında normalize edilmiş (değerler arası oran bozulmadan 0-1 arası değere indirgenmiş) şekilleri de “Normalize Edilmiş Veri Gösterim Tablosu” alanında belirtilir. Ayrıca puanlara uygulanacak yöntem veya yöntemler de bu aşamada seçilir. “VIKOR” yönteminin işaretlenmesi durumunda kullanıcıdan 0-1 arası “v” değeri girilmesi beklenmektedir. Bu değer, VIKOR yönteminde bir grubun karar vermesi durumunda gruptaki kişilerin fikir birliği oranını simgelemektedir. $v=0.5$ olması durumunda fikir birliğine varılmış, $v<0.5$ olması durumunda fikir birliğine varılamamış, $v>0.5$ olması durumunda da oy çoğunluğu sağlanmış anlamı taşımaktadır. **Şekil 6.7**'de bu ekran gösterilmiştir.

Normalizasyon Tablosu Gösterim Sayfası

Ham Veri Gösterim Tablosu

| Seçenek ... | Ales | Yds | Ortalama | Kararlılık | Sorumlul... |
|-------------|------|------|----------|------------|-------------|
| Öğrenci 1 | 75.0 | 80.0 | 3.15 | 8.0 | 3.0 |
| Öğrenci 2 | 60.0 | 75.0 | 3.5 | 5.0 | 9.0 |
| Öğrenci 3 | 50.0 | 90.0 | 2.7 | 5.0 | 4.0 |

Normalize Edilmiş Veri Gösterim Tablosu

| Seçenek ... | Ales | Yds | Ortalama | Kararlılık | Sorumlul... |
|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Öğrenci 1 | 0.4054054 | 0.3265306 | 0.3368984 | 0.44444... | 0.1875 |
| Öğrenci 2 | 0.3243243 | 0.30612... | 0.37433... | 0.2777778 | 0.5625 |
| Öğrenci 3 | 0.27027... | 0.36734... | 0.28877... | 0.2777778 | 0.25 |

Hangi Yöntemleri Kullanarak Hesaplamak İstersiniz?

AHP Topsis Vikor v=0.5 => Konsensus

v = v<0.5 => Veto

v>0.5 => Oy Çoğunluğu

Ç

Şekil 6.7 Qusion Yöntem Seçim Ekranı

Tüm bu işlemler tamamlandıktan sonra “Sonuç Sayfasına Git” butonu tıklanır ve son aşamaya geçilir. Bu aşamada oluşturulan sıralamada birinci sırayı alan seçenek ile ikinci sırayı alan seçenek arasında çok küçük bir fark olması durumunda uyarı olarak bu durum kullanıcıya belirtilir. Sonrasında seçilen her bir yöntem bazında oluşturulan sıralamalar ve yöntemlere göre belirlenmiş olan skor değerleri tablolarda listelenerek kullanıcıya sunulur. **Şekil 6.8** ve **Şekil 6.9**’da bu ekranlar gösterilmiştir.

Sonuç Gösterim Sayfası

Ahp Sonuç Gösterim Tablosu [Ahp Grafik](#)

| Tercih Sıralaması | Seçenek | Ahp Skoru |
|-------------------|-----------|------------|
| 1. Tercih | Öğrenci 1 | 0.3585608 |
| 2. Tercih | Öğrenci 2 | 0.3532588 |
| 3. Tercih | Öğrenci 3 | 0.28818047 |

* Seçenekler arasında en yüksek Ahp Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

Topsis Sonuç Gösterim Tablosu [Topsis Grafik](#)

Önemli

X Vikor yöntemine göre 1. Tercih ile 2. Tercih arasında kabul edilebilir düzeyde bir avantaj farkı yoktur. Dolayısıyla iki seçenek eşit sayılabilir.

[OK](#)

* Seçenekler arasında en yüksek Topsis Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

Vikor Sonuç Gösterim Tablosu [Vikor Grafik](#)

| Tercih Sıralaması | Seçenek | Vikor Skoru |
|-------------------|-----------|-------------|
| 1. Tercih | Öğrenci 1 | 0.0 |
| 2. Tercih | Öğrenci 2 | 0.39709708 |
| 3. Tercih | Öğrenci 3 | 1.0 |

* Seçenekler arasında en düşük Vikor Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

[Uygulamayı Sonlandır](#)

Şekil 6.8 Qusion Seçenekler Arasında Küçük Fark Olması Durumunda Uyarı Ekranı

Sonuç Gösterim Sayfası

Ahp Sonuç Gösterim Tablosu

Ahp Grafik

| Tercih Sıralaması | Seçenek | Ahp Skoru |
|-------------------|-----------|------------|
| 1. Tercih | Öğrenci 1 | 0.3585608 |
| 2. Tercih | Öğrenci 2 | 0.3532588 |
| 3. Tercih | Öğrenci 3 | 0.28818047 |

* Seçenekler arasında en yüksek Ahp Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

Topsis Sonuç Gösterim Tablosu

Topsis Grafik

| Tercih Sıralaması | Seçenek | Topsis Skoru |
|-------------------|-----------|--------------|
| 1. Tercih | Öğrenci 1 | 0.596759 |
| 2. Tercih | Öğrenci 2 | 0.5621782 |
| 3. Tercih | Öğrenci 3 | 0.14029601 |

* Seçenekler arasında en yüksek Topsis Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

Vikor Sonuç Gösterim Tablosu

Vikor Grafik

| Tercih Sıralaması | Seçenek | Vikor Skoru |
|-------------------|-----------|-------------|
| 1. Tercih | Öğrenci 1 | 0.0 |
| 2. Tercih | Öğrenci 2 | 0.39709708 |
| 3. Tercih | Öğrenci 3 | 1.0 |

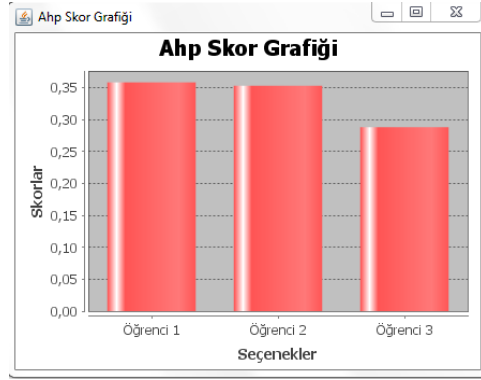
* Seçenekler arasında en düşük Vikor Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

Uygulamayı Sonlandır

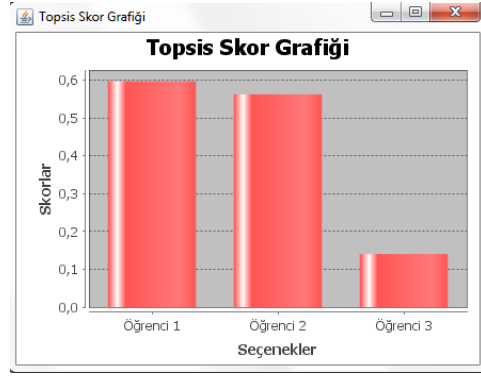
Şekil 6.9 Qusion Sonuç Sıralamaları Gösterim Ekranı

Şekil 6.9’da gösterildiği gibi Ahp ve Topsis yöntemlerinde skorların yüksek olması ideal iken, Vikor yönteminde skorun düşük olması hatta 0 değerinde olması daha ideal bir durumdur.

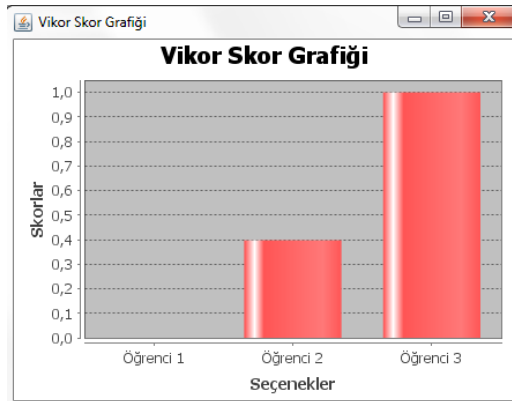
Bu aşamada istenirse sonuç skorlarının değerleri grafiksel olarak görüntülenebilir. Her bir yöntemin yanında kendi grafik butonları mevcuttur. Şekil 6.10 , Şekil 6.11 ve Şekil 6.12’de bu grafik ekranları gösterilmektedir.



Şekil 6.10 Qusion Ahp Skor Grafik Ekranı



Şekil 6.11 Qusion Topsis Skor Grafik Ekranı



Şekil 6.12 Qusion Vikor Skor Grafik Ekranı

6.2 Günümüzdeki Ülkelerin Gelişmişlik Düzeylerinin Sıralaması Karar

Problemi

Günümüzdeki siyasi devletlerin gelişmişlik düzeylerinin sıralanması konusunda Qusion bilgisayar uygulamasından yardım alınarak karar problemi çözülmüştür. Uygulama adımına geçmeden önce Avrupa, Asya, Afrika ve Amerika olmak üzere dört ayrı kıtanın her birinden üçer adet siyasi devlet seçilmiş olup, beş farklı kritere göre bu devletler puanlanmıştır. Tüm bu kriterler yüzde yirmi oranında ve eşit ağırlık değerine sahiptirler. Bu kriterler:

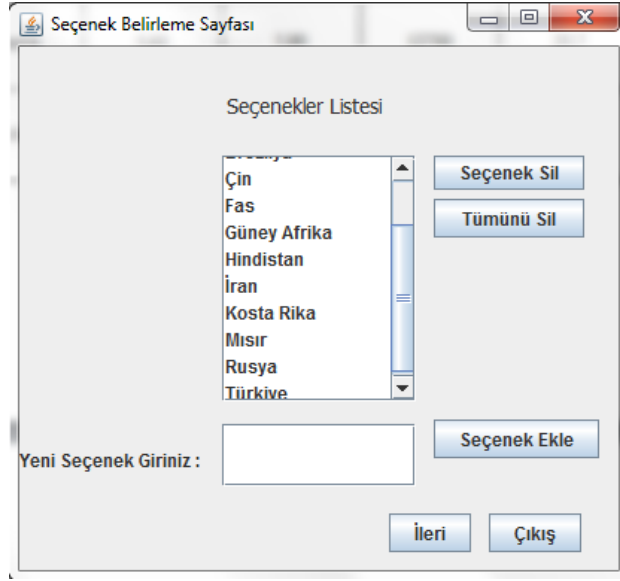
1. Demokrasi İndeksi: Ocak 2007 rakamlarına göre belirlenmiştir. **(Wikipedia)**
2. İşsizlik Oranı: World Fact Book'dan alıntıdır, Türkiye verisi Ağustos 2012'ye göre hesaplanmıştır. **(OECD)**
3. Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH): Dolar bazında 2012 verilerine göre hesaplanmıştır. **(Wikipedia)**
4. Gelen Turist Sayısı: Milyon bazında 2012 verilerine göre belirlenmiştir. **(Wikipedia)**
5. Okur – Yazar Oranı: Birleşmiş Milleler 2005 yılı gelişme programı raporundan alıntıdır. **(Wikipedia)**

Tüm bu kriterler ve seçilen siyasi devletlerin puanlaması **Tablo 6.1**'de gösterilmiştir.

| | Demokrasi İndeksi | İşsizlik Oranı | GSMH | Gelen Turist Sayısı | Okur – Yazar Oranı |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|----------------------------|---------------------------|
| ABD | 8,22 | 5,10 | 52340 | 67,0 | 97,0 |
| Almanya | 8,82 | 9,10 | 45170 | 30,4 | 99,9 |
| Brezilya | 7,38 | 9,80 | 11630 | 5,6 | 99,2 |
| Çin | 2,97 | 6,10 | 5720 | 57,7 | 90,9 |
| Fas | 3,90 | 15,50 | 2960 | 9,3 | 50,7 |
| Güney Afrika | 7,91 | 25,50 | 7460 | 8,3 | 82,4 |
| Hindistan | 7,68 | 7,20 | 1550 | 6,6 | 61,0 |
| İran | 2,93 | 11,00 | 4330 | 3,3 | 77,0 |
| Kosta Rika | 8,04 | 4,70 | 8820 | 2,3 | 95,8 |
| Mısır | 3,90 | 10,10 | 2980 | 9,4 | 55,6 |
| Rusya | 5,02 | 5,90 | 12700 | 25,7 | 99,4 |
| Türkiye | 5,70 | 11,40 | 10830 | 35,7 | 88,3 |

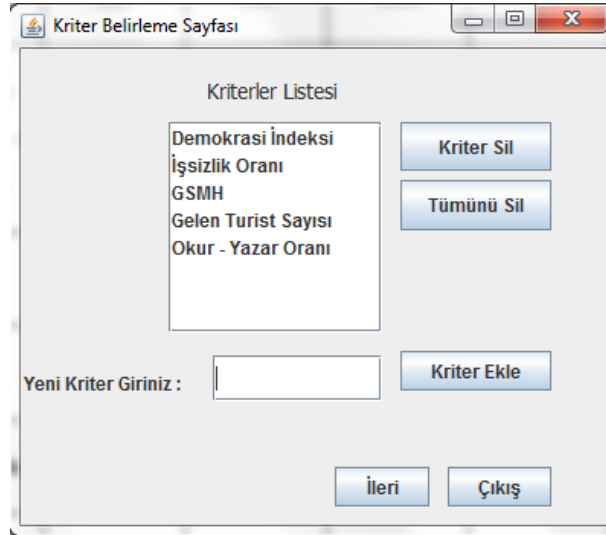
Tablo 6.1 Veri Tablosu

Tablo 6.1' deki seçenekler **Şekil 6.13'** de Qusion uygulamasına girilmiştir.



Şekil 6.13 Seçenek Belirleme Ekranı

Tablo 6.1'deki kriterler Şekil 6.14'de Qusion uygulamasında gösterilmiştir.



Şekil 6.14 Kriter Belirleme Ekranı

Kriterlerin özelleştirme işlemi Şekil 6.15'de gösterilmiştir.

Kriter Düzenleme Sayfası

Kriter Özelliklendirme ve Ağırlıklandırma Tablosu

| Kriter Adı | Kriter Özelliği | Kriter Ağırlığı |
|---------------------|--------------------|-----------------|
| Demokrasi İndeksi | Normal Kriter | %20 |
| İşsizlik Oranı | Zarar Yönlü Kriter | %20 |
| GSMH | Normal Kriter | %20 |
| Gelen Turist Sayısı | Normal Kriter | %20 |
| Okur - Yazar Oranı | Normal Kriter | %20 |

İleri Çıkış

Şekil 6.15 Kriter Düzenleme Ekranı

Tablo 6.1'deki tüm veriler **Şekil 6.16**'da Qusion uygulamasına girilmiştir.

Skor Belirleme Sayfası

Skorlar Tablosu

| Seçenek A... | Demokras... | İşsizlik Oranı | GSMH | Gelen Tur... | Okur - Yaz... |
|---------------|-------------|----------------|-------|--------------|---------------|
| ABD | 8.22 | 5.10 | 52340 | 67.0 | 97.0 |
| Almanya | 8.82 | 9.10 | 45170 | 30.4 | 99.9 |
| Brezilya | 7.38 | 9.80 | 11630 | 5.6 | 99.2 |
| Çin | 2.97 | 6.10 | 5720 | 57.7 | 90.9 |
| Fas | 3.90 | 15.50 | 2960 | 9.3 | 50.7 |
| Güney Afri... | 7.91 | 25.50 | 7460 | 8.3 | 82.4 |
| Hindistan | 7.68 | 7.20 | 1550 | 6.6 | 61.0 |
| İran | 2.93 | 11.00 | 4330 | 3.3 | 77.0 |
| Kosta Rika | 8.04 | 4.70 | 8820 | 2.3 | 95.8 |
| Mısır | 3.90 | 10.10 | 2980 | 9.4 | 55.6 |
| Rusya | 5.02 | 5.90 | 12700 | 25.7 | 99.4 |
| Türkiye | 5.70 | 11.40 | 10830 | 35.7 | 88.3 |

İleri Çıkış

Şekil 6.16 Skor Belirleme Ekranı

Girilen verilerin toplu olarak gösterimi ve uygulanacak yöntemin seçim işlemi **Şekil 6.17**'de gösterilmiştir. Burada “Vikor” yöntemi seçildikten sonra kullanıcıdan istenen “v” değerinin özelliği **Bölüm 6.1**'de detaylı olarak anlatılmıştır.

Normalizasyon Tablosu Gösterim Sayfası

Ham Veri Gösterim Tablosu

| Seçenek... | Demokr... | İşsizlik O... | GSMH | Gelen T... | Okur - Y... |
|-------------|-----------|---------------|---------|------------|-------------|
| ABD | 8.22 | 0.19607... | 52340.0 | 67.0 | 97.0 |
| Almanya | 8.82 | 0.10989... | 45170.0 | 30.4 | 99.9 |
| Brezilya | 7.38 | 0.10204... | 11630.0 | 5.6 | 99.2 |
| Çin | 2.97 | 0.16393... | 5720.0 | 57.7 | 90.9 |
| Fas | 3.9 | 0.06451... | 2960.0 | 9.3 | 50.7 |
| Güney Af... | 7.91 | 0.03921... | 7460.0 | 8.3 | 82.4 |
| Hindistan | 7.69 | 0.10989... | 4550.0 | 6.6 | 64.0 |

Normalize Edilmiş Veri Gösterim Tablosu

| Seçenek... | Demokr... | İşsizlik O... | GSMH | Gelen T... | Okur - Y... |
|-------------|------------|---------------|------------|------------|-------------|
| ABD | 0.04038... | 0.11118... | 0.03433... | 0.22001... | 0.03113... |
| Fas | 0.05381... | 0.04375... | 0.01777... | 0.03559... | 0.05084... |
| Güney Af... | 0.10914... | 0.02659... | 0.04480... | 0.03176... | 0.08263... |
| Hindistan | 0.10597... | 0.09419... | 0.00930... | 0.02525... | 0.06117... |
| İran | 0.04043... | 0.06165... | 0.02600... | 0.01262... | 0.07721... |
| Kosta Ri... | 0.11094... | 0.14430... | 0.05297... | 0.00880... | 0.096069 |
| Mısır | 0.05381... | 0.06714... | 0.01789... | 0.03597... | 0.05575... |
| Rusya | 0.06927... | 0.11495... | 0.07628... | 0.09835... | 0.09967... |
| Türkiye | 0.07865... | 0.05949... | 0.06504... | 0.13662... | 0.08854... |

Hangi Yöntemleri Kullanarak Hesaplamak İstersiniz?

AHP Topsis Vikor $v=0.5 \Rightarrow$ Konsensus

$v =$ $v < 0.5 \Rightarrow$ Veto

$v > 0.5 \Rightarrow$ Oy Çoğunluğu

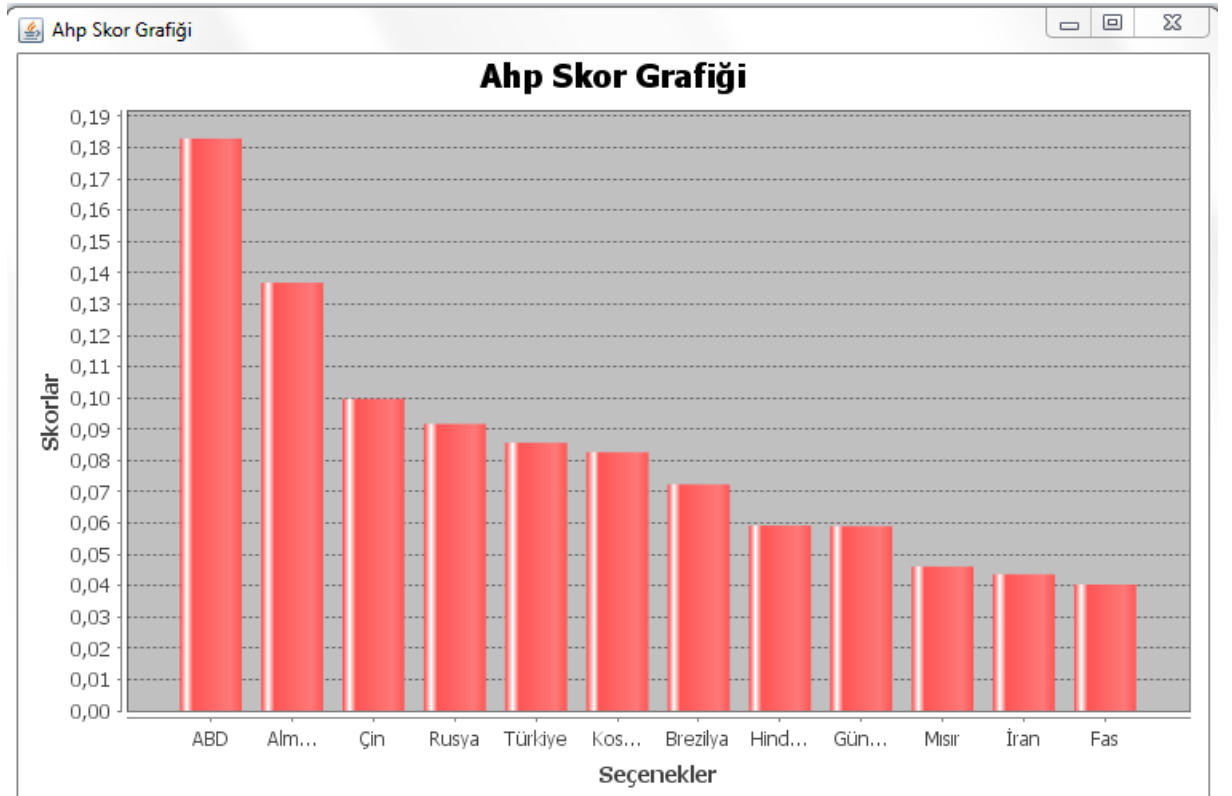
Şekil 6.17 Yöntem Seçme Ekranı

Tüm bu işlemlerin sonucunda karar probleminin AHP yöntemiyle çözümünün sonucu ve grafiksel görünümü **Şekil 6.18** ve **Şekil 6.19**'da gösterilmiştir.

| Ahp Sonuç Gösterim Tablosu | | |
|----------------------------|--------------|-------------|
| Tercih Sıralaması | Seçenek | Ahp Skoru |
| 1. Tercih | ABD | 0.18289307 |
| 2. Tercih | Almanya | 0.1368128 |
| 3. Tercih | Çin | 0.099699154 |
| 4. Tercih | Rusya | 0.091707185 |
| 5. Tercih | Türkiye | 0.085673444 |
| 6. Tercih | Kosta Rika | 0.08261813 |
| 7. Tercih | Brezilya | 0.07236093 |
| 8. Tercih | Hindistan | 0.05918216 |
| 9. Tercih | Güney Afrika | 0.058989674 |
| 10. Tercih | Mısır | 0.046118874 |
| 11. Tercih | İran | 0.04358786 |
| 12. Tercih | Fas | 0.04035672 |

* Seçenekler arasında en yüksek Ahp Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

Şekil 6.18 Ahp Sonuç Gösterim Tablosu



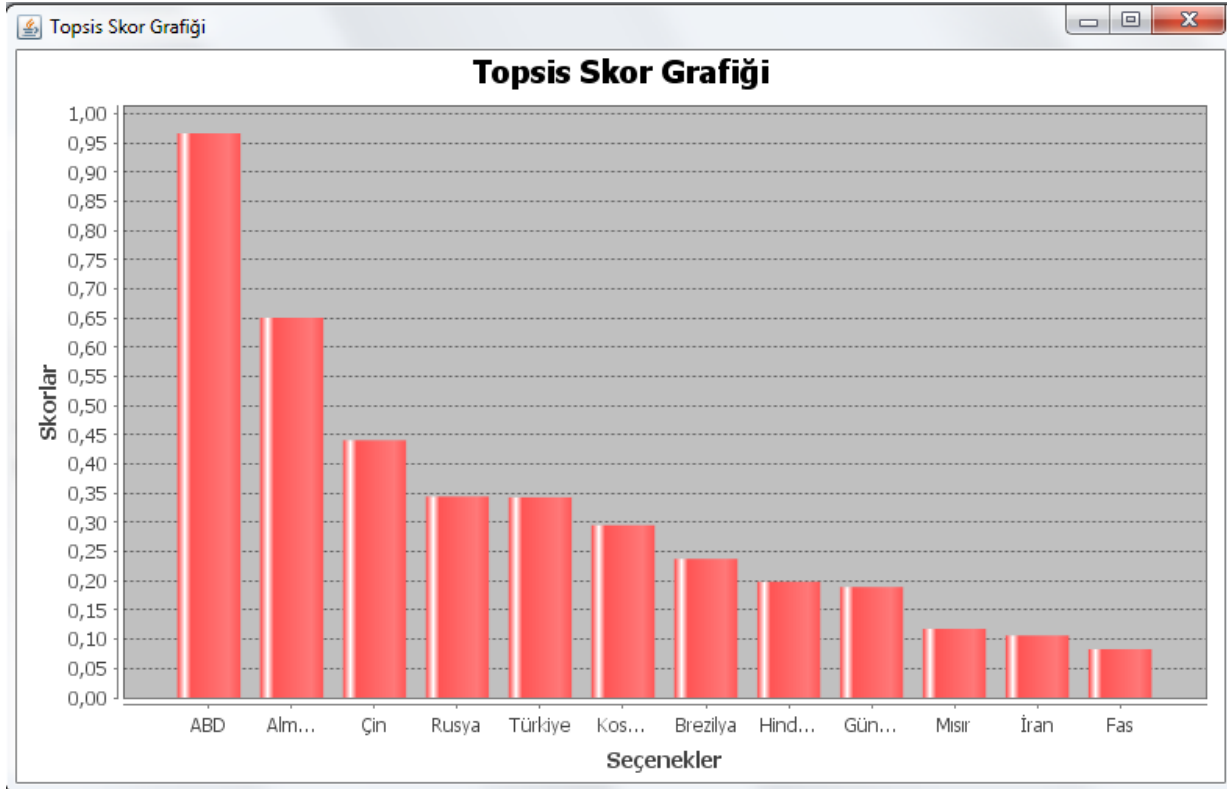
Şekil 6.19 Ahp Sonuç Skor Grafiği

Şekil 6.20 ve Şekil 6.21’de aynı karar probleminin Topsis yöntemiyle çözümünün sonucu ve grafiksel görünümü gösterilmiştir.

| Topsis Sonuç Gösterim Tablosu | | |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Tercih Sıralaması | Seçenek | Topsis Skoru |
| 1. Tercih | ABD | 0.966731 |
| 2. Tercih | Almanya | 0.6508622 |
| 3. Tercih | Çin | 0.4409574 |
| 4. Tercih | Rusya | 0.34437054 |
| 5. Tercih | Türkiye | 0.34326094 |
| 6. Tercih | Kosta Rika | 0.29525876 |
| 7. Tercih | Brezilya | 0.23776004 |
| 8. Tercih | Hindistan | 0.19846055 |
| 9. Tercih | Güney Afrika | 0.18956356 |
| 10. Tercih | Mısır | 0.11785512 |
| 11. Tercih | İran | 0.106373295 |
| 12. Tercih | Fas | 0.08306909 |

* Seçenekler arasında en yüksek Topsis Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

Şekil 6.20 Topsis Sonuç Gösterim Tablosu



Şekil 6.21 Topsis Sonuç Skor Grafiği

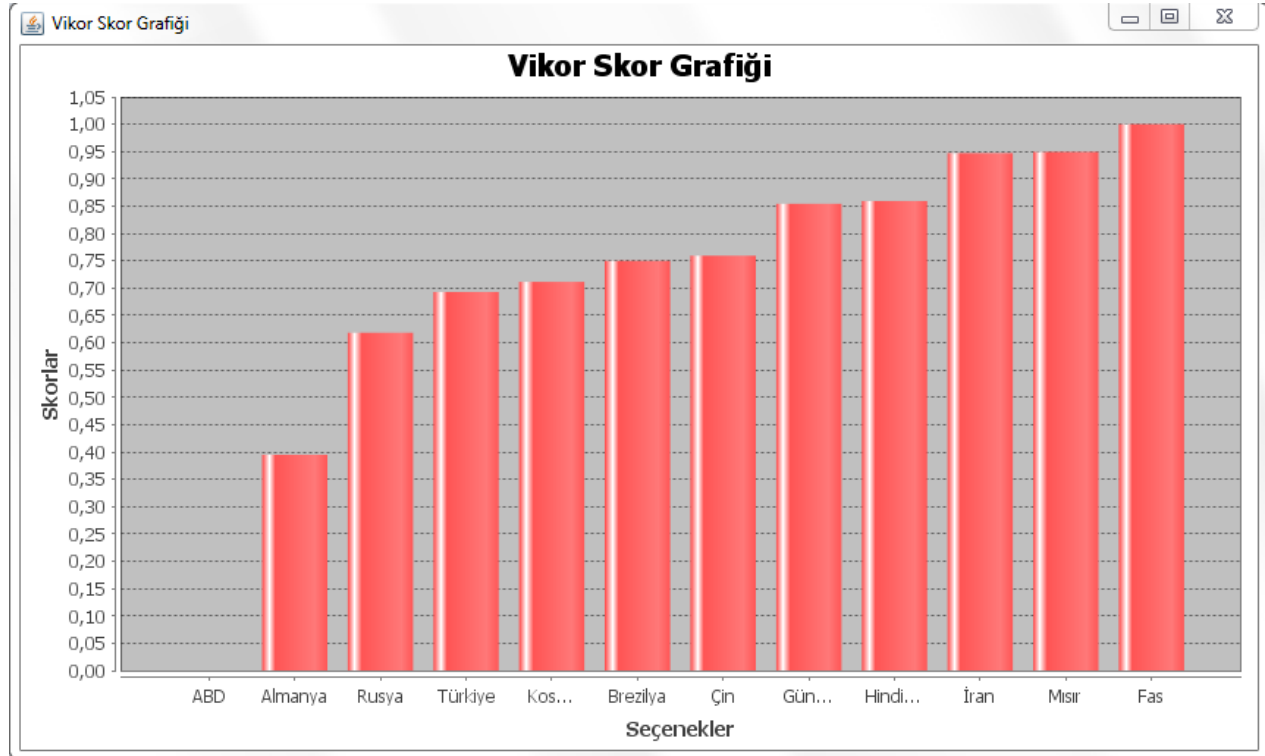
Şekil 6.22 ve Şekil 6.23’de aynı karar probleminin bu sefer Vikor yöntemiyle çözümünün sonucu ve grafiksel görünümü gösterilmiştir. Burada diğer iki

yöntemden farklı olarak daha az skor değeri olan tercih daha ideal tercih durumundadır.

| Tercih Sıralaması | Seçenek | Vikor Skoru |
|-------------------|--------------|-------------|
| 1. Tercih | ABD | 0.0 |
| 2. Tercih | Almanya | 0.3946279 |
| 3. Tercih | Rusya | 0.61826533 |
| 4. Tercih | Türkiye | 0.692711 |
| 5. Tercih | Kosta Rika | 0.7112894 |
| 6. Tercih | Brezilya | 0.7497633 |
| 7. Tercih | Çin | 0.75947034 |
| 8. Tercih | Güney Afrika | 0.85424733 |
| 9. Tercih | Hindistan | 0.8591728 |
| 10. Tercih | İran | 0.9469138 |
| 11. Tercih | Mısır | 0.9493811 |
| 12. Tercih | Fas | 1.0 |

* Seçenekler arasında en düşük Vikor Skoruna sahip olan seçenek en ideal tercihtir.

Şekil 6.22 Vikor Sonuç Gösterim Tablosu



Şekil 6.23 Vikor Sonuç Skor Grafiği

Burada yapılan işlemde 12 adet siyasi devlet seçeneğinden ve 5 adet kriterden faydalanarak bir sıralama oluşturulmuştur. İsteğe bağlı olarak ikili karşılaştırma ya da üçlü sıralama şeklinde de yapılabilirdi. Seçenek sayısı ve kriter sayısı tamamen kullanıcının isteğine bağlı olarak ayarlanabilir ve optimal tercih sıralaması belirlenebilir. Yalnızca ülkeler için değil, aynı zamanda firma ya da fabrikalar seçenek olarak Qusion uygulamasına girilerek farklı sektör ve alanlarda da tercih sıralaması yapılabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak aynı veriler kullanılarak yapılan işlemlerin ardından Ahp ve Topsis yöntemleri benzer hatta sıralama olarak aynı şekilde sonuç vermişlerdir. Vikorda ise diğer yöntemlere göre ilk iki sıra değişmemiş fakat diğer seçeneklerin sıralamasında yer yer farklılıklar görülmüştür. Bunun sonucunda Ahp ve Topsis için genel sıralama penceresinden bakıldığında “birbirlerine daha benzer yöntemler” fakat Vikor için “AHP ve TOPSIS e göre farklılık gösteren yöntem” denebilir.

Karar problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlerin yoğun işlem sürecini bilgisayar uygulamasına çözdürerek ve bu çözüm sürecinin her aşamada kullanıcı tarafından takibi sağlanarak yapılması, zamanın etkin kullanımı açısından oldukça avantajlı bir durumdur.

Nicel ve nitel kriterlerin hatasız şekilde karar problemine dahil edilmesi ve seçeneklere göre kriter puanlarının belirlenmesi konusunda her bir kriter türü için (Normal, Zarar Yönlü, Linguistik) uygulamanın güçlü altyapısı kullanıcı açısından zaman tasarrufu sağlamıştır. Ayrıca üç adet yöntemle yalnızca bir kaç adımda oluşturulan tercih sıralaması çözümleri kolaylık açısından büyük avantaj oluşturmuştur.

Bu uygulama sayesinde ilgili veriler yalnızca bir defa bilgisayara girilerek 3 Adet yöntem ile de aynı anda ve oldukça kısa süre içerisinde hesap yapılarak sonuca ulaşılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, ilk olarak seçenekler olan 12 Adet siyasi devlet belirlenmiştir. Ardından bu devletlerin karşılaştırılabilmesi için ideal şartlara sahip 5 Adet kriter belirlenerek, kriter puanları internet kaynaklarından sağlanmıştır.

AHP yönteminin ikili karşılaştırmalar matrisleri oluşturulurken, kriter puanlarının birbirine oranlanmasıyla bilgisayar uygulaması tarafından otomatik olarak ve saniyeler içerisinde hesaplanmıştır. Ardından seçilen yöntemlerle seçeneklerin ayrı ayrı yöntemler bazında sıralaması yine bir kaç saniye içerisinde oluşturulmuştur.

Kısacası Qusion uygulaması, zamandan ciddi şekilde tasarruf sağlarken zihinsel yorgunluktan da kullanıcıyı uzak tutarak ilgili sıralamaların oluşturulması için gereken hesapların takibindense, kullanıcıyı daha farklı alanlardaki işlere sevk etmektedir.

Bu tez araştırmasının ardından yapılabilecek çalışmalarda yine bir bilgisayar uygulaması yazılarak, bu yöntemlerin bulanık olarak hesaplama yaptırılması sağlanabilir. Ayrıca üç yöntemle sınırlı kalmayarak, aynı anda ve aynı karar probleminin çözümünde kullanılacak yöntemlerin sayısı arttırılabilir.

Tez çalışmamız içinde geliştirilen bilgisayar uygulaması, yalnızca öğrencilerin veya siyasi devletlerin karşılaştırılmasında kullanılmayıp, pek çok alanda, fabrikaların, kişilerin veya kurumların ikili, üçlü veya daha çoklu karşılaştırılması hatta sıralanmasına imkan vermektedir. Bu nedenle, bu alanda yapılacak yeni uygulamaların, bir çok karar probleminin çözümlerine alternatifler üretmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Ballı S, Karasulu B, Korukoğlu S, (2007); “*En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık Promethee Yöntemi Uygulaması*”. *D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt: 22 Sayı: 1, Yıl: 2007, ss: 139-147

Baysal G, Tecim V, (2006); “*Katı Atık Depolama Sahası Uygunluk Analizin Coğrafi Bilgi Sistemleri (cbs) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleri ile Uygulaması*”, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 13 – 16 Eylül 2006 / Fatih Üniversitesi / İstanbul- Türkiye

Çakır, S., Perçin, S. (2013); “*Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü*” *Ege Akademik Bakış*, Cilt :13, Sayı : 4, 449-459.

Dağdeviren, M., Akay, D., Kurt, M. (2004); “*İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması*”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi* 19 (2), 131-138.

Deng, H., Yeh, C.H., Willis, R.J. (2000); “*Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS with Objective Weights*”. *Computers & Operations Research* 27:963-973

Diakoulaki D., Mavrotas G. ve Papayannakis, L. (1995); “*Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The Critic Method*” *Computers & Operations Research*, 22:763-770. IN

Eleren A., Karagül M. (2008); “*1986-2006 Türkiye Ekonomisinin Performans Değerlendirmesi*”. *Yönetim ve Ekonomi*, 2008; 15(1):1-14

Kaya, P., Çetin, E., Kuruüzüm, A. (2011); “*Çok Kriterli Karar Verme İle Avrupa Birliği Ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi*”. *İstanbul Üniversitesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi* , 2011; 13:80-94

Opricovic, S. (1998); *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*, Belgrade, Faculty of Civil Engineering.

Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2004); “*Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS*” *European Journal of Operational Research*, 156(2):445-455.

Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2007); “*Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods*” *European Journal of Operational Research*, 178:514-529.

Saaty, L.T. (1994); *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh.

Shih H., Shyur H., Lee S. (2006); "An extension of TOPSIS for group decision making" *Mathematical and Computer Modelling* , 45(2007):801-813.

Yaraloğlu K. (2001); "Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Proses". *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2001; 16(1):129-142

Yaraloğlu K. (2010); *Karar Verme Yöntemleri*, Detay Yayıncılık 2010

Yu, P.L. (1973); "A Class of Solutions for Group Decision Problems" *Management Science* 19(8):936-946.

Zeleny, M.(1982); *Multiple Criteria Decision Making*, New York, Mc Graw-Hill.

Url – 1 http://tr.wikipedia.org/wiki/Demokrasi_%C4%B0ndeksi

Url – 2 http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0%C5%9Fsizlik_oranlar%C4%B1n%C4%B1n_%C3%BCIkelere_g%C3%B6re_listesi

Url – 3 http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%9CIkelere_g%C3%B6re_i%C5%9Fsizlik_oran%C4%B1_listesi

Url – 4 http://tr.wikipedia.org/wiki/Ki%C5%9Fi_ba%C5%9F%C4%B1na_GSMH%27ye_g%C3%B6re_%C3%BCIkelere_listesi

Url – 5 http://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_Turizm_S%C4%B1ralamas%C4%B1_listesi

Url – 6 <http://www.izafet.net/threads/dunya-okur-yazarlik-orani-ulkelere-gore.611972/>

Url – 7 <http://tr.tradingeconomics.com/turkey/unemployment-rate>

Url – 8 <http://data.worldbank.org/country>

Url – 9 http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%9CIke_listeleri

Url – 10 http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%9CIkelere_g%C3%B6re_okuryazarl%C4%B1k_oranlar%C4%B1

Url – 11 http://tr.wikipedia.org/wiki/Ayl%C4%B1k_ortalama_%C3%BCretlerine_g%C3%B6re_Avrupa_%C3%BCIkelere_listesi

Url – 12 <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=RMW#>

Url – 13 http://tr.wikipedia.org/wiki/Ki%C5%9Fi_ba%C5%9F%C4%B1na_sigara_t%C3%BCketimine_g%C3%B6re_%C3%BCIkelere_listesi

Url – 14 http://tr.wikipedia.org/wiki/N%C3%BCfus_yo%C4%9Funluklar%C4%B1na_g%C3%B6re_%C3%BCIkelere_listesi

Url – 15 http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%9CIkelere_g%C3%B6re_i%C5%9Fsizlik_oran

- %C4%B1_listesi*
- Url – 16** <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=BLI>
- Url – 17** <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=IDD>
- Url – 18** http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%9C%lkelere_g%C3%B6re_internet_kullan%C4%B1c%C4%B1s%C4%B1_say%C4%B1s%C4%B1_listesi
- Url – 19** http://tr.wikipedia.org/wiki/Ki%C5%9Fi_ba%C5%9F%C4%B1na_GSMH%27ye_g%C3%B6re_%C3%BClkelerin_listesi
- Url – 20** <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CWB>
- Url – 21** <http://stats.oecd.org/>
- Url – 22** http://tr.wikipedia.org/wiki/Gini_katsay%C4%B1s%C4%B1
- Url – 23** http://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_Turizm_S%C4%B1ralamas%C4%B1_listesi
- Url – 24** <http://www.birvesifir.net>
- Url – 25** <http://forums.netbeans.org>
- Url – 26** <http://stackoverflow.com>
- Url – 27** <http://www.esus.com>
- Url – 28** <http://forum.shiftdelete.net>
- Url – 29** <http://www.yazilimciblog.com>
- Url – 30** <http://www.java2s.com/>
- Url – 31** <http://www.dijitalders.com/>
- Url – 32** <http://www.coderanch.com/>
- Url – 33** <http://forums.codeguru.com/>
- Url – 34** <http://www.onlinevideolecture.com/computer-programming>

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Eser İPEKSAÇ

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir – 21/11/1990

E-Posta: eser.ipeksac@windowslive.com

Lisans: Ege Üniversitesi / Eğitim Fakültesi – Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Öğretmenliği

Yüksek Lisans : Gediz Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü – Sistem Mühendisliği