

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK BİLİM DALI

**FAKTÖR ANALİZİ VE ELECTRE YÖNTEMİ İLE 2018
FİFA DÜNYA KUPASINA KATILAN ÜLKELERİN
SIRALAMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Özcan KÖYGÜLÜ

İstanbul, 2020

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK BİLİM DALI

**FAKTÖR ANALİZİ VE ELECTRE YÖNTEMİ İLE 2018
FİFA DÜNYA KUPASINA KATILAN ÜLKELERİN
SIRALAMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Özcan KÖYGÜLÜ

Danışman: DOÇ. DR. SELAY GİRAY YAKUT

İstanbul, 2020

ÖZET

Bu çalışmada hedeflenen amaç, istatistiksel yöntemler ile 2018 FİFA Dünya Kupasına katılan ülkelerin başarı sıralamalarının tespit edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda FİFA'nın açıkladığı başarı sıralaması ile FAKTÖR ANALİZİ ve ELECTRE yöntemi kullanılarak oluşturulan başarı sıralamalarının arasındaki oluşabilecek farklılıkların sebeplerinin, ülkelerin teknik kadrosu ve idari heyetleri tarafından araştırılması durumunda, ülkelerin turnuvadaki hataları ya da şans durumlarının ortaya çıkarılabilmesi ve bu sonuçların ilerideki turnuvalara ışık tutmasında önemli bir çıkarım olacaktır.

2018 FİFA Dünya Kupasına katılan ülkelerin başarı sıralamalarının belirlenmesi amacıyla oluşturulan ve analiz aşamasında önemli değişkenlerin belirlenmesinde kullanılan bir karar mekanizması yöntemi olan komünalite değerlerine bakılarak saptanan 22 değişkenden hareketle FAKTÖR ANALİZİ ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan ELECTRE yöntem ile çalışma yapılmak istenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda ise elde edilen başarı sıralamalarına göre şampiyonun Brezilya olması planlanırken şampiyon Fransa olmuştur. Öte yandan çalışma süresince elde edilen diğer sonuçlara bakılırsa Hırvatistan'ın da başarılı bir grafik çizdiğini söylemek mümkündür. 2018 Dünya Kupasında gerçekleşen de tam olarak bu şekildedir. Sonuç olarak bu çalışmada istatistiksel olarak kazanan ülkenin Brezilya ancak gerçekte kazanan ülkenin Fransa olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Spor, Futbol, Dünya Kupası, Başarı Sıralaması

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the success rankings of the countries participating in the 2018 FIFA World Cup using statistical methods. In line with this purpose, if the reasons for the differences that may occur between the success rankings announced by FIFA and the success rankings created using FACTOR ANALYSIS and ELECTRE method are investigated by the technical staff and administrative committees of the countries, the errors or chance situations of the countries in the tournament can be revealed and these results shed light on there will be an important implication.

Based on 22 variables determined by looking at community values, which is a decision mechanism method created to determine the success rankings of countries participating in the 2018 FIFA World Cup and used in determining important variables in the analysis phase, it was aimed to study with FACTOR ANALYSIS and ELECTRE, one of the multi-criteria decision making methods.

As a result of the analysis, Brazil was planned to be the champion according to the rankings obtained, while France became the champion. Judging by the other results, it is possible to say that Croatia has also drawn a successful graphic. That was exactly what happened at the 2018 World Cup. As a result, in this study, it is seen that the statistically winning country is Brazil, but the actual winner is France.

Key Words: Sport, Football, World Cup, Ranking of Success

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. FAKTÖR ANALİZİ	4
2.1. Faktör Analizi Tanımı	4
2.2. Faktör Analizinin Varsayımları.....	6
2.3. Faktör Analizi Modelleri.....	7
2.3.1. Basit Model.....	7
2.3.2. Çok Faktörlü Model.....	8
2.3.3. Oblik Faktör Model.....	9
2.4. Faktör Analizinin Aşamaları.....	10
2.5. Verilerin Faktör Analizine Uygunluğu	11
2.6. Faktörlerin Döndürülmesi	12
2.6.1. Dik Döndürme Teknikleri ve Özellikleri	13
2.6.1.1. Varimax	14
2.6.1.2. Quartimax	15
2.6.1.3. Orthomax	16
2.6.1.4. Equamax	17
2.6.2. Eğik Döndürme Teknikleri ve Özellikleri	17
2.6.2.1. Quartimin	18

2.6.2.2.	Covarimin	18
2.6.2.3.	Oblimax	19
2.6.2.4.	Binoramin	19
2.6.2.5.	Biquartimin	20
2.7.	Faktör Skorlarının Tahmin Edilmesi.....	20
2.7.1.	Bartlett Tekniği	21
2.7.2.	Thomson Tekniği	21
2.7.3.	Anderson ve Rubin Tekniği	21
2.8.	Önemli Faktörlerin Belirlenmesi.....	22
2.8.1.	Yamaç Eğim Grafiği	22
2.8.2.	Özdeğer Kriteri	23
2.8.3.	Joliffe Kriteri.....	23
2.8.4.	Toplam Varyans Yüzde Kriteri.....	23
2.8.5.	Açıklanan Varyans Kriteri	24
2.9.	Faktör Türetme Teknikleri	24
2.9.1.	Temel Bileşenler Analizi	24
2.9.2.	Temel Eksenler Analizi.....	26
2.9.3.	İmaj Faktör Çıkartma	27
2.9.4.	Maksimum Olabilirlik.....	27
2.9.5.	Ağırlıklandırılmamış En Küçük Kareler.....	28
2.9.6.	Genelleştirilmiş En Küçük Kareler	29
2.10.	Faktörlerin İsimlendirilmesi	30
2.11.	Faktör Analizi Çeşitleri.....	31
2.11.1.	R Tipi Faktör Analizi	31
2.11.2.	Açıklayıcı Faktör Analizi.....	31
2.11.3.	Doğrulamalı Faktör Analizi	32

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE ELECTRE YÖNTEMİ	34
3.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Kullanılan Kavramlar	36
3.2. Sıralama Problemleri.....	41
3.2.1. ELECTRE Yöntemi	44
3.2.1.1. Electre'nin Temel Kavramları	51
3.2.1.2. ELECTRE Yönteminin Aşamaları	53
3.3. Literatür Taraması.....	58
4. UYGULAMA	63
4.1. Araştırmanın Amacı.....	63
4.2. Araştırma Modeli	63
4.3. Araştırma Değişkenlerinin Belirlenmesi.....	63
4.4. Verilerin Analizi.....	65
4.5. Bulgular.....	65
4.5.1. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	66
4.5.2. Faktör Analizi İle İlgili Bulgular	68
4.5.2.1. Temel Bileşen Faktörü Analizi	70
4.5.2.2. Uygun Faktör Sayısının Belirlenmesi	70
4.5.2.3. Faktör Döndürme Yönteminin Seçimi	72
4.5.2.4. Faktör Ağırlıkları Kullanılarak Sıralamanın Oluşturulması	76
4.5.3. ELECTRE Yöntemi İle İlgili Bulgular	79
SONUÇ.....	84
KAYNAKÇA	87

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Karar Matrisi.....	37
Tablo 3.2. ELECTRE Yöntemleri.....	43
Tablo 4.1. Komünalite Değerleri.....	64
Tablo 4.2. 2018 Dünya Kupası Verilerinin İstatistikleri.....	66
Tablo 4.3. 2018 FİFA Dünya Kupası Başarı Sıralamaları ve Turnuva Sıralamaları.....	67
Tablo 4.4. KMO Uygunluk Testinin Öneri Düzeyleri.....	69
Tablo 4.5. KMO Bartlett's Uygunluk Testi.....	69
Tablo 4.6. Özdeğerlerin Belirlemesi.....	71
Tablo 4.7. Döndürülmemiş Faktör Matrisi.....	72
Tablo 4.8. Quartimax Döndürülmüş Matris.....	74
Tablo 4.9. Oluşturulan Faktör Skorları.....	76
Tablo 4.10. Özdeğerler.....	77
Tablo 4.11. Faktör Ağırlıkları ve Özdeğerlerle Elde Edilen Matris.....	77
Tablo 4.12. Elde Edilen Faktör Skorları.....	78
Tablo 4.13. ELECTRE Yönteminde Kullanılacak Veriler.....	79
Tablo 4.14. Normalize Karar Matrisi.....	80
Tablo 4.15. Ağırlıklar.....	81
Tablo 4.16. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi.....	81
Tablo 4.17. Genel Karşılaştırmalı Takım Sıralaması.....	82

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yamaç Eğim Grafiği.....	22
Şekil 3.1. ELECTRE I Yöntemi Sıralama İşlemi Akış Diyagramı.....	50
Şekil 3.2. Grafik Gösterim.....	52
Şekil 3.3. Çekirdek Grafik.....	53



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 4.1. Yamaç Eğim Grafiği.....	71
--	----



KISALTMALAR

ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
FİFA	: Uluslararası Birlik Futbolu Federasyonu
FA	: Faktör Analizi
KMO	: Kaiser-Meyer-Olkin
vb.	: ve benzeri
vd.	: ve diğerleri

1. GİRİŞ

Bireylere hayatları süresince karşı karşıya kaldıkları sorunlara çözüm bulma düşüncesi devamlı egemen olmuştur. Kişilerin olduğu kadar idarecilerin dünyası da şu an ile gelecek arasında değişim göstermektedir. Değişim alanında kişiler ve idareciler belirledikleri amaçlara erişmede sayısız problemlerle karşılaşmaktadırlar. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kişisel karar verme sürecinde karar vericilere yardımcı olmak için geliştirilmiş yöntemlerdendir.

Karar verme problemleri özelliklerine, karar vericinin politikasına ve kararın genel hedefine göre alternatif bir çözümün tercih edilmesi, alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralanması veya alternatiflerin sıralı ve önceden ifade edilmiş kategorilere atanması biçimindedir. Söz konusu atama şekli sınıflandırma olarak adlandırılır. Sınıflandırma problemleri mümkün olan daha yüksek sınıflandırma doğruluğunu ve tahmin yeteneğini gerçekleştirecek matematiksel modeller geliştirmek için, araştırmacıları bu tür problemleri geliştirmeye teşvik etmektedir. Bu alana diskriminant analizi gibi çok değişkenli istatistiksel analiz tekniklerinin yanında logit ve probit analizleri de dâhil olmak üzere doğrusal olasılık modelleri vb. birçok ekonometrik teknik hâkim olmuştur. Bununla birlikte bu alana hâkim olan yöntemlerin kısıtlayıcı istatistiksel varsayımları (örnek dağılımı, değişkenlerin bağımsızlığı vb.), yöntemlerin pratikte uygulanabilirliği ve kullanışlılığı üzerine eleştirilmiştir. Yöneylem araştırması ve diğer alanlardaki sürekli gelişmeler, birçok araştırmacının bu alanların yeni özelliklerinden yararlanmasına, daha verimli sınıflandırma yöntemleri geliştirmelerine neden olmuştur.

Çok kriterli karar verme teknikleri genel olarak seçim ve sıralama problemlerinde genellikle değerlendirilmesine karşın 1980'li yılların ardından sınıflandırma problemleri konusunda da önemli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Özellikle ÇKKV yöntemleri, sınıflandırma problemlerinden olan finansal başarısızlığın incelenmesi için önemli bir araçtır. Ayıca bu yöntemler, kısıtlayıcı istatistiksel varsayımlardan da bağımsızdır.

Sosyal ve ekonomik çalışmalarda, olayların çok sayıdaki değişkenin etkisiyle ortaya çıkması çok değişkenli istatistiksel analiz tekniklerinin kullanılmasını gerektirir. İstatistiğin önemli bir branşından olan çok değişkenli analizde, birbiri ile korelasyon halinde olan çok sayıda değişken söz konusudur. Bu analizde deney birimlerinden ölçüm veya gözlem yoluyla elde edilen değişkenler test edilir. 1930'lu yıllarda kullanılmaya başlanarak bugüne kadar birçok teknik geliştirilmiştir. Çok sayıda değişkenin olduğu bu tekniklerde asıl amaç, bilimsel araştırmaların yorumlanmasını ve özetlenmesini sağlamaktır.

Faktör analizinde önemli bir konu olan temel eksen faktörü, 1900'lü senelerin başında Karl Pearson tarafından bulunmuştur. İlk olarak Spearman tarafından 1904 yılında tek faktörlü ve iki faktörlü modeller olarak geliştirilen faktör analizinin yaygın kullanımı, 1970'li senelerde teknolojinin gelişmesiyle mümkün olmuştur (Büyüköztürk, 2002: 470- 483). 1919 senesinde Garnett, birden fazla faktör yapısını içeren modelleri tanıtmıştır. Daha sonra 1931 senesinde Thurstone, bu modeli geliştirmiş ve faktör rotasyonu tanımını da ortaya atmıştır (Tavşancıl, 2002: 154).

Boyutları minimize etmekte kullanılan faktör analizi, yüksek ilişkili değişkenleri bir araya toplayarak daha az sayıda faktör veya bileşen adı verilen yeni değişkenler bulmayı hedeflemektedir. Çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biri olan faktör analizi, ilk olarak psikoloji ile başlamıştır. Daha sonra başta sosyal bilimler olmak üzere biyoloji, botanik, ekonomi, tıp, ziraat gibi çeşitli uygulamalı bilim dallarında kullanılmaktadır.

Mücadele gerektiren sporlarda olduğu gibi futbolda da sporcuların performans düzeyleri ve takım olarak başarı seviyeleri belirli düzeyde kriterlere bağlı olarak değerlendirilmektedir. Sporcunun bireysel yetenekleri ve tekniği gibi kriterler dışında güçleri, motivasyonları ve psikolojik durumları futbolculara istatistiksel verilerin doğru iletilmesiyle ilişkilidir (Başkaya vd., 2017: 198). Bu futbolcuların başarılı olmalarındaki en önemli ilk faktör fiziksel dinamikleri ve motor özellikleri şeklinde bilinse de teknik kapasiteleri ve taktik düzeylerinin yüksek olması başarılı görülmelerindeki en önemli unsurlardandır (Cerrah vd., 2016: 7).

Futbol oyununda tabela performans düzeylerine bağı olarak bir değişkenlik içerisinde. Antrenörler oyun içerisinde değişik taktikler uygulayarak oyuna hâkim olmaya çalışırlar (İnce vd., 2018: 187). Bu antrenörler aynı zamanda karşı takım oyuncularını ve sistemlerini de analiz etmek zorundadır. Oyuncuların ve takımları tüm yönleriyle ele alıp güçlü ve zayıf yönlerini ayırt edebilir duruma gelinceye kadar incelemesi gerekmektedir. Video analiz teknikleri de antrenörlerin işini kolaylaştıracak istatistiksel veriler ortaya koymak için geliştirilmiştir (Michailidis vd., 2013: 53). Analiz konusu tüm futbol müsabakalarında oldukça önem arz etmektedir. Büyük organizasyonların oluşumuna sebebiyet veren futbol başarılı oyun sistemlerine ve bireysel yeteneklere sahip futbolcuların değerlendirilmesine ve incelenmesine katkı sağlamaktadır (Balyan vd. 2009). Bu analizler ve izlenimler günümüz futbolunun oldukça başarılı bir seyir izlemesine neden olmuştur (İmamoğlu vd., 2015: 162). Bu analiz yöntemiyle birçok değişken tarafından analize tabi tutulan futbolcuların performansları değerlendirilir duruma gelmiştir (Göral vd. 2012: 1020). Bu sistemin birçok avantajı bulunmaktadır. Veri girişleri yazılımlar sayesinde oluşturularak istatistiksel analizler anında elde edilir duruma gelmiş devamında istatistikleri kolayca futbolculara sunulmaktadır (Praça vd., 2019: 697).

Önceki çalışmalarda yapılan analizler takım düzey performanslarının ve başarı sıralamaları arasında oldukça güçlü bir ilişki görülmüştür (Sönmeyenmakas, 2008: 4). Ayrıca ortaya koyulan analizlerde antrenörlerin taktik becerilerine katkı sağlamanın yanında takımı istedikleri seviyelere getirebilme olanağı da sağlanmıştır (Praça vd., 2019: 698).

Futbolcular üzerinden yapılacak doğru analizler futbol seviyesini ilerletebilir böylece futbolcunun performans düzeyini de oldukça arttırmış olacaktır (Sarmiento, 2014). Dolayısıyla bu çalışmada ortaya koyulması planlanan amaç FIFA tarafından düzenlenen 2018 Dünya Kupası'nın analizler doğrultusunda incelenmesi ve değerlendirilmesidir.

2. FAKTÖR ANALİZİ

2.1. Faktör Analizi Tanımı

Çok değişkenli istatistiksel analizde, büyük boyutlu veri setlerinde, değişken sayısının çok olduğu ve birbirleriyle ilişkili değişkenlerin olduğu durumlarda, analizler zorlaşmakta ve istatistiksel anlamda iyi sonuç vermeyebilmektedir. Faktör analizi, aynı yapıyı ölçen ve benzer olguyu ifade eden çok sayıdaki değişkenden, az sayıda ve tanımlanabilir nitelikte anlamlı değişkenler yani faktörler elde etmeyi hedefleyen istatistiksel bir yöntemdir. Faktör analizi, birçok dalda araştırmacıların çok değişkenli istatistiksel analiz yapmak istediklerinde en çok tercih ettikleri yöntemlerden biri olup, biyoloji, kimya, tıp, ekonomi, gıda, genetik, jeoloji, meteoroloji, demografi ve sosyoloji gibi birçok bilim dalında sıkça kullanılmaktadır.

Günümüzde birçok istatistiksel çalışmada kullanılan faktör analizi (FA), birbirleri ile ilişki içerisinde bulunan birden fazla sayıdaki değişkeni belirli gruplar altında (faktörler) toplayarak anlamlı yeni değişkenler elde etmeyi amaçlayan çok değişkenli bir istatistiksel yöntemdir (Stapleton, 1997: 42). Literatür incelendiğinde çok sayıda farklı araştırmacının faktör analizi üzerine çalıştığı ve bu yönetime farklı tanımlar getirdiği görülmektedir. Daniel (1988), faktör analizini belirli bir grup değişkenin kovaryans yapısını incelemek ve çok sayıdaki değişkeni, gözlenemeyen az sayıdaki değişken altında toplamak amacıyla geliştirilen istatistiksel bir teknik olarak ifade etmiştir (Daniel, 1988; akt: Stapleton, 1997:43). Rennie (1997) tarafından yapılan tanıma göre ise faktör analizi, çok sayıdaki değişkeni maksimum varyansı açıklayacak az sayıdaki değişkene (faktöre) ulaştırmayı amaçlayan, değişkenler arasındaki ilişkiyi gözetken bir analiz tekniği olarak tanımlamıştır.

Faktör analizinin tarihi incelendiğinde yöntemin, 20. yüzyıl başlarında Spearman tarafından geliştirildiği ve literatüre kazandırıldığı görülmektedir. Yöntemin istatistik alanında yer edinmesi ise bilgisayar ve bilgi işlem teknolojisinde belirgin gelişmelerin yaşandığı 1970'li yıllara denk gelmiştir (Kline, 1994: 17). Yapılış amacına göre faktör analizi iki temel yönetime ayrılmıştır. Bu yöntemler açıklayıcı (keşfedici) ve doğrulayıcı faktör analizi olarak adlandırılmıştır. Açıklayıcı faktör analizi, değişkenler

arasında bulunan ilişkiden yola çıkarak yeni faktörler bulmayı hedeflerken, doğrulayıcı faktör analizi ise değişkenler arasında bulunan ilişkiyle belirlenen çalışma hipotezlerini test etmeyi amaçlamaktadır (Kline, 1994: 17, Pituch ve Stewens, 2016: 43, Tabachnick ve Fidell, 2001: 37).

Özetle, faktör analizi analiz kapsamındaki çok sayıda değişkenin, faktör olarak adlandırılan daha az sayıda değişkene dönüştürülmesi işlemidir. Araştırma yapısı düşünüldüğünde çok sayıda değişken ile çalışmak birçok bakımından zorlayıcı olacağından, az sayıda ve anlam bakımından bütünlük sağlayan faktörler ile çalışmak nispeten daha kolay ve etkili olacaktır. Sonuç olarak aralarında korelasyon bulunan değişkenler ile faktör adı altında yeni değişkenler oluşturularak, daraltılmış bu çerçeveye ile yeni istatistiksel yapılar kurulur (Özdamar, 2004: 67).

Analizin amacı çok sayıdaki değişken arasındaki ilişkiyi en iyi biçimde açıklayan en az sayıdaki faktörleri belirlemektir. Analiz sonucu elde edilen faktör yüklerinin yorumlanması, ile değişkenlerin arasındaki ilişkiler yorumlanabilir. Çok sayıdaki değişkeni en az bilgi kaybı ile az sayıda değişkene indirerek, bu yeni değişkenler (faktörler) regresyon, korelasyon ve diskriminant analizi gibi istatistiksel yöntemlerde kullanılabilir (Albayrak, 2006: 162).

Faktör analizinin kullanım alanları incelendiğinde özellikle, davranışsal alanlarda ve sosyal bilimlerde ölçek geliştirme alanında kullanılmakta olduğu görülmüştür (Sharma, 1996: 97).

Açıklayıcı faktör analizi yönteminde çok sayıdaki değişkenin arasındaki ortak yapılar yani faktörler keşfedilir ve bu keşif işleminde değişkenler arasındaki kovaryans matrisi kullanılır (Sharma, 1996: 97). Açıklayıcı faktör analizinde örneklem büyüklüğü ve varsayımlar dikkat edilmesi gereken hususlar olup analizin temel yapısını etkilemektedir (Hair vd., 1995: 88). Ayrıca, açıklayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen faktörlere yüklenen faktör yükleri serbest bir şekilde dağılmaktadır (Stevens, 2002: 37).

Açıklayıcı faktör analizinin belirli bir araştırma örneklemini üzerinde uygulanabilmesi için araştırma çerçevesinde toplanan verilerin metrik ölçüm içerisinde yer alan aralıklı veya oransal ölçek ile hatasız bir şekilde ölçülmüş olması gerekmektedir (Özdamar, 2004: 63).

Faktör analizinin diğer bir türü olan doğrulayıcı faktör analizinde ise araştırma çerçevesinde geliştirilmiş bir teorinin incelemesi yapılır ve ölçümler ile faktörler arasındaki ilişki bu teoriden yola çıkılarak araştırılır. Bu yöntemde teori doğrudan faktör analizi ile istatistiksel olarak test edilmekte ve açıklayıcı faktör analizinden farklı olarak, öne sürülen hipotezler test edilmektedir (Avşar, 2007: 42).

Doğrulayıcı faktör analizinde, açıklayıcı faktör analizinden farklı olarak değişkenler arasındaki yapılar ve faktörler ana hatları ile bilinmektedir. İlişki matrisinin kullanılması ise analiz sonucunu veya değişkenlerin ilgili faktörler altındaki dağılımını değiştirmemektedir. Özetle, açıklayıcı faktör analizi değişkenler arasındaki bilinmeyen ilişkiyi keşfetmeyi amaçlarken, doğrulayıcı faktör analizi değişkenler arasında varlığı bilinen ilişkinin doğrulanmasını amaçlamaktadır (Sharma, 1996: 37).

Bu ana başlık altında faktör analizi ile ilgili olarak sırasıyla faktör analizinin varsayımları, aşamaları, ve faktör modeli açıklanmış, faktör analizinin uygulanabilirliğini belirten uygunluk testlerine de yer verilmiştir. Çalışmada faktörleştirme yöntemlerinden temel bileşenler faktör yöntemi açıklanmıştır. Bu faktörleştirme yöntemi uygulamalarda en çok kullanılan yöntemidir. Daha sonra önemli faktör sayısı belirleme yöntemlerine değinilmiş ve faktör döndürme tekniklerine yer verilmiştir.

2.2. Faktör Analizinin Varsayımları

Faktör analizinin geçerli ve güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için verilerin metrik ölçüm yöntemlerine uygun olarak toplanmış olması tercih edilmektedir. Literatür ve araştırmalar incelendiğinde oran ölçekli ve aralık ölçekli değişkenlerin kullanıldığı faktör analizlerinde etkili sonuçların alındığı görülmektedir. Bunların dışında metrik olmayan sıralı ölçeklerin kullanıldığı araştırmalarda ise metrik yapıyı bozmayacak

Likert, Thurstone ve Goodman ölçekleri faktör analizinin yapılmasına imkân sağlamaktadır. Diğer bir taraftan faktör analizinin yapılabilmesi için değişkenler arasında orta düzeyde bir ilişkinin bulunması gerekmektedir. Genel olarak incelendiğinde veri setinde değişkenlerde çok sayıda ordinal veya nominal ölçekli değişkenin bulunması faktör analizi yapılmasını zorlaştırmaktadır (Özdamar, 2004: 48).

Klasik faktör analizlerinde değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu varsayıldığından, analizde incelenen değişkenler genel anlamda en azından aralıklı ölçek ile ölçülmüş olmaları beklenilmektedir. Aralıklı ölçek kullanımı değişkenlerin ağırlığını eşitlemekte ve faktör analizinin geçerliliğini ve güvenilirliğini arttırmaktadır. (Hair vd., 1995: 19)

Diğer bir varsayıma göre ise faktör analizinin doğru sonuç verebilmesi için değişken sayısının gözlem sayısından daha az olması beklenmektedir. Araştırmalarda faktör analizinin doğru sonuç verebilmesi için gözlem sayısının 100 üzerinde olması beklenir ve değişken sayısının da 4 veya 5 katı gözlem sayısı olması önerilmektedir (Hair vd., 1995: 20).

2.3. Faktör Analizi Modelleri

Faktör analizinde değişkenler arasında bulunan korelasyonun doğrusal oluşu, bir yönden çoklu regresyon analizine benzer.

2.3.1. Basit Model

$$X_i = A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + \dots + A_{im}F_m + U_i \quad (1.1)$$

şeklindedir.

X_i = Standartlaştırılmış i'inci değişken,

F=Ortak Faktör,

m=Ortak faktör sayısı,

A_{ij} =Ortak j faktöründe standartlaştırılmış çoklu regresyon katsayısı,

U_i =i'inci değişken için artık faktör şeklindedir.

Artık faktörler bir yandan önemli faktörlerle diğer yandan birbirleriyle korelasyon halindedirler. Gözlenen değişkenlerin doğrusal birleştirmelerini ortak faktörler ifade eder.

$$F_i = W_{i1}X_1 + W_{i2}X_2 + \dots + W_{ik}X_k \quad (1.2)$$

Burada;

k= Değişken sayısı,

W_i =Vektör skoru,

F_i = i' inci faktörün tahmini şeklindedir.

Analiz sonucunda ne kadar denklemin olduğu, kaç faktörün elde edilmiş olduğuna bağlıdır. Analiz içerisinde en yüksek değere sahip olan, birinci faktörün katsayısıdır (ağırlığıdır). Yani toplam varyansın içinde en büyük orana sahip olan birinci faktördür. Daha sonra ikinci, üçüncü vs. faktörler yerini alır (Nakip, 2006: 424-425).

2.3.2. Çok Faktörlü Model

Farklı bir model ile gösterilecek olunursa;

$$X_1 - \mu_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1m}F_m + \varepsilon_1$$

$$X_2 - \mu_2 = l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2m}F_m + \varepsilon_2 \quad (1.3)$$

$$X_p - \mu_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pm}F_m + \varepsilon_p$$

Burada;

$i=1,2,3,\dots,p$

$j=1,2,3,\dots,m$ olmak üzere

μ =Ortalama vektörü,

X= Rassal değişken,

l_{ij} = i'inci değişkenin j'inci faktör üzerindeki yükü,

L = Faktör yükleri matrisi,

ε = Artık faktör,

F =Gözlenemeyen rassal değişken (Faktör)

şeklinde belirtilir.

Modelde bulunan $X_1-\mu_1, X_2-\mu_2, \dots, X_p-\mu_p$ şeklindeki sapmalar özgün faktör ε ve gözlenemeyen değişken F olmak üzere $(p+m)$ tane rassal değişken yardımıyla açıklanmaya çalışılır. Bununla beraber ε ve F rassal değişkenleri bazı varsayımları sağlamak zorundadır. Bunlar;

$$1) E(F) = 0_{m \times 1}$$

$$2) \text{Cov}(FF') = E(FF') = I_{m \times m}$$

$$3) E(\varepsilon) = 0_{p \times 1}$$

$$4) \text{Cov}(\varepsilon \varepsilon') = E(\varepsilon \varepsilon') = \psi \begin{bmatrix} \psi_1 & 0 \dots & 0 \\ \vdots & \psi_2 & \vdots \\ 0 & 0 \dots & \psi_p \end{bmatrix}$$

5) ε ile F birbirlerinden bağımsız olduklarından;

$$\text{Cov}(F, \varepsilon) = E(\varepsilon F') = 0_{p \times m}$$

şeklinde belirtilir (Bartholomew, 1984: 221-232).

2.3.3. Oblik Faktör Model

$$X_{px1} = \mu_{px1} + L_{pxm}F_{mx1} + \varepsilon_{px1}$$

$$X_{px1} - \mu_{px1} = L_{pxm}F_{mx1} + \varepsilon_{px1} \quad (1.4)$$

Burada;

ε_i = i'inci artık faktör,

F_j = j' inci faktör,

μ_i = i' inci değişkenin ortalaması,

L_{ij} =i' inci değişkenin j' inci faktör üstündeki yükü

şeklinde ifade edilir. Faktörlerin korelasyonlu olması halinde, $Cov(FF')$ köşegen birim matris olmaz (Özgür, 2003: 64).

2.4. Faktör Analizinin Aşamaları

Faktör analizinin ilk aşaması analizi gerçekleştirmek için gerekli olan verilerin elde edilmesi ve varyans-kovaryans matrisinin oluşturulmasıdır. Analizi gerçekleştirmek için gereken yöntemin varyans-kovaryans veya korelasyon matrisinin olup olmayacağı araştırmacı tarafından ölçeklere ve birimlere göre belirlenebilir ve analizin diğer aşamalarına geçilebilir. Diğer bir deyişle, birimler aynı ise kovaryans, farklı ise korelasyon kullanılır. Genel literatür incelediğinde bazı yöntemlerin bazı faktör analizi çeşitleri için ön plana çıktığı görülmektedir. Örneğin açıklayıcı faktör analizinde korelasyon matrisinin kullanılması daha doğru sonuçlar elde edilmesine yardımcı olmaktadır (Bozkır, 2015: 48).

Faktör analizinin ikinci adımı, analize dahil edilen değişkenler arasındaki korelasyon veya kovaryans ilişkisini geçerli ve yeterli bir düzeyde açıklayacak faktörleri belirlemektir. Ardından önemli faktör sayısını belirlemektedir.

Faktör analizinin sonraki adımında, elde edilen yapının daha kolay bir şekilde yorumlanabilmesi için yapının basitleştirilmesi yapılmaktadır. Bu amaçla döndürme adı verilen istatistiksel yöntemler kullanılmakta ve bu yöntemler dik ve eğik olmak üzere iki temel yönteme ayrılmaktadır.

Faktör analizinin son aşaması ise uygun bir şekilde elde edilen faktörlere değişkenlerin paylaştırılması sonrasında faktör skorlarının elde edilmesi işlemini kapsamaktadır. Böylece değişkenler arasındaki ilişkiden yola çıkarak elde edilen faktörlerin başka çalışmalarda özgün değişkenler olarak kullanılabilmesinin önü açılacaktır (Kim ve Mueller, 1986: 52).

Tabachnick ve Fidell'e (2007) göre korelasyon matrisinin kullanıldığı faktör analizlerinde yedi temel aşamada bulunmakta ve bu aşamalar:

- Analize konu olacak değişkenlerin ve değişken kümesinin belirlenmesi ve örneklem büyüklüğünün test edilmesi,
- Değişkenler arasında bulunduğu varsayılan ilişkiden yola çıkılarak korelasyon matrisinin bulunması ve bu korelasyon matrisi ile değişkenler arasındaki ilişkilerin varlığının belirlenmesi,
- Korelasyon matrisine faktör analizi uygulanarak, çok sayıdaki değişkenin tek çatı altında toplandığı faktörlerin elde edilmesi,
- Faktör sayısının belirlenmesi ve bu faktörlerin açıklanan varyans bakımından model ile uyumlu olup olmadığının değerlendirilmesi,
- Faktör analizi modelinde yer alan faktörlerin, isimlendirilmesi,
- Eğer varyansın açıklama gücü düşük ise veya değişkenlerin dağılımları düzensiz ise yorumlanabilirliği, geçerliliği arttırmak amacıyla faktörlerin döndürülmesi,
- Her bir değişkene dair faktör skorlarının değerlendirilmesi ve yorumlanabilmesi, olarak sıralanabilmektedir.

2.5. Verilerin Faktör Analizine Uygunluğu

Faktör analizinin doğru sonuçlanabilmesi için değişken sayısının, gözlem sayısından daha az olması beklenir. Bilimsel araştırmalarda faktör analizinin yapılabilmesi için gözlem sayısının genel olarak 100 ve 100'ün üzerinde olması gerektiği önerilir. (Hair vd., 1998: 87).¹

Örneklem büyüklüğünü belirlemede geliştirilen üç yöntem vardır. Bunlar Bartlett Testi, Korelasyon matrisinin oluşturulması ve Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

¹ Analizde; değişken sayısının 4 veya 5 katı kadar gözlem sayısı istenirken, daha uygulanabilir olması açısından ikiye bir oranının kullanıldığı da görülmektedir.

yöntemleridir. En yaygın şekilde kullanılan KMO yöntemi, kısmi korelasyon katsayılarının büyüklükleriyle gözlenen korelasyon katsayıları büyüklüklerini kıyaslayan bir göstergeye dayanır (Kalaycı, 2010: 322);

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} q_{ij}^2} \quad (1.5)$$

Burada;

$\sum_{i \neq j} q_{ij}^2$ =kısmi korelasyon katsayılarının kareleri toplamı,

$\sum_{i \neq j} r_{ij}^2$ =korelasyon katsayılarının kareleri toplamı

Kısmi korelasyon katsayılarının kareleri toplamı, korelasyon katsayılarının kareleri toplamına oranla küçüldükçe, KMO ölçütü 1'e yaklaşır. Veri setinin uygun olup olmadığına karar verilirken, KMO ölçütünün aşağıda verilen aralıklardan hangisine denk geleceğine bakılır. Bu aralıklar;

- 0,50 ve altı: kabul edilemez,
- 0,50 ve üzeri: kötü,
- 0,60 ve üzeri: orta,
- 0,70 ve üzeri: iyi,
- 0,80 ve üzeri: çok iyi,
- 0,90 ve üzeri: mükemmel şeklindedir.

Çok iyi bir faktör analizinde 0,50'den büyük değerler kabul edilebilirken, 0,80'den büyük olan KMO değeri daha uygundur (Cengiz, 2007: 357).

Faktör sayısı azaldığında, değişken sayısı arttığında ve örneklem büyüklüğü arttığında faktör analizinde örneklem büyüklüğünü belirlemede kullanılan bu KMO değeri de artar (Khalaf, 2007: 6).

2.6. Faktörlerin Döndürülmesi

Faktör analizinin yapıldığı bazı durumlarda doğrudan faktör yüklerinden yola çıkılarak yorumlama yapmak zor olabilmektedir. Bundan dolayı elde edilen faktörleri

belirli bir açı ile döndürmek faktör yapısını ve dağılımını daha kolay yorumlama yapmaya uygun hale getirebilmektedir. Faktör döndürme yapılmasının amacı, faktör analizi sonucunda isimlendirilebilir ve yorumlanabilir faktörlere ulaşmaktır.

İyi sonuçlanan bir faktör analizinden bir takım beklentiler bulunmaktadır. Bu beklentiler; kavramsal anlamlılığın olması, faktörler arasında bağımsızlığın sağlanması, çok sayıdaki değişkenin az sayıda faktöre (boyuta) indirgenmiş olmasıdır. Faktör analizinde kavramsal anlamlılığın elde edilebilmesi için çoğunlukla faktörlerin döndürülmesi ve yorumlamayı kolaylaştırılacak yeni faktörlere dönüştürülmesi gerekmektedir (Tavşancıl, 2002: 152).

Faktör döndürme işleminde belirli bir faktör altında belirli bir değerde yüklenen faktörlerin yükü, bir faktörde azalırken diğer bir faktörde artmakta, nispeten daha orantılı bir şekilde özdeğerler dağılmakta ve genel anlamda yorumlama yapılmasını daha da kolaylaştırmaktadır. Bu sayede faktörler kendileri ile yüksek korelasyon ilişkisinde bulunan diğer değişkenler ile aynı faktör altında gruplanmaktadır (Büyüköztürk, 2002: 27). Diğer bir tanıma göre ise faktör döndürme; faktörler arasında ortogonalite sağlanması ve faktör yüklerinin dik açı bir hale getirmek amacıyla faktör eksenlerinin uygun bir açı ile döndürülmesini ifade etmektedir (Özdamar 2004: 36).

Literatür incelendiğinde faktör döndürme için iki farklı tekniğin ele alındığı görülmektedir. Bunlar; dik ve eğik döndürme yöntemleridir. Dik döndürme yönteminde faktörler arasında bir korelasyon ilişkisi bulunmazken, eğik döndürme yönteminde faktörler arasında bir korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. Ek olarak faktör döndürme sonucunda toplam açıklanan varyans değişmezken faktörlerin kendi varyansları değişmektedir (Büyüköztürk, 2002: 29).

2.6.1. Dik Döndürme Teknikleri ve Özellikleri

Ortogonal, diğer bir ifade ile dik döndürme tekniği faktör ekseninin 90 derecelik dik bir açı ile değiştirildiğinde eksenlerin pozisyonlarının değişmediği döndürme yöntemidir. Literatürde yer alan ortak kanı; faktör analizi sonucunda yük değeri %32'den yüksek değişkenlerin yorumlanabileceği yönündedir (Cormey ve Lee,

1992: 37).²

Dik döndürme tekniklerinin belli başlı tekniğe has özellikleri bulunmaktadır. İlk olarak, dik döndürme yönteminden sonra elde edilen faktörlerin açıklanan varyans değerleri ile dik döndürme yöntemi uygulanmadan önceki açıklanan varyans değerleri birbirine eşit olmaktadır. Fakat faktörlerin varyansı açıklama güçleri kendi başına incelendiğinde değerlerin yöntem öncesinde ve sonrasında farklılık gösterdiği görülmektedir.

İkinci olarak, dik döndürme yöntemi sonrasında, faktörler arasında istatistiksel olarak bir korelasyon ilişkisi bulunmamaktadır, bu durum da faktörlerin eksen üzerinde aralarında bulunan açının kosinüsünün sıfıra eşit olduğunu göstermektedir.

Üçüncü olarak, döndürme işleminden önce ve sonra elde edilen faktörlerin varyansı açıklama gücü eşit olurken sayısı birbirinden farklı olabilmektedir (Süzülmüş 2005: 76).

2.6.1.1. Varimax

Varimax döndürme tekniği, en sık kullanılan faktör döndürme tekniği olmaktadır. Bu teknik temelinde elde edilen varyans değerinin maksimize edilmesine dayanmaktadır. Bu tekniğe göre her bir faktörün açıklanan varyansının maksimize olması sağlanarak değişken en az sayıda, en anlamlı olacak şekilde faktörler altında toplanmaya çalışılmakta ve faktör yapısı basitleştirilmeye çalışılmaktadır.

$$Max V = p \sum_{l=1}^m \left(\sum_{j=1}^p \frac{l_{lj}}{h_j} \right)^4 - \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^p \frac{l_{ij}^2}{h_j^2} \right)^2 \quad (1.6)$$

V : j . faktör için ağırlıkların karelerinin varyansı,

l_{ij} : i . değişkenin j . faktör üzerindeki yükü

olmak üzere Varimax döndürme tekniğinin formülasyonu yukarıda yer almaktadır

² Yük değeri %32 ile %45 arasında bulunan değerler varyansı %10 oranında açıkladığından zayıf, %46 ile %55 arasında bulunan değerler varyansı %20 oranda açıkladığından orta ve %56 ile %63 arasındaki değerler ise varyansın %30'unu açıkladığından iyi, %64 ile %71 arasında bulunan değerler varyansın %40'ını açıkladığından çok iyi ve %71'den büyük olan değerler varyansın %50'sini ve daha yukarısını açıkladığı için mükemmel olarak değerlendirilmektedir

(Sayılğan, 2015: 56).

Bu formülde; V değerinin maksimize edilmesi amaçlamakta ve bu doğrultuda maksimum yapacak 0 açısına göre T 2×2 boyutlu elde edilen dönüşüm matrisinin formülü aşağıda sunulmuştur:

$$T = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (1.7)$$

Elde edilen bu matristen sonra V değerini maksimize edecek dönüştürülmüş faktör yükleri matrisi:

$$D_{p \times 2} \sim A_{p \times 2} T_{p \times 2}$$

şeklinde elde edilmektedir. Burada D dik dönüştürülmüş yüklerin matrisini göstermektedir. Bu faktör yöntemi ile amaçlanan daha basit yapıya ulaşmak amacıyla, öncelik faktör yükleri matrisindedir ve her sütunda bulunan çok sayıdaki faktör yük değeri 0 'a yaklaştırılmışken, geriye kalan diğer faktör yük değerleri de 1 'e yaklaştırılmaktadır. Bu teknikte diğer faktör döndürme tekniklerinde olduğu gibi faktör analizi sonucunun daha iyi yorumlanabilmesi amacıyla döndürme işlemi yapılmaktadır (Tatlıdil, 1992: 146).

2.6.1.2. Quartimax

Quartimax döndürme tekniğinde, basitleştirilmiş, kolay yorumlanabilir bir yapıya ulaşmak için faktör yüklerinin oluşturduğu matrisin satırları dikkate alınmaktadır. Bunun anlamı; bir satırdaki değer küçültülüp 0 'a yaklaştırılırken diğer satırdaki değer ise yükseltilip 1 'e yaklaştırmaktadır. Quartimax döndürme tekniği iki faktörlü yapılarda en iyi sonuç veren döndürme tekniğidir (Tavşancıl, 2002: 53). Literatür incelendiğinde bu tekniğinin uygulanmasının temel amacı; faktör yüklerinin dördüncü kuvvet mertebesinde basitleştirilmiş bir hale getirilmesidir. Bu amaca ulaşmak amacıyla, yük matrisleri daha basit bir hale getirilmekte ve her bir varyansın yükü maksimize edilmektedir. Ayrıca bu yöntemde basıklık katsayısı maksimize edilerek yorumlamanın kolaylaştırılması amaçlanmaktadır

$$\text{Max } Q = \sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^m l_{ij}^4 \quad (1.8)$$

$$Max K = \sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^m l_{ij}^4 / (\sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^m l_{ij}^2)^2 \quad (1.9)$$

Q= Faktörün dördüncü mertebeden kuvvetler toplamı,

$l = i'$ nci değişkenin j' nci faktör üzerindeki yükü,

K=Basıklık katsayısı olmak üzere yukarıdaki formülde birinci faktörün kompleks yapısı maksimize edilmeye çalışılırken diğer faktörlerin daha basit hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca bu yöntemde basıklık katsayısı maksimize edilerek yorumlamanın kolaylaştırılması amaçlanmaktadır (Sayılğan, 2015: 53).

Literatür incelendiğinde Quartimax döndürme tekniği için kullanılan M ve N olarak adlandırılan farklı fonksiyonların kullanıldığı da görülmektedir fakat kullanılan bu M ve N fonksiyonları tekniğin orijinal fonksiyonları olan Q ve K fonksiyonlarına oldukça benzemekte ve analiz sonuçları da oldukça benzer çıkmaktadır (Tatlıdil, 1992: 147).

2.6.1.3. Orthomax

Diğer bir faktör döndürme tekniği olan Orthomax tekniği; formülünde yer alan q ağırlık katsayısına bağlı olarak diğer tekniklere geçiş sağlamaktadır.

$$Max R = aQ + bV = \sum_{l=1}^m \left[\sum_{j=1}^p l_{ij}^4 - \frac{q}{p} (\sum_{j=1}^p l_{ij}^2)^2 \right] \quad (1.10)$$

Burada;

a = Başlangıç yük matrisi,

b = Döndürülmüş yük matrisi,

$l_{ij} = i'$ nci değişkenin j' nci faktör üzerindeki yükü,

q =Ağırlık katsayısı,

Q = Quartimax fonksiyonu,

V = Varimax fonksiyonu,

R = Orthomax fonksiyonu

olmak üzere yöntemin formüle edilmiş yukarıdaki hali ile sunulmaktadır. Bu teknik, bir ara teknik olup Varimax ve Quartimax tekniklerinde kullanılan fonksiyonlar sonrasında elde edilen ana fonksiyonun, varyans bakımından maksimize edilmesine dayanmaktadır (Rao ve Sinharay, 2003: 136).

2.6.1.4. Equamax

Dördüncü faktör döndürme tekniği olan equamax tekniği temelinde Quartimax ve Varimax tekniklerinin birleştirilmiş bir şeklidir. Bu faktör döndürme tekniğinin ana amacı analiz faktörlerini basit bir hale getirmektir (Sayılın, 2015: 56).

Equamax faktör döndürme tekniği, elde edilen faktör yüklerinin g =Faktör sayısı/2 formülünde bir döndürmeyi içermektedir. Bu döndürme tekniğinin araştırmalarda sıklıkla kullanılmasının nedeni, hem faktör matrisindeki satırlarında yer alan yük değerlerinin hem de sütundaki yük değerlerinin birlikte değerlendirilmesidir (Tatlıdil, 1992: 149).

2.6.2. Eğik Döndürme Teknikleri ve Özellikleri

Literatür incelendiğinde eğik döndürme yöntemlerinin dik döndürme yöntemlerine oranla daha iyi sonuç verdiği ve kullanımının giderek arttığı görülmektedir. Eğik döndürme tekniklerinin dik döndürme tekniklerinden en önemli farklılığı, faktör eksenlerinin birbirlerine dik olması gerekmemesi ve her bir faktör diğer faktörlerden bağımsız olarak döndürülmesidir. Eğik döndürme tekniğinin uygulanması sırasında eksenlerin birbirlerine dik olmaması nedeniyle elde edilen faktör yüklerinin yorumlanmasında iki temel yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki araştırma değişkenlerinin eksen üzerinde belirlenen noktaların döndürülmüş eksenlerin üzerinde oluşturduğu izdüşümlerinin yorumlanmasıdır. Belirlenmiş bu noktaların eksen üzerindeki izdüşümleri temel eksenler olan x ve y eksenlerine paralel olan doğrular yardımı ile bulunmaktadır. Yöntemin uygulanması sonrasında elde edilen dönüştürülmüş eksenler üzerinde yer alan faktör yük değerlerine de örüntü yükleri ismi verilmektedir. Diğer faktör yükü yorumlama yönteminde ise, eksen üzerindeki noktaların eksenlere izdüşümleri dik doğruların yardımı ile elde edilmektedir. Elde edilen bu yeni eksenler üzerindeki yük değerlerine ise yapı yükleri ismi verilmektedir.

Bu yapı yükleri, faktörler ile esas değişkenler arasında bulunan gerçek korelasyonu gösteren katsayılarıdır (Saunders, 1961: 322; Tatlıdil, 1992: 145).

Eğik döndürme teknikleri bir takım spesifik özelliklere sahip olmaktadır. Bu özelliklerden ilki, örüntü yükleri ve faktör yapı yüklerinin ayrı matrisleri arasında belirgin bir farklılığın mevcudiyetidir. İkinci farklılık, faktör analizi sonrasında elde edilen korelasyon matrisinin dik faktörleri olması halinde, bu faktörlerin yüklerinin alacağı değer -1 ile +1 arasında değişmesidir. Eğik döndürme tekniğinde klasik korelasyon matrisinden farklı olarak bazı faktör yüklerinin değeri mutlak değerce 1'den büyük olabilmektedir. Üçüncü özellik ise, eğik döndürme yönteminde faktörler yardımıyla açıklanan toplam varyans değeri ve faktör yüklerden bir değişkenin ortak varyansı, yüklerin karelerinin toplamından hesaplanamamaktadır. Son özellik ise eğik döndürme tekniği sonrasında elde edilen faktörlerin birbirleri ile korelasyon halinde olmasıdır (Süzülmüş 2005: 74).

2.6.2.1. *Quartimin*

Carroll (1953) tarafından literatüre kazandırılan bu faktör döndürme yönteminde amaç, faktör yüklerine ait kareler toplamının minimize bir hale getirilmesidir.

$$\text{Min } N = \sum_{j=1}^p \sum_{l/p/1}^m l_{jl}^2 l_{jq}^2 \quad (1.11)$$

$l_{jl} = j$. değişkenin l . faktör üzerindeki yükü,

$l_{jq} = j$. değişkenin q . faktör üzerindeki yükü,

N = Faktör yüklerine ait kareler toplamı

olmak üzere teknik yukarıdaki gibidir. Faktör yüklerine ait kareler toplamının minimum olduğu durumda değişken birinci faktör hariç tüm faktörlerde sıfır katsayıdır.

2.6.2.2. *Covarimin*

Carroll (1953) tarafından geliştirilirken diğer bir yöntem olan Covarimin yönteminde aşağıda yer alan formülde C ile belirtilen hata varyansı minimize edilir.

$$\text{Min } C = \sum_{l < q = 1}^p \left(p \sum_{j=1}^p (l_{jl}^2/h_j^2)(l_{jq}^2/h_j^2) - \sum_{j=1}^p (l_{jl}^2/h_j^2)(l_{jq}^2/h_j^2) \right) \quad (1.12)$$

C=Faktör yüklerine ait hata kareler varyansı toplamı,

p= Değişken sayısı,

I_{ji} =j' nci değişkenin birinci faktör üzerindeki yükü,

l_{jq} = j' nci değişkenin q' uncu faktör üzerindeki yükü

l_{ji} = Eğik faktör yükü,

h_j =j' nci değişkenle tüm p faktörleri arasındaki ortak varyans,

olmak üzere teknik yukarıdaki gibidir.

2.6.2.3. Oblimax

Sanders (1961) tarafından geliştirilen Oblimax tekniğinde;

$$Max K = \sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^m l_{j1}^m / \left(\sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^m l_{j1}^4 \right)^2 \quad (1.13)$$

I_{ji} = j' nci değişkenin birinci faktör üzerindeki yükü olmak üzere basıklık katsayısının maksimize edilmesi amaçlanır (Büyüköztürk, 2002: 67).

2.6.2.4. Binoramin

Dickman (1960) tarafından literatüre kazandırılan bu yöntem özellikle yakın zamandaki araştırmalarda en sık olarak kullanılan faktör döndürme yöntemi olmuştur. Bu yöntemin kullanılmasının amacı, E ile belirtilen fonksiyonun minimize edilmesidir, bu fonksiyon ise Oblimin yönteminde yer alan fonksiyonun geliştirilmiş halini ifade etmektedir.

$$MinE = \sum_{1 \leq q \leq p} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^p \left(\frac{l_{jl}^2}{h_j^2} \right) \left(\frac{l_{jq}^2}{h_j^2} \right)}{\sum_{j=1}^p \left(\frac{l_{jl}^2}{h_j^2} \right) \left(\frac{l_{jq}^2}{h_j^2} \right)} \right\} \quad (1.14)$$

E=Binoramin fonksiyonu,

I_{ji} =j' nci değişkenin l' nci faktör üzerindeki yükü,

l_{jq} = j' nci değişkenin q' uncu faktör üzerindeki yükü,

$h_j=j'$ nci değişkenle tüm p faktörleri arasındaki ortak varyans,

olmak üzere minimum olması istenen Binoramin tekniği yukarıdaki formülasyonda sunulduğu gibidir (Tatlídil, 2002: 142).

2.6.2.5. Biquartimin

Bu teknikte covarimin ve quartimin tekniklerinde kullanılan fonksiyonlar beraber bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanımının temel amacı aşığıdaki formülde B ile belirtilen Biquartimin fonksiyonunu minimize etmektir.

$$\text{Min } B = Q + \frac{C}{p} \quad (1.15)$$

B = Biquartimin fonksiyonu,

Q =Quartimin fonksiyonu,

C =Covarimin fonksiyonu,

p =Değişken sayısı

olmak üzere Biquartimin tekniği yukarıda formül ile uygulanmaktadır (Carroll, 1957: 192).

2.7. Faktör Skorlarının Tahmin Edilmesi

Her bir faktörden doğrudan ölçülen skorların tahminine faktör skoru denilmektedir.

Faktör analizinde genelde faktör modelindeki parametreler üzerinde ilgi yoğunlaşmakla birlikte ortak faktörlerin değerlerinin tahminleri de önemli bir husustur.

Faktör değerleri, F_j , $j=1,2,...,n$ gözlenemeyen fakat rastgele olan faktörlerin tahminleri olmak üzere, bu tahmin değeri $\hat{f}_j$, her bir birim için F_j 'den elde edilen f_j 'nin tahmin değeridir.

Faktör skorlarının tahmini için bazı yaklaşımlar söz konusudur. Bu yaklaşımlar ağırlıklı en küçük kareler ve en küçük karelerdir. Bu yaklaşımların iki ortak öğeye sahip olduğu söylenebilir:

- l_{ij} faktör ağırlıkları ve ψ_i özel varyansların tahmini,
- Özgün verilerin doğrusal dönüşümlerini içermeleri.

Burada; faktör değerleri hesaplanacağı zaman, faktör döndürmesi yapılmamış ağırlıklar için, faktör döndürmesi yapılmış ağırlıkların elde edilmesiyle farklılık göstermeyecektir. Dolayısıyla iki ağırlık arasında fark oluşmayacağı ifade edilmelidir (Johnson ve Wichem, 2002: 214).

Comrey ve Lee (1992) faktör skorlarını tahmin ederken her bir faktör altında bulunan ve yüksek faktör yüklerine sahip olan değişkenlerin skorlarının toplanmasını temel olarak ele almıştır. Bu yöntemde diğer değişkenlere göre görece daha yüksek standart sapmaya sahip değişkenlerin faktör yüklerine katkısı daha fazla olmaktadır. Günümüzde faktör skorlarının tahmininde bilgisayar tabanlı paket programlar kullanılmaktadır. Bu programlarda en fazla kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir (Özgür, 2003: 49).

2.7.1. Bartlett Tekniği

Bartlett (1950) tarafından geliştirilen bu teknikte özgün faktörlerin katkısını n tane örneklem üzerinden, ortak faktörlerin katkısını ise p değişken üzerinden her biri için minimize edilmesi amaçlanmaktadır (Sayılğan, 2015: 37).

2.7.2. Thomson Tekniği

Thomson (1939) tarafından literatüre kazandırılan bu teknik en eski skor belirleme tahmin yöntemi olmakta ve temel olarak Bartlett tekniği ile büyük benzerlikler göstermektedir. Tekniğin temelini oluşturan regresyon kuralına göre faktör analizinde yer alan her bir değişkenin değişimi minimize edilerek, n tane ölçüte ait bir kümede bulunan faktörlerin beklenen değerleri tahmin edilirken, Bartlett yönteminde ise ortak faktörler olabildiğince hesaba katılarak her bir ölçüte dair değişim değerlendirilmektedir (Kendal ve Lawley, 1956: 83).

2.7.3. Anderson ve Rubin Tekniği

Anderson ve Rubin (1956) tarafından literatüre kazandırılan bu tekniğin amacı herhangi bir araştırmada faktör analizi sonucunda elde edilen faktörlerin arasında bir

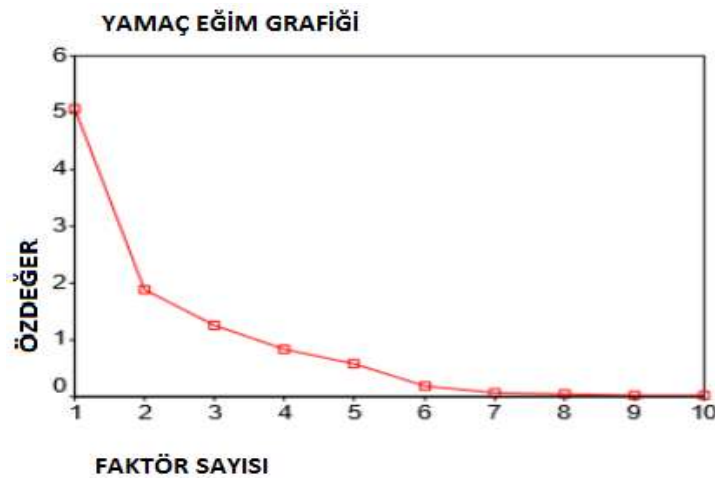
korelasyon ilişkisi bulunsa dahi birbirinden bağımsız faktör skorları elde etmektedir. Bu tekniğe göre faktör skorlarının standart sapması sabit olarak bir değerinde ortalaması ise sıfır olmaktadır. Regresyon yaklaşımına benzer şekilde faktör skorları, kendilerine ait faktörler ile korelasyon halindedir. Ancak bazı durumlarda başka faktörlerle de korelasyon halinde olabileceklerinden yanlış tahminler vereceklerdir. Korelasyonun bulunmadığı skorlara ihtiyaç duyulduğu takdirde, tercih edilecek en iyi yöntem Anderson ve Rubin yaklaşımı olmaktadır (Tabachnick ve Fidell, 2007: 404).

2.8. Önemli Faktörlerin Belirlenmesi

Bu adımda asıl amaç, değişkenlerin arasında bulunan korelasyonu en yüksek mertebeye temsil edecek daha az sayıda faktör elde etmektir. Elde edilecek faktörlerin hangilerinin önemli olduğunun belirlenmesinde kullanılan yöntemler vardır. (Yılmaz, 2012: 38). Bu yöntemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

2.8.1. Yamaç Eğim Grafiği

Özdeğerlerin çizimine dayalı olan bu yöntem, Cattell tarafından geliştirilmiştir. Bu kriterde, faktör sayısı 1, 2,...,p şeklinde X ekseninde ve öz değerler veya öz değerlerin varyans açıklama oranları Y ekseninde bulunmak üzere, XY koordinat düzende çizgi eğim grafiği oluşturulur. Faktör sayısı artarken öz değerlerde meydana gelen hızlı düşüşe denk gelen sayıya, önemli faktör sayısı adı verilir (Lewis-Beck, 1994: 76).



Şekil 2.1. Yamaç Eğim Grafiği (Kaynak: Khalaf, 2007)

Şekil 2.1 örneğinde, en hızlı düşüş birinci ve ikinci faktörlerin arasında ortaya çıkmaktadır. Birinci faktörün varyans açıklama oranı $5/10=0.50$, ikinci faktörün varyans açıklama oranı $1,9/10=0,19$ olmakla birlikte, bu iki faktör tarafınca açıklanan toplam varyans %69'dur³.

2.8.2. Özdeğer Kriteri

Özdeğer, kaç tane önemli faktör olacağına karar vermek için ve her bir faktörce açıklanan varyans oranının hesaplanmasında kullanılan bir katsayı olup, her bir faktör yükünün karelerinin toplamıdır. Faktörün açıkladığı varyans arttıkça, özdeğer de artar (Tatlídil, 1992: 142).

Kaiser tarafından önerilen bu ölçüt pratikte en yaygın kullanılan yöntemlerden olup literatürde Kaiser Ölçütü şeklinde de geçmektedir. Bu kritere göre anlamlı kabul edilen öz değerler, 1'den büyük olan ($\lambda > 1$) özdeğerlerdir. Böylelikle 1'den büyük özdeğer sayısınca anlamlı faktör üretilmektedir (Khalaf, 2007: 23).

Cattel'e göre değişken sayısının 20-50 arasında olması, bu kriterin en güvenilir olduğu durumdur. 20'den az değişken sayısının bulunduğu durumlarda, bu kriterin faktör sayısını azaltma meyli bulunmaktadır (Hair vd., 1998: 87-141).

2.8.3. Joliffe Kriteri

Bu kriter 0,7 ve daha büyük ($\lambda \geq 0,7$) değere sahip özdeğer sayısınca faktör sayısının (ilgili faktörlerin) alınmasının uygun olacağı ileri sürülmektedir. Bu yaklaşımda, Kaiser kriterinden iki kat daha fazla faktör tercih edilebilmektedir. Bundan dolayı bu kriter, değişken sayısının az olduğu zaman iyi sonuçla neticelenmeyebilir (Khalaf, 2007: 13).

2.8.4. Toplam Varyans Yüzde Kriteri

Bu kritere göre, Maksimum faktör sayısına ulaşmak için, ilave edilen her faktörün, toplam varyansın açıklanmasına yardımı %5'in altına düşmesi gerekmektedir (Kalaycı, 2010: 126).

³ Bu oranın yetersiz bulunması halinde üçüncü faktör de analize eklenerek, bu oran %80'in üzerine çıkartılması mümkündür.

2.8.5. Açıklanan Varyans Kriteri

İlk faktörün açıkladığı varyans değeri (λ_1/p) 1'e yakın ise, öteki faktörleri göz ardı etmek mümkündür. Bu kriter en basit ölçütlerden biridir. Eğer λ_1/p değeri 1'in çok altındaysa, her iki faktörce açıklanan varyans payı $((\lambda_1 + \lambda_2)/p)$ belirlenir. Hesaplanan bu değer de 1'in çok altında çıkarsa, üçüncü faktör incelenir. Özdeğerlerin açıkladığı birikimli varyans minimum %80 olana dek bu süreç sürdürülür.

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j/p \geq 4/5$$

koşulunda sağlanan en küçük m değeri, anlamlı faktör sayısı şeklinde nitelendirilmektedir (Özdamar, 2004: 38; Tatlıdil, 2002: 147).

2.9. Faktör Türetme Teknikleri

Faktör çıkartma tekniklerinde hedef, tekrar korelasyon matrisi (R) oluşturarak birbirlerine dik olacak şekilde faktörleri veya bir grup bileşenleri hesaplamaktır. Faktör çıkartma yöntemlerinden birçok farklı ölçüt kullanılmaktadır. Bu ölçütler, artık (residual) korelasyonlarını minimize etmek ya da varyansı maksimuma ulaştırmaktır. Çok sayıda değişkenin bulunduğu, örneklemin büyük olduğu ve benzer ortaklık değerleri bulunan veri için elde edilen bulgular arasındaki farklılıklar küçüktür (Tabachnick ve Fidell, 2014: 49).

2.9.1. Temel Bileşenler Analizi

Ölçüm araçlarında gözlenen değişkenleri farklılaştıran bu analiz, temel boyutları meydana çıkarır. Bileşenler, kavramsal yapının veya boyutların parçalarıdır. Temel bileşenler analizi; özetleme, toplama ve temsil etme kavramlarıyla açıklanabilir. Araştırmacı bu analizde her bir değişkeni gruplara ayırarak, her grubu da açıklayarak farklı faktörleri meydana getirmektedir. Bu çerçevede araştırmacı, temel bileşenler analizi ile elde edeceği sonuçları yorumlayacağı zaman değişkenleri, gruplayan ya da farklı hale getiren faktörler şeklinde betimlenmelidir. Temel bileşenler analizinde meydana gelen bileşenlerin arasında yüksek düzeyde korelasyon olması beklenmez. Başka bir ifadeyle, bu bileşenler birbirlerinden bağımsızdırlar. Temel bileşenler analizi, değişkenler gruplara ayrıldığında, değişkenler arasındaki ortak faktörü temsil

etmemektedir. Bu da ortak faktör analizinde yer alan hata varyansının, özgün varyansın ve ortak varyansın birlikte hesaplanmasından kaynaklanmaktadır (Şencan, 2005: 39).

Temel bileşenler analizinin amacı, her bir bileşen için varyansı maksimuma çıkarmaktır. İlk temel bileşen, bileşen puanlarının varyanslarını maksimum seviyeye ulaştırarak, konuları birbirinden en fazla ayıran gözlenen değişkenlerin lineer bir birleşimidir. İkinci temel bileşen ise, artık korelasyonlardan meydana gelir. Bu artık korelasyon; maksimum değişkenlik çıkaran ve birinci bileşenle ilişkisi bulunmayan gözlenen değişkenlerin lineer bir birleşimidir. Diğer değişkenler ise artık korelasyonlardan en fazla değişkenlik çıkarmaktadır. Diğer tüm çıkarılanlar, bileşenlere dik biçimdedir. Temel bileşenler analizinin çözümü matematiksel olarak tektir ve faktör analizi için ilk basamak olan bu analiz, çok sayıda değişken, daha az sayıda bileşenlere indirgemeyi sağlar. Temel bileşenler analizi, ilk bileşenden son bileşene kadar maksimum varyansı çıkaran sıralamayı yapar. (Tabachnick ve Fidell, 2014: 59).

Kline (1994)'in görüşüne göre Temel bileşenler analizi, matrisin karakteristik eşitliğini bularak, korelasyon matrisini hesaplayabilmektir. Bu eşitliği belirleyen iki önemli nokta mevcuttur. Bunlar;

- Özdeğer, karakteristik kök veya örtük kökler: Her bir faktör tarafınca açıklanan varyansın oranını, her bir faktör için faktör yüklerinin kareleri toplamı verir. Söz konusu bu toplam varyansın miktarı ise, özdeğer ya da karakteristik kök (I_a) olarak nitelendirilir.
- Matrisin karakteristik vektörü: özdeğer vektörü veya örtük vektör olarak da nitelendirilir. Örtük vektörün sembolü V_a ile gösterilmektedir. Bu vektör, matristeki sayılardan oluşan satır ya da sütunlardan meydana gelir.

Temel bileşenler analizi, belirtilen bu iki değer hesaplanarak uygulanabilir (Karaman, 2015). Hesaplanan değişkenlerin mükemmel güvenilirlikte olduğu varsayılır. Ancak bu her zaman mümkün olmayacaktır. Bu nedenle analiz, varyansı yeniden üretir ya da anakütleden hareketle temsil edilecek daha fazla örnekleme gösterir. Örneklem anakütlesini temsil etme düzeyi yüksekse, örneklemdaki faktörler de anakütle faktörleriyle eşleşme eğiliminde bulunurlar (Thompson, 2004: 35).

Temel bileşenler analizinde korelasyon matrisi birim matristir ve köşegen matris elemanları 1' dir. Bileşenler analizinde köşegen matris elemanları da “1” olduğundan dolayı, özgün varyans ve ortak varyans ayrımı yapılamamaktadır. Faktörleri belirleyen değişkenler sayesinde bu ayrım ortak faktör analizinde sağlanabilir. Fakat faktör analizindeki korelasyon matrisinde bulunan köşegen 1'den küçüktür. Bunun sebebi, faktör analizinin ortak varyansı analiz edişi ve bu değerin 0 ile 1 arasında oluşudur (Kline, 1994: 19, Thompson, 2004: 37).

2.9.2. Temel Eksenler Analizi

Literatürde temel eksenler analizi; temel faktör analizi, ortak faktör analizi ya da yalnızca faktör analizi şeklinde de adlandırılır ve hepsi de aynı analizi tanımlar. Temel eksenler analizinin amacı, birbirini takip eden her bir faktör ile veri grubunda yer alan birbirine dik açılı en büyük varyansı ortaya koymaktadır (Tabachnick ve Fidell, 2014: 68). Korelasyon matrisinin köşegeninden ortak varyansın hesaplandığı temel faktör analizi tekniği, en fazla kullanılan faktör analizi yöntemidir (Harman, 1967: 96). Bu hesaplamalarda, başlangıç noktası şeklinde her bir faktörün diğer faktörlerle olan çoklu korelasyonun karesi kullanılır ve hesaplamalar tekrarlı yöntemlerle elde edilir. Ortak faktör üzerinde duran bu faktör çıkarma tekniğindeki ortak faktörler, genellikle bir gruptaki ölçülen birden çok değişkene etkisi olan ve bu ölçülen değişkenlerdeki korelasyonu açıkladığı varsayılan gizli değişkenler şeklinde betimlenir (Fabrigar vd., 1999). Ortak faktörler veya ortak olmayan faktörler olarak iki temel ögeye ayrılır.

Bu faktörler için iki temel unsur bulunmaktadır. Bunlar ortak veya ortak olmayan faktörler olarak ifade edilir. Ortak olmayan faktörler özel faktör ve hata faktöründen oluşmaktadır (Thurstone, 1958: 37). Temel eksenler tekniğinin önemli bir avantajı bulunmaktadır. Bu analizde ortak faktör varyansı, özgün ve hata varyansı çıkartılarak incelenir ve bu yöntem ilk olarak açıklanan faktör analizi temeline uymaktadır. Hedef en büyük varyansı çıkartmak olduğundan bazen temel eksenler tekniği korelasyon matrisi oluşturmada diğer faktör çıkartma teknikleri kadar iyi kabul edilmemektedir (Tabachnick ve Fidell, 2014: 59).

2.9.3. İmaj Faktör Çıkartma

Ortak faktör analizi modelinde bir belirsizlik söz konusudur. Ortak faktör analizi değişkenlerin özgün ve ortak parçalarını tam olarak açıklamada yeterli değildir. Ortak faktör analizi bu parçaların birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu söyler ama bu model, bir araştırmacının bu parçaları herhangi bir veri grubu için nasıl belirleyeceğini göstermez. Dolayısıyla burada özgün ve ortak varyansın belirgin olarak açıklanması gerekmektedir. Ortak faktör analizi ile ilgili bu belirsizliğin nedeniyle Gutman alternatif bir yöntem olan imaj yöntemini önermiştir (Mulaik, 1972: 86). Bu yöntem imaj faktörü olarak adlandırılır çünkü analiz diğer değişkenler tarafından “yansıtılan” gözlenen değişkenin varyansını faktörler boyunca dağıtmaktadır (Tabachnik ve Fidell, 2014: 67). Bir değişkenin imajı (yansıması), diğer değişkenler tarafından tahmin edilen parçasıdır. Bu tahmin etme süreci çoklu regresyon ile sağlanır. Şöyle ki her bir değişken diğer $v-1$ tane değişken tarafından uygun beta ağırlığı kullanılarak çoklu regresyon formülüne göre kestirilir. Antiimage (imaj karşıtı) değişken ise diğer değişkenler tarafından kestirilemeyen değişkendir (Gorsuch, 2008: 41). Bu yöntem diğer yöntemlerle benzerlikleri mevcuttur. Temel bileşenler analizinde olduğu gibi bu yöntem matematiksel olarak tek bir çözüm sağlar, çünkü R matrisinin pozitif köşegeninde sabit değerler yer almaktadır. Ayrıca temel eksenler ya da ortak faktör analizi gibi, köşegendeki değerler ortak varyans (communality) değerleridir (Thompson, 2004: 86).

Bu yönteme göre bir değişkenin ortak parçası diğer tüm değişkenler tarafından çoklu regresyon yöntemiyle kestirilen parçalardır. İşte bu değişkenin ortak parçası Gutman tarafından değişkenin imajı olup diğer bütün değişkenlerin temelidir. Özgün parça ise diğer değişkenler tarafından kestirilemeyen parçadır (Mulaik, 1972: 87). Bu kestirilen puanlardan bir kovaryans matrisi elde edilir. Bu imaj puan kovaryans matrisindeki varyans ortak varyanstır. Şuna dikkat edilmelidir ki imaj analizinin sonuçları yorumlanırken oradaki faktör yükleri korelasyonu değil değişkenler ile faktörler arasındaki kovaryansı gösterir (Tabachnick ve Fidell, 2014: 69).

2.9.4. Maksimum Olabilirlik

İlk olarak 1940’larda Lawley tarafından geliştirilen bu teknikte ana unsur, anakütle değişkenlerini örneklem istatistiklerinden tahmin etmektir. Maksimum

olabilirlik tekniğini tahmin etmek için ise örneklem ilişki matrisini maksimum yapan faktör yükleri ele alınır (Karaman, 2015: 39). Bu tekniğin önemli iki kazanımı vardır. İlk avantaj diğer faktör çıkartma yöntemlerinden farklı şekilde faktörler için anlamlılık testi imkânı sunmaktadır. Böylelikle araştırmacı oluşturduğu hipotez ile ilk olarak kaç faktör tespit ettiyse bu test ile hipotezini sınayabilir. İkinci bir avantajı ise, modelin uyumluluk oranının hesaplanmasına imkân sağlamasıdır. Bunlardan farklı olarak, çoklu normallik gösteren veri grubu için en iyi teknik, maksimum olabilirlik tekniğidir (Fabrigar vd., 1999: 283).

Maksimum olabilirlik tekniğini kullanabilmek için anakütle değişkenlerinin iki özelliğinin olması gerekir. Birinci olarak, örneklem büyüklüğünün artması nedeniyle gitgide anakütleye yaklaşmasından dolayı bu teknik anaküttelede yakınsamada maksimum olasılığa sahiptir. Diğer özellik ise, tahmin edilen parametreler örneklem boyunca en tutarlı minimum varyanslı değişkenlerdir. Ancak bu teknik yanlış sonuçlar doğurabilir (Gorsuch, 2008: 53).

2.9.5. Ağırlıklandırılmamış En Küçük Kareler

İlk olarak Comrey (1962)⁴ tarafından En Küçük Kalıntı Tekniği olarak isimlendirilmiştir. Daha sonrasında Harman ve Jones (1966)⁵ tarafından geliştirilmiştir.

Faktör analizinde kullanılan diğer bir faktör tahmin tekniği ağırlıklandırılmamış en küçük karelerdir. Gözlenen ve yeniden türetilmiş korelasyon matrisleri arasındaki kareler toplamı farkını minimuma indirmektedir. Bu aşamada öncelikle uyum fonksiyonunun birinci mertebe kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlenmekte ve parametre tahminleri elde edilmektedir. Sonrasında ise uyum fonksiyonunun ikinci mertebe kısmi türevlerinde tahmin değerleri yerlerine konulmakta ve matrisin pozitif tanımlı olması halinde uyum fonksiyonu en küçüklenmiş olmaktadır. Yani, ortak varyanslar çözümden sonra tahmin edilmektedir. Ağırlıklandırılmamış en küçük kareler

⁴ Araştırmacıların AFA ile ilgili yaptıkları çalışmalarda minimum örneklem sayısının $n=100$ ve $n=200$ olması gerektiği belirtilmiştir. Örneklem sayısının en az 100-200 olarak belirlenmesinin temel nedeni bu seviyede daha güvenilir sonuçlar elde edilmesinden dolayıdır.

⁵ Ağırlıklandırılmamış en küçük kareler analizi yönteminde köşegende değerler önemini yitirdiği için köşegen dışındaki değerler için maksimum varyans hesaplanır ve buradaki artık değerleri en küçük yapar. Bu yöntemin amacı gözlenen ve yeniden üretilen korelasyon matrisleri arasındaki farkların karesini en küçük yapmaktır.

ortak varyansın tahminini gerektirmediğinden, temel faktör tekniğinin tersi olarak yalnızca korelasyon matrisinin köşegen dışı elemanlarını kullanmaktadır. Yani ortak varyanslar, çözümden türetilmektedir. Çözümün bir neticesi olarak tahmin edilmemektedir (Çelik, 2018: 293).

Ağırlıklandırılmamış en küçük kareler metodunda en küçüklenmesi istenen uyum fonksiyonu aşağıdaki gibidir;

$$F_{AEKK}(\Lambda, \psi) = \frac{1}{2} tr[(R - \Lambda\Lambda' - \psi)^2]$$

Burada; R, gözlenen değişkenler arasındaki korelasyon matrisini ve $\Lambda\Lambda' + \psi$ ise türetilen korelasyon matrisini göstermektedir. Bu fonksiyon ψ 'ya bağlı olarak en küçüklenmekte olup, diyagonal olan spesifik varyans matrisidir. Ayrıca denklemde belirtilen tr ifadesi matrisin izini (trace) ifade etmektedir.

Ağırlıklandırılmamış en küçük kareler tekniği, gözlenen ve tahmin edilen korelasyon matrislerinin arasında bulunan farkı göz önüne almaktadır. Bu etapta ilk olarak uyum fonksiyonunun birinci dereceden kısmi türevleri alınır, sıfıra eşitlenir ve parametre tahminleri bulunmaktadır. Daha sonra ise, uyum fonksiyonunun ikinci dereceden kısmi türevlerinde tahmin değerleri yerlerine konulur. Matrisin pozitif tanımlı bulunması sonucunda uyum fonksiyonu minimum olmalıdır.

Ağırlıklandırılmamış en küçük kareler tekniğinin en çok kullanıldığı yer, veri kümesinin Normal dağılımdan sapmasının yüksek olduğu durumlardır. Tekniğin dezavantajı ise ağırlıklandırılmamış en küçük kareler tekniği sonuçlarının, değişkenlerin ölçeğindeki değişimden etkilenmesi yani ölçek değişmezliği özelliğine sahip olmamasıdır. Dolayısıyla ağırlıklandırılmamış en küçük kareler tekniği sonuçları, varyans-kovaryans matrisi yerine korelasyon matrisi kullanılarak analiz yapıldığında farklılık göstermektedir (Çelik, 2018: 293).

2.9.6. Genelleştirilmiş En Küçük Kareler

Ağırlıklandırılmamış en küçük kareler gibi faktör tahmin tekniklerinden biri olan genelleştirilmiş en küçük kareler tekniği, yeniden türetilmiş ve gözlenen

korelasyon matrisleri arasında bulunan kareleri toplamının farkını minimuma indirmektedir.

Ağırlıklandırılmamış en küçük kareler ve genelleştirilmiş en küçük kareler teknikleri arasındaki fark ise genelleştirilmiş en küçük kareler tekniğinde korelasyonlar, değişkenlerin spesifik varyanslarıyla ters orantılı olarak ağırlıklandırılarak en küçükleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

2.10. Faktörlerin İsimlendirilmesi

Faktör analizinde faktörlerin isimlendirilmesi zaman zaman araştırmacıları zorlayan bir durum olmaktadır. Bunun nedeni ise değişkenlerin faktörlere yüklenmelerinin anlamsız durumlara yol açabilmesidir. Örneğin birbirleri arasında korelasyon göstermeyen değişkenlerin aynı faktör altında bulunması istatistiksel olarak açıklanamamaktadır. Bu durumlarda faktör isimlendirmesi yapılırken, faktör yükü en fazla olan değişken esas alınmakta ve faktörler faktör yüklerine göre isimlendirilmektedir. Literatür incelendiğinde isimlendirme için bir takım şartların öne sürüldüğü görülmektedir.

Bu şartlar aşağıdaki gibidir;

- İki veya daha fazla sayıda anlamlı bir şekilde yüklenmiş değişken bulunduran faktörler ortak faktör olarak kabul edilmektedir.
- Faktör isimlendirmesinde, faktör altında yer alan yüksek değerle yüklenmiş az sayıdaki değişken dikkate alınabilir.
- Faktör yüklenme değeri 0,7'den küçük olan madde veya değişkenlerin yorumlanırken, başka faktörler altında da yer alabileceği ve açıklama gücünün ne derecede olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.
- Faktör yüklerinin az olduğu veya hiçbir faktör ile korelasyon göstermeyen değişkenlerin faktör analizinden elenerek arta kalan değişkenler ile yeni bir faktör analizi gerçekleştirilmesi araştırmacının daha sağlıklı ve geçerli sonuçlar elde etmesini sağlayacaktır (Toktay, 2017: 84).

2.11. Faktör Analizi Çeşitleri

Faktör analizi, uygulanış biçimleri ve amaçları açısından farklı biçimlerde isimlendirilmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

2.11.1. R Tipi Faktör Analizi

R tipi faktör analizi, değişkenlerin arasında bulunan korelasyonlardan yola çıkarak, farklı boyutların elde edilme süreci olarak adlandırılmaktadır. Bu analiz, faktör analizinin en fazla kullanılan biçimidir. Mesela 50 nesneden (gözlem, kişi, ülkeler, vb.) ve 10 özellikten (değişkenden) elde edilen bir veri matrisi olduğunda hedef; incelenen 10 değişkende faktörleşmenin olup olmadığını anlamak veya 10 değişkeni özetlemek ise bu süreç değişkenlerin arasında bulunan korelasyon katsayılarından faydalanılarak incelenmektedir.

2.11.2. Açıklayıcı Faktör Analizi

Bu analizde amaç; X veri matrisinde bulunan değişkenlerin arasındaki korelasyondan faydalanarak, değişkenlerden daha az sayıda faktör belirlemektir. Açıklayıcı faktör analizinin önemli uygulama alanlarından biri, ölçek oluştururken her bir maddenin, diğer hangi maddelerle aynı grupta olduğunu ve bu gruplara ne düzeyde bağlandığını belirlemektir. Açıklayıcı faktör analizi uygulamaları, faktör analizinde ilk akla gelen uygulamalardır (Alpar, 2011: 280-281).

Açıklayıcı faktör analizi, gözlenen değişkenlerle bilinmeyen gizli değişkenler arasında bulunan korelasyonu meydana çıkarmak amacıyla kullanılan bir analiz türüdür. Araştırmacı, gözlenen değişkenlerin yüksek faktör yük değerlerine sahip olmasını ve açıklayıcı faktör analizi yardımıyla gözlenen değişkenlerin (maddelerin) ilgili faktörler altında bulunmasını ister. Eğer araştırmacı, gözlenen değişkenlerin, hangi faktör altında gruplandığı hakkında bilgi sahibi değilse, bu analiz yöntemi açıklayıcı ya da keşfedici olarak betimlenir (Bryne, 1994: 68).

Faktör analizinde faktörleştirme yapılacağı zaman, korelasyon ve kovaryans matrisi kullanılır. Yapılan bu dönüşümde, $Z_{p \times n}$ standartlaştırılmış değerler matrisi için korelasyon matrisinden, $X_{p \times n}$ ham matrisi için ise varyans-kovaryans matrisinden faydalanılır. Araştırmada kullanılacak olan matrisin, korelasyon matrisi mi yoksa

kovaryans matrisi mi olacağına karar vermek için, verilerin varyansları ve verilerin ölçü birimleri göz önüne alınır. Eğer verilerin varyansları ve ölçü birimleri birbirlerine yakın değilse korelasyon matrisi, birbirlerine yakınsa kovaryans matrisi kullanılır. Genel olarak $Z_{p \times n}$ standart veri matrisi kullanılır (Korkmaz, 2000: 35).

2.11.3. Doğrulamalı Faktör Analizi

Bu analiz, önceden bilinen bir modelin üzerinde durulan özelliklerden faydalanarak örtük değişken oluşturmaya çalışan tekniktir. Hem Doğrulamalı Faktör Analizi, direk Açıklayıcı Faktör Analiziyle meydana getirilen boyutların, yine çalışmacının merak ettiği ve meydana getirdiği modelin uyumlu bulunup bulunmadığını incelemek için ele alınan bir analiz yöntemidir. Açıklayıcı Faktör Analizi, üzerinde durulan özelliklerin girdikleri boyutlarda aldıkları yüklerin yüksek olmasıyla beraber her bir boyuttaki nitelikler tespit edilirken, tespit edilen faktörlerdeki diğer bütün özelliklerin hangi faktörlerde bulunduğu yine o faktördeki yüklerin büyüklüğüyle tespit edilir. Doğrulamalı faktör analiziyse daha önceden tespit edilen faktör ya da faktörlerdeki özelliklerin meydana getirdiği yapı elde edilen veriyle uyumlu bulunup bulunmadığı Doğrulamalı Faktör Analizi ile kontrol edilir (Öngen, 2010: 43).

Doğrulamalı Faktör Analizi yönteminin tam anlamıyla geliştirilmesi 1960 senesinde Karl Jöreskog⁶ tarafından sağlanmıştır. Elde edilen veri setiyle daha önceden bilinen bir faktör modelinin ifade edilmesi veya uyum yeteneği doğrulamalı faktör analizinin temel hedefidir. Faktör analizinin kullanılma hedefi sırasıyla özelliklerin yapı geçerliliği, istatistiksel inceleme, boyutlar arasındaki etkiler ve model geçerliliği şeklinde ifade edilmektedir (Erkorkmaz vd., 2013: 212).

Bollen (1989) ve Brown (2006)'a göre model tanımlanma süreci aşağıdaki gibidir;

- Modelin kompleks yapısı dikkate alınmadan değişkenler, sembollerle ifade edilmeli ya da faktör varyansının sabitlenmesiyle ölçeklenmiş olmalıdır.

⁶ Modelin parametrelerini tahmin etmek için En çok olabilirlik (Maximum Likelihood – ML) yöntemini kullanmıştır. Buna ek olarak Jöreskog, Fletcher ve Powell (1963) algoritmasını kullanarak bu tahminleri yapabilecek bir yazılım geliştirdi.

- Modelin kompleks yapısı dikkate alınmadan veri matrisinde yer alan bilgi miktarı, tahmin edilen model değişkenlerinin miktarına eşit veya daha fazla olmalıdır.
- Tek faktörlü modellerdeki gibi, en az üç sembol gerekmektedir. Üç sembolle, bir faktörlü çözüm tam ifade edilmektedir.
- Genel olarak gizli değişkenin, ilişkisiz sembollerdeki hatalar ve en az bir gizli değişkenle ilişkili olması sağlanır (Çelik, 2018:294).



3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE ELECTRE YÖNTEMİ

Çok kriterli karar verme, çok sayıda kritere göre alternatiflerin avantaj ve dezavantajlarını değerlendiren analitik yöntemler topluluğu olarak ifade edilmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri, karar verme sürecine destek olmak ve genellikle çelişen kriterlere göre farklı özelliklere sahip alternatifler kümesinden bir ya da daha fazla alternatifin seçimi veya bu alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadır. Diğer bir ifadeyle çok kriterli karar verme yöntemlerinde de karar vericiler farklı özelliğe sahip olan alternatifleri birçok kritere göre değerlendirerek sıralamaktadır.

Çok kriterli karar verme yöntemleri en iyi performansa sahip alternatifin seçimine veya ulaşılmak istenen amaç doğrultusunda performans skorlarına göre en iyiden en kötüye doğru sıralama gerektiren tüm alanlarda kullanılabilmektedir.

Karar bilimi, teorik ve pratik alanda çok geniş ve hızlı bir şekilde gelişim gösteren araştırma alanıdır. Savaş sonrası teknolojik ilerlemeler, karar verme problemlerine doğru bir yaklaşım olarak yöneylem araştırmasının kurulmasıyla birleşmiştir. Karar bilimi gerçek dünya sorunlarına yönelik bütünleşmiş, esnek ve gerçekçi metodolojik yaklaşımlarla yeni bir bağlam yaratmıştır. Aynı zamanda, verimli bir şekilde ele alınabilecek sorunların kapsamı da genişletilmiştir. Hayatımızın her alanında bir karar problemiyle karşı karşıya kalmaktayız. Bu problemler rahatlıkla çözümlenecek kadar basit bir karar alma sürecini gerektiren çoğu karmaşık problemlerin çözümü şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle karar bilimi olarak adlandırılan ve matematiksel modellemeyi gerektiren yeni yöntemler günümüzde karar problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ve benzeri problemlere dayanarak karar verme problemlerinin tam bir kategorizasyonunu sağlamak zor olmasına rağmen Zopounidis ve Doumpos (2002: 2) iki karar verme problemi arasındaki ayrımı kesikli ve sürekli problemler şeklinde tanımlamaktadır. Kesikli (discrete) problemler, bir dizi alternatifin incelenmesini içeren problemlerdir. Sürekli (continuous) problemler ise olası alternatiflerin sayısının sonsuz olduğu durumları kapsayan problemlerdir.

Alternatif sayısının sonlu olduğu problemler için Roy dört çeşit karar verme problemi tanımlanmıştır. Roy (1981), dört çeşit karar verme problemini açıklamıştır. Bu

problemler; seçim, sınıflandırma, sıralama ve tanımlama problemleridir (Ishizaka ve Nemery, 2013: 3).

Seçim problemi, optimum tek seçeneği seçmek ve seçenek grubunu eşdeğer ya da karşılaştırılmaz ‘iyi’ seçeneklerinin bir alt kümesine indirmektedir. Öğrencinin kendisi için iyi bir üniversite seçimi yapması örnek olarak gösterilebilir. Sınıflandırma problemi, alternatiflerin, kategoriler olarak adlandırılan sıralı ve önceden tanımlanmış gruplara ayrılmasıdır. Bankaların iflas etmiş ve iflas etmemiş olarak farklı kategorilerde sınıflandırılması örnek olarak gösterilebilir. Sıralama problemi, alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralanmasıdır. Kamu bankalarının mali performanslarına göre sıralanması örnek olarak gösterilebilir. Tanımlama problemi ise alternatiflerin ayırt edici özelliklerine dayanarak tanımlamalarının yapılmasıdır.

Karar verme problemlerinin ilk üç formu (seçim, sıralama, sınıflandırma), alternatiflerin değerlendirilmesiyle ilgili karar vericileri belirli bir sonuca ulaştırmaktadır. Hem seçim hem de sıralama, alternatifler arasındaki ikili karşılaştırmaları içeren göreceli yargılara dayanır. Örneğin, “X ürünü diğer ürünlerin arasında en iyisi” şeklindeki bir değerlendirme, göreceli kararların sonucudur ve eğer X ürününe benzer ürün grubu değiştirilirse bu sonuç değişebilir. Aksine, sınıflandırma sorunu mutlak yargılara dayanmaktadır. Bu durumda, her bir alternatif, önceden belirlenmiş bir kural temelinde belirli bir gruba atanır. Bu kuralın tanımı genellikle değerlendirilmekte olan alternatifler kümesine bağlı değildir. Örneğin, “ürün X tüketici ihtiyaçlarını karşılamıyor” değerlendirme sonucu, mutlak yargılara dayanmaktadır; çünkü X ürününe benzeyenler diğer ürünlere bağlı değildir.

Mevcut ÇKKV yöntemlerinin sayısı göz önüne alındığında, karar için karar verici uygun bir karar verme yöntemini seçmekte zorluk yaşayabilmektedir. Yöntemlerden hiçbirisi mükemmel değildir ya da tüm problemlere uygulanamazlar. Her yöntemin kendi kısıtlamaları, özellikleri, hipotezleri, önermeleri ve perspektifleri vardır (Ishizaka ve Nemery, 2013: 4). Yapılan bu çalışmada çok kriterli karar verme problemlerinden sıralama problemine değinilecektir.

3.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Kullanılan Kavramlar

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, karar probleminin yapısına bağlı olarak farklı kavramlardan oluşmaktadır. Bu bağlamda, karar verme sürecinde kullanılan kavramlar bu başlık altında açıklanacaktır.

Karar verme için muhtemel tüm farklı hareket seçeneklerini alternatifler temsil etmektedir. Sonlu sayıda alternatiflerin elenebildiği, önceliklendirilebildiği ve sıralanabildiği kabul edilir (Kuru, 2011: 18). Performans etkinliğinin bir ölçüsü olarak ifade edilen kriter, incelemelerin temelini ise kriterler meydana getirmektedir. ÇKKV literatüründe amaç, hedef ve nitelik kavramlarını da içine alacak biçimde ele alınabilmektedir (Timor, 2011: 4).

ÇKKV problemlerinde her alternatifin değerlendirilmesi, genellikle kriter ağırlıkları belirlendikten sonra hesaplanmaktadır. Alternatiflerin toplu değerlendirmeleri daha sonra ÇKKV sorununa bir çözüm üretmek için kullanılır. Farklı kriter ağırlıkları, soruna farklı çözüm yolları getirebilir. Sonuç olarak, kriter ağırlıkları sorunun çözümüne önemli ölçüde etki eder (Fu ve Chin, 2014: 10). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile alternatiflerin değerlendirilmesi yapılırken kullanılan farklı kriterler, karar vericiler için farklı ağırlıklara sahip olabilmektedir. Bu nedenle kriterler için ağırlıkların belirlenmesi karar verme aşamasının önemli bir adımını oluşturmaktadır.

Nitelikler, alternatiflerin objektif ve ölçülebilir özellikleridir. Alternatifler ve kriterler arasındaki köprü görevi görürler. Kavramsal olarak karar probleminin alternatifleri, kriterler kullanılarak karşılaştırılmalıdır. Bununla birlikte karar verme kriterleri çoğunlukla genel, soyut ve belirsizdir. Bu yüzden kriterleri, alternatiflerle doğrudan ilişkilendirmek imkânsızdır. Alternatiflerin somutluğuyla soyut kriterler arasındaki boşluğu kapatmak için hiyerarşik bir yapı kurulabilir. Böyle bir yapının ana bileşenleri nitelikler olarak adlandırılmaktadır (Henig ve Buchanan, 1996: 5).

ÇKKV yöntemlerinde genel olarak amaç, n belirlenen kriterler çerçevesinde en iyi olan alternatifin belirlenmesi veya alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralanmasıdır. Bundan dolayı amaçlar karar vericinin isteklerini yansıtmaktadır. Bu

doğrultuda maksimize ve minimize edilmek istenen nitelikler alternatiflerin tasarımını içermektedir (Hwang ve Masud, 1979: 13).

Hedef, amaçların daha da somutlaştırılarak belli değerlere dönüştürülmüş biçimdir (Menteş, 2000: 3). Hedefler, karar vermenin talep ve ihtiyaçları ile eş değer bir yapıda ifade edilir. Bir arabanın “bir depo benzin ile ulaşabileceği yerin en büyüklenmesi” amaçken, bunun “bir depo benzinin tüketim uzaklığının 1000 km ile başarılması”, amacı referans alan ve “gidilebilecek uzaklık (km)” niteliği türünden bir hedef tespit etme ifadesidir (Zeleny, 1982: 17; Akt: Çınar, 2004: 37).

ÇKKV yöntemlerinin temelinde alternatiflerin ve kriterlerin satır ve sütunları oluşturduğu ve karar matrisi olarak adlandırılan bir temel matris kullanılmaktadır. Bu matriste A, (m*n) boyutunda bir karar matrisidir. Bu matriste “m” alternatif sayısını, “n” ise kriter sayısını göstermektedir. m tane alternatifin ve n tane kriterin bulunduğu bir sisteme ait A matrisindeki a_{ij} değerleri, i’inci alternatifin j’inci kriter performans değerini belirtmektedir. Karar matrisi aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Triantaphyllou, 2000: 3).

Tablo 3.1. Karar Matrisi

Alternatifler	Kriterler				
	$C_1 (w_1)$	$C_2 (w_2)$	$C_3 (w_3)$	... (...)	$C_n (w_n)$
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
A_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	...	a_{mn}

Kaynak: Triantaphyllou, 2000: 3.

ÇKKV yöntemlerinde kriterlerin göreceli öneminin bilgisi gereklidir. Bu bilgi çoğu zaman ağırlıklar kümesi ile verilir. n tane kritere sahip bir ÇKKV problemi için ağırlıklar kümesi aşağıdaki gibidir:

$$W^T = (W_1, W_2, \dots, W_n) \quad \sum_{j=1}^n W_j = 1 \quad (\text{Öznel, 2016: 13})$$

ÇKKV yöntemleri, atama işlemlerinde kriter ağırlıklarını kullanır. Kriter ağırlıkları, karar vericilerin alternatiflerin hangi özelliklerine önem verdiğini belirlemek için önemli bir rol oynamaktadır. ÇKKV yöntemleri farklı atama kurallarına sahip olduğundan, bu ağırlıklar yöntem içerisinde farklı şekillerde kullanılır. Dolayısıyla, karar vericinin kriter ağırlıklarının gerçek anlamını tam olarak idrak etmesi çok önemlidir (Zardari vd., 2015: 14). Sonuç olarak, kriter ağırlıklarının rasyonelitesinin ve doğruluğunun elde edilmesi yöntem sonucunda ulaşılan kararların doğruluğu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ağırlıkları elde etmek için genel olarak üç faktör düşünülmektedir. Bunlar; kriterlerin varyans derecesi, kriterlerin bağımsızlığı ve karar vericinin öznel tercihi şeklindedir (Wang vd., 2009: 2270).

Literatürde, kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için birçok ağırlıklandırma yöntemleri önerilmiştir. Ağırlıkları belirlemenin en basit yolu, tüm kriterler arasında eşit ağırlık dağılımını sağlayan “eşit ağırlık yöntemi”dir. Bu yöntemde ağırlıklar toplam kriter sayısının ortalamasına eşittir. $w_i = 1/n$, $i = 1, 2, \dots, n$, olarak ifade edilebilir. Eşit ağırlık yöntemi kriterler arasındaki nispi önemi göz ardı ettiği için eleştirilmektedir (Zardari vd., 2015: 23; Wang vd., 2009: 2270).

Ağırlık belirme yöntemlerinde karar kriterlerine farklı ağırlıkların atanması için Zardari vd. (2015) iç ve dış ağırlıklandırma yöntemlerine dayanan bir sınıflandırma ortaya koymuştur.

Üstünlük yaklaşımı çeşitli somut problemlerde karşılaşılan zorluklardan dolayı ortaya çıkmıştır. Üstünlük yaklaşımının ne olduğunu ve gerçek dünya problemlerinin hangi türüne değindiğini anlamak için ilk olarak bazı temel kavramları belirtmek gerekmektedir.

Bir karar problemi, objektif olarak tanımlanan alternatiflerin bir kümesini ve sübjektif olarak tanımlanan kriterlerin bir kümesini içerecek şekilde tasarlanmıştır. Bu durumda $A=\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ alternatiflerin bir kümesini ve $G=\{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ karar probleminin belli özelliklerine göre bir karar vericinin tercihlerini yansıtan g_j kriterlerin bir kümesini temsil etmektedir. Ayrıca $g_j(a)$ ifadesi, a alternatifinin j . kritere göre performansını göstermektedir. $g_j(a)$ değeri niteliksel değerlendirmeyi yansıtsa bile bir

reel değeri göstermektedir. Bu reel değer tutarsızlık, belirsizlik ve yanlış belirlenmiş kaynakların analizine dayanan sabit olmayan veya tam olarak bilinmeyen bir değerdir.

Bir j . kriteri ve $\forall a, b \in A$ için $g_j(a) \geq g_j(b)$ ise “ a alternatifi en az b alternatifi kadar iyidir” denir.

Bir k kriterinin önemi göz önünde bulundurulursa;

$\forall j \neq k$ için $g_k(a) \neq g_k(b)$ olsa bile, eğer $g_j(a) = g_j(b)$ ise “ a alternatifi b ’den farksızdır” denir.

$\forall j \neq k$ için sadece $g_k(a) - g_k(b)$ farkı yeterince anlamlı ve $g_j(a) = g_j(b)$ ise bu durumda “ a alternatifi, b ’ye güçlü tercih edilir” denir. $g_j(a)$ ve $g_j(b)$ performanslarına sahip a ve b alternatifleri karşılaştırılsın.

Karar sürecinde yer alan karar verici tercihlerin kapsamlı modeli aşağıdaki üç durumdan ikisi arasındaki tereddütleri göz önünde bulundurmaktadır:

aIb : a, b ‘den farksızdır,

aPb : a, b ‘ye kuvvetli tercih edilir,

bPa : b, a ‘ya kuvvetli tercih edilir.

Farksızlık ve tercih arasındaki tereddüdü gösteren durumlar aşağıdaki şekilde belirtilmiştir;

Zayıf Tercih İlişkisi (W);

aWb : Eğer tereddüt aIb ve aPb arasında ise a, b ‘ye zayıf tercih edilir ($bP a$ olmadığından emin).

bWa : Eğer tereddüt $aI b$ ve $bP a$ arasında ise b, a ‘ya zayıf tercih edilir ($aP b$ olmadığından emin).

Karşılaştırılamazlık İlişkisi (R);

aRb : Eğer tereddüt aPb ve bPa olmasını ele alıyorsa a ve b karşılaştırılmazdır.

ELECTRE yöntemlerinde tercihler, bir S ikili üstünlük ilişkisi kullanılarak modellenmiştir. S üstünlük ilişkisi, “en azından o kadar iyi”, “daha kötüsü değil” anlamına gelmektedir. Eğer j . kritere göre a ve b gibi iki alternatifin $g_j(a)$ ve $g_j(b)$ performans değerleri, “ a , en az b kadar iyidir” ifadesini göz önünde bulunduracak şekilde yeterince güçlü bir argüman sağarlarsa, bu durumda aSb iddiası kabul edilmektedir. S üstünlük ilişkisinin, aSa olacak şekilde $\forall a \in A$ için yansıma özelliği vardır. Fakat S ’nin bir geçişme ikili ilişki olması gerekmemektedir, yani aSb ve bSc iken aSc olması gerekmemektedir.

aSb iddiasını doğrulamak için sağlanması gereken koşulların biçimsel anlatımı ve niteliği birçok faktör tarafından etkilenebilir. En önemli olanları;

- F kriter kümesinde dikkate alınan kriterlerin önem derecesi,
- Kullanılan kavramların temel niteliği; uyumluluk, uyumsuzluk, değişim oranı, tercih yoğunluğu, vb.
- Gerekli bilgilerin kriterler arası niteliği,
- Gerekli argümanların gücü (aSb iddiasını doğrulamak için düşünülebilen güçlü argüman, “ a , b ‘den üstündür” ifadesidir).

a ve b gibi iki alternatif göz önünde bulundurulursa, S üstünlük ilişkisi için aşağıdaki dört durum ortaya çıkmaktadır (Figueira vd. 2003):

aSb ve $\neg bSa$ ise a , b ’ye güçlü tercih edilir (aPb).

bSa ve $\neg aSb$ ise b , a ’ya güçlü tercih edilir (bPa).

aSb ve bSa ise a , b ‘den farksızdır (aIb).

$\neg aSb$ ve $\neg bSa$ ise a , b ile karşılaştırılmazdır (aRb).

($\neg$ sembolü “değil” anlamına gelmektedir, örneğin $\neg bSa$ ise “ b , a ’dan üstün değildir” anlamına gelir)

Bu ikili üstünlük ilişkisinde, P tercihi, I farksızlık ilişkisini ve R 'de ikili ilişkilerin karşılaştırılabilirliğini göstermektedir. R karşılaştırılabilirlik ilişkisi, karar vermenin iki alternatifin karşılaştırmasının mümkün olmayan durumlarını açıklamaktadır. Burada I farksızlık ve R karşılaştırılabilirlik ilişkisi simetrik ve geçişlidir, P tercih ilişkisi ise ne simetrik ne de geçişlidir (Damaskos ve Kalfakakou 2005: 262). Bu çalışmada çok kriterli karar verme problemlerinden sıralama problemine değinilecektir.

3.2. Sıralama Problemleri

Sıralama problemi, bir dizi alternatif $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 'nin önceden tanımlanmış $C_1, C_2, \dots, C_K$ K sınıfına atanmasını içermektedir. Burada sınıfların sırası, sırasıyla önemine dayanmaktadır, C_1 en iyi sınıf ve C_K en kötü sınıftır. Tanımlanan sınıflar, 'kesinlikle kabul edilmiş', 'kabul edilebilir', 'reddedilmiş', gibi dil değişkenleriyle gösterilebilir (Norese and Viale, 2002: 368).

Sıralama için bir dizi referans noktası kullanılmakta ve alternatifler bu referans noktaları ile karşılaştırılmaktadır. Bu referans noktaları kümesi, ELECTRE TRI (Roy and Bouyssou, 1993) gibi sınıflar arasındaki teorik sınırları veya geçerli (ideal) ve kritik (anti-ideal) çok kriterli modelleri belirleyen referans profillerinin bir değerini içermektedir (Massaglia and Ostanello, 1991: 168).

Sıralama problemlerinin genellikle mutlak değerlendirmeye atıfta bulunduğunu, yani bir alternatifin atanmasının kalanlara bağlı olmadığını belirtmek gerekmektedir (Figueira vd., 2005: 49; Bouyssou and Marchant, 2015: 203). Bu durumda, her alternatif önceden tanımlanmış bir kural temelinde bir sınıfa atanır. Aksine, hem seçim hem de sıralama problemleri, alternatifler arasındaki ikili karşılaştırmayı içeren göreceli yargılara dayanmaktadır (Douplos and Zopounidis, 2002: 263). Sonuç olarak, değerlendirme sonucu, dikkate alınan alternatifler grubuna bağlıdır, yani her alternatif bir tercih ilişkisini belirlemek için diğerleriyle karşılaştırılır.

1982 yılında Brans tarafından geliştirilen, çok kriterli karar verme tekniği olan Promethee'nin ilk uygulamaları aynı yıl sağlık alanında Davignon tarafından gerçekleştirilmiş ve bankacılık, işgücü planlaması, yatırım kararları, turizm, ilaç ve kimya endüstrileri gibi birçok alanda uygulanmıştır (Brans ve Mareschal, 2005: 164).

Orijinal ismi “The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation” olan yöntem, baş harfleri ile kısaca PROMETHEE olarak ifade edilmektedir (Kücü, 2007: 22).

Promethee sıralama yöntemi, çok kriterli problemlerin çözümünde alanındaki en etkili ve en kolay yöntem olarak bilinmektedir. Ayrıca Promethee yöntemine ek olarak Promethee I ve Promethee II yöntemleri geliştirilmiştir. Promethee I yöntemi kullanılarak alternatiflerin belirlenen kriterler temelinde karşılaştırılması ile kısmi öncelikleri ve Promethee II yöntemi kullanılarak alternatiflerin belirlenen kriterler temelinde karşılaştırılması neticesinde net öncelikleri tespit etmek mümkündür (Brans vd., 1985 aktaran Kücü, 2007: 23).

Karar verilmesi gereken bir problemin varlığı ile oluşmaya başlayan Promethee süreci, alternatiflerin, kriterlerin ve kriter ağırlıklarının belirlenmesini gerektirmektedir. Bu noktada alternatifler, karar verilmesi gereken seçenekler kümesini oluşturmaktadır. Kriter, alternatiflerin içermesi beklenen özelliklerdir. Kriter ağırlığı ise, kriterlerin önem açısından ağırlığıdır. Örneğin, A kentinden B kentine gitmek isteyen bir kişinin ulaşımında tercih edeceği seçenekler tren, otobüs ve uçak olsun. Bu kişi karar verirken seyahat süresi ve bilet fiyatı olmak üzere iki açıdan problemi ele almaktadır. Ancak bu kişi için bilet fiyatı, daha fazla önem arz etmektedir. Bu örnekte tren, otobüs ve uçak seçeneklerine “alternatifler”, seyahat süresi ve bilet fiyatı özelliklerine “kriter” adı verilmektedir. Karar verirken bilet fiyatı daha etkili olacağından, bilet fiyatının “kriter ağırlığı” daha yüksektir.

TOPSIS yöntemi 1980’lerde Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir ve en iyi alternatifin ideal noktadan en kısa mesafeye ve anti-ideal noktadan en uzun mesafeye sahip olması gerektiğini savunmaktadır. En uygun çözüm, ideal noktaya yakın ve anti-ideal noktadan uzak olmalıdır (Chu ve Su, 2012: 393). İdeal çözüme Öklid’in uzaklığı, diğer alternatiflere kıyasla anti-ideal çözüme en kısa mesafeye sahip olabilir.

TOPSIS yöntemi, aynı anda ideal noktaya yakın ve anti-ideal noktadan uzak çözümler bulmaya çalışmaktadır. İdeal nokta, kriterlerden elde edilebilecek en iyi değerleri içerirken, anti-ideal nokta, kriterlerden elde edilebilecek en kötü değerlerden oluşur (Salmeron vd., 2012: 2447).

Topsis hesaplanması aşamaları aşağıdaki gibidir;

- Karar matrisinin ve normalize karar matrisinin oluşturulması,
- Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması,
- İdeal ve Negatif ideal çözümlerin belirlenmesi
- Ayrım ölçütlerinin çok boyutlu ökliden ölçüm yöntemi ile hesaplanır.
- İdeal çözüme göre göreceli yakınlık hesaplanır.
- Tercihlerin sıralanması

ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite) yöntemi ise, 1968 senesinde, Bernard Roy'un⁷ karar verme çalışmaları neticesinde bulunmuştur. ELECTRE yöntemi üzerinde yapılan çalışmalar sonunda altı farklı ELECTRE yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen ELECTRE yöntemleri hakkında genel bilgiler aşağıdaki gibi ifade edilmiştir (Maystre vd., 1994: 13);

Tablo 3.2. ELECTRE Yöntemleri

	ELECTRE Yöntemi	Yöntemi Geliştirenler	Tarih
1	ELECTRE I	Bernard Roy	1968
2	ELECTRE II	Bernard Roy, P. Bertier	1971
3	ELECTRE III	Bernard Roy	1978
4	ELECTRE IV	Bernard Roy, J.C. Hugonnard	1982
5	ELECTRE IS	Bernard Roy, J.M. Skalka	1985
6	ELECTRE TRI	Bernard Roy, D. Bouyssou, W. Yu	1991–1992

ELECTRE yöntemlerinde bazı farklılıklar bulunmasına karşın hepsinin temelinde, alternatiflerin birbirleriyle kıyaslanması ve üstün olan alternatifin seçimi bulunmaktadır (Daşdemir ve Güngör, 2004: 3). Gerçekleştirilen bu işleme- “sıralama işlemi” olarak adlandırılır. Sıralama işlemi boyunca bütün alternatifler birbirleriyle karşılaştırılır. Karşılaştırma işlemi sonucunda seçenekler “birbirlerine üstünlük sağlamış” veya bir seçenek diğerine “tercih edilmiş” olur. Sıralama işleminin yapılabilmesi için gereken adımlar ve hesaplanması gereken değerler bu bölümde detaylı olarak anlatılacaktır. Bu yöntemlerle karar verici çok sayıda kantitatif ve kalitatif kriteri karar verme sürecine ekleyebilmekte, kriterleri amaçları kapsamında ağırlandırabilmekte ve bir dizi işlem

⁷ ELECTRE yöntemleri incelendiğinde, bulunmasından yöntemlerin geliştirilmesine kadar her aşamasında Bernard Roy'un katkısı olduğu görülür. Bu nedenle bu çalışmada Bernard Roy'un önsözünü yazdığı; Lucien Yves Maystre, Jacques Pictet ve Jean Simos tarafından 1994 yılında yazılan “Methodes Multicriteres Electre” kitabı ele alınmıştır.

neticesinde en uygun alternatifi tespit edebilmektedir (Yoon ve Hwang, 1995: 47). ELECTRE yöntemleriyle seçim, sıralama ve atama problemlerine çözüm bulunabilmektedir. ELECTRE I ve ELECTRE IS seçim problemlerinde, ELECTRE II, III ve IV sıralama problemlerinde ELECTRE TRI ise atama problemlerinde ele alınmaktadır (Scharlig, 1985: 67).

Yapılan bu çalışmada ELECTRE yöntemi ile sıralama problemine çözüm bulmak istenmiştir.

3.2.1. ELECTRE Yöntemi

ELECTRE yöntemleri, 1960'ların ortasında Fransa'da ortaya çıkan ÇKKV yöntem ailesini içerir. Yöntem ilk olarak Bernard Roy ve meslektaşları ile danışmanlık şirketi olan SEMA tarafından önerilmiştir.⁸ İlk kez 1965'te uygulanan ELECTRE yönteminin amacı, belirli alternatifler arasından en iyi alternatifi seçmeye yardımcı olmaktır; ancak çok geçmeden sıralama ve sınıflandırma problemlerine de uygulanmıştır. ELECTRE, ELECTRE I olarak evrimleşmiş ve evrimler ELECTRE II ile devam etmiştir. Bunu ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS ve ELECTRE TRI olarak farklı versiyonları takip etmiştir. Bernard Roy, ELECTRE yönteminin babası olarak kabul edilmektedir (Köksalan vd., 2008: 11).

ELECTRE yöntemlerinin bu şekilde farklı versiyonlarının ortaya çıkmasının sebebi, karar problemlerini ele alınışı ile ilgilidir. Şöyle ki, seçim problemlerini çözmek için ilk ELECTRE tekniği olan ELECTRE I ve bunların benzerleri ELECTRE Iv ve ELECTRE Is geliştirilmiştir. ELECTRE I ve ELECTRE Iv arasındaki tek fark veto kavramından ortaya çıkmaktadır. Eğer bir alternatif başka bir alternatifle oranla tek bir kriter üzerinde kötü performans sergiliyorsa diğer kriterlerdeki performansı dikkate alınmadan alternatif daha üst düzeyde şeklinde ele alınır. ELECTRE Is'nin yeniliği, yapay (pseudo) kriterlerin ele alınmasıdır. Bu yaklaşımın özelliği, verilerin kesin olmadığı veya belirsiz olduğu durumlarda ele alınmasına izin vermesidir. Bugün, seçim problemleri çoğunlukla ELECTRE Is yöntemi ile ele alınmaktadır (Ishizaka ve Nemery, 2013: 182).

⁸ Yöntem, Bernard Roy'un "La méthode ELECTRE" başlıklı bir makalesinin 1968'de Fransız bir araştırma dergisinde ortaya çıkmasıyla daha tanınır hale gelmiştir.

Altmışların sonlarında, farklı bir gerçek dünya problemi olan medya ve reklam planlama ile birlikte ELECTRE II yöntemi geliştirilmiştir. ELECTRE II, alternatiflerin sıralanması sorunuyla başa çıkan bir yöntemdir. Sıralama problemlerinde ELECTRE II geliştirilerek ELECTRE III yöntemi ortaya çıkmıştır. Bu yöntemle getirilen yeni fikirler, sözde kriterlerin ve bulanık ikili üstünlük ilişkilerinin kullanılmasıyla ELECTRE II'den ayrılırlar. ELECTRE IV olarak bilinen bir başka ELECTRE yöntemi ise, Paris metro ağına ilişkin yeni bir gerçek dünya problemini çözmek için önerilmiştir. Bu yöntem kriterlerin nispi önemini (yani ağırlıklar) gerektirmeyen tek ELECTRE metodudur (Figueira vd., 2005: 135).

Yetmişli yılların sonlarına doğru sınıflandırma problemleri için yeni bir teknik önerilmiştir. Bu karar ağacı tabanlı bir yaklaşımdır. Birkaç yıl sonra, büyük bir bankanın işletmelerin talep ettiği kredi problemine çözüm aramasıyla ELECTRE TRI-A tasarlanmış ve uygulanmıştır. O zamanlar işletme ile yapılan gizlilik anlaşmasından dolayı yöntemin ayrıntıları açıklanmamıştır (Figueira vd., 2005: 135). Bununla birlikte sınıflama problemleri için bu çalışmadan ilham alınarak, daha kolay yöntemler olan ELECTRE-TRI-B ve ELECTRE-TRI-C geliştirilmiştir. İki yöntem arasındaki fark, kategorilerin tanımlanmasında yatmaktadır. Şöyle ki ELECTRE-TRI-B sınırlayıcı profiller kullanırken, ELECTRE-TRI-C ise ortalama kısıtları ele alarak alternatifleri kategorilere atamaktadır. ELECTRE-TRI-B yaygın bir şekilde ELECTRE TRI olarak bilinir (Ishizaka ve Nemery, 2013: 182; Şahin, 2015: 156).

ELECTRE I yöntemi, 1968 yılında Bernard Roy tarafından geliştirilmiştir. Yöntemin aslını, modeli meydana getiren alternatifler arasında ikili kıyaslamalar gerçekleştirerek en iyi seçeneği tespit etmek meydana getirmektedir. Gerçekleştirilen ikili kıyaslamalar neticesinde seçeneklerin meydana getirdiği A kümesinden bir N alt kümesi elde edilir. N kümesi elemanı olan alternatifler net şekilde çözümü sağlamasa da, bu kümeye dahil olamayan diğer alternatiflere üstünlük sağlarlar (Roy, 1968: 57-75). Yani modelin çekirdeğini oluştururlar. ELECTRE I yönteminin amacı N kümesini bulmaktır. Çekirdek grafiğe ulaşabilmek için öncelikle uyum ve uyumsuzluk göstergeleri hesaplanır ve sıralama işlemi yapılır. Bu işlemlere başlamadan önce ELECTRE yöntemlerinin tamamında kullanılacak bazı tanımlar verilecektir.

ELECTRE 1 yönteminde;

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$; Seçenekler kümesidir.

$F = \{1, 2, \dots, j, \dots, m\}$; Kriterler kümesidir.

$g_j(a_i)$: a_i seçeneğinin j kriterinde aldığı değeri göstermektedir.

P_j : j kriterinin ağırlığıdır. (P : Poids)

$J^+(a_i, a_k) = \{j \in F \mid g_j(a_i) > g_j(a_k)\}$: a_i seçeneğinin a_k seçeneğine tercih edildiği kriterlerin oluşturduğu kümedir.

$J^=(a_i, a_k) = \{j \in F \mid g_j(a_i) = g_j(a_k)\}$: a_i seçeneğinin a_k seçeneğiyle eşit değerde olduğu kriterlerin oluşturduğu kümedir.

$J(a_i, a_k)$ = Uyum kümesi olarak adlandırılır. Uyum kümesini a_i seçeneğinin a_k seçeneğine tercih edildiği ve eşit olduğu kriterlerin bileşimi oluşturmaktadır.

Yani $J(a_i, a_k) = J^+(a_i, a_k) \cup J^=(a_i, a_k)$

$J^-(a_i, a_k) = \{j \in F \mid g_j(a_i) < g_j(a_k)\}$: a_k seçeneğinin a_i seçeneğine tercih edildiği kriterlerin oluşturduğu kümedir. Aynı zamanda “uyumsuzluk kümesi” olarak da adlandırılır.

$P^+(a_i, a_k) = \sum P_j, j \in J^+(a_i, a_k)$: $J^+(a_i, a_k)$ kümesinin ağırlıkları toplamıdır.

$P^=(a_i, a_k) = \sum P_j, j \in J^=(a_i, a_k)$: $J^=(a_i, a_k)$ kümesinin ağırlıkları toplamıdır.

$P^-(a_i, a_k) = \sum P_j, j \in J^-(a_i, a_k)$: $J^-(a_i, a_k)$ kümesinin ağırlıkları toplamıdır.

Yukarıdaki tanımların sonucunda toplam ağırlık olan P 'nin;

$P = P^+(a_i, a_k) + P^=(a_i, a_k) + P^-(a_i, a_k)$ olduğu açıktır.

- **Uyum Göstergesi**

ELECTRE yöntemlerinde çözüme ulaşmak için uyum göstergesi (indices de concordance) değerinin hesap edilmesi gerekmektedir. Uyum göstergesi C_{ik} şeklinde sembolize edilir. Uyum göstergesi;

$$C_{ik} = \frac{1}{P} \sum P_j \text{ formülü ile tanımlanır. Burada; } P_{j=1}^n = \sum P_j \forall_j; g_j(a_i) \geq g_j(a_k)$$

yani;

$$C_{ik} = \frac{P^+(a_i, a_k) + P^-(a_i, a_k)}{P} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

C_{ik} değeri 0 ile 1 arasında bir değerdir. C_{ik} değeri, i seçeneğinin k seçeneğine hangi oranda tercih edildiğinin göstergesidir. C_{ik} değeri modelde bulunan tüm ikililer için hesaplanır. Modeli oluşturan tüm ikililerin C_{ik} değerleri, uyum göstergeleri kümesini oluşturur.

- **Uyum Testi**

Uyum göstergesinin 0 ile 1 arasında bir değer olacağı bilinmektedir. Fakat önemli olan C_{ik} değerinin nasıl yorumlanacağıdır. Uyum göstergesi hangi değeri geçince anlam kazanır? Veya herhangi bir değeri geçmeli midir? Değer olarak sıfıra mı yoksa 1'e mi daha yakın olmalıdır? Bütün bu soruları cevaplamak için uyum testi yapılmalıdır. Uyum testi; i seçeneğinin k seçeneğine tercih edilebilmesi için, uyum göstergesinin belirlenmiş bir değer ile karşılaştırılmasıdır. Karşılaştırma yapılacak bu değer uyum eşiği (seuil de concordance) olarak tanımlanmaktadır. İki seçenek arasında tercih yapılabilmesi için $(a_i \rightarrow a_k)$; C_{ik} değerinin c'den büyük veya eşit olması gerekmektedir. Yani;

$$C_{ik} \geq c$$

C_{ik} değeri büyüdükçe; i seçeneğinin k seçeneğine olan tercih edirlilik derecesi artmaktadır. c değerinin kaç olması gerektiği konusunda ise bir sınır yoktur. Ama $c < 0,5$ değerlerinin bir anlamı yoktur. $C_{ik} < c$ durumunda ise i seçeneğinin k seçeneğine üstünlük sağlayamadığı yani tercih edilmediği anlaşılır.

- **Uyumsuzluk Göstergesi**

Uyumsuzluk göstergesi de (indices de discordance), ELECTRE yöntemlerinde hesap edilmesi gereken bir değerdir. Uyumsuzluk göstergesi D_{ik} şeklinde sembolize edilir. Uyumsuzluk göstergesinin hesaplanmasında uyumsuzluk kümesini ($J - (a_i, a_k)$) oluşturan ikililerden faydalanılır. Uyumsuzluk kümesinin elemanı olan her ikilinin; kriterlerde aldıkları değerler arasındaki fark belirlenir. Elde edilen en büyük fark ilgili kriterin skorları arasındaki en büyük farka bölünür ve D_{ik} değeri elde edilir.

$$D_{ik} = 0, \text{ eğer } g_j(a_i) \geq g_j(a_k) \forall j$$

$$D_{ik} = \frac{1}{\delta} \max [g_j(a_k) - g_j(a_i)]$$

$$\delta = \max_{i,j,k} |g_j(a_i) - g_j(a_k)|$$

olarak tanımlanır. Burada, “ δ ” kriter üzerindeki maksimum farktır. Başka bir gösterimle;

$$D_{ik} = 0, J - (a_i, a_k) = \emptyset$$

$$D_{ik} = \frac{1}{\delta} \max \{ (g_j(a_k) - g_j(a_i)) \} ; j \in J - (a_i, a_k) \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

D_{ik} değeri de 0 ile 1 arasında bir değerdir. D_{ik} değerinin büyük olması yani 1’e yaklaşması i seçeneğinin k seçeneğine tercih edilirliliğini azaltmaktadır. Dik değeri C_{ik} değeri ile bağlantılıdır. Birinin 1’e yaklaşması (büyümesi) diğerini 0’a yaklaştırır (küçültür). Uyum göstergesinin 1, uyumsuzluk göstergesinin 0 olması ise tam uyum halidir ve idealize edilmiş bir karar durumudur (Manisalı ve Paksoy, 1995: 450-459).

- **Uyumsuzluk Testi**

Uyumsuzluk göstergesinin de bir anlam kazanabilmesi için bir testten geçirilmesi gerekmektedir. Fakat burada da sorulacak sorular vardır. Dik değeri kaç olmalıdır? Hangi değere kadar tolere edilebilir? Bütün bunları cevaplamak için bir uyumsuzluk eşik değeri (seuil de discordance) tespit etmek gereklidir. Uyumsuzluk eşik değeri d ile gösterilir. d değeri de 0 ile 1 arasındadır. Fakat $d > 0,5$ değerlerini almaya başlayınca anlamını kaybetmektedir. Eğer $(a_i \rightarrow a_k)$ karşılaştırması yapıldıktan sonra i

seçeneği k seçeneğine tercih edilir denebilmesi için nasıl uyum gostergesinin 0,5’den buyk olması isteniyorsa, uyumsuzluk gostergesinin de 0,5’ten kk olması istenmektedir. Genel görüş ise $d \leq 0,40$ olması gerektiğidir.

- **Sıralama İşlemi**

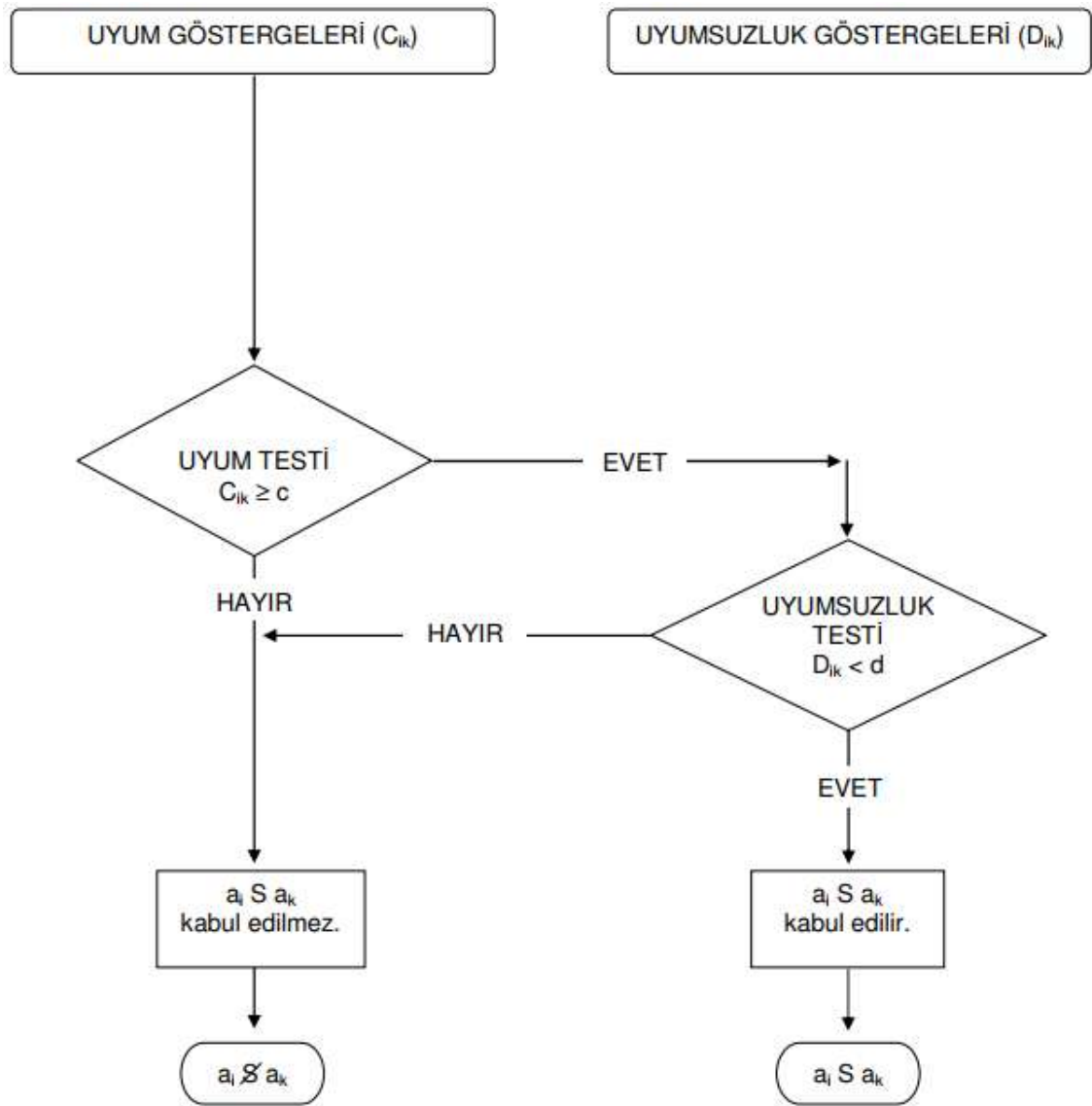
Uyum ve uyumsuzluk gostergeleri hesaplandıktan sonra ELECTRE I yöntemine göre seçenekler arasında kıyaslamalar yapılmaya başlanır. (a_i, a_k) ikilisinden, i seçeneğinin k seçeneğine tercih edilebilmesi için;

$$C_{ik} \geq c$$

$$D_{ik} < d$$

$$(a_i \rightarrow a_k) \Leftrightarrow C_{ik} \geq c \text{ ve } D_{ik} < d$$

artlarının oluşması gerekmektedir. Bu iki şart da oluşuyorsa i seçeneği k seçeneğine tercih edilir ve $(a_i \rightarrow a_k)$ şeklinde gösterilir. Tüm seçenekler birbirleri ile kıyaslanarak stnlkler belirlenir. Yapılan kıyaslamalar sonucu oluşturulacak çekirdek grafik çözüme yardımcı olur. ELECTRE I yöntemi sıralama işleminin akış diyagramı ekil 3.3’te gösterilmiştir.



Şekil 3.1. ELECTRE I Yöntemi Sıralama İşlemi Akış Diyagramı

Görüldüğü üzere sıralama işlemi C_{ik} , c , D_{ik} ve d değerleri ile yapılmaktadır. Bu değerlerin hesaplanması ile ilgili değişik görüşler vardır. C_{ik} değerini aşağıda verilen formüllerle hesaplanmasıyla ilgili görüşler vardır.

$$C_{ik} = P^+(a_i, a_k) / P \text{ (Vansnick, 1979: 45).}$$

$$C_{ik} = P^+(a_i, a_k) + \frac{1}{2} P^-(a_i, a_k) / P \text{ (Duckstein, 1982: 193-202).}$$

$$C_{ik} = P^+(a_i, a_k) / P^-(a_i, a_k) \text{ (Rochat, 1980: 413).}$$

D_{ik} değerin hesaplanması konusunda da değişik görüşler vardır. D_{ik} değerin hesaplanmasında kullanılan seçeneklerin kriter skorları arasındaki en büyük değer yerine kriter skorlarını birbirine bölmek bunlardan bir tanesidir. Vansnick tarafından kullanılan bu hesaplama yönteminde;

$D_{ik} = \{g_j(a_k) / g_j(a_i)\} \leq d$ formülü kullanılır. Bu şekilde hesaplamada d değeri 1'den büyük çıkabilmektedir.

Sıralama işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli husus c ve d değerlerinin tespit edilmesidir. Bu konuda değişik görüşler vardır. Bu konuda genel görüş bu değerlerin karar vericinin tasarrufunda olmasıdır. Değerlerin karar vericinin tercihlerine bırakılmasının yanında ($c > 0,5$ ve $d < 0,5$ olmak koşuluyla) diğer bir görüşte eşik değerlerinin hesap edilmesinde C_{ik} ve D_{ik} değerlerinin aritmetik ortalamasını almaktır. Bu konuda kabul gören bir diğer hesaplama şekli de baskın eşik değerlerinin kullanılmasıdır.

Baskın uyum eşik değeri;

$$c_i = \sum_{k=1}^n C_{ik} - \sum_{k=1}^n C_{ki} \text{ formülü yardımıyla;}$$

Baskın uyumsuzluk eşik değeri ise;

$$d_i = \sum_{k=1}^n D_{ik} - \sum_{k=1}^n D_{ki} \text{ formülü yardımıyla hesaplanır.}$$

Hesaplanan değerlerden $c_i < 0$ ve/veya $d_i > 0$ değerini alan seçenek elenmelidir. c_i değeri sıfırdan ne kadar büyük olursa ve d_i değeri de sıfırdan ne kadar küçük olursa, o seçeneğin tercih edilirliliği artar.

3.2.1.1. Electre'nin Temel Kavramları

- **Sıralama İşlemi**

ELECTRE yöntemlerinin temelinde, seçeneklerin birbirleriyle kıyaslanması ve üstün olan alternatifin seçilmesi bulunmaktadır. Başka bir ifadeyle seçenekler birbirleriyle karşılaştırılarak alternatiflerin birbirlerine göre üstünlüklerin belirlenerek sıralanır. Gerçekleştirilen bu karşılaştırmaya sıralama adı verilir. Sıralama “S” ile gösterilir ve grafik gösterimi de “ $\rightarrow$ ” ile belirtilir. Sıralaması gerçekleştirilen iki

alternatifin başka bir ifadeyle bir ikilinin $(a_i \succ a_k)$ ya da $(a_i \rightarrow a_k)$ biçiminde gösterilmesi; a_i seçeneğinin a_k seçeneğine tercih edildiği anlamındadır. Seçeneklerin tamamı birbirleriyle kıyaslanmalıdır. Zira bu yöntemde $(a_i \rightarrow a_k)$ ve $(a_k \rightarrow a_j)$ ise $(a_i \rightarrow a_j)$ olacak biçimde bir genelleme yapılamaz. Gerçekleştirilen kıyaslama neticesinde $(a_j \rightarrow a_i)$ sıralaması da meydana gelebilir.

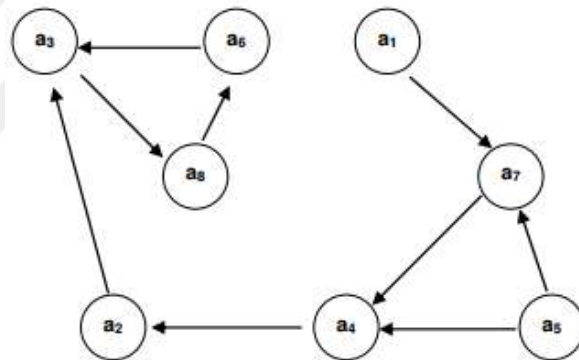
Örneğin sekiz tane alternatif arasında yapılan kıyaslama aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir;

$(a_1 \rightarrow a_7), (a_2 \rightarrow a_3), (a_3 \rightarrow a_8),$

$(a_4 \rightarrow a_2), (a_5 \rightarrow a_4), (a_5 \rightarrow a_7),$

$(a_6 \rightarrow a_3), (a_7 \rightarrow a_4), (a_8 \rightarrow a_6)$

Yapılan kıyaslamaların grafik gösterimi ise aşağıdaki gibi olur;



Şekil 3.2. Grafik gösterim

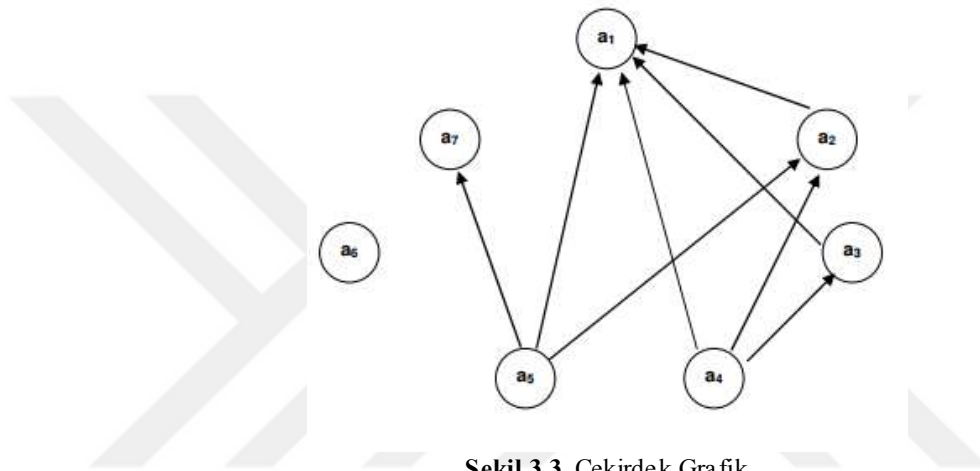
Grafikteki her düğüm bir seçeneği, kullanılan ok işaretleri ise alternatiflerin ikili kıyaslamalarını belirtir. Okun başlangıcı olan seçenek, okun gösterdiği seçeneğe üstünlük sağlamış veya tercih edilmiş olur. Sadece ikili karşılaştırmalar yapmanın seçim yapmak için yeterli olmayacağı grafikten de anlaşılmaktadır. Seçim veya sıralama yapabilmek için her ELECTRE yönteminin kendine göre ileri aşama ve işlemleri vardır.

Eğer izlenen yol tekrar başlangıç noktasına geliyorsa buna “çevrim izi” denir. Bu çevrimde tüm alternatifler aynı öneme sahiptir. Grafikte oluşan $a_3 \rightarrow a_8 \rightarrow a_6 \rightarrow a_3$ çevrim izi, bu ize dahil olan tüm seçeneklerin aynı öneme sahip olduğu şeklinde yorumlanmaktadır.

- **Çekirdek Grafik**

Çekirdek grafik ELECTRE yöntemlerinin çözüm sürecinde, çözümü kolaylaştırmak maksadıyla kullanılmaktadır. Alternatiflerin çözümünde genellikle karşılaşılan bir durumdur fakat her problemin çözümünde çekirdek grafik oluşacak veya kullanılacak şeklinde bir genelleme yapılamaz.

Alternatiflerin birbirleri ile karşılaştırılması sonucunda; karşılaştırıldığı tüm alternatiflere üstünlük sağlayan alternatiflerin oluşturduğu kümeye çekirdek denir.



Şekil 3.3. Çekirdek Grafik

Yukarıda grafikte görüldüğü üzere; çekirdek şartlarını a_4 ve a_5 alternatifleri oluşturmuştur. Bu iki alternatif, yapılan kıyaslamalarda diğer alternatiflere tercih edilmiştir.

Çekirdek grafik, yapılan bazı işlemler ile çözümü kolaylaştırmaktadır. Sadece çekirdek grafiğe bakarak bu problemin en iyi alternatifi a_4 veya a_5 'tir şeklinde bir yorum yapılabilir. Ancak bu iki alternatiften hangisinin diğerine üstünlük sağladığı bulunamaz. Çekirdek grafik en iyi alternatiflerin tespitinde kullanılır. Çekirdek grafik yardımıyla en iyi ikinci alternatif bulunamaz.

ELECTRE yöntemini kullanarak karar verebilmek için yani en iyiyi seçebilmek için sadece ikili karşılaştırmaların yeterli olmayacağı belirtilmiştir. Grafikte a_6 seçeneğinin, başka bir seçenekle üstünlük ilişkisi olmadığı görülmektedir.

3.2.1.2. ELECTRE Yönteminin Aşamaları

ELECTRE yöntemi aşağıda açıklanan aşamalardan oluşmaktadır.

- Karar Matrisinin Oluşturulması

ELECTRE yönteminin bu aşamasında belirlenen karar kriterleri ve alternatifler ile ilgili karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler (karar noktaları), sütunlarında ise karar vermede kullanılacak kriterler (değerlendirme faktörleri) yer alır.

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

- Karar Matrisinin Normalleştirilmesi

Bu aşamada, farklı kriter boyutları boyutsuz kriterlere dönüştürülmektedir. Burada amaç, ölçü biriminden bağımsız olarak karşılaştırma yapılabilmesi için karar matrisi değerlerinin normalleştirilmesidir. Alternatif sayısı m, kriter sayısı n ile gösterildiğinde, normalleştirilmiş karar matrisi R ile ifade edilir ve i'inci alternatifin j'inci kriter için normalleştirilmiş değeri r_{ij} ile gösterilir. R matrisinin r_{ij} değerleri aşağıdaki formülden yararlanarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}}$$

$$b_j = \sum_{k=1}^m x_{kj}^2$$

Alternatifler	Kriterler			
	C ₁	C ₂	...	C _n
A ₁	$r_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{b_1}}$	$r_{12} = \frac{x_{12}}{\sqrt{b_2}}$	...	$r_{1n} = \frac{x_{1n}}{\sqrt{b_n}}$
A ₂	$r_{21} = \frac{x_{21}}{\sqrt{b_1}}$	$r_{22} = \frac{x_{22}}{\sqrt{b_2}}$	...	...
...	...	...	...	...
A _m	$r_{m1} = \frac{x_{m1}}{\sqrt{b_1}}$	$r_{m2} = \frac{x_{m2}}{\sqrt{b_2}}$	...	$r_{mn} = \frac{x_{mn}}{\sqrt{b_n}}$

Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Kriterler	C ₁	C ₂	...	C _n
Ağırlıklar	w ₁	w ₂	...	w _n

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

- Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Beşinci aşamada belirlenen normalleştirilmiş karar matrisindeki her bir değer altıncı aşamada belirlenen ilgili sütundaki kriterlere ait ağırlıklar ($w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$) ile çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi (V) bulunur. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi değerleri (v_{ij}), $v_{ij}=r_{ij} \cdot w_j$ formülüyle hesaplanır.

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

Alternatifler	Kriterler			
	C_1	C_2	...	C_n
A_1	$v_{11} = w_1 r_{11}$	$v_{12} = w_2 r_{12}$	...	$v_{1n} = w_n r_{1n}$
A_2	$v_{21} = w_1 r_{21}$	$v_{22} = w_2 r_{22}$	...	...
...	...	...	...	...
A_m	$v_{m1} = w_1 r_{m1}$	$v_{m2} = w_2 r_{m2}$	...	$v_{mn} = w_n r_{mn}$

- Uyum ve Uyumsuzluk Kümelerinin Belirlenmesi

Her bir alternatifin ağırlıklı normalleştirilmiş değeri ile diğer alternatiflerin değerleri kriterlere göre karşılaştırılır. Uyum kümesi C , uyumsuzluk kümesi D ile gösterildiğinde, tüm alternatifler için oluşturulan uyum ve uyumsuzluk kümeleri aşağıdaki denklemlerden yararlanarak belirlenir.

Satır elemanlarının birbirlerine göre büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanır. A_k ve A_l şeklinde gösterilen iki alternatifin uyum kümesi C_{kl} ; A_k 'nin A_l 'ye tercih edildiği bütün kriterlerin kümesi olarak tanımlanır.

$$C_{kl} = \{ j, v_{kj} \geq v_{lj} \}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

ELECTRE yönteminde her uyum kümesine (C_{kl}), bir uyumsuzluk kümesi (D_{kl}) karşılık gelir. Uyumsuzluk kümesi elemanları, ilgili uyum kümesine ait olmayan j elemanlarından oluşur. Bu durumda, yöntemin tamamlayıcı unsurlarından olan uyumsuzluk kümesi,

$$D_{kl} = \{ j, v_{kj} < v_{lj} \}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

ilişkisinden faydalanılarak belirlenir.

- Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması

Uyum matrisinin (C) oluşturulmasında uyum kümelerinden yararlanılır. Uyum matrisi oluşturulurken uyum kümelerinin her biri için, ayrı ayrı numaralarla gösterilen kriterlerin ağırlık değerleri toplanarak kümelerin toplam ağırlıkları bulunur. C matrisinin değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j, \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Formülle hesaplanan C uyum matrisindeki elemanların değeri (c_{kl}), A_k 'nin alternatif A_l 'ye göre görece önemini göstermektedir. Buna göre c_{kl} 'nin değeri, $0 \leq c_{kl} \leq 1$ arasında yer alır. Örneğin; $C_{12} = \{1, 4\}$ ise C matrisinin c_{12} elemanının değeri, $c_{12} = w_1 + w_4$ olacaktır.

Uyumsuzluk matrisi D; A_k belirli alternatifinin rakip alternatif A_l 'ye göre önemsizlik derecesini açıklamaktadır. Uyumsuzluk matrisinin d_{kl} değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in C_{kl}} |v_{kj} - v_{lj}|}{\max_j |v_{kj} - v_{lj}|} \quad D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

- Uyum ve Uyumsuzluk Üstünlük Matrislerinin Belirlenmesi

Bu aşamada uyum ve uyumsuzluk üstünlük matrisleri belirlenmektedir. Uyum üstünlük matrisi (F) $m \times m$ boyutludur ve matrisin eleman değerleri uyum eşik değerinin ($\bar{c}$), uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırılmasından elde edilir. Uyum eşik değeri ($\bar{c}$) ortalama uyumluluk indeksi olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki formül yardımıyla belirlenmektedir.

$$\bar{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^m c_{kl}$$

Formüldeki m alternatif sayısını göstermektedir. Daha açık bir anlatımla c değeri; $\frac{1}{m(m-1)}$ ile C matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir. Alternatif A_k 'nin alternatif A_l 'ye üstünlük sağlaması ihtimalinin olması için, uyum değeri c_{kl} 'nin

en az eşik değeri $\bar{c}$ 'ye eşit olması gerekmektedir ($c_{kl} \geq \bar{c}$). Eşik değeri $\bar{c}$ 'yi temel alan uyum üstünlük matrisi F'nin elemanları (f_{kl}), 0 ya da 1 değerlerini alır (köşegen değerleri aynı alternatifleri gösterdiğinden tanımlanamaz) ve bu değerler aşağıda belirtilen denklemlerdeki ilişkiler kullanılarak belirlenir.

$$f_{kl} = 1, \text{ eğer } c_{kl} \geq \bar{c} \text{ ise,}$$

$$f_{kl} = 0, \text{ eğer } c_{kl} < \bar{c} \text{ ise,}$$

Buna göre, her bir değeri için bu değerin eşik değerden büyük/eşit veya küçük olma durumuna göre üstünlük matrisi oluşturulmuş olur.

Benzer şekilde, uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de mxm boyutlu olup, F matrisine benzer şekilde oluşturulur. Uyumsuzluk eşik değeri ($\bar{d}$) aşağıdaki formül yardımıyla belirlenir.

$$\bar{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^m d_{kl}$$

Başka bir ifade ile d değeri; $\frac{1}{m(m-1)}$ ile D matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir. Eşik değeri $\bar{d}$ 'yi temel alan uyumsuzluk üstünlük matrisi G'nin elemanları (g_{kl}) 0 ya da 1 değerlerini alır (köşegen değerleri aynı alternatifleri gösterdiğinden tanımlanamaz) ve bu değerler aşağıdaki ilişkiler kullanılarak belirlenir.

$$g_{kl} = 1, \text{ eğer } d_{kl} \geq \bar{d} \text{ ise,}$$

$$g_{kl} = 0, \text{ eğer } d_{kl} < \bar{d} \text{ ise,}$$

- Toplam Üstünlük Matrisinin Belirlenmesi

Bu aşamada hem c hem de d değerleri için 1 olarak sonuçlanmış satırlar seçilerek toplam üstünlük durumu oluşturulur. Toplam üstünlük matrisinin (E) elemanları (e_{kl}) denklemde gösterildiği gibi f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Burada E matrisi C ve D matrislerine bağlı olarak mxm boyutludur ve yine 1 ya da 0 değerlerinden oluşur.

$$e_{kl} = f_{kl}g_{kl}$$

- Daha Az Uygun Alternatiflerin Elenmesi

Toplam üstünlük matrisinden alternatiflerin kısmi tercih sırası belirlenebilir. Eğer $e_{kl} = 1$ ise, bu hem uyum, hem de uyumsuzluk kriterini kullanarak alternatif A_k 'nın, A_l 'ye tercih edildiği anlamına gelmektedir. Eğer toplam üstünlük matrisinin herhangi bir satırının (alternatifin) en az bir elemanı 1'e eşitse, bu alternatif ELECTRE yöntemi açısından üstündür. Dolayısıyla, 0'a eşit elemana sahip alternatif kolayca elimine edilebilir. Sonuç olarak en iyi alternatif bu yolla bütün diğer alternatiflere üstünlük sağlayan alternatiftir. E matrisinin satır ve sütunları alternatifleri gösterir.

3.3. Literatür Taraması

Ustaalioğlu (2010), "FIFA Dünya Kupası Finallerinde Gol ile Sonuçlanan Hücumların Analizi" isimli çalışmada FIFA 2010 Dünya Kupası Finallerinde gol ile sonuçlanan hücum organizasyonlarının niteliği ile alakalı bilgilerin toplanması ve gol atılmasını etkileyen unsurların saptanması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada FIFA 2010 Dünya Kupası Finallerinde 145 hücumun gol ile sonlanması değerlendirilmiştir. Çalışmanın belirlenmesi için Aver Media DVB-S uydu alıcı cihaz ile DVD kayıtları, SPSS 11.0 Paket Programı, Mathballsupervisor maç analiz programı kullanılmış ve Kappa ile Ki-Kare testi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda gol ile sonlanan hücumlar arasında hücum başlangıç biçimi, hücum şekli, hücum bölgesi, vuruş bölgesi ve vuruş tekniği bakımından anlamlı bir farklılık olduğu saptanmıştır.

Cengiz ve Kılınç (2007), " Faktör Analizi ile 2006 Dünya Kupası'na Katılan Takımların Sıralamasının Belirlenmesi" isimli çalışmada futbol liglerinde yapılan değerlendirmelerde istatistiksel analizlerin kullanılmasının mümkün olduğuna dair göstergelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. 2006 Dünya Kupası'ndaki takımların, maç esnasında sergiledikleri performansları faktör analizi ile değerlendirildikten sonra yeniden sıralanmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda takımların genel performansları üzerinde inceleme yapılması, kulüp veya takım yöneticilerinin takımla alakalı ileriye yönelik verecekleri kararlarda etkili olacağı saptanmıştır.

Günel ve Tellioğlu (2016) "2014 FIFA Dünya Kupası'na Katılan Takımların Faktör Analizi ile Sıralanması" isimli çalışmada dört yılda bir yinelenen Dünya Kupası başarı sıralamasının faktör analizi kullanılarak yeniden irdelenmesi

amaçlanmıştır. 2014 yılına ait datalar, takımların maç esnasındaki yeteneklerini sergileyen parametreler doğrultusunda ele alınarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda veriler, 2014 yılı Dünya Kupası sonuçları ile kıyaslanmıştır. Bu bağlamda yöneticilerin ileriye dönük çalışmaları için de tavsiyelerde bulunulmuştur.

Göral ve Aycan (2014), “Futbol Antrenörlerinin Müsabaka Analizi Yöntemlerini Tercih Etme Durumları Ve Takım Performanslarının Analizi” isimli çalışmasında futbol antrenörlerinin maç analizi metotlarını tercih etmeleri durumunda takım performanslarının irdelenerek analiz edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın grubunu 332 futbol antrenörü oluşturmaktadır. Çalışmanın belirlenmesi için doküman analizi tekniği, SPSS programı, t testi ve tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda futbol antrenörlerinin videolu maç gözlemini seçmeleri, takım performanslarında dönüşüme yol açtığı belirlenmiştir. Bu duruma video ve bilgisayar vasıtasıyla gerçekleştirilen maç analizlerinin, maç esnasında ortaya çıkan hareketlerin tekrarlanarak izlenmesi adına önemli bir fırsat sağlamasının önemli derecede katkı sağladığı saptanmış ve diğer maç analizi yöntemlerinden üstün olan videolu analiz yönteminin, takım performansının yükseltilmesi adına bilhassa antrenörlerin faydalanması gereken mühim bir gereç olduğu gözlemlenmiştir.

Yapıcıoğlu (2003), “2002 Futbol dünya Kupasında Latin ve Avrupa Ekollerinin Bilgisayarlı MaçAnaliz Programıyla İncelenmesi” isimli çalışmada Latin ve Avrupa ekolünü temsil eden takımların özelliklerinin ele alınmasıyla ekoller arasındaki farkların saptanması amaçlanmıştır. Çalışmanın belirlenmesi için 7 Latin ve 11 Avrupa takımının yaptığı maçlar incelenmiş ve özel olarak sadece iki ekolün karşı karşıya geldiği 17 maç analiz edilmiştir. Verilerin elde edilmesi için Soccer Notation maç analiz programı, SPSS paket programı, t testi, kullanılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda 2002 Kore-Japonya Latin ekolü, Avrupa Ekolüne karşı değer bakımından üstünlük sağlanmış, teknik açıdan ise teknik, taktik, oyuncu teknik direktör bakımından farklılık meydana gelse de globalleşme ile bu farkların ortadan kalktığı görülmüştür.

Erdil vd. (2013), “2010 Futbol Dünya Kupasında İspanya Takımının Kolektif Performansının Maçların Kazanılmasında Etkisi” isimli çalışmada 2010 Dünya Kupası’nda birinci olan İspanya Milli Takımı’nın müsabaka döneminde şampiyon

olmasını sağlayan uyguladıkları teknik faaliyetlerin neler olduğunun araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada hücum yapıldığı başlangıç bölgesi, topun kazanımı, kaybedilmesi, üçüncü alana geçiş biçimi, ceza bölgesine giriş, şut sayısı, pas sayısı, köşe vuruşu, serbest vuruş, ofsayt, taç atışı vb. faaliyetleri kapsayan Anahtar Performans Göstergeleri (APG) irdelenmiştir. Çalışmanın belirlenmesi için MUNA maç analiz programı kullanılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda İspanya Milli Futbol Takımı'nın yaptığı merkez alanından hücum seçimi, merkez olarak adlandırılan bölgelerde top kazancının daha yüksek olduğu, rakip takıma nazaran iki kat daha bir şut isabetlerinin bulunduğu ve ceza bölgesinde şut kullanımının daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Mendes vd. (2007), "Futbol Dinamiklerinin İstatistikleri" isimli çalışmada futbol maçlarının dinamikleri ile top hareketlerinin zamansal dizilimini istatistiksel olarak karakterize etmek ve karmaşık davranış özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, 2005-2006 Dünya Kupası Şampiyonasında Güney Amerika ve Avrupa maçları üzerine çeşitli veriler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda topa dokunma istatistiklerinin güç yasası uzantılarını gösterdiği ve bunların q-gama dağılımları ile tanımlanabileceği saptanmıştır.

Karaatlı vd., (2014) yaptıkları çalışmalarında Türkiye'de 2012-2013 sezonunda Süper Lig'de gol krallığında 15 ve daha çok gol atan 6 futbolcunun performanslarının incelemişlerdir. Araştırmada çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci tekniğiyle kriterlerin ağırlıkları tespit edilmiştir. Elde edilen kriter ağırlıkları ilk olarak TOPSIS yönteminde ardından VIKOR yönteminde değerlendirilerek futbolcuların performansları değerlendirilerek sıralamışlardır. Çalışma sonucunda her iki teknikte de de aynı ancak atılan gol sayısına göre gerçekleştirilen sıralamadan daha farklı bir bulguya ulaşılmıştır.

Ocakbaşı (2018), Türkiye Süper Liginde 2013-2014 ve 2014-2015 sezonlarında oynanan maçlarda gol ile sonuçlanan hücumları tespit etmek, gol oluşumuna etki eden etmenleri çeşitli değişkenlere göre değerlendirmek ve Türkiye Süper Liginin hücum organizasyonları açısından genel görünümünü ortaya koymak amacıyla bu çalışmayı yapmıştır. Çalışma kapsamında iki sezonda oynanmış toplam 612 maçta atılan 1675

gole Turkcell Süper Liginin yayıncı kuruluşu olan Lig TV'nin resmi olarak yayınladığı maç özetlerinden ulaşılmıştır. Elde edilen görüntülerin analizi profesyonel maç analiz programlarından biri olan E-analizde yapılmıştır. Çalışma da kullanılan verilerin istatistiksel analizi için SPSS 19.0 paket programı kullanılmıştır. Bu çalışma da değişkenlerin normal dağılım sergileyip sergilemediği Kolmogrov-Smirnov ve çarpıklık basıklık değerlerine bakılarak karar verilmiştir. Araştırmadaki veriler normal dağılım sergilemediklerinden dolayı değişkenler arasında anlamlı farklılık bulunup bulunmadığını tespit etmek için parametrik olmayan Ki-kare testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, birbirini takip eden 2 sezon arasında Türk futbolunun taktiksel yaklaşım açısından değişmediği fakat 14/15 sezonunda hızlı hücumun daha çok tercih edildiği bulgusu elde edilmiştir.

Ayyıldız ve Murat (2018) futbol ekonomimizin en önemli paydaşları olan Türkiye Süper Ligi'nde bulunan 18 futbol kulübünün 2012-2013 ve 2016-2017 sezonları arasında kalan 5 sezonluk performansı veri zarflama analizi ile inceleyerek etkinliklerini ölçmüştür. Çeşitli finans hakkındaki veriler girdi ve çıktı şeklinde değerlendirilerek etkinlik değerlerine ulaşılmıştır. Etkinlik değerleri değerlendirilerek etkin ve etkin halde bulunmayan kulüpler belirlenmiştir. Araştırma neticesinde kulüplerin performanslarını inceleyerek, geliştirilmeye açık taraflarının geliştirilmesi veya sorunu bölümlerinin düzeltilmesi manasında kulüp idarecilerine etkinliklerini yükseltecek aksiyonları gösterebilmek hedeflenmiştir.

Taşkın ve Eren (2016), UEFA Şampiyonlar Ligi 2014-2015 sezonunda gol sıralamasında ilk altı sırada bulunan futbolcuların performanslarını değerlendirmişlerdir. Performans değerlendirmesi için maç başı gol, toplam gol, oyunda kaldığı süre, toplam asist, gol başına dk., kart sayısı kriterlerini kullanmışlardır. Performans değerlendirmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Yapılan çalışma neticesinde her iki teknikte de gol sıralamasına göre gerçekleştirilen sıralamadan daha farklı bulgulara ulaşılmışlardır.

Demirci (2017) çalışmasında futbolun yakın geçmişte yaşadığı dönüşüm, ağırlıklı şekilde endüstriyel futbol olgusu kapsamında incelemiştir. UEFA lisanslama kriterlerini

de ayrıntılı olarak ele almıştır. Çalışmanın asıl uygulama konusunu ise Türkiye’de faaliyette olan, dört büyükler olarak tanınan kulüplerin finansal performanslarını, finansal fair play performanslarını ve sportif performanslarını, çok kriterli karar verme yöntemleriyle incelemek ve aralarındaki ilişkiyi belirlemek meydana getirmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemi şeklinde TOPSIS yöntemi tercih edilmiş, kriterlerin ağırlıkları entropi tekniğiyle tespit edilmiştir. Çalışma neticelerine göre Beşiktaş ve Galatasaray kulübünün sportif performansları ve finansal performansları arasından güçlü ve olumlu bir ilişki olduğu görülmektedir. Fenerbahçe kulübü hakkında sezonlarda finansal performansı ile öne çıkmıştır. Trabzonspor ise finansal fair play kriterlerine göre gerçekleştirilmiş performans sıralamasında son iki sezonda birinci olmuştur. Genel bir bulgu olarak finansal fair play performans sıralamaları ve diğer performans sıralamaları arasındaysa düşük bir ilişki olduğu belirlenmiş, sportif performans ve finansal performans arasında ise yüksek bir ilişki olduğu görülmektedir.

4. UYGULAMA

4.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırma da hedeflenen temel amaç; istatistiksel yöntemler ile 2018 Dünya Kupasına katılan ülkelerin başarı sıralamalarının belirlenmesidir. Böylelikle turnuva sonunda FIFA'nın açıkladığı başarı sıralaması ile faktör analizi ve Electre yöntemi kullanılarak oluşturulan başarı sıralamasının arasındaki oluşabilecek farklılıkların sebeplerinin, ülkelerin teknik kadrosu ve idari heyetleri tarafından araştırılması durumunda, ülkelerin turnuvadaki hataları ya da şans durumlarının ortaya çıkarılabilmesi ve bu sonuçların ilerideki turnuvalara ışık tutmasında önemli bir çıkarım olacaktır.

4.2. Araştırma Modeli

Bu çalışma retrospektif/tanımlayıcı yapıda bir araştırma desenine sahiptir. Araştırmacının belli bir noktadan geçmiş zamana doğru kohort deneklerini izlemesi retrospektif çalışma olarak tanımlanmaktadır. Bu araştırmalar ile bir sağlık sorunu veya olaya ilişkin geçmiş özelliklerin incelenmesi amaçlanmaktadır (Çaparlar ve Dönmez, 2016: 214). Bazı araştırmalarda veriler, bu çalışmada olduğu gibi genellikle belirli kuruluşların bünyesinde veya internet sayfasında tutulan bilgilerden veya kayıtlardan elde edilebilmektedir.

4.3. Araştırma Değişkenlerinin Belirlenmesi

2018 FIFA Dünya Kupasına katılan ülkelerin başarı sıralamasının belirlenmesi amacıyla oluşturulan ve analiz aşamasında başlangıçta 32 gözleme ait 35 değişken saptanmış olup ancak hem değişken sayısının gözlem sayısından fazla olamayacağı kriterinden hem de analize dahil edilen değişkenlerin komünalite değerlerinin 0,80'in altında olmasından ve komünalite değerleri 0,80'in üstünde olmasına rağmen tüm faktör döndürme denemeleri sonucunda herhangi bir faktör grubuna ayrılmayan değişkenlerin çıkartılması sonucu ülkelerin başarı sıralamalarının belirlenmesinde etkili ortak değişkenler olarak 22 adet değişken ile 32 gözleme ait faktör analizi çalışması yapılmak istenmiştir. Bu saptamalar neticesinde FIFA tarafından düzenlenen 2018 Dünya Kupası Şampiyonası'nda ülkelerin 22 değişken tarafından detaylı incelenmesi yapılmıştır. Analiz kapsamındaki veriler tr.whoscored.com adresinden elde edilmiştir. Futbol

srasında, toplam gol, şut maç başına, isabetli şut maç başına, topa sahip olma yüzdeleri, pas yüzdeleri, altı pas, kısa pas maç başına, ceza sahası içi pas, ceza sahası dışı pas, faul maç başına gibi değişkenler kullanılarak analiz uygulanmıştır.

Tablo 4.1. Komünalite Değerleri

	Başlangıç Değeri	Sonuç Değeri
*Toplam Gol	1,000	,933
*Şut Maç Başına	1,000	,952
*İsabetli Şut Maç Başına	1,000	,887
*Topa Sahip Olma Yüzdeleri	1,000	,933
***Top Çalma Maç başına	1,000	,601
***Top Kesme Maç Başına	1,000	,639
***Adam Geçme Maç Başına	1,000	,691
*Pas Yüzdeleri	1,000	,914
*Altı Pas	1,000	,894
***Ara Pas Maç Başına	1,000	,681
*Kısa Pas Maç Başına	1,000	,893
*Ceza Sahası İçi Pas	1,000	,920
*Ceza Sahası Dışı Pas	1,000	,932
***Kontra Atak	1,000	,749
***Ofsayt Maç Başına	1,000	,706
**Uzun Top Maç Başına	1,000	,828
*Açık Oyun Atak	1,000	,841
***Penaltı	1,000	,589
*Faul Maç Başına	1,000	,814
***Hava Topu	1,000	,709
**Kadro Değeri (Milyon €)	1,000	,874
**Yarı Final Oynama Sayısı	1,000	,869
**Katılma Sayısı	1,000	,829
*Sol Kanat Atak Yüzdeleri	1,000	,927
***Orta Saha Atak Yüzdeleri	1,000	,770
*Sağ Kanat Atak Yüzdeleri	1,000	,906
*Sol Kanat Şut Yüzdeleri	1,000	,819
*Orta Sahadan Yapılan Girişim Yüzdeleri	1,000	,942
*Sağ Kanat Şut Yüzdeleri	1,000	,802
*Kale Sahası Şut Bölgesi Yüzdeleri	1,000	,892
*Ceza Sahası Şut Bölgesi Bölgesi Yüzdeleri	1,000	,973
*Ceza Sahası Dışında Şut Bölgesi Yüzdeleri	1,000	,944
*Kendi Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri	1,000	,870
*Orta Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri	1,000	,867
*Rakip Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri	1,000	,913

Dipnot: ‘*’ kullanılan değişkenler, ‘**’ komünalite değerleri 0,80’in üstünde olmasına rağmen tüm faktör döndürme denemeleri sonucunda herhangi bir faktöre grubuna ayrılmayan ve bundan dolayı analizden çıkarılan değişkenler, ‘***’ komünalite değerinin 0,80’in altında olmasından dolayı analizden çıkarılan değişkenleri ifade etmektedir.

Analiz Kapsamında Kullanılan Değişkenler; Toplam Gol, Şut Maç Başına, İsabetli Şut Maç Başına, Topa Sahip Olma Yüzdeleri, Pas Yüzdeleri, Altı Pas, Kısa Pas Maç Başına, Ceza Sahası İçi Pas, Ceza Sahası Dışı Pas, Açık Oyun Atak, Faul Maç Başına, Sol Kanat Atak Yüzdeleri, Sağ Kanat Atak Yüzdeleri, Sol Kanat Şut Yüzdeleri, Sağ Kanat Şut Yüzdeleri, Orta Sahadan Yapılan Girişim Yüzdeleri, Kale Sahası Şut Bölgesi Yüzdeleri, Ceza Sahası Şut Bölgesi Yüzdeleri, Ceza Sahası Dışında Şut Bölgesi Yüzdeleri, Kendi Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri, Orta Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri, Rakip Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri'dir.

Analiz Kapsamında Kullanılmayan Değişkenler;

Komünalite Değerleri 0,80'in altında olmasından kaynaklı analizden çıkarılan değişkenler; Maç Başına Top Çalma, Maç Başına Top Kesme, Maç Başına Adam Geçme, Maç Başına Ara Pas, Kontra Atak, Maç Başına Ofsayt, Maç Başına Penaltı, Hava Topu, Orta Saha Atak Yüzdeleri'dir.

Komünalite değerleri 0,80'in üstünde olmasına rağmen tüm faktör döndürme denemeleri sonucunda herhangi bir faktör grubuna ayrılmayan ve bundan dolayı analizden çıkarılan değişkenler; Maç Başına Uzun Top, Kadro Değeri, Yarı Final Oynama Sayısı, Katılma Sayısı'dır.

4.4. Verilerin Analizi

Analiz aşamasında SPSS 23.0 programı ile faktör analizi uygulanmıştır. Faktör analizi uygulaması sırasında 6 faktör elde edilmiştir. Her bir faktör futbol yapısının farklı bir modelini oluşturmaktadır. Bu çok faktörlü değerlendirme sayesinde başarı sıralamaları oluşturulmuş ve Tablo 4.3'de gösterilen FİFA 2018 Dünya Kupası başarı sıralamasıyla karşılaştırılması yapılmıştır. Daha sonra başarı sıralamasını belirtilen faktörler kullanılarak çok kriterli karar verme ve başarı sıralaması oluşturma tekniklerinden ELECTRE yöntemi kullanılarak ele alınan iki farklı yöntem arasından hangisinin genel başarı sıralamasına yakın sonuçlar elde ettiği ve farklılıklar ortaya koyduğu değerlendirilmiştir.

4.5. Bulgular

Analiz kapsamında değerlendirilen 2018 Dünya Kupası verilerinin 22 değişken tarafından incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bulgular tablolar halinde ortaya koyularak

yorumlamalar yapılmıştır. Genel anlamda verilerin özet istatistikleri Tablo 4.2’de ifade edilmiştir. Bu tablodaki veriler incelendiğinde 2018 Dünya Kupası adına gerçekleşen tüm müsabakaların genel bir değerlendirilmesinin yer aldığı görülmektedir.

Genel anlamda maç başına maksimum 24 şut çekildiği, toplamda en fazla bir takımın 16 gol attığı, en yüksek topa sahip olma oranının yüzde 69,2 olduğu, pas yüzdelerinin rakip takıma karşı başarısının en yüksek yüzde 91 en düşük yüzde 62,6 olduğu, maç başına bir takımın minimum 7 maksimum 19 faul yaptığı gibi istatistiksel veriler gözlenmektedir. Ayrıca şut bölgelerine bakıldığında kale sahası bölgesinde %13 şut çekildiği, ceza sahası dışından %66 şut çekildiği ve en çok şutun ceza sahasından %72’lik bir oranda çekildiği görülmektedir.

Maç başına isabetli şut istatistiklerine bakıldığında da oldukça farklı bir durum olduğu görülmektedir. Bir ülkenin maç başına isabetli şut verileri minimum 1,3 iken maksimum 8 olduğu görülmektedir, bu da ülkelerin karşılaştıkları rakiplerin değişkenliğinin istatistiklerine de sağladığı etkiyi görmemize kaynak sağladığı söylenebilir. Bu veriler arasındaki farklılığın fazla olması aslında futbol dengelerini de belirlemektedir.

4.5.1. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Tablo 4.2. 2018 Dünya Kupası Verilerinin İstatistikleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama
Toplam Gol	32	2,0	16,0	5,281
Şut Maç Başına	32	7,7	24,0	12,363
İsabetli Şut Maç Başına	32	1,3	8,0	3,794
Topa Sahip Olma Yüzdeleri	32	33,6	69,2	49,422
Pas Yüzdeleri	32	62,6	91,0	80,350
Altı Pas	32	0	2,6	,597
Kısa Pas Maç Başına	32	156,0	799,0	397,344
Ceza Sahası İçi Pas	32	3,7	13,7	6,309
Ceza Sahası Dışı Pas	32	2,8	9,7	5,200
Açık Oyun Atak	32	0	9,0	2,469
Faul Maç Başına	32	7,0	19,0	12,709
Sol Kanat Atak Yüzdeleri	32	29,0	47,0	37,375

Sağ Kanat Atak Yüzdeleri	32	29,0	45,0	38,250
Sol Kanat Şut Yüzdeleri	32	6,0	28,0	17,656
Sağ Kanat Kanat Şut Yüzdeleri	32	3,0	28,0	18,187
Orta Sahadan Yapılan Girişim Yüzdeleri	32	49,0	90,0	64,188
Kale Sahası Şut Bölgesi Yüzdeleri	32	0,1	13,0	4,656
Ceza Sahası Şut Bölgesi Yüzdeleri	32	28,0	72,0	53,219
Ceza Sahası Dışında Şut Bölgesi Yüzdeleri	32	26,0	66,0	42,188
Kendi Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri	32	19,0	34,0	27,062
Orta Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri	32	37,0	54,0	46,531
Rakip Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri	32	20,0	43,0	26,500

Kaynak: FİFA 2018 Dünya Kupası Verileri (tr.whoscored.com)

Bu doğrultuda elde edilen verilerden yola çıkarak FİFA tarafından oluşturulan 2018 yılına ait Dünya Kupası başarı sıralaması Tablo 4.3’de oluşturulmuştur.

Tablo 4.3. 2018 FİFA Dünya Kupası Başarı Sıralamaları ve Turnuva Sıralamaları

FİFA 2018 Dünya Kupası Verileri			Turnuva Sıralaması									
Sıralama	Takım	FİFA 2018 Başarı Puanı	Takım	O	G	B	M	AG	YG	GF	P	Eleme
1	Belçika	7.06	Fransa	7	6	1	0	14	6	8	19	Şampiyon
2	Brezilya	7.06	Hırvatistan	7	4	2	1	14	9	5	14	İkinci
3	Fransa	6.93	Belçika	7	6	0	1	16	6	10	18	Üçüncü
4	Hırvatistan	6.92	İngiltere	7	3	1	3	12	8	4	10	Dördüncü
5	Rusya	6.85	Uruguay	5	4	0	1	7	3	4	12	Çeyrek finalde elendi
6	İngiltere	6.84	Brezilya	5	3	1	1	8	3	5	10	
7	Uruguay	6.83	İsveç	5	3	0	2	6	4	2	9	
8	İsveç	6.8	Rusya	5	2	2	1	11	7	4	8	
9	Kolombiya	6.79	Kolombiya	4	2	1	1	6	3	3	7	Son 16 turunda elendi
10	Danimarka	6.77	İspanya	4	1	3	0	7	6	1	6	
11	İspanya	6.77	Danimarka	4	1	3	0	3	2	1	6	
12	Güney Kore	6.76	Meksika	4	2	0	2	3	6	-3	6	
13	Nijerya	6.75	Portekiz	4	1	2	1	6	6	0	5	
14	Meksika	6.72	İsviçre	4	1	2	1	5	5	0	5	
15	Portekiz	6.7	Japonya	4	1	1	2	6	7	-1	4	
16	Sırbistan	6.7	Arjantin	4	1	1	2	6	9	-3	4	
17	Japonya	6.67	Senegal	3	1	1	1	4	4	0	4	
18	Peru	6.67	İran	3	1	1	1	2	2	0	4	
19	Almanya	6.66	Güney Kore	3	1	0	2	3	3	0	3	Grup aşamasında elendi
20	İran	6.64	Peru	3	1	0	2	2	2	0	3	
21	İsviçre	6.64	Nijerya	3	1	0	2	3	4	-1	3	
22	Arjantin	6.57	Almanya	3	1	0	2	2	4	-2	3	
23	Senegal	6.56	Sırbistan	3	1	0	2	2	4	-2	3	

24	Tunus	6.56	Tunus	3	1	0	2	5	8	-3	3
25	Polonya	6.53	Polonya	3	1	0	2	2	5	-3	3
26	Kosta Rika	6.52	Suudi Arabistan	3	1	0	2	2	7	-5	3
27	Fas	6.52	Fas	3	0	1	2	2	4	-2	1
28	İzlanda	6.51	İzlanda	3	0	1	2	2	5	-3	1
29	Avustralya	6.47	Kosta Rika	3	0	1	2	2	5	-3	1
30	Mısır	6.47	Avustralya	3	0	1	2	2	5	3	1
31	Suudi Arabistan	6.36	Mısır	3	0	0	3	2	6	-4	0
32	Panama	6.12	Panama	3	0	0	3	2	11	-9	0

Kaynak: FIFA 2018 Dünya Kupası Verileri (tr.whoscored.com); Wikipedia, 2020 (https://tr.wikipedia.org/wiki/2018_FIFA_D%C3%BCnya_Kupas%C4%B1).

Başarı sıralamasında en çok dikkat edilen 2018 Dünya Kupası şampiyonu olan Fransa'nın 3. sırada ve ikinci olan Hırvatistan takımının 4. sırada yer almasıdır. Turnuvanın üçüncüsü olan Belçika'nın ilk sırayı Brezilya ile paylaştığı ve üçüncülük maçında rakibi olan İngiltere'nin de 6. sırada olması aslında sıralamanın genel anlamda bir değerlendirme analizi ortaya koyduğunun işaretidir. Bu değerlendirme puanlarına göre ilk sırayı Belçika'nın alması gerekirken Fransa'nın aldığı gözlemlenmiştir.

4.5.2. Faktör Analizi İle İlgili Bulgular

Başarı sıralamasının oluşturulması için öncelikle faktör analizi uygulanmıştır. Faktör Analizi, çok sayıda birbirleriyle ilişkili olan değişkenin az sayıda ve daha anlaşılabilir hale getirebilmesini sağlayan sosyal bilimlerde yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir tekniktir (Albayrak, 2005).

Bu analiz yönteminden birçok değişken içerisinden diğer uygulanacak analizlerde kullanılmak üzere temsili değişkenler oluşturmak için yararlanılmaktadır. Oluşturulan her bir faktör regresyon, korelasyon, kümeleme analizi gibi birçok analiz tekniğinde kullanılmak üzere geniş bir uygulama alanına sahiptir. Ayrıca faktör analizi çok sayıdaki ölçülen ve gözlenen değişkenlerin arkasındaki gözlenemeyen gerçek nedenleri yani gizli değişkenleri boyutlandırmaya da yaramaktadır (Hair vd. 1998). Bu nedenle sosyal bilimlerde oldukça sık kullanıma sahiptir. Bu çalışmada kullanılmadaki amaç boyutların oluşturulmasıyla ağırlık ortalamasına bakılarak başarı sıralamasının oluşturulmasıdır.

Faktör analizinin iç dinamikleri arasında çoklu doğrusal bağlantı olması beklenmektedir. Çünkü belirlenen değişkenler arasında büyük bir korelasyon yani 0.30'dan yüksek bir korelasyon olduğu zaman faktör analizi de sağlıklı sonuçlar verecektir. Veri setinin faktör analizi için uygun olup olmadığını sınamak için ilk olarak korelasyon matrisi, sonrasında ise Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) uygunluk testi sonucu incelenir. Korelasyon değerleri 0.30'un altında olan veya birden fazla faktöre dağılan değişkenler analizden çıkartılarak test edilir (Hair vd. 1998).

Bu aşamada KMO değerine bakılır ¹⁰ bu değer yükselmesine sebep oluyorsa çıkartılması uygundur. Çünkü KMO testi aynı zamanda değişkenlerin korelasyonlarının faktör analizine uygunluğunu sınamaktadır. Bu test değeri 0 ile 1 aralığında bir değer almaktadır. Tablo 4.4'te KMO uygunluk testinin önerilen düzeyleri yer almaktadır.

Tablo 4.4. KMO Uygunluk Testinin Öneri Düzeyleri

KMO Ölçüleri	Öneri Düzeyleri
0,90+	Olağanüstü
0,80+	Çok İyi
0,70+	İyi
0,60+	Orta
0,50+	Kötü
0,50-	Kabul Edilemez

Kaynak: Hair vd. 1999

Ancak futbol verileri arasında oldukça fazla korelasyon beklenmemektedir. Her bir değişken birbirinden farklı olmasa da çoğunluğu ayrı ayrı bir analiz konusu olabilir. Farklılıklar gösteren değişkenlerden oluştuğundan yapılan analiz sonucunda Tablo 4.5'te gösterilen KMO değerleri bulunmaktadır.

Tablo 4.5. KMO Bartlett's Uygunluk Testi

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	0,576
Approx. Chi-Square	1083,667
df	231
Bartlett's Test of Sphericity	Sig. 0,00

Analiz kapsamındaki KMO değeri 0.576 olarak elde edilmiştir. Bu değer kabul edilebilir düzeyde ancak kötü bir uygunluk sergilemektedir. Ancak dünya kupası verileri düşünüldüğünde gözlem sayısının az olması nedeniyle uygun bir değer olarak karşılanmaktadır. Model anlamlılık derecesi p değeri 0.05'ten küçüktür. Yani faktör

analizi için veriler uygundur. Bu değişkenler arasında bir yüksek korelasyon olmaması normal olarak görülebilir.

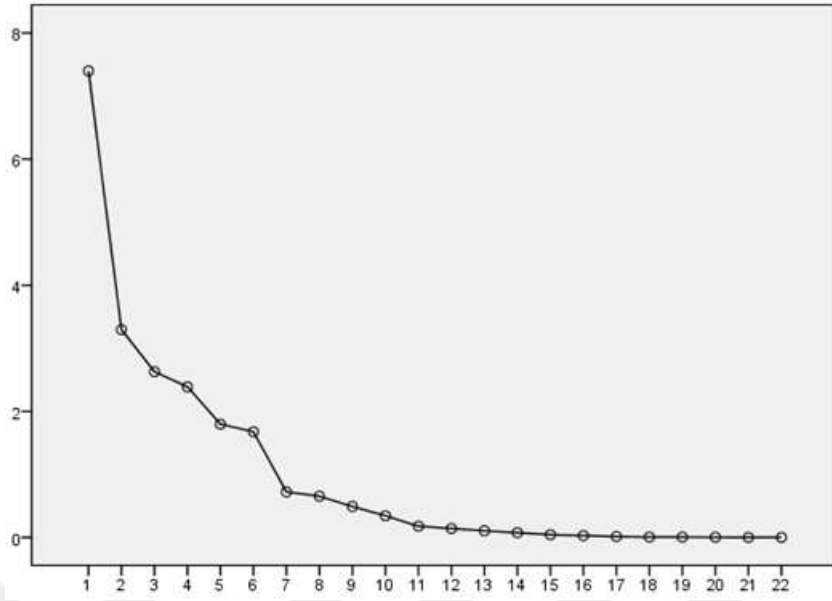
Uygunluk ve varsayımlar test edildikten sonra faktör analizine 2018 Dünya Kupası verileri uygun görülmüş ve analiz yapılmıştır. Analiz kapsamında değişkenler arasındaki ilişkili olmayan bileşenlerin bir araya getirilmesi ve yeni bir başarı puanlaması oluşturmak için Temel Bileşen Faktörü Modeli kullanılmıştır.

4.5.2.1. Temel Bileşen Faktörü Analizi

Bu yöntemde değişkenler üzerindeki açıklayıcı varyansın en yüksek derecede olması amaçlanır. Her bir değişken model içerisindeki varyans değerleriyle eşit sayıda ve bağımsız tüm bu değişkenlerin açıklamasını sağlayan bir etkisi bulunmaktadır. Bu doğrultuda faktörler oluşturularak en yüksek faktör değerinden en düşük faktör değerine doğru sınıflandırmalar oluşturulur. Her bir faktör bir özelliği temsil etmektedir. Bu özelliklerin varyans yükleriyle birlikte sıralama oluşturmak mümkün hale getirilir. Başarı sıralaması faktör analizine göre bu yöntemle oluşturulur.

4.5.2.2. Uygun Faktör Sayısının Belirlenmesi

Oluşturulacak faktör sayısı özdeğer kriteri ve yığın grafiğinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda meydana getirilir. Bu oluşturulan kriterler doğrultusunda 6 faktör oluşturulmuştur. Bu 6 faktör de özdeğer kriterinin 1'den büyük olma durumuna göre belirlenmiştir. Oluşturulan 6 faktörün varyans değeri toplamı %87.194'tür. Yani Tablo 4.6'da gösterilen toplam 6 faktör ve bu faktörler toplam varyansın %87.194'ünü açıklamaktadır.



Grafik 4.1. Yamaç Eğim Grafiği

Bu yığın grafikleri faktörlerin oluşturulma sırasındaki özdeğer kriterlerine göre kaç adet faktör oluştuğunu göstermektedir. Bu grafiğe bakarak 6-7 arasındaki ani düşüşün sebebinin 6 faktör oluşturulacağı tahmini çıkarılabilir. Analiz kapsamında da 6 faktör oluşturulmuştur.

Bu 6 faktör de özdeğer kriterinin 1'den büyük olma durumuna göre belirlenmiştir. Oluşturulan 6 faktörün varyans değeri toplamı Tablo 4.6'te görüleceği üzere yüzde %87.194'tür.

Tablo 4.6. Özdeğerlerin Belirlemesi

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7,398	33,626	33,626	7,398	33,626	33,626	6,699	30,452	30,452
2	3,296	14,981	48,607	3,296	14,981	48,607	2,956	13,434	43,886
3	2,628	11,945	60,552	2,628	11,945	60,552	2,766	12,574	56,460
4	2,388	10,855	71,407	2,388	10,855	71,407	2,565	11,658	68,118
5	1,797	8,166	79,573	1,797	8,166	79,573	2,204	10,020	78,138
6	1,677	7,621	87,194	1,677	7,621	87,194	1,992	9,056	87,194

7	,721	3,279	90,473					
8	,654	2,972	93,446					
9	,492	2,235	95,681					
10	,344	1,564	97,244					
11	,179	,812	98,056					
12	,142	,647	98,703					
13	,106	,483	99,187					
14	,075	,340	99,527					
15	,045	,203	99,730					
16	,029	,131	99,861					
17	,015	,067	99,928					
18	,006	,029	99,957					
19	,006	,026	99,983					
20	,003	,013	99,996					
21	,000	,002	99,998					
22	,000	,002	100,000					

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Yani Tablo 4.6’da gösterilen toplam 6 faktör ve bu faktörler toplam varyansın yüzde 87,194 ’ünü açıklamaktadır.

4.5.2.3.Faktör Döndürme Yönteminin Seçimi

Faktör Analizinde döndürülmemiş faktör matrislerinde anlamlandırılabilir ve yorumlanabilir sonuçlar almak pek mümkün olmamaktadır. Çalışmada kullandığımız 22 değişken ile Tablo 4.7’de döndürülmemiş faktör matrisi elde edilmiş, özellikle kavramsal olarak anlamlılık ve değişkenlerin atandığı faktör grupları içinde yükleri açısından isimlendirilebilir ve yorumlanabilir bir durum görülmediğinden dolayı faktör döndürmesi yapılmıştır.

Tablo 4.7. Döndürülmemiş Faktör Matrisi

	Component					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Toplam Gol	,432	-,081	,274	-,154	,468	,623
Şut mb	,916	,110	-,219	,010	-,220	,072

İsabetli şut mb	,876	-,043	-,087	-,101	-,086	,276
Topa sahip olma%	,880	,083	-,123	-,025	,153	-,309
Pas%	,799	,163	-,068	,071	,259	-,266
Altıpas	,662	-,240	,195	,543	,017	,271
Kısa pas mb	,873	-,035	-,059	,023	,187	-,277
Ceza Sahası içi pas	,751	-,230	-,266	-,330	-,345	,016
Ceza Sahası Dışı Pas	,607	,669	-,211	,222	-,114	,062
Açık Oyun Atak	,533	-,061	,299	-,320	,303	,570
Faul mb	,446	,179	,444	-,025	,200	-,294
Sol kanat atak%	,276	-,031	,756	,058	-,275	-,311
Sağ Kanat atak%	-,265	,061	-,730	-,083	,527	,109
Sol Kanat şut%	,203	,345	,618	-,400	-,319	,113
Orta sahadan yapılan girişimler%	-,111	-,711	-,268	,570	,019	-,069
Sağ Kanat şut%	-,045	,673	-,195	-,429	,286	,005
Kale sahası şut bölgesi%	,427	-,316	,236	,693	,129	,229
Ceza sahası şut bölgesi%	-,033	-,741	-,086	-,640	-,114	-,038
Ceza sahası dışında şut bölgesi%	-,107	,876	,000	,420	,074	-,048
Kendi Saha Hareket Bölgesi%	-,702	,285	,043	,167	-,302	,401
Orta Saha Hareket Bölgesi%	-,253	-,243	,469	-,102	,651	-,350
Rakip Saha Hareket Bölgesi%	,789	-,094	-,391	-,085	-,212	-,098

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 6 components extracted.

Faktör analizinde matrislerle gösterilen Tablo 4.7'deki her bir değişkenin ağırlık değerleri oluşturulan her bir faktörün içerisindeki değişken kümesini ve o faktör için yüklerini ifade etmektedir. Analitik açıdan döndürme yöntemleri arasında bir üstünlük bulunmamakla birlikte faktör analizi boyut indirgemek ya da sonuçlarının başka analizlerde kullanılması amacıyla yapılacaksa ortogonal yöntemler en iyi seçenek olarak kabul edilmektedir. Bunun ışığında, bu çalışmada bütün ortogonal (varimax, quartimax, equamax) döndürme işlemleri uygulanmış en iyi kavramsal anlamlılığı verdiği düşünülen ortogonal quartimax döndürme yöntemi kullanılmıştır.

Bu sebeple döndürme işlemi yapılarak faktör matrisi ortaya çıkarılmıştır.

Tablo 4.8. Quartimax Döndürülmüş Matris

	Component					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Toplam Gol	,216	-,024	,074	-,016	,913	-,108
Şut mb	,867	,083	,055	,090	,135	,406
İsabetli şut mb	,759	-,068	,088	,090	,405	,331
Topa sahip olma%	,946	,086	-,016	,037	,011	-,111
Pas%	,851	,223	,010	,011	,064	-,188
Altıpas	,466	,172	,704	,175	,347	,096
Kısa pas mb	,914	,029	,100	,054	,060	-,161
Ceza Sahası içi pas	,744	-,415	-,041	,084	,054	,423
Ceza Sahası Dışı Pas	,585	,657	-,149	,024	,045	,358
Açık Oyun Atak	,317	-,128	-,054	,125	,873	-,008
Faul mb	,420	,185	-,069	,413	,106	-,398
Sol kanat atak%	,155	,004	,143	,854	-,062	-,217
Sağ Kanat atak%	-,075	,037	-,212	-,919	,019	-,078
Sol Kanat şut%	,032	,040	-,400	,747	,285	,120
Orta sahadan yapılan girişimler%	-,073	-,254	,811	-,342	-,269	-,045
Sağ Kanat şut%	,058	,319	-,764	-,224	,129	-,057
Kale sahası şut bölgesi%	,247	,208	,831	,101	,281	-,061
Kendi Saha Hareket Bölgesi%	-,800	,273	-,055	,010	-,009	,370
Orta Saha Hareket Bölgesi%	-,192	-,152	,007	,063	,089	-,910
Rakip Saha Hareket Bölgesi%	,834	-,155	,044	-,065	-,063	,340
Ceza sahası şut bölgesi%	,014	-,986	-,084	-,037	,024	-,007
Ceza sahası dışında şut bölgesi%	-,090	,946	-,205	,000	-,128	,027

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Quartimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

Quartimax dönüştürme tekniği uygulanarak dönüştürülen ağırlıklar faktör yüklerinin yanındaki +, - işaretleriyle birlikte değerlendirme imkânı tanımaktadır. Bu işaretler faktörlerin yönü hakkında bilgiler sunmaktadır. Negatif olarak gösterilen faktör yükleri diğer değişkenlerle arasında ters yönlü bir ilişkiyi temsil etmektedir. Pozitif işaretli faktör yükleri ise diğer değişkenlerle birlikte aynı yönlü bir ilişkiyi ifade etmektedir.

Birinci Faktörde (Gol Girişimi Ağırlıklı Faktör); Maç Başına Şut (0,867), İsabetli Şut Maç Başına (0,759), Topa Sahip Olma Yüzdeleri (0,946), Pas Yüzdeleri (0,851), Kısa Pas Maç Başına (0,914), Ceza Sahası İçi Pas (0,744), Maç Başına Faul (0,420), Kendi Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri (-0,800), Rakip Saha Hareket Bölgesi (0,834) Değişkenleri; *İkinci Faktörde (Ceza Sahası Girişimi Ağırlıklı Faktör);* Ceza Sahası Dışı Pas (0,657), Ceza Sahası Şut Bölgesi Yüzdeleri(-0,986), Ceza Sahası Dışında Şut Bölgesi Yüzdeleri (0,946) Değişkenleri; *Üçüncü Faktörde (Pas Ağırlıklı Atak Girişim Faktörü);* Altıpas (0,704), Orta Sahadan Yapılan Girişim Yüzdeleri (0,811), Sağ Kanat Şut Yüzdeleri (-0,764), Kale Sahası Şut Bölgesi Yüzdeleri (0,831) Değişkenleri; *Dördüncü Faktörde(Kanat Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör);* Sol Kanat Atak Yüzdeleri (0,854), Sağ Kanat Atak Yüzdeleri (-0,919), Sol Kanat Şut Yüzdeleri (0,747) Değişkenleri; *Beşinci Faktörde (Açık Oyun Atak Girişimi Ağırlıklı Faktörü);* Toplam Gol (0,913), Açık Oyun Atak (0,873) Değişkenleri; *Altıncı Faktörde (Orta Saha Hareket Bölgesi Girişim Ağırlıklı Faktörü);* Orta Saha Hareket Bölgesi Yüzdeleri (-0,910) Değişkeni Yer almaktadır.

İkinci Faktördeki (Ceza Sahası Girişimi Ağırlıklı Faktör) Ceza Sahası Dışı Pas (0,657), Ceza Sahası Dışında Şut Bölgesi Yüzdeleri (0,946) pozitif yönlü bir ilişki içerisindeyken Ceza Sahası Şut Bölgesi Yüzdeleri(-0,986), negatif yani ters yönlü bir ilişki içerisinde. Bu durumda, ceza sahası dışında yapılan paslaşmalar, ceza sahası dışından yapılan şut yüzdelerini arttırmış iken, ceza sahası içinden yapılan şutlar ile herhangi bir arttırıcı etkisi yoktur. Birinci faktördeki (Gol Girişimi Ağırlıklı Faktör), Topa Sahip Olma Yüzdeleri (0,946), Maç Başına Şut (0,867), İsabetli Şut Maç Başına (0,759), Pas Yüzdeleri (0,851), Kısa Pas Maç Başına (0,914), Ceza Sahası İçi Pas (0,744), Maç Başına Faul (0,420), Rakip Saha Hareket Bölgesi (0,834) değişkenleri arasında pozitif yönlü bir ilişki söz konusudur. Bu pozitif yönlü ilişki şu şekilde açıklanabilir; Eğer topa sahip olursa bir ülke, maç başına çekeceği şut ve bu şutun isabetli olma olasılığı artar aynı zamanda da mevcuttan daha fazla pas yapar ve kısa paslar ile ceza sahası içerisine giriş yapabilir. Top ile çok oynanıldığı içinde topun rakibe geçmesi durumunda da tekrar topu alabilmek için faul yapma olasılığı da artmış olacaktır. Ancak şut ve pas değerlerinin artacağını bilince rakip saha hareket bölgesinde daha aktif olması da kaçınılmazdır.

4.5.2.4. Faktör Ağırlıkları Kullanılarak Sıralamanın Oluşturulması

Araştırma kapsamında kullanılan her bir değişken için takımların genel istatistik bilgileri kullanılmış ve faktör ağırlıkları belirlenmiştir. Faktör ağırlıklarıyla oluşturulan her bir faktör kendi arasında bir özellik temsil ettiği oluşumda bir probleme rastlanmamıştır. Muhtemel sonuçlar kullanılarak faktör sıralaması oluşturulmuştur.

Tablo 4.9. Oluşturulan Faktör Skorları

Ülkeler	Faktör1	Faktör2	Faktör3	Faktör4	Faktör5	Faktör6
Belçika	0.32565	-0.53726	-0.38196	-0.28942	2.85686	0.48978
Brezilya	1.37468	0.5449	1.58736	1.90832	1.41106	1.50297
Fransa	-0.07952	0.53076	-0.58812	-0.65813	1.89195	-0.5262
Hırvatistan	0.38552	0.10378	0.02795	1.03214	1.67376	-0.17595
Rusya	-0.8501	-1.77311	-0.87112	-0.76255	1.23842	0.04345
İngiltere	0.7172	0.04401	1.73291	-0.59215	0.89423	-1.15276
Uruguay	-0.20474	0.63154	0.46596	-0.68927	0.66017	0.09631
İsveç	-1.07456	-0.606	1.29553	0.16226	0.52234	1.12752
Kolombiya	-0.25481	0.5385	-0.11202	-1.64899	0.13652	-0.96267
Danimarka	-0.53875	0.1536	0.18252	-1.95123	-0.259	0.07376
İspanya	2.34312	-0.56294	1.33774	0.91059	-0.54914	-0.78393
Güney Kore	-0.91037	2.24822	0.11566	-1.23978	0.1505	1.41595
Nijerya	-0.12823	0.3312	-0.68695	-0.8273	-0.28375	-0.59211
Meksika	0.24599	0.98462	-1.08096	0.24844	-0.86316	0.7963
Portekiz	0.25155	2.55736	-0.26232	0.84027	-0.07911	-0.32376
Sırbistan	-0.15949	-0.64602	0.83182	0.09634	-0.93449	0.0585
Japonya	0.02628	-1.36364	0.36698	0.54997	0.39087	-0.83002
Peru	-0.31507	-0.55645	-1.12699	0.70094	-0.55781	-0.02115
Almanya	2.85459	-0.49206	-0.3357	-1.12181	-1.5122	2.64738
İran	-2.11914	-0.13564	1.05	1.31551	-0.73465	0.29433
İsviçre	0.42172	0.89708	-0.56609	0.44038	-0.45346	0.54462
Arjantin	1.42921	-0.5234	-1.74948	0.94671	0.09949	-1.26924
Senegal	-0.2899	-1.13406	-0.69281	-0.77359	0.14726	-0.12072
Tunus	-0.09231	0.73935	-0.08814	-0.5384	0.41635	-0.16637
Polonya	-0.01352	-0.16804	2.55578	-1.03401	-1.15593	-1.27653
Kosta Rika	-0.91647	0.41845	-0.35298	0.98756	-0.56938	0.36223
Fas	-0.1857	-1.50551	-0.23368	0.82877	-0.8087	0.03168
İzlanda	-1.078	-1.73793	-1.02135	0.31563	-0.23496	1.47442
Avustralya	0.0536	-0.76724	0.55863	-1.37715	-1.24737	-0.42725
Mısır	-1.1696	0.58243	0.06495	0.81586	-0.76211	1.07748
Suudi Arabistan	0.72213	0.65115	-1.87017	-0.25926	-0.73482	-1.46266
Panama	-0.77094	0.55236	-0.15296	1.66335	-0.74971	-1.94537

Tablo 4.10. Özdeğerler

ÖZDEĞER1	ÖZDEĞER2	ÖZDEĞER3	ÖZDEĞER4	ÖZDEĞER5	ÖZDEĞER6
7.398	3.296	2.628	2.388	1.797	1.677

Faktör ağırlıkları özdeğerler ile çarpılarak yeni bir matris elde edilir.

Tablo 4.11. Faktör Ağırlıkları ve Özdeğerlerle Elde Edilen Matris

Ülkeler	Faktör1	Faktör2	Faktör3	Faktör4	Faktör5	Faktör6
Belçika	2.409159	-1.77081	-1.00379	-0.69113	5.133777	0.821361
Brezilya	10.16988	1.79599	4.171582	4.557068	2.535675	2.520481
Fransa	-0.58829	1.749385	-1.54558	-1.57161	3.399834	-0.88244
Hırvatistan	2.852077	0.342059	0.073453	2.46475	3.007747	-0.29507
Rusya	-6.28904	-5.84417	-2.2893	-1.82097	2.225441	0.072866
İngiltere	5.305846	0.145057	4.554087	-1.41405	1.606931	-1.93318
Uruguay	-1.51467	2.081556	1.224543	-1.64598	1.186325	0.161512
İsveç	-7.94959	-1.99738	3.404653	0.387477	0.938645	1.890851
Kolombiya	-1.88508	1.774896	-0.29439	-3.93779	0.245326	-1.6144
Danimarka	-3.98567	0.506266	0.479663	-4.65954	-0.46542	0.123696
İspanya	17.3344	-1.85545	3.515581	2.174489	-0.9868	-1.31465
Güney Kore	-6.73492	7.410133	0.303954	-2.96059	0.270449	2.374548
Nijerya	-0.94865	1.091635	-1.8053	-1.97559	-0.5099	-0.99297
Meksika	1.819834	3.245308	-2.84076	0.593275	-1.5511	1.335395
Portekiz	1.860967	8.429059	-0.68938	2.006565	-0.14216	-0.54295
Sırbistan	-1.17991	-2.12928	2.186023	0.23006	-1.67928	0.098105
Japonya	0.194419	-4.49456	0.964423	1.313328	0.702393	-1.39194
Peru	-2.33089	-1.83406	-2.96173	1.673845	-1.00238	-0.03547
Almanya	21.11826	-1.62183	-0.88222	-2.67888	-2.71742	4.439656
İran	-15.6774	-0.44707	2.7594	3.141438	-1.32017	0.493591
İsviçre	3.119885	2.956776	-1.48768	1.051627	-0.81487	0.913328
Arjantin	10.5733	-1.72513	-4.59763	2.260743	0.178784	-2.12852
Senegal	-2.14468	-3.73786	-1.8207	-1.84733	0.264626	-0.20245
Tunus	-0.68291	2.436898	-0.23163	-1.2857	0.748181	-0.279
Polonya	-0.10002	-0.55386	6.71659	-2.46922	-2.07721	-2.14074
Kosta Rika	-6.78005	1.379211	-0.92763	2.358293	-1.02318	0.60746
Fas	-1.37381	-4.96216	-0.61411	1.979103	-1.45323	0.053127
İzlanda	-7.97504	-5.72822	-2.68411	0.753724	-0.42222	2.472602
Avustralya	0.396533	-2.52882	1.46808	-3.28863	-2.24152	-0.7165
Mısır	-8.6527	1.919689	0.170689	1.948274	-1.36951	1.806934
Suudi Arabistan	5.342318	2.14619	-4.91481	-0.61911	-1.32047	-2.45288
Panama	-5.70341	1.820579	-0.40198	3.97208	-1.34723	-3.26239

Bu matrisin satır toplamaları alınarak her bir ülke için tek bir skor elde edilir ve sıralama bu şekilde yapılır.

Tablo 4.12. Elde Edilen Faktör Skorları

SIRALAMA	ÜLKELER
1	Brezilya
2	İspanya
3	Almanya
4	Portekiz
5	Hırvatistan
6	İngiltere
7	İsviçre
8	Belçika
9	Arjantin
10	Meksika
11	Uruguay
12	Tunus
13	Güney Kore
14	Fransa
15	Polonya
16	Suudi Arabistan
17	Sırbistan
18	Japonya
19	İsveç
20	Mısır
21	Kosta Rika
22	Panama
23	Nijerya
24	Kolombiya
25	Fas
26	Peru
27	Avustralya
28	Danimarka
29	Senegal
30	İran
31	İzlanda
32	Rusya

Analiz sonucunda öz değerler ve faktör yüklerinden elde edilen sonuçlara göre şampiyon olması gereken ülke Brezilya'dır. Turnuvanın ilk dört sırasında yer alan ülkelerin Faktör Analizi sonucunda oluşturulan başarı sıralamasında ilk dört sıraya girememesi ise oldukça dikkat çekicidir. Son yıllarda özellikle teknik ve taktiksel bilgiler ile teknolojik birikimlerin harmanlaşmasını daha kolay şekilde sahaya

yansıtımalarına dikkat edildiğinde Avrupa ülkelerinin Faktör Analizi sonucunda başarı sıralamasında üst sıralarda yer alması ise vurgulanması gereken noktalardan birisidir. Bu sayede başarının yalnızca saha içi değil ülkelerin spora yönelik gelişimci politikalarından kaynaklı olabileceği de kıta ülkelerinin arasındaki futbol başarı sıralamalarında daha net şekilde görülebilmektedir. Diğer taraftan Afrika ülkelerinin başarı sıralamasında alt sıralarda kalması ise şaşırtıcı olmayacaktır. Analizin daha doğrulayıcı bir şekilde değerlendirilmesi için ELECTRE yöntemi ile de verilerin analizi gerçekleştirilmiştir.

4.5.3. ELECTRE Yöntemi İle İlgili Bulgular

Bu analiz kapsamında da faktör analizinden elde edilen kavramsal anlamlılık ile toplam varyansın yüzde 87,194'ünü açıklayan 6 faktör verileri kullanılmıştır. Veriler Tablo 4.13'deki gibidir.

Tablo 4.13. ELECTRE Yönteminde Kullanılacak Veriler

Takımlar	Gol Girişimi Ağırlıklı Faktör	Ceza Sahası Girişimi Ağırlıklı Faktör	Pas Ağırlıklı Atak Girişim Faktörü	Kanat Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör	Açık Oyun Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör	Orta Saha Hareket Bölgesi Girişimi Ağırlıklı Faktörü
Belçika	0,32565	-0,53726	-0,38196	-0,28942	2,85686	0,48978
Brezilya	1,37468	0,54490	1,58736	1,90832	1,41106	1,50297
Fransa	-0,07952	0,53076	-0,58812	-0,65813	1,89195	-0,52620
Hırvatistan	0,38552	0,10378	0,02795	1,03214	1,67376	-0,17595
Rusya	-0,85010	-1,77311	-0,87112	-0,76255	1,23842	0,04345
İngiltere	0,71720	0,04401	1,73291	-0,59215	0,89423	-1,15276
Uruguay	-0,20474	0,63154	0,46596	-0,68927	0,66017	0,09631
İsveç	-1,07456	-0,60600	1,29553	0,16226	0,52234	1,12752
Kolombiya	-0,25481	0,53850	-0,11202	-1,64899	0,13652	-0,96267
Danimarka	-0,53875	0,15360	0,18252	-1,95123	-0,25900	0,07376
İspanya	2,34312	-0,56294	1,33774	0,91059	-0,54914	-0,78393
Güney Kore	-0,91037	2,24822	0,11566	-1,23978	0,15050	1,41595
Nijerya	-0,12823	0,33120	-0,68695	-0,82730	-0,28375	-0,59211
Meksika	0,24599	0,98462	-1,08096	0,24844	-0,86316	0,79630
Portekiz	0,25155	2,55736	-0,26232	0,84027	-0,07911	-0,32376
Sırbistan	-0,15949	-0,64602	0,83182	0,09634	-0,93449	0,05850
Japonya	0,02628	-1,36364	0,36698	0,54997	0,39087	-0,83002
Peru	-0,31507	-0,55645	-1,12699	0,70094	-0,55781	-0,02115
Almanya	2,85459	-0,49206	-0,33570	-1,12181	-1,51220	2,64738
İran	-2,11914	-0,13564	1,05000	1,31551	-0,73465	0,29433
İsviçre	0,42172	0,89708	-0,56609	0,44038	-0,45346	0,54462
Arjantin	1,42921	-0,52340	-1,74948	0,94671	0,09949	-1,26924
Senegal	-0,28990	-1,13406	-0,69281	-0,77359	0,14726	-0,12072
Tunus	-0,09231	0,73935	-0,08814	-0,53840	0,41635	-0,16637
Polonya	-0,01352	-0,16804	2,55578	-1,03401	-1,15593	-1,27653
Kosta Rika	-0,91647	0,41845	-0,35298	0,98756	-0,56938	0,36223
Fas	-0,18570	-1,50551	-0,23368	0,82877	-0,80870	0,03168

İzlanda	-1,07800	-1,73793	-1,02135	0,31563	-0,23496	1,47442
Avustralya	0,05360	-0,76724	0,55863	-1,37715	-1,24737	-0,42725
Mısır	-1,16960	0,58243	0,06495	0,81586	-0,76211	1,07748
Suudi Arabistan	0,72213	0,65115	-1,87017	-0,25926	-0,73482	-1,46266
Panama	-0,77094	0,55236	-0,15296	1,66335	-0,74971	-1,94537

İlk aşamada karar vericilerin yani bu değişkenlerin ortalamasını gösteren karar matrisi oluşturulur. Daha sonra Tablo 4.14’de gösterilen normalize edilmiş karar matrisi elde edilir.

Tablo 4.14. Normalize Karar Matrisi

Takımlar	Gol Girişimi Ağırlıklı Faktör	Ceza Sahası Girişimi Ağırlıklı Faktör	Pas Ağırlıklı Atak Girişim Faktörü	Kanat Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör	Açık Oyun Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör	Orta Saha Hareket Bölgesi Girişimi Ağırlıklı Faktörü
Belçika	0,05848847	-0,0964949	-0,0686021	-0,0519814	0,51310736	0,08796708
Brezilya	0,24689984	0,09786704	0,28509842	0,34274444	0,25343393	0,26994138
Fransa	-0,0142822	0,09532742	-0,1056295	-0,1182037	0,33980435	-0,0945083
Hırvatistan	0,06924144	0,01863946	0,00501997	0,18537784	0,30061626	-0,0316016
Rusya	-0,1526825	-0,3184603	-0,1564578	-0,136958	0,22242687	0,00780385
İngiltere	0,12881293	0,00790444	0,31123998	-0,1063533	0,1606085	-0,2070418
Uruguay	-0,0367724	0,11342806	0,08368893	-0,1237966	0,11857007	0,01729779
İsveç	-0,1929967	-0,1088409	0,23268417	0,02914276	0,09381506	0,20250857
Kolombiya	-0,0457652	0,09671757	-0,0201194	-0,2961674	0,02451972	-0,1729006
Danimarka	-0,0967624	0,02758741	0,03278158	-0,3504513	-0,0465178	0,01324769
İspanya	0,42083681	-0,1011071	0,24026532	0,16354681	-0,0986285	-0,140798
Güney Kore	-0,1635073	0,4037927	0,02077316	-0,2226711	0,02703061	0,25431212
Nijerya	-0,0230308	0,05948534	-0,1233799	-0,1485875	-0,050963	-0,1063461
Meksika	0,04418111	0,17684318	-0,1941462	0,04462115	-0,1550282	0,1430197
Portekiz	0,04517972	0,45931594	-0,0471141	0,15091697	-0,0142086	-0,058149
Sırbistan	-0,0286453	-0,1160288	0,14939936	0,01730318	-0,1678394	0,01050691
Japonya	0,00472003	-0,2449173	0,06591159	0,09877754	0,07020235	-0,149076
Peru	-0,0565882	-0,0999415	-0,2024135	0,12589256	-0,1001857	-0,0037987
Almanya	0,51269954	-0,0883767	-0,0602935	-0,2014831	-0,2715992	0,47548348
İran	-0,3806088	-0,0243617	0,18858566	0,2362726	-0,1319471	0,05286323
İsviçre	0,07574315	0,16112051	-0,1016728	0,07909459	-0,0814438	0,09781664
Arjantin	0,25669372	-0,0940055	-0,314216	0,17003416	0,01786894	-0,2279622
Senegal	-0,0520676	-0,2036834	-0,1244324	-0,1389409	0,02644868	-0,021682
Tunus	-0,0165794	0,13279133	-0,0158304	-0,0966995	0,07477869	-0,0298809
Polonya	-0,0024283	-0,0301809	0,45903187	-0,1857137	-0,2076112	-0,2292716
Kosta Rika	-0,1646029	0,07515593	-0,0633971	0,17737104	-0,1022637	0,06505843
Fas	-0,0333527	-0,2703979	-0,0419702	0,14885151	-0,1452469	0,0056899
İzlanda	-0,1936145	-0,3121418	-0,18344	0,05668883	-0,0422001	0,26481365
Avustralya	0,00962684	-0,1378005	0,10033296	-0,2473435	-0,2240343	-0,0767364
Mısır	-0,2100664	0,10460764	0,01166537	0,1465328	-0,136879	0,19352112
Suudi Arabistan	0,12969839	0,11695013	-0,3358926	-0,0465645	-0,1319776	-0,2627015
Panama	-0,1384649	0,0992069	-0,0274724	0,29874652	-0,1346519	-0,3493988

Bu aşamalardan sonra karar matrisinden yararlanılarak ağırlıklı karar matrisi oluşturulur. Ağırlıklar ile standart karar matrisi çarpılarak elde edilir. Ağırlıklar Tablo 4.14’de gösterildiği gibi faktör yükleriyle aynı oranda tespit edilmiştir. Daha sonra ağırlıklı standart karar matrisi bu şekilde hesaplanmaktadır.

Tablo 4.15. Ağırlıklar

Gol Girişimi Ağırlıklı Faktör	Ceza Sahası Girişimi Ağırlıklı Faktör	Pas Ağırlıklı Atak Girişim Faktörü	Kanat Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör	Açık Oyun Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör	Orta Saha Hareket Bölgesi Girişimi Ağırlıklı Faktörü
0,38	0,17	0,13	0,12	0,11	0,09

Ağırlıklı karar matrisi oluşturulmuş ve bu Tablo 4.15’den elde edilen sonuçlar doğrultusunda her ülke değerleri uyum setleriyle karşılaştırılarak sonuçlara ulaşılır. Bu sayede uyum setiyle uyumsuzluk seti oluşturulan tablolar arasındaki kıyaslamalara nazaran üstün olup olmadığı incelenmektedir.

Tablo 4.16. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

Takımlar	Gol Girişimi Ağırlıklı Faktör	Ceza Sahası Girişimi Ağırlıklı Faktör	Pas Ağırlıklı Atak Girişim Faktörü	Kanat Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör	Açık Oyun Atak Girişimi Ağırlıklı Faktör	Orta Saha Hareket Bölgesi Girişimi Ağırlıklı Faktörü
Belçika	0,022226	-0,016404	-0,008918	-0,006238	0,056442	0,007917
Brezilya	0,093822	0,016637	0,037063	0,041129	0,027878	0,024295
Fransa	-0,005427	0,016206	-0,013732	-0,014184	0,037378	-0,008506
Hırvatistan	0,026312	0,003169	0,000653	0,022245	0,033068	-0,002844
Rusya	-0,058019	-0,054138	-0,020340	-0,016435	0,024467	0,000702
İngiltere	0,048949	0,001344	0,040461	-0,012762	0,017667	-0,018634
Uruguay	-0,013974	0,019283	0,010880	-0,014856	0,013043	0,001557
İsveç	-0,073339	-0,018503	0,030249	0,003497	0,010320	0,018226
Kolombiya	-0,017391	0,016442	-0,002616	-0,035540	0,002697	-0,015561
Danimarka	-0,036770	0,004690	0,004262	-0,042054	-0,005117	0,001192
İspanya	0,159918	-0,017188	0,031234	0,019626	-0,010849	-0,012672
Güney Kore	-0,062133	0,068645	0,002701	-0,026721	0,002973	0,022888
Nijerya	-0,008752	0,010113	-0,016039	-0,017830	-0,005606	-0,009571
Meksika	0,016789	0,030063	-0,025239	0,005355	-0,017053	0,012872
Portekiz	0,017168	0,078084	-0,006125	0,018110	-0,001563	-0,005233
Sırbistan	-0,010885	-0,019725	0,019422	0,002076	-0,018462	0,000946
Japonya	0,001794	-0,041636	0,008569	0,011853	0,007722	-0,013417
Peru	-0,021504	-0,016990	-0,026314	0,015107	-0,011020	-0,000342
Almanya	0,194826	-0,015024	-0,007838	-0,024178	-0,029876	0,042794
İran	-0,144631	-0,004141	0,024516	0,028353	-0,014514	0,004758
İsviçre	0,028782	0,027390	-0,013217	0,009491	-0,008959	0,008803
Arjantin	0,097544	-0,015981	-0,040848	0,020404	0,001966	-0,020517
Senegal	-0,019786	-0,034626	-0,016176	-0,016673	0,002909	-0,001951
Tunus	-0,006300	0,022575	-0,002058	-0,011604	0,008226	-0,002689

Polonya	-0,000923	-0,005131	0,059674	-0,022286	-0,022837	-0,020634
Kosta Rika	-0,062549	0,012777	-0,008242	0,021285	-0,011249	0,005855
Fas	-0,012674	-0,045968	-0,005456	0,017862	-0,015977	0,000512
İzlanda	-0,073574	-0,053064	-0,023847	0,006803	-0,004642	0,023833
Avustralya	0,003658	-0,023426	0,013043	-0,029681	-0,024644	-0,006906
Mısır	-0,079825	0,017783	0,001516	0,017584	-0,015057	0,017417
Suudi Arabistan	0,049285	0,019882	-0,043666	-0,005588	-0,014518	-0,023643
Panama	-0,052617	0,016865	-0,003571	0,035850	-0,014812	-0,031446

Uyum eşiği 0.4 uyumsuzluk eşiği de 0.6 olarak alınarak test uygulanmış ve sıralamaları üstünlüklerine bakılarak ortaya koyulmuştur. Bu doğrultuda Tablo 4.17’de FİFA 2018 Dünya Kupası başarı sıralaması, Faktör Analizi sonucu başarı sıralaması ve ELECTRE yöntemiyle oluşturulan başarı sıralaması gösterilmektedir.

Tablo 4.17. Genel Karşılaştırmalı Takım Sıralaması

FİFA 2018 Dünya Kupası Sıralaması			Faktör Analizi Sonucu Başarı Sıralaması		ELECTRE Sonucu Başarı Sıralaması	
FİFA 2018 Başarı Puanı	Takım	Sıralama	Takım	Sıralama	Takım	Sıralama
7.06	Belçika	1	Brezilya	2	Almanya	19
7.06	Brezilya	2	İspanya	11	Belçika	1
6.93	Fransa	3	Almanya	19	İspanya	11
6.92	Hırvatistan	4	Portekiz	15	Brezilya	2
6.85	Rusya	5	Hırvatistan	4	Fransa	3
6.84	İngiltere	6	İngiltere	6	Hırvatistan	4
6.83	Uruguay	7	İsviçre	21	Portekiz	15
6.8	İsveç	8	Belçika	1	İngiltere	6
6.79	Kolombiya	9	Arjantin	22	Uruguay	7
6.77	Danimarka	10	Meksika	14	Rusya	5
6.77	İspanya	11	Uruguay	7	İsveç	8
6.76	Güney Kore	12	Tunus	24	Arjantin	22
6.75	Nijerya	13	Güney Kore	12	Güney Kore	12
6.72	Meksika	14	Fransa	3	Kolombiya	9
6.7	Portekiz	15	Polonya	25	İsviçre	21
6.7	Sırbistan	16	Suudi Arabistan	31	Japonya	17
6.67	Japonya	17	Sırbistan	16	Danimarka	10
6.67	Peru	18	Japonya	17	Nijerya	13
6.66	Almanya	19	İsveç	8	Meksika	14
6.64	İran	20	Mısır	30	Sırbistan	16
6.64	İsviçre	21	Kosta Rika	26	Peru	18
6.57	Arjantin	22	Panama	32	Polonya	25
6.56	Senegal	23	Nijerya	13	Tunus	24
6.56	Tunus	24	Kolombiya	9	Kosta Rika	26
6.53	Polonya	25	Fas	27	Senegal	23
6.52	Kosta Rika	26	Peru	18	Fas	27
6.52	Fas	27	Avustralya	29	İran	20

6.51	İzlanda	28	Danimarka	10	Avustralya	29
6.47	Avustralya	29	Senegal	23	Mısır	30
6.47	Mısır	30	İran	20	Suudi Arabistan	31
6.36	Suudi Arabistan	31	İzlanda	28	Panama	32
6.12	Panama	32	Rusya	5	İzlanda	28

Tablo 4.17'ye bakıldığında ELECTRE yöntemiyle oluşturulan sıralamada Belçika'nın ikinci sıraya indiği görülmektedir. Bu analiz sonucunda Almanya'nın şampiyon olması gerekmektedir. Benzer şekilde Faktör Analizine göre de Almanya'nın üçüncü olması gerektiği tespit edilmiştir. İki analizden elde edilen sıralamalara göre şampiyonun Brezilya yada Almanya olması planlanırken şampiyon Fransa olmuştur. Diğer sonuçlara bakılırsa Hırvatistan'ın da başarılı bir grafik çizdiğini söylemek mümkündür.

SONUÇ

Futbol günümüzde dünyada yoğun bir şekilde talep gören ve takip edilen bir spordur. Teknolojik gelişmeler, iletişim ağının gelişmesi, FIFA'nın futbolun gelişiminde sağladığı yarar, futbolun ekonomik kazanımı, transfer ücretlerinin durumu spor dalına olan ilgiyi her geçen gün arttırmaktadır. Antrenörler başta olmak üzere futbol kuruluşları, sporcular ve hakemler güncel olayları takip ederek başarılı olmak durumundadır. Her geçen gün ortaya çıkan yenilikler ile gelişim sağlanması önemlidir. Bu amaçla bilgi birikiminin sağlanması, beceri ve yeteneğin artırılması gerekmektedir. Bununla birlikte yeni yöntem ve taktiklerin geliştirilmesi, bu yöntemlerin ise gelişen teknolojiyi takip etmesi gerekmektedir. Futbolda başarının elde edimi için ise analiz ile gerçekleşmektedir. Takımın, futbolcunun ve diğer unsurların analiz edilmesi veya değerlendirilmesi antrenör için önem arz etmektedir. Antrenörün gerçekleştirdiği değerlendirme ile oyuncuların mevcut durumu, durması gereken alan, oyuncuların görevleri belirlenmektedir. Değerlendirme sonucunda taktik ortaya çıkmaktadır. Değerlendirmenin iyi yapılması taktiksel başarıyı da beraberinde getirmektedir. Bu amaçla maç analizinin yapılması ihtiyaç haline gelmektedir. Analizlerin büyük bir çoğunluğu gol üzerine yapılmaktadır. Fakat sadece gol üzerine yapılan bir analiz başarıyı getirememektedir. Bu sebeple golün yanı sıra takımda yer alan diğer unsurların da analiz edilmesi gerekmektedir.

Boyutları minimize etmekte kullanılan faktör analizi, yüksek ilişkili değişkenleri birleştirerek daha az sayıda faktör veya bileşen olarak adlandırılan yeni parametreler bulmayı hedeflemektedir. Çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biri olan faktör analizi, ilk olarak psikoloji ile başlamıştır. Daha sonra başta sosyal bilimler olmak üzere biyoloji, botanik, ekonomi, tıp, ziraat gibi çeşitli uygulamalı bilim dallarında kullanılmaktadır.

Çok kriterli karar verme teknikleri genel olarak seçim ve sıralama problemlerinde sıklıkla değerlendirilmesine karşın 1980'li yılların ardından sınıflandırma problemleri hususunda da önemli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Özellikle çok kriterli karar verme teknikleri, sınıflandırma problemlerinden olan finansal

başarısızlığın değerlendirilmesi için önemli bir araçtır. Ayrıca bu yöntemler, kısıtlayıcı istatistiksel varsayımlardan da bağımsızdır.

Mücadele gerektiren sporlarda olduğu gibi futbolda da sporcuların performans düzeyleri ve takım olarak başarı seviyeleri belirli düzeyde kriterlere bağlı olarak değerlendirilmektedir. Sporcunun bireysel yetenekleri ve tekniği gibi kriterler dışında güçleri, motivasyonları ve psikolojik durumları futbolculara istatistiksel verilerin doğru iletilmesiyle ilişkilidir (Baskaya vd., 2017). Bu futbolcuların başarılı olmalarındaki en önemli ilk faktör fiziksel dinamizmleri ve motor özellikleri şeklinde bilinse de teknik kapasiteleri ve taktik düzeylerinin yüksek olması başarılı görülmelerindeki en önemli unsurlardandır (Cerrah vd., 2016).

Futbolcular üzerinden yapılacak doğru analizler futbol seviyesini ilerletebilir ve böylece futbolcunun performans düzeyini de oldukça arttırabilir (Sarmiento, 2014). Dolayısıyla bu çalışmada FIFA'nın düzenlemiş olduğu 2018 Dünya Kupası'nın analizler doğrultusunda incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışma neticesinde aşağıda belirtilen bulgular elde edilmiştir;

2018 FIFA Dünya Kupasına katılan ülkelerin başarı sıralamasının belirlenmesi amacıyla oluşturulan ve analiz aşamasında başlangıçta 32 gözleme ait 35 değişken saptanmış olup ancak hem değişken sayısının gözlem sayısından fazla olamayacağı kriterinden hem de analize dâhil edilen değişkenlerin komünalite değerlerinin 0,80'in altında olmasından ve komünalite değerleri 0,80'in üstünde olmasına rağmen tüm faktör döndürme denemeleri sonucunda herhangi bir faktöre grubuna ayrılmayan değişkenlerin çıkartılması sonucu ülkelerin başarı sıralamalarının belirlenmesinde etkili ortak değişkenler olarak 22 adet değişken ile 32 gözleme ait faktör analizi çalışması yapılmak istenmiştir.

Bu saptamalar neticesinde FIFA tarafından düzenlenen 2018 Dünya Kupası Şampiyonası'nda ülkelerin 22 değişken tarafından detaylı incelenmesi yapılmıştır. Analiz kapsamındaki veriler tr.whoscored.com adresinden elde edilmiştir. Futbol sırasında, toplam gol, şut maç başına, isabetli şut maç başına, topa sahip olma yüzdeleri,

pas yüzdeleri, altı pas, kısa pas maç başına, ceza sahası içi pas, ceza sahası dışı pas, faul maç başına gibi değişkenler kullanılarak analiz uygulanmıştır.

Analiz sonucunda özdeğerler ve faktör yüklerinden elde edilen sonuçlara göre şampiyon olması gereken takım Brezilya'dır. Analizin daha doğrulayıcı bir şekilde değerlendirilmesi için ELECTRE yöntemi uygulanmıştır.

ELECTRE yöntemiyle oluşturulan sıralamada Belçika'nın alt sıraya indiği görülmektedir. Bu analiz sonucunda Almanya'nın şampiyon olması beklenmektedir. Faktör analizine göre de Brezilya'nın şampiyon olması gerektiği sonucuna varılmıştır. İki analizden elde edilen sıralamalara göre şampiyonun Almanya ya da Brezilya olması beklenirken sonuç olarak şampiyon Fransa olmuştur. Diğer sonuçlara bakılırsa Hırvatistan'ın da başarılı bir grafik çizdiğini söylemek mümkündür. Bu doğrultuda analizler gerçekleştirilmiş FIFA başarı sıralamasıyla çok fazla bir benzerlikler gösterilmemiştir. Genel hatlarıyla kullanılan değişkenlerden yola çıkılırsa Brezilya'nın şampiyon olması muhtemeldir ancak durum tüm futbol severlerinde bildiği gibi istatistikler ile değil sahadaki atılan bir gol ile şampiyonun belirlenmesinden ibarettir. Ne kadar iyi oynarsan, ne kadar çok fazla kaleye gelersen gel rakip bir kere gelirse ve golü atabilirse kazanan o takım olur. 2018 Dünya Kupasında gerçekleşende tam olarak bu olmuştur. Sonuç olarak bu çalışmada istatistiksel olarak kazanan Almanya ve Brezilya iken gerçekte kazanan Fransa'dır.

KAYNAKÇA

- Aalianvari, A. vd., (2012), Application of Fuzzy Delphi AHP Method for The Estimation and Classification of Ghomrud Tunnel From Groundwater Flow Hazard. *Arabian Journal of Geosciences*, C. 5, S. 2, ss. 275-284.
- Ahn, B. S., (2011), Compatible Weighting Method with Rank Order Centroid: Maximum Entropy Ordered Weighted Averaging Approach, *European Journal of Operational Research*, C. 212, S. 3, ss. 552-559.
- Albayrak, A. S. (2005). Türkiye’de illerin sosyoekonomik gelişmişlik düzeylerinin çok değişkenli istatistik yöntemlerle incelenmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 1(1), 153-177.
- Albayrak, A. S. 2006. Uygulamalı Çok değişkenli istatistik teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, 111, Ankara.
- Alpar, R. (2011). Uygulamalı Çok değişkenli İstatistiksel Yöntemler. 3, 262-281.
- Anderson, T.W. and Rubin, H., 1956. Statistical Inference In Factor Analysis. Proc. 3rd Berkeley Symposium on Math. Statist. And Prob., 5, 111-150.
- Avşar, F. 2007. Doğrulamalı faktör analizi ve beck depresyon envanteri üzerine bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, 3, İstanbul.
- Ayyıldız, E, Murat, M. (2018). Türkiye Süper Ligi’nin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 13 (1), 73-86. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cbubesbd/issue/38083/384032>
- Balyan M., Vural F., Arıkan N. ve Tuncer Y. (2009). Farklı Saha Boyutlarında Oynanan U-13 U-14 Futbol Müsabakalarının Bazı Teknik ve Taktik Verilerinin İncelenmesi. 3. Ulusal Futbol Bilim Kongresi.
- Bartholomew, D. J. (1984). The foundations of factor analysis. *Biometrika*, 71(2), 221-232.

- Bartlett, M. S. 1950. Tests of significance in factor analysis, British journal of psychology, 77-85.
- Baskaya G. ve Şentürk A. (2017). Performance Analysis of 2015 Fifa Women's World Cup Champion USA National Team. Turkish Journal Sport and Exercise. 19(2): 196-201.
- Bollen, K. A. (1989). Structural equations with latent variables. New York: Wiley Publications.
- Bouyssou, D. and Marchant, T. (2015). On the relations between ELECTRE TRI-B and ELECTRE TRI-C and on a new variant of ELECTRE TRI-B. European Journal of Operational Research, 242(1), 201-211. doi:10.1016/j.ejor.2014.09.057
- Bozkır, Ö. 2015. Faktör analizi ile üniversiteye giriş sınavlarındaki başarı durumuna göre illerin sıralanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, 18, İstanbul.
- Brans, J. P. and Mareschal, B. (2005). PROMETHEE Methods, Multiple Criteria Decision Analysis: State of The Art Surveys. (Editörler: J. Figueira, S. Greco., M. Ehrgott), Springer, New York.
- Brown T.A., (2006). Confirmatory Factor Analysis for Applied Research, The Guilford Press, New York, 475p
- Byrne, B. M. (1994). Structural equation modeling with eqs and eqs/windows: Basic concepts, applications, and programming. California: Sage.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. Eğitim Yönetimi Dergisi, 32, 470- 483.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Sosyal Bilimleri için Veri Analizi El Kitabı İstatistik Araştırma Deseni-SPSS Uygulamaları ve Yorum. Ankara: Pegen Yayıncılık.
- Carroll, J. B. 1957. «Biquartimin Criterion For Rotation To Oblique Simple Structure In Factor Analysis.» Biometrics 190-215.

- Cengiz, D. ve Kılınç, B. Faktör Analizi İle 2006 Dünya Kupası'na Katılan Takımların Sıralamasının Belirlenmesi. Marmara Üniversitesi; 2007, 23(2): 351-370
- Cengiz, H. D. (2007). Faktör analizi ile 2006 Dünya Kupası'na katılan takımların sıralamasının belirlenmesi. Marmara Üniversitesi İBBF Dergisi, 13(2), 351370
- Cerrah A.O, Yüksel Y ve Taşçıoğlu R. (2016). 2015-2016 Sezonu Spor Toto Süper Lig Takımlarının Maç Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması. Uluslararası Hakemli Akademik Spor Sağlık ve Tıp Bilimleri Dergisi. 21:1-15.
- Chu, J., Su, Y., 2012. The Application of TOPSIS Method in Selecting Fixed Seismic Shelter for Evacuation in Cities. Systems Engineering Procedia 3, 391397.
- Comrey, A. L. (1978). Common methodological problems in factor analytic studies. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 46(4), 648
- Comrey, A. L., Lee, H. B. 1992. A first course in factor analysis. NJ Erlbaum, 254, Hillsdale.
- Çaparlar, C. Ö. ve Dönmez, A. (2016). Bilimsel Araştırma Nedir, Nasıl Yapılır?, Turk J Anaesthesiol Reanim 2016; 44: 212-8.
- Çelik, E. (2018). Açıklayıcı Faktör Analizi. Journal of Economy Culture and Society, 57, 291-294. <https://doi.org/10.26650/JECS423434>
- Çınar, Y., (2004), Çok Nitelikli Karar Verme ve 'Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi' Örneği. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Ankara.
- Dağdeviren, M. ve Eraslan, E. (2008), Promethee Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1), 69-75.
- Damaskos Xenofon ve Kalfakakou Glykeria (2005). "Application Of ELECTRE Iıı And Dea Methods In The Bpr Of A Bank Branch Network". Yugoslav Journal of Operations Research 15, Number 2, 259-276
- Daşdemir, İ. ve Güngör, E. (2004). Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve

- Ormancılıkta Uygulama Alanları, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Vol. I-II.
- Demirci, F. (2017). Entropi tabanlı topsis yöntemiyle borsa İstanbul'da işlem gören futbol kulüplerinin sportif, finansal ve finansal fair play performanslarının karşılaştırmalı analizi. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Bartın: Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Doumpos, M., Grigoroudis, E., (2013), Multicriteria Decision Aid and Artificial Intelligence: Links, Theory and Applications. Greece: Wiley.
- Doumpos, M., Zopounidis, C., (2002), Multicriteria Decision Aid Classification Methods. Greece: Kluwer Academic Publishers.
- Duckstein, L. (1982). Multiobjective River Basin Planning with Qualitative Criteria", Water Resources Research, Volume XVIII, 1982.
- Erdil, G, Bozkurt, S., İşleğen, Ç., Ölücü, B. 2010 Futbol Dünya kupasında İspanya Takımının Kollektif Performansının Maçların Kazanılmasında Etkisi. Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 2013, 4(2): 5-12.
- Erkorkmaz, Ü., Etikan, İ., Demir, O., Özdamar, K., & Sanisoğlu, S. Y. (2013). Doğrulamalı faktör analizi ve uyum indeksleri. Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi, 33(1): 210-223.
- Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N. 2010. ELECTRE ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25(2): 23-41.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., ve Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. Psychological Methods, 4(3), 272-299
- Figueira, J., Greco, S., and Ehrgott, M. (Eds.).(2005). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. New York, NY: Springer. doi:10.1007/b100605.
- Fu, C., Chin, K. S., (2014), Robust Evidential Reasoning Approach with Unknown

- Attribute Weights, Knowledge-Based Systems, C. 59, ss. 9-20.
- Gorsuch, R. L. (2008). Factor Analysis. (Second Edition). New York: Psychology Press.
- Göral, K, Aycan, A. Futbol Antrenörlerinin Müsabaka Analizi Yöntemlerini Tercih Etme Durumları Ve Takım Performanslarının Analizi. International Journal Of Human Science; 2014, 11(2): 637-647.
- Göral K. ve Saygın Ö. (2012). Birinci Ligde Yer Alan Bir Futbol Takımının Sezon Performansının İncelenmesi. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi. 9(2): 1018-1031.
- Gürel, F. E., Tellioğlu, E. 2014 dünya Kupası'na katılan Takımların Faktör Analizi ile Sıralanması. Social Sciences Research Journal, 2016, 5(1): 129-136.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. ve Black, W. C. 1995. Multivariate data analysis with readings. Pentice-Hall International, 100, New Jersey.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., Black, W. C. (1998). "Multivariate Data Analysis", Macmillan Publishing Company, NewYork, 87-141.
- Harman, H.H. (1967). Modern Factor Analysis. Chicago. The University of Chicago Press
- Henig, M. I., Buchanan, J. T., (1996), Solving MCDM Problems: Process Concepts. Journal of Multi- Criteria Decision Analysis, C. 5, N. 1, ss. 3-21.
- Hwang, C.-L., Masud, A., (1979), Lecture Notes in Economics and Mathematical System: Multiple Objective Decision Making-Methods and Applications.
- Hwang, C.-L., Yoon, K., (1981), Multiple Attribute Decision Making, Methods and Applications A State-of-the-Art Survey.
- Ishizaka, A., Nemery, P., (2013), Multi-Criteria Decision Analysis : Methods and Software. New York: John Wiley & Sons, Incorporated.

- İmamoğlu R., Bostancı M. ve İmamoğlu M. (2015). 2012-2013 Türkiye Spor Toto Süper Liginde Mücadele Eden Takımların Yaptıkları Maç Sonuçlarının Farklı Parametrelere Göre İncelenmesi. *International Journal of Science Culture and Sport*. 1(4): 159-166.
- İnce T. ve Önder T. (2018). The Effect of Plyometric Training Program on Sportive Performance Parameters in Young Soccer Players. *Turkish Journal of Sport and Exercise*. 20(2): 184-190.
- Jankowski, P., (1995), Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-Making Methods, *International Journal of Geographical Information*, C. 9, N. 3, ss. 251-273.
- Jacquet-Lagrange, E., Siskos, Y., (2001), Preference Disaggregation: 20 Years Of MCDA Experience, *European Journal of Operational Research*, C. 130, N. 2, ss. 233-245.
- Johnson, R. A., Wichern, D.W. 2002. *Applied multivariate data analysis*. Prentice Hall, 437, New Jersey.
- Kalaycı, Ş. (2010). *SPSS Uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., 322, Ankara.
- Karaatlı, M., Ömürbek, N. ve Köse, G., (2014b), Analitik Hiyerarşi Süreci Temelli TOPSIS ve VIKOR Yöntemleri İle Futbolcu Performanslarının Değerlendirilmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(1), ss. 25-61.
- Karaman, H. (2015). *Açımlayıcı Faktör Analizinde Kullanılan Faktör Çıkartma Yöntemlerinin Karşılaştırılması*. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Kahraman, C., (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making : Theory and Applications with Recent Developments*, Edited by: C. Kahraman, D.-Z. Du, New York: Springer.

- Kendall, M. G., ve Lawley, D. N. (1956). The principles of factor analysis. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 83-84.
- Khalaf, K. 2007.Faktör analizi ve bir uygulaması, yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 5-20, Ankara
- Kim, J. and Mueller, C.W., 1986. a, Introduction To Factor Analysis What It Is And How To Do It. Thirteenth Printing, University Of Iowa, Sage Publications, London, 80s.
- Kline, P. 1994. An easy guide to factor analysis, Routledge, 14-28, New York.
- Korkmaz, A. (2000). Faktör analizi ve parametrik olmayan teknikler ile ceza yargılama sürecinin son oluşturma sürecinin incelenmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Köksalan Murat, Mousseau Vincent, Özpeynirci Özgür ve Özpeynirci Selin Bilgin (2008). “A New Outranking-Based Approach for Assigning Alternatives to Ordered Classes”. Naval Research Logistics 56: 74–85.
- Kuru, A., (2011), Entegre Yönetim Sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımına, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Kücü, H. (2007), Promethee Sıralama Yöntemi ile Personel Seçimi ve Bir İşletmede Uygulanması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Lewis-Beck, M. S. 1994. Factor analysis and related techniques. Sage, 98, New York.
- Linkov, I. and Moberg, E., (2011), Multi-Criteria Decision Analysis: Environmental Applications and Case Studies, Chapman and Hall/CRC.
- Manisalı, E. ve Paksoy, A. (1995). Savunma yatırımlarının değerlendirilmesinde çok amaçlı bir model, 1. Sistem Müh. ve Uygulamaları Sempozyumu, Kara Harp Okulu, Ankara.

- Massaglia, R. and Ostanello, A. (1991). N-TOMIC: a Support System for Multicriteria Segmentation Problems. In P. Korhonen, A. Lewandowski, J. Walenius (Eds.), Multiple Criteria Decision Support, LNEMS, 356 (pp. 167-174). Berlin: Springer.
- Maystre, L. Y., Pictet, J. and Simos, J. (1994). Methodes Multicriteres Electre, Presses Polytechniques.
- Mendes, R.S., Malacarne, L. C., Anteneodo, C. Statistics of Football Dynamics. The European Physical Journal B, 57: 357- 363.
- Menteş, A., (2000), Manevra ve Sevk Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Michailidis C, Michailidis Y, Mitrotasios M ve Papanikolaou Z. (2013). Analysis of goals scored in the UEFA Champions League in the period 2009-2010. Serbian Journal of Sports Sciences, 7(2): 51-55.
- Mulaik, S. A. (1972). The Foundations of factor analysis. USA: McGraw-Hill, Inc.
- Nakip, Mahir (2006). Pazarlama Araştırmaları, Teknikler ve (SPSS Destekli) Uygulamalar, 2. Basım, Ankara: Seçkin Kitabevi.
- Nemery, P., (2009), On the Use of Multicriteria Ranking Methods in Sorting Problems. Universite Libre de Bruxelles, PhD Thesis, Belgium.
- Norese, M. F. and Viale, S. (2002). A Multiprofile Sorting Procedure in the Public Administration. European Journal of Operational Research, 138(2): 365-379. doi:10.1016/S0377-2217(01)00252-1.
- Ocakbaşı, Ş. (2018). Türkiye süper ligi 2013-2014 / 2014-2015 sezonlarında atılan gollerin bazı değişkenlere göre analizi (Yüksek Lisans Tezi).
- Öngen, K.B. (2010). Doğrulayıcı faktör analizi ile bir uygulama (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Özdamar, K. 2004. Paket programlar ile istatistiksel veri analizi (çok değişkenli

- analizler). Kaan Kitapevi, 358, Eskişehir.
- Özgür, E. (2003). Çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleri ve bir uygulama. Doktora tezi.
- Özgür, E. (2004). Faktörleştirme (extraction) sonuçlarının karşılaştırılarak, veri setinin iyi tanımlanıp tanımlanmadığının belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 18(3-4).
- Öztel, A., (2016), Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Seçiminde Yeni Bir Yaklaşım. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı (Yayımlanmış Doktora Tezi), Ankara.
- Pituch, K. A. and Stevens, J. P. (2016). Applied multivariate statistics for the social sciences. New York: Routhledge.
- Praça G.M., Lima B.B., Bredt G.S.T., Sousa B.R., Clemente M.F. ve Andrade A.G. (2019). Influence of Match Status on Players Prominence and Teams Network Properties During 2018 Fifa World Cup. Frontiers in Psychology. (10): 695- 700.
- Rao, C.R., Sinharay, S. 2007. Psychometrics, North-Holland, 282, Netherlands.
- Rennie KM (1997) Exploratory and confirmatory rotation strategies in exploratory factor analysis. Austin, Texas. Güneybatı eğitim araştırmaları birliğinin yıllık toplantısında sunulmuştur. San Antonio, Texas.
- Rochat, J. C. (1980). Mathematiques Pour la Gestion de l'environnement, Birkhauser, Bale.
- Roy, B. (1968). Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE), Revue Informatique et Recherche Operationnelle, II. Annee, No: VIII.
- Roy, B. and Bouyssou, D. (1993). Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et cas. Paris: Economica.

- Salmeron, J.L., Vidal, R. and Mena, A., 2012. Ranking Fuzzy Cognitive Map Based Scenarios with TOPSIS. *Expert Syst. Appl.* 39 (3), 2443-2450.
- Sarbat, İ., (2014). Multi Criteria Inventory Classification with ELECTRE Tri Method: Applications in Food and Metal Industry. Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Industrial Engineering Program (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), İzmir.
- Sarmiento H, Marcelino R, Anguera T, Campaniço J, Matos N. ve Leitao AC (2014). Match analysis in football: A systematic review. *Journal of Sports Sciences.* 33(20):1831-1843.
- Saunders, D. R. 1961. The rationale for an “oblimax” method of transformation in factor analysis, *Psych.* 317-324, Madison.
- Sayılğan, T. E. 2015. Türkiye’de illerin sosyoekonomik gelişmişlik düzeylerinin faktör analizi ile incelenmesi, yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, 52-54, Adana.
- Scharlig, A. (1985). *Decider Sur Plusieurs Criteres*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Sharma, S. 1996. *Applied multivariate techniques*, Wiley & Sons Inc., 90, New York.
- Sönmeymakas A. (2008). UEFA Şampiyonlar Liginde Atılan Gollerin Analizi. Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 3-5.
- Stapleton, C. D. (1997). *Basic Concepts and Procedures of Confirmatory Factor Analysis*, Educational Research Association, Reports-Evaluative (142), Speeches / Meeting Papers (150).
- Stevens, J. P. (2002). *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences*. (Fourth Edition). New Jersey: Lawrence Erlbaum Association, Inc.
- Süzülmüş, S. 2005. Faktör analizi modellerinin belirlenebilirliği ve genelleştirilmiş inverslerin kullanımı. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, 72-87, Adana

- Şahin, S., (2015), Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Editörler: B. F. Yıldırım., E. Önder, Bursa: Dora Basım- Yayın Dağıtım.
- Şencan, H. (2005). Sosyal ve Davranışsal Ölçümlerde Güvenilirlik ve Geçerlilik (Birinci Baskı). Ankara: Seçkin Yayınları
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S. (2001). Using multivariate statistics. Ally And Bacon,626, Boston.
- Tabachnick, B. G.,ve Fidell, L. S. (2007). Multivariate analysis of variance and covariance. Using multivariate statistics, 3, 402-407.
- Tabachnick, B. G. ve Fidel, L. S. (2014). Using Multivariate Statistics. (Sixth Edition). USA: Pearson Education Limited
- Tatlıdil, H., Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz, Hacettepe Üniversitesi İstatistik Bölümü, Ankara, 138-165 (1992).
- Taşkın, A, Eren, T. (2016). UEFA Şampiyonlar Ligi'nde Forvet Oyuncularının Performanslarının Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14 (1) , 0-0. DOI: 10.18026/cbusos.07938
- Tavşancıl, E. (2002). Tutumların Ölçülmesi ve SPSS İle Veri Analizi, Ankara: Nobel Yayınları.
- Thompson, B. (2004). Exploratory and confirmatory factor analysis: Understanding concepts and applications (First Edition). Washington: American Psychological Association.
- Thurstone, L. L. (1958). Multiple factor analysis. Chicago: The University of Chicago Press.
- Timor, M., (2011), Analitik Hiyerarşi Prosesi, İstanbul: Türkmen Kitapevi.
- Toktay, Y. 2017. Çok değişkenli istatistik analiz yöntemler: faktör analizi ve

diskriminant analizinin Iğdır Üniversitesi öğrencileri üzerine uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, 26, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Iğdır.

Triantaphyllou, E., (2000), Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study.

Ustaalioglu, S. 2010 FIFA Dünya Kupası Finallerinde gol ile Sonuçlanan Hücum Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 2010.

Vansnick, J. C. (1979). Une approche nouvelle des problemes de decision: L'aide a la decision", Faculte des scienses economiques et sociales, Universite de l'Etat.

Wang, J. J. vd., (2009), Review on Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy Decision-Making, Renewable and Sustainable Energy Reviews, C. 13, N. 9, ss. 2263-2278.

Xu, L., Yang, J. B., (2001), Introduction to Multi-Criteria Decision Making and The Evidential Reasoning Approach (ss. 1-21), Manchester: Manchester School of Management.

Yapıcıoğlu, B. 2002 Futbol Dünya Kupasında Latin ve Avrupa Ekollerinin Bilgisayarlı Maç Analiz Programıyla İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2003.

Yatsalo, B. I., Kiker, G. A., Kim, S. J., Bridges, T. S., Seager, T. P., Gardner, K., Satterstrom, F. K. & Linkov, I. (2007) Application of multicriteria decision analysis tools to two contaminated sediment case studies. Integrated environmental assessment and management, 3, 223-233.

Yevseyeva, I., (2007), Solving Classification Problems with Multicriteria Decision Aiding Approaches, Jyvaskyla: Jyvaskyla University.

Yılmaz, S. 2012. Türkiye’de sağlık harcamalarının ekonomik analizi ve OECD ülkeleriyle karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi,

Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, 25, Isparta.

Yoon, K.P. and Hwang, C. L. (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction. Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, Thousand Oaks, CA.

Zardari, N. H., Ahmed, K., Shirazi, S. M., Yusop, Z. B., (2015), Weighting Methods and Their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management, London: Springer International Publishing.

Zeleny, M., (1982), Multiple Criteria Decision Making, New York: McGraw-Hill.

Zopounidis, C., Doumpos, M., (2002), Multicriteria Classification and Sorting Methods: A Literature Review, European Journal of Operational Research, C. 138, N. 2, pp. 229-246