



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

**ÜLKELERİN EĞİTİM SİSTEMİ PERFORMANSLARININ
ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİ TEKNİKLERİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Serdar Polat

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2010

ÜLKELERİN EĞİTİM SİSTEMİ PERFORMANSLARININ
ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİ TEKNİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Serdar Polat

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2010

ÖZET

POLAT, Serdar. *Ülkelerin Eğitim Sistemi Performanslarının Çok Kriterli Karar Analizi Teknikleri İle Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2010.

Eğitim alanındaki çeşitli paydaşların, eğitimde kalitenin farklı perspektifleri (ör. verimlilik, etkililik, etkinlik, eşitlik) ile beraber eğitim sistemlerinin öğrencileri hayata ne derece iyi hazırladıkları konusuna ilgileri artmaktadır. Eğitim alanında geliştirilen ve uygulanan uluslararası kalite değerlendirme yöntemleri ve araçları; eğitim sistemlerini yeteri kadar tanımlayan; uygun ve içerik olarak ilişkili kalite göstergelerinin belirlenmesindeki zorluk ve göstergelerin ülke içindeki varyasyonundan kaynaklanan belirsizlik nedeniyle uygun olmayabilir. Ulusal eğitim yönetimindeki politika planlayıcılarına ve politika yapıcılarına rehberlik etmesi kadar sonraki çalışmalara da karşılaştırılabilir bir temel oluşturması kapsamında bu çalışma kalite açısından eğitim sistemlerini sıralamak ve sınıflandırmak için bir karar destek sistemi önermeyi amaçlamaktadır.

Sınıflandırma ve sıralama sistemi, eğitim sistemlerinin öğrencileri hayata ne derece iyi hazırladıklarını farklı perspektifleri ile ölçen performans göstergeleri setine dayanmaktadır. Bu çerçevede Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan SMAA kullanılmıştır. Bu yöntem; eğitim sistemlerinin karakteristikleri hakkındaki mevcut bilgiye, ülkelerin içindeki varyasyona ve en uygun profesyonel yargılara dayalı olarak eğitim sistemlerini farklı kalite kategorilerine gruplamaya ve onları rekabet edebilirlik düzeylerine göre sıralamaya imkân vermiştir. Monte Carlo simülasyonları yardımıyla, ülkelerin eğitim sistemlerini başarı açısından sınıflandırmanın ve sıralamanın güvenilirliğini değerlendirmek kapsamında ağırlıklar, kriter ölçümleri ve modelin diğer parametreleri için olanaklı tüm değerler kullanılmıştır. SMAA-2 ve SMAA-TRI yöntemleri stokastik verinin kullanımında ülkelerin eğitim sisteminin başarısı itibarıyla sıralanması ve sınıflandırılmasındaki sonuçların önemli ölçüde farklılaşabileceğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler

Eğitim kalitesi, PISA, ÇKKD, SMAA

ABSTRACT

POLAT, Serdar. *Cross-country Evaluation of Education Systems' Performances with Multicriteria Decision Analysis Methods*, Master's Thesis, Ankara, 2010.

Various stakeholders are increasingly interested in how well their education systems prepare students for life throughout the different perspectives on education quality (e.g., productiveness, effectiveness, efficiency, equity). Cross-national quality assessment methods and tools developed and applied in education may not be appropriate because of challenge in identifying convenient and contextually relevant quality indicators that adequately describe education systems, and uncertainty stemming from extent of variation in these indicators within countries. To guide policy planners and policy makers in national education management as well as to form the basis of comparability for further researches, this study aims to propose a decision support system for classifying and ranking education systems with respect to how well they prepare students for life.

The classification and ranking system is based on a set of performance indicators that measure success of education systems in preparing students for life with different perspectives. Stochastic multi criteria acceptability analysis (SMAA), a multi criteria decision aid (MCDA) method, was used as the basis in this regard. This method enabled to cluster various education systems in different quality categories and rank them by competitiveness based on current knowledge of education systems' characteristics, variation within countries, and best professional judgments. By means of Monte Carlo simulations, all feasible values for weights, criteria measurements, and other model parameters were explored to assess the robustness of clustering and ranking countries with respect to success of education systems. Stochastic analysis by means of SMAA-2 and SMAA-TRI methods show that ranking and sorting results with respect to education system success of countries may vary dramatically.

Key Words

Education quality, PISA, MCDA, SMAA

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
BİLDİRİM	II
TEŞEKKÜR	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
GİRİŞ	1
1. EĞİTİMDE KALİTENİN KARŞILAŞTIRILMASI VE LİTERATÜR.....	4
1.1. EĞİTİMİN SOSYAL VE EKONOMİK GELİŞMELER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	4
1.2. EĞİTİMDE ULUSLARARASI KARŞILAŞTIRMALARIN TARİHÇESİ VE ÖNEMİ.....	6
1.3. EĞİTİMDE KALİTE, EĞİTİM GÖSTERGELERİ VE KARŞILAŞTIRMA ÜZERİNE YAKLAŞIMLAR	9
1.3.1. Eğitimde Kalite Boyutları	9
1.3.2. Sistem Düzeyindeki Gösterge Setleri	12
1.4. EĞİTİM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR.....	17
1.5. EĞİTİM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINDA AMPİRİK ANALİZLER	19
1.6. EĞİTİM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI SORUNSALININ ÇOK KRİTERLİ VE STOKASTİK YAPISI	22
2. METODOLOJİ.....	26
2.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİ	26
2.1.1. Tanım	26
2.1.2. ÇKKD’de Temel Kavramlar	28
2.1.2.1. Alternatifler veya Potansiyel Eylemler	28
2.1.2.2. Kriterler	30
2.1.2.3. ÇKKD Sorunsalı Türleri.....	30
2.1.3. Çok Kriterli Birleştirme Yöntemleri.....	32
2.1.3.1. Üstünlük İlişkileri	35
2.1.3.2. Fayda Fonksiyonu Temelli Yaklaşımlar	35
2.1.3.3. Karar Kuralı Modelleri	37
2.2. SMAA	38
2.2.1. SMAA’nın Kökenleri	38

2.2.1.1.	Karşılaştırmalı Çok Boyutlu Üst Alan (Hacim) Kriteri	39
2.2.1.2.	Genel Uzlaşma Kriteri	39
2.2.2.	SMAA ve SMAA-2.....	40
2.2.2.1.	SMAA.....	41
2.2.2.2.	SMAA-2	44
2.2.2.3.	Kısmi Tercih Bilgisinin Eklenmesi	47
2.2.3.	Üstünlüğe Dayalı SMAA Yaklaşımları	47
2.2.3.1.	Üstünlük Birleştirme Prosedürü (SMAA-3)	48
2.2.3.2.	SMAA-TRI.....	49
2.2.4.	Diğer SMAA Yöntemleri	52
2.2.4.1.	SMAA-O	52
2.2.4.2.	Bağımlı Kriterler.....	53
2.2.4.3.	Karşılıklı Güven Faktörleri.....	53
2.2.4.4.	Referans Nokta Yaklaşımı (Ref-SMAA)	54
2.2.5.	Simülasyon	56
2.2.5.1.	Simülasyon tekniği	56
2.2.5.2.	Hesaplamaların Doğruluğu	58
2.2.5.3.	Karmaşıklık Düzeyi	59
2.2.6.	SMAA Uygulamaları	59
2.2.7.	SMAA Uygulama Çerçevesi	61
3.	AMPİRİK ANALİZ	63
3.1.	VERİ VE GÖSTERGELER	63
3.1.1.	PISA	63
3.1.2.	PISA 2006 Araştırmasının Metodolojisi	65
3.2.	SMAA ANALİZİNİN ÇERÇEVESİ.....	66
3.2.1.	Kriterler	66
3.2.2.	Ağırlıklar	73
3.3.	SMAA ANALİZLERİ VE SONUÇLARI	74
3.3.1.	SMAA-2 Analizi	74
3.3.1.1.	Uygulama ve Sonuçlar.....	74
3.3.2.	SMAA-TRI Analizi.....	81
3.3.2.1.	Önerilen Gruplama Çerçevesi	81
3.3.2.2.	Uygulama ve Sonuçlar.....	83
	SONUÇ.....	87
	KAYNAKLAR.....	89
	EKLER.....	94

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1: ÇNKV ve ÇAKV Yöntemlerinin Karşılaştırılması	27
Tablo 2.2: SMAA Uygulamaları.....	60
Tablo 3.1: SMAA-2 ve SMAA-TRI'de Kullanılan Kriterler ve Özellikleri.....	70
Tablo 3.2: Ülkelerin Performans Kriterleri İtibarıyla Ölçüm Değerleri	71
Tablo 3.3: SMAA-2 ve SMAA-TRI Analizleri İçin Performans Kriterleri Ağırlıkları..	73
Tablo 3.4: SMAA-2 Analizi Bütüncül Uygunluk Endeks Değerleri	76
Tablo 3.5: Uygunluk İndisleri (a), Güven faktörleri (p) ve Merkezi Ağırlıklar (w_1-w_8)	78
Tablo 3.6: Ağırlıklar Arasındaki Farklara İlişkin t-testi Sonuçları	79
Tablo 3.7: SMAA-TRI Analizi Kategoriler İçin Başarı Ölçümleri	82
Tablo 3.8: SMAA-TRI Analizi Kategori Başarı Sınırlarına Ait Farksızlık ve Tercih Eşik Değerleri.....	83
Tablo 3.9: OECD'ye Üye Olan ve Olmayan Ülkelerin Eğitim Kalitesi Açısından Sınıflandırılması.....	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Eğitimin İşleyişinde Temel Sistem Modeli	10
Şekil 1.2: Sistem Düzeyindeki Eğitim Göstergelerinin Sınıflandırılması	14
Şekil 1.3: Sistem Düzeyindeki Eğitim Göstergelerinin Sınıflandırılması	16
Şekil 2.1: Karar Analizinde Çok Kriterli Birleştirme Yöntemleri	34
Şekil 2.2: Uygun SMAA Yöntemini Seçmek İçin Karar Ağacı	61
Şekil 3.1: Ülkelerin Gelişmişlik Düzeyi ve Eğitim Kalitesi İtibarıyla Karşılaştırılması	80
Şekil 3.2: Deterministik Ölçümlerin Kullanıldığı ve Ağırlık Bilgisinin Olmadığı SMAA-TRI Analizi.....	84
Şekil 3.3: Deterministik Ölçümlerin Kullanıldığı ve Kısmi Ağırlık Bilgisinin Olduğu SMAA-TRI Analizi.....	84
Şekil 3.4: Stokastik Ölçümlerin Kullanıldığı ve Ağırlık Bilgisinin Olmadığı SMAA-TRI Analizi	85
Şekil 3.5: Stokastik Ölçümlerin Kullanıldığı ve Kısmi Ağırlık Bilgisinin Olduğu SMAA-TRI Analizi.....	85

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
AHP	Analytical Hierarchy Process
BİT	Bilgi ve İletişim Teknolojisi
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKA	Çok Kriterli Karar Analizi
ÇKKD	Çok Kriterli Karar Desteği
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
DEA	Data Envelopment Analysis (<i>Veri Zarflama Analizi</i>)
ELECTRE	EL imination Et Choix Traduisant la RE alité/ EL imination and Choice Expressing the REality
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development (<i>Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü</i>)
PIRLS	Progress in International Reading Literacy Study (<i>Uluslararası Okuma Becerilerinde Gelişim Projesi</i>)
PISA	Programme for International Student Assessment (<i>Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı</i>)
SMAA	Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (<i>Stokastik Çok Kriterli Uygunluk Analizi</i>)
TIMSS	The Teaching Integrated Mathematics and Science (<i>Öğretme ile Bütünleştirilmiş Matematik ve Fen Bilgisi Araştırması</i>)
TALIS	Teaching and Learning International Survey (<i>Öğretme ve Öğrenme Uluslararası Araştırması</i>)
UTADIS	UT ilities Additives DIS criminantes

GİRİŞ

Eğitimin, ekonomik refahın ve sosyal içermenin artırılması kapsamında temel belirleyici olduğu yönünde genel bir kabul vardır. Eğitim bireylerin yaşam standartlarını yükseltmekte ve sosyal eşitliği güçlendirmektedir. Bu nedenle eğitim sistemindeki politikaların etkili sonuçlar ortaya çıkarması beklenmektedir. Ayrıca, ülkelerin kamu bütçesinden eğitime çok önemli kaynaklar aktardıkları dikkate alındığında bu politikaların etkinliği sağlama konusunda da başarılı olması gerekmektedir. Bu anlamda farklı eğitim sistemleri farklı çıktılar üretmektedir. Kaliteli eğitim sistemlerinin belirlenmesi, bu alanda oluşturulacak politikalara da yön vermektedir. Bu itibarla, eğitim sistemlerinin karşılaştırılması eğitim alanındaki birçok aktörün gündeminde olmuştur.

Karşılaştırmalı eğitim alanında etkililik, etkinlik, verimlilik, eşitlik veya bunların karışımı olmak üzere farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Diğer yandan bu farklı yaklaşımlar altında karşılaştırma yapmaya imkân verecek birden çok gösterge seti tanımlanmıştır. Belirli bir yaklaşım çerçevesinde tam bir karşılaştırmanın yapılabilmesi için öne çıkan tüm kriterler dikkate alınmalıdır. Aksi takdirde yapılan karşılaştırmanın gerçek durumu ortaya koyması beklenemez. Dolayısıyla, eğitim sistemlerinin karşılaştırılması meselesi çok boyutlu olarak incelenmelidir.

Eğitim sistemlerinin karşılaştırılması için çok kriterli bir yaklaşım benimsenmesi durumunda çok kritik iki sorunun cevaplanması gerekmektedir. Birinci soru değerlendirmede kullanılacak farklı kriterlerin ağırlıklarının ne olması gerektiğidir. Ancak özellikle sosyal araştırmalarda bu ağırlıkların belirlenmesi çok kolay bir iş değildir. Eğitim alanındaki farklı aktörlerin (karar vericilerin) tercih politikası farklılık gösterebileceği için kriterlere verdikleri ağırlık değerleri de değişebilir. İkinci sorulması gereken soru ise kriterlere ilişkin ölçüm değerlerinin ne kadar güvenilir ve kesin olduğudur. Bununla beraber, eğitim alanındaki kriterlere ilişkin ölçümler her zaman kesin olmamaktadırlar. Kriter ölçümleri ülke içinde önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Bu durum ise belirsizlik düzeyini artırmaktadır.

Karşılaştırmalı eğitim alanına verilen önem özellikle son dönemde çok artmıştır. Küreselleşme ile beraber toplumlar arasındaki sınırların zayıflamasının buna bir ivme kazandırdığı bilinmektedir. Bilginin çok hızlı bir şekilde yenilediği günümüzde eğitim sistemlerinin bundan ayrı düşünülmesi mümkün değildir. Ülkeler günümüzün sosyal ve ekonomik ortamında rekabet edebilecek bireyler yetiştirmek için eğitim sistemlerinin rekabet edebilirliğini ölçmeye çalışmaktadırlar. Bu kapsamda uluslararası düzeyde yapılan öğrenci değerlendirme araştırmalarının büyük katkısı olmuştur. Bu araştırmaların başında ise PISA, TIMMS ve PIRLS gelmektedir. Bu araştırmalar ışığında, ülkelerin karşılaştırmalı eğitim alanındaki farklı perspektifler ile karşılaştırılmasını amaçlayan önemli çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu çalışmalar genel itibarıyla ülkeleri farklı perspektifler ve göstergeler açısından ayrı ayrı değerlendirmişlerdir. Örneğin bazı araştırmalar eğitimdeki kazanımlardan sadece birini kullanarak veya bu kazanımları ayrı ayrı değerlendirerek bunu yapmışlardır. Diğer yandan bazı araştırmalar ise meseleye sadece bir perspektif ile, örneğin eşitlik, etkinlik vb. ile yaklaşmışlardır.

Tüm bunlardan hareketle genel olarak çalışmanın amacını; Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan SMAA analizini kullanarak, ülkelerin eğitim sistemlerinin rekabet ve kalite düzeylerini belirlemek amacıyla eğitimdeki temel kazanımlar açısından ülkelerin eğitim sistemlerinin karşılaştırılması ile stokastik ve deterministik analiz arasındaki duyarlılık analizinin yapılması oluşturmaktır. Bu kapsamda şimdiye kadar yapılan en kapsamlı uluslararası öğrenci değerlendirme çalışması olan PISA verileri kullanılmaktadır. Kullanılan kriterlere ilişkin olarak ağırlık ve ölçüm değerlerinin tam olarak bilinmediğinden bahisle SMAA analizi önemli bir kolaylık sağlamaktadır.

Bu çerçevede, çalışmanın birinci bölümünde eğitimin sosyal ve ekonomik gelişmeler üzerindeki etkileri ve eğitimde uluslararası karşılaştırmanın tarihçesi üzerinde durulmuştur. Daha sonra, karşılaştırmalı eğitim alanındaki yaklaşımlar, eğitimdeki boyutları ve sistem düzeyindeki gösterge setleri itibarıyla incelenmiştir. Ayrıca karşılaştırmalı eğitim alanında yapılan çalışmaların genel yapısının ortaya konması amacıyla bu alanda üretilen veriler ve ampirik çalışmalar incelenmeye çalışılmıştır.

Bölüm sonunda ise, eğitim sistemlerinin karşılaştırılması sorunsalının çok kriterli ve stokastik yapısına değinilmiştir.

İkinci bölümde, çalışmada kullanılan yöntemin arka planı açıklanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda öncelikle ÇKKV yöntemine genel hatlarıyla değinilmiştir. Daha sonra ise çalışmada kullanılan SMAA yönteminin kökenleri, türleri, matematiksel arka planı ve uygulama çerçevesi açıklanmaya çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılacak veri ve göstergelerin temin edildiği PISA araştırması tanıtılmıştır. Daha sonra, SMAA analizlerinde faydalanılacak kriterler ve bunlara ilişkin olarak tercih yapısı hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm sonunda ise, SMAA-2 ve SMAA-TRI analizleri uygulanmış olup hem ülkelerin eğitim sistemleri kalite açısından karşılaştırılmış olup hem de deterministik ve stokastik veriler arasındaki duyarlılık analizi yapılmıştır.

Sonuç bölümünde ise; bütün bu inceleme ve analizlerin ışığında öne çıkan sonuçlar özetlenmeye çalışılmıştır.

1. EĞİTİMDE KALİTENİN KARŞILAŞTIRILMASI VE LİTERATÜR

1.1. EĞİTİMİN SOSYAL VE EKONOMİK GELİŞMELER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Tüm modern toplumlar fırsat eşitliği ile bütünleşmiş bir refah ve zenginlik amaçlamaktadır. Bu çerçevede daha fazla sayıda ve niteliği daha yüksek işler ile sosyal içermenin olduğu, sürdürülebilir bir ekonomik büyümeye imkân veren, rekabetçi ve bilgiye dayalı bir ekonomi modern toplumların ulaşmak istedikleri bir hedeftir. Bu kapsamda, eğitim ve öğretim sistemlerinin, ekonomik refahın ve sosyal içermenin artırılması için “verimli” ve “eşitlikçi” çıktılar üretmesi anahtar bir rol oynamaktadır. Kaliteli temel eğitime erişenlerin kapsamının fırsat eşitliği sağlanarak artırılmasının sosyal ve ekonomik alanda birçok olumlu sonucu bulunmaktadır (Polat, 2009).

Eğitim hem istihdam ve gelirin hem de sağlıklı yaşam, uzun hayat ve başarılı bir şekilde çocuk yetiştirme gibi ekonomik olmayan çıktılarının temel belirleyicisi olmaktadır (OECD, 2007a). Eğitimin yaşam standardını önemli ölçüde belirlediği dikkate alındığında kaliteli eğitim sisteminin, sosyal ve ekonomik hayattaki kaliteyi de artıracığı açıktır.

Gelir dağılımındaki eşitsizlikler genel olarak ücretlere, istihdama, sermaye gelinine ve devletin, geliri vergi ve transferlerle nasıl dağıttığına bağlı olarak değişmektedir. Nickell (2004) ülkeler itibarıyla gelir dağılımındaki eşitsizliklerin büyük oranda (yüzde 70) bu ülkelerdeki bireylerin beceri farklılıklarından kaynaklandığını ve kaliteli eğitime erişim düzeyinin ise ücretlerdeki ve yoksulluktaki farklılaşmanın temel belirleyicisi olduğunu göstermiştir. Toplumun eğitimdeki başarı düzeyinin artırılması yoksulluğun ve ücretlerdeki farklılaşmanın azaltılması açısından çok önemlidir. Birçok ülke, gelir eşitsizliği ve yoksulluğa ilişkin sorunları azaltmak için sosyal korumaya, sosyal içermeye ve eğitime odaklanmaktadır. OECD'nin dezavantajların nesiller arası aktarımı konusunda yaptığı araştırmada ise, eğitimin nesiller arasındaki ekonomik avantajların kalıtımına ve sosyal tabakalaşmaya önemli derecede etki ettiğini ortaya koymuştur.

Ayrıca, bu araştırma nesiller arasındaki sosyal hareketliliği artırmak için eğitimin uygulanma şansı en yüksek politika seçeneği olduğunu ortaya çıkarmıştır (OECD,2006c).

Kaliteli eğitime erişimin artırılmasının sosyal boyutunun yanında ekonomik boyutu da vardır. Okuldaki başarısızlıklar ve erken terkler en çok dezavantajlı gruplar arasında görülmekte olup maliyetleri toplumun tamamına yansımaktadır (Schütz and Wössmann, 2006). Ayrıca, Green ve diğerleri (2003) yaptıkları araştırmada; eğitimde fırsat eşitsizliği arttıkça, sosyal içerme düzeyinin azalacağını göstermişlerdir. Erişimin artırılması, yoksul olanların sayısını azaltacağından, yoksulluk yükünü azaltmaya yönelik gerekli transfer ödemeleri de azalmaktadır. Kaliteli eğitime erişim sağlamış kişilerin sosyal transfer almaya hak kazanma ihtimalinin düşmesinin yanında, yapılan araştırmalar eğitim düzeyi yüksek bireylerin sosyal transfer alma kıstaslarını karşılasalar dahi bu transferlerden yararlanma konusunda daha isteksiz olduklarını ortaya koymuştur (Schütz and Wössmann, 2006). Bazı araştırmalar, dezavantajlı bireylerin eğitime erişimlerinin geliştirilmesinden uzun vadede sağlanacak kazançların, kamunun sosyal transferlerinden ve kamunun sağlık harcamalarından yapılacak tasarruflar ile sınırlı olmayacağını ayrıca bu çerçevede kaliteli eğitime erişimleri artan bireylerin gelir düzeylerinin ve dolayısıyla kamunun toplayacağı gelir vergisinin de artacağını göstermiştir (OECD, 2007a). Sonuç olarak, herkesin fırsat eşitliği çerçevesinde kaliteli eğitime erişiminin sağlanması işgücüne katılımı artırmada ve belirli kesimlerin sosyal dışlanma riskini azaltmada önem taşımaktadır.

OECD tarafından yapılan araştırma, eğitime yapılan kamu harcamalarının gelir eşitsizliğini azaltıcı bir etki yaptığını göstermektedir. Bu durum gelir dağılımının üst kesiminde bulunan kesimlerden nispeten daha fazla vergi toplanıp, bunun herkesin kapsandığı zorunlu eğitimde kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle, okul öncesi ve ilköğretime yapılan harcamalar önemli ölçüde gelir dağılımının alt kademesinde olan nüfusa ulaştığı için gelir eşitsizliğini düzeltici bir etki yapmaktadır. Yükseköğretime yapılan kamu harcamasının ise çoğu zaman gelir eşitsizliğini düzeltici etkisi olmayıp, birçok ülkede gelir eşitsizliğini artırmakta ve varlıklı kesimleri öne çıkarmaktadır (OECD, 2006c).

Bilgi toplumlarının gelişimi eğitimin ve becerilerin önemini daha da artırmıştır. Bilim ve teknolojiadaki hızlı ve kapsamlı gelişmelerin her alanda sürekli değişim yarattığı ve yeni talepler ortaya çıkardığı bilgi toplumuna geçiş sürecinde bu gelişim ve değişime uyum sağlama, toplumun tüm kesimleri için büyük önem arz etmektedir. Bilgi ve teknolojiyi kullanabilme becerisi bireylerin ulusal kalkınmadan, ulusların ise küresel kalkınmadan alacakları payın belirleyicisi olmaya başlamıştır. Bu kapsamda örgün, yaygın ve resmi olmayan öğrenmeyle ferdin kendini geliştirmesi ve sürekli yenilemesi ancak kaliteli eğitime erişim ve hayat boyu eğitimle mümkün olabilmektedir. Değişimin çok hızlı şekilde yaşandığı günümüzde temel becerileri ve öğrenmeyi öğrenme becerileri yetersiz olan bireylerin sosyal ve ekonomik eşitsizliklerinin artması kuvvetle muhtemeldir (Polat, 2009, s.15).

1.2. EĞİTİMDE ULUSLARARASI KARŞILAŞTIRMALARIN TARİHÇESİ VE ÖNEMİ

Eğitim öteden beri çağdaş dünyada ulusal kalkınma ve politik demokratikleşme için temel bir gereksinim olarak görülmüştür. Bu kapsamda ülkelerin eğitim sistemlerini sürekli şekilde geliştirmeleri gerekmektedir. Diğer yandan, uluslararası karşılaştırma yapmanın ise gelişme için kritik olduğu bilinmektedir.

Karşılaştırmalı eğitim, eğitim sistemlerini, siyasal, sosyal ve kültürel etkenleri göz önünde bulundurarak inceleyen bir alandır. Farklı ülkelerdeki eğitim sisteminin benzerlikleri ve farklılıklarını tanımlamaya yardım eden, benzer görünen olguları açıklayan ve eğitim uygulamaları hakkında yararlı teklifler getiren bir disiplindir. Ülkelerin mevcut eğitim sorunları ve nedenlerini, diğer ülkelerdeki benzer etkenlere değinerek saptayan ve yorumlayan bir araştırma alanıdır. Eğitim sorunlarının çözümlenmesi için farklı ülkelerdeki eğitim sistemlerini inceleyen bir alandır (Erdoğan, Avrupa Birliği ve Karşılaştırmalı Eğitim, 2006).

Karşılaştırmalı eğitimde herhangi bir eğitim sistemi incelenirken yalnızca eğitim kurumlarının irdelenmesi yeterli bulunmaz, eğitimi etkileyen temel ve yan faktörler de göz önünde tutulur. Bu bağlamda karşılaştırmalı eğitim, eğitim uygulamaları konusunda görünenlerin gerisinde neler bulunduğunu araştırıp eğitimi etkileyen sosyal ve siyasal

etkenleri inceler. Karşılaştırmalı eğitim, eğitimi anlamaya yardım eden psikoloji, dilbilimi, ekonomi, sosyoloji, tarih ve antropoloji gibi disiplinlerle yakından ilişkili olan çok disiplinli bir çalışma sahasıdır. Başta ABD olmak üzere eski Sovyetler Birliği ve birçok Avrupa ülkesi eğitim sistemlerini yukarıdaki genel çerçeveyi içeren ‘karşılaştırmalı eğitim’ araştırmalarından yararlanarak geliştirmeye çalışmışlardır (Ergün, 1985).

Erdoğan (1997) karşılaştırmalı eğitimin bilimsel bir disiplin olmasının Marc Antoine Jullien’in 1817 yılında kaleme aldığı “Karşılaştırmalı Eğitim Üzerine” adlı eserle başladığına değinmektedir. Jullien, bu eserinde karşılaştırmalı araştırmaların yapılabilmesi için sistematik bir yaklaşım ve yöntem sunmaktadır. Karşılaştırmalı eğitim araştırmalarının ilk dönemlerinde özellikle İngiltere, Fransa, Almanya, İtalya ve Rusya araştırma yapılması gerektiği düşünülen ülkeler olarak öne çıkmışlardır. Bu süreçte araştırmacıların söz konusu ülkelere yaptıkları seyahatler bu alandaki araştırmaların temelini oluşturmuştur. Ülkelerin teknolojik gelişmişlik düzeyleri diğer ülkeler tarafından eğitim sistemlerinin irdelenmesi için bir motivasyon oluşturmuştur. Özellikle soğuk savaş döneminde rekabetin çok yoğun olarak yaşanması ve uzay araştırmalarına verilen önemin artması bu alana yönelik ilgiyi daha da artırmıştır.

Günümüzde küreselleşmenin hızının ve yaygınlığının artması karşılaştırmalı eğitim alanında da birtakım yansımalar meydana getirmiştir. Kamens ve Mcneely (2010) eğitim sistemlerinin kıyaslanmasının yaygınlaşması arkasında genel anlamda üç temel kültürel özelliğin olduğunu öne sürmüşlerdir. Bunlar:

- (1) Küresel ve ulusal gelişmenin kaynağı olarak eğitimdeki ideolojiler,
- (2) Kalkınma için önemli bir araç olarak bilimin üstünlüğü,
- (3) Arzu edilen çıktıların üretilmesi için özelde eğitim sistemlerinin, genelde ise toplumun yönetilebileceği fikri olarak sıralanmıştır.

Gerek küreselleşme sürecinin ve dünyanın yönetim biçiminin ortaya koyduğu gereksinimler gerekse uluslararası resmi kuruluşların ve sivil toplum kuruluşlarının

talepleri, eğitim sistemlerinin rasyonelleştirilmesi için bir baskı oluşturmaktadır. Bu çerçevede toplumsal modernleşme ve eğitimin yaygınlaşması ile birlikte eğitim sistemlerinde karşılaştırılması gereken yeni alanlar ortaya çıkmaktadır. Örneğin dünya genelinde yükseköğretimin yaygınlaşması ile birlikte yükseköğretime ilişkin göstergelerin üretilmesi ve karşılaştırılması daha da önem kazanacaktır. Diğer yandan eğitimde temel becerilerin toplumun tüm kesimlerine kazandırılması meselesi refah düzeylerinden bağımsız olarak her ülkenin gündeminde olan bir konudur.

Küreselleşen ekonomi çerçevesinde her ülke kendisini daha rekabetçi yapacak bir avantaj aramaktadır. Bu durum eğitim sistemlerini karşılaştırmak için önemli bir motivasyon oluşturmaktadır. Bu yaklaşım eğitimi, yine eğitimdeki genişleme ve hesap verebilirlik noktasında teşvik edecek demokrasi ve insan hakları için tamamlayıcı bir unsur olarak öne çıkarmaktadır. Böylece küreselleşme ve modernleşme kapsamında dünyadaki modellerin; ulusal düzeydeki kimlikleri, yapıları ve davranışları şekillendirdiği sürece, ülkelerin uyum sağlayabilmesine imkân verecek modern bir eğitim sistemi kurmaları için karşılaştırmaya ve değerlendirmeye verilen önem daha da artacaktır (Kamens ve Mcneely, 2010).

Son dönemde modern toplum statüsünü yakalamak için örgün eğitimin geliştirilmesi gerektiğini düşünen ve bunun da ancak uluslararası karşılaştırmalarla yapılabildiğini savunan ülkelerin sayısı artmaktadır. Örneğin ülkelerin yaklaşık olarak yüzde 35'i uluslararası öğrenci değerlendirme araştırmalarına katılım sağlamaktadır. Ulusal olarak bu değerlendirmeleri yapan ülkelerin sayısı ise çok daha fazladır. Ulusal değerlendirmelere önem veren ve bu kapsamda çeşitli araştırmalar yapan ülkelerin sayısının artmasıyla beraber bu ülkelerin uluslararası karşılaştırmalara verdikleri önem de paralel olarak artmaktadır. Hem uluslararası hem de ulusal değerlendirmelerin eğitim sistemlerine ilişkin mevcut reform çalışmalarına ışık tutabilecek bir yönü olduğu gibi bundan sonra tasarlanacak reformlar için de bir motivasyon sağlayacağı bilinmektedir. Ulusların kendi eğitim sistemlerini karşılaştırmaları neticesinde belirleyecekleri güçlü ve zayıf yönleri aynı zamanda bu ülkelerin kendi içinde de ulusal bir değerlendirme yapmalarına imkân tanıyacaktır. Bu kapsamda ülkeler uluslararası alandaki güçlü ve zayıf yönlerinin ülke içinde nasıl dağıldığı konusunda da araştırma yapacaklardır.

Eğitim sistemlerinin karşılaştırılmasının bir diğer gerekçesi ise kaynakların sınırlı olması nedeniyle etkin kullanılması gerekliliğidir. Dünya genelinde eğitime yapılan harcamaların arttığı düşünöldüğünde bu harcamaların ne kadar etkin kullanıldığı sorusunun cevabı da önem kazanmaktadır. Hem politik seçkinler hem de uluslararası resmi kuruluşlar ve sivil toplum kuruluşları kaynaklar karşılığında eğitimdeki etkinliğin ve hesap verebilirliğin sorgulanması kapsamında eğitim sistemlerinin kıyaslanmasını talep etmektedirler.

Eğitim sistemlerinin yapısının nasıl olması gerektiği konusunda önemli tartışmalar olmakla beraber, genel olarak kabul edilen husus eğitimin geniş kitlelere yaygınlaştırılmadığı ölkelerde, elit kesimin başarılı bir gelecek hayali kuramayacağı gerçeğidir. ‘Herkes için kaliteli eğitim’ kavramının önemi, eğitimde hesap verebilirlik kapsamında daha da artmıştır. Diğer yandan artan küreselleşmeye, dünyadaki kültürel dinamiklere ve sosyal meselelere uyumun artırılması amacıyla bu tür karşılaştırmaların yapılması yönündeki çabalar da artacaktır.

1.3. EĞİTİMDE KALİTE, EĞİTİM GÖSTERGELERİ VE KARŞILAŞTIRMA ÜZERİNE YAKLAŞIMLAR

1.3.1. Eğitimde Kalite Boyutları

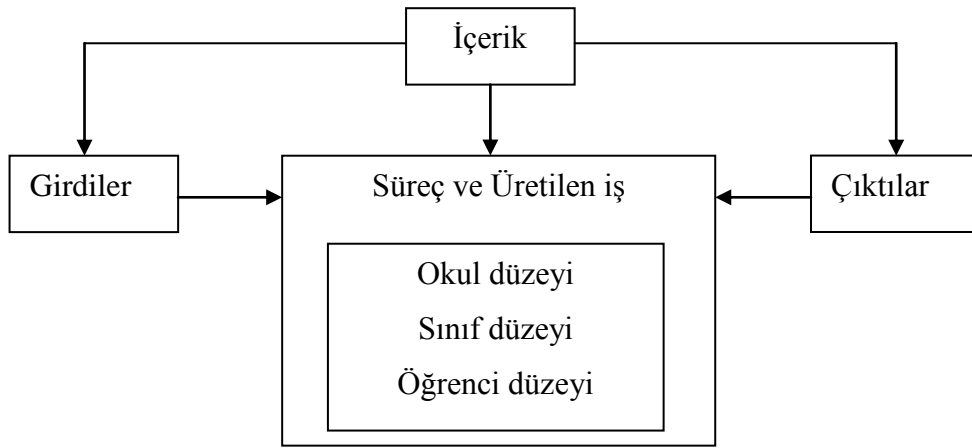
Bu çalışmanın amacına uygun olarak öncelikle karşılaştırma yapılabilecek bir temel belirlenmesi gerekmektedir. Söz konusu temel ise “eğitimde kalite”dir. Bu çalışmanın kapsamında bulunan “Eğitimde Kalitenin Karşılaştırılması” için kalite ile ne ifade edildiğinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Basit olarak kalite, mevcut uluslararası gösterge setlerinin neyi tanımladığı ve ölçtüğü ile ilgilidir. Bununla beraber meseleye daha detaylı bakıldığında eğitimde kaliteye ilişkin kavramsal modeller bulunmaktadır.

Eğitimde kaliteye ilişkin yaklaşımlara, eğitimi tanımlayan kavramsal çerçeve temelinde açıklık getirilebilir. Bunun için ise sıklıkla başvurulun yol eğitimi girdilerin çıktılarına dönüştüröldüğü bir üretim sistemi olarak ele almaktır.

Şekil 1.1’de gösterilen eğitim sistemin temel bileşenleri şu şekilde sıralanabilir (Scheerens, 2004, s.115):

- Hem girdilerin ve kısıtlılıkların bir kaynağı olarak hem de üretilmesi gereken çıktıların üreticisi olarak işlev gören içerik boyutunun kapsanması,
- Sonuçları; doğrudan çıktılar, uzun dönemli sonuçlar ve nihai sosyal etkiler bakımından farklılaştırma,
- Süreçlerin ve koşulların hiyerarşik doğasının farkında olma.

Şekil 1.1: Eğitimin İşleyişinde Temel Sistem Modeli



Bu temel çerçeveyi belirledikten sonra Scheerens (2004) eğitimde kaliteyi altı farklı yaklaşım ile tanımlamaktadır:

a) Verimlilik görüşü

Bu görüşe göre, sistemlerin başarısı arzu edilen çıktılara ulaşılması ile ölçülür. Örneğin, eğitimden ayrılanlar içinde, belirli bir eğitim düzeyini bitirenlerin (diploma alanların) oranının ve belirli bir diploma ile mezun olanların istihdam edilme oranının belirlenen seviyenin üzerinde olması beklenmektedir. Bu görüşe göre çıktı/sonuç/etki göstergeleri daha baskın olup hatta izlenmesi gereken tek kalite göstergesi çeşididir.

b) Araçsal etkililik görüşü

Bu görüşe göre içerik, girdi ve sürecin, daha net bir ifadeyle bunların sonuçlar üzerindeki etkisinin kalite göstergesi olarak seçilmesi açısından çok açık bir

perspektif bulunmaktadır. Etkililik ve üretim fonksiyonlarının tamamen spesifik olarak belirlenebildiği, diğer bir deyişle sonuçların kesin olarak tahmin edilebildiği ölçüde; içerik, süreç ve girdi göstergeleri sonuç göstergelerinin yerini alabilmektedir. Belirli düzeydeki veya şekildeki girdi ve süreçlerin değeri oradaki mevcut potansiyel ile belirlenmektedir. Açıkçası bu görüş sadece kısıtlılıkları dikkate almayı aynı zamanda politik olarak değiştirilmesi olası faktörleri de dikkate aldığı için politika açısından daha dinamik bir olanak seti sunmaktadır.

c) Uyum perspektifi

Bu perspektif işlerin, nasıl doğru yapılması sorusunu dikkate almadan önce nasıl doğru işler yapılabilir sorusunu dikkate alması bakımından araçsal etkililik perspektifinin bir adım ötesine geçmektedir. Bu nedenle uyum perspektifi eğitimsel hedeflerin kritik bir analizinin yapılmasını gerektirir. Bu kapsamda politikaların da bu hedeflerle uyumlu olarak düzenlenmesi, bir kalite yaklaşımını ortaya koymaktadır.

d) Eşitlik perspektifi

Girdiler, süreçler ve sonuçlar; eğitimdeki farklı karakteristikteki katılımcılar arasında eşit ve adil dağılması yönünde bir perspektifi ile incelenirse eşitlik, eğitimdeki kaliteyi değerlendirmenin temel ölçüsü olmaktadır.

e) Etkinlik perspektifi

Bu perspektif verimlilik ve araçsal etkililik görüşlerinin talebine ek olarak olası en iyi sonuçların en düşük maliyetle başarılmasını hedefler.

f) Bağlantısız görüş

Şekil 1.1’de gösterilen bileşenler arasındaki kombinasyonlar ve ilişkiler, eğitimde kalite üzerine belirli bir perspektif sunan önceki görüşler için temel oluşturmaktadır. Diğer bir görüş ise her bileşeni kendi başına dikkate almayı ve arzu edilen düzeyde olup olmadığının değerlendirilmesini öngörmektedir. Örneğin, öğretmenler için çalışma şartı olarak belirli bir öğretmen eğitimi süresinin öngörülmesi, öğretmenler ve öğrenciler için yönetilebilir maksimum sınıf büyüklüğü vb. bu kapsamda değerlendirilebilir.

Eğitimde kalite üzerindeki bu yaklaşımların, karşılaştırma yapılacak gösterge setlerinin kullanımındaki ve kompozisyonundaki yansımaya dikkat edildiğinde, sonuncu yaklaşım olan “bağlantısız görüş” öne çıkmaktadır. Örneğin eşitlik ve etkinlik görüşlerinin rastlantısal kullanmanın bağlantısız bir doğası bulunmaktadır. Bağlantısız görüş diğer perspektiflerin çok iyi bir kombinasyonu olarak kullanılabilir. Örneğin, ülke genelinde dezavantajlılara yönelik olarak yapılan yatırımların karşılaştırılması eşitlik perspektifini yansıtırken, benzer düzeydeki eğitim çıktılarına sahip ülkelerin öğretmen maaşları için yaptıkları harcamaların karşılaştırılması etkinlik perspektifini yansıtmaktadır. Diğer yandan geleneksel olarak başarı düzeylerinin karşılaştırılmasında ise verimlilik perspektifi öne çıkmaktadır.

1.3.2. Sistem Düzeyindeki Gösterge Setleri

Eğitim sistemlerinin diğer sistemler gibi belirli alanları vardır. Bu alanlar eğitimdeki girdiler, süreçler ve çıktılar olarak tanımlanmaktadır. OECD (2009) PISA 2006 araştırmasının teknik raporunda eğitim sistemin işleyişı temelde dört düzeyde toplanmaktadır:

1. Eğitim ve öğretimin içeriğini belirleyen genel yapı
2. Eğitim ve öğretimin yapıldığı kurumlar
3. Eğitsel düzenlemenin ve öğrenme ortamının oluşturulduğu sınıflar ve dersler
4. Öğrenme aktivitelerine katılan öğrenciler

Eğitim ve öğretimin içeriğini belirleyen genel yapı içinde sistem için mevcut temel girdiler ülkelerin GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla) düzeyi, refah düzeylerinin dağılımı (Gini Katsayısı), eğitime ayırdıkları kaynaklar, göçmenlerin sayısı vb. göstergelerdir. Diğer yandan ülkelerin eğitim sistemlerini nasıl organize ettiği, öğretmen niteliklerinin artırılması için yürütölen hizmetiçi eğitim yapıları, okula başlama yaşı vb. makro düzeydeki alınan kararlar sistemin girdileri çıktılarına dönüştüreceğ süreç yapısını göstermektedir. Ülkelerin okullaşma oranları, öğrenci başarı düzeyleri, cinsiyet oranları, bilgisayar okuryazarlığı, kalite ve eşitliğe yönelik sonuçlar vb. göstergelere ilişkin değerler ise ülkelerin eğitim sistemlerinin çıktıları olarak değerlendirilmektedir.

Eğitim kurumları düzeyinde bakıldığında ise ailelerin katılım düzeyi, okuldaki öğrencilerin sosyo-ekonomik statüsü, kurumun büyüklüğü, yerleşkesi ve bütçe yönetimi gibi hususlar sistemin girdileri olarak sayılabilmektedir. Diğer yandan kurum düzeyindeki süreci belirleyen politika ve uygulamalar kapsamında insan kaynakları, eğitim materyalleri, müfredat, ölçme ve değerlendirme faaliyetleri, okula kayıt politikaları ve öğrenme aktivitesini teşvik edecek uygulamalar değerlendirilebilir. Kurum düzeyinde ulaşılan öğrenci başarı düzeyi, sosyo-ekonomik koşulların öğrenci başarısı üzerindeki etkisi, yaşam becerileri ve öğrenme stratejileri örnek verilebilir.

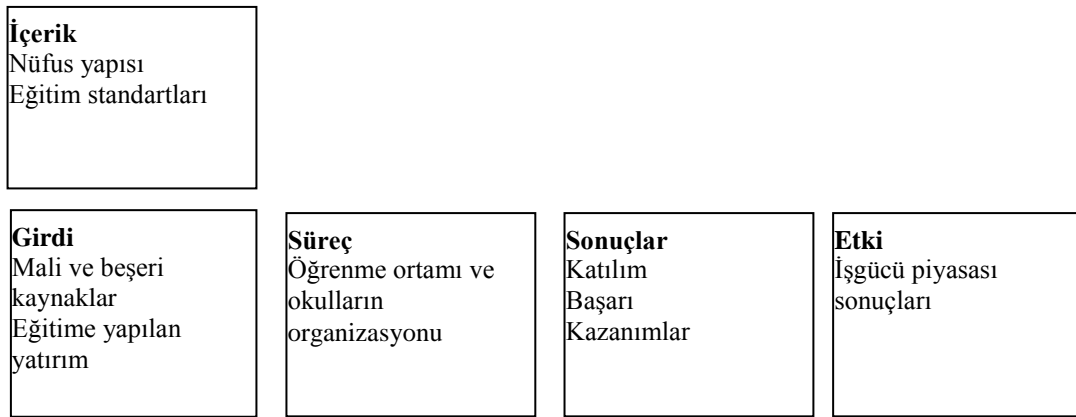
Eğitsel düzenleme (sınıf) boyutuna bakıldığında ise öğretmen yeterlilikleri ve sınıf büyüklükleri en önemli girdiler olarak düşünülmektedir. Söz konusu girdilerin dönüştürülmesi aşamasında ise öğrencilerin yetenek düzeyine göre gruplandırılması, öğrenme biçimleri ve öğrenme zamanı olarak tanımlanan öğrenme ortamı önem taşımaktadır. Söz konusu girdiler ve süreç ise sınıfın öğrenme motivasyonu ve sınıfın başarı düzeyini belirlemektedir.

Son olarak öğrenci bazında girdi, süreç ve çıktıları tanımlamak mümkündür. Bu kapsamda öğrenci için temel girdiler; ebeveynlerin mesleki statüsü, ailenin eğitim düzeyi, evdeki eğitsel kaynaklar, etnisite ve dil, yaş ve cinsiyet olarak sıralanmaktadır. Diğer yandan bu girdilerin çıktıya dönüştürülmesi kapsamında öğrencinin derslere olan tutumu, kendine güveni ve öğrenme motivasyonu önem taşımaktadır. Bu kapsamda her öğrencinin bireysel başarı düzeyi bir çıktı olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın amacına uygun olarak eğitim sistemlerinin kalitesinin karşılaştırılabilirliği kapsamında sistem düzeyine odaklanması gerekmektedir. Eğitim kurumu, eğitsel düzenleme ve öğrenci düzeyinde bir analiz bu çalışmanın kapsamında değildir. Ancak söz konusu düzeylerde toplanan göstergelerin sistem düzeyinde birleştirilmiş biçimlerinden istifade edilmektedir. Şekil 1.2'de sistem düzeyinde

tanımlanan eğitim göstergeleri OECD INES¹ projesi ile uygun olarak gösterilmektedir (Scheerens, 2004).

Şekil 1.2: Sistem Düzeyindeki Eğitim Göstergelerinin Sınıflandırılması



İçerik göstergeleri (ulusal eğitim sistemleri düzeyinde tanımlanmaktadır) ulusal eğitim sistemlerinin yapısal karakteristiklerini ve daha geniş anlamda toplumun karakteristiklerini yansıtmaktadır. Örnekler:

- Nüfus; eğitim çağındaki nüfusun görece büyüklüğü,
- Temel mali ve ekonomik süreç; kişi başına düşen milli gelir,
- Eğitim düzeyi itibarıyla eğitim hedefleri ve standartları; yüksek tamamlama oranları, üniversite mezunlarının daha eşit dağılımı,
- ISCED ile sınıflandırılmış yapıda okulların yapısı.

Girdi göstergeleri sistem düzeyinde eğitimdeki mali ve beşeri kaynakları ifade etmektedir. Örnekler;

- Öğrenci başına harcama,
- Eğitimdeki Araştırma ve Geliştirme harcaması,
- Eğitim sektöründe çalışanların toplam işgücü içindeki yüzdesi,

¹ OECD's Indicators of Education Systems (INES) programme. INES programı ülkeler itibarıyla eğitim sistemlerindeki istatistiksel karşılaştırılabilir veriler için belirli yöntemler tanımlamaktadır. Bu göstergeler her yıl OECD *Education at a Glance* raporunda yayınlanmaktadır.

- Eğitim düzeyi itibarıyla öğretmen başına düşen öğrenci sayısı,
- Yaş, cinsiyet, tecrübe, yeterlilikler ve öğretmen maaşları itibarıyla beşeri kaynak stokunun karakteristikleri.

Süreç göstergeleri sistem düzeyindeki öğrenme ortamlarının ve okulların organizasyonun karakteristiklerini yansıtmaktadır. Örnekler;

- Merkezîyetçi ve yerinden yönetim şekilleri veya alınan kararların düzeyi açısından fonksiyonel yerinden yönetim uygulamaları,
- Eğitim düzeyine göre müfredat öncelikleri; konu başına uygun görülen süre,
- Eğitimdeki reform öncelikleri; toplam eğitim bütçesinden belirli programlara ayrılan oranlar,
- Belirli bir zamanda sistem düzeyindeki izleme ve değerlendirme için yapılan yatırımlar ve düzenlemeler.

Çıktı ve sonuç göstergeleri sistem düzeyindeki erişim ve katılım, kazanım ve başarı düzeyine ilişkin istatistikleri ifade etmektedir. Örnekler:

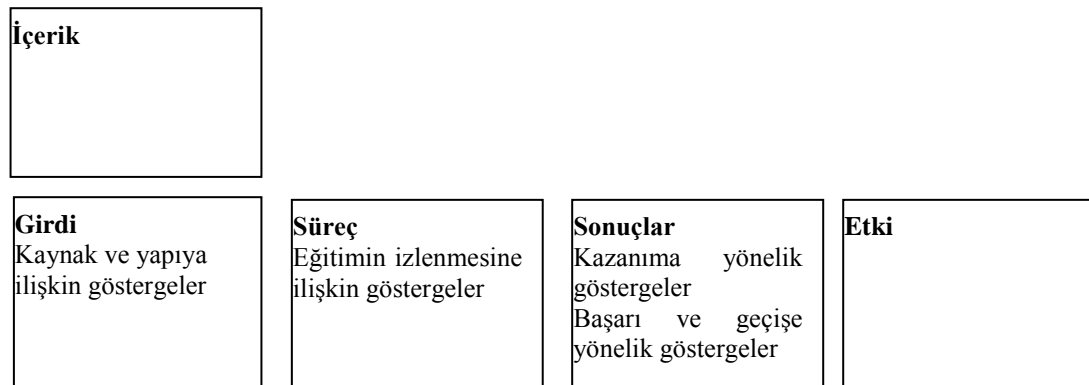
- Çeşitli eğitim düzeylerindeki (ilköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim) katılım oranları,
- Eğitim sistemi içindeki ilerleme düzeyi; belirli bir diplomanın elde edilmesi için gereken minimum sürede bu diplomayı alan öğrencilerin oranı,
- Eğitim sisteminin çeşitli düzeylerinde erken terk oranları,
- Belirli müfredat alanlarında ortalama başarı düzeyi; matematik, fen bilimleri ve edebiyat alanlarındaki ilköğretim ve ortaöğretim sonunda ölçülen başarı düzeyleri,
- Müfredatlar arası beceriler ve yaşam becerileri; problem çözme, temel okuryazarlık ve sosyal beceriler.

Etki ve uzun vadeli sonuç göstergeleri eğitimin toplumun diğer sektörlerinde meydana getirdiği değişimleri ifade etmektedir;

- Genç işsizliği üzerindeki eğitimin etkisi; eğitim kademeleri itibarıyla genç işsizliğin sınıflandırılması,
- Belirli düzeydeki sertifika ile okuldan ayrılanların işgücü piyasasındaki konumları,
- Eğitim ve öğretim düzeyi itibarıyla elde edilen gelir,
- Eğitim düzeyi itibarıyla suç oranı,

Avrupa Komisyonu'nun dört başlık altında tanımladığı "Onaltı Kalite Göstergesi" yukarıda bahsedilen OECD-INES gösterge setinin tanımladığı kavramsal çerçeveye Şekil 1.3'de gösterildiği biçimde gibi konumlandırılmaktadır.

Şekil 1.3: Sistem Düzeyindeki Eğitim Göstergelerinin Sınıflandırılması



İçerik ve etki kutularının AB gösterge seti içinde yer almaması ve süreç göstergesi olarak sadece izlemenin seçilmiş olması dikkat çekmektedir. Avrupa Komisyonu'nun belirlemiş olduğu 16 gösterge şu şekildedir:

Kazanım Göstergeleri

1. Matematik
2. Okuma
3. Fen bilimleri

4. Bilgi ve İletişim Teknolojileri
5. Yabancı dil
6. Öğrenmeyi öğrenme
7. Yurttaşlık bilgisi

Başarı ve Geçiş Göstergeleri

8. Erken terk oranları
9. Ortaöğretimi tamamlama
10. Yükseköğretime katılım

Eğitimin İzlenmesine Yönelik Göstergeler

11. Okul eğitiminin değerlendirilmesi ve izlenmesi
12. Ailelerin katılımı

Kaynak ve yapısal göstergeler

13. Öğretmenlerin eğitim ve öğretimi
14. Okulöncesi eğitime Katılım
15. Bilgisayar başına düşen öğrenci sayısı
16. Öğrenci başına eğitim harcaması

1.4. EĞİTİM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Eğitim sektöründe ülkelerin karşılaştırılması kapsamında çeşitli kaynaklar kullanılmaktadır. Bunları iki temel başlık altında toplamak mümkündür. Birincisi ülkelerin kendilerinin üretmiş oldukları eğitim göstergeleri ikincisi ise ülkelerin karşılaştırılması amacıyla yapılan uluslararası değerlendirme araştırmalarıdır.

Birinci veri kaynağı kapsamında ülkelerin eğitim kademeleri itibarıyla okullaşma oranları, derslik ve öğretmen başına düşen öğrenci sayıları, cinsiyet oranları, öğrenci başına kamu ve özel harcamalar, mesleki ve teknik eğitime devam edenlerin oranı, vb.

eğitim göstergeleri ülkelerin kendilerinin derlemiş oldukları eğitim göstergeleridir. Bu göstergelerin tanımları ülkeden ülkeye bir takım farklılıklar gösterse de karşılaştırılması için ortak bir çalışma yapılmasına gerek duyulmamaktadır. Örneğin, net okullaşma oranı veya brüt okullaşma oranlarının tanımı her ülke için aynıdır. Diğer yandan farklı eğitim kademelerinin süreleri ülkeler itibarıyla farklılık gösterebilir. Bu kapsamda ise her tek yaş için okullaşma oranları hesaplanmaktadır.

Eğitim sektöründe ülkeler itibarıyla karşılaştırma yapmaya imkân veren veri setleri ve araştırmalar genel itibarıyla uluslararası kuruluşlar tarafından hazırlanmaktadır. Bu kapsamda Dünya Bankası (*World Bank Indicators*²), OECD (*Education at a Glance*³), EURYDICE (*Key Data on Education in Europe*⁴), UNESCO (*Institute for Statistics*⁵) ve Avrupa Komisyonu (*EUROSTAT*⁶) ne çıkmaktadır.

İkinci veri kaynağı olarak kullanılan uluslararası değerlendirme araştırmaları hem lkelerde standart veri toplamayı sağlamak hem de üretilmeyen bazı göstergelerin oluşturulması için önemlidir. Bu alışmalar farklı eğitim aktörleri üzerinde odaklanabilmekte veya daha kapsamlı da olabilmektedir. Örneğin *Programme for International Student Assessment (PISA)* alışması genel olarak ülkelerin eğitimdeki akademik başarı düzeylerini ölçmeyi amaçlamakta ve ğrenci üzerinde odaklanmaktadır. Ancak ğrencilerin bilgi düzeyini ölçmeyi hedefleyen soruların dışında sosyo-ekonomik düzeylerini, bilgisayar becerilerini vb. belirlemeyi amaçlayan bir takım sorular da öğrencilere yöneltilmektedir. Yine *Teaching and Learning International Survey (TALIS)* alışmasının odağında öğretmenler olmakla beraber buna ilave olarak başka soruların da cevabı aranmaktadır.

Sonuç olarak karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla yapılan uluslararası değerlendirme araştırmalarının önemi büyüktür. Bu çalışmaların sonuçlarının doğru algılanması eğitim alanında geliştirilecek politikalar için kritiktir.

² <http://www.worldbank.org/data>

³ <http://www.oecd.org/education/database>

⁴ <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice>

⁵ <http://www.uis.unesco.org>

⁶ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

1.5. EĞİTİM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINDA AMPİRİK ANALİZLER

Eğitimin hem gelir hem de istihdam fırsatları açısından bireylerin sahip olduğu yaşam kalitesinin ve ekonomik büyümenin temel belirleyicisi olduğu bilinmektedir. Genel olarak eğitimde kalitenin artırılması bireylerin yaşam kalitesini artırmakta, sosyal eşitliği desteklemekte, kamunun sosyal ve ekonomik maliyetlerini azaltmakta ve kalkınma sürecine katkı vermektedir (Polat, 2009). Eğitimin söz konusu uzun vadeli etkilerinin ortaya çıkabilmesi için eğitimdeki kaliteyle ilgili farklı perspektiflerin incelenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar ve üretilen veriler eğitimde kalitenin farklı perspektiflerine ışık tutmaktadır.

Afonso ve Aubyn (2006) PISA 2003 araştırmasını kullanarak OECD üyesi 25 ülkenin eğitim çıktılarını (PISA sonuçları) karşılaştırmak suretiyle bu ülkelerin eğitim harcamalarını ne derece verimli kullandıklarını belirlemek için Veri Zarflama Analizini (VZA)⁷ kullanmışlar ve ülkeleri verimlilik skorlarına göre sıralamışlardır. Yine Afonso ve Aubyn (2005) yaptıkları çalışmada çeşitli ülkelerin ortaöğretim sistemlerinin verimlilik düzeylerini değerlendirmiştir. Bu çalışmada eğitimin çıktısı (öğrenci başarısı), eğitim sisteminde doğrudan kullanılan girdiler (öğretmen başına düşen öğrenci sayısı ve okulda öğrencinin geçirdiği zaman) ve çevresel faktörler (refah düzeyi ve ailenin eğitim düzeyi) değerlendirilmiştir. Öncelikle, eğitim sisteminin girdileri ve çıktısı ile standart VZA kullanılarak ülkeler için verimlilik skorları hesaplanmıştır. Eğitim sektöründeki verimlilik en azından kısa ve orta vadede kısmen devletin kontrolü dışında değişebilmektedir. Söz konusu çalışmada, ülkeler itibarıyla ailenin sosyo-ekonomik koşulları için kullanılan kişi başına GSYİH'nin ve ailenin eğitim düzeyinin verimlilik skorları ile istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde negatif ilişkili olduğunun tespiti yapılmıştır. Ailenin sosyo-ekonomik koşulları eğitim sisteminin verimliliğine olumsuz bir etki yapmaktadır. Bu nedenle eğitim sistemlerinin ailelerin sosyo-ekonomik koşullarından bağımsız olarak gerçek verimlilik düzeylerinin ölçülmesi için verimlilik skorları kişi başına GSYİH ve ailenin eğitim düzeyi değişkenleri ile düzeltilerek yeniden hesaplanmıştır. Bu çalışmanın önemli eksikliklerinden biri ise analizde sadece

⁷ Data Envelopment Analysis

ülke ortalamalarının dikkate alınması ve ülke içindeki farklılıkların kapsam dışı bırakılmasıdır.

Gorard ve Smith (2004) eğitim sistemlerini eşitlik boyutu ile karşılaştırmak amacıyla belirli değişkenler açısından 15 ülke için ayrışım endeksi⁸ hesaplamıştır. Bu çalışmada PISA 2000 verisi kullanılarak ebeveynlerin mesleki durumu, ailenin refah düzeyi, çocuğun doğduğu ülke ve okuduğunu anlama becerisi açısından en dezavantajlı olan alt yüzde 10'luk kesimin ve diğer yüzde 90'luk kesimin o ülkedeki okullar arasında ne derecede ayrıştığını gösteren endeks değerleri hesaplanmıştır. Söz konusu endeks değerlerinin yüksek çıktığı ülkeler eğitimdeki eşitsizliğin yüksek olduğu ülkeler olarak sınıflandırılmıştır. Danimarka, Finlandiya ve İsveç gibi İskandinav ülkelerinde endeks değerlerinin daha düşük yani ayrışmanın ve eşitsizliğin daha az olduğu bununla beraber Almanya, Yunanistan ve Belçika'da ise ayrışma ve eşitsizliğin yüksek olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca İngiltere'nin genel olarak orta sıralarda yer aldığı belirlenmiştir. Ülkelerin endeks değerlerinin farklılaşması, mevcut eğitim politikalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Wössmann (2004) uluslararası öğrenci başarı değerlendirme çalışmalarından biri olan *The Teaching Integrated Mathematics and Science* (TIMMS) verisi ile yaptığı çalışmada, 17 ülkenin eğitim sistemlerinde sosyo-ekonomik koşulların öğrenci başarısı üzerindeki etkisini incelemiş ve ülkeleri söz konusu etkinin büyüklüğüne göre eğitimdeki eşitliğin boyutunu değerlendirmiştir. Ayrıca tüm ülkeler birlikte değerlendirdiğinde kalite düzeyi ile fırsat eşitliği düzeyi arasında negatif veya pozitif bir ilişki olmadığını ortaya koymuştur.

Davutyan ve diğerleri (2010) Türkiye'de illerin ortaöğretimde verimlik düzeylerini belirlemişlerdir. Bu kapsamda illerin sosyo-ekonomik koşulları, okullaşma oranları, derslik ve öğretmen başına düşen öğrenci sayıları, genel ortaöğretimin payı vb. değişkenler ilin eğitimdeki başarısı açısından kullanılan girdiler olarak kabul edilmektedir. Bu illerin Öğrenci Seçme Sınavı'nda (ÖSS) lisans programlarına öğrenci yerleştirme durumunun veya ÖSS puanı ortalamalarının ise ilin eğitimdeki (başarısı)

⁸ Segregation index.

çıktısı olarak değerlendirildiğinde bu illerin eğitimdeki kaynakları ne kadar verimli kullandığı değerlendirilmektedir.

Baker ve diğerleri (2002) TIMMS verisini kullanarak 35 ülke için matematik ve fen bilimlerinde öğrenci başarısında öğrencinin sosyo-ekonomik koşullarının ve bulunduğu okulun kalitesinin hangi derecede etkili olduğunu analiz etmişler ve sonuçları 20 yıl önce yapılan benzer bir çalışma ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışma neticesinde başta Tayland, İsveç, İsrail, Hollanda, Kanada ve Singapur gibi ülkelerde okulun kalitesinden kaynaklanan eşitsizliklerin daha fazla olduğu bununla beraber Kore, Letonya, Portekiz, İspanya ve Fransa gibi ülkelerde ise öğrencinin sosyo-ekonomik koşullarından kaynaklanan eşitsizliklerin fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer yandan ülkelerin kişi başına düşen milli gelir düzeyi ile ölçülen gelişmişlik düzeyi ve eşitsizliğin kaynağı arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Jenkis ve diğerleri (2008) PISA 2003 ve 2006 verileri ile yaptıkları çalışmada 27 ülkede ortaöğretim düzeyindeki eşitsizliklere neden olduğu kabul edilen sosyal ayrışma endeksini, “*dissimilarity index*” ve “*square root index*” metotları ile hesaplamışlardır. Özellikle, Avusturya, Belçika, Almanya ve Macaristan’da sosyal ayrışma endeksinin yüksek olduğu bununla beraber Danimarka, İskoçya, İsveç, Norveç ve Finlandiya’da bu endeksin düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ABD ve İngiltere’de ise endeksin orta düzeyde olduğu saptanmıştır. Söz konusu ayrışma düzeyinin ne ölçüde özel ve devlet okulları tarafından açıklandığı da ölçülmüştür. Ülkelerin ortaöğretim düzeyindeki mesleki ve genel eğitim ayrımı, okul seçimi ve akademik seleksiyon yönündeki politikaların temel olarak bu sosyal ayrışma düzeyini belirlediği görülmüştür.

Dünya Ekonomik Forumu tarafından ülkelerin rekabet düzeyini ölçmeye dayalı Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu hazırlanmaktadır. 2009–2010 raporunda, temel gereklilikler, etkinlik ve yenilikçilik olmak üzere üç ana başlık altında, 12 alt başlık ve 110 değişken kullanılarak ülkelerin rekabet edebilirlik dereceleri hesaplanmıştır. Farklı ülkelerin rekabet edebilirliğinin aynı faktörlere bağlı olmadığı varsayımı altında ülkeler kişi başı gelirlerine göre sınıflandırılarak her grup için farklı değişken katsayıları belirlenmiştir. Raporda hesaplanan Küresel Rekabet Edebilirlik Endeksi (*The Global Competitiveness Index-GCI*) kapsamında 134 ülke 12 farklı alanda sıralanmıştır. Bu alanlardan biri olan

“sağlık ve temel eğitim” alanı endeksi, kapsayıcı olmamakla beraber eğitimde kalite ve eşitlik açısından ülkeler için bir gösterge olarak kullanılmaktadır.

Wössmann (2004) uluslararası öğrenci başarı değerlendirme çalışmalarından biri olan TIMMS verisi ile yaptığı çalışmada, ülkelerin eğitim sistemlerinde sağlamış oldukları kalite düzeyi ile fırsat eşitliği düzeyi arasında negatif veya pozitif bir ilişki olmadığını ortaya koymuştur. Schütz ve diğerleri (2005) tarafından OECD ülkelerinde yapılan bir araştırmada, daha eşitlikçi eğitim sistemlerinde öğrencilerin ortalama başarısının daha düşük olduğu yönünde bir bulguya ulaşılmamıştır.

Mevcut yapılan karşılaştırmalarda ülkelerin belirli göstergeler açısından göstermiş oldukları performans o ülkelerin ortalama değerlerini yansıtmaktadır. Diğer yandan bazı ülkelerde ülke içinde önemli farklılaşmalarda olabilmektedir. Dolayısıyla ülkelerin sadece sahip oldukları ortalama değerler ile mutlak olarak sıralanması veya gruplanması eksik bir yaklaşımdır. Ayrıca bu alanda yapılan çalışmaların bazıları sadece verimlilik perspektifini kullanırken bazıları ise sadece eşitlik perspektifini kullanmıştır. Ülkelerin eğitimdeki kalitenin farklı perspektiflerindeki başarısı farklı olabilmektedir. Tüm perspektiflerin dikkate alınması ile ancak eğitimin kalite boyutunun ölçülmesi mümkün olabilir.

1.6. EĞİTİM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI SORUNSALININ ÇOK KRİTERLİ VE STOKASTİK YAPISI

Karar verme süreçleri hem kamuda hem de özel sektörde daha karmaşık bir yapıya doğru gitmektedir. Bunda en önemli nedenler; karar verilecek ortamlarda rekabetle beraber kriter sayısının ve bunlara ilişkin belirsizliğin artması, kriterler arasındaki çatışmanın derinleşmesi ve karar vericilerin hızla değişen şartlara uyum sağlamak için karar verme sürecinde tercih değiştirme istekleri olarak sıralanabilir.

Kamusal karar verme süreçlerinde görev alan karar vericiler genel olarak tercihlerini açıkça ifade etmelerinin gerek olmadığı yöntemleri tercih etmektedirler. Bunun yerine potansiyel eylemlerin ve bunların sonuçlarının uygun bir şekilde tanımlanması ile

beraber son kararın kendileri tarafından verileceği bir yöntem tercih ederler (Lahdelma ve diğerleri, 1998).

Çoğu zaman alternatiflerin seçimi sürecinde “çevresel etki değerlendirmesi” önemli bir rol oynar. Alternatiflerin insan sağlığı, yaşam koşulları, çevre, binalar, doğal çeşitlilik vb. üzerindeki etkileri, alternatiflerin seçiminde kriter olarak değerlendirilir. Bu kapsamda yapılacak bir planlama ve son kararın verilmesi ile uygulamaya geçiş arasında uzun bir süre geçebilir. Bu süre içinde yeni bilgilerin elde edilmesi ile birlikte karar vericilerin tercihleri de değişebilir. Bu nedenle karar vericiler tercih bilgilerini belirtmek yerine hangi tercihlerin kendilerini hangi alternatifte götüreceğini bilmeyi seçerler (Hokkanen ve diğerleri, 1998).

Çok kriterli karar yöntemleri, genel itibarıyla farklı kriterlerin görece önemini tanımlamak için ağırlıklar kullanılmaktadır. Bu ağırlıkların belirlenmesinde ise farklı yöntemler uygulanabilmektedir. Ancak bu yöntemler aynı problemler için farklı ağırlık değerleri üretebilmektedir. Diğer yandan birden çok karar vericinin dahil olduğu bir problemde, kesin ağırlık değerleri üzerinde bir uzlaşma sağlanması zordur. Bazen aralık verilerek kısmi ağırlık bilgisi bazen de kriterlerin öncelikli olarak sıralanması şeklinde ağırlıklar hakkında bilgi edinilebilir. Çoğu zaman ise karar vericiler ağırlık bilgisini hiçbir şekilde açıklamazlar. Lahdelma ve Salminen (2000) bu durumu; probleme yönelik zaman baskısı, problemin zorluğu nedeniyle ağırlık belirleyememe, belirli ağırlıklar ile kısıtlı kalmama isteği ve ağırlık tercihinin zaman içinde değişebilirliği olmak üzere farklı nedenlere dayandırmaktadırlar.

Karar verme süreçlerinde kriterlere ilişkin karar vericilerin tercih politikası gibi kriter ölçümleri de belirsizlik gösterebilir. Gerçek yaşamda karar süreçlerinde kullanılan verilerin stokastik olması çok olası bir durumdur. Lahdelma ve diğerleri (1998) genel bir belediye planı yapılması konusunda alternatiflerin farklı çevresel etkilerinin olabileceği ve bu etkilerin ise kesin değerler yerine belirli bir aralık ile incelenmesini önermektedir. İleriye yönelik olarak yapılan bir takım hesaplamalar için belirli hata paylarının düşünülmesi gerekmektedir.

Hokkanen ve diğeri (2000) Helsinki’de bir arazinin yerleşim yeri olarak imar planına dahil edilmesi için kirlenmiş toprağın temizlenmesi kapsamında farklı alternatifleri değerlendirmektedirler. Ancak bu alternatiflerin değerlendirmesine imkân verecek kriter (maliyet, çevresel etkiler vb.) ölçümleri üzerinde karar vericiler bir mutabakat sağlayamadıkları için ortalama değer alınıp tüm kriterler için bir hata payı ile analiz yapılmıştır.

Ülkelerin eğitim sistemlerinin karşılaştırması sorunsalı da doğası gereği çok kriterli ve stokastik bir yapı arz etmektedir. Önceki bölümlerde de değinildiği üzere bu alanın hem teorik hem de pratik çalışmaları bunu doğrulamaktadır. Her ülke eğitime önemli kaynaklar ayırmaktadır. Bu kaynakların en kaliteli şekilde çıktılara dönüştürülmesi hem bu kaynakların etkinliğinin artmasını hem de orta ve uzun vadede ülkenin beşeri sermaye niteliğinin gelişmesini sağlayacaktır. Bu kapsamda ülkelerin eğitim kalitesini tek bir kriterle değerlendirmek mümkün değildir. Eğitim sistemindeki öğrencilerin temel kazanımları edinebilmesi, hem toplumsal cinsiyetin hem de sosyo-ekonomik koşulların eğitim başarısı üzerindeki etkisinin azaltılması vb. başta gelen performans kriterleri olarak değerlendirilebilir. Ülkelerin farklı eğitim politikaları bu amaçlardan bir veya birkaçını öne çıkarabilir nitelikte olabilir. Diğer yandan kaynakların kısıtlı olması veya bu kaynakların verimli bir şekilde kullanılmaması durumunda bu amaçlardan bazılarında taviz verilerek diğer amaçlara odaklanılması gündeme gelebilir. Dolayısıyla bir veya birkaç performans kriteri açısından başarılı olan ülkeler diğer kriterlerde aynı başarıyı gösteremeyebilirler. Bu nedenle eğitim sisteminin performansını değerlendirilmesine imkan verecek tüm kriterlerin sürece dahil edilmesi gerekmektedir.

Eğitim sistemlerinin karşılaştırılmasında öne çıkan bir diğer husus ise kullanılacak verinin çoğu zaman stokastik bir yapıda olmasıdır. Ülke içindeki gerek bölgesel farklılıkların gerekse sosyo-ekonomik farklılıkların boyutu bu göstergelerdeki belirsizliği artıran bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ülke içindeki varyasyonun derecesi deterministik bir sıralama veya sınıflandırma yapılmasına imkân vermemektedir.

Sosyal bilimlerde alternatiflerin değerlendirilmesi konusunda seçilecek kriterlerin görece önem düzeylerinin belirlenmesi de çok kolay bir iş değildir. Bu konuda esas değerlendirmeyi yapacak politika yapıcılar kriterlerin ağırlıklarını önceden belirlemek istemeyebilirler. Bunun yerine kriterlere ilişkin farklı ağırlıkların kendilerini hangi alternatifte götüreceklerini bilmek isteyebilirler.

Sonuç olarak eğitim sistemlerinin karşılaştırılması kapsamında kullanılacak kriterlerin hem çok boyutlu olması hem de kesinliğinin tam olmaması nedeniyle bu yapıya uygun bir karşılaştırma yönteminin seçilmesi önemlidir.

2. METODOLOJİ

2.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİ

2.1.1. Tanım

Roy (2005, s. 5) karar desteğini, tamamıyla formal olmasına gerek bulunmayan ancak açıkça belirlenmiş modeller yardımıyla bir karar sürecinde yer alan paydaşın sorularına yönelik cevaplar için bilgi elde etmesine yardım etmek olarak tanımlamaktadır. Bu bilgiler bir kararı açıklığa kavuşturma veya çoğunlukla sürecin gelişimi ile paydaşın amaçları ve değer sistemi arasındaki uyumu artıracak bir davranışı tavsiye etme yönünde olmaktadır.

Karar desteği tek bir karar vericiye sağlansa dahi onun tek bir kriteri olması çok nadir olan bir durumdur. Diğer yandan karar verme sürecinde birden fazla aktör yer alıyor ise herkes tarafından kabul edilebilecek en öncelikli ve iyi tanımlanmış bir kriterin olması daha da zordur. Bu nedenle karar verme sürecinin gerçek hayatta çok kriterli bir yapı arz etmesi kaçınılmazdır.

Kılıç (2005, s. 340) çok kriterli karar analizi yaklaşımının, genellikle Amerikalı araştırmacılar tarafından çok kriterli karar alma (Multicriteria Decision Making-MCDM), Avrupalı araştırmacılar tarafından ise çok kriterli karar verme desteği (Multicriteria Decision Aid-MCDA) olarak adlandırıldığını belirtmekte ve bu yaklaşımın birden fazla kriter dikkate alınarak bir örnek kümesi içinde objektif bir sınıflandırma gerçekleştirmeyi amaçladığına değinmektedir.

Zopounidis ve Doumpos'a (2002, s. 167) göre yöneylem alanında, Çok Kriterli Karar Desteği⁹ (ÇKKD) son otuz yılda önemli bir disiplin olarak gelişmiştir. ÇKKD'nin gelişimi gerçek hayatta karar vermede tek bir amacın, kriterin veya bakış açısının nadiren kullanıldığı yönündeki basit bulguya dayanmaktadır. ÇKKD alanı çok sayıda çelişen karar faktörünün (amaçlar, kriterler, hedefler vb.) eş zamanlı olarak dikkate

⁹Multi-criteria Decision Aid (MCDA)

alındığı durumlarda karar vericilere destek ve yardım sağlamak için kullanılabilir uygun metodolojilerin geliştirilmesini amaçlamaktadır.

Zimmerman (2001, s. 352) Çok Kriterli Karar Verme¹⁰ (ÇKKV) problemlerini; Çok Nitelikli Karar Verme¹¹ (ÇNKV) ve Çok Amaçlı Karar Verme¹² (ÇAKV) olarak sınıflandırmaktadır. Çok nitelikli karar verme yöntemleri belirlenen kesin alternatifler içinden bir alternatifin seçilmesi için kullanılırken, çok amaçlı karar verme yöntemleri matematiksel kısıtlar yardımıyla tanımlanan sınırsız sayıdaki alternatifleri içeren amaç problemleri için kullanılır. ÇNKV problemleri önceden belirlenen sayıda alternatifte sahiptir ve bu alternatiflerin her birine ilişkin ulaşılacak başarı düzeyleri belirlenmektedir. ÇNKV problemlerinde kararlar, her bir alternatif için var olan niteliklerin karşılaştırılması yolu ile verilmektedir. Öte yandan ÇAKV problemlerinde ise, alternatiflerin sayısı önceden belirlenmemektedir ve modelin amacı “en iyi” alternatifi belirlemektir. Kantitatif karar verme tekniklerinde optimal çözümü verecek olan alternatiflerin sayısına önceden karar verilememektedir. Bu nedenle işletme sorunlarının çözümünde kullanılacak olan optimizasyon tekniğinin ÇAKV yöntemleri arasından seçilmesi gerekmektedir.

Tablo 2.1: ÇNKV ve ÇAKV Yöntemlerinin Karşılaştırılması

	ÇNKV	ÇAKV
Kriterler	Nitelikler	Amaçlar
Amaç	Net değil	Net
Bileşenler	Belirgin	Belirsiz
Kısıtlar	Çözümü etkin değil	Etkin
Alternatif Tanımlaması	Belirgin	Belirsiz
Alternatif sayısı	Sınırlı	Sınırsız
Karar verici denetimi	Sınırlı	Önemli
Karar modeli paradigması	Sonuca odaklı	Sürece odaklı
Kullanım amacı	Tasarım/Araştırma	Değerlendirme/Seçim

Kaynak: Hwang ve Yoon (1981, s. 4)

¹⁰ Multicriteria Decision Making

¹¹ Multiattribute Decision Making

¹² Multiobjective Decision Making

Roy (1985) karar verme problemlerinin genel modelleme metodolojisini dört aşamada sıralamaktadır. Bu aşamalar alternatif setinin belirlenmesi ile başlayıp karar desteğinin sağlanması ile sonlanmaktadır. Bu dört aşama şu şekilde tanımlanmaktadır:

Birinci Aşama: Kararın amacının, karar verilecek alternatiflerin ve problem tanımının belirlenmesi.

İkinci Aşama: Tutarlı kriter setinin belirlenmesi. Kriterlerin yeterli sayıda olduğu ve azalan değer fonksiyonlarına sahip olmadığı varsayılmaktadır.

Üçüncü Aşama: Kriterlere ilişkin marjinal tercihlerin birleştirilmesi amacıyla genel tercih modelinin geliştirilmesi.

Dördüncü Aşama: Birinci aşamadaki problem tanımına ve üçüncü aşamadaki sonuçlara dayalı olarak karar yardımı veya desteğinin sağlanması.

2.1.2. ÇKKD’de Temel Kavramlar

2.1.2.1. Alternatifler veya Potansiyel Eylemler

Karar verme problemlerinde ilk aşamada alternatif setinin belirlenmesi gerekmektedir. Bir eylem karar desteği sürecinde değerlendirilmeyi hak ediyor veya uygulama imkânı görülüyorsa potansiyel olarak nitelendirilmektedir. Roy’a (2005) göre alternatif kavramı modellemede iki muhtemel eylemin birlikte uygulanamayacağı şekilde tasarlanan modeldeki belirli duruma işaret etmektedir. Bu birbirini dışlama durumu kararın amacından kaynaklanabileceği gibi karar vericinin isteği doğrultusunda da olabilir. Birçok yazar zımni olarak potansiyel eylemlerin tanımı gereği birbirini dışladığını varsaymaktadırlar. Bununla beraber böyle bir hipotez her zaman zorunlu değildir. Gerçek dünyadaki birçok karar verme ortamında birkaç muhtemel eylemin birlikte uygulanmasına izin veren modellerin tasarlanması daha uygundur.

Roy (2005) tüm durumlar için A ’yı karar destek sürecinin belirli bir aşamasında muhtemel eylemler kümesi olarak tanımlamakta ve bu kümenin durağan olmasının şart

olmadığını belirtmektedir. Karar destek süresince gelişim gösterebilir. Böylesine bir gelişim çalışmanın ilgili olduğu çevreden kaynaklanabileceği gibi bizzat çalışmanın kendisinden de kaynaklanabilir. Çalışma problemin birtakım açılara ışık tutabilir. Dolayısıyla verinin revize edilmesine ve muhtemel olarak neyin olanaklı neyin olanaksız olacağını belirleyen sınırların değiştirilmesine ihtiyaç duyulabilir.

Zopounidis ve Doumpos'a (2002, s. 167) göre alternatif seti sürekli veya ayrışık olmak üzere iki farklı şekilde olabilir. Ayrışık durumda A açık bir şekilde tanımlanabilen ve sınırlı sayıda ($|A|=m$) olan alternatif setini içermektedir:

$$A = \{a_1, a_2 \dots a_m\}$$

Alternatifler bazı değişkenlere referans verilerek modellendiğinde şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$a = (x_1, x_2, \dots)$$

Bu durumda A neyin olanaklı ve neyin olanaksız olduğu sınırını belirleyen analitik kısıtlar kümesi ile tanımlanmaktadır. Çok amaçlı matematiksel programlama bu türdeki modellerin önemli bir türünü oluşturmaktadır. Alternatiflerin sürekli olduğu durumda, A 'nın sonsuz sayıda alternatifi (veya çok büyük sayıda olduğundan numaralandırmanın çok zor olması) içerdiği varsayılmaktadır. Kaynak dağıtım problemleri bu durumun tipik bir örneğidir. Örneğin, n sayıda hisse senedinden bir portföy oluşturulması sürecinde, oluşturulabilecek tüm portföylerin sayısının belirlenmesi imkansızdır. Ancak, karar verici tarafından belirlenen yatırım kısıtlarının karşılandığı portföyleri içeren etkin seti tanımlamak mümkündür.

Roy (2005, s. 8) diğer bir modelleme türünde ise her değişkenin x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) değerinin, alternatiflerin belirli açılardan veya kriterlerden değerlendirilmesi için oluşturulmuş uygun bir X_i ölçeğinde muhtemel bir skoru gösterdiğine değinmektedir. Böylesi durumlarda A , $X = \prod_{i=1}^n X_i$ Kartezyen çarpımının bir alt kümesi olarak

görülebilir. Bu tür modelleme çok nitelikli fayda teorisinde¹³ (MAUT) yaygın olarak kullanılmaktadır. Yine Roy'a (2005, s. 8) göre burada dikkat edilmesi gereken husus her potansiyel eylemin n kriter ile değerlendirilerek belirlendiğinde kendi kimliğini kaybetmesidir. Özellikle iki alternatif x_i, \dots, x_n olmak üzere aynı değerlendirmelere sahip ise bunların ayırt edilebilirliğinden artık bahsedilemez.

2.1.2.2.Kriterler

Roy (2005, s. 9) alternatif setinin ayrışık veya sürekli olmasından bağımsız olarak çok kriterli bir ortamda karar vermede ilgili karar faktörlerinin uygun bir şekilde birleştirilmesi gerektiğine değinmektedir. “*Değerlendirme kriterleri*” veya basitçe “*kriter*” olarak ifade edilen bu faktörler $\mathbf{g} = g_1, g_2 \dots g_n$ olarak tanımlanmaktadır. g_i kriteri alternatiflerin genel tercih yapısının tanımlandığı gerçek değerli ve azalmayan bir fonksiyondur. Ayrıca alternatiflerin birbiriyle nasıl karşılaştırılabileceğini tanımlamaktadır. g_{ij}, \mathbf{a}_j alternatifinin g_i kriteri üzerindeki performansını gösterdiğinde:

$$g_{ij} > g_{ki} \Leftrightarrow \mathbf{a}_j > \mathbf{a}_k \text{ (} \mathbf{a}_j, \mathbf{a}_k \text{ ya tercih edilmektedir)}$$

$$g_{ij} = g_{ki} \Leftrightarrow \mathbf{a}_j \sim \mathbf{a}_k \text{ (} \mathbf{a}_j, \mathbf{a}_k \text{ ya göre farksızdır)}$$

2.1.2.3.ÇKKD Sorunsal Türleri

ÇKKD’de sorunsal kelimesi karar desteğinin ne için verileceğine ve aşağıda yer alan birkaç sorunun daha uygun bir şekilde cevaplanmasına ışık tutmaktadır. Bu sorular şu şekilde sıralanabilir. Probleme hangi açıdan yaklaşılması gerekir? Hangi sonuçları elde etmeye çalışmalıyız? Analist bu sonuçlara ulaşmada uygulayacağı sürece nasıl uyum sağlayacak? Araştırmasını yönlendirirken hangi türdeki prosedür uygun olacaktır? Roy (2005) ÇKKD kapsamında analiz edilen “sorunsalın” farklı şekillerde olabileceğini belirtmektedir. Bunlar *seçim, sıralama, gruptama ve tanım* sorunsalları olmak üzere dört grupta toplanmaktadır:

¹³ Multiattribute Utility Theory

- **Seçim sorunsalı ($P. \alpha$)**

Bu karar sorunsalında yardım, mümkün olduğu kadar küçük sayıda iyi alternatifin belirlenmesini sağlayarak sonrasında tek bir alternatifin seçilebilmesine imkân vermesine dayanmaktadır. Bu, mutlaka optimum olarak değerlendirilen tüm alternatiflerin veya tek bir alternatifin belirlenmesi süreci anlamına gelmemektedir. Seçim süreci çok sayıdaki alternatifin elenmesini sağlamak için alternatifler arasındaki karşılaştırmalara dayanabilir. Alternatifler arasından ilk seçim niteliğindeki başarılı alternatiflerin oluşturduğu alt kümede yer alan alternatifler arasında herhangi bir karşılaştırma yapılması mümkün olmamaktadır.

- **Gruplama sorunsalı ($P. \beta$)**

Burada yardım her alternatifin önceden belirlenmiş kategoriler arasında en uygun olana atanmasını kapsamaktadır. Bu sorunsal farklı türdeki davranışların ve yargıların gruplanmasının uygun olduğu alternatifler için uygulanmaktadır. Örneğin dört farklı kategori belirlenerek uygulanma konusunda bu alternatiflerin ne kadar hazır olduğu belirlenebilir. Bu kategoriler *i*) tamamen hazır, *ii*) ancak küçük değişikliklerle önerilebilir, *iii*) büyük değişikliklerle önerilebilir ve *iv*) önerilemez olarak sınıflandırılır. Burada kategoriler arasında da bir üstünlük ilişkisi bulunmaktadır.

- **Sıralama sorunsalı ($P. \gamma$)**

Alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılması için bu alternatiflerin tam veya kısmi olarak sıralanması gerekebilir. Bu durumda farklı olarak belirlenen alternatifler farklı sıralara yerleştirilmektedir. Alternatiflerin bazılarının karşılaştırılmaması da mümkün olabilir.

- **Tanım sorunsalı ($P. \delta$)**

Karar verici her zaman bir seçim yapma problemiyle karşı karşıya kalmayabilir. Bazı durumlarda karar verici potansiyel alternatiflerde uygun bir kümenin belirlenmesi, uygun bir kriter kümesinin oluşturulması, alternatiflerin bazıları veya hepsi için performans, eşik ve ağırlık bilgisinin belirlenmesi için analiz yapabilir. Bu kapsamda herhangi bir öneri geliştirmeden sadece tanımlayıcı bilgi tasarlanmaktadır.

2.1.3. Çok Kriterli Birleştirme Yöntemleri

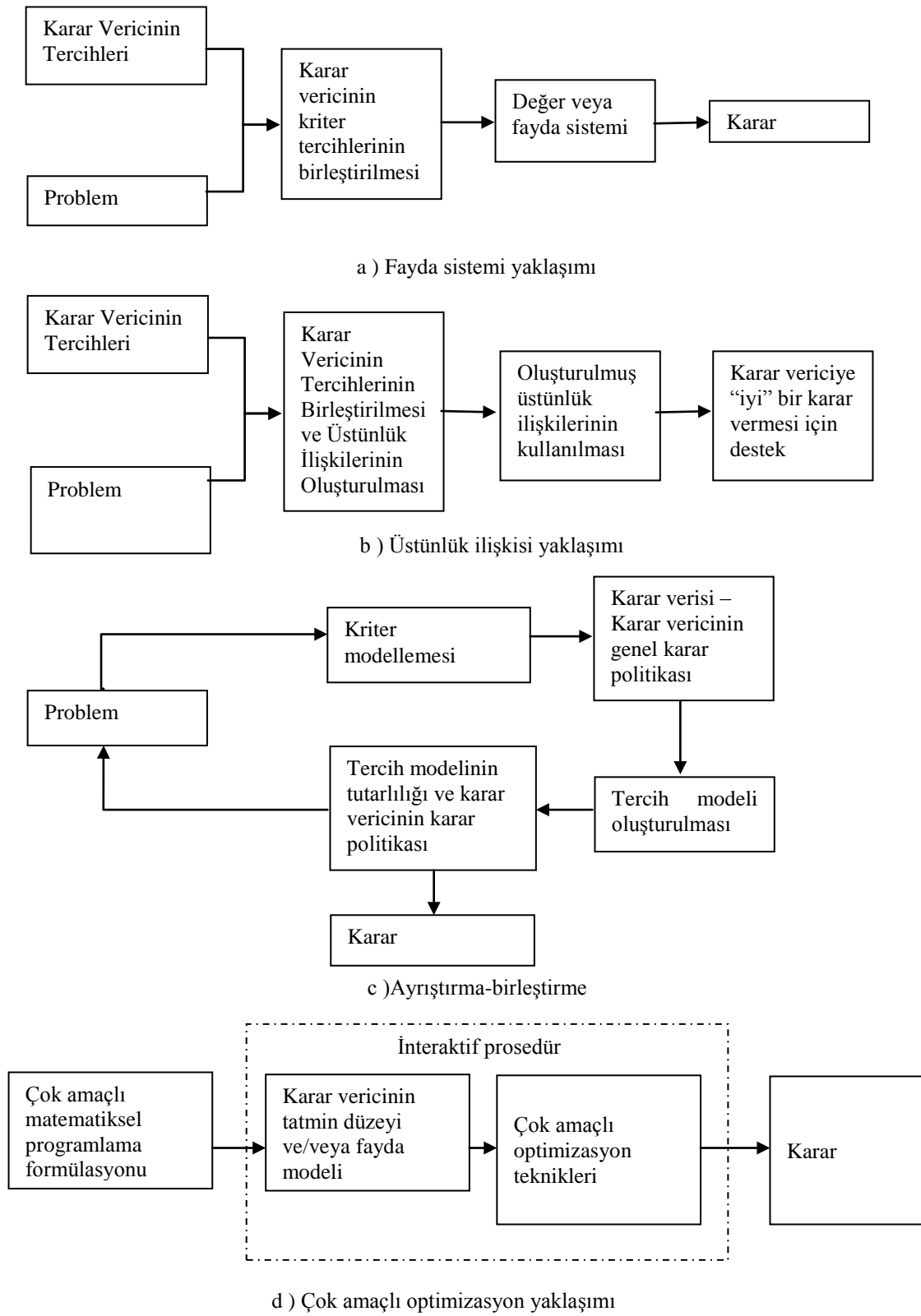
Karar verme süreçlerinin çok kriterli olduğu durumlarda bu kriterlerin hepsinin toplu olarak nasıl dikkate alınabileceği sorusu gündeme gelmektedir. Bu kapsamda ÇKKD’de çok kriterli birleştirme yöntemleri bu soruya cevap vermektedir. Siskos ve diğerleri (2005, s. 300) geleneksel birleştirme paradigmasında, genel tercih bilinmediğinde kriterlerin birleştirilmesinin önemli olduğuna değinmektedirler. Kriterlerin birleştirilmesi ile genel tercih belirlenmektedir. Diğer yandan genel tercih bilindiğinde ise tersi bir yaklaşımla ayrıştırma söz konusu olmaktadır. Birleştirme-ayrıştırma karar vericinin davranışını ve bilişsel tarzını analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşımın amacı karar vericiye karar durumu hakkındaki bilgisini ve tutarlı bir karar vermesini sağlayacak karar politikasını geliştirmeyi amaçlamaktadır. Problemin bileşenleri ve karar vericinin genel tercih politikası analiz edilip daha sonra bir değer sistemine birleştirildiğinde özel interaktif yöntemler kullanılır (Bkz. Şekil 2.1). ÇKKD alanında üç temel birleştirme modeli öne çıkmaktadır (Zopounidis ve Doumpos, 2002, s. 169). Bunlar üstünlük ilişkileri (ilişkisel form), fayda fonksiyonları (fonksiyonel form) ve karar kuralları (sembolik form) olarak sıralanmaktadır.

Bir birleştirme modelinin oluşturulması alternatiflerin ayrışık olduğu durumda söz konusu olmaktadır. Böyle bir durumda alternatifler açıkça belirlenebilir ve sonuç olarak her kriter açısından performans değerleri kolayca ölçülebilmektedir. Alternatiflerin sürekli olması durumunda bu süreç olanaklı değildir. Çünkü analiz kapsamındaki tüm alternatifler belirlenemez. Bu durumda çözüm uzayının etkin olarak aranmasına izin verilmesi için ÇKKD’de özel interaktif teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler çok amaçlı matematiksel programlama çerçevesinde yer almaktadır. Tüm bu durumlarda kriterlerin birleştirilmesi karar vericinin tercih politikası yansıtılacak şekilde yapılmaktadır. Bu yapılırken karar vericinin tercih sistemi hakkında bilgi toplanması gerekmektedir. Bu bilgi ise kriterlerin ağırlıkları, ağırlıklar arasındaki kıyaslar vb. olarak tanımlanmaktadır. Gerekli olan tercihsel bilgi doğrudan karar analistinin bu bilgiyi karar vericiden alması ile belirlenebileceği gibi dolaylı olarak da tercihler belirlenebilir. Dolaylı prosedürde analist karar vericinin daha önce karşılaştığı karar durumlarının örneklerini talep eder ve karar vericinin genel tercih değerlendirmeleri ile

en uyumlu gerekli karar parametrelerini tanımlar. Dolaylı olarak sürdürülen bu yaklaşım ÇKKD alanında tercih ayrıştırma analizi¹⁴ (PDA) olarak da bilinmektedir.

¹⁴ Preference disaggregation analysis (PDA)

Şekil 2.1: Karar Analizinde Çok Kriterli Birleştirme Yöntemleri



Kaynak: Siskos ve diğerleri (2005, s. 301)

2.1.3.1.Üstünlük İlişkileri

Üstünlük ilişkisi teorisinin temelleri Bernard Roy (Roy, 1968) tarafından, 1960'lı yıllarda ELECTRE (**EL**imination **Et** **Choix** **T**raduisant la **RE**alité/**EL**imination and **C**hoice **E**xpressing the **RE**ality) yöntemleri ailesinin geliştirilmesi sürecinde atılmıştır. Daha sonrasında özellikle Avrupa'da olmak üzere ÇKKD araştırmacıları tarafından yaygın olarak kullanılmıştır.

Zopounidis ve Doumpos (2002, s. 169) üstünlük ilişkisini, karar vericinin a_j alternatifinin a_k alternatifi üzerindeki üstünlük karakteristiğinin gücünü değerlendirmesine izin veren ikili bir ilişki olarak tanımlamaktadır. Bu güç a_j 'nin en az a_k kadar iyi olduğuna ilişkin yeterince argüman olduğu (kriterlerin koalisyonu) ve bunu reddedecek ciddi bir bulgu olmadığı durumlarda artmaktadır. Üstünlük ilişkisi teknikleri iki aşamada işlemektedir. İlk aşamada alternatifler arasındaki üstünlük ilişkisi geliştirilmektedir. İkinci aşamada ise geliştirilen üstünlük ilişkilerinden faydalanılması ile alternatiflerin en iyilerinin seçilmesi, sıralanması ve gruplanması sağlanmaktadır. En yaygın olarak kullanılan üstünlük yaklaşımı yöntemleri ELECTRE ve *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) yöntemleridir.

2.1.3.2.Fayda Fonksiyonu Temelli Yaklaşımlar

Çok nitelikli fayda teorisi (MAUT) Keeney ve Raiffa (1993) tarafından geleneksel fayda teorisinin çok boyutlu durumlar için geliştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Zopounidis ve Doumpos (2002, s. 169) ÇKKD alanının ilk dönemlerinde dahi MAUT yaklaşımının ÇKKD'nin gelişmesinde ve uygulamalarında çok önemli bir rol oynadığına ve MAUT'un amacının karar vericinin tercih sistemini modelleyerek, U fayda/değer fonksiyonuna yansıtılmaya değinmektedirler. Fayda fonksiyonu kriter uzayında tanımlanan doğrusal olmayan bir fonksiyondur:

$$U(a_j) > U(a_k) \Leftrightarrow a_j > a_k \quad (a_j, a_k \text{ ya tercih edilmektedir.})$$

$$U(a_j) = U(a_k) \Leftrightarrow a_j \sim a_k \quad (a_j, a_k \text{ ya göre farksızdır.})$$

En yaygın olarak kullanılan fayda fonksiyonu toplamsal olandır:

$$U(a_j) = p_1 u_1(g_{j1}) + \dots + p_n u_n(g_{jn})$$

u_1, u_2, \dots, u_n değerlendirme kriterine denk düşen marjinal fayda fonksiyonlarıdır. Her $u(g_i)$ marjinal fayda fonksiyonu her bireysel kriter g_i için alternatiflerin faydasını/değerini tanımlamaktadır. p_1, p_2, \dots, p_n karar vericinin kriterler arasındaki kıyaslarını gösteren sabitlerdir. Bu sabitler sıklıkla kriterlerin ağırlıklarını temsil etmektedirler ve toplamları 1'e eşittir (Zopounidis ve Doumpos, 2002, s. 169).

Genel olarak toplamsal bir fayda fonksiyonu geliştirme süreci karar verici ve analist arasındaki işbirliğine dayanmaktadır. Bu süreç kriterlerin kıyaslanmasını ve marjinal fayda fonksiyonlarının şeklinin belirlenmesini kapsamaktadır. Bu parametrelerin belirlenmesi interaktif prosedürler ile yapılmaktadır. Keeney ve Raiffa (1993) tarafından önerilen orta-nokta değeri tekniği bunlardan birisidir. Böylesine interaktif yöntemlerin gerçekleştirilmesi Bana e Costa (1994) tarafından geliştirilen MACBETH gibi çok kriterli karar destek sistemleri ile kolaylaştırılmaktadır.

Ancak bu türdeki interaktif yöntemlerin uygulaması pratikte kullanışsız olabilir. Çünkü bu prosedür hem zaman almakta hem de karar vericilerin bu bilgiyi vermekte istekli olmalarına ve analistlerin de bu bilgiyi derleme de yetenekli olmalarına bağlıdır. ÇKKD'nin "tercih ayrıştırma yaklaşımı" PDA bu problemin üstesinden gelmek için kullanılabilir. MAUT'la benzer olarak PDA da karar vericinin tercihlerini modellemek için ortak fayda ayrışma formları kullanmaktadır. Ancak genel fayda modelini tahmin etmek için doğrudan bir prosedür kullanmak yerine PDA regresyon temelli (dolaylı tahmin prosedürü) teknikler kullanmaktadır. PDA'da fayda ayrışma modelinin parametreleri karar vericinin birtakım referans alternatifler üzerindeki genel tercih analizi ile tahmin edilmektedir. Bu referans alternatifler önceki kararların alternatifleri veya mevcut alternatiflerin daha az sayıdaki bir alt kümesi olabilmektedir. Karar vericiden bu alternatifleri kendi karar politikasına (genel tercihler) göre sınıflandırması veya sıralaması istenmektedir. Daha sonra regresyon temelli teknikler kullanılarak genel tercih modeli tahmin edilir. Bu kapsamda karar vericinin genel tercih modeli mümkün olduğu kadar tutarlı bir şekilde modelde yansıtılmaktadır. En yaygın olarak bilinen

fayda fonksiyonu yaklaşımı yöntemleri *Analytical Hierarchy Process (AHP)* ve *Utilities Additives Discriminantes (UTADIS)* yöntemleridir.

2.1.3.3. Karar Kuralı Modelleri

Pawlak (1982) nitelikler arasındaki bağımlılıkları tanımlamak, niteliklerin anlamlılığını değerlendirmek ve tutarsız veriyi kullanabilmek için taslak küme teorisini geliştirmiştir. Genel olarak taslak küme yaklaşımı gruplama ve sınıflandırma çalışmalarında oldukça faydalı bir araçtır. Bunu yaparken bir alternatif kümesinin önceden tanımlanmış gruplara atanmasını dikkate almaktadır. Son olarak bu alanda gelişmelerle beraber seçim ve sıralama problemlerinde de uygulanabilmektedir (Greco ve diğerleri, 1997, 2001). Taslak küme felsefesi her alternatifle beraber bir bilginin ilişkilendirilmesine dayanmaktadır. Bu bilgi iki farklı türdeki niteliği kapsamaktadır. Bunlar koşul ve karar nitelikleridir. Koşul kriterleri alternatiflerin karakteristiklerini (ör. kriterler) tanımlamak için kullanılmaktadır. Bununla beraber karar nitelikleri alternatiflerin gruplara atanmasını tanımlamaktadır. Koşul açısından aynı tanımlara sahip alternatifler ayırt edilemez olarak kabul edilmektedir. Ayırt edilememe ilişkisi taslak küme teorisi yaklaşımının matematiksel temelini oluşturmaktadır. Ayırt edilemez alternatiflerin herhangi bir kümesi başlangıç kümesi olarak adlandırılır ve evren hakkındaki bilginin temel yapı taşını oluşturur. Birtakım başlangıç kümelerinin bir bileşimi olan alternatiflerin herhangi bir kümesi kesin olarak, aksi durumda ise kesin olmayan (taslak) olarak adlandırılır. Bir taslak kümesi bir çift kesin kümeyle kestirilebilir. Bu alt ve üst kestirim olarak adlandırılır. Alt kestirim kesin olarak kümeyle ait olan alternatifleri içerirken üst kestirim muhtemel olarak kümeyle ait olan alternatifleri içermektedir.

Bu kestirimler temelinde taslak küme teorisinin sağladığı ilk imkân, alternatiflerin sınıflandırılması veya tanımlanması için gerekli olan bilgiyi süzmezi ve diğer gereksiz bilgidan kurtulmaktır. Bu, tüm niteliklerin sağladığı kalite ile aynı düzeyde kaliteyi sağlayan alt kümelerin oluşturulması ile mümkün olmaktadır. Tüm niteliklerin bu alt kümeleri birden fazladır. Böyle bir durumda bu kümelerin kesişimi en ilişkili niteliklerdir ve bunlar elde edilen tanımdan (sınıflandırmadan) azaltılmadan bunların analizden çıkarılması mümkün olmamaktadır.

2.2. SMAA

2.2.1. SMAA'nın Kökenleri

Gerçek yaşamdaki karar verme problemlerinde karşılaşılan sorunların üstesinden gelmek için farklı yaklaşımları uygulayan Çok Kriterli Karar Yöntemleri bulunmaktadır. Bunların en eski ve en başarılı olanlarından biri fayda fonksiyonu temelli yaklaşımdır. Bu yaklaşımda alternatifler kriter değerleri üzerinde işleyen bir fonksiyon yardımıyla elde edilen fayda skorları temelinde değerlendirilmektedir. Fayda fonksiyonu temelli yaklaşım yoğun olarak araştırılmış ve çeşitli modellerde uygulanmıştır. Figueira ve diğerleri (2005) bu kapsamda yapılan çalışmaları önemli ölçüde derlemiştir.

Tervonen ve Figueira (2008, s. 2) fayda fonksiyonu yaklaşımına dayanan ÇKKD uygulamalarının önemli başarılar elde etmesine rağmen yaklaşımın önceki yöntemlerinde ihtiyaç duyulan kesin parametre değerlerinin tüm karar verme durumlarında yeterli bir varsayım olmadığına değinmektedirler. Bazı durumlarda karar vericiler tercih modellerini ortaya koymak istemedikleri için kesin parametre değerleri belirlenememiştir. Bazı diğer durumlarda ise alternatiflerin kriter ölçümleri için belirsiz veya tam olmayan değerleri bulunmaktaydı. Sonuç olarak bu yaklaşımın kullanılabilirliğini korumak için yeni gelişmelerin sağlanmasının gerekli görüldüğü anlaşılmıştır.

Fayda fonksiyonu temelli yaklaşımların zayıf yönlerinin üstesinden gelmek için alternatif bir yöntem (SMAA¹⁵) öne çıkmaktadır. Bu yöntemde parametre değerlerini sormak ve bunlara bir cevap beklemek yerine farklı durumların hangi sonuçlara götüreceği belirlenmektedir. Dolayısıyla ters bir yaklaşımdan bahsetmek mümkündür. Tervonen ve Figueira (2008, s. 2) SMAA yöntemini, karar vericileri tanımlayıcı ölçümlerle desteklemek için uygun parametre uzaylarında çok boyutlu integrallerin hesaplanması olarak tanımlamaktadırlar. Söz konusu yöntem, parametreleri mevcut belirsizlik ile kullanmaya izin verdiği için geleneksel yaklaşımlarda karşılaşılan çeşitli

¹⁵ Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis

sorunları da çözmektedir. Örneğin çoğunlukla farklı ağırlıklandırma teknikleri farklı değerler ürettiği için bu sürecin yönetilmesi çok kolay bir iş değildir. Bu bağlamda deterministik ağırlıklar belirlemek yerine ağırlıkların kısmi olarak belirtilmesi daha kolaydır.

SMAA yöntemi geliştirilmeden önce bu yönetime paralel olarak ters bir yaklaşım benimseyen ÇKKD yöntemleri bulunmaktaydı. SMAA'nın gelişmesine imkân sağlayan en önemli iki teknik Karşılaştırmalı Çok Boyutlu Üst Alan (Hacim) Kriteri ve Genel Uzlaşma Kriteri olarak sıralanmaktadır (Tervonen ve Figueira, 2008, s. 2).

2.2.1.1.Karşılaştırmalı Çok Boyutlu Üst Alan (Hacim) Kriteri

SMAA'nın ilk öncülü Charnetski (1973) ve Charnetski ve Soland (1978) tarafından geliştirilen *Karşılaştırmalı Çok Boyutlu Üst Alan Kriteri*'dir¹⁶. Bu yöntem her alternatif için o alternatifi en tercih edilir yapan çok boyutlu ağırlık uzayının hacmini hesaplamaya dayanmaktadır. Ağırlıklar için tercih bilgisi doğrusal kısıtlar yardımıyla tanımlanmaktadır. Ancak kriter ölçümleri deterministik olup toplamsal fayda yaklaşımı esas alınmaktadır. Rietveld ve Ouwersloot (1992) ordinal kriter ve ordinal tercih bilgisini içeren problemler için de benzer bir yaklaşım önermektedirler.

2.2.1.2.Genel Uzlaşma Kriteri

Bana e Costa (1986) tarafından sunulan *Genel Uzlaşma Kriteri*¹⁷ yaklaşımı SMAA metodolojisinin bir diğer öncülüdür. Bu yaklaşım ortak bir olasılık yoğunluk fonksiyonu tanımlamak için farklı karar vericilerin tercihleri arasındaki çatışma düzeyini hesaplamaktadır. Teorik olarak çok faydalı sonuçlar sağlamasına rağmen pratikte bu yöntem oldukça kısıtlıdır. Çünkü sadece üç kriterle uygulanabilmektedir.

¹⁶ Comparative Hypervolume Criterion

¹⁷ Overall Compromise Criterion

2.2.2. SMAA ve SMAA-2

Lahdelma ve diğerleri (1998, s. 138) SMAA analizi ile ilgili olarak temel matematiksel kavramları tanımlamışlardır. Bu çerçevede ayrık karar verme problemlerinde n tane kriter $\{g_1, \dots, g_j, \dots, g_n\}$ üzerinde m tane alternatif $\{x_1, \dots, x_i, \dots, x_m\}$ değerlendirildiğinde, x_i alternatifinin g_i alternatifi açısından değerlendirilmesi $g_i(x_i)$ olarak ifade edilmektedir. Bu model birden çok karar vericinin tercihlerini dikkate almaktadır. Her karar verici, w bireysel ağırlık vektörü ve gerçek bir değer alan $u(x_i, w)$ fayda fonksiyonu ile temsil edilen bir tercih yapısına sahiptir. En yaygın olarak kullanılan fayda fonksiyonu doğrusal olup şu şekilde gösterilmektedir:

$$u(x_i, w) = \sum_{j=1}^n w_j g_j(x_i)$$

$i \in \{1, \dots, m\}$ alternatif indeksi

$j \in \{1, \dots, n\}$ kriter indeksi

Ağırlıkların negatif olmadığı ve normalleştirildiği varsayıldığında olanaklı ağırlık uzayı aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$W = \left\{ w \in R^n : w \geq 0 \text{ ve } \sum_{j=1}^n w_j = 1 \right\}$$

SMAA yöntemleri kriter değerlerinin, ağırlıkların veya diğer model parametrelerinin kesin olarak bilinmediği durumlar için geliştirilmiştir. Belirsiz olan veya kesin olmayan kriter değerleri, $\chi \subseteq R^{m \times n}$ uzayında $f_\chi(\xi)$ yoğunluk fonksiyonu ile $g_i(x_i)$ deterministik değerlendirmelerine ilişkin ξ_i stokastik değişkenleriyle temsil edilmektedir. Benzer olarak karar vericilerin bilinmeyen veya kısmen bilinen tercihleri W uygun ağırlık uzayındaki $f_W(w)$ ortak yoğunluk fonksiyonu ile ifade edilmektedir. Ağırlıklara ilişkin tercih bilgisindeki toplam bilinmezlik, W üzerinde düzgün ağırlık dağılımı ile şu şekilde gösterilmektedir:

$$f_W(w) = 1 / \text{vol}(W)$$

Fayda fonksiyonunu esas alan yaklaşımlarda ağırlıklar ölçek faktörleri olarak tanımlanmaktadır. Ağırlıklar kısmi fayda fonksiyonlarının değerlerini yeniden ölçeklendirir. Bu da ölçeklendirilmiş fonksiyondaki toplam sapmanın, kriterin önemini göstermesine izin verir.

2.2.2.1.SMAA

SMAA'nın temel fikri stokastik parametre uzayları üzerinde çok boyutlu integraller kullanılarak hesaplanan tanımlayıcı ölçümlerle karar desteği sağlamaktır. Lahdelma ve diğerleri (1998) orijinal SMAA için üç ölçüm kavramını ortaya koymuşlardır. Bunlar *uygunluk endeksi*¹⁸, *merkezi ağırlık vektörü*¹⁹ ve *güven faktörü*²⁰ olarak sıralanmaktadır.

Bu amaçla $W_i(\xi)$ elverişli ağırlıklar kümesi şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$W_i(\xi) = \{w \in W : u(\xi_i, w) \geq u(\xi_k, w), \forall k = 1, \dots, m\}$$

$w \in W_i(\xi)$ ağırlık değerleri x_i 'nin toplam faydasını diğer alternatiflerin faydasından büyük veya eşit yapmaktadır.

SMAA'da yukarıda tanımlanan tanımlayıcı ölçümler çok boyutlu integrallerle sayısal teknikler kullanılarak hesaplanmaktadır. Diğer yandan bu hesaplamaların yapılması çok boyutlu analizlerde pratikte pek mümkün değildir. Bu nedenle sayısal tekniklerden biri olan Monte Carlo simülasyonu kullanılmaktadır. Simülasyon nedeniyle bir takım hatalar olabileceği gündeme gelse de simülasyondaki iterasyon sayısı çok fazla olduğu için hata payları dikkate alınmayacak kadar küçük olmaktadır.

¹⁸ Acceptability index

¹⁹ Central weight vector

²⁰ Confidence factor

Uygunluk Endeksi

Bir alternatife ait uygunluk endeks değeri o alternatifin en tercih edilir yapan farklı değerlemelerin oranını göstermekte olup elverişli ağırlık uzayı ve kriter dağılımları üzerinde çok boyutlu integraller yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Lahdelma ve ark, 1998, s. 140):

$$a_i = \int_{\xi \in X} f_X(\xi) \int_{w \in W_i(\xi)} f_W(w) dw d\xi$$

Uygunluk endeksi, alternatiflerin stokastik olarak etkin ($a_i \leq 0$) veya etkin olmayan (sıfıra yakın, örneğin $a_i \leq 0,05$) olarak sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Endeks değerinin sıfır olması, bir alternatifin varsayılan tercih modelinde en iyi alternatif olarak sınıflandırılmasının asla mümkün olamayacağı anlamına gelmektedir. Stokastik olarak etkin alternatifler için, endeks değeri eş zamanlı olarak hem karar vericilerin tercihlerindeki hem de kriter ölçümlerindeki belirsizlikleri dikkate alarak etkinliğin gücünü ölçmektedir. Uygunluk endeksi tüm farklı değerlemeler neticesinde bir alternatifin söz konusu fayda fonksiyonu açısından en iyi alternatif olma olasılığını göstermesi nedeniyle yüzde olarak ifade edilmektedir.

Kriterlerin ölçeklendirilme şekli uygunluk endeksini etkilemektedir. Bu nedenle alternatifler uygunluk endeksi temelinde sıralanacağı zaman ölçeklendirme keyfi olarak yapılmamalıdır (Lahdelma ve Salminen, 2001, s. 446). Örneğin kriterlerin minimum ve maksimum değerleri ilgili ölçek değerleri olarak seçilirler ise yeni bir alternatifin dahil edilmesi bu değerleri değiştirebilir ve sonuç olarak uygunluk endeks değerleri de büyük ölçüde değişir.

Merkezi Ağırlık Vektörü

Merkezi ağırlık vektörü w_i^c , elverişli ağırlık uzayının merkezi ortalama büyüklüğüdür. Kriterler ve ağırlık dağılımları üzerinde çok boyutlu integral yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Lahdelma ve diğerleri, 1998, s. 139):

$$w_i^c = \frac{1}{a_i} \int_{\xi \in X} f_X(\xi) \int_{w \in W_i(\xi)} f_W(w) w dw d\xi$$

Varsayılan tercih modeli doğrultusunda, merkezi ağırlık vektörü söz konusu alternatifi destekleyen tipik bir karar vericinin tercihlerini yansıtmaktadır. Merkezi ağırlık vektörlerinin karar vericilere sunulması ile birlikte karar vericilerin tercihlerini önceden belirleyip probleme bir çözüm üretmelerine gerek kalmaz. Bunun tam tersi bir yaklaşım uygulanabilir. Bu bağlamda karar vericiler ağırlıklar açısından hangi tercihlerin kendilerini hangi alternatiflere götüreceğini öğrenebilirler.

Güven Faktörü

p_i^c güven faktörü, merkezi ağırlık vektörü ile tanımlanan tercihler doğrultusunda bir alternatifin tercih edilme olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Kriter dağılımı üzerinde çok boyutlu integral yardımıyla şu şekilde hesaplanmaktadır (Lahdelma ve diğerleri, 1998, s. 141):

$$p_i^c = \int_{\xi \in X: u(\xi_i, w_i^c) \geq u(\xi_k, w_i^c)} f_X(\xi) d\xi$$

Güvenlik faktörü, mevcut tercihler (merkezi ağırlık vektörü) ile ilgili alternatifi en iyi yapan kriter ağırlık uzayının oranını vermektedir. Dolayısıyla bu faktör kriter ölçümlerinin, etkin alternatiflerin belirlenmesi kapsamında ne derecede yeterli olduklarını ortaya koymaktadır. Eğer bir alternatifin seçilip uygulanması beklenmekte ise düşük güvenlik faktörüne sahip alternatiflerin seçilmemesi gerekmektedir. Diğer yandan güven faktörü düşük alternatifler cazip olarak değerlendiriliyor ise belirsizliğin azaltılarak daha uygun bir karar vermek için kriterlere ilişkin daha detaylı bilgi toplanmalıdır.

2.2.2.2.SMAA-2

Orijinal SMAA yöntemindeki uygunluk endeksi alternatifleri sıralamak için tasarlanmamıştır. Buna mukabil söz konusu endeks, alternatifleri daha detaylı incelenmesi gereken ve gerekmeyenler olarak sınıflandırmaktadır.

Lahdelma ve Salminen (2001) SMAA'yı daha da geliştirerek üç yeni tanımlayıcı ölçümle beraber tüm sıralamaların dikkate alındığı SMAA-2'yi geliştirmişlerdir. Bu yeni ölçümler *sıra uygunluk endeksi*²¹, *en iyi k sıra endeksi*²² ve *bütüncül uygunluk endeksi*²³ olarak sıralanabilir. Bu ölçümler karar vericiler için daha geniş bir bakış açısı kazandırmaktadır. Bu bağlamda $\rho(\text{doğru}) = 1$ ve $\rho(\text{yanlış}) = 0$ olduğunda sıralama fonksiyonu şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\text{sıra}(i, \xi, w) = 1 + \sum_{k \neq i} \rho(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w))$$

Bu kapsamda bir alternatifin alabileceği sıra ve $W_i^r(\xi)$ elverişli ağırlık kümesi sırasıyla;

$\text{sıra}(i, \xi, w) \in \{1, \dots, m\}$ ve $W_i^r(\xi) = \{w \in W : \text{rank}(i, \xi, w) = r\}$ olacaktır.

Sıra Uygunluk Endeksi

Sıra uygunluk endeksi daha önce tanımlanan uygunluk endeksine benzemektedir. Buna ilave olarak bu endeks belirli bir sıra için üretilmektedir. b_i^r olarak tanımlanan sıra uygunluk endeksi, x_i alternatifinin r sırasında yer almasını sağlayacak parametre değerlerinin tüm değerler içindeki oranını tanımlamaktadır. Endeks değeri, kriter dağılımları ve elverişli sıra ağırlıkları üzerinde çok boyutlu integraller yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Lahdelma ve Salminen, 2001, s. 448);

$$b_i^r = \int_{\xi \in X} f_X(\xi) \int_{w \in W_i^r(\xi)} f_W(w) dw d\xi$$

²¹ Rank acceptability index

²² k-best rank indices

²³ Holistic acceptability index

En uygun (en iyi) alternatifler, en iyi (en küçük) sıralar için yüksek endeks değeri alanlardır. Endeks değeri $[0,1]$ arasında yer almaktadır. Bir alternatifin belirli bir sıra için endeks değerinin sıfır olması durumunda kriterlere ilişkin ağırlıklar ne olursa olsun bu alternatifin söz konusu sırada olması asla mümkün olmayacaktır. Diğer yandan endeks değeri bir olduğunda ise yine ağırlıklardan bağımsız olarak bir alternatifin belirli bir sırada yer alması kesin olacaktır. Herhangi bir alternatifin ilk sırada yer alması kapsamında ilgili sıra uygunluk endeks değeri b_i^1 , daha önce tanımlanan a_i uygunluk endeks değerine eşit olmaktadır.

En İyi k Sıra Endeksi (kbr)

Sıra uygunluk endeksleri alternatiflerin performansının ölçülmesi için temel göstergelerdir. Alternatif sayısının fazla olduğu bazı durumlarda bunların karar verme sürecinin ilk aşamasında birleştirilmesi daha uygundur. Bu kapsamda alternatifin en iyi k sırada olması olasılığı şu şekilde tanımlanmaktadır (Lahdelma ve Salminen, 2001, s. 448):

$$a_i^k = \sum_{r=1}^k b_i^r$$

kbr uygunluk endeks değerleri iterasyon sürecinde kullanılabilir. Örneğin, uygunluk endeks değerleri yeterli olan az sayıda alternatif kalıncaya kadar, daha zayıf alternatifler çıkarılarak sürece devam etmek mümkündür.

Merkezi ağırlık vektörleri de benzer şekilde, w_i^k merkezi kbr ağırlık vektörünü oluşturmak için kullanılabilir (Lahdelma ve Salminen, 2001, s. 448):

$$w_i^k = \frac{1}{a_i} \int_{\xi \in X} f_X(\xi) \sum_{r=1}^k \int_{w \in w_i^r(\xi)} f_W(w) w dw d\xi$$

kbr ağırlık vektörü, bir alternatifin en iyi k tane alternatif arasında olduğu hükmüne varan tipik bir karar vericinin tercihlerini yansıtmaktadır. Aynı şekilde güven faktörleri de, p_i^k kbr güven faktörlerini oluşturmak için şu şekilde genişletilebilir (Lahdelma ve Salminen, 2001, s. 449):

$$p_i^k = \int_{\xi \in X: \text{rank}(\xi_i, w_i^k) \geq k} f_X(\xi) d\xi$$

Bütüncül Uygunluk Endeksi

Alternatiflerin sıra uygunlukları açısından karşılaştırılması problemi “ikinci-dereceden” bir MCDA problemi olarak görülebilir. Karar vericilerin riske karşı tutumları güven faktörlerinin ve uygunluk endekslerinin gerekli büyüklüğünü tanımlamaktadır. a^r meta ağırlıklar olarak alındığında sıra uygunluk endeksleri, bütüncül uygunluk endeksleri olarak aşağıdaki şekilde birleştirilebilir (Lahdelma ve Salminen, 2001, s. 449):

$$a_i^h = \sum_r a^r b_i^r$$

Meta ağırlıkların seçilmesinin muhtemel yolları bulunmaktadır. Bu seçimdeki kısıtlar ise ağırlıkların negatif olmaması, normalleştirilmesi ve sıra düzeyi arttıkça artmamasıdır. Ancak bütüncül uygunluk endekslerinin karar verme problemlerinde kullanılmasının bazı kısıtları bulunmaktadır. İkinci dereceden bir karar verme problemi olduğu için göstergelerin karışıklık düzeyini artırmaktadır. Ayrıca karar vericilerin gerçekleştiremeyeceği varsayımlar gerektirebilir (Lahdelma ve Salminen, 2001, s. 449).

Genel itibarıyla analiz yapan bir kişinin bulunmadığı ve SMAA'nın otomatik bir şekilde kullanıldığı zamanlarda bütüncül uygunluk endeksinden faydalanılmasının daha doğru olduğu düşünülmektedir. Bu durumlarda ilk aşamada SMAA'nın kullanılıp kullanılmayacağı sorgulanmalıdır. Bu endeks değerinin kullanılmasının en uygun olduğu zamanlar alternatif sayısı çok olduğunda karar vericilerin detaylı bir inceleme

yapmasını gerektirmeyecek alternatiflerin filtrelenmesinin gerektiği durumlardır. Ancak bu durumlarda kbr uygunluk endeksinin kullanılması da düşünülebilir.

2.2.2.3.Kısmi Tercih Bilgisinin Eklenmesi

Çoğu karar verme probleminde karar vericilerin tercih bilgilerini öğrenmek mümkündür. Ancak bu bilgi muhtemel olarak tam olmayabilir veya belirsiz olabilir. SMAA, tercih bilgisinin isteğe bağlı bir yoğunluk fonksiyonu ile temsil edilmesine izin vermesine rağmen, çoğunlukla tercihlere ilişkin ağırlık uzayı için kısıtlar belirlemek daha kolaydır. Bu kapsamda, yoğunluk fonksiyonu, W' kısıtlanmış ağırlık uzayında düzgün dağılım ile tanımlanmaktadır (Lahdelma ve Salminen, 2001, s. 449):

$$f_{W'}(w) = \begin{cases} 1/\text{vol}(W') & \text{eğer } w \in W' \\ 0 & \text{eğer } w \in W \setminus W' \end{cases}$$

SMAA-2 ile aşağıdaki ağırlık kısıtları belirlenebilmektedir;

1. Ağırlıklar için aralıklar ($w_j \in [w_j^{min}, w_j^{max}]$)
2. Ağırlık oranları için aralıklar ($w_j/w_k \in [w_j^{min}, w_j^{max}]$)
3. Ağırlıklar için eşitsizlik kısıtları ($A_w \leq c$)
4. Ağırlıklar için doğrusal olmayan eşitsizlik kısıtları ($f(w) \leq 0$)
5. Ağırlıkların kısmi veya tam sıralanması ($w_j \leq w_k$)

2.2.3. Üstünlüğe Dayalı SMAA Yaklaşımları

SMAA, alternatifleri sıralamak için fayda fonksiyonunu kullanmak yerine üstünlüğe dayalı birleştirme yaklaşımının kullanılmasına izin verecek biçimde yeniden tasarlanmıştır. Bu bölümde tanımlanan bu ve diğer SMAA yaklaşımlarında ELECTRE tipi psuedo kriteri kullanılmaktadır. Psuedo kriteri aşağıdaki şekilde tanımlanan eşikleri kullanarak tanımlanmaktadır (Tervonen ve Figueira, 2008, s. 7) . Bu bağlamda g_j için:

$q_j(g_j(.))$ farksızlık eşiğidir,
 $p_j(g_j(.))$ tercih eşiğidir,
 $v_j(g_j(.))$ veto eşiğidir.

Bu eşikleri kullanarak bir *uyum endeksi*²⁴ tanımlanmaktadır. Her g_j kriterinin aS_jb (a en az b kadar iyidir) ifadesinin doğruluğuna verdiği katkı ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Kısmi uyum endeksi tüm $j = 1, \dots, n$ değerleri için aşağıda hesaplandığı üzere bir bulanık endekstir:

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } g_j(a) \geq g_j(b) - q_j(g_j(b)) \\ 0 & \text{eğer } g_j(a) < g_j(b) - p_j(g_j(b)) \\ \frac{g_j(a) + p_j(g_j(b)) - g_j(b)}{p(g_j(b)) - q_j(g_j(b))} & \text{diğer} \end{cases}$$

Kısmi uyum endekslerini hesapladıktan sonra aşağıdaki şekilde kapsayıcı bir uyum endeksi hesaplanır:

$$c(a, b) = \sum_{j \in J} w_j c_j(a, b)$$

Eğer veto eşiği kullanılıyor ise bir de uyumsuzluk endeksi tanımlanmalıdır.

2.2.3.1.Üstünlük Birleştirme Prosedürü (SMAA-3)

Hokkanen ve diğerleri (1998) tarafından geliştirilen bu yöntem orijinal SMAA'nın diğer bir varyasyonudur. Bununla beraber fayda fonksiyonu yerine ELECTRE tipindeki pseudo kriterleri ve minimum-maksimum seçim prosedürü uygulamaktadır. Bu prosedüre göre aşağıdaki kriter setini sağlayan alternatif en tercih edilen olmaktadır (Hokkanen ve diğerleri, 1998, s. 279):

²⁴ Concordance index

$$\min_{l=1, \dots, m, k \neq i} c(x_i, x_l) \geq \min_{l=1, \dots, m, l \neq k} c(x_i, x_l)$$

$$k = 1, \dots, m, k \neq i$$

Bir alternatifin elverişli ağırlıkları temelinde yukarıdaki formülasyon yeniden tanımlanmaktadır:

$$W_i = \left\{ w \in W : \min_{l=1, \dots, m, l \neq i} \sum_{j=1}^n w_j c_j(x_i, x_l) \geq \min_{l=1, \dots, m, l \neq k} \sum_{j=1}^n w_j c_j(x_k, x_l) \quad k = 1, \dots, m, k \neq i \right\}$$

Analizin geri kalanı ise orijinal SMAA'daki gibi yapılmaktadır. Bununla beraber kriter ölçümlerinin deterministik olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle integral hesaplaması yapılmamaktadır. Sonuç olarak güven faktörleri de hesaplanmamaktadır. Bu durumda merkezi ağırlık vektörü bir alternatifin elverişli ağırlıkları uzayının dışında kalabilir. Çünkü bu tercih modeli doğrusal değildir. Çok rahatlıkla tespit edilebilecek bu tür durumlarda merkezi ağırlık vektörüne minimum uzaklıkta olan elverişli bir ağırlık vektörü seçilebilir (Hokkanen ve diğerleri, 1998, s. 280).

Lahdelma ve Salminen (2002, s. 468) SMAA-3'e karşı SMAA'nın simülasyon testlerini yapmışlardır. Bu testlerde SMAA-3'ün sonuçlarının farksızlık eşiği açısından oldukça değişken olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak SMAA-3 pratikte uygulandığı zaman eşiklerin seçimine büyük özen gösterilmelidir.

2.2.3.2.SMAA-TRI

Buraya kadar tanımlanan tüm SMAA yöntemleri sıralama ve seçme problemleri için tasarlanmıştır. Tervonen ve diğerleri (2007b) ise gruplama problemleri için tasarlanmış olan ELECTRE TRI yöntemini kullanarak parametre değerlerindeki belirsizliğe izin verecek şekilde SMAA-TRI yöntemini geliştirmişlerdir.

ELECTRE TRI alternatifleri önceden tanımlanmış ve sıralanmış kategorilere gruplamak için uyum ve uyumsuzluk endekslerini kullanmaktadır. Kategoriler artan tercih sırasına göre $C_1, \dots, C_h, \dots, C_k$ (C_1 en kötü kategori) sıralanmaktadır. Bu kategoriler tüm kriter ölçümleri için alt ve üst başarı sınırları ile tanımlanır. Gruplara atama sürecinde alternatifler bu başarı sınırları ile karşılaştırılırlar. Söz konusu başarı sınırları $p_1, \dots, p_h, \dots, p_{k-1}$ olarak ifade edilmektedir. p_h, C_h için alt limit ve C_{h+1} için üst limit olmaktadır. Profillerin sıralanması aşağıdaki durumu karşılamalıdır (Tervonen ve Figueira, 2008, s. 8):

$$p_1 \Delta p_2 \Delta \dots \Delta p_{k-2} \Delta p_{k-1}$$

$p_1 \Delta p_2$ durumunda p_2, p_1 'e üstünlük sağlamaktadır. Bu üstünlük ilişkisi daha geniş bir açıdan değerlendirilmelidir. Çünkü üstünlük sadece başarı sınırı değerlerine bağlı olmayıp aynı zamanda eşik değerlerinden de etkilenmektedir.

SMAA-TRI, ELECTRE-TRI'nin parametre tutarlılığını belirlemek için geliştirilmiştir. SMAA-TRI her alternatif için o alternatifi farklı kategorilere atayan parametrelerin oranını tanımlamak amacıyla isteğe bağlı olarak dağıtılmış parametre değerlerinin sınırlı uzayını analiz etmektedir. Bu kapsamda ağırlıkların, başarı sınırı ve kesme düzeyinin (*lambda*) tutarlılığı analiz edilmektedir.

SMAA-TRI yönteminde ELECTRE TRI için girdiler aşağıdaki şekildedir (Tervonen ve Figueira, 2008, s. 8-9):

1. Belirsiz veya kesin olmayan başarı sınırları, $\Phi \subseteq R^{(k-1) \times n}$ uzayında $f_{\Phi}(\phi)$ ortak yoğunluk fonksiyonu ile ϕ_{hj} stokastik değişkenler tarafından temsil edilmektedir. Ortak yoğunluk fonksiyonu tüm başarı sınırı kombinasyonları için yukarıda da belirtildiği üzere başarı sınırları arasındaki üstünlük kuralını karşılamalıdır. Çoğunlukla kategori başarı sınırları bağımsız olarak dağıtılmak için tanımlanmaktadır. Bu durumda dağılımlar çakışmazlar. Örneğin, bir kriter için başarı sınırı değerleri Gaus dağılımı ile tanımlanmış ise dağılımların kuyruk kısımları kesişebilirler. Bu nedenle kesişen kısımların kesilmesi gerekmektedir.

2. Skor kesme düzeyi olan Lambda, $[0,5 - 1]$ aralığında tanımlanan $f_L \times (\Lambda)$ yoğunluk fonksiyonu ile Λ stokastik değişkeniyle ifade edilmektedir.
3. Ağırlıklar ve kriter ölçümleri SMAA-2'deki gibi ifade edilmektedir.
4. ELECTRE-TRI'nin veri ve diğer parametreleri $T = \{M, q, p, v\}$ ile temsil edilmektedir. Bu bileşenlerin deterministik değerler olduğu varsayılmaktadır.

SMAA-TRI tüm alternatif ve kategori çiftleri için kategori uygunluk endeksleri üretmektedir. π_i^h kategori uygunluk endeksi x_i alternatifini C_h kategorisine atayan muhtemel parametre değerlerinin oranını tanımlamaktadır (Tervonen ve Figueira, 2008, s. 9). Aşağıda yer alan gruplama fonksiyonu alternatif x_i 'nin ELECTRE-TRI tarafından atandığı h kategori endeksini değerlendirmektedir:

$$h = K(i, \Lambda, \phi, w, T)$$

Bu kapsamda kategori üyelik fonksiyonu ise şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$m_i^h(\lambda, \phi, w, T) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } K(\lambda, \phi, w, T) = h \\ 0 & \text{diğer} \end{cases}$$

Kategori uygunluk endeksi sınırlı parametre uzaylarında çok boyutlu integral ile sayısal olarak hesaplanmaktadır.

$$\pi_i^h = \int_{0,5}^1 f_L(\Lambda) \int_{\Phi} f_{\Phi}(\phi) \int_W f_W(w) m_i^h(\lambda, \phi, w, T) dw d\phi d\Lambda$$

Kategori uygunluk endeksi atamanın tutarlılığını ölçmektedir ve ilgili kategoriye üyelik için bir olasılık veya bulanık ölçü olarak yorumlanabilir. Parametreler tamamen tutarlı ise her alternatif için kategori uygunluk endeksleri bir kategori için 1 değerini diğer kategorileri için ise 0 değerini almaktadır. Bu durumda atamaların kesin olmayan parametreler açısından güvenilir olduğu sonucuna varılır.

2.2.4. Diğer SMAA Yöntemleri

Bu bölümde ordinal kriter ölçümleri, bağımlı kriter, karşılıklı güven faktörleri ve üstünlük yaklaşımına dayalı olanlara yönelik olarak SMAA'nın diğer versiyonlarına değinilecektir. Bunun haricinde Veri Zarflama Yöntemine dayandırılan SMAA-D ve beklenti teorisi '*prospect theory*' olarak adlandırılan SMAA-P bulunmaktadır.

2.2.4.1.SMAA-O

Lahdelma ve diğerleri (2003) orijinal SMAA'yı ordinal kriter ölçümlerini dikkate alacak şekilde yani karar vericilerin alternatifleri her kriter açısından ordinal olarak sıraladığı durumlara uygun olarak revize ederek SMAA-O'yu geliştirmişlerdir.

Ordinal ölçümleri kullanabilme imkânının önemli avantajları bulunmaktadır. Çoğunlukla kriter ölçümlerini tanımlayan uzmanlar kriterleri sayısal olarak tanımlamak yerine her alternatifi her kriter açısından önem düzeyine göre sıralayabilirler. Sonuç olarak söz konusu sıralama karar verme problemi açısından yeterince doğru ise önemli tasarruflar sağlanabilir.

Ordinal kriter yaklaşımında her alternatife bir sıra düzeyi numarası verilmektedir. $r_j = 1, \dots, j^{max}$ olduğu durumda 1 en iyi j^{max} ise en kötü olarak sınıflandırılır. Eşit düzeyde yer alan alternatifler aynı sıra düzeyinde bulunur ve sıra düzeyleri bitişik olarak numaralandırılır. Ordinal ölçekte ölçek aralıkları herhangi bir bilgi vermezler ve dolayısıyla bu kapsam dışında herhangi bir varsayım yapılmadan ele alınmaları gerekmektedir. Ancak ordinal bilginin temelini oluşturmak için birtakım eşleştirme varsayılabilir. SMAA-O'da ordinal bilgiyle uyumlu olan tüm eşleştirmeler Monte Carlo simülasyonlarıyla sayısal olarak yapılmaktadır. Bunun anlamı ilgili ordinal kriter ölçümleri için mevcut sıralamayı bozmadan kardinal değerler üretilmesidir (Lahdelma ve diğerleri, 2003, s. 121).

SMAA yöntemleri ile karar vericiler tarafından ortak bir şekilde kabul edilen herhangi bir fayda fonksiyonu kullanılabilir. Ancak toplamsal bir fayda fonksiyonu var ise fonksiyonun şeklinin bilinmediği dikkate alınacaktır. Bu anlamda karar vericilerin kısmi

fayda fonksiyonları ordinalden kardinale bir eşleştirme yapılarak aynı şekilde simule edilmektedir. Ancak simülasyon ordinal kriterler için gerekli değildir. Çünkü simule edilmiş kardinal değerler doğrusal bir ölçekte doğrudan kısmi değerler olarak yorumlanabilirler. Sonuç olarak, karar vericiler toplamsal bir fayda fonksiyonunu kabul ederler ise, karar vericiler için ordinal kriterlerde kısmi fayda fonksiyonlarının ortak bir şekilde anlaşmak gerekli değildir (Lahdelma ve diğerleri, 2003, s. 122).

2.2.4.2. Bağımlı Kriterler

SMAA'nın çoğu gerçek yaşam uygulamalarında kriter ölçümleri ve uygulamaları bağımlı bir yapı göstermektedir. Diğer yandan bu ölçümler bağımlı olarak ele alınmadıkları takdirde, sonuçlar önyargı içerecektir (Lahdelma ve diğerleri, 2006). SMAA kriter ölçümleri dışsal örneklemelerin kaynak olarak kullanılmasına izin vermektedir. Bu teknik, zımni olarak bağımlılıkları dikkate almaktadır. Literatürde tanımlanan bir diğer teknik ise kriterleri çok değişkenli Gaus yöntemi ile modellemektir.

Değişkenler arasındaki korelasyonu manuel olarak tanımlamak mümkün olmakla beraber pratikte hem zaman almakta hem de imkansız olabilmektedir. Çok değişkenli Gaus modeli bir simülasyon modelinin veya kriter ölçümleri için değerler üreten gerçek yaşam sürecinin olduğu uygulamalarda daha uygundur (Tervonen ve diğerleri, 2007b).

2.2.4.3. Karşılıklı Güven Faktörleri

SMAA hem tercihlerdeki hem de kriter ölçümlerindeki belirsizlik için geliştirilmiştir. Bilginin çok belirsiz olduğu durumlarda uygunluk endekslerinin göstereceği üzere birçok alternatif uygun olarak görülebilir. Bu da bir problem ortaya koymaktadır. Bu tür durumlarda karar vericilerin tercih ve kriter ölçümleri hakkında daha kesin bilgi elde edilmesi beklenir. Ancak zaman ve para kısıtlarına bağlı olarak bu mümkün olmayabilir.

Çok sayıdaki alternatif arasında ayrışmayı artırmak için kullanılan tekniklerden biri karşılıklı güven faktörleridir. Bu tanımlayıcı ölçümler her alternatif için diğerinin

merkezi ağırlık vektörü kullanılarak hesaplanır. Alternatif x_k açısından alternatif x_i için karşılıklı güven faktörü şu şekilde hesaplanmaktadır (Lahdelma ve Salminen, 2006a, s. 232).

$$p_i^k = \int_{\xi \in X: w_k^c \in W_1^1(\xi)} f_X(\xi) d\xi$$

Bu durumda hedef alternatif etkindir ve sonuç olarak tanımlanmış bir merkezi ağırlık vektörü vardır. Hedef alternatifi merkezi ağırlık vektörü seçildiğinde karşılıklı güven faktörü kriter ölçümlerindeki belirsizlik varsayımında bir alternatifi ilk sırayı alması olasılığıdır.

Karşılıklı güven faktörleri alternatifler arasındaki ayrışmanın neden az olduğu hakkında ek bilgi vermektedir. Bir alternatifi diğer alternatif açısından karşılıklı güven faktörü yüksek ise bu alternatiflerin benzer olduğu söylenebilir. Çünkü ayrışma düzeyi düşüktür. Bu türdeki alternatifleri belirlemek için model (a, p_i^k) ikili stokastik setlerin sıralandığı referans setleri belirlemektedir:

$$\{(i(k, r), p_{i(k,r)}^k) | r = 1, \dots, m(k)\}$$

Bu durumda $m(k) \leq m$ denklemi referans setlerindeki eleman sayısını belirlemektedir. $i(k, r)$ endeks fonksiyonu azalan sırada olmak üzere bu elementleri karşılıklı güven faktörleri itibarıyla sıralamaktadır. Bu sıralama en az ayrışan alternatiflerin belirlenmesini kolaylaştırmaktadır.

2.2.4.4.Referans Nokta Yaklaşımı (Ref-SMAA)

SMAA yöntemleri ağırlıklar hakkında herhangi bir bilgi olmaksızın kullanılmasına rağmen karar vericilerden bazı bilgilerin alınmasına çalışmak tercih edilen bir yaklaşımdır. Ağırlık kullanmak yerine doğrudan tercihleri yansıtmamanın yolu referans noktaları kullanmaktır. Referans noktaları, karar vericilerin kriterler arasında tercih durumlarını ortaya koymak yerine her kriter için arzu edilen ve tercih edilebilir değerleri belirlerler. Belirli bir davranışı ortaya koyan referans noktaları modeli optimal çözüm bulmaya çalışmak yerine belirli karar verme durumlarında daha uygun olabilir.

Ref-SMAA yöntemi her alternatifi öne çıkaran referans noktaları seti hakkında tanımlayıcı bilgi vererek birçok karar vericiye referans noktaları kullanmaya izin verir (Lahdelma ve diğerleri, 2005).

Başarı fonksiyonları geleneksel hedef programlamanın bazı zayıflıklarının üstesinden gelmek için kullanılır. Ayrıca bu fonksiyonlar Ref-SMAA'da baskın olmayan çözümleri karakterize etmek için de kullanılmaktadır. $\check{x} \in R^k$ isteğe bağlı olarak bir referans noktası seçildiğinde başarı fonksiyonu $s: X \rightarrow R$ olarak tanımlanmaktadır. Ref-SMAA'nın başarı fonksiyonu çeşitli yollarla seçilebilir (Tervonen ve Figueira, 2008, s.7). Örneğin;

$$s_{\check{x}}(x_i) = [w_i(x_i - \check{x}_i)] + \mu \sum_{i=1}^k w_i(x_i - \check{x}_i)$$

μ yeterince küçük bir ölçek ve w sabit pozitif ölçeklendirme vektörüdür. Çoğunlukla w_i her kriter için en iyi ve en kötü değerler arasındaki farkın tersine eşit olarak ayarlanmaktadır.

Ref-SMAA x_i her alternatif için elverişli referans noktalarının temelinde işlemektedir.

$$\check{X}_i(\xi) = \{\check{x} \in \check{X} | \check{s}_{\check{x}}(\xi_i) \geq \check{s}_{\check{x}}(\xi_j), j = 1, \dots, m\}$$

Herhangi bir referans noktası $\check{x} \in \check{X}_i(\xi)$ x_i 'inin toplam tercihini herhangi bir diğer alternatifin tercihine eşit veya ondan büyük yapmaktadır. \check{X}_i uygun referans nokta uzayı ihtiyaçlara göre tanımlanmaktadır. Örneğin, tüm karar vericilerin referans noktalarının konveks kombinasyonu şeklinde olabilir. Uygunluk endeksine benzer olarak Ref-SMAA r_i referans uygunluk endeksini tanımlamaktadır. Bu endeks kriter değer dağılımları ve elverişli nokta uzayı üzerinde çok boyutlu integral ile hesaplanmaktadır (Tervonen ve Figueira, 2008, s.7).

$$r_i = \int_{\xi \in X} f_X(\xi) \int_{\check{x}_i \in \check{X}_i(\xi)} (\xi) f(\check{x}) d\check{x} d\xi$$

Merkezi referans noktası \check{x}_i elverişli referans noktalarının beklenen merkezi yönelimi olarak tanımlanmaktadır ve kriter değer dağılımları ve elverişli referans nokta uzayı üzerindeki \check{x} referans noktası vektörünün çok boyutlu integrali ile hesaplanmaktadır (Tervonen ve Figueira, 2008, s.7).

$$\check{x}_i = \frac{1}{r_i} \int_{\xi \in X} f_X(\xi) \int_{\check{x}_i \in \check{X}_i(\xi)} f(\check{x}) \check{x} d\check{x} d\xi$$

Ref-SMAA'nın tüm tanımlayıcı ölçümleri referans noktaları ile ilgilidir. Sonuç olarak orijinal alternatifler kadar ölçümler de kriter uzayına aittir. Bazı karar vericiler için bu türdeki bir modeli anlamak daha kolay olabilir. Çünkü ağırlıklar gibi hiçbir yapay kavram kullanılmamaktadır.

2.2.5. Simülasyon

SMAA'nın integrallerinde uygulanan çeşitli dağılımlar uygulamaya göre değişmektedir ve oldukça karmaşık olabilir. Çoğunlukla integrallerin de yüksek boyutluluğu bulunmaktadır. Her boyut açısından dağılımları ayırıklaştırmaya dayalı olan sayısal integral alma teknikleri olanaksızdır. Çünkü bunun için gerekli çaba üssel olarak boyutların sayısına bağlıdır. Sonuç olarak integraller için kesin değerler elde etmeye çalışmak yerine Monte Carlo simülasyonu kullanılarak yeterince doğru olan gerçeğe yakın değerler elde edilmektedir. Bu bölümde simülasyon tekniği, hesapların doğruluğu ve karmaşıklık konuları incelenmektedir. Daha detaylı algoritmalar için Tervonen ve Lahdelma (2007) referans olarak verilebilir.

2.2.5.1. Simülasyon tekniği

Monte Carlo simülasyonu integrallerin hesaplanmasında önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Tüm uygunluk endeks ölçümleri için, benzer bir teknik uygulanmaktadır. Her iterasyonda parametre (kriter ölçümleri, ağırlıklar vb.) değerleri ilgili ortak dağılımdan çekilmektedir. Daha sonra bu değerlere göre bir sıralama veya sınıflandırma yapılmaktadır. Belirli bir sayıdaki iterasyondan sonra endeks değerleri merkezi ağırlıklara benzer tarzda hesaplanmaktadır. Yani her iterasyonda eğer alternatif ilk

sırayı alıyor ise ağırlık vektörü toplanmış ağırlık vektörüne eklenmektedir. Bu vektör simülasyon neticesinde iterasyon sayısına bölünerek merkezi ağırlık vektörü bulunmaktadır.

Ağırlık üretimi simülasyon tekniğinin önemli bir parçasıdır. Eğer hiçbir tercih bilgisi bulunmuyor ise n adet düzgün dağılımlı ağırlıklar şu şekilde üretilir. İlk $n-1$ adet bağımsız rassal numara $[0,1]$ aralığında düzgün dağılımdan üretilmekte ve artan sırada (q_1, \dots, q_{n-1}) olmak üzere sıralanmaktadır. Daha sonra 0 ve 1 sırasıyla ilk (q_1) ve son (q_n) sayılar olarak girilmektedir. Ağırlıklar bitişik sayılar $w_j = q_j - q_{j-1}$ arasında aralıklar olarak elde edilmektedir (Tervonen ve Lahdelma, 2007).

Tercih bilgisi bulunuyor ise ağırlık üretim tekniği değiştirilmelidir. Tamamen ordinal tercih bilgisi olduğunda ağırlıklar sıralamaya göre kolayca gruplanabilir. Alt limitler basit bir dönüştürme tekniği ile ele alınabilir. Çünkü alt limitli olanaklı ağırlık uzayı orijinal olanla benzer yapılıdır. s tüm alt sınırların toplamı olarak alındığında alt sınırlı ağırlıklar, $[0, 1 - s]$ aralığından rassal sayılar üretilerek bunların ilgili alt limitlere eklenmesiyle tanımlanmaktadır.

Ağırlıklar için üst limitler ise benzer bir yöntemle ele alınamaz. Ancak bunun yerine basit bir reddetme tekniği uygulanır. Bu durumda üst limitleri karşılamayan ağırlık vektörleri reddedilir. Üst limitler alt limitlere oranla görece olarak daha küçük bir alana sahiptirler. Sonuç olarak üst limitler nedeniyle hesaplamanın karmaşıklığındaki artış görece olarak daha düşüktür. Ayrıca alt limitlerin olması üst limitlerin alabileceği değerleri de etkilemektedir. Örneğin 3 kriterli bir problemde tüm ağırlıklar için alt limitlerin 0,2 olduğu kabul edilirse herhangi bir kriterin üst limiti en fazla $1 - 0,2 - 0,2 = 0,6$ olabilir. Sonuç olarak 0,6'dan büyük tüm üst limitler anlamsızdır. Üst limitler nedeniyle reddedilen ağırlıkların miktarı şu şekilde hesaplanabilir. Eğer tüm kriterlerin ortak bir w^{max} üst limiti olduğunu düşünürsek, üretilen ağırlıkların en büyüğünün üst limiti geçmesi olasılığı şu şekilde hesaplanmaktadır (Tervonen ve Figueira, 2008, s. 10):

$$\begin{aligned}
P[\max\{w_j\} > w^{max}] \\
&= n(1 - w^{max})^{n-1} - \binom{n}{2}(1 - 2w^{max})^{n-1} + \dots \\
&+ (-1)^{k-1} \binom{n}{k}(1 - kw^{max})^{n-1} \dots
\end{aligned}$$

Yukarıdaki formülde yer alan seri $1 - kw^{max} > 0$ olduğu sürece devam etmektedir.

2.2.5.2.Hesaplamaların Doğruluğu

Hesaplamaların doğruluğu tanımlayıcı ölçümler için nokta tahmin ediciler olarak Monte Carlo simülasyonlarının dikkate alınmasıyla hesaplanabilir. Sıra uygunluk endeksleri için % 95 güven aralığında bir A doğruluğunu sağlamak için K sayıda Monte Carlo simülasyonu gerekmektedir.

$$K = \frac{1,96^2}{4A^2}$$

Örneğin sıra uygunluk endeksleri için $\pm 0,01$ hata limitlerinde % 95 güven aralığını sağlamak için 9604 adet Monte Carlo iterasyonuna ihtiyaç bulunmaktadır. Güven faktörlerinin doğruluğu karışık bir anlamda merkezi ağırlık vektörlerinin doğruluğuna bağlıdır (Tervonen ve Lahdelma, 2007). Ancak bu hata görmezden gelinirse aynı formül yine uygulanabilir. Merkezi ağırlık vektörlerinin doğruluğu uygunluk indekslerine bağlı olup ihtiyaç duyulan iterasyon sayısı şu şekilde hesaplanır:

$$K = \frac{1,96^2}{a_i 4A^2}$$

Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise hesaplamaların doğruluğunun problemin boyut sayısına değil iterasyon sayısına bağlı olduğudur.

2.2.5.3.Karmaşıklık Düzeyi

Tipik SMAA uygulamalarındaki ihtiyaç duyulan iterasyon sayısı yüksektir. Sonuç olarak pratiklik sağlanması için SMAA hesaplamalarının karmaşıklığı kriterlerin ve alternatiflerin sayısı açısından çok yüksek olmamalıdır. SMAA-2 ve SMAA-O karmaşıklığı, Tervonen ve Lahdelma (2007) tarafından analiz edilmiştir. Bağımsız kriter ölçümleri ve kardinal kriterler ile uygunluk endekslerinin ve merkezi ağırlık vektörlerinin hesaplanmasındaki karmaşıklık düzeyi $O(K \cdot (n \log(n) + m \cdot n + m \log(m)))$ olarak hesaplanır. Güvenlik faktörlerinin hesaplanmasındaki karmaşıklık düzeyi ise $O(K \cdot m^2 \cdot n)$ olarak hesaplanır. Bu formüllerde K Monte Carlo iterasyonlarının sayısını, m alternatif sayısını ve n ise kriter sayısını göstermektedir.

Ordinal kriterler kullanmak ise karmaşıklık düzeyini $\log(m)$ faktörüyle beraber artırmaktadır. Pratikte bunun çok az bir etkisi vardır (Tervonen ve Lahdelma, 2007). Çalışma süresine daha büyük bir etki yapan tercih bilgisinin ele alınma şeklidir. Yukarıdaki formüllerde kısıtlar üzerinde hiçbir kısıt olmadığı varsayılmaktadır. Bu ise pratikte çoğu zaman doğru değildir. Daha önce de tanımlandığı üzere ağırlıklar için alt limitler ağırlık üretmenin karmaşıklık düzeyini etkilemezler. Ancak alt limitler bunun üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olabilirler.

2.2.6. SMAA Uygulamaları

SMAA uygulamasının tarihçesi çok eski değildir. Özellikle son on yılda gelişme gösteren bu yöntem farklı alanlarda uygulama şansı bulmuş ve problemlerin türüne göre çeşitli varyasyonları geliştirilmiştir. Tablo 2.2'de bu yöntemin öne çıkan uygulamaları kronolojik sırayla gösterilmektedir

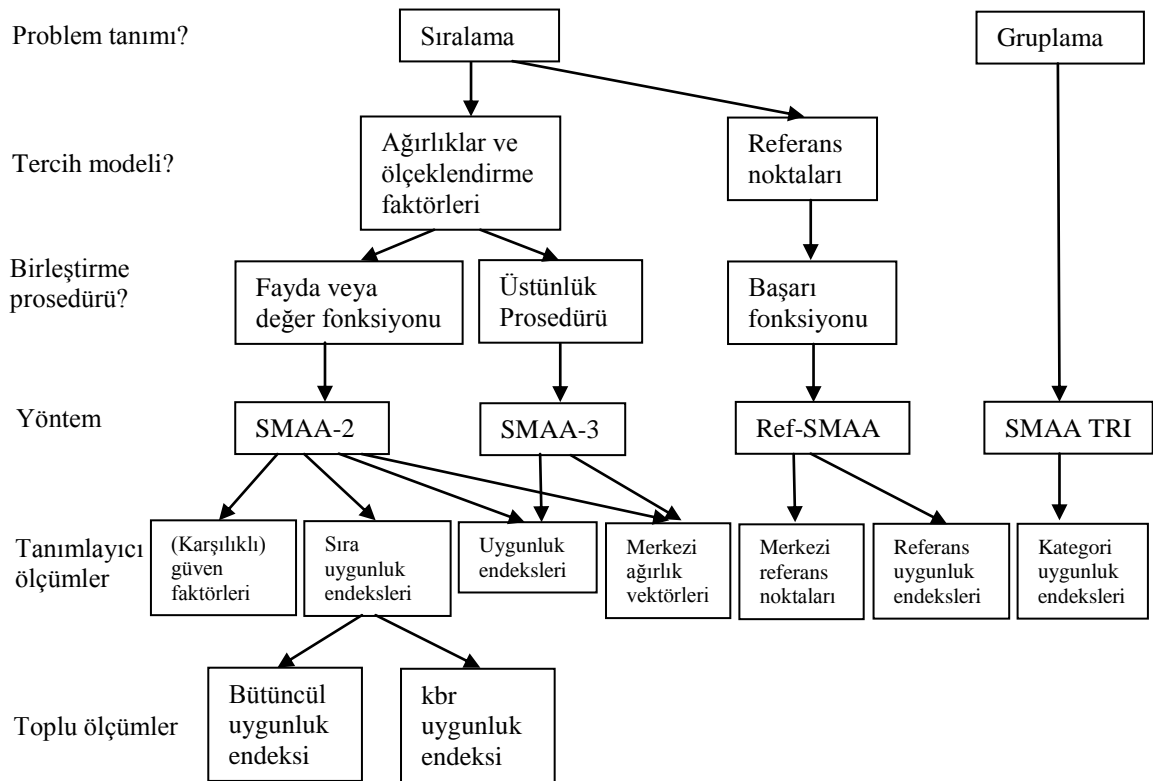
Tablo 2.2: SMAA Uygulamaları

Özellikler	Uygulanan Yöntem	Yayın
Genel bir planın planlanması SMAA-3'ün gelişimi	SMAA-3	Hokkanen ve diğerleri, (1998)
Liman yer seçimi SMAA'nın gelişimi, hiçbir tercih bilgisi mevcut değil	SMAA	Hokkanen ve diğerleri, (1999)
Kirlenmiş toprağın sıralanması için adayların sıralanması Ağırlık Sınırları uygulanmıştır	SMAA-2	Hokkanen ve diğerleri, (2000)
Katı atık sahası ıslah yöntemi seçimi Ordinal ve Kardinal kriterler, ordinal tercihler	SMAA-2	Lahdelma ve diğerleri, (2001)
Katı atık yer seçimi Sadece ordinal kriterler	SMAA-2	Lahdelma ve diğerleri (2002)
SWOT metodolojisi ile birlikte ele alınmıştır.	SMAA-O	Kangas ve Kangas (2003a)
Ekosistem yönetim planlaması Ordinal ve kardinal kriterler kullanılmıştır.	SMAA-2	Kangas ve diğerleri (2003b)
Orman planlaması Çok kriterli onay yöntemi ile karşılaştırma	SMAA-2	Kangas ve diğerleri (2003c)
Sosyo ekolojik tabiat planlaması Sadece ordinal kriterler	SMAA-2	Kangas ve diğerleri (2005)
Maden yer seçimi risk analizi ELCTRE TRI ile yapılan orijinal analiz ile karşılaştırma	SMAA-3	Tervonen ve diğerleri (2007)
Asansör planlaması Bağımlı kriterler	SMAA-2	Tervonen ve diğerleri (2008)
Elektrik perakendeciliğinde fiyat politikası ve risk düzeyi seçimi Bağımlı belirsizliklerin ele alınması	SMAA-2	Lahdelma ve diğerleri, (2009)
Nano materyallerin risk analizi	SMAA-3	Tervonen ve diğerleri, (2009)

2.2.7. SMAA Uygulama Çerçevesi

Belirli bir karar verme probleminde hangi SMAA yönteminin seçileceği kapsamında bir çerçeve belirlenmesi önemlidir. Bu durumda sorulacak ilk soru problemin sıralama mı yoksa gruplama mı olduğudur. Gruplama problemi ise eğer SMAA ailesinden kullanılabilir tek yöntem SMAA-TRI'dir. Sıralama problemlerinde ise tercih modelinin ağırlıklara mı yoksa referans noktalarına mı dayandığı belirleyici olmaktadır. Ağırlık yaklaşımı olan bir problem olduğunda toplulaştırma prosedürlerinden fayda fonksiyonu mu yoksa üstünlük yönteminin mi uygulanacağı seçilmelidir. Referans noktaları yaklaşımında Ref-SMAA yöntemi uygulanmaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında sıralama problemleri için SMAA-2, SMAA-3 veya Ref-SMAA yöntemlerinden biri seçilebilir. Uygulanacak yönteme bağlı olarak ikinci dereceden toplulaştırma ölçümlerinin belirlenmesi için farklı tanımlayıcı ölçümler elde edilebilir. Şekilde yöntemin seçimi bir karar ağacı ile gösterilmektedir.

Şekil 2.2: Uygun SMAA Yöntemini Seçmek İçin Karar Ağacı



Kaynak: Tervonen ve Figueira (2008, s. 12)

Sıralama problemleri için bir diğer seçim yöntemi ise hangi tür bilginin olmadığı sorusunu sormaktır. Karar vericiler fayda fonksiyonu için bir şekil kullanmak isteyebilirler. Ancak bu yönde bir fayda fonksiyonu kullanılmak istenmiyor ise örneğin SMAA-2 uygulanamaz. Hangi yöntemin uygulanacağına karar vermek için aynı tür sorular diğer parametreler için de sorulabilir.

Bu çerçevede referans noktalarına dayalı Ref-SMAA yaklaşımı dışındaki tüm yöntemler isteğe bağlı olarak seçilecek ağırlık bilgisi ile uygulanabilir. Bu ordinal ve kardinal bilginin karışımı olduğu kadar hiçbir tercih bilgisinin olmadığı durumlarda da bu uygulamaların seçilebileceği anlamına gelmektedir. Pratikte, en tercih edilir olanı (kısmi) ordinal bilgi ve kardinal ağırlık kısıtlarının olduğu durumdur. Kompleks ağırlık kısıtları karar vericiler tarafından anlaşılması zor olabilir. Sonuç olarak çok karışık dağılımlar kullanılması bilginin belirsizlik düzeyini artırabilir. Eğer karar vericilerin bahse konu tercih modelini anlamada problemleri var ise başarı fonksiyonu temelli yaklaşım (Ref-SMAA) daha uygun olabilir.

Fayda fonksiyonu temelli yaklaşımın (SMAA-2) eksik yönü ölçeklendirmenin sonuçlar üzerinde büyük bir etkisi olduğudur. Sonuç olarak fayda fonksiyonunun şeklini tanımlamak zor ise SMAA-3 yaklaşımını kullanmak daha uygun olabilir. Rastgele dağılmış, tam olmayan veya belirsiz kriterler SMAA-3 dışında geriye kalan tüm yöntemlerde uygulanabilir. Çünkü SMAA-3 kriter ölçümleri eşiklerle tanımlanmış belirsizliği gerekli kılmaktadır. Dışsal örneklem kullanabilme imkanı ve birazdan yapılacak genelleştirme ile dışsal yöntemlerle SMAA'yı kullanmak büyük bir avantaj olarak öne çıkmaktadır. Örneğin, SMAA-TRI yönteminde uygulanan yaklaşım sonuçların tutarlılığını analiz etmek için parametre değerlerinde belirsizlik olan diğer yöntemlere de uygulanabilir.

SMAA'da çözülemeyen sorunlardan birisi farklı uygunluk endekslerine dayalı olarak toplulaştırılmış ölçümlerin nasıl elde edileceğidir. Bütüncül uygunluk endeksleri bu amaç için uygulanabilir. Ancak bunlar meta ağırlıkların tanımlanması ihtiyacını ortaya koyar. Bu bilişsel karar verme süreci ile ilgisi olmayan yapay bir kavramdır. Sonuç olarak kullanımları doğrulamak için zordur. Daha kolay yorumlanabilir ölçümler elde etmek için daha karmaşık tercih modeline ihtiyaç duyulmaktadır.

3. AMPİRİK ANALİZ

3.1. VERİ VE GÖSTERGELER

3.1.1. PISA

Öğrenciler yaşam boyu karşılaştıkları zorluklarının üstesinden gelmeye hazır mı? Düşüncelerini etkili bir şekilde ifade edebiliyorlar mı? Analiz yapıp doğru sonuçlara ulaşabiliyorlar mı? Toplumun ve ekonomi dünyasının üretken bireyleri olarak hayatlarını devam ettirecekleri ilgi alanları var mı? OECD'nin Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA), 15 yaş grubu öğrencilerine uygulanan temel beceriler araştırmalarıyla bu sorulara cevap bulmaya çalışmaktadır. PISA, dünya ekonomisinin neredeyse yüzde 90'ını oluşturan OECD üyesi ülkeler ile üye olmayan ülkelerin katılımıyla 3 yılda bir gerçekleştirilmektedir.

PISA projesi; okuma becerileri, matematik ve fen bilimleri konularında temel becerilere odaklanarak, zorunlu eğitimin sonunda öğrencilerin topluma tam olarak katılması için bu bilgi ve becerileri ne derece edindiklerini değerlendirmektedir. PISA sadece öğrencilerin öğrendiklerini tekrar kullanıp kullanmadığını değil, aynı zamanda öğrendiklerini kullanarak bilinmeyen hakkında tahminde bulunup bulunamadığını ve bilgilerini okul içerisinde ve okul dışı durumlarda uygulayıp uygulayamadıklarını araştırmaktadır (MEB, 2007).

Bugüne kadar yapılmış uluslararası en kapsamlı eğitim çalışması olan PISA 2006 araştırmasında öğrencilerin fen bilimleri yeterliklerine ağırlık verilmiştir. Günümüzün teknoloji temelli toplumlarında, temel bilimsel kavramların ve teorilerin anlaşılması ve bilimsel problemleri yapılandırma ve çözme yeteneği hiç olmadığı kadar önem kazanmıştır. Buna rağmen, son 15 yılda OECD ülkelerinin bazılarında üniversitelerde bilim ve teknoloji okuyan öğrencilerin oranında gözle görülür bir düşüş vardır. Bunun çeşitli nedenleri vardır. Bazı araştırmalar, bu konuda fen bilimleri öğretim programının etkisi olduğu kadar, öğrencilerin fen bilimlerine yönelik tutumlarının da önemli bir rol oynayabileceğini öne sürmektedir (OECD, 2006a). PISA 2006 bu nedenle sadece fen

bilimleri bilgi ve becerilerini değil aynı zamanda öğrencilerin fen bilimlerine yönelik tutumlarını ve okullarında edindikleri bilimsel yeterliklere sahip olmalarının kendilerine ne gibi fırsatlar yaratacağının farkında olup olmadıklarını da değerlendirmektedir.

MEB (2007, s.2) PISA Ulusal Değerlendirme Raporunda PISA'nın temel özellikleri şu şekilde ifade edilmiştir:

- **Politika yönlendirici özelliği:** Performans modellerindeki farklılıklara dikkat çekmek ve yüksek performans standartları olan okulların ve eğitim sistemlerinin özelliklerini belirlemek amacıyla öğrencilerin öğrenme çıktılarıyla ilgili veriler ile öğrencilere ait özellikler ve okul içinde ve okul dışında öğrencilerin öğrenmesini şekillendiren etmenler ile ilgili veriler arasında bir bağlantı oluşturulmaktadır.
- **Yenilikçi “okuryazarlık” kavramı:** Öğrencilerin ana konu başlıklarında farklı durumlarda problemleri yorumlarken ve çözerken, bilgi ve becerilerini kullanma, analiz etme, mantıksal çıkarımlar yapma ve etkili iletişim kurma kapasiteleri analiz edilmektedir.
- **Yaşam boyu öğrenme yaklaşımı:** PISA'da öğrencilerin öğretim programlarındaki yeterliklerinin değerlendirilmesi ile sınırlı olmayıp aynı zamanda bu araştırmada öğrencilerin öğrenmeye yönelik motivasyonları, kendileri hakkındaki düşünceleri ve öğrenme stratejileri hakkında sorular da sorulmaktadır.
- **İzleme imkânı:** PISA'nın düzenli olması, ülkelerin temel öğrenme hedeflerinin ne kadarına ulaştıklarını izlemelerine imkân tanımaktadır.
- **Geniş coğrafi kapsamı ve iş birliğine dayalı yapısı:** PISA 2006 araştırması OECD üyesi 30 ülke ile üye olmayan 27 ülkeyi kapsamaktadır. PISA tarafından ölçülen bilgi ve becerilerin uygunluğu, PISA değerlendirmesiyle aynı dönemde yapılan, gençlerin izlendiği güncel çalışmalar tarafından da teyit edilmiştir.

PISA 2000, PISA 2003 ve PISA 2006 çalışmasıyla birlikte üç temel alanda (okuma becerileri, matematik okuryazarlığı ve fen bilimleri okuryazarlığı) yapılan 1. değerlendirme dönemi tamamlanmıştır. PISA 2. değerlendirme dönemi 2009'da tekrar okuma becerileri ağırlıklı olarak yapılacak olan çalışmayla başlayacak ve 2012'de matematik okuryazarlığı ve 2015'te de fen bilimleri okuryazarlığı ağırlıklı olarak devam edecektir (MEB, 2007, s.3).

PISA genel itibarıyla öğrenci başarısını ölçmeyi hedeflemekle beraber kapsamında birçok veriyi de barındırmaktadır. Dünya genelinde eğitim alanındaki politika belirleyiciler; ülkelerindeki öğrencilerin bilgi ve beceri düzeylerini diğer ülkelerdeki öğrencilerin bilgi ve beceri düzeyleriyle karşılaştırmak, eğitim düzeyinin yükseltilmesi amacıyla standartlar oluşturmak ve eğitim sistemlerinin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek için PISA sonuçlarını kullanmaktadırlar.

3.1.2. PISA 2006 Araştırmasının Metodolojisi

PISA araştırmasında kullanılan metodoloji gereği ülkeler itibarıyla elde edilen göstergelerin güvenilirlik düzeyi değişmektedir. PISA'da genel itibarıyla iki aşamalı örneklem metodu uygulanmaktadır. Bu kapsamda öncelikle mevcut okul popülasyonu içinden bir örneklem seçilmekte daha sonrasında ise her okul içinden öğrenciler seçilmektedir. İki aşamalı örneklem seçimi metodolojisi, basit rastgele örneklem seçimine göre göstergelerin standart hatasını artırmaktadır. Basit rastgele örneklem seçimi doğası itibarıyla hem daha masraflı hem de daha çok zaman alması bakımından çoğu durumda uygun bir yöntem olarak görülmemektedir (OECD, 2009a, s.51). Dolayısıyla iki aşamalı örneklem seçimi bir zaruret olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan PISA araştırmasının yapıldığı 15 yaş itibarıyla ülkelerin eğitim programları ve okul türleri de farklılaşmaktadır. Okul ve program çeşitliliği çoğu zaman sosyo-ekonomik koşullar ve akademik seleksiyona göre şekillendiği için söz konusu çeşitliliğin de PISA araştırmasına yansıtılması gerekmektedir. Bu çerçevede ülkeler kendi yapılarına uygun olarak örneklem seçimindeki tabakaları belirlemektedir. Öte yandan söz konusu çeşitlilik arttıkça seçilen örnekleme yönelik istatistiklerin standart hatası artmakta ve güvenilirlik aralığı genişlemektedir. Sonuç olarak gerek kullanılan iki aşamalı örneklem metodu gerekse ülkelerin kendi eğitim programlarının ve okul türlerinin çeşitliliği standart hata değerini artırmaktadır. Bu nedenle ülkelerin istatistiklerinin bu standart hata değerlerini dikkate alınarak incelenmesi gerekmektedir. Örneğin iki ülkenin fen bilimleri başarı puanlarının OECD düzeyinde olduğu belirlense dahi ülkelerden birinin standart hatasının yüksek olması söz konusu yargıya varılmasını önleyebilir. Bu çalışma kapsamında standart hata değerleri SMAA-TRI analizinde farklılık ve tercih eşiklerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Son olarak PISA farklı

göstergeler için ülke içindeki varyasyonu da yüksek güvenilirlik düzeyinde tahmin etmektedir. Ülkelerin farklı göstergeler için sahip oldukları ortalama değerlerin yanında varyasyon da çok önemlidir. SMAA analizinde ortalama değer ve varyasyon birlikte modele dahil edildiği için hem verimlilik hem de eşitlik perspektifi birlikte dikkate alınmış olmaktadır.

3.2. SMAA ANALİZİNİN ÇERÇEVESİ

3.2.1. Kriterler

Çalışmanın önceki bölümlerinde de değinildiği üzere Avrupa Komisyonu eğitim kalitesine ilişkin olarak dört başlık altında 16 gösterge belirlemiştir. Bu dört başlıktan ikisi eğitim sistemindeki sonuçlarla alakalıdır. Bunlar “kazanıma yönelik göstergeler” ile “erişime ve geçişe yönelik göstergeler” olarak sayılmaktadır. PISA sonuçları değerlendirildiğinde “kazanıma yönelik göstergeler” hakkında bilgi edinilebileceği görülmektedir. Bu kapsamda Avrupa Komisyonu’nun tanımlamış olduğu kazanıma yönelik 7 gösterge ile paralel olarak PISA’daki temel alanlardaki beceriler, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki okuryazarlık ve bilime karşı olan tutuma ilişkin sekiz gösterge (kriter) bu çalışmada kullanılmıştır. Bu üç temel alan çerçevesinde OECD (2007b) PISA 2006 raporunda adı geçen sekiz kriter tanımlanmaktadır.

Fen Bilimleri, Okuma Becerisi ve Matematik Okuryazarlığı

- **Fen Bilimleri Okuryazarlığı**

Fen bilimleri okuryazarlığı deliller üzerinde bilimsel düşünmeyi ve bilimsel bakış açısının uygulamaya geçirilmesi becerisini gerektirdiği kadar bilimsel kavramların anlaşılmasını da gerektirir. Sınav kapsamındaki alanlar ise fiziki sistemler, organizmalar ve yerküre ve uzay, teknoloji sistemleri gibi fen bilimleri bilgisi ile bilimsel sorgulama ve bilimsel açıklamalar gibi bilimsel yöntem bilgisini kapsamaktadır. Söz konusu alanlarda bilimsel sorunları tanımlama, bilimsel olguları açıklama ve bilimsel delilleri kullanma konusundaki yeterlilikler ölçülmektedir. Bu yeterlilikler ise fen bilimlerinin sağlık, doğal kaynaklar, çevre, tehlike ve fen ve teknolojinin sınırları gibi kişisel, sosyal

ve küresel ortamlarla ilişkili kullanımları üzerinde yoğunlaşan uygulama alanlarına yöneliktir.

- **Okuma Becerisi**

Bu alandaki okuryazarlık bireyin hedeflerine ulaşma, bilgisini artırma ve topluma katılım için yazılı metinleri anlama, kullanma ve yansıtma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Metnin çözümlenmesi ve harfi harfine anlaşılmasının yanında, okuma becerileri, okuma, yorumlama, yansıtma ve bireyin yaşamdaki hedeflerine ulaşmada okuma becerilerini kullanma yeteneğini kapsamaktadır. Sınavda yöneltilen okuma materyalleri hikâyelendirme, yorumlama, tartışma gibi düz yazıların olduğu sürekli metinler ve grafikler, formlar ve listelerin olduğu süreksiz metinlerden oluşmaktadır. Söz konusu materyaller ile öğrencilerin bilgiyi hatırlama, metinleri yorumlama, metinleri yansıtma ve değerlendirme yeterlilikleri ölçülmektedir.

- **Matematik Okuryazarlığı**

Bireyin, dünyada matematiğin oynadığı rolü fark etme ve anlama, sağlam temellere dayanan yargılara ulaşma, yapıcı, ilgili, düşünceli bir vatandaş olarak kendi ihtiyaçlarına karşılık verecek bir şekilde matematiği kullanma kapasitesi matematik okuryazarlığı olarak ifade edilmektedir. Sınavda sorulan ilgili matematiksel konu ve kavram grupları; nicelik, uzay ve şekil, değişim ve ilişkiler ve belirsizlik olarak sıralanmaktadır. Matematik alanı için gerekli yeterlilikler ise yeniden oluşturma (basit matematiksel işlemler), ilişkilendirme (basit problemleri çözmek için fikirleri bir araya getirme) ve yansıtma (daha kapsamlı matematiksel düşünme) becerileridir.

Bilgi ve İletişim Teknolojisi (BİT) Okuryazarlığı

BİT okuryazarlığı modern ekonomilerin ve toplumların gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bunun eğitim açısından da önemli yansımaları vardır. Çünkü hem yeni öğrenme şekillerini kolaylaştırabilir hem de gençlerin hayata hazırlanmalarında yardımcı olabilir. Ancak BİT'in bu yönünden yeterince istifade edilmekte midir? Bu sorunun cevaplanması için gençlerin arzu edilen düzeyde BİT okuryazarı olduklarının tespit edilmesi gerekmektedir (OECD, 2006a). PISA 2006 araştırması kapsamında

öğrencilerin bilgisayar programlarını ve interneti kullanma becerileri ölçülmeye çalışılmıştır.

- **İnternet Kullanma Becerisi**

İnternete girilmesi, e-posta hazırlanması ve gönderilmesi, internetten dosyaların kopyalanması veya indirilmesi, internetten müzik indirilmesi veya e-posta mesajına dosya eklenmesi aktivitelerinde öğrencilerin beceri düzeyleri ölçülmektedir. Öğrenciler bu aktivitelere yönelik olarak; “ne olduğunu bilmiyorum”, “ne olduğunu biliyorum ama yapamıyorum”, “birinin yardımıyla yapabiliyorum” veya “çok rahatlıkla yapabiliyorum” cevaplarını vermişlerdir. Söz konusu cevaplar doğrultusunda “internet aktivitelerinde kendine güven endeksi” oluşturulmuştur.

- **Bilgisayar Programlarını Kullanma Becerisi**

Adres listesini üretmek için veritabanı kullanılması, Power Point kullanılarak bir sunumun hazırlanması, Excel kullanılarak bir grafik yapılması, çoklu medya sunumunun hazırlanması, web sayfasının tasarlanması, bilgisayar virüslerinin bulunması ve temizlenmesi ve bir bilgisayar yazılımının kullanılması aktivitelerinde öğrencilerin bilgi düzeyleri ölçülmektedir. Öğrenciler bu aktivitelere yönelik olarak; “ne olduğunu bilmiyorum”, “ne olduğunu biliyorum ama yapamıyorum”, “birinin yardımıyla yapabiliyorum” veya “çok rahatlıkla yapabiliyorum” cevaplarını vermişlerdir. Söz konusu cevapların doğrultusunda “bilgisayar programlarını kullanmada kendine güven endeksi” oluşturulmuştur.

Bilime Karşı Olan Tutumlar

PISA'nın yeterliklere bakış açısı sadece bireylerin belirli bir alandaki becerilerini değil, aynı zamanda bireylerin bu alana yönelik tutumlarını da ele almaktadır. Yani, bireylerin yeterlikleri belirli tutum, inanış, güdüsel yönelme, kendileri hakkındaki düşünceleri ve değerleri kapsamaktadır (MEB, 2007). Birçok çocuk okula öğrenmeye hazır ve istekli olarak gelmektedir. Okulların, öğrencilerin bu tutumlarını nasıl daha güçlendirebilecekleri önemlidir. Çünkü gençlerin okuldan hayat boyu öğrenme kapasitesi ve motivasyonu ile ayrılmaları gerekmektedir. Motivasyon ve tutum

meseleleri özellikle fen bilimleri alanıyla ilişkilidir. Dünya genelinde çözümlendirilmesi gereken birçok bilimsel mesele bulunmaktadır. Ülkeler bu doğrultuda büyük yatırımlar yapmakta ve kalifiye bireylere ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca bilimsel araştırmaya geniş bir kamu desteğinin sağlanması ve tüm vatandaşların bilimsel bilgiyi hayatlarında karşılaştıkları sorunları aşmada kullanması önemlidir. İnsanların tutumları, onların bilim ve teknolojiye olan ilgileri ve uyum düzeyleri üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çerçevede öğrencilerin bilime ilgi duyması, bilimsel sorgulamayı desteklemesi ve sürdürülebilir kalkınmaya verdikleri destek onların okulda geliştirilebilecek tutumları arasında gelmektedir.

- **Bilime Duyulan İlgi**

Bilime ilgi duyan çocuklar bilimsel konuları merak ederler ve bu konuda çaba harcarlar. Ayrıca ilave bilgi ve beceri kazanmaya, farklı kaynaklar ve yöntem kullanmaya ve bilgileri araştırmaya istekli olurlar.

- **Bilimsel Sorgulamaya Verilen Destek**

Bilimsel sorgulamaya destek veren çocuklar farklı bilimsel bakış açılarına ve savunmalara sahip olmanın önemini vurgular. Gerçek bilginin ve mantıklı açıklamanın kullanımını destekleyip, sonuçlara ulaşırken mantıklı ve dikkatli işlemlerin gereğini vurgularlar.

- **Çevreye ve Kaynaklara Yönelik Sorumluluk**

Çevreye ve kaynaklara sorumlu olan çocuklar; sürdürülebilir bir çevrenin devamı için kişisel bir sorumluluk hissi gösterir, bireysel eylemlerin çevresel sonuçlarının farkında olur ve doğal kaynakları korumak için harekete geçmeye hazır olduğunu gösterir.

Analiz kapsamında kullanılan performans kriterleri ve özellikleri Tablo 3.1’de gösterilmektedir. Çalışma kapsamında kullanılacak kriterlerden tümü niceliksel olup artan değerler başarı düzeyini de yükseltmektedir. Kullanılan kriter ölçümleri ülkenin ortalama değeri olup her ölçüme ilişkin olarak bir de standart sapma değeri bulunmaktadır. Tüm ölçüm değerleri normal dağılım göstermektedirler. Dolayısıyla olasılık fonksiyonları modelde Gaus dağılımı olarak belirlenmiştir. Tablo 3.2’de

ülkelerin sekiz kritere ait ölçümleri ile beraber bu değerlerin standart sapmaları gösterilmektedir.

Tablo 3.1: SMAA-2 ve SMAA-TRI'de Kullanılan Kriterler ve Özellikleri

KRİTER NO	KRİTER GRUBU	KRİTER ADI	BİRİM	TERCİH YÖNÜ	AÇIKLAMA
g1	Yeterlikler	Okuma Becerileri	Puan	Artan	OECD ortalaması 500 ve standart sapması 100 olan normal dağılımdır.
g2		Matematik Okuryazarlığı	Puan	Artan	OECD ortalaması 500 ve standart sapması 100 olan normal dağılımdır.
g3		Fen Bilimleri Okuryazarlığı	Puan	Artan	OECD ortalaması 500 ve standart sapması 100 olan normal dağılımdır.
g4	Bilişim Okur Yazarlığı	İnternet Becerileri	Endeks	Artan	OECD ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan normal dağılımdır.
g5		Bilgisayar Becerileri	Endeks	Artan	OECD ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan normal dağılımdır.
g6	Tutumlar	Bilime Duyulan İlgi	Puan	Artan	OECD ortalaması 500 ve standart sapması 100 olan normal dağılımdır.
g7		Bilimsel Sorgulamaya Verilen Destek	Puan	Artan	OECD ortalaması 500 ve standart sapması 100 olan normal dağılımdır.
g8		Çevreye ve Kaynaklara Yönelik Sorumluluk	Endeks	Artan	OECD ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan normal dağılımdır.

Tablo 3.2: Ülkelerin Performans Kriterleri İtibarıyla Ölçüm Değerleri

	<u>Okuma</u> <u>Becerileri</u>		<u>Matematik</u> <u>Okuryazarlığı</u>		<u>Fen Bilimleri</u> <u>Okuryazarlığı</u>		<u>İnternet</u> <u>Kullanma</u> <u>Becerisi</u>		<u>Bilgisayar</u> <u>Kullanma</u> <u>Becerisi</u>		<u>Fen</u> <u>Bilimlerine İlg</u>		<u>Bilimsel</u> <u>Sorgulamaya</u> <u>Verilen Destek</u>		<u>Çevreye ve</u> <u>Kaynaklara</u> <u>Yönelik</u> <u>Sorumluluk</u>	
	Ort.	Std. Sp.	Ort.	Std. Sp.	Ort.	Std. Sp.	Ort.	Std. Sp.	Ort.	Std. Sp.	Ort.	Std. Sp.	Ort.	Std. Sp.	Ort.	Std. Sp.
Avustralya	513	94	520	88	527	100	0,131	0,843	0,281	0,902	465	97	487	98	0,007	1,008
Avusturya	490	108	505	98	511	98	0,328	0,785	0,302	0,936	507	87	515	112	-0,251	0,895
Belçika	501	110	520	106	510	100	0,324	0,775	0,171	0,925	503	92	492	88	0,011	0,944
Bulgaristan	402	118	413	101	434	107	-0,138	1,147	-0,242	1,002	523	113	527	112	0,037	0,903
Kanada	527	96	527	86	534	94	0,468	0,664	0,267	0,958	469	104	501	105	0,019	1,029
Şili	442	103	411	87	438	92	-0,132	1,024	0,029	0,943	591	99	564	108	0,37	0,919
Kolombiya	385	108	370	88	388	85	-0,719	1,126	-0,293	0,947	644	103	546	92	0,194	0,873
Hırvatistan	477	89	467	83	493	86	-0,295	1,062	-0,065	0,986	535	88	514	83	-0,002	0,805
Çek Cum.	483	111	510	103	513	98	0,197	0,884	0,171	1,036	489	91	485	80	-0,289	0,83
Danimarka	494	89	513	85	496	93	0,151	0,837	0,015	0,875	463	92	483	85	-0,251	0,899
Finlandiya	547	81	548	81	563	86	0,133	0,818	-0,111	0,931	448	92	479	86	-0,102	1,017
Almanya	495	112	504	99	516	100	0,014	0,898	0,184	0,964	513	88	518	113	-0,101	1,011
Yunanistan	460	103	459	92	473	92	-0,665	1,051	-0,277	0,997	549	91	533	95	0,166	0,926
Macaristan	482	94	491	91	504	88	-0,092	1,038	-0,05	0,953	522	82	512	87	0,221	0,936
İzlanda	484	97	506	88	491	97	0,134	0,825	0,079	0,921	466	108	491	112	-0,278	1,02
İrlanda	517	92	501	82	508	94	-0,5	1,084	-0,331	1,006	481	89	484	86	-0,008	0,919
İtalya	469	109	462	96	475	96	-0,631	1,167	-0,287	0,958	529	78	511	90	0,085	0,844
Japonya	498	102	523	91	531	100	-0,819	1,194	-0,796	0,99	512	104	468	111	0,039	0,99

Tablo 3.2 Ülkelerin Performans Kriterleri İtibarıyla Ölçüm Değerleri (devam)

Ürdün	401	94	384	84	422	90	-1,233	1,292	-0,159	1,15	609	83	555	110	0,25	0,976
Kore	556	88	547	93	522	90	0,587	0,542	-0,245	0,845	486	94	495	99	0,427	0,935
Letonya	479	91	486	83	490	84	0,128	0,863	0,013	0,853	504	71	494	76	-0,383	0,734
Lihtenştayn	510	95	525	93	522	97	0,375	0,734	0,417	1,014	504	86	524	104	0,049	1,058
Litvanya	470	96	486	90	488	90	-0,131	1,025	-0,137	0,928	544	85	541	95	-0,039	0,858
Makao Çin	492	77	525	84	511	78	0,019	0,947	-0,2	0,884	524	94	521	85	0,359	0,842
Hollanda	507	97	531	89	525	96	0,485	0,61	0,196	0,892	452	88	447	69	-0,475	0,821
Yeni Zelanda	521	105	522	93	530	107	0,137	0,899	0,082	0,946	461	100	470	89	-0,345	0,862
Norveç	484	105	490	92	487	96	0,406	0,739	0,289	0,962	472	103	485	111	-0,271	1,064
Polonya	508	100	495	87	498	90	-0,178	1,119	0,13	1,06	501	83	513	89	0,168	0,958
Portekiz	472	99	466	91	474	89	-0,162	1,015	0,411	0,967	571	79	538	88	0,525	0,922
Katar	312	109	318	91	349	84	-0,492	1,259	-0,095	1,235	565	106	520	146	0,208	1,17
Rusya Fed.	440	93	476	90	479	90	-1,296	1,436	-0,337	1,146	541	76	508	83	0	0,83
Sırbistan	401	92	435	92	436	85	-0,852	1,309	-0,216	1,053	523	90	520	94	0,155	0,946
Slovak Cum.	466	105	492	95	488	93	-0,441	1,127	-0,359	1,03	522	84	497	76	-0,248	0,81
Slovenya	494	88	504	89	519	98	0,144	0,895	0,12	0,907	505	96	502	96	0,174	0,965
İspanya	461	89	480	89	488	91	0,019	0,939	0,02	0,983	534	89	529	91	0,314	0,917
İsveç	507	98	502	90	503	94	0,274	0,772	-0,064	0,958	454	91	471	100	-0,331	1,013
İsviçre	499	94	530	97	512	99	0,165	0,874	0,077	0,95	504	88	510	103	0,045	1,025
Tayland	417	82	417	81	421	77	-1,172	1,146	-0,63	0,957	642	81	569	102	0,296	0,846
Türkiye	447	93	424	93	424	83	-0,603	1,19	-0,265	1,125	540	103	563	126	0,73	1,127
Uruguay	413	121	427	99	428	94	-0,211	1,133	-0,192	1,04	567	92	510	84	0,044	0,885

Kaynak: OECD PISA 2006 veritabanından derlenmiştir.

3.2.2. Ağırlıklar

SMAA-2 ve SMAA-TRI analizlerinde ağırlık bilgisinin hem bilinmediği hem de kısmi olarak bilindiği senaryolar incelenmiştir. Kriterlere ilişkin olarak kısmi ağırlıkların belirlenmesi aşamasında Tablo 3.3’de yer alan 3 ana kriter arasında tercih sıralaması yapılmıştır. Buna göre yapılan sıralama yeterlilikler, bilişim okuryazarlığı ve tutumlar şeklinde olmaktadır. Bu yönde bir sıralamanın yapılmasında iki faktör rol oynamaktadır. Birincisi söz konusu alanlara ilişkin olarak yapılan çalışmaların niceliği ile ilgilidir. PISA alanında en çok çalışılan alan önceki kısımlarda da gösterildiği üzere okuma, matematik ve fen bilimleri yeterlilikleridir. Bu alanlar PISA araştırmasının da odak noktasını oluşturmaktadır. Diğer ikinci alan ise bilişim okuryazarlığıdır. Bu alandaki çalışmalar yeterlilikler alanındaki kadar olmasa da PISA alanında yapılan çalışmalar arasında önemli bir yer tutmaktadır. Diğer yandan tutumlara ilişkin olarak genel itibarıyla PISA’nın sonuç raporundaki yorumlar dışında çok ciddi bir çalışma bulunmamaktadır. Ağırlık seçiminde ikinci önemli husus ise güvenilirlik düzeyi yüksek olan kriterlerin ağırlığının da yüksek tutulmasının faydalı olacağıdır. Bu kapsamda yeterlilikler ile ilgili alanlar için hesaplanan puanlar öğrencilerin doğrudan belirli sorulara verdikleri cevapların doğruluğu ile ölçülmektedir. Diğer yandan bilişim okuryazarlığı ve tutumlar ile ilgili puan ve endeks değerleri öğrencilerin kendi davranışları ve beceri düzeyleri hakkındaki subjektif tanımlamalardır. Dolayısıyla yeterlilikler ile ilgili skorların daha güvenilir olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 3.3: SMAA-2 ve SMAA-TRI Analizleri İçin Performans Kriterleri Ağırlıkları

	Okuma Becerileri	Matematik Okuryazarlığı	Fen Bilimleri Okuryazarlığı	İnternet Becerisi	Bilgisayar Programları Becerisi	Fen Bilimlerine İlgili	Bilimsel Sorgulamaya Verilen Destek	Çevreye ve Kaynaklara Yönelik Sorumluluk
Ağırlık w	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2	0,075-0,175	0,075-0,175	0,05-0,15	0,05-0,15	0,05-0,15

3.3. SMAA ANALİZLERİ VE SONUÇLARI

3.3.1. SMAA-2 Analizi

3.3.1.1. Uygulama ve Sonuçlar

SMAA-2 analizi çerçevesinde dört farklı senaryo incelenmiştir;

1. Kriterlere ilişkin ağırlık bilgisinin olmadığı ve kriter ölçümlerinin kesin değerler aldığı durum
2. Kriterlere ilişkin ağırlık bilgisinin olmadığı ve kriter ölçümlerinin olasılıklı değerler aldığı durum
3. Kriterlere ilişkin kısmi ağırlık bilgisinin olduğu ve kriter ölçümlerinin kesin değerler aldığı durum
4. Kriterlere ilişkin kısmi ağırlık bilgisinin olduğu ve kriter ölçümlerinin olasılıklı değerler aldığı durum

Çalışmanın önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere SMAA-2 analizi ölçümlerini sıra uygunluk endeksi, merkezi ağırlık vektörü ve bu vektöre ilişkin güven faktörü olarak tanımlamak mümkündür. Ayrıca SMAA-2 analizinde alternatiflerin ilk sırada yer alması olasılığı olarak tanımlanan birinci sıra uygunluk endeksi değerinin alternatifin uygunluk endeksi değeri ile aynı olduğu bilinmelidir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen alternatiflerin sayısı görece fazla olduğundan ülkelerin eğitim performansı açısından belirli bir sıraya dizilmesi durumunda sıra uygunluk endeksi değerleri özellikle stokastik analizde çok yüksek değerler almamaktadır. Bu nedenle elde edilen sıra uygunluk endeksi değerleri yardımıyla bütüncül uygunluk endeksi değerleri hesaplanmıştır. Bu endeks yardımıyla ülkelerin tüm sıralar için almış olduğu olasılık değerleri dikkate alınmaktadır.

Bütüncül uygunluk endeksi değeri her alternatif için sıra uygunluk endeksi değerlerinin birleştirilmesiyle hesaplanmaktadır. Söz konusu birleştirmede esas olan unsur ilk sıralar için meta ağırlık değerlerinin daha yüksek olmasıdır. Bu ilkeyle uyumlu olarak farklı yöntemler; doğrusal ağırlıklandırma $a^r = (m - r)/(m - 1)$, ağırlık merkezi ile

ağırlıklandırma $a^r = \sum_{i=r}^m 1/i / \sum_{i=1}^m 1/i$ ve ters ağırlıklandırma $a^r = 1/r$ olmak üzere bulunmaktadır. m alternatif sayısını, r ise sırayı göstermektedir. Bu doğrultuda meta ağırlıklar 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Bu çalışmada birleştirme yöntemi olarak ağırlık merkezi (*centroid*) ile ağırlıklandırma yapılmıştır.

Tablo 3.4’de ülkeler bütüncül uygunluk endeks değerlerinin büyüklüğüne göre dört farklı senaryo itibarıyla sıralanmaktadır. Tablodan da görüleceği üzere kriter ağırlıklarının hem kısmi olarak bilindiği hem de belirsiz olduğu durumlarda ülkelerin deterministik ve stokastik ölçümlerle sıralanması arasında fark bulunmaktadır. Bu farkın düzeyi ülkeler itibarıyla farklılaşmaktadır.

Kriter ağırlıklarının belirsiz olduğu durumda deterministik ve stokastik senaryolar arasında bu farkın en yüksek olarak görüldüğü ülkeler Tayland, Şili, Kolombiya, Türkiye, Ürdün, Japonya ve İsveç olarak sayılabilir. Örneğin Tayland ve Kolombiya deterministik analizde 40 ülke arasında bütüncül uygunluk endeks değeri itibarıyla sırasıyla 19. ve 26. sıralarda iken stokastik analizde bu ülkeler 33. ve 38. sıraya gerilemektedir. Bununla beraber İsveç ve Japonya ise stokastik analizde altı sıra öne geçmektedir. Dolayısıyla bu ülkelerin kriter ölçüm değerlerindeki belirsizliğe daha duyarlı olduğu söylenebilir. Diğer yandan kriter ağırlıklarının kısmi olarak bilindiği durumda ülkelerin stokastik analize duyarlılığı belirli bir düzeyde olmakla beraber önceki gibi değildir. Ülkelerin eğitim sistemleri performanslarının karşılaştırıldığı durumlarda daha gerçekçi bir sıralamanın yapılabilmesi için belirsiz ölçümlerin kullanılabilmesine izin veren SMAA-2’nin faydalı olduğu görülmektedir.

Tablo 3.4: SMAA-2 Analizi Bütüncül Uygunluk Endeks Değerleri

	Belirli Ölçümler & Belirsiz Ağırlık		Belirsiz Ölçümler & Belirsiz Ağırlık		Fark	Belirli Ölçümler & Kısmi Ağırlık		Belirsiz Ölçümler & Kısmi Ağırlık		Fark
	a ^h	Sıra	a ^h	Sıra		a ^h	Sıra	a ^h	Sıra	
Almanya	31,66	12	28,84	11	1	31,60	12	30,73	12	0
Avustralya	30,71	13	28,18	12	1	37,57	10	32,13	7	3
Avusturya	35,90	8	29,19	9	-1	39,43	8	31,18	10	-2
Belçika	34,19	10	29,71	6	4	41,67	7	32,78	6	1
Bulgaristan	5,95	37	15,85	36	1	3,54	35	11,48	35	0
Çek	17,34	20	24,27	19	1	20,35	17	26,51	16	1
Danimarka	10,73	29	20,62	26	3	13,79	23	22,16	23	0
Finlandiya	29,98	14	29,07	10	4	39,10	9	35,24	4	5
Hırvatistan	15,53	24	21,41	22	2	13,99	22	21,06	24	-2
Hollanda	16,06	22	22,88	21	1	19,68	18	27,49	15	3
İrlanda	9,01	30	19,98	28	2	9,73	28	20,35	25	3
İspanya	32,80	11	26,60	14	-3	26,41	14	25,52	18	-4
İsveç	8,91	31	20,77	25	6	11,64	25	22,26	22	3
İsviçre	36,58	7	30,19	5	2	45,44	5	33,21	5	0
İtalya	8,84	32	18,09	31	1	7,16	30	16,47	31	-1
İzlanda	11,23	28	21,34	23	5	13,66	24	22,58	21	3
Japonya	7,04	35	19,81	29	6	6,09	32	19,42	27	5
Kanada	52,74	4	33,32	3	1	65,79	3	39,27	3	0
Katar	2,71	40	10,54	40	0	0,58	40	4,38	40	0
Kolombiya	11,99	26	14,87	38	-12	1,72	39	8,51	39	0
Kore	64,15	3	36,16	1	2	79,93	2	42,01	1	1
Letonya	8,55	33	18,68	30	3	9,79	27	18,65	28	-1
Lihtenştayn	73,55	1	36,15	2	-1	92,85	1	40,99	2	-1
Litvanya	23,89	18	24,96	16	2	19,05	19	23,53	20	-1
Macaristan	24,58	17	26,11	15	2	23,02	15	26,14	17	-2
Makao-Çin	42,38	5	29,58	7	-2	41,84	6	31,56	9	-3
Norveç	16,53	21	23,49	20	1	17,62	21	24,33	19	2
Polonya	26,69	15	26,79	13	2	26,73	13	28,05	14	-1
Portekiz	65,13	2	31,61	4	-2	55,94	4	31,04	11	-7
Rusya	4,89	38	14,92	37	1	3,46	36	12,70	34	2
Sırbistan	4,30	39	13,76	39	0	1,77	38	9,77	38	0
Slovak	5,99	36	17,78	32	4	6,43	31	17,17	30	1
Slovenya	34,54	9	29,40	8	1	37,43	11	31,62	8	3
Şili	37,39	6	24,71	17	-11	17,72	20	20,09	26	-6
Tayland	17,84	19	17,02	33	-14	4,18	34	10,24	36	-2
Türkiye	24,76	16	20,99	24	-8	10,47	26	15,59	32	-6
Uruguay	8,08	34	16,33	34	0	4,99	33	13,00	33	0
Ürdün	11,85	27	16,18	35	-8	2,88	37	9,80	37	0
Yeni Zelanda	15,84	23	24,37	18	5	20,41	16	28,39	13	3
Yunanistan	14,05	25	20,37	27	-2	9,43	29	17,53	29	0

*a^h bütüncül uygunluk endeks değerleri yüzde olarak ifade edilmektedir.

Ülkelerin eğitim performansları itibarıyla sıralanmasının yanı sıra eğitim performanslarında hangi kriterlerin daha önemli olduğunun da analiz edilmesinin yararı bulunmaktadır. Bu nedenle dört farklı senaryoyu inceledikten sonra kriterlerin almış olduğu ağırlıkların tartışılması gerekmektedir. Bu analizi yaparken ağırlıkların bilinmediği ve ölçümlerin belirsiz olduğu 2. senaryonun kullanılması daha uygundur. Tablo 3.5’de ülkelerin uygunluk endeksleri, merkezi ağırlık vektörü ve buna ilişkin güven faktörü verilmektedir.

SMAA-2 analizinde alternatiflerin ilk sırada olma olasılığı (b^1) aynı zamanda onların uygunluk endeksi (a) değerine eşittir. İlk sırada olma olasılığı ve güven faktörleri incelendiğinde ülkelerin önemli derecede birbirlerinden ayrılmadığı gözlenmektedir. SMAA-2 analizinde kullanılan veriler o ülkedeki tüm öğrencilerin ortalaması ve bunun standart sapması olduğu için sonuçların da bu çerçevede dikkatli yorumlanması gerekmektedir. Buna göre b^1 , her ülkeden rastgele seçilen bir öğrencinin diğer ülkelerden seçilen öğrencilerle karşılaştırıldığında ilk sırada olma olasılığını göstermektedir. Örneğin, Koreli bir öğrencinin diğer ülkeler dikkate alındığında tabloda gösterilen ağırlık vektörü ile ilk sırada olması olasılığı en fazla yüzde 6 olup bunun güvenilirlik düzeyi ise yüzde 10’dur. Kore’nin ilk sırada olma olasılığının söz konusu en yüksek değere sahip olması için ise merkezi ağırlık vektöründeki gibi bir tercih politikasının eğitimdeki karar vericiler tarafından benimsenmesi gerekmektedir. Eğitim sistemindeki performans açısından ilk sırada olma olasılığı Kore, Kanada ve Lihtenştayn için hemen hemen aynıdır. Bunun yanında bu üç ülkenin merkezi ağırlık vektörü incelendiğinde Lihtenştayn ve Kanada’daki öğrencilerin analizde kullanılan sekiz kriter açısından performans düzeylerinin birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca bu iki ülkenin merkezi ağırlık vektöründeki ağırlıklar da daha dengeli dağılmaktadır. Dolayısıyla her iki ülkede eğitimdeki yüksek başarı düzeyi tüm kriterler için geçerlidir. Ancak Koreli öğrencilerin görece başarı düzeylerin özellikle dördüncü kriter açısından (internet okuryazarlığı) daha zayıf olduğu ve bu eksikliğin ise üçüncü (fen bilimleri okuryazarlığı) ve sekizinci (çevreye ve kaynaklara yönelik sorumluluk) kriterlerdeki başarı düzeyi ile telafi edildiği görülmektedir.

Tablo 3.5: Uygunluk İndisleri (a), Güven faktörleri (p) ve Merkezi Ağırlıklar (w_1 - w_8)

	a^{20}	$a=b^1$	p	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8
Kore	74	6	10	12	14	15	10	13	11	11	14
Lihtenştayn	73	7	9	13	12	13	14	12	11	13	12
Kanada	69	6	7	13	14	13	14	13	10	12	11
Makao-Çin	66	3	4	11	11	14	10	14	13	13	13
Portekiz	66	5	7	9	11	11	14	12	15	12	15
İsviçre	64	4	5	14	12	14	12	12	11	13	13
Belçika	64	4	5	13	12	14	13	13	11	11	12
Slovenya	63	4	4	14	12	12	12	13	12	13	12
Finlandiya	63	3	5	15	16	14	11	13	9	10	12
Avusturya	62	4	5	13	14	11	14	13	11	13	10
Avustralya	61	3	5	15	12	13	13	13	10	12	12
Almanya	60	5	5	13	14	12	13	12	12	13	12
İspanya	58	3	4	11	10	11	13	12	15	13	14
Macaristan	58	2	3	12	12	12	12	13	13	12	14
Polonya	58	3	3	12	13	12	15	12	11	11	13
Litvanya	56	2	3	11	12	12	12	12	14	14	12
Çek	53	2	3	14	13	14	15	14	10	9	10
Yeni Zelanda	52	3	3	16	15	14	12	13	11	10	10
Hollanda	52	2	3	16	16	15	14	13	10	7	9
Norveç	51	2	2	12	12	12	15	13	11	13	12
Şili	51	4	6	9	10	9	12	13	17	17	13
Hırvatistan	49	1	1	15	11	11	13	12	14	12	13
Danimarka	47	1	1	13	14	15	14	14	11	9	10
İzlanda	47	2	2	13	11	14	13	11	11	15	11
İsveç	46	1	1	11	14	15	12	13	10	12	12
Yunanistan	44	2	2	11	11	10	11	11	16	14	15
İrlanda	44	1	1	16	16	12	11	12	11	10	12
Türkiye	43	3	4	8	10	10	11	11	14	18	17
Letonya	43	1	1	12	11	13	17	17	10	13	8
Japonya	42	2	2	15	14	14	8	11	13	11	13
İtalya	39	1	1	11	15	11	11	11	13	14	14
Slovak	39	1	1	14	12	15	13	15	12	10	10
Tayland	36	1	4	8	7	9	10	9	23	21	13
Uruguay	34	1	1	9	11	9	14	14	19	11	13
Bulgaristan	33	1	1	10	10	10	11	17	15	16	12
Ürdün	33	1	2	8	10	9	13	9	19	17	15
Rusya	31	0	0	12	10	11	16	15	15	14	9
Kolombiya	30	1	5	8	9	8	12	9	31	13	9
Sırbistan	28	1	1	7	8	11	16	14	13	15	15
Katar	19	1	2	7	7	7	16	12	15	19	18

Not: Tablodaki ölçümler belirsiz ölçümler ve ağırlıkların bilinmediği SMAA-2 sonuçlarıdır. Ülkeler ilk 20'de olma olasılığı (a^{20}) itibarıyla azalan olarak sıralanmıştır.

Ülkelerin ilk 20 sıra için almış oldukları olasılık değerleri kümülatif olarak değerlendirildiğinde önemli sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu kapsamda ilk 20 sırada olma olasılığı en yüksek 20 ülke ile diğer 20 ülkenin merkezi ağırlık vektörü karşılaştırılmıştır. Buna göre ilk 20 sırada yer alma olasılığı en yüksek 20 ülkenin merkezi ağırlık vektöründeki değerlerin standart sapmalarının ortalaması 1,5 iken diğer 20 ülke için bu oran yaklaşık 2 kat daha fazla olup 3,1'dir. Dolayısıyla son 20 sırada yer alma olasılığı daha fazla olan ülkelerin eğitim sistemlerindeki performans düzeyinin görece olarak daha düşük olmasının yanında bu ülkelerin mümkün olan en üst sıralarda yer almalarını sağlayacak kriter ağırlıkları da tutarsızlık arz etmektedir. Kısacası bu ülkelerin hem kriterler arasındaki performans düzeyleri düşük hem de kriterler arasındaki başarı farklılıkları büyüktür.

Son olarak söz konusu iki gruptaki ülkelerin kriterler itibarıyla merkezi ağırlık vektöründeki değerlerin karşılaştırılması da önemlidir. Bu karşılaştırma iki grubun tercih yapısı arasındaki farklılığı da ortaya koymaktadır. Bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için bağımsız t-testi analizi kullanılmaktadır.

Tablo 3.6: Ağırlıklar Arasındaki Farklara İlişkin t-testi Sonuçları

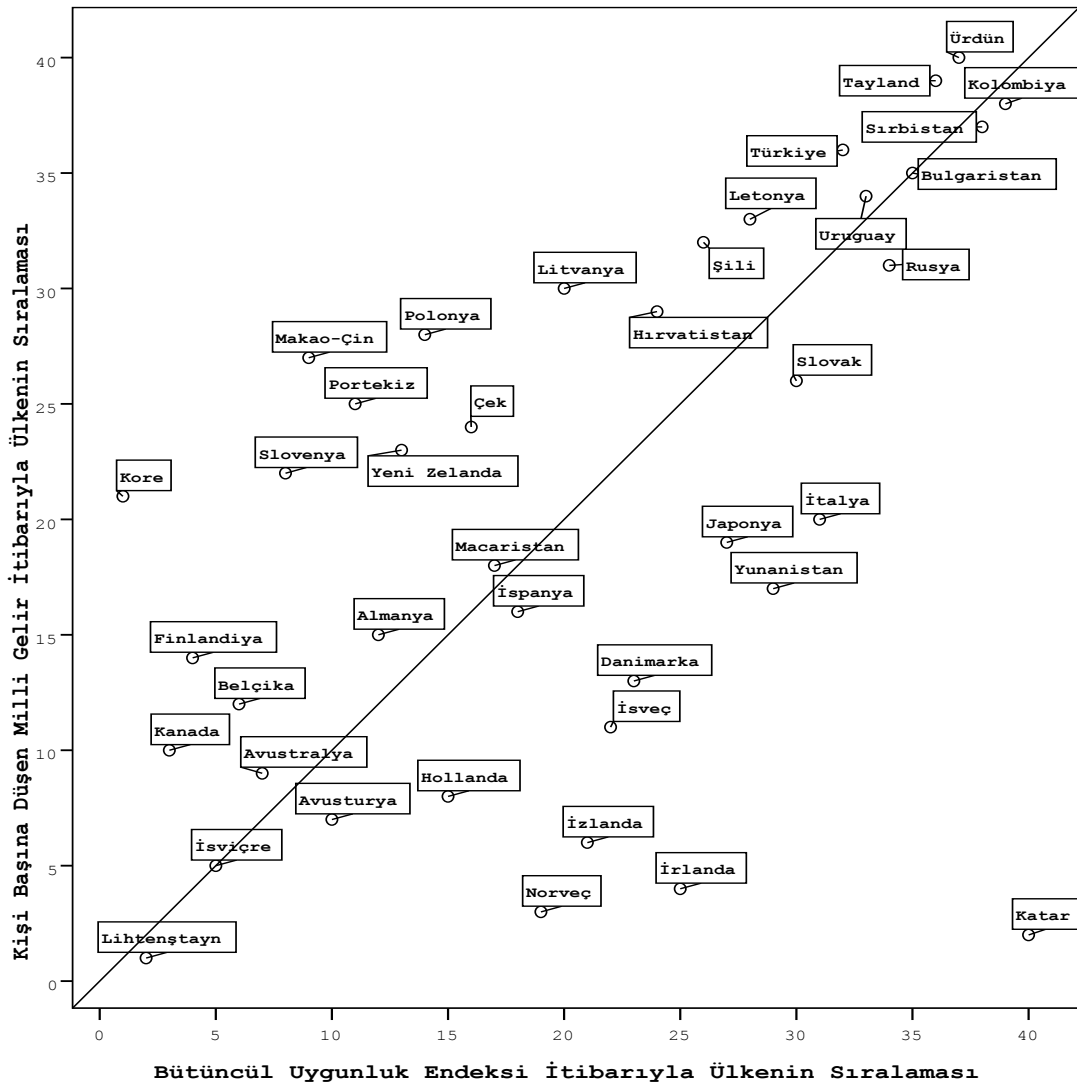
	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8
Ortalama Fark	2,1	1,8	1,75	0,2	0,25	-3,55	-2,3	-0,5
Anlamlılık Düzeyi	0,008*	0,1	0,008*	0,747	0,655	0,005*	0,008*	0,47

* Fark 0,05 olasılık düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 3.6'dan da görüleceği üzere ilk 20 sırada yer olma olasılığı en yüksek 20 ülkenin (birinci grup) merkezi ağırlık vektöründeki ağırlık değerleri kriter bazında diğer ülkelerle (ikinci grup) karşılaştırıldığında sekiz kriterden dördünde söz konusu iki grup arasındaki ağırlık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Buna göre birinci gruptaki ülkelerin okuma becerisi ve fen bilimleri okuryazarlığı kriterlerinin ağırlık değerleri ikinci gruptakilere göre daha yüksektir. Diğer yandan fen bilimlerine olan ilgi ve bilimsel sorgulamaya verilen destek kriterleri için ise ikinci gruptaki ağırlık değerleri birinci gruba göre daha yüksektir. Okuma ve fen bilimlerinde ilk 20'deki ülkelerin performanslarının diğer kriterlerdeki performanslarına oranla görece daha yüksek olduğunu, diğer yandan fen bilimlerine olan ilgi ve bilimsel sorgulamaya verilen destek kriterleri için ise son 20'de olan ülkelerin performanslarının

diğer kriterlerdeki performanslarına oranla görece daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü adı geçen kriterler bu ülkeleri üst sıralara taşıma noktasında daha yüksek ağırlıklar almaktadır. Öte yandan bilişim teknolojileri okuryazarlığındaki ağırlıklar açısından iki grup arasında bir fark olmadığı görülmektedir.

Şekil 3.1: Ülkelerin Gelişmişlik Düzeyi ve Eğitim Kalitesi İtibarıyla Karşılaştırılması



Not: Kişi başına düşen milli gelir ve bütüncül uygunluk endeksi itibarıyla ülkeler en iyiden en kötüye doğru sıralanmıştır (Bkz. Ek-2). Eksenler ülkelerin sırasını göstermektedir.

Ülkelerin gelişmişlik düzeyinin eğitim sistemlerinin kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda ülkeler gelişmişlik düzeyi (kişi başına düşen milli gelir) ve eğitim sisteminin başarı düzeyi (bütüncül uygunluk endeksi) itibarıyla

sıralanıp karşılaştırıldığında aradaki Spearman korelasyonun % 54 ile 0,001 anlamlılık düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber bazı ülkeler gelişmişlik düzeyi itibarıyla kendilerinden beklenen eğitim kalitesinin ya üzerinde ya da altında kalmaktadır. Şekil 3.1'den de görüleceği üzere 45 derecelik doğrunun altında kalan ülkelerin mevcut gelişmişlik düzeyi ile beklenen eğitim kalitesini yakalayamadığı görülmektedir. Bu çerçevede Katar, İzlanda, İrlanda ve Norveç gibi ülkeler eğrinin oldukça altında kalmaktadır. Diğer yandan eğrinin üzerinde kalan ülkelerin eğitim kalitesinin bu ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile karşılaştırıldığında eğitim sistemlerinin başarılı olduğu söylenebilir. Bu kapsamda öne çıkan ülkeler ise Kore, Makao-Çin, Polonya, Portekiz ve Slovenya olarak sayılabilir.

3.3.2. SMAA-TRI Analizi

3.3.2.1. Önerilen Gruplama Çerçevesi

Bu kısımda önerilecek sınıflandırma çerçevesinin amacı öğrencilerinin kazanım düzeyleri itibarıyla ülkeleri göstermiş oldukları performansa göre sınıflandırmaktır. Bu tür bir gruplandırma ile hem sonraki çalışmalar için bir altyapı oluşturacak hem de ülkelerin mevcut sosyo-ekonomik potansiyeli itibarıyla göstermiş olduğu etkinlik düzeyi belirlenecektir. Bu çalışmada kategoriler üst düzey, orta düzey ve alt düzey olarak belirlenmiştir. Ülkeleri söz konusu kategorilere sınıflandırmak için başarı ölçümleri ile farksızlık ve tercih eşiklerinin kullanılması gerekmektedir.

Başarı Ölçümleri

Puanla ölçülen kriterlerin OECD ortalaması 500 ve standart sapması 100'dür. Diğer yandan endeks ile ölçülen kriterlerin OECD ortalaması 0 ve standart sapması 1'dir. Bu kapsamda kategoriler için başarı sınırları belirlenirken bu değerlerden faydalanılmış ve OECD ortalaması minimum başarı kriteri olarak kullanılmıştır. Bu durumda kategori 1 ve kategori 2 arasındaki başarı sınırı; puan olarak ölçülen kriterler için 500, endeks ile ölçülenler için ise 0 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin altında kalan ölçümler alt düzeyde başarılı olarak kabul edilmektedir. Diğer yandan standart sapma değerleri puan ve endeks ölçümler için sırasıyla 100 ve 1 olduğundan, ikinci ve üçüncü kategoriler

arasındaki başarı sınırı ortalamanın yarım standart sapma fazlası olarak tanımlanmıştır. İkinci kategori orta düzeyde bir başarıyı gösterirken üçüncü kategori üst düzeyde bir başarıyı göstermektedir. Tablo 3.7’de performans kriterlerine ilişkin olarak üç kategoriye birbirinden ayıran başarı sınırları gösterilmektedir.

Tablo 3.7: SMAA-TRI Analizi Kategoriler İçin Başarı Ölçümleri

	Okuma Becerileri	Matematik Okuryazarlığı	Fen Bilimleri Okuryazarlığı	İnternet Becerisi	Bilgisayar Programları Becerisi	Fen Bilimlerine İlgisi	Bilimsel Sorgulamaya Verilen Destek	Çevreye ve Kaynaklara Yönelik Sorumluluk
Alt/orta düzey	500	500	500	0	0	500	500	0
Orta/üst düzey	550	550	550	0,5	0,5	550	550	0,5

Farksızlık ve Tercih Eşikleri

Ülkeler itibarıyla belirlenen performans ölçümleri PISA araştırmasının metodolojisi nedeniyle belirli bir standart hata ile verilmektedir. Dolayısıyla ülkelerin performans kriterler ölçümlerinin, kategori başarı sınırları ile karşılaştırılması durumunda farksızlık ve tercih eşiklerinin bu doğrultuda saptanması gerekmektedir. Hangi düzeydeki farkların anlamlı olacağı burada önem kazanmaktadır. Dolayısıyla farksızlık eşik değeri ve tercih eşik değerleri için ülkelerin standart hatalarının ortalaması kullanılmıştır. Bu bağlamda farksızlık eşik değeri, ilgili kriterin parametre değerinin karşılaştırıldığı kategori başarı sınırı değerinden % 70 (bir standart sapma) olasılıkla farksız olması için gerekli olan başarı sınırı değerlerinin üst limiti olarak belirlenmiştir. Diğer yandan tercih eşik değeri ise ilgili kriterin parametre değerinin karşılaştırıldığı parametre değerinden % 95 (iki standart sapma) olasılıkla farksız olması için gerekli olan başarı sınırı değerlerinin üst limiti olarak belirlenmiştir. Kriterler itibarıyla farksızlık ve tercih eşikleri Tablo 3.8’de gösterilmektedir.

Tablo 3.8: SMAA-TRI Analizi Kategori Başarı Sınırlarına Ait Farklılık ve Tercih Eşik Değerleri

	Okuma Becerileri	Matematik Okuryazarlığı	Fen Bilimleri Okuryazarlığı	İnternet Becerisi	Bilgisayar Programları Becerisi	Fen Bilimlerine İlgili	Bilimsel Sorgulamaya Verilen Destek	Çevreye ve Kaynaklara Yönelik Sorumluluk
Farklılık Eşik Değeri (q_i)	2	2	2	0,02	0,02	2	2	0,02
Tercih Eşik Değeri (p_j)	4	4	4	0,04	0,04	4	4	0,04

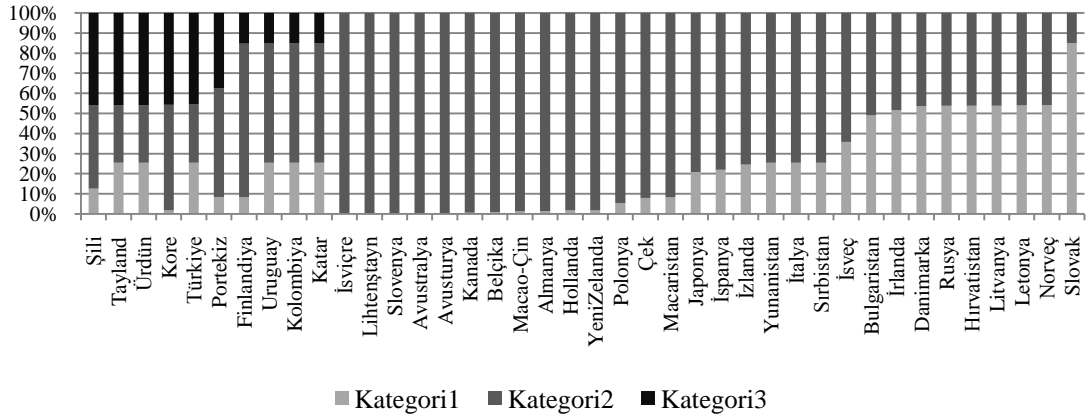
3.3.2.2.Uygulama ve Sonuçlar

SMAA-TRI analizi çerçevesinde dört farklı senaryo incelenmiştir;

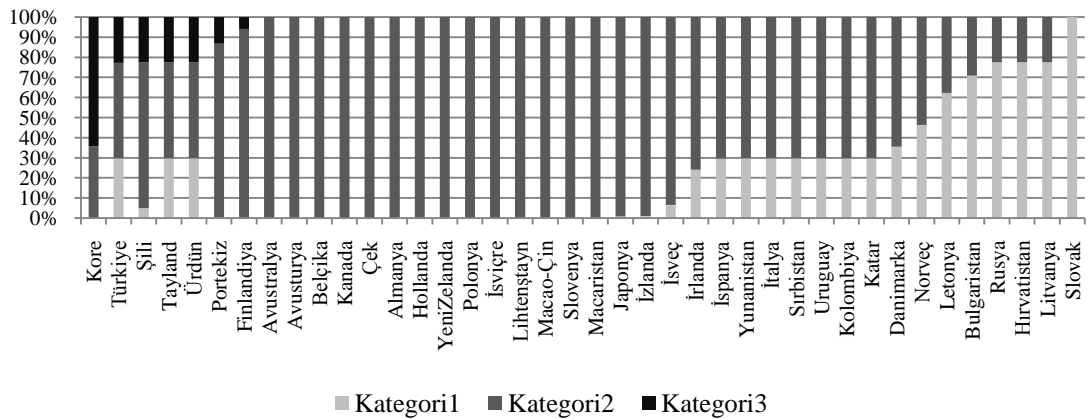
1. Kriterlere ilişkin ağırlık bilgisinin olmadığı ve kriter ölçümlerinin kesin değerler aldığı durum
2. Kriterlere ilişkin kısmi ağırlık bilgisinin olduğu ve kriter ölçümlerinin kesin değerler aldığı durum
3. Kriterlere ilişkin ağırlık bilgisinin olmadığı ve kriter ölçümlerinin olasılıklı değerler aldığı durum
4. Kriterlere ilişkin kısmi ağırlık bilgisinin olduğu ve kriter ölçümlerinin olasılıklı değerler aldığı durum

Dört farklı senaryo itibarıyla kategori uygunluk endeks değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de kriter ölçümlerinin deterministik olduğu ancak ilk şekilde ağırlık bilgisinin olmadığı, ikinci şekilde ise kısmi ağırlık bilgisinin olduğu senaryolar ile elde edilen kategori uygunluk indisleri yığılmalı olarak gösterilmektedir. Bu iki şekilde de görüldüğü üzere bazı farklar dikkati çekmektedir.

Şekil 3.2: Deterministik Ölçümlerin Kullanıldığı ve Ağırlık Bilgisinin Olmadığı SMAA-TRI Analizi



Şekil 3.3: Deterministik Ölçümlerin Kullanıldığı ve Kısmi Ağırlık Bilgisinin Olduğu SMAA-TRI Analizi

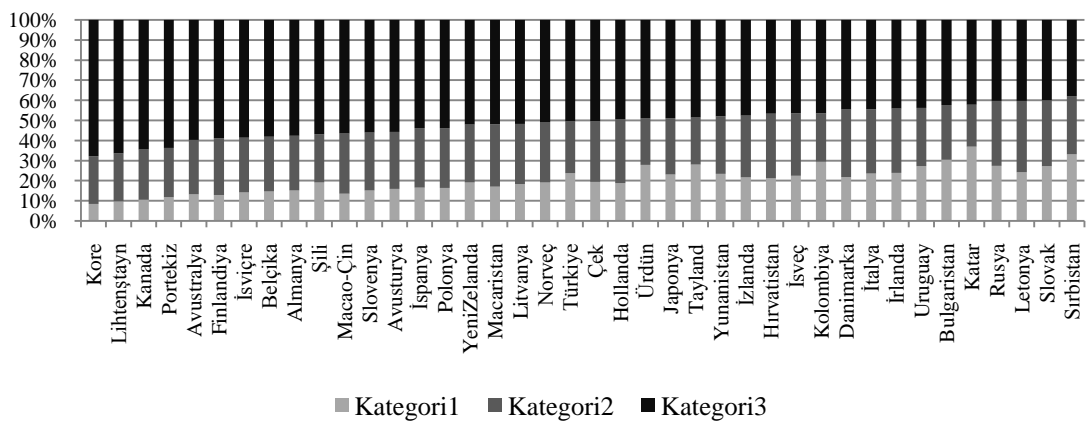


Öncelikle 1. analizde üç kategoride de olma olasılığı bulunan ülke sayısı 10 iken bu sayı ikinci analizde 4'e düşmektedir. Kısmi ağırlık bilgisinin olması ile bu 10 ülke arasından Portekiz, Finlandiya, Uruguay, Kolombiya ve Katar'ın ikinci kategoride yer alması kesinleşmektedir. Kore ise sadece 2. ve 3. kategorilerde yer alma şansına sahip olmaktadır. Ağırlık bilgisinin olup olmamasından bağımsız bir şekilde Türkiye, Şili, Tayland ve Ürdün deterministik ölçümler kullanıldığında dahi üç kategoride de yer alabilmektedir. Mevcut kriterler bu ülkeler hakkında kesin bir yorum yapmayı zorlaştırmaktadır.

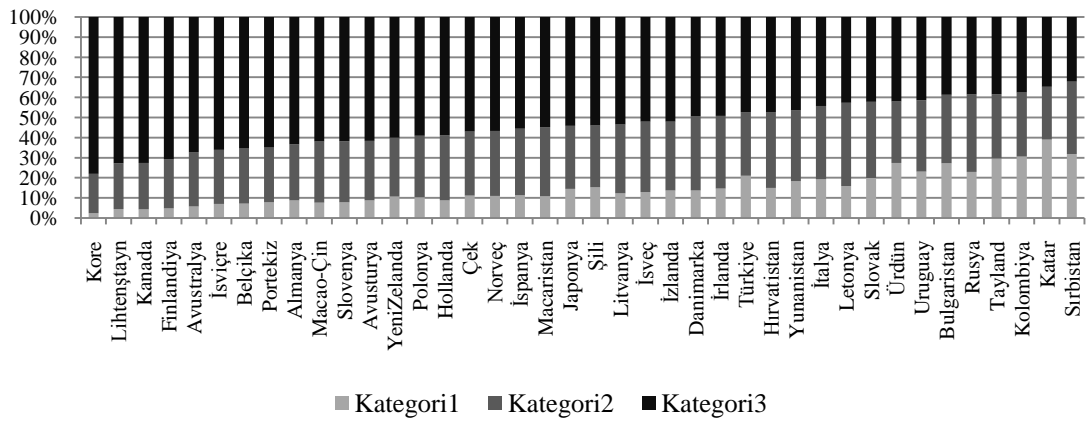
Kriterler için stokastik ölçümlerin kullanıldığı durumda ise ülkelerin farklı kategorilerde yer alması şansı artmaktadır (Bkz. Şekil 3.4. ve 3.5). Buna göre ağırlık bilgisinin olmadığı veya kısmi olduğu analizlerde ülkelerin orta düzeyde başarıyı temsil eden

ikinci kategoride olma olasılığı birbirine daha yakındır. Bununla beraber ülkelerin birinci ve üçüncü kategorilerde olma olasılıkları arasındaki varyasyon deterministik ölçümlere göre daha fazladır. Ayrıca üst düzeyde başarıyı temsil eden üçüncü kategoride olma olasılıklarına göre ülkeler sıralandığında deterministik ölçümlerde Tayland, Şili, Ürdün ve Türkiye ön sıralarda yer almaktayken stokastik ölçümlerde bu ülkeler daha da geriye düşmektedir.

Şekil 3.4: Stokastik Ölçümlerin Kullanıldığı ve Ağırlık Bilgisinin Olmadığı SMAA-TRI Analizi



Şekil 3.5: Stokastik Ölçümlerin Kullanıldığı ve Kısmi Ağırlık Bilgisinin Olduğu SMAA-TRI Analizi



Tablo 3.9’da farklı senaryolar itibarıyla kategorilere kaç ülkenin yerleştiği OECD’ye üye olan ve olmayan ülkeler grubu itibarıyla incelenmiştir. Tablodan da görüleceği üzere stokastik analizde en başarılı olarak sınıflandırılan üçüncü kategorideki ülkelerin

sayısı artmaktadır. Son senaryo dışında OECD'ye üye ülkeler içinde belirli bir kategoride olma olasılığının % 50'den fazla olduğu ülkelerin oranı OECD'ye üye olmayan ülkelere göre daha fazladır. Örneğin III. Senaryoda 25 OECD ülkesi içinde 17 (% 68) tanesinin, büyük oranda (% 50'den fazla) belirli bir kategoride olduğu görülürken bu sayı OECD'ye üye olmayan 15 ülke için 7'dir (% 47).

Tablo 3.9: OECD'ye Üye Olan ve Olmayan Ülkelerin Eğitim Kalitesi Açısından Sınıflandırılması

		Kat.1		Kat.2		Kat.3		Toplam	
		Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Deterministik Ölçümler, Kısmi Ağırlık Bilgisi (I)	OECD'ye üye ülkeler	4	16	20	80	1	4	25	100
	OECD'ye üye olmayan ülkeler	2	13	10	67	0	0	12	80
	Toplam	6	15	30	75	1	3	37	93
Deterministik Ölçümler, Ağırlık Bilgisi Yok (II)	OECD'ye üye ülkeler	5	20	20	80	0	0	25	100
	OECD'ye üye olmayan ülkeler	3	20	8	53	0	0	11	73
	Toplam	8	20	28	70	0	0	36	90
Stokastik Ölçümler, Kısmi Ağırlık Bilgisi (III)	OECD'ye üye ülkeler	0	0	0	0	17	68	17	68
	OECD'ye üye olmayan ülkeler	0	0	0	0	7	47	7	47
	Toplam	0	0	0	0	24	60	24	60
Stokastik Ölçümler, Ağırlık Bilgisi Yok (IV)	OECD'ye üye ülkeler	0	0	0	0	13	52	13	52
	OECD'ye üye olmayan ülkeler	0	0	0	0	8	53	8	53
	Toplam	0	0	0	0	21	53	21	53

Not: Belirli bir kategoride bulunma olasılığı % 50'den fazla olan ülkeler o kategoride sayılmıştır. OECD'ye üye olan ülkelerin sayısı 25, olmayan ülkelerin sayısı ise 15'dir.

Sonuç olarak deterministik ve stokastik sonuçlar arasında önemli farklar olduğu görülmektedir. Ülkeleri mevcut kriterler açısından sadece ülke ortalamaları ile karşılaştırmanın yetersiz bir varsayım olduğu görülmektedir. Ülke içindeki varyasyon da hesaba katıldığında önemli farklar oluşmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma ülkeleri, eğitim sistemlerinin öğrencileri hayata ne derecede iyi hazırladıklarını ölçerek sıralamaya ve gruplandırmaya çalışmıştır. Bunu yaparken ise ülkelerin karşılaştırılması için farklı boyutların bütüncül olarak dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Karşılaştırma sürecinde bu farklı boyutların birlikte analiz edilmesi için yönelem araştırması kapsamında bulunan ÇKKD yöntemlerinden biri olan SMAA kullanılmaktadır.

Ülkelerin eğitim sistemlerinin karşılaştırılması, eğitimdeki temel kazanımlar açısından farklı kriterler kullanılarak yapılmıştır. Bu çerçevede ülkelerin birbirlerine karşı rekabet edebilirlik ve belirli standartları karşılama düzeyleri; öğrencilerin temel alanlardaki okuryazarlığı, bilişim teknolojilerindeki beceri düzeyleri ve bilime karşı olan tutumları açısından yapılan karşılaştırma ile belirlenmiştir.

SMAA-2 analizi sonuçları, hayat için gerekli beceri ve bilgileri kazandırmadaki rekabet düzeylerine göre eğitim sistemlerinin sıralanmasına imkân vermiştir. Bu kapsamda Kore, Lihtenştayn ve Kanada'nın diğer ülkelere oranla en başarılı ülke olma konusunda bir adım önde oldukları görülmektedir. Diğer yandan, SMAA-2 analizinde deterministik ve stokastik analiz arasındaki sıralamanın bazı ülkeler için daha belirgin olmakla beraber farklılaştığını belirtmek gerekir. Ayrıca ağırlık bilgisinin olmadığı varsayımıyla yapılan analizde, ülkeleri mümkün olan en üst sıraya taşıyan merkezi ağırlık vektöründeki değerlerin bazı ülkelerin sahip olduğu kriter ölçümleri açısından tutarsızlık gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle son sıralarda yer alan ülkelerdeki kriterlerin ağırlık değerleri arasındaki görece varyasyon daha fazladır. Diğer yandan ilk 20'de ve son 20'de yer alan ülkelerin merkezi ağırlık vektöründe yer alan ağırlık değerlerinin sekiz kriterden dördünde farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve eğitim sistemlerinin kalitesi karşılaştırıldığında bazı ülkelerin gelişmişlik düzeyine oranla yüksek bazılarının ise düşük bir eğitim kalitesi olduğu belirlenmiştir.

Değerlendirmedeki ülke sayısının görece fazla olması ve SMAA-2 analizinde bazı ülkelerin sıra itibarıyla tam olarak ayrışamadığından bahisle SMAA-TRI analizi ile

Ülkelerin başarıları itibarıyla üç kategoriye sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu analizin en ne çıkan sonucu stokastik senaryoda ülkelerin en üst düzeyde başarıyı temsil eden üçüncü kategoride yer alma olasılıklarının artmasıdır. Deterministik analizde ise ülkelerin belirli bir kategoride bulunma olasılıkları daha fazladır. Ülkelerin genel itibarıyla ikinci kategoride yer alma olasılıkları birbirine yakinken birinci ve üçüncü kategori için bunu söylemek zordur. Diğer yandan bazı ülkelerin üst düzeyde (kategori 3) veya alt düzeyde (kategori 1) başarı gösterdikleri daha net bir şekilde görülürken diğer ülkelerin bulunabilecekleri kategori açısından belirsizlik düzeyleri daha fazladır. Son olarak OECD'ye ye olan ve olmayan ülke grubu itibarıyla dört farklı senaryo değerlendirildiğinde OECD'ye ye ülkelerin belirli bir kategori için olasılık değerinin ye olmayanlara oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca stokastik senaryolarda hem genel olarak hem de iki grup açısından ülkelerin belirli bir kategoriye yerleşmeleri daha yüksek ihtimaldir.

Karşılaştırmalı eğitim alanında yapılacak çalışmalarda farklı göstergelerin ve perspektiflerin bütüncül olarak irdelenmesi önemlidir. Çalışma KKD teknikleri yardımıyla böyle bir yaklaşım getirmektedir. Bu çerçevede ülkelerin objektif olarak karşılaştırılabilirliğine imkân veren PISA verileri kullanılarak öğrencilerin hayatlarında ihtiyaç duyacakları ve eğitimin önemli çıktılarından biri olan temel kazanımlar itibarıyla bir değerlendirme yapılmıştır. Ancak bu alandaki karşılaştırılabilir farklı verilerin üretilmesi ile beraber bu çalışmadaki araştırma yaklaşımı diğer çalışmalarla beraber geliştirilebilir. Örneğin, ülkelerin farklı çalışmalar itibarıyla ayrı ayrı belirlenen etkililik, verimlilik, etkinlik ve eşitlik düzeyleri yardımıyla KKD yöntemleri kullanılarak bütüncül bir bakış açısı getirilebilir. Ayrıca, bu çalışma ile tanımlanan ülkelerin karşılaştırma sonuçları bundan sonraki çalışmalar için de bir altyapı oluşturabilir. Örneğin, ülkelerin eğitim sistemleri için girdi niteliğinde olan sistem düzeyindeki kişi başına düşen mili gelir, gelir dağılımı, nüfusun büyüklüğü vb. göstergeler veya okul düzeyindeki beşeri ve fiziki altyapı, eğitim içeriği vb. göstergeler ile yapılan analizlerde bu çalışmanın sonuçları bir referans olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Afonso, A. ve Aubyn, M. (2006) Cross-Country Efficiency of Secondary Education Provision: A Semi-Parametric Analysis with Non-Discretionary Inputs [Ortaöğretim Hizmetinin Ülkeler İtibarıyla Etkinliği: İsteğe Bağlı Olmayan Girdilerle Yarı Parametrik Bir Analiz]. *Economic Modeling*, 23, 476-491.
- Baker, D.P., Goesling, B. ve Letendre, G. K., (2002) Socioeconomic Status, School Quality, and National Economic Development: A cross-National analysis of the 'Heyneman-Loxley Effect' on Mathematics and Science Achievement, *Comparative Education Review*, 46(3), 291-312.
- Bana e Costa, C.A. (1986) A Multicriteria Decision Aid Methodology to Deal with Conflicting Situations on the Weights, *European Journal of Operational Research*, 26(1), 22-34.
- Bana e Costa, C.A. (1988) A Methodology for Sensitivity Analysis in Three-Criteria Problems: A Case Study in Municipal Management, *European Journal of Operational Research*, 33(2), 159-173.
- Charnetski, J. (1973) The Multiple Attribute Problem with Partial Information: The Expected Value and Comparative Hypervolume Methods, Doktora tezi University of Texas at Austin, Austin.
- Charnetski, J. ve Soland, R. M. (1978) Multiple-Attribute Decision Making with Partial Information: The Comparative Hypervolume Criterion, *Naval Research Logistics Quarterly*, 25(2), 279-288.
- David, H.A. (1970), *Order Statistics*, New York: Wiley.
- Davutyan, N., Demir, M. ve Polat, S. (2010) Assessing the Efficiency of Turkish Secondary Education: Heterogeneity, Centralization and Scale Diseconomies, *Socio-Economic Planning Sciences*, 44(1), 35-44.
- Erdoğan, İ. (Ocak 2006) *Avrupa Birliği Ve Karşılaştırmalı Eğitim*. Erişim: 03 Nisan 2010, İrfan Erdoğan Kişisel Ağ Sitesi: <http://www.irfanerdogan.com.tr/egitimyazilari.asp?IDText=49>.
- Erdoğan, İ. (1997) *Çağdaş Eğitim Sistemleri*, İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Ergün, M. (1985) *Karşılaştırmalı Eğitim*. Erişim: 21 Mart 2010 <http://www.egitim.aku.edu.tr/kegitim.pdf>.
- Figueira, J., Greco, S. ve Ehrgott, M. (Ed.) (2005) *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, New York, Springer Science Business Media, Inc.
- Gorard, S. ve Smith, E. (2003) An International Comparison of Equity in Educational Systems, *Comparative Education*, 40(1), 15-28.

- Green, A. ve Preston, J. ve Sabates, R. (2003) Education, Equality and Social Cohesion: A Distributional Approach, *Compare*, 33(4), 453-470.
- Jenkinsa, S., Micklewright, J. ve Schnepf, S. (2008) Social Segregation in Secondary Schools: How Does England Compare with Other Countries?, *Oxford Review of Education*, 34(1), 21–37.
- Hokkanen, J., Lahdelma, R., Miettinen, K., ve Salminen, P. (1998) Determining the Implementation Order of a General Plan by Using a Multicriteria Method”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 7(5), 273–284
- Hokkanen, J., Lahdelma, R. ve Miettinen, K., ve Salminen, P. A (1999) Multiple Criteria Decision Model for Analyzing and Choosing Among Different Development Patterns for the Helsinki Cargo Harbor, *Socio-Economic Planning Sciences*, 33(1), 1–23.
- Hokkanen, J., Miettinen, K. ve SALMINEN, P. (2000) Multicriteria Decision Support in a Technology Competition for Cleaning Polluted Soil in Helsinki. *Journal of Environmental Management*, 60(4), 339–348.
- Hwang, C. L., ve Yoon, K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making: A state of the Art Survey*, Newyork, Springer.
- Kamens, D. ve Mcneely, C. (2010) Globalization and the Growth of International Educational Testing and National Assessment, *Comparative Education Review*, 54(1), 5- 27.
- Kangas, J. ve Kangas, A. (2003a) Multicriteria Approval and Smaa-O Method in Natural Resources Decision Analysis with both Ordinal and Cardinal Criteria”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 12(1), 3-15.
- Kangas, J., Hokkanen, J., Kangas, A., Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2003b) Applying Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis to Forest Ecosystem Management with both Cardinal and Ordinal Criteria, *Forest Science*, 49(6), 928–937.
- Kangas, J., Kurttila M., Kajanus, M. ve Kangas, A. (2003c) Evaluating the Management Strategies of a Forestland Estate the S-O-S Approach, *Journal of Environmental Management*, 69, 349–358.
- Kangas, J., Store, R. ve Kangas, A. (2005) Socioecological Landscape Planning Approach and Multicriteria Acceptability Analysis in Multiple-Purpose Forest Management, *Forest Policy and Economics*, 7, 603–614.
- Keeney, R. ve Raiffa, H. (1993) *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Kılıç, S. B. (2005) Avrupa Birliğine Üye ve Aday Ülkelerin Bazı Temel Makro Ekonomik Kriterlere Göre Sınıflandırılması: Çok Kriterli Karar Alma Analizine

Dayalı Bir Modelin Tahmini, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 339–352.

- Lahdelma, R., Hokkanen, J. ve Salminen, P. (1998) SMAA – Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis, *European Journal of Operational Research*, 106, 137–143.
- Lahdelma, R., Miettinen, K., ve Salminen, P. (2003) Ordinal Criteria in Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis, *European Journal of Operational Research*, 147, 117–127.
- Lahdelma, R., Miettinen, K., ve Salminen, P. (2005) Reference Point Approach for Multiple Decision Makers, *European Journal of Operational Research*, 164(3) 785–791.
- Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2001) SMAA-2: Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis for Group Decision Making, *Operations Research*, 49(3), 444–454.
- Lahdelma, R., Salminen, P., Simonen A., ve Hokkanen, J. (2001) ‘Choosing a Reparation Method for a Landfill Using the Smaa-O Multicriteria Method’ in Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium”, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 507, 380–389.
- Lahdelma, R., Salminen, P. ve Hokkanen, J. (2002) Locating a Waste Treatment Facility by Using Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis with Ordinal Criteria, *European Journal of Operational Research*, 142(2), 345–356
- Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2002) Pseudo-Criteria Versus Linear Utility Function in Stochastic Multi-Criteria Acceptability Analysis, *European Journal of Operational Research*, 14, 454–469.
- Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2006a) Classifying Efficient Alternatives in SMAA Using Cross Confidence Factors, *European Journal of Operational Research*, 170(1), 228–240.
- Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2006b) Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis Using the Data Envelopment Model, *European Journal of Operational Research*, 170, 241–252.
- Lahdelma, R., Makkonen, S. ve Salminen, P. (2006) Multivariate Gaussian Criteria in SMAA”. *European Journal of Operational Research*, 170(3), 957–970.
- Lahdelma, R., Makkonen, S. ve Salminen, P. (2009) Two Ways to Handle Dependent Uncertainties in Multicriteria Decision Problems, *Omega*, 37(1), 79-92.
- Leskinen, P. ve Kangas, A. K. (2004) Rank-Based Modelling of Preferences in Multi-Criteria Decision Making, *European Journal of Operational Research*, 158(3), 721–733.

- MEB. (2007). *PISA 2006 Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı Ulusal Ön Rapor*. Ankara: MEB
- Milton, J.S., ve Arnold, J. C. (1995). *Introduction to Probability and Statistics (3. bs)*. New York: McGraw-Hill International Editions.
- Nickell, S. (2004) Poverty and Worklessness in Britain, *Economic Journal*, 114,C1-C25.
- OECD. (2006a). *Are Students Ready for a Technology-Rich World?* Paris: OECD.
- OECD. (2006b). *Intergenerational Transmission of Disadvantage*. Paris: OECD.
- OECD. (2006c). *Publicly Provided Goods and the Distribution of Resources*. Paris: OECD.
- OECD. (2007a). *No More Failures: Ten Steps to Equity In Education*. Paris: OECD.
- OECD. (2007b). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World, Volume 1*. Paris: OECD.
- OECD. (2009a). *PISA Analysis Data Manuel*. Paris: OECD.
- OECD. (2009b). *PISA 2006 Technical Repor*. Paris: OECD.
- Pawlak, Z. (1982) Rough sets, *International Journal of Information and Computer Sciences*, 11, 341–356.
- Polat, S. (2009) *Türkiye’de Eğitim Politikalarının Fırsat Eşitsizliği Üzerindeki Etkileri*, Ankara, DPT.
- Rietveld, P. ve Ouwersloot, H. (1992) Ordinal Data in Multicriteria Decision Making, a Stochastic Dominance Approach to Siting Nuclear Power Plants, *European Journal of Operational Research*, 56(2), 249–262.
- Roy, B. (2005) An Overview of MCDA Techniques Today, J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott (Ed.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, (s. 3-26), New York, Springer Science Business Media, Inc.
- Scheerens, J. (2004) Perspectives on Education Quality, Education Indicators and Benchmarking, *European Educational Research Journal*, 3(1), 115-138.
- Schütz, G. ve Wössmann, L. (2006) Efficiency and Equity in European Education and Training Systems, Prepared by the European Expert Network in Economics in Education to Accompany the Communication and Staff Working Paper by the European Commission under the same title. Erişim: 26 Nisan 2006. <http://ec.europa.eu/education/policies/2010/doc/eenee.pdf> ,.

- Siskos, Y., Evangelos Grigoroudis, E. ve Matsatsinis, N. F. (2005) An Overview of MCDA Techniques Today, J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott (Ed.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, (s. 297-343), New York, Springer Science Business Media, Inc.
- Smets, P. Varieties of Ignorance and the Need For Well-Founded Theories, *Information Sciences*, 57-58, 135–144.
- Stewart, T. (2005) Dealing with uncertainties in MCDA, J Figueira, S Greco, M Ehrgott (Ed.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, (s. 445-470), New York, Springer Science Business Media, Inc.
- Tervonen T. ve Lahdelma, R. (2007a) Implementing Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis, *European Journal of Operational Research*, 178(2), 500–513.
- Tervonen T. ve Lahdelma, R., Dias, J.A., Figueira, J. ve Salminen, P. (2007b) SMAA-TRI: a parameter stability analysis method for ELECTRE-TRI. GA. Linkov I. Kiker (Ed), *Environmental Security in Harbors and Coastal Areas*, Berlin, Springer.
- Tervonen T., Hakonen, H. ve Lahdelma, R. (2008) Elevator Planning with Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis, *Omega*, 36(3), 352–362.
- World Bank. (2007). *Education Quality and Economic Growth*, Washington DC: World Bank
- Wössmann, L., (204) How Equal are Educational Opportunities? Family Background and Student Achievement in Europe and the United States, *IZA Discussion Paper Series*, Ekim.
- Zimmermann, H.-J. (2001) *Fuzzy Set Theory and Its Applications* (4. bs.), Boston, Kluwer Academic Publishers.

EKLER

Ek 2: Bütüncül Uygunluk Endeks Değerleri ve Kişi Başına Düşen Milli Gelir

	OECD*	Bütüncül Uygunluk Endeksi**		Kişi Başına Düşen Milli Gelir***	
		Değer	Sıra	Değer	Sıra
Almanya	1	30,73	12	34.100	15
Avustralya	1	32,13	7	38.800	9
Avusturya	1	31,18	10	39.400	7
Belçika	1	32,78	6	36.600	12
Bulgaristan	2	11,48	35	12.600	35
Çek	1	26,51	16	25.100	24
Danimarka	1	22,16	23	36.600	13
Finlandiya	1	35,24	4	34.900	14
Hırvatistan	2	21,06	24	17.600	29
Hollanda	1	27,49	15	39.200	8
İrlanda	1	20,35	25	42.200	4
İspanya	1	25,52	18	33.700	16
İsveç	1	22,26	22	36.800	11
İsviçre	1	33,21	5	41.700	5
İtalya	1	16,47	31	30.300	20
İzlanda	1	22,58	21	39.600	6
Japonya	1	19,42	27	32.600	19
Kanada	1	39,27	3	38.400	10
Katar	2	4,38	40	121.700	2
Kolombiya	2	8,51	39	9.200	38
Kore	1	42,01	1	28.000	21
Letonya	2	18,65	28	14.500	33
Lihtenştayn	2	40,99	2	122.100	1
Litvanya	2	23,53	20	15.400	30
Macaristan	2	26,14	17	33.000	18
Makao-Çin	1	31,56	9	18.600	27
Norveç	1	24,33	19	58.600	3
Polonya	1	28,05	14	17.900	28
Portekiz	1	31,04	11	21.800	25
Rusya	2	12,7	34	15.100	31
Sırbistan	2	9,77	38	10.400	37
Slovakya	1	17,17	30	21.200	26
Slovenya	2	31,62	8	27.900	22
Şili	2	20,09	26	14.700	32
Tayland	2	10,24	36	8.100	39
Türkiye	1	15,59	32	11.200	36
Uruguay	2	13	33	12.700	34
Ürdün	2	9,8	37	5.300	40
Yeni Zelanda	1	28,39	13	27.300	23
Yunanistan	1	17,53	29	33.700	17

* OECD'ye üye ülkeler 1, partner ülkeler 2 ile gösterilmektedir.

** Değerler kısmi ağırlık bilgisi ve belirsiz kriter ölçümlerinin olduğu senaryoya aittir.

*** Kişi başına düşen milli gelir satın alma gücü paritesine göre ve 2009 yılı değerleridir.