

Baskınlık ve Sosyal Seçim Kurallarına Bağlı Çok Kriterli Modelleme: Hisse Senedi Seçimi Problemi için bir Karar Destek Sistemi Önerisi

Yetkin ÇINAR

Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İşletme Bölümü,
ycinar@ankara.edu.tr

Öz

Çok kriterli sıralama veya seçim problemi, çağımızda alternatif sayısındaki artış nedeniyle daha da karmaşıklaşmıştır. Telafi edici olarak anılan çok kriterli karar yöntemleri, kriterler için “ağırlık” bilgisinin elde edilmesini ve alternatiflerin kriterlere göre alacağı değerler için hassas (oransal) ölçümler yapılmasını gerektirirler. Örneğin karar vericiden bunun için alternatif sayısına bağlı olarak yüzlerce ikili karşılaştırma yapması talep edilebilir. Bu nedenle bu yöntemlerin çoğu, sadece az sayıda alternatif içeren ve sayısal ölçüm değerleri anlamlı derecede hassas problemler için uygundur. Büyük alternatif kümeleri söz konusu olduğunda daha az bilgi gerektiren, alternatifler arasındaki baskınlık ilişkileri temeline dayalı basit yöntemleri kullanmak iyi bir yoldur. Klasik-sosyal seçim teorisi, telafi edici olmayan çok-kriterli modeller ve bunların çok aşamalı biçimleri de bu problemin çözümünde uygun bir altyapı sunar. Böyle bir metodolojinin gerçek veri kümeleri üzerinde kullanıldığı çalışmaların azlığı nedeniyle yapılan bu çalışmada, yöntemlerin Borsa İstanbul’da (BİST) hisse senedi seçim ve sıralama problemine uygulanabilirliği gösterilmiş; benzer problemlerde kullanımları için bir Karar Destek Sistemi önerilmiştir.

Keywords: Çok Kriterli Karar Verme, Baskınlık İlişkileri, Sosyal Seçim Modelleri, Hisse Seçimi, Borsa İstanbul (BİST)

Multi Criterial Modelling based on Dominance and Social Choice Rules: A DSS Proposal for Stock Selection Problem*

Abstract

The problem of multicriterial ranking or choice has become more complicated because of the existence of large number of available alternatives, in the new era. The compensatory methods require to determine criteria “weights” and to make exact value or utility estimates for the alternatives with respect to criteria. For this aim, sometimes they demand decision maker to make hundreds of pairwise comparisons between alternatives. Therefore, most of them are only applicable for the problems consist of small sets of alternatives and exact measurements. For large sets, using simple procedures that require less information is a suitable way. Such techniques stem from the classical -social- choice theory, non-compensatory multicriterial models and their multistage structures. Since the studies that employ these methods on real data sets are very rare, this study illustrates their applicability on the stock selection and ranking problem in Istanbul Stock Exchange (ISE), Turkey. A DSS is proposed for their usage on similar problems.

Keywords: Multi Criteria Decision Making, Dominance Relations, Social Choice Models, Stock Selection, Istanbul Stock Exchange (ISE)

JEL: C69, D90, G4

* Extended abstract is presented at the end of the article.

Atıfta bulunmak için/Cite this paper:

Çınar, Y. (2018). Baskınlık ve sosyal seçim kurallarına bağlı çok kriterli modelleme: Hisse senedi seçimi problemi için bir karar destek sistemi önerisi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8 (2), 243-269.

1. Giriş

“Belirli kriter ya da amaçlar doğrultusunda mevcut alternatifler arasından en uygun olanını seçmek” olarak tanımlanan çok kriterli karar ya da seçim problemi, günümüzde hiç olmadığı kadar karmaşıklaşmış ve çözümü zor bir hal almıştır. Bu zorluk esasen problemin çok boyutlu yapısından kaynaklanmaktadır. Uzun zamandır Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) adı verilen alan içerisinde geliştirilen birçok yöntem, bu problemlerin nesnel bir çerçevede ele alınmasını sağlayarak karar vericiye (KV) önemli ölçüde destek sağlasa da; son yıllarda problemin çözümünü daha da zorlaştıran ana etken, aralarından seçim yapılacak alternatiflerin sayısının gittikçe fazlalaşmış olmasıdır. Zira artık karar vericiler sıklıkla internet ve web uygulamaları üzerinden sunulan çok sayıdaki ürün veya hizmet arasından seçim yapmaktadırlar.

Alternatif kümesinin oldukça genişlemiş olması seçim ya da sıralama problemini zorlaştırırken; diğer taraftan da, bu kararların daha kolay alınabilmesini sağlamak amacıyla, çeşitli arama motorları, e-ticaret platformları, öneri ajanları (recommendation agents) adı verilen uygulamalar geliştirilmektedir. Bunlar otomatik sistemler olduklarından çoğu durumda KV'den tercihlerine ilişkin ayrıntılı bilgi alınamamakta, bu bilgiye ihtiyaç duyan birçok karar süreci de etkili bir şekilde işletilememektedir.

Bu nedenle tercih yapısını modelleyen karmaşık süreçler yerine; gerek klasik sosyal tercih / seçim teorisine ilişkin modellerden gerekse telafi edici olmayan çok-kriterli tekniklerden türetilen basit prosedürler kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda bu tekniklerin rasyonellik özelliklerini (aksiyomlarını) inceleyen literatür de gelişmiştir. Ayrıca, pazarlama, finans vb. uygulamalarda telafi edici olmayan (basit) yöntemlerin ve bunların çok aşamalı prosedürlerinin kullanımını öneren çalışmalar da mevcuttur.

Ancak bu yöntemlerin, özellikle de çok aşamalı yapılarının, gerçek veri kümelerinde kullanıldığı çalışmalar oldukça az sayıda ve /veya yaygınlaşmamış durumdadır. Bu makale de bahsedilen bu boşluğu doldurmaya katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda çalışmada, çok sayıda alternatifin çok kriterli bir yapıda değerlendirilmesini gerektiren büyük boyutlu bir gerçek karar probleminin çözümünde, KV'den daha az bilgi alınmasını gerektiren, “belirli ölçüde rasyonel” sonuçları garanti eden basit prosedürlerden nasıl faydalanılabileceği gösterilmiştir. Bu şekilde, karar vermenin bir alt-alanında (klasik sosyal tercih teorisi) oldukça iyi bilinen yöntemlerin diğer bir alt-alanındaki (ÇKKV) karmaşık problemlerin çözümünde etkin uygulama olanağı bulabileceği sonucuna ulaşılarak, uygulama literatürüne katkı yapılması planlanmaktadır. Çalışmada ayrıca, kullanılan yöntemlerin hepsi baskınlık ilişkileri üzerinde tanımlanarak tek ve ortak bir temele yerleştirilmiş; benzer problemlerin çözümü için bu şekilde oluşan bir Karar Destek Sistemi (KDS) de önerilmiştir.

Makalenin bir sonraki bölümünde araştırma problemi ortaya konularak, konu ile ilgili literatür özetlenmiş; üçüncü bölümde yöntemsel alt yapı açıklanarak, seçilen yöntemlerin baskınlık ilişkileri temelinde nasıl ortak bir şekilde ifade edildikleri matematiksel gösterimler ve gerçek uygulamayı temsil eden basit bir örnek üzerinden açıklanmıştır. Sonrasında söz konusu yöntemlerin, Borsa İstanbul'da (BİST) hisse senedi seçimi ve sıralama problemine uygulanması gösterilmiştir. Dördüncü bölümde bulgular ve önerilen Karar Destek Sisteminin ne tür problemlerde kullanılabileceği tartışılmıştır. Beşinci ve son bölümde, makale sonuçlandırılmakta, gelecek çalışmalara ilişkin öneriler ortaya konulmaktadır.

2. Literatür

Bu makalede ele alınacak problemin “çok kriterli” bir yapıya sahip olduğu belirtilmişti. Çok kriterli yapının anlamı, problemde alternatifleri değerlendirmekte kullanılan birbiri ile ‘çatışan’ birden fazla kriterin söz konusu olmasıdır. Örneğin ‘konforlu ancak pahalı’ bir tatil ile ‘ucuz ancak az konforlu’ bir diğeri arasında seçim yapma problemiyle karşılaştığımızda kolaylıkla karar verememizin nedeni, fiyat ve konfor kriterlerinin çatışması ve bunu çözümlenmenin zorluğudur. Bu tür problemlerin çözümü için çok sayıda yöntem önerilmiş ve bu alana Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) adı verilmiştir. Aslında bu alan içerisinde önerilen yöntemlerin tamamının amacı farklı boyutları bir şekilde bir araya getirerek üç tür çözümlene yapmaya çalışmaktır. Bunlar; alternatifleri sıralamak, sınıflamak ya da alternatifler arasından seçim yapmaktır (Roy, 1996).

ÇKKV yöntemlerinden bir kısmı çatışan kriterler (örneğin maliyet ve konfor) arasında oransal ödünleşmeler / ikameler tanımlama üzerine kuruludur. Bu yöntem grubuna “ikame edici (compensatory)” adı verilmektedir. Başta Ağırlıklı Toplam Yöntemi olmak üzere, AHP (Saaty, 1980), TOPSIS, VIKOR (Yoon ve Hwang, 1995; Opricovic ve Tzeng, 2004), ELECTRE, PROMETHEE (Roy, 1996; Bouyssou, 2001) gibi çok bilinen yöntemlerin ortak noktası, kriterler için önem ağırlıkları (oranı) / öncelikleri ve kriterlere göre alternatiflerin değer ölçümlerinin hassas (oransal) olarak tespit edilmesini gerektirmeleridir. Daha sonra alternatifler bazında, bir şekilde bu değerler bütünleştirilir (örneğin çarpılarak toplanır) ve bütünsel skorlara ulaşılır. Sonuçta alternatifler bu toplamsal skorlara göre sıralanırlar. Özellikle 1980’lerden sonra gerek iyi tanımlanmış aksiyomatik yapıları, gerekse birçok gerçek hayat uygulamasında kullanılarak popüler olmuş bu yöntemleri bir arada tanımlayan bir çalışma olarak Yoon ve Hwang (1995) incelenebilir.

Ancak hem ağırlık bilgisinin hem de kriterlere göre alternatiflerin değer ve fayda ölçümlerinin tam bir açıklık ve hassasiyetle belirlenmesi çoğu durumda zor olmaktadır. Örneğin “maliyet %60; konfor %40 önemlidir” gibi bir ağırlık bilgisi karar vericiden doğrudan elde edilemiyorsa ya nesnel ağırlık metotları (eşit ağırlık, entropi metodu vb.) ya da ‘ikili karşılaştırmalar’ yoluyla çıkarılırlar. Bu

tür yöntemlerde çeşitli anket soruları yardımıyla karar vericinin yargılarından hareketle ağırlık çıkarımları yapılmakta, örneğin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS veya İngilizce kısaltmasıyla AHP) bunun için karar vericiden hem kriterler arasında hem de bir kritere göre alternatifler arasında tercihin gücü yargılarına dayanan ikili karşılaştırmalar yapmasını istemektedir (Saaty, 1980). Ancak özellikle faktör boyutu ve alternatif sayısı arttıkça karar vericinin belirli bir tutarlılıkla bu karşılaştırmaları yapması zorlaşır. Örneğin her bir kritere göre ikili karşılaştırması yapılması istenen alternatif sayısının $n = 100$ olduğu bir problemde karar vericinin 4950 karşılaştırmada oransal değer yargıları belirtmesi gerekir. Dahası bu işlemi kriter sayısı kadar tekrarlamak zorundadır.[†] Ayrıca kriterler arasında da bu karşılaştırmaları yapmak durumundadır. Karar verici bunu başarsa bile, bunların veri girişinin, tutarlılık ve ağırlık hesaplamalarının yapılması ciddi bir işlem ve hesaplama performansı gerektirmektedir.

Bu basit örnekte görüldüğü üzere, özellikle büyük boyutlu problemlerde, karar vericiden gerçekçi olmayan büyük bir bilgi işleme kapasitesi talep eden telafi edici yöntemler genellikle kullanılamamakta; bunlar alternatif sayısı bakımından küçük boyutlu problemlerde veya kriter ağırlıklarının kolayca belirlenebildiği durumlarda kullanışlı olmaktadır. Örneğin AHP gibi yöntemler birkaç stratejik alternatifin hiyerarşik olarak da ifade edilebilen çok sayıda kritere bağlı değerlendirildiği problemlerde daha çok uygulama alanı bulmuştur.

Ağırlık belirlemenin veya buna ilişkin tercih yargıları belirtmenin kritik önemi ve buna bağlı olarak asıl zorluk, belirlenen farklı kriter ağırlıklarının alternatif sıralamalarını ve dolayısıyla nihai kararı ciddi ölçüde değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yöntemlerin eleştirilerinin yapıldığı çok sayıda çalışmada bu zorluklar vurgulanmaktadır (Borcherding, Eppel ve Von Winterfeldt, 1991; Borcherding, Schmeer ve Weber, 1995; Deng, Yeh ve Willis, 2000; Roberts ve Goodwin, 2003).

Yukarıda kısaca ortaya konulduğu üzere; ağırlık benzeri bilgilerin doğrudan elde edilemediği veya güvenilir olmadığı, çıkarım yapmanın ise zor olduğu durumlarda -özellikle alternatif sayısı yüzler binlerle ifade ediliyorsa- basit ama etkili başka yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin bu makalede uygulamasına yer verilen problemde, KV sadece Türk hisse senetleri piyasasında yatırım yapmaya karar vermiş olsa bile (veya portföyünün o kısmı için) 500 civarı hisse senediyle ilgili değerlendirme yapmak durumundadır. Karar verici mali verilere göre takip listesine alacağı hisse senedi seçimini yaparken, örneğin likiditenin karlılıktan kaç

[†] Her hangi bir AHP / AHS uygulamasında her alternatifin diğer alternatiflerle ikili olarak karşılaştırılması gerektiğinden, yapılması gereken toplam karşılaştırma sayısı $[n(n-1) / 2]$ formülü ile hesaplanır. Eğer bu örnekte olduğu gibi $n=100$ ise 4950 adet ikili karşılaştırma yapılması gerekecektir. Dahası bu karşılaştırmalar her kriter için tekrarlandığından, çok kriterli bir problemde kriter sayısı en az 2 olduğundan KV'den yapması istenen karşılaştırma en az sayısı $4950 \times 2 = 9900$ adet olacaktır. Görüldüğü gibi bu sayı oldukça büyüktür.

kat daha önemli olduğunu (veya tersi) bilemeyebilir. Dahası bu önem ağırlıkları dönemden döneme ve kişiden kişiye değişebilecektir. Son olarak karar vericinin bu bilgilerin çıkarımı için gerekli sorulara cevap verecek isteği, hatta rekabetçi bir ortamda zamanı olmayabilir. Bu nedenle çok farklı kişinin kullanacağı bir öneri uygulaması geliştirilirken bu probleme bir çözüm bulmak gerekmektedir. Bu durumda basit olduğu kadar etkili ve hızlı, diğer taraftan bir şekilde rasyonel sonuçlar veren karar yöntemlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Rahatlıkla algoritmalara ve bilgisayar programlarına dönüştürülebilmeleri, karar vericiye basitçe açıklanabilmeleri de bu basit ama etkili yöntemlerin diğer özellikleri olmalıdır.

İşte, sosyal seçim teorisine ait karar kurallarından hareketle bu özellikleri sağlayan yöntemler türetilir. Teorik temelleri Borda, Pareto ve Condorcet tarafından 18. yüzyılda ortaya atılan karar kuralları (Bkz. Fishburn ve Gehrlein, 1976), yüzyıllar boyu geçerliliklerini korurken, en önemli araştırma alanlarından biri olmuş; son yıllarda da karar teorisi alanında bu yöntemlere olan ilgi tekrar canlanmıştır. Bu alanla ilgili teorik alt yapı ve aksiyomatik incelemeler için Moulin (1991) ve Aizerman ve Aleskerov (1995)'e başvurulabilir.[‡]

Diğer bir açıdan, sınırlı rasyonellik ilkesi (Simon, 1972) gereği insanoğlu birçok karar durumunda çeşitli hızlı akıl yürütmeler (höristikler) işletir. Genellikle karar vericilerin büyük veri kümeleri ile karşılaştıklarında öncelikle ‘değerlendirme kümesi (consideration set)’ veya ‘takip listesi’ vb. adı verilen küçük kümeler oluşturduğu daha sonra ayrıntılı değerlendirmelerini bu küçük kümeler üzerine yoğunlaştırdığı çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuş bulgular arasındadır. Yani bu höristiklerin bir türü olarak insanlar büyük boyutlu problemlerde çoklu / aşamalı karar modelleri işletirler (Beach, 1993; Ye Chen, Kilgour ve Hipel, 2008).

Çoklu prosedürlerin kullanılmasının altındaki bir diğer sebep, basit yöntemlerin çok kriterli karar kuralı olarak kullanılması ile çoğu zaman alternatifler arasında tam bir sıralamaya / derecelendirme yerine “kısmi” bir sıralamaya ulaşılmasıdır. Seçim kümesi tek bir aşamada tek (veya birkaç) alternatifte indirgenemediğinde, tekniklerin aynı anda veya ardışık olarak işletilmesi ile toplam alternatif kümesinin daraltılması esasına dayanan çoklu / aşamalı seçim prosedürlerine başvurmak akla yakın bir yoldur. Bu basit yöntemler aynı anda işletilebileceği gibi; seçim sürecinden önce bir ön-eleme prosedürü olarak da işletilebilir. Bu

[‡] Bu modellerin çok kriterli yöntemlerle ilişkisi basitçe şöyle açıklanabilir: Sosyal seçim, adından da anlaşılacağı üzere birden fazla karar vericinin farklı tercih sıralarının bir kuralla bir araya getirilerek ortak bir karara ulaşılmasını sağlayan prosedürlerdir. Diğer deyişle kişisel tercihlerden toplumsal tercihlere ulaşmanın yollarını ve kurallarını tanımlar. Örneğin Borda kuralında farklı karar vericilerin tercih sıralarında üst dereceden alt dereceye kadar bir puanlama yapılır ve adaylar farklı karar vericilerin tercih sıralarındaki / profillerindeki yerleri (puanları) toplamı ile sıralanırlar. İşte bu noktada “karar verici”lerin yerine “kriterler” konulduğunda problemin yapısı değişmeyeceğinden, sosyal seçim prosedürlerinde tanımlanan karar kurallarını bu tür problemlerde de kullanmak mümkün olmaktadır.

şekilde gerçekleştirilen karar vermeye “eleme-seçim (elimination-choice)” adı da verilmektedir. (Hogarth ve Karelaia, 2005; Aleskerov ve Çınar, 2008; Manzini ve Mariotti, 2012). Yöntemlerin bu şekilde ardışık olarak kullanımı durumunda oluşan birleşik yapılar “üst pozisyon” (superposition), “ardışık mekanizmalar” (sequential mechanisms) vb. isimlerle adlandırılmış ve bunların aksiyomatik karakterleri bulunmaya çalışılmıştır. Bu tür çalışmalara en güncel örnekler olarak Apestequia ve Ballester (2013); Manzini ve Mariotti (2007, 2011); Garcia-Sanz ve Alcantud (2015); Shvydun (2016) verilebilir.

Söz konusu yöntem grubu ve çoklu kullanımları ile ilgili uygulama literatürü, kuramsal yazın kadar gelişmemiş olsa da; karar vericiden ağırlık bilgisi talep etmeyen, sosyal seçim kuralları ve basit çok kriterli modellerden türetilen bu tek veya çok aşamalı prosedürlerin pazarlama, finans vb. alanlarındaki uygulamalarda, öneri sistemleri ve arama algoritmalarında kullanıldığı çalışmalar mevcuttur ve son dönemde çoğalmaktadır. Örneğin sosyal tercih / seçim teorisinde iyi bilinen Borda kuralının Google’ın arama motorunun sayfa sıralama (pagerank) algoritmasında kullanıldığı çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir (Langville ve Meyer, 2006: 135-136).

Yöntemlerle ilişkili önemli ve güncel uygulama çalışmaları arasında aşağıdakiler sayılabilir:

- ✓ Pazarlama alanında benzer yöntemlerin kullanımını öneren Gensch (1987);
- ✓ Bu yöntemleri tek aşamalı olarak banka şubelerinin sıralanması probleminde ilk kez kullanan Aleskerov, Ersel ve Yolalan (2004);
- ✓ Çok fazla alternatifin olması durumunda çeşitli basit yöntemleri en iyi sistemin seçilmesi problemine uygulayan Nelson, Swann ve Goldsman (2011);
- ✓ Çok kriterli bir hizmet seçimi problemine sıralama bilgisine dayalı basit bir çok-aşamalı yöntem olan sözlüksel sıralama (leksikografik) yöntemini uygulayan Yager, Gumrah ve Reformat (2011) ve
- ✓ Bazı basit yöntemlerin iki ya da daha çok aşamalı bileşimlerini arama (search) probleminde kullanılmasını öneren Aleskerov vd. (2013),

Giriş bölümünde de belirtildiği gibi; bu makalenin konusunu, yukarıda tanımlanan karar durumlarının çözümlenmesi için uygun yöntemler ile oluşturulan bir karar destek sisteminin hisse senedi seçimi probleminde etkili bir şekilde kullanılabileceğinin gösterilmesi ve buna ilişkin bir Karar Destek Sistemi’nin önerilmesi oluşturmaktadır. Aşağıdaki bölümde çalışmada kullanılan yöntemsel çerçeve tanıtılmaktadır.

3. Yöntemler ve Önerilen Karar Destek Sistemi

3.1. Yöntemler

Çalışma kapsamında klasik-sosyal tercih teorisinden, telafi edici olmayan çok kriterli sıralama modellerinden seçilen yöntemler ve dayandıkları temel karar kuralları aşağıda listelenmektedir:[§]

- i) Doğrudan baskınlık ilişkilerine (Üst ve Alt Üstünlük Kümelerinin Eleman Sayıları Arasındaki Farklara);
- ii) Pareto Kuralına;
- iii) Borda Kuralına;
- iv) Turnuva matrisine (Maksimin Kuralına) dayalı modeller.

Bu yöntemlerin ortak yönü KV'den tercih bilgisi gerektirmemeleri ve kurallarının alternatifler arasındaki baskınlık ilişkilerine (dominance relation) dayanmasıdır.

Yöntemler aşağıda nesnel olarak tanımlanmaktadır.

$A = \{x, y, z, \dots\}$ olarak verilen sonlu bir alternatifler kümesi; $u(\cdot)$ ise A 'da tanımlanan bir kriter olsun. Bu durumda $u(x)$, her bir $x \in A$ 'ya karşılık gelen kriter değeridir. Eğer alternatifler farklı kriterlere göre değerlendiriliyorsa, o zaman n kriter için şu şekilde bir vektör tanımlarız: $u_1(\cdot), \dots, u_n(\cdot)$. Her kriter $i = 1, 2, \dots, n$ için her bir $x \in A$ alternatifine bir $u_i(x)$ değeri atanır. Problem, A 'dan herhangi bir x 'i seçmek veya kriterleri göz önüne alarak tüm $x \in A$ alternatiflerini, yani $u_i(x)$ değerlerini sıralamaktır.

Alternatifler arasında ikili bir matematiksel / mantıksal ilişkiyi (binary relation) tanımlayan R ise şöyle ifade edilebilir: *x 'in y 'den daha yüksek veya eşit değerlere sahip olması ve en azından bir kriter için x 'in y 'den daha yüksek değerlere sahip olması durumunda xRy , yani " x y 'den daha iyi" demektir**.*

Buradan hareketle, bu çalışmada kullanılan tüm yöntemler için ortak olarak hesaplanacak; başka bir deyişle, kullanılan yöntemlerin algoritmalarının esasını

[§] Bu yöntemlerin matematiksel ifadeleri ve banka şubeleri üzerine bir uygulaması Aleskerov, Ersel ve Yolalan (2004)'te bulunabilir.

** Burada R genelleştirilmiş Pareto ilişkisi olarak da adlandırılır. Nesnel olarak; $xRy \Leftrightarrow \exists y \in A: \forall i u_i(y) \geq u_i(x)$ ve $\exists i : u_i(x) > u_i(y)$ şeklinde tanımlanır.

oluşturacak “Üstünlük / Baskınlık Ölçümü”ne ilişkin iki kavram da şöyle tanımlanabilir:^{††}

D (x): Alternatif x için Üstünlük Kümesi (Üst Küme); Yukarıda tanımlanan R ilişkisine göre x'den daha iyi olan alternatifler grubudur.

$$D(x) = \{y \mid yRx\} \quad (1)$$

L (x): Alternatif x için Üstünlük Alt Kümesi; R, yani R ilişkisine göre x'den daha kötü olan alternatifler grubudur.

$$L(x) = \{y \mid xRy\} \quad (2)$$

Son olarak, bir “seçim fonksiyonu” $C(\cdot)$, herhangi bir $X \in 2^A$ için $C(X) \subseteq X$ kısıtlaması altında bir $C: 2^A \rightarrow 2^A$ eşleşmesidir (A 'nın bir kurala daraltılmış / A 'dan seçilmiş bir alt kümedir).

Aşağıda, bu tanımlar yardımıyla ifade edilen modeller (karar kuralları) ve her birinin uygulamada üstünlük ilişkisi ile ne şekilde ilişkilendirileceği nesnel olarak açıklandıktan sonra, ilerleyen kısımda modellerin işleyişi gerçek uygulamanın bir parçası olan bir örnek üzerinden anlatılmıştır.

3.3. Modeller ve Uygulamadaki Anlamları (Etkileri)

Her modelin dayandığı karar kuralının bir mantığı ya da “anlamı” vardır ve bu mantık herhangi bir karar destek sisteminde karar vericiye açıklanarak ondan bu modeller arasından -anlamlarına göre değerlendirerek- seçim yapması istenebilir. Böylelikle karar süreci oldukça basitleştirilmiş de olur. Aşağıda modellerin nesnel tanımlarının yanı sıra bu anlamları (ne tür bir mantık işlettikleri) da açıklanmaktadır:

i. Pareto Kuralı / Seçim Modeli:

Alternatifler kümesi A 'dan tüm kriterlerde üst kümelerinin kesişimi boş (küme) olan alternatif(ler) seçilir. Yani, $x \in A$, $i = 1, \dots, n$ kriterleri ve $s [X]$ bir X kümesinin eleman sayısını göstermek üzere;^{‡‡}

$$x \in C(A) \Leftrightarrow s [\cap D_i(x)] = 0 \quad (3)$$

Uygulamada Anlamı / Mantığı: Tüm kriterlerde diğer hiçbir alternatif (örneğin hisse senedi) tarafından basılmayan alternatifleri (senetleri) seçin

^{††} Nesnel ve ayrıntılı tanımlar Aleskerov, Ersel ve Yolalan (2004); Aleskerov ve Çınar (2008)'da bulunabilir.

^{‡‡} Karar kuralı, $x \in C(A) \Leftrightarrow \nexists y \in A: y R x$ olarak da yazılabilir.

ii. Üst ve Alt Kümelerin Eleman Sayıları Arasındaki Fark:

Her bir alternatif x için

$$s [L (x)] - s [D (x)] \quad (4)$$

hesaplayın ve alternatifleri bu puanlara göre büyükten küçüğe sıralayın.

Uygulamada Anlamı: Alternatifler (örneğin hisse senetleri) arasındaki rekabette kazanç ve kayıplar arasında maksimum farka ulaşan (kazançları kayıplarından en fazla olan) alternatifleri seçin

iii. Borda Sayısı / Kuralı:

Her bir x alternatifi için, kriterlere göre Alt Kümelerinin eleman sayıları toplamı olarak Borda Sayılarını hesaplayın.

Borda Sayısı (x) = $s [L_i (x)]$, (i=1,...,n, n: kriter sayısı) olmak üzere

$$\text{Borda Puanı (x)} = \sum_i s [L_i (x)] \quad (5)$$

Daha sonra alternatifleri bu puanlara göre büyükten küçüğe sıralayın.

Uygulamada Anlamı: “Seçimi / sıralamayı, kriterler bazında toplamda en fazla alternatifte (hisse senedine) karşı üstünlük sağlayan alternatifleri (hisse senetlerini) ödüllendirecek şekilde gerçekleştirin”

iv. Maksimin Kuralı:

Alternatifler arasında bir turnuva matrisi oluşturun. Öyle ki; bu matrisin hücrelerinde satırlardaki alternatiflerin kaç adet kriterde sütundakilerden daha üstün olduğu belirtilsin. Matrisin oluşmasının ardından, satır minimumlarını belirleyin. Satır minimumlarını belirten skorları büyükten küçüğe sıralayın (veya bu değerler arasında maksimum değerli alternatifi seçin).

Uygulamada Anlamı: “En zorlu rakibine karşı en iyi performansı gösteren alternatifi seçin (veya sıralamayı buna dayalı olarak yapın)”

Çoğunlukla bu yöntemlerle alternatifler arasında tam bir sıralamaya ulaşılamaz yani bu yöntemler genellikle A alternatif kümesinde bir zayıf tercih sırası (sıralı bölümler) oluştururlar. Bu da tek bir alternatifin seçilememesi sonucunu doğurur. Böyle durumlarda yöntemlerin bir arada yani aynı anda, aşamalı veya ardışık kullanımları ile alternatifler azaltılmaya veya katı bir sıralamaya ulaşılmaya çalışılır. Aşağıda, yöntemlerin bu şekilde sistematik olarak

uygulanmasında yol gösterici olması için tasarlanmış prosedür yani Karar Destek Sistemi açıklanmaktadır.

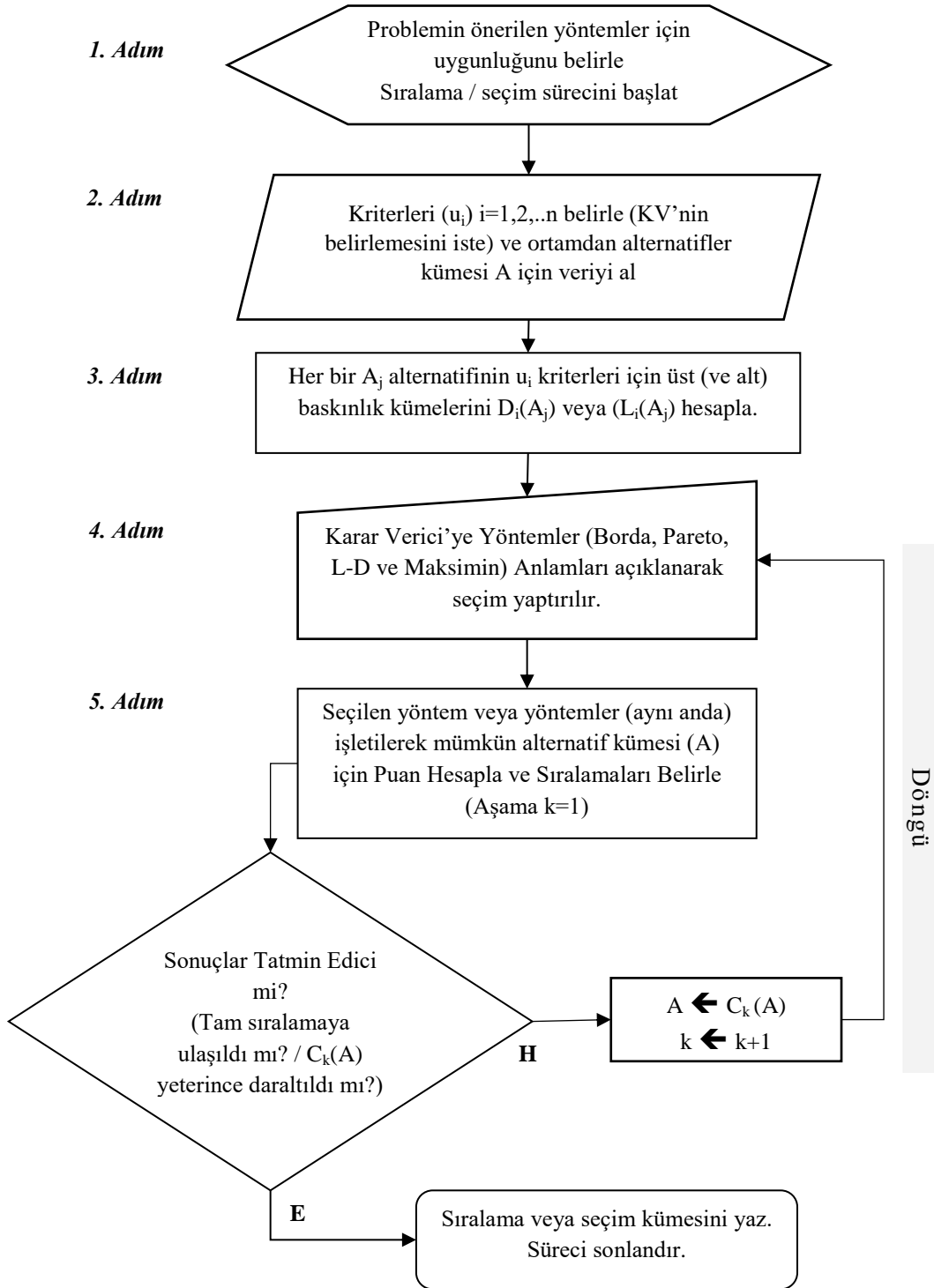
3.4. Yöntemlerin Bir Arada Kullanımı ve bir Karar Destek Sistemi (KDS) Önerisi

Birden fazla yöntemin bir arada kullanılmasını sağlayan ardışık modellerden iyi bilinen bazı mekanizmalar vardır. “Sözlüksel Sıralama”, “Eşik / sınır seviyelerine dayanan (farklı yönler göre) eliminasyon” (Tversky, 1972) adı ile bilinenler diğerleri arasında oldukça popülerdir. Bu modeller genellikle gerçek hayattaki uygulamalarda, özellikle de e-ticaret web sitelerinde (örneğin, www.sahibinden.com vb.) sıklıkla uygulanmaktadır. Ancak genellikle bu yöntemler, kriterler için sıralama veya eşik değer bilgisinin elde edilmesine ihtiyaç duymaktadır.

Bu çalışmada da kullanılan yaklaşım olan optimizasyon temelli modellerde ise, baskınlık / optimizasyon ilkesine dayanan basit kurallar işletilerek tek bir alternatifi seçmeye veya alternatifler arasında tam bir sıralama oluşturmaya çalışılır. Buna tek bir kuralla veya tek bir aşamada ulaşamadığı durumlarda kurallar aynı anda veya art arda (eleme düzeyini artıracak şekilde) işletilir.^{§§} *Bu yaklaşımda KV'den gelen bilginin gerekliliği diğer herhangi bir yöntemden daha azdır.*

Bütün bu olası durumlar ve prosedürler göz önüne alınarak aşağıdaki algoritma veya Karar Destek Sistemi önerilebilir:

^{§§} İkincil aşamada, telafi edici bir yöntem veya başka herhangi bir ölçüt de kullanılabilir. Ardışık süreçlerde, örneğin iki aşamalı bir süreçte $C_1(\cdot)$ 1. Aşamadaki $C_2(\cdot)$ ise 2. Aşamadaki seçim fonksiyonu olmak üzere nihai seçim fonksiyonu $C(\cdot) = C_2(C_1(\cdot))$ olarak tanımlanır. Burada süreç “ardışık (sequential) seçim fonksiyonu”; $C(\cdot)$ seçim fonksiyonu ise “üst pozisyon (superposition)” olarak adlandırılır.



Şekil 1: Önerilen Karar Destek Sistemi İşlem Akışı

Şekil 1’de akış diyagramı gösterilen KDS’nin *ilk adımında*, problemin önerilen yöntemler için uygunluğunu belirler. Bunun için mümkün / mevcut alternatiflerin sayısı ve KV’den kriterler hakkında istenen bilgi düzeyi dikkate alınır. Eğer çok fazla alternatif varsa ve / veya KV’den ağırlık bilgisi (hatta kriterler arası sıralama bilgisi) almak zorsa sürece başlanır.

İkinci adımda, kriterler belirlenerek, kriterlere göre alternatiflerin değer veya sıralarını içeren veri (örneğin hisse senetlerinin likidite ve karlılık oranları) ortamdandır.

Üçüncü adımda, her yöntemde kullanılacak olduğundan, alternatifler için Di ve Li kümeleri (matrisleri) otomatik olarak hesaplanır.

Dördüncü adımdan itibaren bir döngü söz konusudur. Öncelikle KV’den, anlamları (dayandıkları mantık) açıklanarak yöntemlerden birini (veya bir kaçını) seçmesi istenir.

Beşinci adımda, mümkün / sunulan alternatifler kümesi için KV’nin seçtiği yöntem (ya da yöntemler aynı anda) işletilir. Aynı anda işletilen yöntemlerde birinci derecedeki alternatiflerin kesişimi *k*. aşamadaki seçim kümesi $C_k(A)$ olarak alınır. (Örneğin Pareto&Borda uygulanacaksa; her iki yönteme göre sıralamada birinci derecede olan alternatiflerin kesişimi alınacaktır.)

EĞER sonuç tatmin edici ise (tam bir derecelendirmeye ulaşılmış ya da geriye elenmeyen çok az / bir tek alternatif kalmışsa);

Döngüden çıkılır ve prosedür SONA ERER.

TERSİNE, EĞER geriye elenmeyen çok fazla alternatif kalmış veya tam bir derecelendirmeye ulaşılamamışsa:

İkincil aşamalarda ($k \leftarrow k+1$; *k* bir artırılarak) ilk aşamada elenmeyen elemanlar kümesi üzerinde mevcut (veya farklı) kriterler ile uygulanır. Yani bu aşamanın seçim kümesi, sunum kümesi olarak alınır ve *dördüncü adıma geri dönülür.* *** (Örneğin Pareto kümesi içinden Borda seçimi veya sıralaması yapılabilir.)

Döngü, sonuç tatmin edici olana kadar devam ettirilir. Sıralama veya seçim kümesi yazılarak süreci sonlandırılır.

*** Birincil aşamalarda bu çalışmadaki yöntemlerle alternatif sayısı oldukça azaltılabileceğinden ikincil aşamalarda telafi edici yöntemler de kolaylıkla kullanılabilir; ancak bu şekilde bir analiz çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

4. Uygulama ve Bulgular

4.1. Uygulama Metodolojisi

Önceki bölümde açıklanan yöntemler Borsa İstanbul'da (BİST) hisse senedi seçimi ve sıralama problemine uygulanmıştır. Çok sayıda alternatifin ve çok kriterli bir yapının olduğu bu problemde, karar vericiden ağırlık bilgisinin elde edilemediği veya ağırlık farklılaşmasının sonuçları güvenilmez kılabilceği varsayılmış; bu nedenle makalede önerilen karar destek sistemi bu probleme uyarlanmıştır.

Bunun için öncelikle kriterler belirlenmiş, daha sonra elde edilen veri seti üzerinde yukarıdaki yöntemlerin tümü uygulanmıştır. Kısmi sıra elde edilmesi durumunda hem yöntemlerin aynı anda uygulanmasının sonuçları sunulmuş, hem de ardışık olarak nasıl uygulanabileceği açıklanmıştır.

4.2. Veri

2018 yılında BIST 100 endeksi içerisinde yer alan şirketler ele alınarak, güncel (Mart 2018 ve Aralık 2017) mali ve piyasa oranlarından bazıları kriterler olarak kullanılmış; hisse senetlerinin sıraları yukarıda açıklanan yöntemlerle oluşturulmuştur.

Analizler 8 Ağustos 2018 tarihi itibarıyla Matriks® Data Prime uygulamasından alınan veriler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Aslında, makalede önerilen metodolojinin uygulamaya yatkınlığının gösterilmesi açısından, kriterlerin belirlenmesinde söz konusu uygulamadan doğrudan yararlanılmıştır. Yani bu uygulamanın kullanım kılavuzunda^{†††} “Hisselerin, muhtelif oranlara ve indikatörlere göre hesaplanmış olan ‘Reytinglerini’ bir tablo halinde veren bir analiz” olarak tanımlanan “Reyting Analizi” kapsamında sunulan mali ve piyasa değeri ile ilişkili kriterlerden dördü çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir.^{†††}

Bu kriterler hisse senetlerinin son bilanço dönemindeki^{§§§};

- i) Fiyat / Kazanç (F/K) Oranı ve buna bağlı sektör oranlarına göre hesaplanan reytingi (derecesi)

^{†††} <https://www.matriksdata.com/website/kurumsal-urunler/matriks-veri-terminali/dokumanlar/matriks-veri-terminali-kullanim-kilavuzu> , syf. 80, Erişim Tarihi: 30.7.2018.

^{†††} Elbette farklı kriterlerin seçilmesi de mümkündür. Ancak makalenin amacı bu konuda bir metodoloji sunmak ve uygulamak olduğundan, farklı kriterlerin seçimi karar verici veya uygulayıcıya bırakılmıştır. Yine bu sebeple makalede seçilen hisse senetlerinin performans analizine yer verilmemiştir.

^{§§§} Tüm kriterlerin yönü faydadır. Bunun anlamı yüksek değerlerin daha fazla tercih edileceğidir.

- ii) Piyasa Değeri / Defter Değeri (PD/DD) ve buna bağlı sektör oranlarına göre hesaplanan reytingi (derecesi)
- iii) Net Kar / Sermaye (Sermaye Karlılığı) Oranı
- iv) Cari (Likidite) Oranıdır.

Aşağıda yöntemlerin işletilmesi açıklanacak; daha sonra yöntemler vasıtasıyla elde edilen sonuçlar mevcut verilere uygulanabilirlikleri, bilgi gereklilikleri açısından değerlendirilecektir.

4.3. Yöntemlerin İşletilmesi: Örnek Uygulama

Bu kısımda, kolaylık ve açıklık amacıyla, analiz sonuçları ve yöntemlerin uygulanışı, gerçekte analiz edilen 100 hisse senedi arasından rastgele seçilen 5 hisse senedi üzerinden açıklanmaktadır.

Tablo 1: Beş Örnek Hisse Senedi için Veri Tablosu

Alternatifler (A) (HİSSE)	Kriterler (ui)			
	u1 (F/K Derecesi)*	u2 (PD/DD Derecesi)*	u3 (Net Kar / Sermaye)	u4 (Cari Oran)
A1 (AEFES)	0,2	4,37	-0,04	1,25
A2 (CEMETS)	8,78	2,18	0,31	2,32
A3 (GSDHO)	9,4	9,09	0,25	2,78
A4 (KOZAL)	5,48	1,43	0,19	10,62
A5 (SODA)	8,3	2,43	0,35	2,92

(*) Dereceler (Reyting Puanları), iki kriterin fayda yönünün pozitif olduğunu gösteren Matriks® Derecelendirme Analiz Aracı'ndan alınmıştır. (Derecelere nasıl ulaşıldığı programın manüelinde açıklanmıştır).

4.3.1. Üstünlük İlişkileri Matrisinin Hesaplanması

Öncelikle “Üstünlük İlişkileri Matrisi” elde edilmiştir. Tüm yöntemler / kurallar bu üstünlük ilişkileri üzerinden tanımlandığından sonra tüm sıralamalar bu matristen türetilir. Bu doğrultuda, MS Excel®’de veri girişini sağlayan ve üstünlük ilişkilerini her kriter ve alternatif için hesaplayan bir program yazılarak, bu programın üst kümeler (Di) için çalıştırılmasıyla aşağıdaki tablo oluşturulmuştur (alt kümeler, yani Li de hesaplanabilirdi).

Tablo 2: Alternatiflerin Üst (Baskınlık / Üstünlük) Kümeleri (Di)

Di (Aj)	D1 (A1-A5)	D2 (A1-A5)	D3 (A1-A5)	D4 (A1-A5)	Kesişim
A1	{A2,A3,A4,A5}	{A3}	{A2,A3,A4,A5}	{A2,A3,A4,A5}	{A3}
A2	{A3}	{A1,A3,A5}	{A5}	{A3,A4,A5}	{}
A3	{}	{}	{A2,A5}	{A4,A5}	{}
A4	{A2,A3,A5}	{A1,A2,A3,A5}	{A2,A3,A5}	{}	{}
A5	{A2,A3}	{A1,A3}	{}	{A4}	{}

Tablo 2’de her bir alternatifin (hissenin) her kriter (oran ya da reyting) bazında hesaplanan Üst Kümeleri görülmektedir. Örneğin A1 alternatifinin (AEFES), u1 kriterine (F/K Derecesi) göre değeri Tablo 1’de görüleceği üzere 0,2’dir. Diğer alternatiflerin tümünün bu kriterle göre değeri A1’den (AEFES’ten) daha iyi olduğu için bu alternatifin bu u1 kriterine göre üst kümesi D1 (A1) = {A2,A3,A4,A5} olarak bulunmuş ve matriste yerine yazılmıştır. Aynı şekilde A1 için diğer kriterler göre bulunan üst kümeler, yani sırasıyla D2 (A1), D3 (A1) ve D4 (A1), Tablo 2’de A1 satırında görülebilir. Her alternatif için bu değerler bulunduktan sonra alternatiflerin tüm kriterlere göre hesaplanan üst kümelerinin - varsa- ortak eleman(lar)ı bulunarak tablonun son (kesişim) sütununda gösterilmektedir.

“Alt Küme” olarak adlandırılan L1, L2, L3, L4, L5 kümeleri de hesaplanarak her alternatifin kriterlere göre diğer hangi alternatiflerden daha iyi oldukları, yani üst kümesinde yer aldıkları belirlenmiştir (Aslında Li kümeleri Di kümelerinden çıkarılabilir, ayrıca hesaplanması şart değildir). Örneğin Tablo 2’den A1’in, ikinci kriterle göre A2’nin üst kümesinde olduğu görülmektedir: $A1 \in D2(A2)$. Dolayısıyla A1’in aynı kriterle göre alt kümesinde (üstün olduğu alternatifler kümesi) A2 yer alacaktır.

Bu noktadan itibaren üstünlük ilişkileri matrisleri kullanılarak makalede önerilen yöntemlerin nasıl işletildikleri açıklanmaktadır.

4.3.2. Pareto Kuralının İşletilmesi

Tablo 2’nin son sütunundaki kesişim kümesi aynı zamanda yukarıda (3) no.lu ifadede tanımlanan Pareto kuralını işletmeyi sağlamaktadır.

Buna göre, her alternatif için Kesişim sütununda verilen küme taranarak, eğer bu küme boş ise ilgili alternatif Pareto etkin kümeye dâhil edilmekte, boş küme değilse ilgili alternatif elenmektedir.

Örnekte yalnızca A1 elenmektedir. Zira A1’i tüm kriterlerde aynı anda geçen bir başka alternatif; A3 bulunmaktadır. Diğer alternatifler ise, bazı kriterlerde diğer

alternatiflerden kötüyken bazı kriterlerde iyi olduklarından ve kriterler arasında bir öncelik ilişkisi de tanımlanmadığından, elenmemişlerdir. Bu durumda Pareto Kuralının işletilmesiyle elde edilen sıra şu şekilde oluşmuştur:

$$\{A2, A3, A4, A5\} > A1$$

Görüldüğü gibi bu tüm alternatifleri katı bir derecelendirmeye sokan bir tam sıra (strict order) değildir; bir zayıf sıradır (weak order). O halde Pareto kuralının işletilmesi alternatifleri tam bir sıraya sokmaya yetmemiştir. Örneğin tek bir alternatif seçilecek olsa sadece bu sıraya bakarak karar verilemez. Zira A2, A3, A4 ve A5 Pareto etkin küme içerisindedir ancak herhangi biri diğerine tercih edilemez. Yine de A1 elenerek alternatifler azaltılmış; alternatif kümesi 5'ten 4'e indirilmiştir (elenen alternatif sayısı başka örneklerde daha çok olabilir).

4.3.3. Üst ve Alt Üstünlük Kümelerinin Eleman Sayıları Arasındaki Fark

Her bir alternatif $x \in A$ için $s [L (x)] - s [D (x)]$ tanımlanarak alternatifler bu puanlara göre sıralanmıştır. Bunun için D_i ve L_i matrislerinin her hücrelerinin elemanları sayılarak alternatifleri R ilişkisine, yani yukarıdaki (1) ve (2)'de verilen $D (x)$ ve $L (x)$ tanımlarına göre satır ve sütunlarda karşılaştıran bir matris elde edilmiştir. Aşağıda bu matris verilmektedir. Matrisin son sütununda yukarıdaki (4) no.lu ifadede tanımlanan hesaplamaların sonucu sunulmaktadır.

Tablo 3: Alternatifler arası Baskınlık Sayıları (Alt ve Üst küme sayıları)

Baskınlık (R ilişkisi)	A1	A2	A3	A4	A5	s [L (x)]	s [L (x)] - s [D (x)]
A1	-	0	0	0	0	0	-1
A2	0	-	0	0	0	0	0
A3	1	0	-	0	0	1	1
A4	0	0	0	-	0	0	0
A5	0	0	0	0	-	0	0
s [D (x)]	1	0	0	0	0		

Tablo 3'te hücrelerdeki sayılar satırdaki bir alternatifin sütunda yer alan alternatiften R ilişkisine göre üstün olup olmadığını (tüm kriterlerde ona baskın olup olmadığını) göstermektedir. Üstünlük durumunda 1, olmama durumunda 0 değeri atanmıştır. Buna göre örneğin A1 alternatifi tüm kriterlerde hiçbir alternatifin üst kümesinde değildir, yani bu alternatifin alt kümesi boş kümedir. O halde Tablo 3'te de görüldüğü gibi $s [L (A1)] = 0$ 'dır. A1'in üst kümesinde ise yukarıda belirtildiği gibi 1 alternatif (A3) vardır. O halde Tablo 3'te görüldüğü gibi $s [D (A1)] = 1$ 'dir. Bu durumda A1 için $s [L (x)] - s [D (x)] = 0 - 1 = -1$

olarak hesaplanmış ve son sütunda gösterilmiştir. Bu değerler sıralandığında alternatiflerin aşağıdaki sıralamasına ulaşılmıştır.

$$A3 > \{A2, A4, A5\} > A1$$

Bu sıralamanın bir öncekinden farkı; A3'ün hem basılmayan hem de diğerlerinden farklı olarak baskın bir alternatif olmasından dolayı, bir üst dereceye çıkmış olmasıdır. Böylece daha güçlü (katı) bir sıra oluşmuştur. Bu sıralamaya göre tek bir alternatif seçilecek olsa bu A3 olacaktır; $C(A) = A3$.

4.3.4. Borda Kuralının İşletilmesi

Öncelikle alternatifler için, kriterlere göre Alt Kümelerinin eleman sayıları (Borda Sayıları) toplamı olarak Borda Skorları; yukarıdaki (5) numaralı ifadeden hareketle hesaplanır. Buna göre örnek uygulamada oluşturulan matris aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4: Borda Sayı ve Skorları

Alternatifler	Borda Sayıları				Borda Skoru ($\sum_i s [L_i(x)]$)
	s [$L_1(x)$]	s [$L_2(x)$]	s [$L_3(x)$]	s [$L_4(x)$]	
A1	0	3	0	0	3
A2	3	1	3	1	8
A3	4	4	2	2	12
A4	1	0	1	4	6
A5	2	2	4	3	11

Tablo 4'teki matrisin satırlarında alternatiflerin her bir kritere göre alt kümesinde kaç alternatif olduğu görülmektedir. Buna göre örneğin A1 alternatifinin ikinci kritere göre alt kümesinde 3 alternatif bulunmaktadır. Tablo 1 ve Tablo 2 incelendiğinde, bu 3 alternatifin A2, A3 ve A5 olduğu görülecektir. Zira bu kriterde A1'in değeri 4,37 iken, $u_2(A2) = 2,18$, $u_2(A4) = 1,43$ ve $u_2(A5) = 2,43$ 'tür. Ayrıca Tablo 2'nin ikinci sütununda verilen D2 kümeleri içerisinde A1 alternatifinin A2, A4 ve A5'in alt kümelerinde bulunduğu (onlardan daha kötü olduğu) görülmektedir.

Borda sayıları bu şekilde belirlendikten sonra her alternatif için satır toplamları alınarak Tablo 4'ün son sütununda gösterilen puanlar elde edilir. Alternatifler bu puanlara göre büyükten küçüğe sıralandığında ise Borda sayıları kuralına göre oluşan sıralama şu şekildedir:

$$A3 > A5 > A2 > A4 > A1$$

Burada tam bir sıralama olduğu görülmektedir. (Ancak bu garanti edilemez, kısmi bir sıra da oluşabilirdi.) Yine tek bir alternatif seçilse bu A3 olacaktır.

4.3.5. Maksimin Kuralının İşletilmesi:

Öncelikle yukarıda yöntemin tanımlandığı kısımda bahsedilen özelliklerde bir turnuva matrisi oluşturulur. Böyle bir matris aşağıda verilmektedir.

Tablo 5: Turnuva Matrisi (Maksimin) Sayı ve Skorları

Maksimin Turnuva Matrisi	A1	A2	A3	A4	A5	Min
A1	-	1	0	1	1	0
A2	3	-	1	3	1	1
A3	4	3	-	3	2	2
A4	3	1	1	-	1	1
A5	3	3	2	3	-	2

Tablo 5'teki matriste hücrelerdeki değerler satırlardaki alternatiflerin kaç adet kriterde sütundakilerden daha üstün olduğunu belirtmektedir. Örnekteki toplam 4 kriter için; A1 alternatifi A2'ye karşı 1, A2 ise A1'e karşı 3 kriterde üstündür.

Aslında bu tablodaki değerler yine (diğer yöntemlerde olduğu gibi) üstünlük ilişkileri matrisinden kolayca hesaplanabilir. Örneğin Tablo 1'de A1'in satırı incelenirse A2'nin 3 kez (3 kriterde) A1'in üst kümesinde olduğu görülür. Tersine A1'in A2'ye karşı kaç kez (kaç kriterde) kazandığının belirlenmesi içinse Tablo 1'deki üstünlük matrisinde A2'nin satırında A1'in kaç kez (kriterde) geçtiği okunur. Bu sayı Tablo 5'teki A1-A2 hücresinde yazıldığı üzere 1'dir. Bunun anlamı A1'in A2'yi 1 kez yendiğidir.

Bu şekilde oluşturulan Tablo 5'teki turnuva matrisinin son sütununda ise satır minimumları hesaplanır. Yöntemin özü bakımından bu sonuçları yorumlarsak, örneğin A1'in en zorlu rakibinin A3 olduğunu söyleyebiliriz. A1 diğer rakiplerini 1'er kez yenerken; en zorlu rakibi olan A3'ü hiç yenememiştir. Buna göre A2 ve A4 en zorlu rakiplerini (sırasıyla A2 için A3 ve A5; A4 içinse A2, A3 ve A5) 1'er kez geçebilmişler; diğer rakiplerine 1'den fazla üstün gelmişlerdir. A3 ve A5 ise en zorlu rakiplerine 2'şer kriterde üstün gelmişlerdir. O halde *en zorlu rakibine karşı en çok kazanmayı (minimumların maksimumu)* başarı ölçütü olarak alan yöntemde, bu skorlar büyükten küçüğe sıralanarak aşağıdaki sıralama elde edilir:

$$\{A3, A5\} > \{A2, A4\} > A1$$

Burada da kısmi bir sıralama olduğu görülmektedir. Yalnızca en iyi alternatifi seçilmesi istenirse A3 ve A5'in aynı anda seçilmesi gerekecektir.

Örnek üzerinde uygulanan yöntemler ile elde edilen sıralamaları özetlemek gerekirse; Pareto Kuralı'na göre $\{A2, A3, A4, A5\} > A1$; Alt ve Üst Küme Sayısı Farkları'na göre $A3 > \{A2, A4, A5\} > A1$; Maksimin'e göre $\{A3, A5\} > \{A2, A4\} > A1$ ve Borda Skorlarına göre $A3 > A5 > A2 > A4 > A1$ elde edilmiştir.

Bu sıralamalar oluştuktan sonra seçim yapılacaksa, seçilecek eleman sayısı (m) belirlenip “kullanılacak yöntemlerin *ilk m sırasında aynı anda (ortak olarak) yer alan* alternatif(ler) seçilir” şeklinde çoklu bir kural işletilebilir. Buna göre örnek uygulamada, tek bir alternatif seçilecekse A3, iki tane seçilecekse tüm yöntemlerin ilk iki sırasında bulunan A3 ve A5 seçilir.

4.4. BIST 100 Hisse Senedi Seçimi Uygulaması ve Sonuçlar

Yukarıda açıklanan yöntemsel çerçeve ile gerçek uygulamada BİST 100'de yer alan 100 hisse senedi analiz edilmiştir.

Uygulama sonucunda 100 hisse senedi arasında 22'si Pareto Kümesini oluşturmuştur:

Pareto Kümesi = $\{A9, A20, A23, A26, A27, A33, A38, A39, A40, A43, A46, A53, A55, A59, A60, A61, A63, A71, A79, A80, A93, A96\}$

Bunun anlamı, söz konusu küme içerisinde yer alan hisse senetlerini belirlenen dört kriterde de geçen bir senedin bulunmadığıdır. Diğer bir açıdan Pareto kümesine giremeyen 78 hisse senetten tüm kriterlerde daha iyi en az bir adet başka hisse senedi bulunmaktadır.

Aşağıda Tablo 6'da sunulan sonuçlara göre, Pareto kümesinde 22 senet yer almaktadır. Bu aynı zamanda Pareto kuralı ile yapılan hesaplamada bu senetlerin ilk dereceyi aldıklarını göstermektedir. 100 senet için L-D, Borda ve Maksimin kuralları ile de hesaplamalar aynı üstünlük ilişkileri kümesi üzerinden yapılmıştır. Buradan hareketle, oluşan sıralardaki ilk 22 senedi dikkate alırsak; bu seviyeye kadar L-D'de 12 ve Borda'da 11 alternatifin Pareto ile ortak olduğu görülmektedir. Bunun anlamı bu hisselerin aynı zamanda Pareto etkin olduklarıdır. Maksimin sıralamaları da aynı anda değerlendirildiğinde A27 en iyi maksimin puanına (=2) sahip iken; en iyi ikinci skora (= 1) sahip küme $\{A9, A20, A26, A33, A38, A39, A40, A43, A53, A55, A59, A60, A63, A71, A80\}$ olarak bulunmuştur. Bu kümenin elemanlarının tamamı aynı zamanda Pareto etkindir (Pareto & Maksimin). Diğer yöntemlerde de seçilen Pareto etkin alternatifler tabloda koyu karakterle vurgulanmıştır (örn. Pareto & L-D; Pareto & Borda). Buna göre örneğin tüm yöntemlerin ilk beş sırasında yer alan 4 hisse senedi GSDHO, EKGYO, ALGYO, SODA'dır (Aşağıda Tablo 6'da koyu olarak vurgulanmıştır).

Bunlar aşamalı bir süreçte diğer aşamalar için “değerlendirme kümesi” olarak alınabilirler. İkinci aşamada bu küme başka kriterler ya da telafi edici yöntemlerle değerlendirilebilir. Örneğin bir teknik analiz göstergesi olarak RSI) dikkate alındığında, bu kez en iyi alternatif A27 (EKGYO) olarak ortaya çıkmıştır. Ancak bu değerlendirmeler bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

Tablo 6: Farklı Yöntemlere göre Oluşan Hisse Senedi Sıralamaları

Yöntem	L-D			Borda			Maksimin			
	Sıralama	Hisse	Kod	Puan	Hisse	Kod	Puan	Hisse	Kod	Puan
1		GSDHO	A40	68	GSDHO	A40	360	EKGYO	A27	2
2		EKGYO	A27	65	EKGYO	A27	358	ALGYO	A9	1
3		ALGYO	A9	42	ALGYO	A9	327	CEMTS	A20	1
4		SODA	A80	33	METRO	A63	299	EGEEN	A26	1
5		TRKCM	A90	28	SODA	A80	296	FROTO	A33	1
6		SNGYO	A79	27	CEMTS	A20	288	GOODY	A38	1
7		ANELE	A11	26	TRKCM	A90	287	GOZDE	A39	1
8		SISE	A77	26	EGEEN	A26	284	GSDHO	A40	1
9		CEMTS	A20	25	ANELE	A11	277	HALKB	A43	1
10		ECILC	A25	22	SNGYO	A79	277	ISGYO	A53	1
11		EGEEN	A26	22	SISE	A77	274	KARTN	A55	1
12		ENKAI	A29	21	DEVA	A21	259	KOZAA	A59	1
13		METRO	A63	19	GOODY	A38	253	KOZAL	A60	1
14		TATGD	A82	19	DOAS	A23	251	METRO	A63	1
15		KCHOL	A56	18	ISGYO	A53	251	OZKGY	A71	1
16		KOZAA	A59	18	ALARK	A7	250	SODA	A80	1
17		DEVA	A21	17	ENKAI	A29	248			
18		GOODY	A38	17	KCHOL	A56	248			
19		IHLAS	A47	16	SAHOL	A75	248			
20		ENJSA	A28	15	TATGD	A82	248			
21		KARTN	A55	15	ENJSA	A28	245			
22		KOZAL	A60	15						

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, çağımızda internet kullanımının, ürün çeşitlenmesinin vb. artmasıyla mümkün alternatif kümesinde yaşanan genişleme nedeniyle daha da karmaşıklaşan çok kriterli sıralama veya seçim problemi için; telafi edici ÇKKV yöntemleri yerine, kriterler için “ağırlık” bilgisinin elde edilmesini ve alternatiflerin kriterlere göre alacağı değerler için hassas (oransal) ölçümler yapılmasını gerektirmeyen, alternatifler arasındaki baskınlık ilişkileri temeline ve sosyal seçim kurallarına dayalı basit yöntemlerin kullanımı önerilmiştir. Böyle bir metodolojinin gerçek veri kümeleri üzerinde kullanıldığı çalışmaların azlığı nedeniyle bu alana katkı yapmaya çalışan makalede, yöntemlerin Borsa İstanbul’da (BİST) hisse senedi seçim ve sıralama problemine uygulanabilirliği gösterilmiş; benzer problemlerde kullanımları için bir Karar Destek Sistemi önerilmiştir.

Önerilen yöntemsel çerçevenin alternatiflerin fazlalığı durumunda telafi edici yöntemler ile karşılaştırıldığında çeşitli avantajları mevcuttur. Avantajlarından birincisi, bu yöntemler birçok alternatif için (BİST 100 veya tüm hisse senetleri değerlendirilse bile) ele alınan veri kümesinde kolay ve etkili bir şekilde uygulanabilir. İkincisi, karar vericiden herhangi bir «telafi edici / ağırlık» bilgisi gerektirmez, sadece sonuçlara etkileri ve anlamlarının açıklanması ile anlaşılması ve kullanımı kolaydır. Bu nedenle de otomasyon sistemlerde (öneri ajanları vb.) programlamaya uygundur. Dahası, bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar kriterlerin değerlerine bağlı değildir. Yani nihai sonuçlar, sadece sıralama ilişkisi ihlal edilmediğinde orijinal verilerin değişikliklerine karşı stabildir. Oysa diğer yöntemler oransal ağırlık tahminlerine ve alternatiflerin kriterlere göre hassas ölçümlerine oldukça duyarlıdır.

Bu yöntemlerin temel dezavantajı ise alternatifler arasında tam bir sıralamaya ulaşmanın garanti olmaması; çoğu zaman zayıf sıraların oluşmasıdır. Gerçek uygulamada da bu gözlenmiştir. Hatta bazı yöntemlerde (örneğin sadece Pareto kuralının uygulanması durumunda) “bir veya birkaç” alternatifin seçilmesi çok zor olmaktadır. Bu nedenle bu yöntemler genellikle tek başlarına kullanılmaz; ilk aşamada seçilen alternatifler üzerinde ikinci bir aşamada veya aynı anda ikincil yöntemlerin kullanılması gerekebilir. Daha az alternatif ve çok fazla kriter olduğunda bu yöntemler yerine telafi edici modeller tercih edilebilir.

Bu çerçevede, yöntemlerin aşağıdaki faktörlerin birine veya bir kaçına sahip karar problemlerinde / durumlarında etkili olarak uygulanabileceği söylenebilir: Problemden değerlendirilmesi gereken / istenen çok fazla sayıda alternatif mevcutsa; problem, ilk aşamada kalite (finansal oranlar), ikincisi ise fiyat (teknik göstergeler) gibi iki kısma ayrılabilen kriterleri içeriyorsa ve kriter ağırlıklarının ağırlıkla ilgili değerlendirmeler net olarak yapılamıyorsa normatif çok kriterli yaklaşımlar olarak, bu modeller, sıralama veya seçim problemine, bu tür sorunlara

yönelik hesaplama-etkin ve uygun çözümler sunar. Bu çalışmadaki uygulamada da tüm bunların başarılabilirdiği görülmüştür.

Çalışmada, BİST 100 hisse senetleri üzerinde hepsi alternatifler arası üstünlük ilişkilerine dayalı dört yöntemin aynı anda kullanılması ile gerçekleştirilen uygulamada; tüm yöntemlerin ilk beş derecesinde yer alan 4 hisse senedi seçilmiştir. Böylece karar vericiden yöntemlerin uygulamadaki anlamları bağlamında tercih etmesi hariç hiçbir bilgiye ihtiyaç duyulmadan, etkili bir hesaplama ile dört sıralama oluşturulabilmiş; 100 alternatif akılcı gerekçelerle 4'e indirgenmiştir. Buna göre seçilen hisse senetleri, yöntemlerin uygulamadaki anlamları itibariyle ve aynı anda; tüm kriterlerde diğer hiçbir hisse senedi tarafından basılmayan, hisse senetleri arasındaki rekabette kazanç ve kayıplar arasında maksimum farka ulaşan (kazançları kayıplarından en fazla olan), kriterler bazında toplamda en fazla hisseye üstün gelen ve son olarak, en zorlu rakibine karşı en iyi performansı gösteren hisse senetleridir. Görüldüğü gibi bunlar, senetlerin ilgili kriterlere göre seçilmesi için önemli gerekçelerdir. Diğer taraftan, kriter ölçümlerindeki (değerlerdeki) değişimler eğer ilgili kriterde alternatiflerin sıralamasını değiştirmiyorsa, bütünsel sıralamaları da değiştirmeyecektir. Bu anlamda önerilen KDS ile tutarlı ve sağlam sonuçlara ulaşıldığı söylenebilir. Tüm bu sürecin 500 hisse senedi için de aynen kolayca tekrarlanabilecek olması önerilen KDS'nin diğer bir üstünlüğüdür.

Gelecekteki çalışmalarda, aynı yöntem grubu / ailesi içindeki diğer yöntemler (örneğin sosyal seçim prosedürleri) aynı veri kümesine uygulanabilir. Bu çalışmada seçilen hisse senetlerinden oluşturulacak portföy performansları piyasa performansı ile veya farklı yöntemler ve / veya stratejilerle oluşturulmuş diğer portföylerle karşılaştırılabilir. Son olarak bu çalışmada önerilen karar destek yapısı aynı özelliklere sahip (çok alternatifli, kriter ağırlıklandırmanın kolayca yapılamadığı) farklı problemlerde ve farklı veri kümelerine uygulanabilir.

Kaynakça

- Aizerman, M. ve Aleskerov, F. (1995), *Theory of Choice*, Elsevier Science B.V.
- Aleskerov, F. ve Çınar, Y. (2008) «q-Pareto-Scalar» Two-Stage Extremization Model and its Reducibility to One-Stage Model, *Theory and Decision*, 65(4):325-338.
- Aleskerov, F., Ersel, H. ve Yolalan (2004). R. Multicriterial ranking approach for evaluating bank branch performance. *International journal of information technology & decision making*, 3(2), 321-335.
- Aleskerov, F., Mitichkin, E. Shvydun, S. ve Yakuba, V. (2013). Super-threshold Procedures and Their Application to the Search Problem. *Procedia Computer Science*, 17, 1121-1124.
- Apestequia, J. ve Ballester, M. A. (2013). Choice by sequential procedures. *Games and Economic Behavior*, 77(1), 90–99.
- Beach, L.R. (1993). Broadening the Definition of Decision Making: The Role of Prechoice Screening of Options *Psychological Science*, 4:215-220.
- Bouyssou, D. (2001). "Outranking Methods" in C.A. Floudas, P.M. Pardalos (Eds.), *Encyclopedia of Optimization*, Kluwer, 1-12.
- Borcherding, K., Eppel T. ve D. Von Winterfeldt (1991). "Comparison of Weighting Judgements in Multiattribute Utility Measurement, *Management Science*, 37(12): 1608.
- Borcherding, K., Schmeer, S. ve Weber M. (1995). "Biases in Multiattribute Weight Elicitation", in J.P. Caverni, M. Bar- Hillel, F.H. Baron & H. Jungermann (Eds.), *Contributions to Decision Making-I*, Elsevier Science B.V., 3-28.
- Deng, H., Yeh, C.H. ve Willis, R.J. (2000). "Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights", **Computers & Operations Research**, 27: 963-973.
- Fishburn, P. C., ve Gehrlein, W. V. (1976). Borda's rule, positional voting, and Condorcet's simple majority principle. *Public Choice*, 28(1), 79-88.
- Garcia-Sanz, M. D. ve Alcantud, J. C. R. (2015). Sequential rationalization of multivalued choice. *Mathematical Social Sciences*, 74, 29-33.
- Gensch, D.H. A Two-Stage Disaggregate Attribute Choice Model (1987). *Marketing Science*, 6(3):223-239.
- Hogarth, R.M. ve Karelaia N. (2005) Simple Models for Multiattribute Choice with Many Alternatives: When It Does and Does Not Pay to Face Trade-offs with Binary Attributes, *Management Science*, 2005, 51 (12): 1860-1872.

- Langville, Amy N ve Meyer, Carl.D. (2006). *Google's PageRank and Beyond, The Science of Search Engine Rankings*, Princeton University Press.
- Manzini, P. ve Mariotti, M. (2007). Sequentially rationalizable choice. *Am. Econ. Rev.*97 (5), 1824–1839.
- Manzini, P. ve Mariotti, M., (2011). Choice by lexicographic semiorders. *Theor. Econ.*7, 1–23.
- Manzini, P. ve Mariotti, M., (2012). Categorize then choose: boundedly rational choice and welfare. *J. Eur. Econ. Assoc.*10 (5), 1141–1165.
- Matriks Veri Terminali Kullanım Kılavuzu*, Versiyon 7.0.3, 2.5.2013, Matriks Bilgi Dağıtım Hizmetleri A.Ş., <https://www.matriksdata.com/website/kurumsal-urunler/matriks-veri-terminali/dokumanlar/matriks-veri-terminali-kullanim-kilavuzu> Erişim Tarihi: 30.7.2018.
- Moulin, H. (1991). *Axioms of cooperative decision making* (No. 15). Cambridge university press.
- Nelson, B.L., Swann, J. ve Goldsman, D. (2011). Simple procedures for selecting the best simulated system when the number of alternatives is large, *Operations Research*, 49(6): 950-963.
- Opricovic, S., ve Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European journal of operational research*, 156(2), 445-455.
- Roberts, R. ve Goodwin P., (2003). “Weight Approximations in Multi-Attribute Decision Models”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11 (6): 291-303.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Springer Science & Business Me Simon, H. A. (1972). *Theories of Bounded Rationality*. In *Decision and Organizations*. North-Holand Publishing Company.
- Saaty, T. L., (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.
- Shvydun, S. (2016). Normative properties of multi-criteria choice procedures and their superpositions: I. arXiv preprint arXiv:1611.00524.
- Simon, H. A. (1972). *Theories of Bounded Rationality*. In *Decision and Organizations*. North-Holand Publishing Company.
- Tversky, A. (1972). "Elimination by aspects: A theory of choice.", *Psychological Review*, 76: 281-299.
- Yager, R.R., Gumrah, G. ve Reformat, M.Z. (2011) Using a web Personal Evaluation Tool – PET for lexicographic multi-criteria service selection, *Knowledge-Based Systems*, 24 (7): 929–942.

Ye Chen, Kilgour D.M. ve Hipel K.W. (2008). Screening in multiple criteria decision analysis, *Decision Support Systems*, 45: 278–290.

Yoon, K., ve Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Multi Criterial Modelling based on Dominance and Social Choice Rules: A DSS Proposal for Stock Selection Problem

Extended Abstract

1. Introduction

There has been always a decision problem which can be defined as “choice between available alternatives or rank them, under different criteria”. In order to help the decision maker to cope with this problem, there exist various methods in the literature. Among them, the compensatory methods had been popular, therefore they have many real-life applications. But in fact, these methods demand decision maker (DM) determine criteria “weights” directly or by making pairwise comparisons and also require DM to make exact value estimates for the alternatives with respect to criteria. However, in the new era as the factor size and number of alternatives increase, e.g. the massive amount of products and services supplied on the Internet; the problem has become more complicate. So, it becomes more difficult for the decision maker to make judgements with a certain consistency. For example, in a problem which consists of 100 alternatives, DM must indicate his/her value judgements in 4950 comparisons according to each criterion. This exceeds DM’s information processing capacity.

Therefore, for large sets, using simple procedures that require less information from DM is a suitable way. Such techniques stem from the classical -social- choice theory or non-compensatory multicriterial approach. There is a huge literature for their axiomatic. Also there are articles which propose the usage of them in applications, recommendation systems and search algorithms. However, the studies which employ them, especially their multistage structures on real data sets are very rare. In this framework, this study aims to illustrate their applicability on the stock selection and ranking problem in Istanbul Stock Exchange (ISE) and propose a Decision Support System (DSS) that can aid DM.

2. Method

The methods used in this study and selected from the classical -social- choice theory and non-compensatory multi-criterial ordinal ranking models are described below. Their implications (logical meanings) are also explained. As common features, they require no information from DM and generally based on dominance relations between alternatives.

First of all, Upper Dominance (D) and Lower dominance (L) sets are defined as; “D (x), is the set of alternatives which are better than x, L(x) is the set of alternatives worse than x”. Then the methods are defined based on these concepts as follows:

i) Pareto Rule: This is the most basic choice rule based on dominance relation and social-choice theory. Any alternative x is chosen from A, iff there is no alternative $y \in A$ which is better than x, with respect to all criteria. Its meaning is to choose the not dominated alternatives (e.g. stocks) with respect to all criteria (e.g. financial ratios).

ii) The difference between the numbers of D (x) and L(x): The alternatives are ranked with respect to these differences. This is a rule based on purely dominance relations and implies that “choose the alternatives which have the maximum difference between gains and loses”.

iii) Borda Count / Rule: It is another well-known rule based on social-choice theory. The procedure begins with the calculation of «The Borda Count» of any alternative as the sum of number of Lower Dominance Sets according to each criterion (i), i.e. $n(L_i)$ for every x. Then, the method orders the alternatives with respect to these scores. This method implies that “Perform the selection / ranking in a way that rewarding alternatives that are superior to the most alternative in terms of criteria.”

iv) Maximin: This is a rule based on tournament matrices and one of the non-compensatory methods, which is used when there is no information on criteria importance. The procedure begins with constructing a tournament matrix between alternatives, whose cells show the «wins» of row elements, i.e. in how many criteria the alternative in row is superior than the one in the column. Then method chooses the alternative(s) to which maximum of row minima correspond. This method's implication is to choose the alternative which performed best against its competitors (or vs. its toughest competitor).

3. Results and Discussion

This study aims to illustrate the applicability of above-mentioned methods and a constructed DSS from them on the stock selection and ranking problem in Istanbul Stock Exchange (ISE), Turkey. Using recent financial ratios (March 2018 and December 2017) of the companies as criteria, the orderings of the stocks are constructed via different methods. The real data has been reached from the Matriks® Data Prime Application. Results are evaluated and methods are compared with respect to their applicability to the existing data and information requirements.

It is seen that the methods are easily and effectively applicable on the given data set, even for many alternatives (BIST 100 or all the stocks in ISE). They do not require any «compensatory / weight» information from the decision maker, so they are suitable to be adjusted for any recommendation agent. These methods are not dependent to the values of criteria, i.e. the final results are stable to changes of initial data only if the ordering relation is not violated. On the other hand, it is realized that there is no guarantee to get a strict order / ranking of alternatives. In this situation as a secondary stage, using other methods is proposed to reach the final decision.

4. Conclusion

The methods are applicable to decision problems which involve many alternatives and multi criteria in which weight considerations of criteria are not clear. As normative multicriteria approaches, these models provide solutions to ranking or choice problems in a computationally efficient and informationally feasible way.

In future studies; other methods within the same families (social-choice, non-compensatory) can be applied to the same data set and results can be compared. The performance(s) of the selected portfolio(s) in this study can be compared with their market performance in time, or with other portfolios constructed via different methods and/or strategies. The methods can be applied to different data sets for similar problems.