

Bulanık VIKOR Yaklaşımı ile Mobil İşletim Sistemlerinin Değerlendirilmesi

DOI NO: 10.5578/jss.26290

Bahadır Fatih YILDIRIM¹

Sultan KUZU²

Muhlis ÖZDEMİR³

Geliş Tarihi: 11.07.2014

Kabul Tarihi: 29.04.2016

Özet

Zaman ve mekândan bağımsız olarak istenen bilgiye anında ulaşabilme imkânı sunan mobilite, internet ve mobil cihazların her geçen gün daha çok yaygınlaşmasıyla günlük hayattaki kullanım alanını artırmaktadır. Bu çalışmada, mobilitenin en önemli enstrümanı olan mobil cihazlar üzerinde donanım ve yazılımın uyumlu çalışmasına, kontrol edilmesine ve yönetilmesine olanak sağlayan mobil işletim sistemleri, belirlenen kriterlere göre uzman görüşü alınarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımlarından VIKOR yöntemi ile değerlendirilmiş, karar verme sürecinin doğasında bulunan belirsizliği gidermek üzere bulanık sistem teorisi de karar sürecine dahil edilerek karar problemi Bulanık VIKOR yöntemi ile çözülmüştür. Karar alternatifi olarak ele alınan 5 mobil işletim sistemi, uzman görüşü alınarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak IOS ve Android Mobil işletim sistemleri uzlaştırıcı çözüm kümesinde ilk sırada yer almışlardır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık VIKOR, Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık Mantık, Mobil İşletim Sistemleri, Mobilite

Jel Kodu: C02, C44, C61

Evaluating Mobile Operating Systems Using Fuzzy VIKOR Approach

Abstract

Independently of time and space that provide access to the requested information mobility, internet and mobile devices more widespread usage in daily life increases every day. In this study, the most important instrument mobility on the mobile devices to work compatible hardware and software, allowing controlling and managing mobile operating systems, according to the criteria set by the expert opinion of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) approaches are evaluated with VIKOR, in the decision-making process to address uncertainties inherent, the theory of fuzzy systems were included in the decision process decision problem is solved by

¹ Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi, Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi, bahadirf.yildirim@istanbul.edu.tr

² Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, sultan.kuzu@istanbul.edu.tr

³ Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, muhlisozdemir@istanbul.edu.tr

the method of fuzzy VIKOR. 5 mobile operating systems discussed as decision alternatives have been analyzed by taking expert choice. After all IOS and Android mobile operating systems have taken first place in the set of compromise solution.

Keywords: Fuzzy VIKOR, Multi-criteria Decision Making, Fuzzy Logic, Mobile Operating Systems, Mobility

Jel Codes: C02, C44, C61

Giriş

İnternetin hayatımızı değiştirdiği, bilgi paylaşımının dünyayı yeniden şekillendirdiği, mobilitenin sınırları ortadan kaldırdığı günümüzde akıllı cihazlar son kullanıcıların zaman ve bilgiyi yönetmede en büyük yardımcısı konumundadır. İletişimin giderek mobile kayması, teknoloji şirketlerini mobil teknolojilere yönlendirmektedir. Madreport adlı mobil reklam sektörü araştırma raporuna göre, 2013 yılının sonuna kadar dünya genelinde 800 milyon akıllı telefon satılacağı öngörülmüş, bu artışla birlikte dünyadaki akıllı telefon sayısının 2 milyara yaklaşacağı belirtilmiştir (Mobilike, 2013). Bu hızlı yükseliş aynı zamanda internet hizmetlerinin mobile taşınmasını hızlandırmaktadır. Uluslararası araştırmalar, 2013 yılı 4. çeyreğinde sevkiyatı yapılan mobil cihaz (akıllı telefon, tablet) sayısının, kişisel bilgisayar (PC) sayısını geride bıraktığını göstermiştir. 2014 yılında PC sevkiyatının 300 milyonun altına düşeceği, tablet/akıllı telefon sevkiyatının ise bir önceki yıla oranla yaklaşık 1,5 kat artış göstereceği öngörülmüştür (Webrazzi, Erişim Tarihi: 10.02.2015).

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) verilerine göre ülkemizde her 10 akıllı telefon kullanıcısının dokuzu mobil internet kullanmaktadır. Bu rakamın akıllı telefon satışlarıyla orantılı olarak hızlı bir şekilde artması beklenmektedir. 2013 yılında akıllı telefonlardaki veri trafiğinin, 2011 yılına oranla beş kat artacağı öngörülmüştür. İnternette yapılan her sekiz sayfa görüntülenmesinden biri; okunan e-postaların %44'ü ve internette yapılan arama trafiklerinin %20'si mobil cihazlar üzerinden yapılmaktadır (BTK, 2013).

İşletim sistemleri, uygulama programları ve bilgisayar donanımı arasında aracılık görevi yapan, donanımın doğrudan denetimi ve yönetiminden, temel sistem işlemlerinden ve uygulama programlarını çalıştırmaktan sorumlu olan sistem yazılımıdır (Vikipedia, Erişim Tarihi: 10.02.2015)

Mobil cihazlar için özel olarak tasarlanmış, akıllı telefonlar (Smart Phones), tablet bilgisayarlar, PDA (Personal Digital Assistant)'lar gibi taşınabilir el cihazları üzerinde yüklü bulunan işletim sistemleri mobil işletim sistemleri olarak adlandırılmaktadır (Webopedia, Erişim Tarihi: 10.02.2015).

Mobiliteye olan talep paralelinde artış gösteren akıllı cihaz kullanımı, bu cihazlar üzerinde temel sistem işlemlerinden sorumlu olan mobil işletim sistemlerinin önemini de artırmıştır. Bu bağlamda bu çalışmada akıllı cihazlar üzerinde kullanılan popüler mobil işletim sistemlerinin uzman görüşü alınarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın izleyen bölümünde kullanılacak yöntemlerden bahsedildikten sonra son bölümde mobil işletim sistemi alternatifleri bir karar problemi olarak ele alınarak değerlendirilmiş, sonuç bölümünde bulgular yorumlanmıştır.

1.Bulanık Sayı ve Kümeler

1965 yılında Azeri akademisyen Lotfy A. Zadeh (Lütfü Askerzade) tarafından ortaya atılan bulanık küme, bulanık mantık ve bulanık sistem kavramları başlarda literatürde tamamen kabul görmemiş ancak 1975 yılında İngiltere Queen Mary College'de Mamdani ve Assilian tarafından geliştirilen bir buhar makinesinin kontrolünün bulanık sistem kullanılarak modellenmesi ile önem kazanmaya başlamıştır (Şen, 2009: 15-16). Bulanık mantık, klasik iki değerli (0,1) mantığın genelleştirilmiş hali olup, daha geniş anlamda ise bulanık kümeleri kullanan tüm teori ve teknolojileri ifade etmektedir (Baykal ve Beyan, 2004: 39).

Çok değerli mantık, geleneksel kümelerden oluşturulan önermelerin, ikiden fazla doğruluk değeri ile eşleştirilebildiği mantık sistemidir. Bulanık mantık ise, belirsizlik durumunda akıl yürütme ile çok değerli mantığın birleştirilmesi esasına dayalı mantıksal bir sistemdir (Özkan, 2003: 123).

Elemanları x ile gösterilen bir E evrensel kümesi tanımlanırsa, E evrensel kümesinin klasik bir alt kümesi olan A için ($A \subset E$) üyelik, μ_A karakteristik fonksiyonu ile gösterilir ve $\{0,1\}$ arasında aşağıdaki gibi değişiklik gösterir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

Oysa belirsizlik üzerine kurulu bulanık mantıkta küme değerinin sadece 0 yada 1 değeri yerine $[0,1]$ aralığında olması söz

konusu olup küme değerlerinin bu aralıktan belirlenmesi durumunda A kümesi “Bulanık Küme” olma özelliği kazanır. Bir bulanık kümenin temsili sembolün üstünün çizilmesi ile ifade edilir (Akman ve Alkan, 2006: 30). Bulanıklık \square sembolü ile gösterilir, bulanık bir küme ifadesi için \tilde{A} kullanılır (Seçme Yalçın ve Özdemir, 2008:178). Bulanık kümeleri klasik kümelerden ayıran temel özellik 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecelerine sahip elemanlardan oluşmasıdır. 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir eleman için değerine “üyelik derecesi”, üyelik derecesinin bir alt küme içerisindeki değişimine ise “üyelik fonksiyonu” denir (Şen, 2009:40). Bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonlarını belirleme süreci için özel algoritmalar geliştirilmiştir ancak birçok uygulama işlem kolaylığı sağlaması açısından parametrik olarak ifade edilebilen üyelik fonksiyonları ile gerçekleştirilmiştir (Özkan, 2003: 10). Parametrik üyelik fonksiyonları arasında en yaygın kullanım alanı bulan üyelik fonksiyonları, bilgi işlemsel etkinlikleri ve formüllerinin basit oluşu nedeniyle üçgensel ve yamuksal üyelik fonksiyonlarıdır (Baykal ve Beyan, 2004:79).

Bulanık sayılar, bulanık kümenin çeşitleri arasında yer alan ve gerçek sayılar kümesi R 'de tanımlı bulanık kümelerdir (Klir ve Yuan, 1995:97). Bu bakımdan bulanık kümelerin özel bir alt kümesi olarak ifade edilebilir. Her bulanık sayı bulanık bir küme olabilir ama her bulanık küme, bulanık bir sayı olamaz (Özkan, 2003:59).

$$\tilde{A} : R \rightarrow [0,1]$$

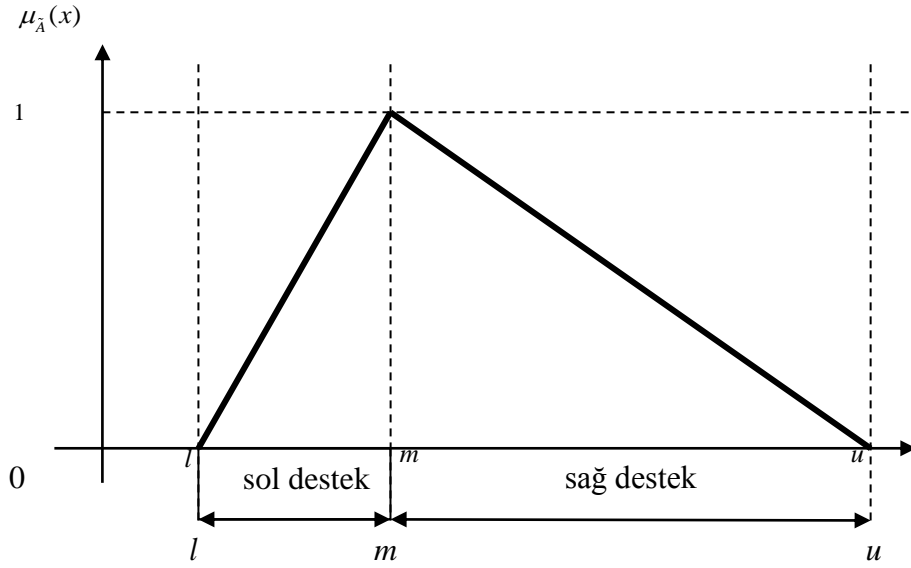
(2)

Bulanık sayıların iki özel türü olan üçgensel (triangular) ve yamuksal (trapezoidal) bulanık sayılar uygulamada sıkça kullanılmakta olup isimlerini üyelik fonksiyonlarının biçimlerinden alırlar (Özkan, 2003:60). Bu çalışmada üçgensel bulanık sayı (ÜBS) lar kullanılmıştır.

Bir üçgensel bulanık sayı (ÜBS), sol ve sağ destek alanları ile tek bir eleman ile ifade edilen özden oluşmaktadır ve (l, m, u) parametreleri ile gösterilir.

ÜBS'ye ait üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi matematiksel olarak ifade edilebilir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l \text{ veya } x > u \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \end{cases} \quad (3)$$



Şekil 1. Üçgensel Bulanık Sayı

ÜBS parametreleri arasında $l < m < u$ sıralaması vardır. l ve u parametreleri ÜBS'nin destek kümesinin alt ve üst sınırlarını göstermektedir. m parametresi ile ifade edilen ve üyelik derecesi 1'e eşit olan tek bir elemandan oluşan öz bulunmaktadır. l ve m parametreleri sol destek alanının, m ve u parametreleri sağ destek alanının sınırlarını göstermektedir.

$\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{B} = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde 2 ÜBS olsun. $l_1 \leq m_1 \leq u_1$ ve $l_2 \leq m_2 \leq u_2$ olmak üzere bu iki ÜBS üzerinde yapılabilecek yaklaşık aritmetik işlemler şu şekilde sıralanabilir:

Eşitlik,

\tilde{A} ve \tilde{B} ÜBS'lerinin eşit olabilmesi için, üyelik fonksiyonlarının diğer bir deyişle karşılıklı elemanlarının eşit olması gerekmektedir.

$$\tilde{A} = \tilde{B} \Leftrightarrow (l_1, m_1, u_1) = (l_2, m_2, u_2) \Leftrightarrow l_1 = l_2, m_1 = m_2, u_1 = u_2 \quad (4)$$

Toplama,

$$\tilde{A} (+) \tilde{B} = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (5)$$

Çıkarma,

$$\tilde{A} (-) \tilde{B} = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2) \quad (6)$$

Çarpma ve bölme işlemleri pozitif ÜBS'lar üzerinde tanımlanacaktır. Pozitif bir bulanık sayı, alt sınır değeri pozitif olan sayıdır.

Çarpma,

$$\begin{aligned} \tilde{A} (\cdot) \tilde{B} &= (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2) \\ l_1, l_2 &> 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Bölme,

$$\begin{aligned} \tilde{A} (/) \tilde{B} &= \left(\frac{l_1}{u_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{l_2} \right) \\ l_1, l_2 &> 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Bulanık Vikor Yöntemi

VIKOR (VİseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje), 1998 yılında Opricovic tarafından önerilmiş, çok kriterli karar vermede kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biridir. VIKOR yöntemi, karar verme sürecinde birbiri ile çelişen kriterler bulunduğu alternatifleri sıralayarak en uygun alternatifin seçimine odaklanmaktadır (Opricovic ve Tzeng, 2004). Yöntem ile amaçlanan, uzlaşmacı bir çözüm ile maksimum grup faydasını (çoğunluk kuralı) ve minimum bireysel pişmanlığı tesis edecek uzlaşık bir çözüm bulmaktır. Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından önerilen uzlaştırıcı çözüm kavramı, ideal çözüme yakınlık derecesinin ölçümüne dayanmaktadır ve uzlaşık sıralama için çok kriterli çözüm, L_p kriterinden geliştirilmiştir (Akyüz, 2012; Zeleny, 1982; Lai ve Hwang, 1996). VIKOR yöntemi de benzer prensibe dayanan çok kriterli bir sıralama indeksi kullanmaktadır (Vahdani vd., 2010). Klasik ÇKKV tekniklerinde olduğu gibi VIKOR yönteminde de kriterlerin ağırlıklarının kesin olarak bilindiği varsayılmaktadır ancak, gerçek yaşam problemlerinin çoğunluğunda kesin verilere ulaşmak mümkün değildir. Karar vermenin doğasındaki belirsizlik ve subjektif değerlendirmelerin varlığı da karar sürecinde kesin sayısal değerlerle ifade etmeyi zorlaştırmaktadır. Bulanık VIKOR yöntemi, bulanık mantığın VIKOR yöntemine entegre edilerek uygulanmasıdır.

Bulanık VIKOR yöntemi, dilsel değerlendirmeleri dikkate alarak, en iyi çözümü ve uzlaştırıcı çözümü bulmada rasyonel ve sistematik süreçler sunmakta, sübjektif değerlendirmeleri karar sürecinde dahil etmektedir.

Literatürde Bulanık VIKOR ile yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Tedarikçi seçimi (Shemshadi vd., 2011; Akyüz, 2012; Mirahmadi ve Teimoury, 2012; Sanayi vd., 2010), lojistik firması seçimi (Görener, 2013b), tedarik zinciri stratejisi seçimi (Görener, 2013a), müteahhit firma seçimi (Ramezaniyan vd., 2012), personel seçimi (Yıldız ve Devenci, 2013), proje seçimi (Yıldız, 2014), su kaynağı planlaması (Opricovic, 2011) gibi bir çok uygulama Bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Bulanık VIKOR yönteminde izlenen adımlar aşağıda sıralanmıştır (Chen ve Wang, 2009; Wang vd., 2006; Dinçer ve Görener, 2011):

Adım 1. Karar vericiler grubu oluşturularak, alternatifler ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler belirlenir. n adet karar vericinin, m adet alternatifin ve k adet değerlendirme kriterinin olduğu varsayılır.

Adım 2. Kriter ağırlıklarını belirlemek ve alternatifleri derecelendirmek için kullanılacak dilsel değişkenler ve bulanık sayı karşılıkları tanımlanır.

Adım 3. Karar vericilerin değerlendirmeleri birleştirilerek tek bir grup kararına dönüştürülür. Her bir kriterin bütünleştirilmiş bulanık ağırlığı, n karar verici sayısını göstermek üzere,

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{n} \left[\sum_{e=1}^n \tilde{w}_j^e \right], \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (9)$$

eşitliği ile hesaplanır. i . alternatifin j . kritere göre önem ağırlığı ise,

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{n} \left[\sum_{e=1}^n \tilde{x}_{ij}^e \right], \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Adım 4. Tüm kriter ve alternatifler için bütünleştirilmiş değerler elde edildikten sonra, bulanık karar matrisi ve ağırlık matrisi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1j} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \cdots & \tilde{x}_{ij} \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (11)$$

$$\tilde{w}_j = [\tilde{w}_1 \quad \tilde{w}_2 \quad \dots \quad \tilde{w}_j] , \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (12)$$

Adım 5. Bulanık karar matrisinde yer alan tüm kriter fonksiyonlarının bulanık en iyi değeri (\tilde{f}_j^*) ve bulanık en kötü değeri (\tilde{f}_j^-) belirlenir.

Bulanık en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesinde kriterin özelliği göz önünde bulundurularak iki farklı şekilde hesaplama yapılır. Eğer j . kriter bir fayda özelliğine sahip ise \tilde{f}_j^* ve \tilde{f}_j^- değerleri,

$$\begin{aligned} \tilde{f}_j^* &= \max_i \tilde{x}_{ij} \\ \tilde{f}_j^- &= \min_i \tilde{x}_{ij} \end{aligned} \quad (13)$$

eşitliği ile hesaplanırken, j . kriter bir maliyet ifade ediyor ise,

$$\begin{aligned} \tilde{f}_j^* &= \min_i \tilde{x}_{ij} \\ \tilde{f}_j^- &= \max_i \tilde{x}_{ij} \end{aligned} \quad (14)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanır.

Adım 6. Kriterlere göre i . alternatifin en iyi bulanık değere uzaklığının toplamını ifade eden \tilde{S}_i ve i . alternatifin bulanık en kötü değerlere olan maksimum uzaklığının ifade eden \tilde{R}_i değerleri hesaplanır.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^k \tilde{w}_j \cdot \frac{\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}}{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-} \quad (15)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j \left(\tilde{w}_j \cdot \frac{\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}}{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-} \right) \quad (16)$$

Adım 7. \tilde{S}^* maksimum grup faydasını, \tilde{R}^* karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını ifade etmek üzere $\tilde{S}^*, \tilde{S}^-, \tilde{R}^*, \tilde{R}^-$ değerleri ile grup faydası ve pişmanlığın birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen \tilde{Q}_i indeksi hesaplanır.

$$\begin{aligned} \tilde{S}^* &= \min_i \tilde{S}_i \\ \tilde{S}^- &= \max_i \tilde{S}_i \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}^* &= \min_i \tilde{R}_i \\ \tilde{R}^- &= \max_i \tilde{R}_i \end{aligned} \quad (18)$$

$$\tilde{Q}_i = \left(q \cdot \frac{\tilde{S}_i - \tilde{S}^*}{\tilde{S}^- - \tilde{S}^*} \right) + \left((1-q) \cdot \frac{\tilde{R}_i - \tilde{R}^*}{\tilde{R}^- - \tilde{R}^*} \right) \quad (19)$$

\tilde{Q}_i değerlerinin hesaplanmasında kullanılan q parametresi, kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını (maksimum grup faydasını) göstermektedir. q değeri maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $(1-q)$ ise karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Uzlaşma; “çoğunluk oyu” ($q>0,5$) ile, “konsensus” ($q=0,5$) ile veya “veto” ($q<0,5$) ile sağlanabilir.

Adım 8. Üçgensel bulanık sayı \tilde{Q}_i durulaştırılarak Q_i indeksi elde edilir. Durulaştırma sonrası elde edilen Q_i indeksi alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadır. Q_i indeks değeri en düşük olan alternatif en iyi alternatiftir.

Adım 9. Yöntemin son adımında belirlenen en iyi alternatifin uzlaştırıcı çözüm olup olmadığı belirlenir. Uzlaştırıcı çözümü belirlemek için aşağıdaki iki koşulun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Koşul 1. Kabul Edilebilir Avantaj Koşulu: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığı durumda ilk sırada yer alan alternatif A^1 ve ikinci sırada yer alan alternatif A^2 olarak gösterildiğinde, kabul edilebilir avantaj,

$$Q(A^2) - Q(A^1) \geq DQ \quad (20)$$

koşuluna bağlıdır. Eşitlik (21)'de kullanılan DQ parametresi alternatif sayısına bağlı olup, m alternatif sayısını göstermek üzere,

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (21)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Koşul 2. Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığı durumda ilk sırada yer alan A^1 alternatifi, S ve/veya R değerlerine göre küçükten büyüğe yapılan sıralamada da minimum değere sahip en iyi alternatiftir. Bu durumda uzlaşık çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır.

Yukarıda belirtilen iki koşuldan bir tanesi sağlanmadığı durumlarda uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- Eğer *kabul edilebilir istikrar koşulu* sağlanmıyor ise A^1 ve A^2 alternatiflerinin her ikisi de uzlaşık ortam çözüm olarak kabul edilir.
- Eğer *kabul edilebilir avantaj koşulu* sağlanmıyorsa A^1, A^2, \dots, A^m alternatiflerinin tamamı uzlaşık en iyi ortak çözüm kümesinde yer

alır. Burada üst sınır değeri olan maksimum M , $Q(A^m) - Q(A^1) < DQ$ ilişkisine göre belirlenir.

Q değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden biridir.

UYGULAMA: MOBİL İŞLETİM SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmanın uygulama kısmında günlük hayatta sıklıkla kullandığımız tablet / akıllı cep telefonu vb. kullanıcılara mobilite sağlayan cihazların donanım ve yazılımının uyumlu çalışmasına, kontrol edilmesine ve yönetilmesine olanak sağlayan mobil işletim sistemleri, uzman görüşü alınarak ÇKKV yaklaşımlarından VIKOR ile değerlendirilmiştir. Karar verici uzmanların subjektif görüşlerini karar sürecine daha iyi yansıtabilmek ve karar verme sürecinin doğasında yer alan belirsizliği gidermek üzere VIKOR yöntemine bulanık mantık entegre edilerek, değerlendirmelere Bulanık VIKOR yöntemi ile yapılmıştır. Mobil işletim sistemi pazarında yüksek paya sahip ve mobil cihazlarda sıklıkla kullanılan 5 mobil işletim sistemi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında iOS – Apple (A1), Android – Google Inc. (A2), RIM – Blackberry (A3), Windows Phone – Microsoft (A4), Symbian – Symbian Foundation (A5) değerlendirmeye tabi tutulan mobil işletim sistemi alternatifleridir. Karar verici uzman grup bilişim sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde çalışan ve meslek deneyimi bulunan 3 kişi ile bir akademisyenden oluşmaktadır.

Bulanık VIKOR yönteminin uygulanmasında bir önceki bölümde sıralanan adımlar izlenmiştir.

Adım 1. Karar verme sürecinde görüşüne başvurulacak uzman grup belirlendikten sonra, mobil işletim sistemlerinin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler literatür taraması ve sektörde faaliyet gösteren firmaların raporlarından derlenerek oluşturulmuştur. Uzman grubunun görüşü alınarak nihai kriterler belirlenmiştir. Değerlendirme sürecinde kullanılacak kriterler ve kriter kısaltmaları Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1 Mobil işletim sistemi değerlendirme kriterleri

Karar Kriterleri	
C1	Gerçek zamanlı kapasite
C2	İşlemci ve donanım uyumluluğu
C3	Teknik destek
C4	Hafıza kullanımı
C5	Dokümantasyon

- C6 Telif ücretleri
 C7 Ağ (network) kapasitesi
 C8 Müşteri tatmini
 C9 Hız ve zaman çizelgeleme etkinliği
 C10 Tedarikçi itibarı
 C11 Güvenlik
 C12 Genel maliyet
 C13 Uygulama mağazası
 C14 Güncelleme

Adım 2. Kriter ağırlıklarını belirlemek ve alternatifleri derecelendirmek amacıyla literatürde yer alan bir çok dilsel değişken ve bulanık sayı karşılıklarını gösteren farklı ölçekler mevcuttur. Bu çalışmada kullanılacak dilsel değişkenler ve bulanık sayı karşılıkları Chen ve Wang (2009)'ın çalışmalarından alınmıştır. Kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık sayılar Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Tablo 2 Dilsel değişkenler ve bulanık sayı karşılıkları

Kriter ağırlıkları için			Alternatiflerin derecelendirilmesi için		
Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar		Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar	
Çok düşük (ÇD)	(0.00, 0.00, 0.25)		Çok kötü (ÇK)	(0.00, 0.00, 2.50)	
Düşük (D)	(0.00, 0.25, 0.50)		Kötü (K)	(0.00, 2.50, 5.00)	
Orta (O)	(0.25, 0.50, 0.75)		Orta (O)	(2.50, 5.00, 7.50)	
Yüksek (ÇD)	(0.50, 0.75, 1.00)		İyi (İ)	(5.00, 7.50, 10.00)	
Çok yüksek (ÇD)	(0.75, 1.00, 1.00)		Çok iyi (Çİ)	(7.50, 10.00, 10.00)	

Kaynak: Chen ve Wang , 2009: 235-236

Adım 3. Karar verme sürecinde kullanılacak dilsel değişkenler aracılığıyla karar verici uzman grubun görüşleri alınmıştır. Uzman grubun değerlendirilmeleri analiz edilmek üzere Eşitlik (9) ve Eşitlik (10) kullanılarak tek bir grup kararına dönüştürülmüştür. İşlemler sonucu elde edilen bulanık ağırlıklar ve bulanık alternatif değerlendirmeleri Tablo 3. ve Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 3 Kriterler için bütünleştirilmiş bulanık ağırlıklar

Kriterler	Bulanık Ağırlıklar		
	(w_j)		
	l	m	u
C1	0.69	0.94	1.00
C2	0.75	1.00	1.00
C3	0.56	0.81	1.00
C4	0.50	0.75	1.00
C5	0.06	0.25	0.50
C6	0.13	0.31	0.56
C7	0.50	0.75	1.00
C8	0.49	0.75	0.88

<i>C9</i>	0.38	0.63	0.88
<i>C10</i>	0.56	0.81	0.94
<i>C11</i>	0.63	0.88	0.94
<i>C12</i>	0.19	0.44	0.69
<i>C13</i>	0.75	1.00	1.00
<i>C14</i>	0.50	0.75	1.00

Tablo 4 Alternatifler için bütünleştirilmiş bulanık değerlendirmeler

Kriterler	<i>A1</i>			<i>A2</i>			<i>A3</i>			<i>A4</i>			<i>A5</i>		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<i>C1</i>	7.50	10.00	10.00	7.50	10.00	10.00	4.17	6.67	8.33	5.00	7.50	9.17	1.88	4.38	6.88
<i>C2</i>	7.50	10.00	10.00	6.67	9.17	10.00	5.83	8.33	10.00	5.83	8.33	10.00	4.17	6.67	9.17
<i>C3</i>	6.25	8.75	9.38	5.00	7.50	10.00	4.17	6.67	9.17	5.83	8.33	9.17	4.17	6.67	9.17
<i>C4</i>	5.83	8.33	10.00	5.00	7.50	9.17	3.33	5.83	8.33	5.00	7.50	10.00	3.33	5.83	8.33
<i>C5</i>	5.83	8.33	10.00	5.00	7.50	9.17	2.50	5.00	7.50	1.67	4.17	6.67	0.83	2.50	5.00
<i>C6</i>	2.50	5.00	7.50	5.83	8.33	10.00	2.50	5.00	7.50	4.17	6.67	9.17	3.33	5.00	6.67
<i>C7</i>	5.83	8.33	10.00	7.50	10.00	10.00	3.33	5.83	8.33	3.33	5.83	8.33	3.33	5.83	8.33
<i>C8</i>	7.50	10.00	10.00	7.50	10.00	10.00	4.17	6.67	8.33	5.00	7.50	10.00	1.67	4.17	6.67
<i>C9</i>	5.00	7.50	10.00	5.00	7.50	10.00	3.33	5.83	8.33	5.83	8.33	10.00	3.33	5.83	8.33
<i>C10</i>	6.67	9.17	10.00	5.83	8.33	10.00	2.50	5.00	7.50	6.67	9.17	10.00	3.33	5.83	8.33
<i>C11</i>	7.50	10.00	10.00	4.17	6.67	9.17	2.50	5.00	6.67	5.00	7.50	10.00	3.33	5.83	8.33
<i>C12</i>	4.17	6.67	8.33	6.67	9.17	10.00	2.50	5.00	7.50	5.00	7.50	10.00	5.00	7.50	9.17
<i>C13</i>	7.50	10.00	10.00	7.50	10.00	10.00	2.50	5.00	6.67	2.50	5.00	7.50	0.83	2.50	5.00
<i>C14</i>	6.67	9.17	10.00	7.50	10.00	10.00	4.17	6.67	8.33	5.00	7.50	9.17	1.67	4.17	6.67

Adım 4. Tüm kriter ve alternatifler için bütünleştirilmiş tek bir grup kararı elde edildikten sonra bu değerler kullanılarak bulanık karar ve bulanık ağırlık matrisleri oluşturulmuştur.

Adım 5. Bulanık karar matrisinde yer alan tüm kritere ait değerler üzerinden Eşitlik (13) ve Eşitlik (14) kullanılarak, fonksiyonların bulanık en iyi değeri (\tilde{f}_j^*) ve bulanık en kötü değeri (\tilde{f}_j^-) belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5 Kriterler için bulanık en iyi ve en kötü değerler

<i>j</i>	\tilde{f}_j^*			\tilde{f}_j^-		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
1	7.50	10.00	10.00	1.88	4.38	6.88
2	7.50	10.00	10.00	4.17	6.67	9.17
3	6.25	8.75	10.00	4.17	6.67	9.17
4	5.83	8.33	10.00	3.33	5.83	8.33
5	5.83	8.33	10.00	0.83	2.50	5.00

6	5.83	8.33	10.00	2.50	5.00	6.67
7	7.50	10.00	10.00	3.33	5.83	8.33
8	7.50	10.00	10.00	1.67	4.17	6.67
9	5.83	8.33	10.00	3.33	5.83	8.33
10	6.67	9.17	10.00	2.50	5.00	7.50
11	7.50	10.00	10.00	2.50	5.00	6.67
12	6.67	9.17	10.00	2.50	5.00	7.50
13	7.50	10.00	10.00	0.83	2.50	5.00
14	7.50	10.00	10.00	1.67	4.17	6.67

Adım 6. Kriterlere göre i . alternatifin en iyi bulanık değere uzaklığının toplamını ifade eden \tilde{S}_i ve i . alternatifin bulanık en kötü değerlere olan maksimum uzaklığının ifade eden \tilde{R}_i değerleri Eşitlik (15) ve eşitlik (16) kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6 \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i değerleri

Alternatifler	\tilde{S}_i			\tilde{R}_i		
	l	m	u	l	m	u
A1	0.634	1.190	1.630	0.200	0.313	0.750
A2	1.356	1.977	0.818	0.417	0.583	0.500
A3	5.388	8.097	9.247	0.625	0.875	1.000
A4	2.948	4.336	3.491	0.563	0.750	1.000
A5	6.315	9.492	11.135	0.750	1.000	1.000

Adım 7. Eşitlik (17), (18), (19) kullanılarak $\tilde{S}^*, \tilde{S}^-, \tilde{R}^*, \tilde{R}^-$ değerleri ile grup faydası ve pişmanlığın birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen \tilde{Q}_i indeksi hesaplanmıştır. \tilde{Q}_i indeksi hesaplanırken konsensüsü yansıtmak için q değeri $q=0.5$ olarak alınmıştır. Tablo 7.'de hesaplanan $\tilde{S}^*, \tilde{S}^-, \tilde{R}^*, \tilde{R}^-$ değerleri gösterilmektedir.

Tablo 7 $\tilde{S}^*, \tilde{S}^-, \tilde{R}^*, \tilde{R}^-$ değerleri

	l	m	u
\tilde{S}^-	6.315	9.492	11.135
\tilde{S}^*	0.634	1.190	0.818
\tilde{R}^-	0.750	1.000	1.000
\tilde{R}^*	0.200	0.313	0.500

Adım 8. Elde edilen bulanık sayılar $(\tilde{S}_i, \tilde{R}_i, \tilde{Q}_i)$ durulaştırılarak S_i, R_i, Q_i indeksleri hesaplanmış ve bu indekslere göre alternatif sıralamaları yapılmıştır. Literatürde farklı durulaştırma operatörleri mevcut olmakla beraber bu çalışmada Hseih vd. (2004) çalışmalarında önerdikleri En İyi Gerçek Sayı Değeri (Best Nonfuzzy Performance Value, BNP) yöntemi kullanılmıştır.

BNP yöntemi ile durulaştırma işlemi, (l, m, u) parametreleri sırasıyla üçgen bulanık sayının alt, orta ve üst değerlerini göstermek üzere,

$$BNP_i = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i, \forall_i \quad (22)$$

eşitliği ile yapılır. Durulaştırma işlemi sonrası oluşturulan S_i, R_i, Q_i indeksleri ve alternatif sıralamaları Tablo 8.'de gösterilmiştir.

Tablo 8 S_i, R_i, Q_i indeksleri ve alternatif sıralamaları

Alternatifler	\tilde{Q}_i			Q_i		S_i		R_i	
	l	m	u	İndeks Değeri	Sıra	İndeks Değeri	Sıra	İndeks Değeri	Sıra
A1	0.00	0.00	0.29	0.10	1	1.15	1	0.42	1
A2	0.26	0.24	0.00	0.17	2	1.38	2	0.50	2
A3	0.80	0.83	0.91	0.85	4	7.58	4	0.83	4
A4	0.53	0.51	0.63	0.56	3	3.59	3	0.77	3
A5	1.00	1.00	1.00	1.00	5	8.98	5	0.92	5

Adım 9. Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi aşamasında kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarının sağlanıp sağlanmadığı incelenmiştir.

Koşul 1. Kabul Edilebilir Avantaj Koşulu: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığı durumda ilk sırada yer alan alternatif A1 ve ikinci sırada yer alan alternatif A2 olarak belirlenmiş, bu iki alternatife ait Q_i indeks değerleri Eşitlik (20) kullanılarak kabul edilebilir avantaj koşulu incelenmiş ve koşulun ihlal edildiği saptanmıştır.

Koşul 2. Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığı durumda ilk sırada yer alan A1 alternatifi, S ve/veya R değerlerine göre küçükten büyüğe yapılan sıralamada da minimum değere sahip en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Bu durumda elde edilen uzlaşık çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır. Koşullara göre elde edilen çözüm değerlendirildiğinde sadece kabul edilebilir istikrar koşulunun sağlandığı, kabul edilebilir avantaj

koşulunun ise sağlanmadığı görülmektedir. $Q(A^m) - Q(A^1) < DQ$ ilişkisine göre $A1$ ve $A2$ alternatiflerinin her ikisi de uzlaştırıcı çözümlerdir.

Sonuç

Bu çalışmada akıllı telefon, tablet, PDA gibi mobil cihazlar üzerinde temel sistem işlemlerini yürütmekle sorumlu mobil işletim sistemlerinden sektörde faaliyet gösteren üretici firmalar ve son kullanıcılar tarafından sıklıkla tercih edilen 5 alternatif (iOS, Android, Blackberry OS, Windows Phone ve Symbian) belirlenerek Bulanık VIKOR yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Uzman görüşü alınarak yapılan değerlendirme ve analizler sonucunda iOS ve Android mobil işletim sistemleri uzlaştırıcı çözüm kümesinde yer almışlardır. Ancak tek bir alternatif tercihi yapılması durumunda en iyi değere olan uzaklıklar dikkate alınarak iOS işletim sisteminin daha üstün olduğu söylenebilir.

Analiz bulgularına göre nihai sıralama, iOS, Android, Windows Phone, Blackberry OS ve Symbian şeklinde gerçekleşmiştir.

Bu çalışmada işletim sistemlerinin teknik boyutunu karşılaştıran kriterler belirlenerek ve sadece uzman görüşü alınarak değerlendirme yapılmıştır. Son kullanıcıların geniş katılımı ile kullanıcı odaklı kriterlerin kullanıldığı bir çalışma mobil işletim sistemlerinin değerlendirilmesinde farklı bir bakış açısı sunabilir. İzleyen çalışmalarda hibrit ÇNKV yöntemleri kullanılarak, bulgular karşılaştırılabilir.

Kaynakça

- Akman, G., Alkan, A. "Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Yıl 5, Sayı 9, (2006), s.23-46.
- Akyüz, G., "Bulanık VIKOR Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt.26, No. 1, 2012, s. 197 -214.
- Baykal, N. ve T. Beyan, "Bulanık Mantık İlke ve Temelleri", Ankara, Bıçaklar Kitabevi, 2004.
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), Online: Pazar Verileri İstatistikleri, http://www.tk.gov.tr/kutuphane_ve_veribankasi/pazar_verileri/pazar_verileri.php , Erişim tarihi: 12.04.2014

- Chen, L.Y. ve Wang, T.-C. (2009) "Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR", *International Journal of Production Economics*, 120(1), ss.233-242.
- Dinçer, H. Ve Görener, A. (2011), "Performance Evaluation Using AHP - VIKOR and AHP - TOPSIS Approaches: The Case Of Service Sector", *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 29, ss.244-260.
- Görener, A. "Tedarik Zinciri Stratejisi Seçimi: Bulanık VIKOR Yöntemiyle İmalat Sektöründe Bir Uygulama", *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi International Journal of Alanya Faculty of Business*, 2013a, C:5, S:3, s. 47-62.
- Görener, A., "Depo operatörü lojistik firmasının seçimi için bulanık VIKOR ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin uygulanması", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt/Vol:42, Sayı/No:2, 2013b, 198-218.
- Hsieh, T.-Y., Lu, S.-T. ve Tzeng, G.-H. (2004) "Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings", *International Journal of Project Management*, 22(7), ss.573-584.
- Klir, G.J. ve Yuan B., "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications", New Jersey, USA, Prentice Hall PTR, 1995.
- Lai, Y. ve Hwang C. (1996) *Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Springer
- Mirahmadia, N. , Teimoury, E. "A Fuzzy VIKOR Model for Supplier Selection and Evaluation: Case of EMERSUN Company", *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2012, 2(5)5272-5287.
- Mobilike, Madreport - Çeyrek Rapor, Online: http://mobilike.com/wp-content/uploads/downloads/2013/02/madreport_Q4_Web6.pdf, Erişim Tarihi: 12.04.2014
- Opricovic, S. "Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning", *Expert Systems with Applications* 38 (2011) 12983-12990.
- 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), ss.445-455.
- Özkan, M. M., "Bulanık Hedef Programlama", Bursa, Ekin Kitabevi, 2003.
- Ramezaniyan , R. M., Kazemi , M., Jafari, H., Majid Elahi, S. "Application of integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology to contractor ranking", *Management Science Letters* 2 (2012) 1511-1526.
- Sanayei, A., Mousavi, S. F. ve Yazdankhah, A. "Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment", *Expert Systems with Applications*, Volume 37, Issue 1, January 2010, p. 24-30

- Seçme Yalçın, N., Özdemir, A. İ., “Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi: Türkiye Örneği”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 22, Sayı 2, (2008), s.175-191.
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M. ve Tarokh, M.J., “A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting”, *Expert Systems with Applications* 38 (2011) 12160–12167.
- Şen, Z., “Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme”, İstanbul, Su Vakfı Yayınları, 2009.
- Vahdani, B., Hadipour, H., Sadaghiani, J.S. ve Amiri, M. (2010) “Extension of VIKOR method based on interval-valued fuzzy sets”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47(9-12), ss.1231-1239.
- Wikipedia, Online: “İşletim sistemi”, http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0%C5%9Fletim_sistemi, Erişim Tarihi: 10.02.2015
- Wang, T.-C., Liang, L.-J., & Ho, C.-Y. (2006). Multi-criteria decision analysis by using fuzzy VIKOR. *In Proceedings of international conference on service systems and service management*, 2, 901–906.
- Webopedia, Online: “mobile operating system (OS)”, http://www.webopedia.com/TERM/M/mobile_operating_system.html, Erişim Tarihi: 10.02.2015
- Webrazzi, Online: “2014’te kişisel bilgisayarlar azalırken Androidli cihaz sevkıyatı 1 milyara ulaşacak”, <http://webrazzi.com/2013/06/24/2014-kisisel-bilgisayar-android-sevkiyat/>, Erişim Tarihi: 10.02.2015
- Yıldız, A., “Bulanık VIKOR Yöntemini Kullanarak Proje Seçim Sürecinin İncelenmesi”, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 14, Sayı 1, ss. 115-128.
- Yıldız, A. ve Deveci, M., “Bulanık VIKOR Yöntemine Dayalı Personel Seçim Süreci”, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 4, Ekim 2013, ss. 427-436
- Yu, P. L. 1973. “A Class of Solutions for Group Decision Problems”, *Management Science*, 19 (8), p. 936-946.
- Zeleny, M., “Multiple Criteria Decision Making”, McGraw-Hill, New York, 1982.