

# SWARA VE WASPAS YÖNTEMLERİ İLE SUNUCU SEÇİMİ

## Server Selection with SWARA and WASPAS Methods

Gönderim Tarihi: 13.07.2017

Kabul Tarihi: 11.08.2017

Hakan YURDOĞLU\*  
Nilfen KUNDAKCI\*\*

**ÖZ:** Son elli yıl bilgisayar teknolojisi açısından muazzam gelişmelerin yaşandığı bir dönem olmuştur. Sürekli iyileşme çalışmalarıyla performans artırıcı yeni teknikler ve teknoloji, insanların geneline önemli derecede katkı sağlamaktadır. Birden çok bilgisayar kullanımında verimliliği üst düzeye çıkarmak için istemci, sunucu modelleri önemli bir yere sahiptir ve işletmelere önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca, işletmelerin devamlılığı ve güçlenmesi açısından çok büyük önem taşımaktadır. Paylaşımı ve dağıtımı en etkili hale getiren bu sistemleri kullanarak, çalışma performansını yükseltmek mümkündür. Bu çalışmanın amacı, Denizli ilinde faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinin bir departmanı için en uygun sunucuyu seçmektir. Çalışmada, aynı sınıftan yedi farklı sunucu işlemci hızı, çekirdek sayısı, dahili bellek, bellek kapasitesi, disk alanı, marka imajı, fiyat kriterleri kullanılarak değerlendirilmiş ve bu kriterler beş karar verici tarafından karşılaştırılmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis - Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi), alternatiflerin sıralanmasında ise WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment - Ağırlıklı Birleşik Toplu Çarpım Değerlendirmesi) yöntemleri kullanılmıştır. SWARA ile elde edilen kriter ağırlıklarına göre, en önemli sunucu seçim kriteri, işlemci hızı olarak bulunmuştur. Ayrıca, WASPAS yöntemi ile alternatifler değerlendirildiğinde altıncı sunucu seçeneğinin ilk sırada tercih edildiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Kriterli Karar Verme, SWARA, WASPAS, Sunucu Seçimi.

\* Pamukkale Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü/İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Yüksek Lisans Programı, hakanyurdoglu@gmail.com, ORCID ID: orcid.org/0000-0003-3320-2429

\*\* Yrd. Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi/İşletme Bölümü, nilsenk@pau.edu.tr, ORCID ID: orcid.org/0000-0002-7283-320X

**ABSTRACT:** Over the last fifty years, there has been a tremendous improvement in terms of computer technology. New techniques and technology to improve performance through continuous improvement contribute significantly to people in general. In order to maximize the efficiency of multi-computer usage, the client has a significant role in server modeling and offers significant advantages to the enterprise. In addition, it is very important for the sustainability and strength of the enterprises. Using these systems, which make sharing and distribution most effective, it is possible to improve work performance. The purpose of this study is to select the most suitable server for a department of a textile company in Denizli. In the study, seven different servers from the same class were evaluated using processor speed, number of core, internal memory, memory capacity, disk space, brand image, price criteria and these criteria compared by five decision makers. SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) was used when the weights of the criteria were determined, while WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) was used for ranking the alternatives. According to the criteria weights obtained with SWARA, the most important server selection criterion was found as processor speed. Moreover, when the alternatives were evaluated by the WASPAS method, it was determined that the sixth server alternative was preferred in the first place.

**Keywords:** Multi Criteria Decision Making, SWARA, WASPAS, Server Selection.

## GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler, insanlık var olduğundan beri, insanların hayatlarını etkilemiş ve yaşamlarında değişikliklere neden olmuştur. İşletmeler açısından da teknolojinin önemi yadsınamaz. Günümüzün hızla gelişen rekabetçi ortamında işletmeler üstünlük sağlayabilmek adına teknolojiyi yakından takip ederek, yeni teknolojik değişimlere kolay adapte olabilmelidirler. Teknolojinin doğru yönetilmesiyle, işletmeler teknolojik gelişmelerin nelere yol açacağını önceden tahmin edebilir ve gerek yatırımını, gerekse üretimini, bu gelişmelere göre düzenleyebilirler (Karadal ve Türk,2008).

Son yıllarda, bilgisayar sistemlerinin sürekli ve kesintisiz çalışmasının büyük önem taşıdığı özel sektör ve devlet kurumlarının sayısı giderek artmaktadır. En küçük bir kesinti bile işletmeler açısından para ve zaman kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenle, veri tabanlarının bütünlüğünü korumak önemli bir konudur. Bir işletmede yaşanacak bir günlük veri kaybı, işletme açısından büyük sorunlara neden olacaktır. Etkin işlemeyen sistemler, işletmelere işgücü, zaman ve para kaybettirerek motivasyonun da düşmesine sebep olur. Zaman, iş ve bilgi kaybı olmasının istenmediği bu gibi durumlarda sunuculara olan ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, sunucuların yedekli çalışması da iş sürekli-

liğini sağlayacaktır. Aksi takdirde, bir işletmede çalışan bilgisayarlar ne kadar güçlü, sistem altyapısı ne kadar iyi olursa olsun sunucularda oluşabilecek bir hata tüm sistemin durması anlamına gelecektir. Bu bağlamda etkin çalışan ve işletme için uygun sunucunun seçimi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada bir tekstil işletmesinin bir departmanında kullanılacak sunucunun seçiminde SWARA ile WASPAS yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarını belirlerken SWARA yönteminden yararlanılmış, sunucu alternatiflerinin sıralanarak aralarından işletme için en uygun olanın belirlenmesinde WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Literatür incelendiğinde, SWARA ile WASPAS yöntemlerinin ayrı olarak birçok çalışmada uygulandığı görülmektedir. Fakat bu yöntemler kullanılarak sunucu seçimi yapılması ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum, çalışmanın özgünlüğünü göstermektedir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde bilgisayar ve sunucu seçimini ele alan çalışmalar yer almaktadır. Pekkaya ve Aktogan (2014) dizüstü bilgisayar seçim problemini DEA ve çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile ele almıştır. Analiz sonuçlarına göre, ağırlıklandırmanın AHP, sıralamanın TOPSIS ve ağırlıklandırmanın AHP-DEA birleşimi, sıralamanın VIKOR yöntemiyle yapıldığı senaryoların dizüstü bilgisayar seçim probleminde kullanışlı olduğuna karar verilmiştir. Çançer (2010), sunucu seçimi hakkında karar vermenin, ölçütler arasındaki etkileşimlerin dikkate alınması gereken Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) süreçlerinden biri olduğunu belirtmiştir. Kriterler arasındaki etkileşimi incelemek için öncelikle kriterlerin bir ya da iki seviyede yapılandırılması durumunda toplamsal modele çarpımsal modelin tamamlanacağını açıklamış daha sonra da Choquet integral kavramını çok ölçütlü değer teorisine uyarlamıştır.

SWARA yöntemi, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde literatürde çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Zolfani ve Zavadskas (2013), İran'daki çöl bölgelerinde bir vaka çalışmasında iki ÇKKV yöntemini bir arada uygulamışlardır. İlk önce kriterleri ağırlıklandırmak için SWARA yönteminden yararlanılmış ve daha sonra bu iklim koşullarında seçilen beş tane yapının değerlendirilmesi için COPRAS yöntemi uygulanmıştır. Işık ve Adalı (2016), otel seçimi problemini çözmek için SWARA ve OCRA yöntemlerine dayanan yeni bir entegre karar verme yaklaşımı sunmuşlardır. Bu çalışmada, kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA yöntemi kullanılırken, alternatiflerin sıralamasını belirlemek ve en iyi oteli seçmek için OCRA yönteminden yararlanılmıştır. Zolfani vd. (2013), dört sunum modelinden tünel kirleticilerin mekanik boyuna

havalandırma için en uygun yöntemin seçilmesine odaklanmıştır. Bu makalede, yazarlar SWARA'yı, çok yönlü ÇKKV yöntemlerinden çoklu ve çeşitli önlemlere sahip karmaşık durumlarda yönetsel karar verme yöntemi olarak kullanmıştır. Zolfani ve Bahrami (2014), İran'da ileri teknoloji endüstrilerinin karar verme ve politika yapma alanlarında iki ÇKKV yöntemini uygulamışlardır. Kriterleri değerlendirerek ağırlıklandırmak için SWARA ve alternatifleri sıralamak için COPRAS kullanılmıştır. Keršulienė vd. (2010) çalışmalarında SWARA yönteminden, uzmanlar, avukatlar veya anlaşmaz tarafların, rasyonel karar belirleme sürecindeki özelliklerin önem derecesi hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamada yararlanmışlar ve bu yöntemin özel karar destek sistemlerinin pratikte uygulanması, sanal ortamda alternatif uyumsuzluk çözümünde uygulanabileceğini göstermişlerdir. Zavadskas vd. (2013a), inşaatta teknoloji alternatifleri için çok kriterli değerlendirme ve sıralama tekniğinin geliştirilmesine yönelik orijinal bir yaklaşım sunmuşlardır. Sorun, ÇKKV yöntemlerinden ELECTRE IV ve MULTIMOORA kullanılarak çözülmüştür. Ayrıca, aynı problemi çözmek için üç bütünleşik yöntem olan SWARA-TOPSIS, SWARA-ELECTRE III, SWARA-VIKOR kullanılmıştır. Çakır (2016), SWARA – Copeland yöntemlerini, Aydın Nazilli'de dişli imalatı yapan ve CNC makinesi almayı planlayan şirkette uygulamıştır. Çalışmada, grup kararlarını içeren kriter ağırlıklandırılmasında öncelikle klasik SWARA yöntemi, daha sonra geliştirilen SWARA – Copeland yöntemi adımları takip edilmiş ve her iki yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

WASPAS yönteminin literatürde farklı alanlarda uygulamalarına rastlanmaktadır. Zavadskas vd. (2015), Avrupa Birliği (AB) ve Litvanya'nın standartları olan 'pasif ev' ve 'aktif ev' kavramlarına dayalı olarak 'optimal çevre' kavramını tanımlamıştır. Sunulan optimum çevre kavramına göre, optimal alternatif kavramına dayanan MADM-opt yöntemi de makalede incelenmiştir. Benzer tuğla evlerdeki altı dairenin kapalı ortamını değerlendirmek için WASPAS yöntemi uygulanmıştır. Baušys ve Juodagalvienė (2017), tek ailelik bir konutta bulunan garajdaki yer seçimi problemini ele almışlardır. Bu gerçek yaşam problemi için matematiksel model ÇKKV çerçevesinde oluşturulmuştur. Seçilen ölçütlerin önemi AHP yaklaşımı ile değerlendirilmiştir. Formüle edilmiş ÇKKV sorunu WASPAS uzantısı, yani WASPAS-SVNS (WASPAS-Single-Valued Neutrosophic Set) uygulanarak çözülmüştür. Chakraborty ve Zavadskas (2014), sekiz farklı üretim karar verme problemini çözerken, WASPAS yönteminin uygulanabilirliğini araştırmıştır. Bu yöntemin, tüm seçim problemlerinde alternatifleri doğru bir şekilde sıralayabilme kabiliyetine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Akçakanat vd. (2017), aktif büyüklüklerine göre küçük, orta ve büyük ölçekli bankaların performanslarını çok kriterli karar verme yöntemlerinden Entropi ve WASPAS ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada; Forbes

Dergisi Bankalar Raporu 2016 ve Türkiye Bankalar Birliği'nin 2016 yılı ilk 9 aylık verilerinden yararlanılarak; toplam aktifler, toplam krediler ve alacaklar, toplam mevduat, toplam öz kaynaklar, şube sayısı ve personel sayısı kriterleri belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları Entropi yöntemi ile hesaplanmıştır. Daha sonra da WASPAS yöntemiyle bir değerlendirme yapılarak bankalar sıralanmıştır.

Ayrıca SWARA ve WASPAS yönteminin bir arada kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Nezhad vd. (2015), SWARA ve WASPAS yöntemlerini gelecek için plan yapmada kullanmışlardır. Ayrıca çalışmada konunun önemi de tartışılmıştır. Konu vaka incelemesi üzerinde odaklanan nanoteknoloji endüstrisi ve İran'daki gelişimidir. Nanoteknoloji İran'ın ana ve stratejik endüstrilerinden biridir. Böyle bir gelişme için önemli kriterler, bir literatür taramasına ve diğer ülkelerdeki deneyimlerine dayanarak belirlenir. Farklı alternatifler, diğer endüstrilerdeki nanoteknolojinin farklı uygulamaları temel alınarak seçilmiş, SWARA ve WASPAS yöntemleri birlikte kullanılarak değerlendirilmiştir. Karabašević, vd. (2016), personel seçimi probleminde SWARA ve WASPAS yöntemlerinin kullanımına dayanan bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yaklaşımın verimliliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için sayısal bir örnek verilmiştir. Mardani vd. (2017), SWARA ve WASPAS yöntemlerini bulanık ortamda ele almış ve bu yöntemlere ilişkin kapsamlı bir literatür çalışmasına yer vermiştir. Can vd. (2017), pim imalatı yapan bir firmada, ısıtma işlem istasyonunu ergonomik açıdan analiz ederek SWARA ve WASPAS yöntemleri ile oturma düzeneği seçimi yapmışlardır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA, alternatiflerin sıralanmasında ise WASPAS yöntemini kullanmışlardır.

Bu çalışmada ise bir tekstil işletmesinin bir departmanında kullanılmak üzere sunucu seçimi yapılmıştır. Sunucu seçimi, birden fazla kriterin dikkate alındığı ÇKKV problemidir. Bu problemin çözümü için çalışma kapsamında ÇKKV yöntemlerinden olan SWARA ve WASPAS yöntemleri birlikte kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde, kriterlerin ağırlıklarını belirlemede kullanılan SWARA yöntemi teorik olarak ele alınmış ayrıca yöntemin adımları verilmiştir. Daha sonra; ÇKKV yöntemlerinden birisi olan ve alternatifler arasından en uygun seçimin yapılabilmesi için kullanılan WASPAS yöntemi ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Uygulama bölümünde ise; her karar vericinin (KV) kriterler için kendi sıralamasını oluşturabilmesine olanak sağlayan ve bütün karar vericilerin bu sıralamalarını dikkate alan SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Buradaki karar vericiler işletmenin Bilgi İşlem Merkezi departmanında çalışan personel olarak belirlenmiştir. Hesaplanan kriter ağırlıkları dikkate alınarak fayda-maliyet kriterlerinin etkilerini bütünleşik bir şekilde değerlendirebilen WASPAS yöntemi alternatiflerin sıralanmasında kullanılmıştır. Hesaplamaların tümü Microsoft Excel yardımı ile yapılmıştır. Çalışma-

nın, ÇKKV yöntemlerinin birleşiminden yararlanılması ve en uygun sunucu seçimi yapılabilmesini sağlayan bir analiz aracı sunması nedeniyle literatüre bir katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

## SWARA YÖNTEMİ

Kriter ağırlıklandırma yöntemleri arasında yer alan ve son zamanlarda sıklıkla kullanılmaya başlanan SWARA yönteminin açılımı “Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis” dır ve Türkçe’de “Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi” olarak kullanılabilir. SWARA yöntemi ilk olarak Keršulienė, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından önerilmiştir.

Yöntemde alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler önemliden önemsiz doğru sıralanmakta ve oylama yapılarak önemsiz kriterler elimine edilmektedir. Kalan kriterlerin önem ağırlıklarını hesaplamak her bir karar vericinin kendisine göre oluşturduğu sıralama dikkate alınmaktadır (Keršulienė vd., 2010).

SWARA yönteminin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

**1. Adım:** Her bir karar verici kendisine göre en önemli olan kriteri belirler. Burada en önemli kriter 1,00 puanını alır. Karar vericiler diğer kriterlere puan atmasını en önemli kriteri dikkate alarak yaparlar. Puanlar, 0 ile 1 arasında beşin katları olacak şekilde atanır. Kriterlere atanan puanlar  $p_j^k; j=1, \dots, k=1, \dots, l; 0 \leq p_j^k \leq 1$  olarak gösterilir.

**2. Adım:** Tüm kriterler için göreceli ortalama önem puanı hesaplanır.  $l$  karar verici sayısını göstermek üzere karar vericiler tarafından kriterlere atanan göreceli önem puanlarının her bir kriter için ortalaması Eşitlik (1) yardımıyla hesaplanır.

$$\bar{p}_j = \frac{\sum_{k=1}^l p_j^k}{l}; j = 1, \dots, n \quad (1)$$

**3. Adım:** Tüm kriterler göreceli ortalama önem puanlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanarak karşılaştırılır. Bu yapılan karşılaştırma sonucunda ortalama değer karşılaştırmalı önemi  $s_j$  değerleri hesaplanır.  $c_j$  değerleri  $j+1$  kriterinin  $j$  kriterine göre ne kadar önemli olduğunu gösterir ve ikili kıyaslama yoluyla elde edilir.

**4. Adım:** Tüm kriterler için katsayı değeri  $c_j$ , Eşitlik (2) kullanılarak hesaplanır. En büyük  $s_j$  değerine sahip kritere ait katsayı  $c_j=1$  değerini almaktadır.

$$c_j = s_j + 1; j = 1, \dots, n \quad (2)$$

**5. Adım:** Tüm kriterler için düzeltilmiş ağırlıklar ( $s_j'$ ), Eşitlik (3) yardımıyla hesaplanır. Birinci sırada yer alan kriterin düzeltilmiş ağırlığı  $s_j'=1$ 'dir.

$$s'_j = \frac{s'_{j-1}}{c_j} \quad (3)$$

**6. Adım:** Tüm kriterler için Eşitlik (4) yardımıyla nihai ağırlıklar ( $W_j$ ) hesapla-

$$w_j = \frac{s'_j}{\sum_{j=1}^n s'_j} ; j=1, \dots, n \quad (4)$$

## WASPAS YÖNTEMİ

WASPAS yöntemi Chakraborty ve Zavadskas (2014) tarafından geliştirilmiştir. WASPAS “Ağırlıklı Toplam Modeli (Weighted Sum Model)” ve “Ağırlıklı Çarpım Modeli (Weighted Product Model)” olmak üzere iki farklı modelin sonuçlarını birleştiren bir ÇKKV yaklaşımıdır. Bu iki model sonuçlarına göre hesaplanan birleşik optimalite kriterinin değerine göre alternatiflerin sıralaması yapılmaktadır. Yöntem kendi işleyişi içerisinde duyarlılık analizi yaparak alternatif sıralamalarındaki tutarlılığı kontrol edebilmektedir (Chakraborty ve Zavadskas, 2014).

WASPAS yönteminin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Zavadskas vd., 2013b; 2013c):

- 1. Adım:** Öncelikle alternatifler  $A_i$  ( $i=1, \dots, m$ ) ve  $K_j$  ( $j=1, \dots, n$ ) kriterler belirlenir.
- 2. Adım:** Daha sonra ÇKKV yöntemlerinden biri kullanılarak  $l$  tane karar verici tarafından kriter ağırlıkları belirlenir.
- 3. Adım:** Kriter ağırlıklarının belirlenmesin ardından başlangıç karar matrisi oluşturularak normalize edilir.

Karar sürecinde dikkate alınan kriterlerden bazıları problemin yapısına göre fayda yapılı bazıları ise maliyet yapılı olabilir. Fayda yapılı kriterler, karar verici tarafından değerleri maksimize edilmek istenen kriterlerdir. Maliyet yapılı kriterler ise değerleri minimize edilmek istenen kriterlerdir. Başlangıç karar matrisinin normalize edilmesinde fayda yapılı ve maliyet yapılı kriterler için sırasıyla Eşitlik (5) ve (6) kullanılır.

$$\text{Fayda yapılı kriterler için; } \bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (5)$$

$$\text{Maliyet yapılı kriterler için; } \bar{x}_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (6)$$

Bu değerler, normalize başlangıç karar matrisini oluşturur.



**4. Adım:** Her bir alternatif için toplam göreceli önem değeri öncelikle Ağırlıklı Toplam Modeli'ne göre hesaplanır. Eşitlik (7) kullanılarak elde edilen bu değere birinci toplam göreceli önem değeri  $Q_i^{(1)}$  denir.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} w_j \quad (7)$$

Burada;  $W_j$  değeri SWARA yöntemi ile elde edilen kriterlere ait önem ağırlığıdır.

**5. Adım:** Daha sonra, her bir alternatif için toplam göreceli önem değeri Ağırlıklı Çarpım Modeli'ne göre hesaplanır. Eşitlik (8) kullanılarak elde edilen bu değere ise ikinci toplam göreceli önem değeri  $Q_i^{(2)}$  denir.

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (8)$$

**6. Adım:** Her bir alternatif için birleşik optimalite değeri hesaplanır. Eşitlik (9) kullanılarak elde edilen bu değer, Ağırlıklı Toplam Modeli ve Ağırlıklı Çarpım Modeli sonuçları dikkate alınarak hesaplanır (Šaparauskas vd., 2011).

$$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1 - \lambda) Q_i^{(2)} \quad (9)$$

Burada;  $\lambda$  Birleşik optimalite katsayısıdır ve  $\lambda \in [0,1]$ .

Ağırlıklı Toplam Modeli ve Ağırlıklı Çarpım Modeli yaklaşımlarının birleşik optimalite kriterinde eşit etkiye sahip olduğu durumlarda  $\lambda=0,5$  olarak alınır.

**7. Adım :** Her bir alternatif birleşik optimalite değeri ( $Q_i$ ) dikkate alınarak sıralanır. En büyük  $Q_i$  değerine sahip olan alternatif en iyi alternatiftir ve birinci sırada yer alır.

## UYGULAMA

Denizli ilinde faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinin bir departmanında kullanılmak üzere sunucu seçimi SWARA ve WASPAS yöntemleri yardımıyla yapılmıştır. Çalışmada, öncelikle en uygun sunucu seçimini yapabilmek üzere değerlendirmede kullanılacak kriterler ve sunucu alternatifleri işletmenin Bilgi İşlem Merkezi departmanında görev yapan, Yazılım Geliştirici ( $KV_1$ ), Program Analizci ( $KV_2$ ), Sistem Operatörü ( $KV_3$ ), Network (Ağ) ve Sistem Uzmanı ( $KV_4$ ), ve Donanım Uzmanı ( $KV_5$ ) olmak üzere beş karar vericinin uzlaşması sonucu belirlenmiştir. Kriterler; Fiyat ( $K_1$ ), İşlemci Hızı ( $K_2$ ), Çekirdek Sayısı ( $K_3$ ), Dahili Bellek ( $K_4$ ), Bellek Kapasitesi ( $K_5$ ), Disk Alanı ( $K_6$ ) ve Marka İmajı ( $K_7$ ) şeklindedir. Daha sonra yapılan piyasa araştırması ve alınan teklifler doğrultusunda 7 adet alternatif belirlenmiştir ( $A_1-A_7$ ).

Belirlenen yedi kriterin ağırlıkları SWARA yöntemiyle aşağıda verilen adımlar izlenerek hesaplanmıştır.



**1. Adım:** Öncelikle, Bilgi İşlem Merkezi departmanında görev yapan beş karar vericiye Ek 1'de verilen anket uygulanmış ve karar vericilerden kriterleri, kendileri için önem sırasına göre, 1'den 7'ye kadar sıralamaları istenmiştir. Doldurdıkları anketlerde belirtmiş oldukları önem sırasına göre Tablo 1'de görülen sıralama tablosu oluşturulmuştur.

**Tablo 1:**Karar Verici Bazında Kriterlerin Önem Derecesine Göre Sıralanması

Kriter	Karar Verici				
	KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>	KV <sub>4</sub>	KV <sub>5</sub>
K <sub>1</sub> Fiyat	6	5	5	7	7
K <sub>2</sub> İşlemci Hızı	1	2	1	2	2
K <sub>3</sub> Çekirdek Sayısı	3	1	2	1	3
K <sub>4</sub> Dahili Bellek	2	3	3	3	1
K <sub>5</sub> Bellek Kapasitesi	4	4	4	5	4
K <sub>6</sub> Disk Alanı	5	6	6	4	5
K <sub>7</sub> Marka İmajı	7	7	7	6	6

Daha sonra karar vericiler en önemli kritere 1,00 puanını atamışlar ve diğer kriterlere puan atarken en önemli kriteri dikkate almışlardır. Karar vericilerin kriterlere puan atamaları sonucu  $p^ik$  değerlerinden oluşan Tablo 2 elde edilmiştir.

**Tablo 2:** Karar Verici Bazında Kriterlerin Önem Derecesine Göre Puanlandırılması ( $p^ik$  değerleri)

Kriter	Karar verici				
	KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>	KV <sub>4</sub>	KV <sub>5</sub>
K <sub>1</sub> Fiyat	0,45	0,80	0,50	0,50	0,20
K <sub>2</sub> İşlemci Hızı	1,00	0,95	1,00	0,95	0,95
K <sub>3</sub> Çekirdek Sayısı	0,90	1,00	0,95	1,00	0,90
K <sub>4</sub> Dahili Bellek	0,95	0,90	0,85	0,90	1,00
K <sub>5</sub> Bellek Kapasitesi	0,70	0,85	0,80	0,80	0,80
K <sub>6</sub> Disk Alanı	0,50	0,60	0,45	0,85	0,60
K <sub>7</sub> Marka İmajı	0,05	0,10	0,15	0,70	0,30

**2. Adım:** Tüm kriterler için göreceli ortalama önem puanı ( $\bar{p}_j$ ) Eşitlik (1) yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'te görülmektedir.

**Tablo 3:** Kriterler için Ortalama Önem Puanları

Kriterler	Ortalama Önem Puanları ( $\bar{p}_j$ )
K <sub>1</sub>	0,49
K <sub>2</sub>	0,97
K <sub>3</sub>	0,95
K <sub>4</sub>	0,92
K <sub>5</sub>	0,79
K <sub>6</sub>	0,60
K <sub>7</sub>	0,26

**3. Adım:** Tüm kriterler göreceli ortalama önem puanlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanarak, kriterler için ortalama değerin karşılaştırmalı önemi ( $s_j$ ) değerleri Tablo 4'te görüldüğü gibi hesaplanmıştır. Kriterlerin önem sıralaması  $K_2 > K_3 > K_4 > K_5 > K_6 > K_1 > K_7$  şeklinde elde edilmiştir.

**Tablo 4:** Kriterler için Ortalama Önem Puanlarının Karşılaştırılması

Kriterler	Ortalama Önem Puanları ( $\bar{p}_j$ )	Ortalama Değerin Karşılaştırmalı Önemi ( $s_j$ )
$K_2$	0,97	
$K_3$	0,95	0,02
$K_4$	0,92	0,03
$K_5$	0,79	0,13
$K_6$	0,60	0,19
$K_1$	0,49	0,11
$K_7$	0,26	0,23

**4. Adım:** Tüm kriterler için katsayı değeri  $c_j$ , Eşitlik (2) kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 5'te görülmektedir.

**Tablo 5:** Kriterlere ait Katsayı ( $c_j$ ) Değerleri

Kriterler	Katsayı Değerleri ( $c_j$ )
$K_2$	1,00
$K_3$	1,02
$K_4$	1,03
$K_5$	1,13
$K_6$	1,19
$K_1$	1,11
$K_7$	1,23

**5. Adım:** Tüm kriterler için düzeltilmiş ağırlıklar ( $s_j'$ ), Eşitlik (3) yardımıyla hesaplanarak Tablo 6'da yer alan değerler elde edilmiştir. Burada, birinci sırada yer alan kriterin düzeltilmiş ağırlığı  $s_j'=1$ 'dir.

**Tablo 6:** Kriterlere ait Düzeltilmiş Ağırlık Değerleri ( $s_j'$ ) Değerleri

Kriterler	Düzeltilmiş Ağırlık Değerleri
$K_2$	1,00
$K_3$	0,98
$K_4$	0,95
$K_5$	0,84
$K_6$	0,71
$K_1$	0,64
$K_7$	0,52

**6. Adım:** Tüm kriterler için final ağırlıkları Eşitlik (4) kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu ağırlıklar Tablo 7'de görülmektedir.

**Tablo 7:** Kriterlere ait Final Ağırlık ( $w_j$ ) Değerleri

Kriterler	Final Ağırlık Değerleri
$K_2$	0,18
$K_3$	0,17
$K_4$	0,17
$K_5$	0,15
$K_6$	0,13
$K_1$	0,11
$K_7$	0,09

SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra, alternatifleri sıralamak amacıyla WASPAS yöntemi kullanılmıştır. WASPAS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir.

**1. Adım:** İşletmenin departmanı için uygun olabilecek sunucu alternatifleri ( $A_i$ ;  $i=1, \dots, 7$ ), kriterlere ( $K_j$ ;  $j=1, \dots, 7$ ) göre karşılaştırılmıştır.

Kriterler arasında, Fiyat ( $K_1$ ), maliyet temelli kriter olup diğerleri ise fayda temelli kriterlerdir ( $K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7$ ).

**2. Adım:** Karar vericilerin kriter ağırlıklarını belirlemesi için SWARA yaklaşımı uygulanmıştır. Kriterlere ait ağırlıklar Tablo 7'de verilmiştir.

**3. Adım:** Kriter ağırlıklarının SWARA yöntemiyle belirlenmesinin ardından başlangıç karar matrisi Tablo 8'de görüldüğü gibi oluşturulmuştur. Bu karar matrisinde yer alan sunucu alternatiflerine ilişkin bu veriler, çevrimiçi alışveriş siteleri üzerinden elde edilmiştir. Sadece marka imajı için alternatiflerin aldığı değerler karar vericilerin uzlaşarak alternatiflere 1-5 arası değerler vermesiyle elde edilmiştir. (1=en kötü, 5=en iyi). Bu tabloda; Fiyat (TL), İşlemci Hızı (GHz), Çekirdek Sayısı (Adet), Dahili Bellek (GB), Bellek Kapasitesi (GB), Disk Alanı (TB) birimleriyle ifade edilmiştir.

**Tablo 8:** Başlangıç Karar Matrisi

Sunucu \ Kriter	Kriter						
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$
$A_1$	15204	3,6	6	8	256	1	4
$A_2$	14040	1,7	8	32	256	1	4
$A_3$	13000	2,4	6	8	1500	0,9	3
$A_4$	13789	2,1	8	16	384	0,9	4
$A_5$	11092	2,4	6	16	512	0,6	5
$A_6$	12948	2,1	8	16	1500	0,6	5
$A_7$	11379	2,1	8	16	256	0,6	5

Başlangıç karar matrisinin oluşturulmasının ardından normalize başlangıç karar matrisi, fayda yapıları kriterler ( $K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7$ ) için Eşitlik (5) ve maliyet yapıları kriter ( $K_1$ ) için Eşitlik (6) kullanılarak oluşturulmuştur.

**Tablo 9:** Normalize Başlangıç Karar Matrisi

Sunucu	Kriter						
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$
$A_1$	0,73	1,00	0,75	0,25	0,17	1,00	0,80
$A_2$	0,79	0,47	1,00	1,00	0,17	1,00	0,80
$A_3$	0,85	0,67	0,75	0,25	1,00	0,90	0,60
$A_4$	0,80	0,58	1,00	0,50	0,26	0,90	0,80
$A_5$	1,00	0,67	0,75	0,50	0,34	0,60	1,00
$A_6$	0,86	0,58	1,00	0,50	1,00	0,60	1,00
$A_7$	0,97	0,58	1,00	0,50	0,17	0,60	1,00

**4. Adım:** Her bir alternatif için toplam göreceli önem değeri öncelikle Ağırlıklı Toplam Modeli'ne göre Eşitlik (7) kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 10'da görülmektedir.

**Tablo 10:** Alternatiflere Ait Birinci Toplam Göreceli Önem Değerleri  $Q_i^{(1)}$

Alternatifler	$Q_i^{(1)}$
$A_1$	0,6578
$A_2$	0,7395
$A_3$	0,7049
$A_4$	0,6759
$A_5$	0,6617
$A_6$	0,7722
$A_7$	0,6608

**5. Adım:** Daha sonra, her bir alternatif için toplam göreceli önem değeri Ağırlıklı Çarpım Modeli'ne göre Eşitlik (8) kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 11:** Alternatiflere Ait İkinci Toplam Göreceli Önem Değerleri  $Q_i^{(2)}$

Alternatifler	$Q_i^{(2)}$
$A_1$	0,5463
$A_2$	0,6400
$A_3$	0,6475
$A_4$	0,6207
$A_5$	0,6267
$A_6$	0,7421
$A_7$	0,5774

**6. Adım:** Her bir alternatif için birleşik optimallik değeri Eşitlik (9) kullanılarak hesaplanmıştır. Burada  $Q^i$  değerlerinin hesaplanmasında  $\lambda=0,50$  kabul edilmiştir.

**Tablo 12:** Her Bir Alternatif için  $Q^i$  değerleri

Alternatifler	$Q^i$
$A_1$	0,6021
$A_2$	0,6898
$A_3$	0,6762
$A_4$	0,6483
$A_5$	0,6442
$A_6$	0,7572
$A_7$	0,6191

**7. Adım:** Her bir alternatif birleşik optimallik değeri ( $Q^i$ ) dikkate alınarak sıralanmıştır. Alternatiflerin sıralama sonucu  $A_6 > A_2 > A_3 > A_4 > A_5 > A_7 > A_1$  olarak elde edilmiştir. Tablo 12'den görüldüğü gibi en yüksek  $Q^i$  değerine sahip olan alternatif  $A_6$  olduğu için, bu sunucu ilgili departmanda kullanılmak üzere seçilmelidir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknoloji ile beraber işletmelerin hemen her departmanında bilgisayar kullanımı günden güne artmaktadır. Bu nedenle birden çok bilgisayar kullanılan departmanlarda sunucu kullanımı önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Departmanın büyüklüğü, kullanılan bilgisayar sayısı ve amacına yönelik sunucu seçimi yapılırken birçok kriter değerlendirilmektedir. Fiyat ve kapasite olarak çok büyük sunucular olduğu gibi ihtiyaçlar doğrultusunda daha küçük sunucular da tercih edilebilmektedir.

Çalışmada sunucu seçimi yapılacak olan departman için Bilgi İşlem Merkezi personelinin görüşleri alındığında, ilgili departmanda çok fazla veri depolama yapılmayacağı için disk kapasitesi, işlemci hızı ve çekirdek sayısı gibi kriterlere göre daha az önemsenmiştir. Fiyatın ise belirli aralıklarda olmak suretiyle çok önemli olmadığı belirtilmiştir. Buradaki en önemli kriter departmanın faaliyetlerini daha hızlı sürdürebilmesi için işlemci hızı olmuştur. SWARA yöntemiyle elde edilen ağırlıklar da bunu desteklemektedir.

Farklı markalardan seçilen alternatifler arasında WASPAS yöntemi ile sıralama yapıldığında amaca en uygun sunucunun  $A_6$  alternatifi olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumu etkileyen en önemli tercih sebebi sunucunun, işlemci hızı, çekirdek sayısı, dahili bellek ve bellek kapasitesi gibi hızı etkileyen faktörlerin birleşiminin diğerlerine göre daha yüksek olması, ayrıca fiyat ve marka imajı gibi kriterlerin daha uygun olmasıdır.

Literatür araştırması yapıldığında SWARA ve WASPAS yöntemleri kullanılarak, sunucu seçimi yapılması ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple, çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda, SWARA ve WASPAS yöntemleri farklı seçim problemlerine uygulanabilir. Sunucu seçim probleminde, kriter ağırlıklarını belirlemede AHP, MACBETH gibi farklı ÇKKV yöntemlerinden yararlanılabilir. Ayrıca bu problem farklı ÇKKV yöntemleri ile de çözülerek elde edilen sonuçlar kıyaslanabilir.

## KAYNAKÇA

- Akçakanat, Ö., Eren, H., Aksoy, E. ve Ömürbek, V. (2017). Bankacılık Sektöründe Entropi ve WASPAS Yöntemleri ile Performans Değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 285-300.
- Baušys, R. ve Juodagalvienė, B. (2017). Garage Location Selection for Residential House by WASPAS-SVNS Method. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(3), 421-429.
- Can, G.F., Delice E. K., Özçakmak, B.C. (2017). Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımıyla Oturma Düzeneği Seçimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5 (ÖS: Ergonomi2016), 213-225.
- Čančer, V. (2010). Considering Interactions among Multiple Criteria for the Server Selection. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 34(1), 55-65.
- Chakraborty, S. ve Zavadskas, E. K. (2014). Applications of WASPAS Method in Manufacturing Decision Making. *Informatica*, 25(1), 1-20.
- Çakır, E. , (2016). Kriter Ağırlıklarının SWARA – Copeland Yöntemi ile Belirlenmesi: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 42-56
- Işık, A.T. ve Adalı, E.A. (2016). A New Integrated Decision Making Approach based on SWARA and OCRA Methods for the Hotel Selection Problem. *Int. J. Advanced Operations Management*, 8(2), 140-151.
- Karadal, F. ve Türk, M. (2008). İşletmelerde Teknoloji Yönetiminin Geleceği. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 1(1), 59-71.
- Karabašević, D., Stanujkić, D., Urošević, S. ve Maksimović, M. (2016). An Approach to Personnel Selection based on SWARA and WASPAS Methods. *Journal of Economics, Management and Informatics*, 7(1), 1–11.
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). Selection of Rational Dispute Resolution Method by Applying New Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243-258.
- Mardani, A., Nilashi, M., Zakuan, N., Loganathan, N., Soheilrad, S., Saman, M.Z.M. ve Ibrahim, O. (2017). A Systematic Review and Meta-Analysis of SWARA and WASPAS Methods: Theory and Applications with Recent Fuzzy Developments, 57, 265–292.



- Nezhad, M.R., Zolfani, S.H., Moztarzadeh, F., Zavadskas, E. K. ve Bahrami, M. (2015). Planning the Priority of High Tech Industries based on SWARA-WASPAS Methodology: The Case of the Nanotechnology Industry in Iran. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 1111–1137.
- Pekkaya, M. ve Aktogan M., (2014). Dizüstü Bilgisayar Seçimi: DEA, VIKOR ve TOPSIS ile Karşılaştırmalı bir Analiz. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(1), 107-125.
- Šaparauskas, J., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2011). Selection Of Facade's Alternatives of Commercial and Public Buildings Based on Multiple Criteria. *International Journal of Strategic Property Management*, 15(2), 189-203.
- Zavadskas, E.K. ,Turskis, Z. ve Kildiene, S. (2013a). Multi-Criteria Assessment Model of Technologies. *Studies in Informatics and Control*, 22(4), 249-258.
- Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Šaparauskas, J. ve Turskis, Z. (2013b). Multi-Criteria Assessment of Facades' Alternatives: Peculiarities of Ranking Methodology. *Procedia Engineering*, 57, 107-112.
- Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Šaparauskas, J. ve Turskis, Z. (2013c). MCDM Methods WASPAS and MULTIMOORA: Verification of Robustness of Methods when Assessing Alternative Solutions. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 47(2), 5-20.
- Zavadskas, E.K. Kalibatas, D. ve Kalibatiene, D. (2015). A Multi-Attribute Assessment Using WASPAS for Choosing an Optimal Indoor Environment. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 16, 76-85.
- Zolfani, S.H. ve Bahrami, M. (2014). Investment Prioritizing In High Tech Industries based on SWARA-COPRAS Approach. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(3), 534–553.
- Zolfani, S.H., Esfahani, M.H., Bitarafan, M., Zavadskas, E.K. ve Arefi, S.L. (2013). Developing a New Hybrid MCDM Method for Selection of the Optimal Alternative of Mechanical Longitudinal Ventilation of Tunnel Pollutants During Automobile Accidents. *Transport*, 28(1), 89–96.
- Zolfani S.H. ve Zavadskas, E.K. (2013). Sustainable Development of Rural Areas' Building Structures Based on Local Climate. *Procedia Engineering*, 57, 1295 – 1301.

## Ek 1. Kriter Önem Sırası ve Puanı Belirleme Formu

Şirketinizin bir departmanında kullanılmak üzere sunucu almaya karar verilmiştir. Bu sebeple aşağıda belirtilen kriterleri, uygun gördüğünüz şekilde önem derecesine göre sıralamanız ve puanlandırmanız istenmektedir.

Sıralama 1-7 aralığında olmalıdır. Puanlandırmada ise sizin için en önemli olan kriterin önem puanı 1.00 olmalıdır. Diğer kriterler önem derecesine göre 0.00-1.00 aralığında 5'in katları şeklinde olmalıdır.

Departman:.....

Pozisyon:.....

### Kriterlerin Önem Derecesine Göre Sıralanması

Kriter	Önem Sırası (1-7)
Fiyat	
İşlemci Hızı	
Çekirdek Sayısı	
Dahili Bellek	
Bellek Kapasitesi	
Disk Alanı	
Marka İmajı	

### Kriterlerin Önem Derecesine Göre Puanlandırılması

Kriter	Puan (0.00-1.00)
Fiyat	
İşlemci Hızı	
Çekirdek Sayısı	
Dahili Bellek	
Bellek Kapasitesi	
Disk Alanı	
Marka İmajı	