

## TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK YAKLAŞIMI VE İŞLETME UYGULAMASI: SWARA-SMAA-2

**Korel İnanç DURMAZ<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-6681-4213)\***  
**Cevriye TEMEL GENCER<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0002-3373-8306)**

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı, 06790, Ankara

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara

*Geliş / Received:* 28.11.2018

*Kabul / Accepted:* 26.06.2019

### ÖZ

Günümüzde bir işletmenin artan rekabet ortamında başarı sağlayabilmesi, tedarikçilerinin gücü ile doğru orantılı gözükmemektedir. Tedarikçilerin gücü ise ürettikleri mal ve hizmetlerin maliyeti, kalitesi ve satış sonrası desteği ile ilgilidir. Bu durum karşımıza Entegre Lojistik Destek (ELD) yaklaşımını çıkarmaktadır. Çünkü ELD yaklaşımı tedarikçi tarafından üretilen mal ve hizmetin tasarımından başlayarak elden çıkarılmasına kadar geçen süreçte üretilen mal ve hizmetin bütünlük desteğinin sağlanmasını amaçlamaktadır. Ancak işletmeler tarafından en iyi tedarikçinin belirlenmesi oldukça zor bir süreçtir. Bu çalışmada, karar vericilerin uzman oldukları kriterlere yönelik uzman görüşlerine ağırlık verebilen Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (SWARA) metodu ile karar vericilerin tercihlerini belli etmek istemediği durumlarda kullanılabilen Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizinin (SMAA-2) birleştirilmesi ile oluşturulan SWARA-SMAA-2 yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem JSMAA programına entegre edilmiş ve bu program vasıtası ile işletmeye yönelik en uygun tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** ELD, SWARA, SMAA-2, tedarikçi seçimi

## INTEGRATED LOGISTICS SUPPORT APPROACH IN SUPPLIER SELECTION AND BUSINESS APPLICATION: SWARA-SMAA-2

### ABSTRACT

Today, the success of an enterprise in a competitive environment seems to be directly proportional to the power of its suppliers. The power of suppliers is related to the cost, quality and after-sales support of the goods and services they produce. This situation brings us the approach of Integrated Logistics Support (ILS). Because the ILS approach aims to provide the integrated support of the goods and services produced in the period from the design of the goods and services produced by the supplier to the disposal of the goods and services. However, identifying the best supplier by businesses is a very difficult process. In this study, SWARA-SMAA-2 method was proposed by combining Step-Wise Assessment Ratio Analysis (SWARA) which can give weight to expert opinions on the criteria of decision makers with Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis (SMAA) which can be used in cases where decision makers do not want to specify preferences. The proposed method was integrated into the JSMAA program and the most suitable supplier for the enterprise was selected through this program.

**Keywords:** ILS, SWARA, SMAA-2, supplier selection

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:+90 505 513 18 48 ; e-mail / e-posta: korelinanc.durmaz@gazi.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Sürekli gelişen rekabet ortamında bir işletmenin gücü, tedarikçilerinin gücüne bağlı bulunmaktadır. İşletmeye mal veya hizmet sağlayacak tedarikçilerin güçlü bir yapıya sahip olması işletmenin rekabet ortamında faaliyetlerini gerçekleştirmesini kolaylaştıracaktır. Bu durumun önemini fark eden işletmeler kendilerine güçlü tedarikçiler seçerek rekabet güçlerini arttırmayı amaç edinmektedirler.

En güçlü tedarikçinin belirlenmesi temel olarak üç aşamada ortaya çıkmaktadır [1]. İlk aşama olarak seçim kriterlerinin belirlenmesi ve seçilmesi, ikinci aşama olarak kriterlerin değerlendirilmesine yönelik seçim yönteminin belirlenmesi ve son aşama elde edilen sonuçlara uygun olarak en iyi tedarikçinin seçilmesidir.

İlk aşamaya baktığımızda, ilk olarak Dickson [2] tarafından 1966 yılında üç yüz firma üzerinde çalışma gerçekleştirilerek dört önem seviyesi başlığı altında 23 ayrı kriter belirlenmiş, daha sonra Ellram ve Cooper [3] tarafından 1990 yılında gerçekleştirilen çalışma ile finans, organizasyon, teknoloji ve diğer faktörler olmak üzere dört başlık altında 15 ayrı kriter belirlenmiş, Weber ve diğ. [4] tarafından 1991 yılında gerçekleştirilen çalışma ile iki önem seviyesi başlığı altında 10 ayrı kriter belirlenmiş, Çebi ve Bayraktar [5] tarafından 2003 yılında gerçekleştirilen çalışma ile lojistik, teknoloji, işletme ve ilişkiler başlıkları altında 14 ayrı kriter belirlenmiş, Stevic [6] tarafından 2017 yılında gerçekleştirilen çalışma ile iletişim sistemi, güvenilirlik, elastikiyet, ün, tepki süresi kriter olarak belirlenmiştir. Ancak literatürde tedarikçi seçimine yönelik ELD kriterlerinin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamış olup, ELD faaliyetlerinin işletmelerin faaliyetlerini doğrudan etkilediği değerlendirildiğinden bu çalışmada kriter olarak ELD bileşenleri belirlenmiştir.

Belirlenen kriterlerin değerlendirilmesine yönelik yöntemin tespit edilmesi aşamasında yapılan araştırmalar incelendiğinde Yıldız ve Yayla [7] tarafından 2001 ile 2014 yılları arasında gerçekleştirilen özgün yöntemler, hibrid yöntemler ve bulanık-hibrid yöntemler başlıkları altında 91 çalışmanın incelendiği ve Analytic Hierarchy Process (AHP) metodunun çoğunlukla hibrid ve bulanık-hibrid yöntemler başlıkları altında kullanıldığı, özellikle Bulanık-AHP, Bulanık- Analytic Network Process (ANP) ve Bulanık-Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) metotlarının en çok kullanılan bulanık-hibrid yöntemler olduğu belirtilmiştir.

Bazı durumlarda karar vericiler görüşlerini açığa çıkılmalarını istemezler ya da eldeki verilerde alternatiflere ait eksik ya da kesin olmayan bilgilerin bulunduğu durumlar olabilmektedir. Bu gibi durumlarda karar vermek için stokastik çözümlere başvurulmaktadır. Stokastik ÇKKV Yöntemlerinden SMAA, ağırlıkların ve kriterlere ait değerlerin elde edilemediği bu gibi durumlarda etkin bir karar destek aracı olarak geliştirilmiştir [8]. Farklı stokastik ÇKKV problem tiplerini çözmek için sıralama, seçme ve sınıflandırma metotları kullanılmaktadır [9]. Bu metotlar parametre değerleri aralıklarının ters analizleri vasıtası ile gerçekleştirilmektedir.

SMAA metodolojisi, ilk olarak kıyaslamalı yüksek hacim kriteri metodu kullanılarak ortaya çıkmış olup, kabul edilebilirlik indisi, merkezi ağırlık vektörü ve güvenilirlik faktörü olmak üzere üç ölçek tanımlanmaktadır [10]. Bu ölçekler Monte Carlo simülasyonları ile hesaplanmaktadır.

SMAA-2, SMAA metodundaki kabul edilebilirlik indislerinin alternatiflere göre ağırlık vektörü kümelerinin genişletilmesi sonucu iyiden kötüye sıralaması esasına dayanılarak geliştirilmiştir.

Kriter ağırlıklarını belirlemede literatürde birçok metot bulunmaktadır. Kriterlerin nesnel, öznel ve bütünlük ağırlıkları vardır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinde sadece iyi kurulmuş ağırlıklandırma faktörleri kullanılmalıdır. Çünkü ağırlık faktörleri doğrudan kararı etkilemektedir [11, 12].

SWARA, karar vericilere alınacak kararlarda kendi önceliklerini seçmelerini sağlayan bir ağırlıklandırma yöntemi olarak ortaya çıkmıştır [13]. SWARA yönteminde karar vericilerin değerlendirmeleri büyük öneme sahip olmaktadır. Anlaşmazlıkların çözümünde veya ortak kararın oluşmasında hızlı, etkin ve ekonomik ayrıca son zamanlarda çok kullanılan bir çözüm metodu olarak karşımıza çıkmaktadır [14].

Bu çalışmada, en güçlü tedarikçiyi tespit etmek amacı ile ELD bileşenlerinden yararlanılmış ayrıca karar vericilerin uzman oldukları kriterlere yönelik olarak etkilerinin artırılması, bilgi sahibi olmadıkları veya görüşlerini belirtmek istemedikleri kriterlere yönelik olarak etkilerinin düşürülmesi amacı ile SWARA-SMAA-2 metodu önerilmiştir. Söz konusu metot JSMAA (JAVA tabanlı paket program) programına entegre edilmiş ve tedarikçi seçimi gerçekleştirilerek öneriler sunulmuştur.

## 2. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK

ELD, bir sistemin ömür devri boyunca gerekli lojistik destek ihtiyaçların belirlenmesidir. Tasarım aşamasında, bu ihtiyaçlar lojistik destek analizleri ile belirlenir ve tasarım değişiklikleri bu analizlere uygun olarak geliştirilir. İdame işletme aşamasında, sahadan alınan veriler doğrultusunda lojistik destek ihtiyaçları revize edilir [15].

ELD'nin amacı, sistemin ömür devri boyunca en yüksek hazır bulunuluğun en düşük maliyet ile elde edilmesi olarak da özetlenebilmektedir [16]. Tedarik edilecek sistemin, ömür devri boyunca gerekli lojistik destek

**TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK YAKLAŞIMI VE İŞLETME UYGULAMASI: SWARA-SMAA-2**

ihtiyaçlarını belirlenmesi, alternatifler içinde ömür devri maliyeti esas alarak karar verilmesi, sistemin hizmete girişinde tüm lojistik destek ihtiyaçlarının hazır olmasını sağlanması, ayrıca ömür devri içinde en etkin ve ekonomik destek sisteminin belirlenmesi ELD faaliyetleri ile gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır [17, 18].

Ömür devri safhalarında ELD'nin ayrı amaçları bulunmaktadır. Ömür devri safhaları ELD tabanında temel olarak iki bölümde incelenebilmektedir. Bunlar; konsept ve üretim safhası, işletim ve destek safhasıdır [15].

ELD'nin genel amacının güvenilirlik, maliyet etkinlik, idame edilebilirlik kapsamında ömür devri maliyetinin düşürülmesi olduğu görülmektedir.

## 2.1. ELD'nin Bileşenleri

Avrupa Havacılık ve Savunma Birliği ve Havacılık Endüstrisi Birliği tarafından oluşturulan SX000i ELD dokümanında ELD'nin 12 temel bileşenine değinilmektedir [19]. Bunlar;

- Bilgi Sistem Kaynakları,
- Tasarıma Etki,
- Tesis ve Alt Yapı,
- Bakım,
- İş Gücü ve Personel,
- Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma,
- Ürün Destek Yönetimi,
- Ürün Desteği,
- Destek Teçhizatı,
- Sürdürülebilirlik Mühendisliği,
- Teknik Veri,
- Eğitim ve Eğitim Desteği'dir. Bu bileşenler aşağıda açıklanmaktadır.

### 2.1.1. Bilgi Sistem Kaynakları

Bilgi Sistem Kaynakları özellikle projeye ait kritik yazılım ve/veya donanım ya da bilgi sistemlerinin planlama ve yönetimi için yazılım, donanım, dokümantasyon, iş gücü kaynaklarının tespit edilmesini ve karşılanmasını esas almaktadır. Bilgi Kaynak Analizi ve Bilgi Kaynak Desteği olarak iki temel faaliyeti içermektedir.

Bilgi Kaynak Analizi kapsamında, ELD planında belirtilen Bilgi Sistem Kaynak isteklerini veya başka bir ELD unsuru tarafından ihtiyaç duyulan Bilgi Sistem Kaynak isteklerinin tespit edilmesini kapsamaktadır. Bu analiz, tedarik, geliştirme ve modifikasyon analizleri ile envanterden çıkarma ve bilgi sistemlerine ait tüm analizleri içermektedir[20, 21, 22].

Bilgi Kaynak Desteği Kapsamında, yapılan analizler sonucunda ihtiyaç duyulan bilgi sisteminin geliştirmesi, üretimi veya tedarik edilmesi, kullanıma sunulması ve ömür devri boyunca paydaşlara bilgi sağlanması faaliyetlerini içermektedir [23].

### 2.1.2. Tasarıma Etki

Bir sistem veya sistem elemanları tasarlanırken güvenilirlik, hazırbulunuşluk, idame edilebilirlik, test edilebilirlik, desteklenebilirlik durumlarının analiz edilmesi gerekmektedir.

Tasarıma Etki; ürünün tasarım, üretim veya kullanım safhasında tespit edilen aksaklıkların tasarım mühendisleri ve analizciler tarafından değerlendirilmesi ve tasarımsal bir sorun tespit edildiği takdirde tasarım değişikliğine gidilebilmesi durumunu ifade etmektedir [24].

Güvenirlik, bir ünitenin belirli şartlar altında ve belirli bir zaman aralığında faal olma olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Kısaca güvenilirlik ünitenin faal olma durumu hakkında bilgi veren istatistiksel bir yöntemdir [25].

Hazırbulunuşluk, bir ünitenin herhangi bir zamanda faal bulunma olasılığı olarak tanımlanmaktadır [26].

İdame edilebilirlik, yetkili personel tarafından ilgili bakım seviyelerinde tanımlanmış yöntem, kaynak ve malzemelerin kullanılarak ünitelerin onarılabilme durumunun planlanması faaliyetidir [27].

Test edilebilirlik, ürünün özellikle tasarım ve geliştirme fazlarında dikkate alınması gereken test gereksinimlerinin belirlenmesi ve belirlenen bu prosedürlerin nihai ürüne etki edebilmesi sürecini tanımlamaktadır [28].

*K.İ.DURMAZ, C.TEMEL GENCER*

Desteklenebilirlik, bir ürün veya sistemin üretim aşamasından envanterden çıkıncaya kadar geçen süre boyunca görevini yerine getirebilmesi amacı ile ihtiyaçlarının öngörülmesi veya tahmin edilmesi faaliyetleridir. Desteklenebilirlik değerlendirilmesi birbirine bağımlı birçok analiz ve sayısal metotlardan oluşmaktadır.

### **2.1.3. Tesis ve Alt Yapı**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca destekleneceği, yönetileceği veya entegre edileceği taşınabilir veya sabit tesis yeri isterlerinin karşılanması amacı ile gerçekleştirilecek faaliyetlerin tümüdür. Burada bahsedilen faaliyetler tesislerin (eğitim tesisi, yer destek tesisi, bakım tesisi, depo vb.) kuruluş yerinin çevresel faktörlerin, güvenlik ihtiyaçlarının vb. faaliyetlerin belirlenmesi, geliştirilmesi ve karşılanması olarak açıklanmaktadır [29].

### **2.1.4. Bakım**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle uygulanacak bakım konseptinin, bakım planının geliştirilmesi, bakım görevlerini gerçekleştirilmesi, alt ünitelere yönelik bakım seviyelerinin oluşturulması, LDA analizleri sonucu ortaya çıkan sonuçlara uygun olarak koruyucu ve önleyici bakım planlarının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi olarak açıklanmaktadır [30].

### **2.1.5. İş Gücü ve Personel**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle ihtiyaç duyulacak iş gücüne belirlenmesi ve tanımlanması, iş gücüne kaynak olacak personel yeteneklerinin belirlenmesi ve karşılanması olarak açıklanmaktadır [31].

### **2.1.6. Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle paketleme, elleçleme, depolama ve taşıma işlemlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Burada ilk aşama mevcut kabiliyetler ile bu işlemlerin gerçekleştirip gerçekleştirilemeyeceğinin belirlenmesidir. Bu işlemler uluslararası standartlar dikkate alınarak yapılmaktadır.

Paketleme ihtiyaçlarının tespiti; malzemenin tüketime verilene kadar sıcaklık, basınç, nem gibi çevre şartlarından korunması ayrıca titreşim, ivmelenme gibi etkenlerden zarar görmeden taşınması ve depolanması için yapılan ambalajlama ve etiketleme işlemlerinin tespit edilmesi sürecidir. Bu süreç malzemenin özelliğine, ulaşım şekline ve kullanılan teknolojiye göre farklılık göstermektedir.

Elleçleme ihtiyaçlarının tespiti, malzemenin tüketime verilene kadar malzemenin depolar arası taşınması, araçlara yüklenmesi/boşaltılması, bakım ve onarım tesislerinde atölye içinde taşınması, atölyeye ve/veya atölyeden nakledilmesi için ihtiyaç duyulacak, forklift, özel taşıma aparatı, özel taşıyıcı vb. yer destek cihazlarının belirlenmesi sürecini kapsamaktadır [32].

### **2.1.7. Ürün Destek Yönetimi**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle ana sözleşmeye uygun olarak ürün destek isterlerini karşılamak amacı ile ELD planını oluşturulması, demode yönetiminin yapılması, kontrat faaliyetlerinin planlanması süreçlerini içermektedir [33].

### **2.1.8. Ürün Desteği**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle idame ettirilebilmesi amacı ile tüm yedek parçaların, teknik bilgilerin, mühendislik hizmetlerinin ve ihtiyaç duyulan tüm hizmetlerin belirlenmesi ve hangi enstrümanlar ile gerçekleştirileceğinin planlanması süreçlerini içermektedir [34].

### **2.1.9. Destek Teçhizatı**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle idame ettirilebilmesi amacı ile ihtiyaç duyulan destek cihazlarını, test istasyonlarını, kalibrasyon cihaz ve sistemlerini tespit etmek ayrıca bu cihazların

**TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK YAKLAŞIMI VE İŞLETME UYGULAMASI: SWARA-SMAA-2**

ömür devri boyunca ihtiyaç duyacağı malzeme desteğinin, teknik desteğinin ve bakım planlarının belirlenmesinin sağlandığı süreçleri içermektedir [35].

**2.1.10. Sürdürülebilirlik Mühendisliği**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle idame ettirilebilmesi amacı ile mühendislik, lojistik araştırmalar ve analizler sonucunda elde edilen bilgilerin, operasyonel ve bakım süreçlerine adapte edilmesini sağlayan süreçleri içermektedir [36].

**2.1.11. Teknik Veri**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle idame ettirilebilmesi amacı ile tüm sistem ve ekipmanın bakımına, onarımına, işletmesine, yedek parça ihtiyacına ve kullanıcı eğitimlerine yönelik olarak hazırlanan teknik verilerdir [37].

**2.1.12. Eğitim ve Eğitim Desteği**

Tedarik edilecek sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle idame ettirilebilmesi amacı ile eğitim ihtiyaçlarının ve bunların nasıl karşılanacağına belirlenmesi, eğitim yardımcılarının tespit edilmesi, eğitim planının oluşturulması ve eğitim ihtiyaçlarının karşılanması için kaynak ve tedarik planının oluşturulması süreçlerini içermektedir [38].

**3. MATERYAL VE METOT****3.1. SWARA Yöntemi**

SWARA yöntemi, karar vericilerin karar almada uzlaşmadığı veya kendi uzmanlık alanları dışına ait bir alanda değerlendirme yapmak zorunda bulunduğu durumlarda kullanılabilen ve son dönemlerde sıklıkla uygulanan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır [39].

SWARA yöntemi, kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde karar vericilerin veya alan uzmanlarının kriterlerin önem derecesine ilişkin görüşlerini tahmin etme olasılığına dayanmaktadır [13].

Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi süreci, diğer kriter ağırlık belirleme süreçlerinde olduğu gibi birbiri ile ilişkisi olan kriterlerin elenmesi sürecine kadar aynı devam etmektedir. Bu aşamadan sonra aşağıda belirtilen adımlar yardımı ile kriter ağırlıkları belirlenebilmektedir [40].

Karar vericiler  $k = 1, \dots, l$  olarak, alternatifler  $a_i$ ;  $i = 1, \dots, m$  ve kriterlerin  $c_j$ ;  $j = 1, \dots, n$  olarak belirtilmiş olsun.

**Adım 1:** Her bir karar verici tarafından kendisine göre en önemli olan kriterin belirlenmesi,

$$P_j^k, 0 \leq P_j^k \leq 1 \quad (1)$$

**Adım 2:** Her bir kriterin göreceli önem düzeyinin ( $s_j$ ) belirlenmesi (Bunun için,  $j$  kriteri ile bir sonraki kriter ( $j+1$ ) karşılaştırılması) [13],

$$S_j = \frac{\sum_{k=1}^l P_j^k}{l} \quad (2)$$

**Adım 3:** Bütün kriterlerin önem derecelerine göre (en önemliden en önemsizine doğru) sıralanması,

**Adım 4:** Her bir kriter için katsayı değerinin hesaplanması,

$$C_j = S_j + 1 \quad (3)$$

**Adım 5:** Her bir kriter için düzeltilmiş ağırlıkların hesaplanması ( $S_j^1 = 1$ , en önemlisi 1 olmalı),

$$s_j^1 = \frac{s_j^{j-1}}{c_j}; \quad s_{j-1} > s_j \quad (4)$$

**Adım 6:** Bütün kriterler için son ağırlıkların hesaplanması ve  $S_j^1$  normalize edilmesi,

$$w_j = \frac{s_j^1}{\sum_{j=1}^n s_j^1} \quad (5)$$

**Adım 7:** Kriter öneminin belirlenmesi,

$$q_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \quad (6)$$

Adım 7 sonucunda SWARA yöntemi ile her bir kritere ait normalize edilmiş önem ağırlıkları belirlenmiş olmaktadır.

### 3.2. SMAA-2 Yöntemi

SMAA-2 yöntemi alternatiflerin sıralanması vasıtası ile alternatifler arasından en iyisinin seçimini yapmak üzere geliştirilmiş bir metottur [41]. SMAA-2 yöntemi, en iyi alternatifin belirlenmesinin sağlaması yanında diğer alternatifleri de belirlenen kriterlere göre sıralayarak karar vericilere alternatiflerin sıralaması hakkında bilgi vermektedir.

SMAA-2 metodu ile üç tanımlayıcı ölçü ortaya çıkmakta olup, bunlar; sıra kabul edilebilirlik indisi, üç tip merkezi ağırlık vektörleri ve güvenlik faktör indisi [41].

SMAA-2 metodunda her alternatifin sıralama fonksiyonu tanımlanır (en iyi (=1) en kötü (=m)) [30] :

$$\text{rank}(i; \zeta, w) = 1 + \sum_{k=1}^m p(u(\zeta_k, w) > u(\zeta_i, w)) \quad (7)$$

Bu fonksiyonda  $p(\text{doğru})=1$  ve  $p(\text{yanlış})=0$  kuralı geçerli olup, SMAA-2 metodu,  $w_i^r(\zeta)$  sıra ağırlık kümelerinin analizi esas alınarak gerçekleştirilmektedir. Burada,  $w = w_i^r(\zeta)$  ağırlığına sahip olan bir alternatif  $x_i$ , r sırasını alır [42].

$$w_i^r(\zeta) = \{w \in W : \text{rank}(i; \zeta, w) = r\} \quad (8)$$

Sıra kabul edilebilirlik indisi, alternatifin mevcut durumunu farklı tercihlerin sonucu olarak ölçer ve indisi  $b_i^r$  olarak belirtilir. Bu, kriter uygun sıra ağırlıkları için çok boyutlu integrallerle aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır [42].

$$b_i^r = \int_{\zeta \in X} f_x \zeta \int_{w \in W_i^r(\zeta)} f(w) dw d\zeta \quad (9)$$

Sıra kabul edilebilirlik indisi [0,1] aralığında olup, 1'e ne kadar yakın ise verilen sıralamayı sağlayacağını, 0'a ne kadar yakın ise sıralamayı sağlamayacağını gösterir.

Tümleşik kabul edilebilirlik indisi, her alternatif için bulunan sıra kabul edilebilirlik indislerinin ağırlıklar ile birleştirilmesi ile elde edilmektedir.

$$a_i^h = \sum_r a^r b_i^r \quad (10)$$

$a^r$  olarak ifade edilen meta ağırlıkları seçmenin birçok yolu bulunmaktadır [41]. Meta ağırlıklar normalize edilmiş olmalı, negatif olmamalı ve sıra değerinin artışı ile artmamalıdır.

### 3.3. Önerilen Yöntem: SWARA-SMAA-2

Literatürde bulunan birçok karar probleminde karar vericiler, görüşlerini açığa çıkmalarını ya da probleme ait eksik bilgileri bulunduğu için görüş bildirmek istemezler. Bu tip problemlerde SMAA-2 alternatiflerin sıralanması vasıtası ile alternatifler arasından en iyisinin seçimini yapmak üzere geliştirilmiş bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ancak karar vericilerin eksik bilgilerinin yanında, uzmanlık alanları dâhilinde kriterlerin ağırlık değerlerini belirtmek istemeleri de mümkün olmaktadır. Bu tip durumlar çözümün doğruluğunu arttırmaktadır. SWARA yöntemi kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde karar vericilerin veya alan uzmanlarının kriterlerin önem derecesine ilişkin görüşlerini bildirmesine olanak sağladığından dolayı bu iki yöntemin birleştirilmesinin elde edilecek çözümün doğruluğunu ve geçerliliğini arttıracığı değerlendirilmektedir. Oluşturulan yeni yöntemle ait adımlar ve iş akışları aşağıda sunulmuştur.

Karar vericiler  $k = 1, \dots, l$  olarak, alternatifler  $a_i; i = 1, \dots, m$  ve kriterlerin  $c_j; j = 1, \dots, n$  olarak belirtilmiş olsun.

**Adım 1:** Her bir kriterin, karar vericiler nezdinde ağırlıklandırılması,

**Adım 2:** Her bir karar verici tarafından kendisine göre en önemli olan kriterin belirlenmesi,

$$P_j^k; 0 \leq P_j^k \leq 1 \quad (11)$$

**Adım 3:** Her bir kriterin göreceli önem düzeyinin ( $s_j$ ) belirlenmesi (Bunun için, j kriteri ile bir sonraki kriter (j+1) karşılaştırılması) [13],

$$S_j = \frac{\sum_{k=1}^l P_j^k}{l} \quad (12)$$

**Adım 4:** Bütün kriterlerin önem derecelerine göre (en önemliden en önemsize doğru) sıralanması,

**Adım 5:** Her bir kriter için katsayı değerinin hesaplanması,

$$C_j = S_j + 1 \quad (13)$$

**Adım 6:** Her bir kriter için düzeltilmiş ağırlıkların hesaplanması ( $s_j^1 = 1$ , en önemlisi 1 olmalı),

$$s_j^1 = \frac{s_j^{j-1}}{c_j}; \quad s_{j-1} > s_j \quad (14)$$

**Adım 7:** Bütün kriterler için son ağırlıkların hesaplanması ve  $s_j^1$  normalize edilmesi,

$$w_j = \frac{s_j^1}{\sum_{j=1}^n s_j^1} \quad (15)$$

**Adım 8:** Kriter öneminin belirlenmesi,

**TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK YAKLAŞIMI VE İŞLETME UYGULAMASI: SWARA-SMAA-2**

$$q_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \tag{16}$$

**Adım 9:** Elde edilen kriter ağırlıkları SMAA-2'ye girdi olarak kullanılması,

**Adım 10:** Her alternatifin sıralama fonksiyonu tanımlanması,

$$\text{rank}(i; \zeta, w) = 1 + \sum_{k=1}^r p(u(\zeta_k, w) > u(\zeta_i, w)) \tag{17}$$

**Adım 11:**  $w_i^r(\zeta)$  sıra ağırlık kümelerinin analizi esas alınarak,  $w = w_i^r(\zeta)$  ağırlığına sahip olan bir alternatif  $x_i$ , r sırasının verilmesi,

$$w_i^r(\zeta) = \{w \in W : \text{rank}(i; \zeta, w) = r\} \tag{18}$$

**Adım 12:** Sıra kabul edilebilirlik indisinin hesaplanması,

$$b_i^r = \int_{\zeta \in X} f_x \zeta \int_{w \in W_i^r(\zeta)} f(w) dw d\zeta \tag{19}$$

**Adım 13:** Tümlşik kabul edilebilirlik indisinin hesaplanması,

$$a_i^h = \sum_r a^r b_i^r \tag{20}$$

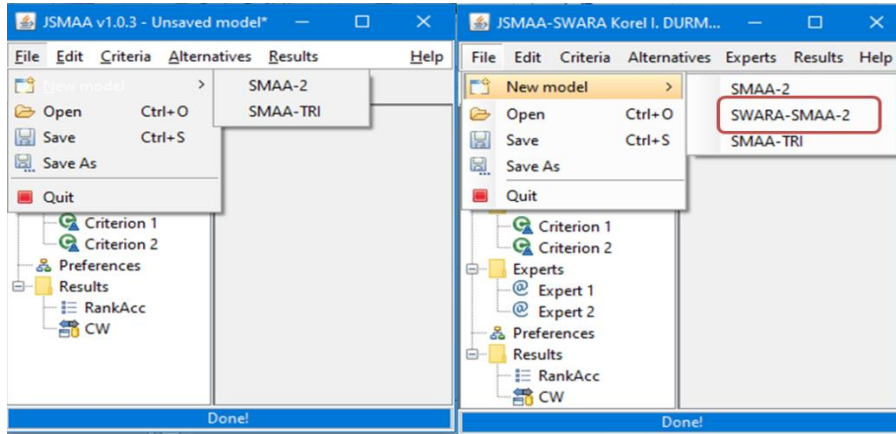
**Adım 14:** Elde edilen sonuçlara uygun olarak alternatiflerin sıralandırılması ve en iyi sonucun belirlenmesidir.

### 3.4. JSMAA Programındaki Yenilikler

SMAA yönteminin el ile çözümü oldukça zor olup çözüm için çoğunlukla SMAA yöntemlerinin açık kaynaklı bir uygulaması olan JSMAA yazılımı kullanılmaktadır. JSMAA programı SMAA-2, SMAA-O, SMAA-TRI yöntemlerini içermektedir [43]. İlgili yöntemler, JSMAA'nın basit ara yüzleri ve nesne kütüphaneleri sayesinde kolaylıkla kullanılabilirlerdir.

Bu çalışma ile JSMAA programına yeni bir eklenti entegre edilerek SWARA-SMAA-2 metodunun kriter ağırlıklarının program içinde hesaplanması ve algoritmaya dahil edilmesi sağlanmıştır. Böylece alan uzmanlarının değerlendirmeleri karar süreçlerine dahil edilerek daha doğru ve gerçekçi sonuçlar elde edileceği değerlendirilmektedir.

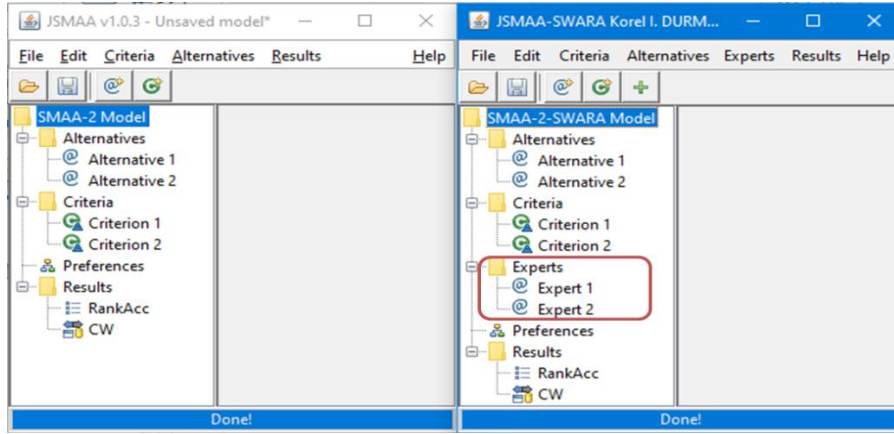
JSMAA programında yapılan ilk değişiklik kullanıcıların, kullanılacak modeli seçebilmesine yönelik olarak SWARA-SMAA-2 sekmesinin eklenmesidir. İlgili sekme Şekil 1'de sunulmuştur. Bu sayede kullanıcı kullanmak istediği modeli rahatlıkla seçebilecektir.



**Şekil 1.** Model seçim sekmesi (Eski-Yeni)

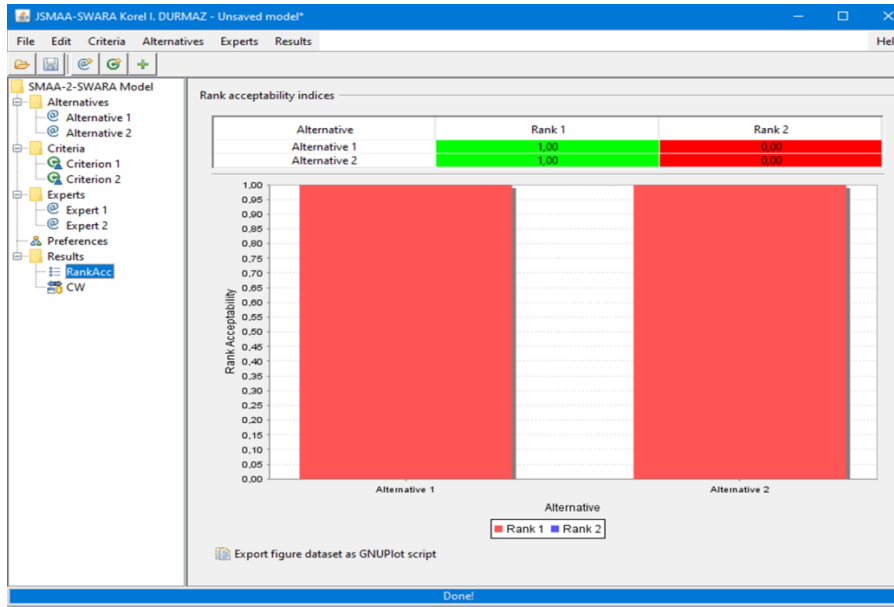
JSMAA programında yapılan ikinci değişiklik kullanıcıların, uzman görüşlerini girebilecekleri "Experts" alanının eklenmesi olmuştur. İlgili alan Şekil 2'de sunulmuştur. Bu sayede kullanıcılar alan uzmanlarının değerlendirmelerini kolaylıkla programa girebileceklerdir. Burada alan uzmanına ait üç değerlendirmenin girilmesi beklenmektedir.

Birincisi, "Rank" alan uzmanı tarafından ilgili kriter kaçınıcı sırada değerlendirildiği, ikincisi "Value" alan uzmanının ilgili kritere verdiği sıralı önem değeri ve son olarak üçüncüsü ilgili kriter konusunda alan uzmanının diğer alan uzmanlarına göre ağırlığının girilmesi beklenmektedir.



Şekil 2. Uzman değerlendirmesi (Eski-Yeni)

SMAA-2 modelinde olduğu gibi alternatiflerin, kriterlerin ve uzman değerlendirilmelerinin girilmesinden sonra program geliştirilen algoritmaya yönelik olarak sonuç üretmeye başlayacaktır. SWARA-SMAA-2 model sonuçları, SMAA-2’de olduğu gibi değerlendirmek üzere iki kriter göz önüne alınmaktadır. Bunlardan birincisi sıra kabul edilebilirlik indeksleri olup ekran görüntüsü Şekil-3’te sunulmuştur.

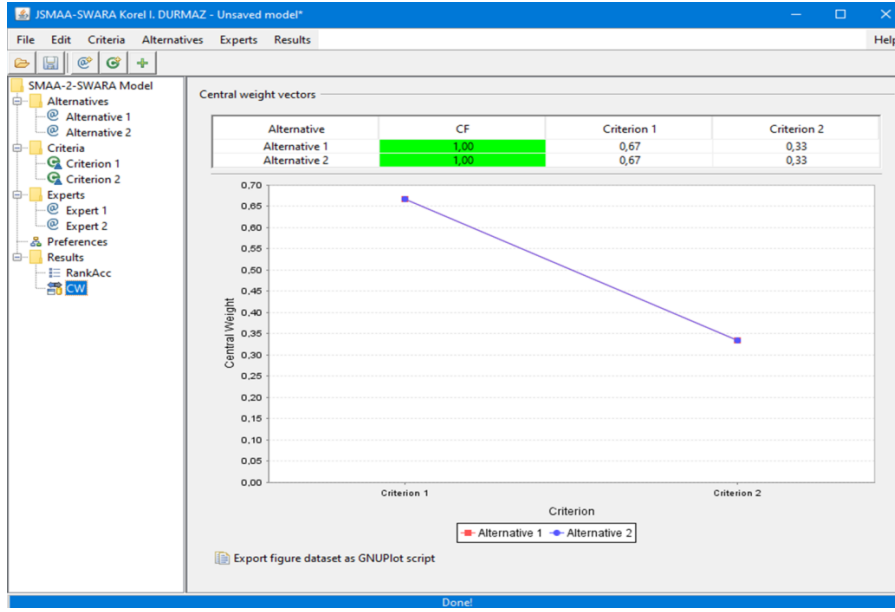


Şekil 3. Sıra kabul edilebilirlik indeksleri sayfası (Yeni)

İkincisi ise merkezi ağırlık vektörleri olup ekran görüntüsü Şekil 4’te sunulmuştur. Bu iki sonuca göre alternatiflerin sıralandırılması değerlendirilmektedir.



## TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK YAKLAŞIMI VE İŞLETME UYGULAMASI: SWARA-SMAA-2



Şekil 4. Merkezi ağırlık vektörleri sayfası (Yeni)

## 4. UYGULAMA

### 4.1. Problemin Tanımı

Bu çalışmaya konu olan işletmemiz Türkiye’de elektro-optik üretimi gerçekleştiren öncü firmalardan birisidir. Bu nedenle işletmenin piyasada yerini koruyabilmesi ve ününü kaybetmemesi amacıyla ürettiği malın güvenilirliğinin, desteklenebilirliğinin ve tamiredilebilirliğinin yüksek olması gerekmektedir. Bundan dolayı işletme tarafından tedarikçilerinden aldıkları mal ve hizmetlerin son derece kaliteli ve arızalar arasındaki zaman aralığı (MTBF (Mean Time Between Failure)) değerinin düşük olması beklenmektedir. Ancak ileri teknoloji, mühendislik bilgisi gerektiren bu sektörde tedarikçi seçimi gerçekleştirmek oldukça zor bir süreçtir.

Bu sürecin üstesinden gelmek amacı ile lojistik, mühendislik ve sözleşme alan uzmanları tarafından gruplar oluşturulmuş ve belirlenen üç tedarikçi arasından, aşağıdaki belirtilen ELD kriterlerinin esas alınması ile de tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir.

**Kriter 1:** Bilgi Sistem Kaynakları (Gönderilen malın işletme tarafından ilave bilgi sistem ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

**Kriter 2:** Tasarıma Etki (Gönderilen malın işletme tarafından tasarım değişikliğine ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

**Kriter 3:** Tesis ve Alt Yapı (Gönderilen malın işletme tarafından ilave tesis ve alt yapı ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

**Kriter 4:** Bakım (Gönderilen malın işletme tarafından ilave bakım ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

**Kriter 5:** İş Gücü ve Personel (Gönderilen malın işletme tarafından ilave iş gücü ve personel ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

**Kriter 6:** Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma (Gönderilen malın işletme tarafından ilave paketleme, elleçleme, depolama ve taşıma ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

**Kriter 7:** Ürün Destek Yönetimi (Gönderilen malın tedarikçi tarafından desteklenebilirlik yönetiminin incelendiği kriterdir),

**Kriter 8:** Ürün Desteği (Gönderilen malın tedarikçi tarafından desteklenebilirliğinin incelendiği kriterdir),

**Kriter 9:** Destek Teçhizatı (Gönderilen malın işletme tarafından ilave destek teçhizatı ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

**Kriter 10:** Sürdürülebilirlik Mühendisliği (Gönderilen malın işletme tarafından sürdürülebilirlik durumunun incelendiği kriterdir),

**Kriter 11:** Teknik Veri (Gönderilen malın işletme tarafından teknik verilerinin incelendiği kriterdir),

**Kriter 12:** Eğitim ve Eğitim Desteği (Gönderilen malın işletme tarafından ilave eğitim gereksinim durumunun incelendiği kriterdir)'dir.

Kriterlere ilişkin alternatifler bazında değerlendirmeler ilgili alan uzmanları tarafından oy birliği ile Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Kriter ölçekleri (Değerler ortalama ve standart sapma şeklindedir)

Kriter	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3
Bilgi Sistem Kaynakları	5,0 ± 1,5	6,2 ± 1,5	8,1 ± 0,5
Tasarıma Etki	6,0 ± 1,5	7,3 ± 1,6	8,1 ± 1,6
Tesis ve Alt Yapı	8,5 ± 1,5	8,2 ± 0,8	8,1 ± 0,4
Bakım	7,2 ± 0,8	7,1 ± 1,3	9,1 ± 0,8
İş Gücü ve Personel	6,8 ± 0,8	7,0 ± 1,6	7,2 ± 1,9
Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma	6,0 ± 1,6	7,2 ± 1,6	9,1 ± 0,4
Ürün Destek Yönetimi	7,0 ± 1,6	6,3 ± 0,6	8,4 ± 0,2
Ürün Desteği	7,5 ± 1,4	7,2 ± 1,8	7,1 ± 1,4
Destek Teçhizatı	6,2 ± 1,8	8,1 ± 0,3	7,2 ± 0,8
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	8,8 ± 0,6	8,4 ± 1,2	8,2 ± 1,1
Teknik Veri	8,2 ± 1,8	6,1 ± 1,7	8,4 ± 0,9
Eğitim ve Eğitim Desteği	4,8 ± 1,8	8,0 ± 1,4	7,2 ± 0,9

**Tablo 2.** Alan uzmanı değerlendirmeleri

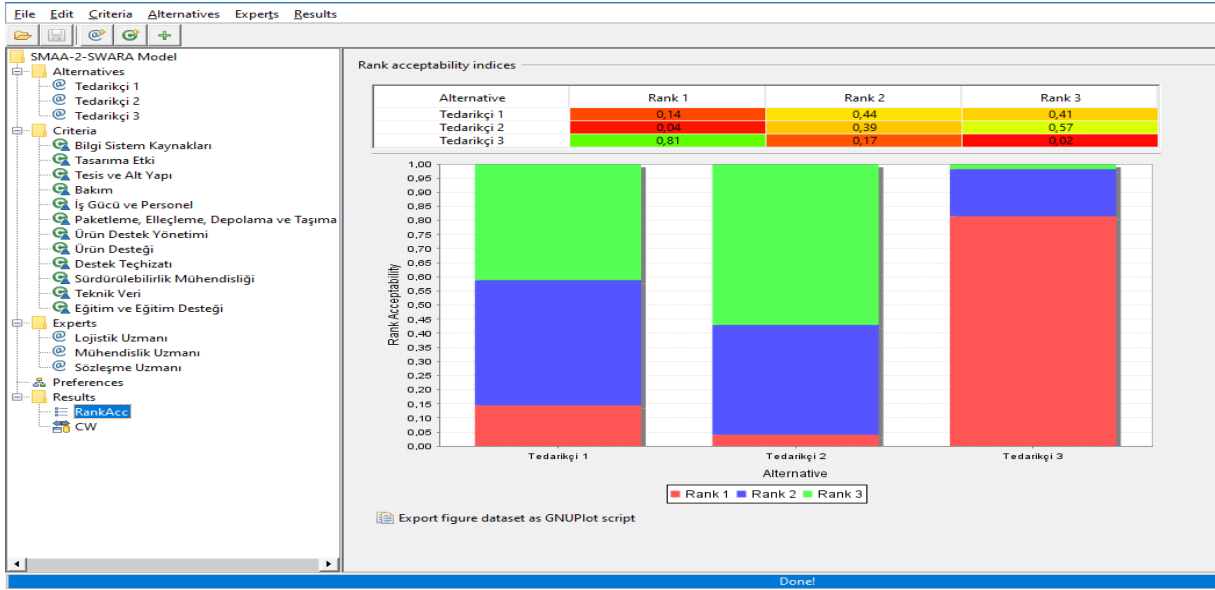
Sıra(Rank)	Lojistik Alan Uzmanları		Mühendislik Alan Uzmanları		Sözleşme Alan Uzmanları	
1	Ürün Destek Yönetimi	1,0	Sürdürülebilirlik Mühendisliği	1,0	Ürün Destek Yönetimi	1,0
2	Ürün Desteği	0,9	Tasarıma Etki	0,9	Ürün Desteği	0,9
3	Bakım	0,8	Bilgi Sistem Kaynakları	0,8	Tesis ve Alt Yapı	0,8
4	İş Gücü ve Personel	0,7	Teknik Veri	0,7	Destek Teçhizatı	0,6
5	Tesis ve Alt Yapı	0,9	Destek Teçhizatı	0,8	Bilgi Sistem Kaynakları	0,9
6	Destek Teçhizatı	0,6	Tesis ve Alt Yapı	0,7	İş Gücü ve Personel	0,7
7	Tasarıma Etki	0,8	Bakım	0,8	Tasarıma Etki	0,9
8	Bilgi Sistem Kaynakları	0,7	Eğitim ve Eğitim Desteği	0,6	Sürdürülebilirlik Mühendisliği	0,5
9	Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma	0,7	İş Gücü ve Personel	0,9	Teknik Veri	0,7
10	Sürdürülebilirlik Mühendisliği	0,9	Ürün Desteği	0,8	Bakım	0,7
11	Teknik Veri	0,5	Ürün Destek Yönetimi	0,7	Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma	0,8
12	Eğitim ve Eğitim Desteği	0,9	Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma	0,9	Eğitim ve Eğitim Desteği	0,9

## TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK YAKLAŞIMI VE İŞLETME UYGULAMASI: SWARA-SMAA-2

Alan uzmanları tarafından kriterlerin sıralanması ve bir üst sıradaki kriterlere göre değerlendirilmesi istenmiş olup, alan uzmanlarının değerlendirmeleri Tablo 2.'de sunulmuştur.

### 4.1. Problemin Çözümü

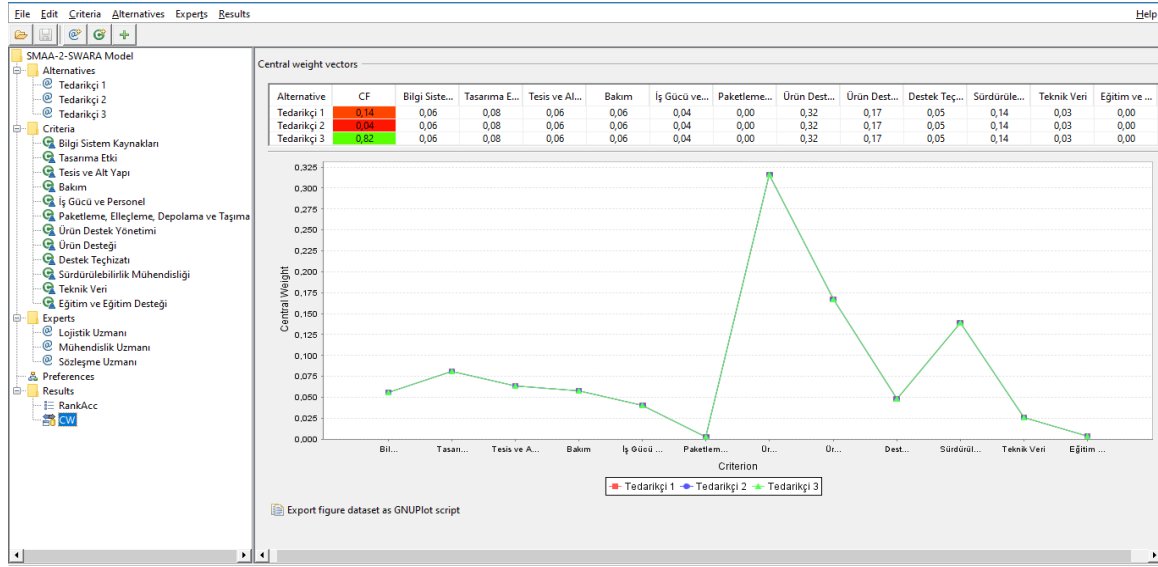
Problem JSMAA programına yapılan yeni eklenti kullanılarak SWARA-SMAA-2 yöntemi ile çözülmüştür. Öncelikle kriterlere ait kriter ölçekleri (Tablo 1), alan uzmanı tarafından ilgili kriter kaçınıcı sırada değerlendirildiği "Rank" değerleri (Tablo 2), alan uzmanının ilgili kriterlere verdiği sıralı önem "Value" değerleri (Tablo 2) ve son olarak ilgili kriter konusunda alan uzmanının diğer alan uzmanlarına göre ağırlığının belirtildiği "Weight" değerleri girilmiştir. Girilen verilere uygun olarak program çalıştırılmış ve program tarafından sunulan sonuç Şekil 5'de sunulmuştur.



Şekil 5. Sıra kabul edilebilirlik indisi değerleri

Sıra kabul edilebilirlik değerleri incelendiğinde Tedarikçi 3'ün % 81 sıra kabul edilebilirlikle birinci olarak seçilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. İşletme olarak tercihimiz sıralama tercihimiz sıra kabul edilebilirlik değerlerine göre Tedarikçi 3 > Tedarikçi 1 > Tedarikçi 2 olmalıdır.

Ancak Şekil 5'te sunulan tablo sıralamanın kabul edilebilmesi için yeterli değildir. Uygulama sonucu elde edilen güvenilirlik faktörünün de yüksek olması gerekmektedir. Bu kapsamda uygulamaya yönelik merkezi ağırlık ve güvenilirlik faktörü tablosu Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Merkezi ağırlık vektör ve güvenilirlik faktör değerleri

Şekil 6 incelendiğinde Tedarikçi 3’ün birinci sırayı almasında elde edilen güvenilirlik faktörü değeri 0,82 olarak elde edilmiştir. Bu durum Tedarikçi 3’ün ilk olarak tercih edilmesini istatistiksel olarak güvenilir kılmaktadır. Bu durumda Tedarikçi 3’ün seçilmesi işletme açısından faydalı gözükmektedir. Çünkü karar vericiler tarafından Tedarikçi 3 diğer alternatif tedarikçilere oranla daha başarılı bulunmuştur.

## 5. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, JSMAA tabanlı yeni bir yazılım eklentisi ile kriter ağırlıklarının SWARA yöntemi ile elde edildiği SMAA-2 tabanlı bir model önerilmiştir. Önerilen yöntemin diğer yöntemlerden ayıran en büyük fark, alan uzmanlarının veya karar vericilerin anlamadığı veya kararlarını belli etmedikleri durumlarda ilgili alan uzmanlarının alan değerlendirmelerinin alınarak kriter ağırlıklarının oluşturulması ve oluşturulan ağırlıkların stokastik süreçlerde kullanılması ile en doğru sonuca tek bir paket program ile ulaşılmasıdır.

Özellikler karar vericilerin alternatifleri seçme durumunda mutabık kalamadıkları ve/veya alternatiflerin değerlendirilmesine yönelik eksik bilgilerinin bulunduğu problem tiplerinde SWARA-SMAA-2 yöntemi karar vericilere kolaylık sağlamaktadır. Özellikle JSMAA programına eklenti olarak geliştirilen SWARA-JSMAA ile karar vericiler kolayca bu yöntemi uygulayabilmektedirler. SWARA-SMAA-2 yöntemi literatürdeki birçok probleme uygulanabilecek alt yapıya sahip basitliktedir.

SWARA-SMAA-2 metodunda, alan uzmanlarının değerlendirmelerinin de stokastik süreçlere entegre edilmesi nedeni ile SMAA metoduna göre daha iyi sonuçlara ulaşabileceği değerlendirilmiştir. SWARA-SMAA-2 yönteminin kriterlerin birbirinden bağımsız olan problem tiplerine uygulandığında diğer stokastik veya entegre yöntemlere göre daha basit ve uygulanabilir olduğu ayrıca elde edilen sonuçların daha tutarlı olduğunu söylemek mümkündür.

## KAYNAKLAR

- [1] RİSTONO, A., PRATİKTO, B. S. P., & PAMBUDİ T.I., “A literature review of design of criteria for supplier selection”, Journal of Industrial Engineering and Management, 11(4), 680-696, 2018.
- [2] DICKSON G.W., “An analysis of vendor selection systems and decisions”, Journal of Purchasing, 2(1): 5-17, 1966.
- [3] ELLRAM L.M., COOPER M.C., "Supply Chain Management, Partnership, and the Shipper - Third Party Relationship", The International Journal of Logistics Management, Vol. 1 Issue: 2, pp.1-10, 1990.
- [4] WEBER, C. A., CURRENT, J. R. & BENTON, W. C., “Vendor selection criteria and methods”, European Journal of Operational Research 50, 2–18, 1991.

*TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK YAKLAŞIMI VE İŞLETME UYGULAMASI: SWARA-SMAA-2*

- [5] ÇEBİ, F., BAYRAKTAR D., "An integrated approach for supplier selection", *Logistics Information Management*, Vol. 16 Issue: 6, pp.395-400, 2003.
- [6] STEVIĆ, Ž., "Criteria for supplier selection: A literature review", *International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications*. 1. 23-27, 2017.
- [7] YILDIZ, A. & YAYLA, A. Y. "Multi-Criteria Decision-Making Methods For Supplier Selection: A Literature Review", *The South African Journal of Industrial Engineering* 26, 158, 2015.
- [8] TERVONEN, T., & LAHDELMA, R., "Implementing stochastic multicriteria acceptability analysis", *European Journal of Operational Research*, 178(2), 500–513, 2007.
- [9] BACCOUR, L., "Amended fused TOPSIS-VIKOR for classification (ATOVIC) applied to some UCI data sets", *Expert Systems with Applications*, 99, 115–125, 2018.
- [10] LAHDELMA, R., HOKKANEN, J., & SALMINEN, P., "SMAA - Stochastic multiobjective acceptability analysis", *European Journal of Operational Research*, 106(1), 137–143, 1998.
- [11] PETROVIĆ, G. S., MADIĆ, M., & ANTUCHEVICIENE, J., "An approach for robust decision making rule generation: Solving transport and logistics decision making problems", *Expert Systems with Applications*, 106, 263–276, 2018.
- [12] YANG, J. L., & TZENG, G. H., "An integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method", *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1417–1424, 2011.
- [13] KERŠULIENE, V., ZAVADSKAS, E. K., & TURSKIS, Z., "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, 2010.
- [14] ÇAKIR, E., AKEL, G., & DOĞANER, M., "Türkiye’de Faaliyet Gösteren Özel Alışveriş Sitelerinin Bütünleşik SWARA - WASPAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 2018(18. EYİ Özel Sayısı), 599–616, 2018.
- [15] JONES J.V., *Integrated Logistics Support Handbook*, McGraw-Hill Logistics Series, New York, A.B.D., 2006.
- [16] BLANCHARD, B.S., "Cost Effectiveness, System Effectiveness, Integrated Logistics Support and Maintainability", *IEEE Transactions on Reliability*, R-16(3), 117-126, 1967.
- [17] SEABERG, E.C. & TRIPLETT, W. A., "The Economics of Integrated Logistics Support, SAE Technical Papers", 4(2), 76-92, 1969.
- [18] MCLEOD, R.B., "Integrated Logistics Support (ILS): How and Why", *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-22(4):150-152, 1975.
- [19] <http://www.sx000i.org/> (erişim tarihi 02.12.2015)
- [20] LAMBERT, K. R., "Supporting High-Technology Systems During Periods of Extended Life-Cycles By Means of Integrated Logistics Support", *South African Journal of Industrial Engineering*, 28(1), 125-132, 2017.
- [21] KEEFFE, T., & ORMSBY, G., "A Logistics Support Framework: A Systems-Based Approach to Logistics Planning For Development Projects", *Development in Practice*, 25(6), 843-855, 2015.
- [22] BLYLER, J., & CHOWN, B., "Design As The Best Differentiator Of System-Of-Systems", Paper presented at the ISSE 2016 - 2016 International Symposium on Systems Engineering - Proceedings Papers, Stockholm, 156-172, 2016.
- [23] CHRISTENSEN, A., & VoYtek, R. S. J., "A Data Base Management (DBMP) Program For Integrated Logistics Support (ILS)", *Microelectronics Reliability*, 14(2), 73-89, 1975.
- [24] BEYERS, C.P., "The System Engineering Analysis: A Structured Approach For Improving Ship Maintenance", *Naval Engineers Journal*, 94(2), 118-126, 1982.
- [25] NENNI, M.E., "A Cost Model For Integrated Logistic Support Activities", *Advances in Operations Research*, 1-6, 2013.
- [26] SHUKLA, S.K., KUMAR, S., SELVARAJ, P., & SUBBA RAO, V., "Integrated Logistics System For Indigenous Fighter Aircraft Development Program", 12th Global Congress On Manufacturing And Management, Vellore, India, 2238-2247, 2014.
- [27] SASARITA, G., "Automated Reliability, Availability and Maintainability (RAM) and Integrated Logistics Support (ILS) Data Tracking Using a Clipper Based PC program", *International Symposium and Workshop on Systems Engineering of Computer Based Systems*, Arizona, USA, 424-426, 1995.
- [28] YANG, S., QUI J., LIU G., "Sensor Optimization Selection Model Based On Testability Constraint", *Chinese Journal of Aeronautics*, Volume 25, Issue 2, 262-268, 2012.
- [29] PETROCHENKOV, A.B., "Regarding Life-Cycle Management of Electrotechnical Complexes in Oil Production", *Russian Electrical Engineering*, 83(11), 621-627, 2012.

- [30] SAPONE, R., AFELLI, E., CERGNA, P., SANTORO, F., RABBIA, S., & CRISCONIO, M., “Logistics & Maintenance Support for MPLM Modules in the Frame of ISS Operation - Overview and Lessons Learned”, Paper presented at the Proceedings of the International Astronautical Congress, Naples, Italy, 4006-4020, 2012.
- [31] SHISHKO, R., FRADET, R., SAYDAM, S., TAPIA, C., DEMPSTER, A. G., COULTON, J., & DO, S., “An Integrated Economics Model for ISRU in Support of a Mars Colony—Initial Results Report”, Symposium on Space Resource Utilization, Texas, USA, 4012-4023, 2017.
- [32] SAIA, D., SALUSSOLIA, M., & CARDANO, M., “ISS Exploitation and End-to-End Logistics Service - A Way to Optimization”, International Astronautical Congress, Prague, Czech Republic, 1799-1806, 2010.
- [33] NENNI, M. E., & GIUSTINIANO, L. “Increasing Integration Across The Supply Chain Through an Approach to Match Performance and Risk”, American Journal of Applied Sciences, 10(9), 1009-1017, 2013.
- [34] KYUNG, B., SIKKIM Y., “An Air Force Logistics Management Index For Effective Aircraft Operation”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 44(6), 1188-1204, 2008.
- [35] ERKOYUNCU, J. A., & KHAN, S. & EIROA, A, & BUTLER, N. & RUSHTON, K. & BROCKLEBANK, S.,” Perspectives On Trading Cost And Availability For Corrective Maintenance At The Equipment Type Level”, Reliability Engineering and System Safety, 168(C), 53-69, 2017.
- [36] SCHRAGE, D.P., & MEYER, S.A., “Logistics Supportability Considerations During Conceptual and Preliminary Design”. Vertiflite, 32(2), 48-51, 1986.
- [37] TEKIN, E., “A Method for Traceability and "As-built Product Structure" in Aerospace Industry”, Procedia, Vol. 17, 351-355, 2014.
- [38] GONZALEZ, M. A., CHEN, J. G., & OSWALD, R., “An Integrated Logistics Support System for Training Crew Medical Officers in Advanced Cardiac Life Support Management”, Computer Methods and Programs in Biomedicine, 59(2), 115-129, 1999.
- [39] HASHEMKHANI ZOLFANI, S., AGHDAIE, M. H., DERAKHTI, A., ZAVADSKAS, E. K., & MORSHED VARZANDEH, M. H., “Decision making on business issues with foresight perspective; An application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating”, Expert Systems with Applications, 40(17), 7111–7121, 2013.
- [40] TUŞ IŞIK, A., & ADALI, E., “A new integrated decision making approach based on SWARA and OCRA methods for the hotel selection problem”, International Journal of Advanced Operations Management, 8(2), 140–151, 2016.
- [41] LAHDELMA, R., & SALMINEN, P., “SMAA-2: Stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making”, Operations Research, 49(3), 444–454, 2001.
- [42] OKUL, D., GENCER, C E., AYDOGAN K., “A Method Based on SMAA-Topsis for Stochastic Multi-criteria decision making and a Real-World Application”, International Journal of Information Technology & Decision Making. 13, 957–978, 2014.
- [43] TERVONEN, T., “JSMMA: Open source software for SMAA computations”, International Journal of Systems Science, 45(1), 69–81, 2014.