



A new plugin based on JSMAA: SWARA-JSMAA and aerobatic aircraft selection

Korel İnanç Durmaz^{*1}, Cevriye Gencer²

¹Department of Management Information Systems, Gazi University, Ankara, 06790, Turkey

²Department of Industrial Engineering, Gazi University, Ankara, 06570, Turkey

Highlights:

- JSMAA based software development
- Step-wise weight assessment ratio analysis in stochastic multi-criteria decision making
- Acceptability factor value increase

Keywords:

- JSMAA
- Stochastic multicriteria acceptability analysis
- Step-wise weight assessment ratio analysis
- aircraft selection

Graphical/Tabular Abstract

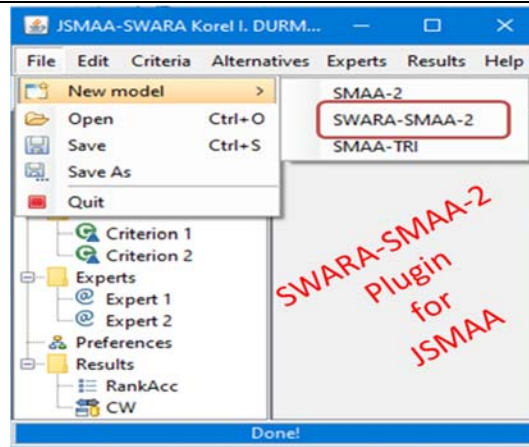


Figure A. Model selection tab

Article Info:

Research Article
Received: 31.10.2018
Accepted: 03.02.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.476610

Correspondence:

Author:Korel İnanç Durmaz
e-mail:
kidurmaz@gmail.com
phone: +90 312 298 6902

Purpose: The aim of the study is to reduce the impact of ambiguous and uncertain data by integrating the SMAA method with the importance of the evaluations of the experts in the decision-making area, to design an independent decision-making process and to present it to the use of a package program.

Theory and Methods: In the many decision problems in the literature, decision-makers do not want to express their opinions because of their lack of knowledge or lack of information about the problem. In such problems, SMAA-2 is a method developed to select the best among the alternatives by ordering alternatives. However, besides the missing information of the decision makers, it is possible to specify the weight values of the criteria within the scope of their specialization areas. Such situations increase the accuracy of the solution. Since the SWARA method allows decision-makers or field experts to express their views on the severity of criteria in the process of determining the criteria weight, a new method has been proposed in this study by combining SWARA and SMAA-2 methods. The proposed method is applied to the aerobatic aircraft selection process of the Turkish Air Force Command, which is a real life problem.

Results: In the SWARA-SMAA-2 method by integrating the evaluations of field experts into stochastic processes with a JSMAA program can be achieved better results according to SMAA method.

Conclusion: SWARA-SMAA-2 method is more simple and applicable than other stochastic or integrated methods when applied to the problem types where the criteria are independent of each other. In this context, it is considered that the application of the proposed method to the real life problems via packet program will benefit the decision makers.



JSMAA tabanlı yeni bir eklenti: SWARA-JSMAA ve akrobasi uçağı seçimi

Korel İnanç Durmaz*¹, Cevriye Gencer²

¹Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı, 06790, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- JSMAA tabanlı yazılım geliştirme
- Stokastik çok kriterli karar verme yönteminde aşamalı ağırlık değerlendirme oran analizi
- Kabul edilebilirlik indis artışı

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 31.10.2018

Kabul: 03.02.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.476610

Anahtar Kelimeler:

JSMAA,
stokastik çok kriterli kabul
edilebilirlik analizi,
aşamalı ağırlık
değerlendirme oran analizi,
uçak seçimi

ÖZET

Karar vericiler tarafından en iyi seçeneğin belirlenmesi oldukça zor bir süreçtir. Genellikle farklı disiplinlerde bulunan karar vericiler, farklı disiplinlere ait tercihlerini karar grubunu etkilememek amacı ile veya alan uzmanı olmadıkları için seçim konusunda değerlendirme yapmak istemezler. Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA), seçim kriterlerine yönelik bilginin eksik olduğu, bilgiye ait kesin bir yargıya varılmadığı, kritere ait bilgilere güvenilemediği veya tercihlerin belli edilmek istenmediği durumlarda tercih edilen çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerindedir. Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (SWARA) metodu ise, kriterlerin ağırlık oranlarının değerlendirilmesi yöntemine dayanan, karar vericilerin değerlendirme konusunda mutabık olmadıkları durumda kullanılabilen son dönemde yaygınlaşmış ve bilinen ÇKKV metotlarına göre basit ve hızlı süreçleri içeren bir metod olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, SWARA metodunun ağırlık hesaplamasına yönelik bir yazılım gerçekleştirilmiş ve ilgili yazılım JSMAA programına entegre edilerek SWARA-SMAA-2 metodu önerilmiştir. Önerilen yöntem, öncelikle literatürdeki ilaç fayda risk analizi problemine uygulanmış, elde edilen sonuçlar bu probleme yönelik yapılan diğer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmelerin sonucu SWARA-SMAA-2 metodunun güvenilir ve tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür. Uygulama kısmında ise geliştirilen JSMAA programı vasıtası ile Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı için akrobasi uçağı seçimi SMAA-2 ve SWARA-SMAA-2 yöntemleri kullanılarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

A new plugin based on JSMAA: SWARA-JSMAA and aerobatic aircraft selection

H I G H L I G H T S

- JSMAA based software development
- Step-wise weight assessment ratio analysis in stochastic multi-criteria decision making
- Acceptability factor value increase

Article Info

Research Article

Received: 31.10.2018

Accepted: 03.02.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.476610

Keywords:

JSMAA,
stochastic multicriteria
acceptability analysis,
step-wise weight assessment
ratio analysis,
aircraft selection

ABSTRACT

Determining the best option by decision makers is a very difficult process. Generally, decision-makers in different disciplines do not want to evaluate their choices for different disciplines so as not to influence the decision group or because they are not field experts. Stochastic Multi-Criteria Acceptability Analysis (SMAA) is one of the preferred multi-criteria decision-making (MCDM) methods, where information on the selection criteria is incomplete, information cannot be determined, information on the criterion cannot be trusted or preferences are not desired. Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) method, which is based on the method of evaluating the weight ratio of criteria, can be used in the case that decision makers do not agree on the evaluation, and it is seen as a method that includes simple and rapid processes according to known MCDM methods. In this study, a software for weight calculation of the SWARA method was performed and the related software was integrated into the JSMAA program and the SWARA-SMAA-2 method was proposed. The proposed method was first applied to the problem of drug benefit risk analysis in the literature and the results obtained were compared with other studies for this problem. As a result of the evaluations, it was seen that SWARA-SMAA-2 method gave reliable and consistent results. In the application part, the aerobatic aircraft selection was made by SMAA-2 and SWARA-SMAA-2 methods for the Turkish Air Force Command through the developed JSMAA program and the results were compared.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: korelinanc.durmaz@gazi.edu.tr, ctemel@gazi.edu.tr / Tel: +90 312 298 6902

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

En iyi seçeneğin belirlenmesi karar vericiler tarafında oldukça zor bir süreçtir. Bu sürecin zorluğunun nedeni ise tüm kriterlerin aynı anda farklı etkilerinin bulunması ve bunun karar vericiler tarafından aynı anda değerlendirilerek zorunda oluşudur [1]. Bu sebepten dolayı, bu tip problemlerin çözümünde ÇKKV yöntemleri tercih edilmektedir. ÇKKV yöntemleri, farklı alternatiflerin arasında sıralanması, sınıflandırılması veya öncelikli olanın seçilmesi vasıtasıyla en iyi alternatifin belirlenmesi olarak açıklanabilmektedir [2,3].

Problemin çözüm yöntemine veya eldeki verilerin durumuna göre ÇKKV yöntemleri deterministik, bulanık ve stokastik karar verme yöntemleri olarak üç'e ayrılmaktadır [4, 5]. Literatürde bulunan uçak seçimine yönelik çalışmalar incelendiğinde, deterministik karar verme yöntemlerinden AHP (Analytic Hierarchy Process) çalışmalarının [6-8], ESM (Even Swaps Method) çalışmalarının [8, 9], TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) çalışmalarının [10-12], ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality) çalışmalarının [12] ve SAW (Simple Additive Weighting) çalışmalarının [12] ve yapıldığı görülmektedir. Ayrıca literatürde bulanık karar verme yöntemlerinden bulanık AHP çalışmalarına [13-15], bulanık TOPSIS çalışmalarına [10, 13] ve bulanık ANP (Analytic Network Process) [9, 15] çalışmalarına rastlanmaktadır. Ancak, literatürde uçak seçimi probleminde stokastik karar verme yöntemlerinin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bazı durumlarda karar vericiler görüşlerinin açığa çıkmasını 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 [16]. Farklı stokastik ÇKKV problem tiplerini çözmek için sıralama, seçme ve sınıflandırma metotları kullanılmaktadır [17]. 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 [18]. 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 dayanarak geliştirilmiştir. SMAA-3, SMAA fayda fonksiyonunun yerine ELECTRE-tip fayda fonksiyonunun kullanılması ile geliştirilmiş bir metottur [19]. SMAA-TRI diğer SMAA metotlarından farklı olarak sınıflandırma

esasına dayanır ve kategori kabul edilebilirlik indisi esas alınmaktadır [20]. Ref-SMAA, merkezi referans noktası ve referans kabul edilebilirlik indisini esas alarak tercihlerin sıralandırılmasına dayanmaktadır [21].

Ancak bu yöntemlerin el ile uygulanması oldukça zordur. SMAA metodunun uygulanması çoğunlukla araştırmacılar tarafından JSMAA adı verilen java tabanlı açık kaynak bir yazılım vasıtası ile gerçekleştirilmektedir [23].

Ağırlıkların belirlenmede literatürde birçok metot bulunmaktadır. Kriterlerin nesnel, öznel ve bütünlük ağırlıkları vardır. ÇKKV yöntemlerinde sadece iyi kurulmuş ağırlıklandırma faktörleri kullanılmalıdır. Çünkü ağırlık faktörleri doğrudan kararı etkilemektedir [23, 24].

SWARA, karar vericilere alınacak kararlarda kendi önceliklerini seçmelerini sağlayan bir ağırlıklandırma yöntemi olarak ortaya çıkmıştır [25]. 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 [26].

Yapılan çalışmada Bölüm 2'de SWARA ve SMAA-2 metotları özetlenmiş, Bölüm 3'te önerilen yöntem (SWARA-SMAA) ve yazılımda gerçekleştirilen yenilikler sunulmuştur. Bu bölümleri takiben Bölüm 4'te literatürdeki ilaç fayda risk analizi probleminde önerilen yöntem uygulanmış ve literatürde aynı probleme uygulanan SMAA, SMAA-GIA ve SMAA-DEMATEL-GIA metotları ile ulaşılan sonuçlar karşılaştırılmıştır [27, 28].

Ayrıca ilgili yöntem bir gerçek hayat problemi olan Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın akrobasi uçağı seçimi sürecine uygulanmıştır. Beşinci bölümde önerilen metodun akrobasi uçağı seçimi sürecine uygulanması sonucu elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

İlgili çalışmada kullanılan yapılan değerlendirmeler ve ulaşılan sonuçlar Türk Silahlı Kuvvetlerinin kurumsal görüşlerini içermemektedir.

2. YÖNTEMLER (METHODS)

2.1. SWARA Yöntemi (SWARA Method)

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 [29].

SWARA yöntemi, kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde karar vericilerin veya alan uzmanlarının kriterlerin önem derecesine ilişkin görüşlerini tahmin etme olasılığına dayanmaktadır [25].

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 [30].

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 Eş. 1’de gösterilmiştir.

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

Adım 2: Her bir kriterin göreceli önem düzeyinin (s_j) belirlenmesi Eş. 2’de gösterilmiştir (Bunun için, j kriteri ile bir sonraki kriter ($j+1$) karşılaştırılması) [25].

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

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

Adım 4: Her bir kriter için katsayı değerinin hesaplanması Eş. 3’de gösterilmiştir.

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

Adım 5: Her bir kriter için düzeltilmiş ağırlıkların hesaplanması Eş. 4’de gösterilmiştir ($S_j^1 = 1$, 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 Eş. 5’de gösterilmiştir.

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

Adım 7: Kriter öneminin belirlenmesi Eş. 6’da gösterilmiştir.

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

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

2.2. SMAA-2 Yöntemi (SMAA-2 Method)

SMAA-2 yöntemi alternatiflerin sıralanması vasıtası ile alternatifler arasında en iyisinin seçimini yapmak üzere geliştirilmiş bir metottur [31]. SMAA-2 yöntemi, en iyi alternatifin belirlenmesinin sağlanması 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 indisidir [31].

SMAA-2 metodunda her alternatifin sıralama fonksiyonu Eş. 7’de gösterilmiştir (en iyi (=1) en kötü (=m)) [32] :

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

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 almakta olup, Eş. 8’de gösterilmiştir [32].

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

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 hesaplanmakta olup, Eş. 9’da gösterilmiştir [32].

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

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 meta ağırlıklar ile birleştirilmesi ile elde edilmekte olup, Eş. 10’da gösterilmiştir.

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

a^r olarak ifade edilen meta ağırlıkları seçmenin birçok yolu bulunmaktadır [31]. Meta ağırlıklar normalize edilmiş olmalı, negatif olmamalı ve sıra değerinin artışı ile artmamalıdır.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM VE JSMAA YAZILIMDAKİ YENİLİKLER: SWARA-SMAA-2 (PROPOSED METHOD AND WHAT'S NEW IN JSMAA SOFTWARE: SWARA-SMAA-2)

3.1. SWARA-Smaa-2 Yöntemi (SWARA-SMAA-2 Method)

Literatürde bulunan birçok karar probleminde karar vericiler, görüşlerinin açığa çıkmasını ya da probleme ait eksik bilgileri bulduğundan dolayı 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 Eş. 11'de gösterilmiştir.

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

Adım 3: Her bir kriterin görece önem düzeyinin (s_j) belirlenmesi Eş. 12'de gösterilmiştir (Bunun için, j kriteri ile bir sonraki kriter ($j+1$) karşılaştırılması) [25].

$$s_j = \frac{\sum_{k=p_j^k}^l}{l} \quad (12)$$

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

Adım 5: Her bir kriter için katsayı değerinin hesaplanması Eş. 13'de gösterilmiştir.

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

Adım 6: Her bir kriter için düzeltilmiş ağırlıkların hesaplanması Eş. 14'de gösterilmiştir ($S_j^1 = 1$, 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 Eş. 15'de gösterilmiştir.

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

Adım 8: Kriter öneminin belirlenmesi Eş. 16'da gösterilmiştir.

$$q_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \quad (16)$$

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

Adım 10: Her alternatifin sıralama fonksiyonu tanımlanması Eş. 17'de gösterilmiştir.

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

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 Eş. 18'de gösterilmiştir.

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

Adım 12: Sıra kabul edilebilirlik indisinin hesaplanması Eş. 19'da gösterilmiştir.

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

Adım 13: Tümüleşik kabul edilebilirlik indisinin hesaplanması Eş. 20'de gösterilmiştir.

$$a_i^h = \sum_r a^r b_i^r \quad (20)$$

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

3.2. JSMAA Yazılımındaki Yenilikler (What's New in JSMAA Software)

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 [22]. 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.

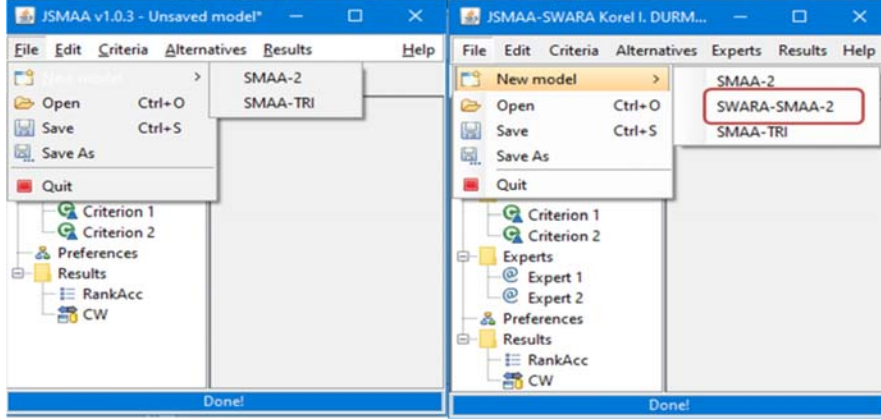
JSMAA programında yapılan ilk değişiklik kullanıcıların, kullanılacak modeli seçebilmesine yönelik olarak SWARA-SMAA-2 sekmesinin eklenmesidir. İlgili sekme Şekil 1'de sunulmuştur. Bu sayede kullanıcı kullanmak istediği modeli rahatlıkla seçebilecektir.

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.

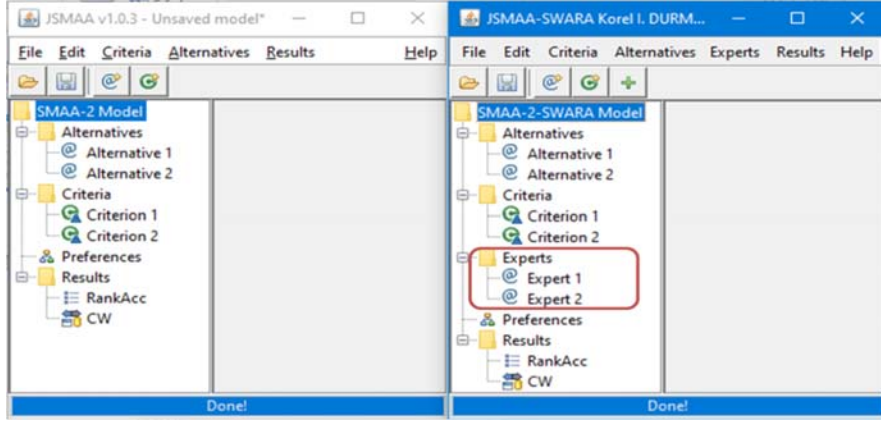
Birincisi, "Rank" alan uzmanı tarafından ilgili kriterin kaçınıcı sırada değerlendirildiği, ikincisi "Value" alan uzmanının ilgili kritere verdiği sıralı önem değeri ve son olarak üçüncüsü ilgili kriter konusunda alan uzmanının diğer alan uzmanlarına göre ağırlığının girilmesi beklenmektedir. SMAA-2 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.

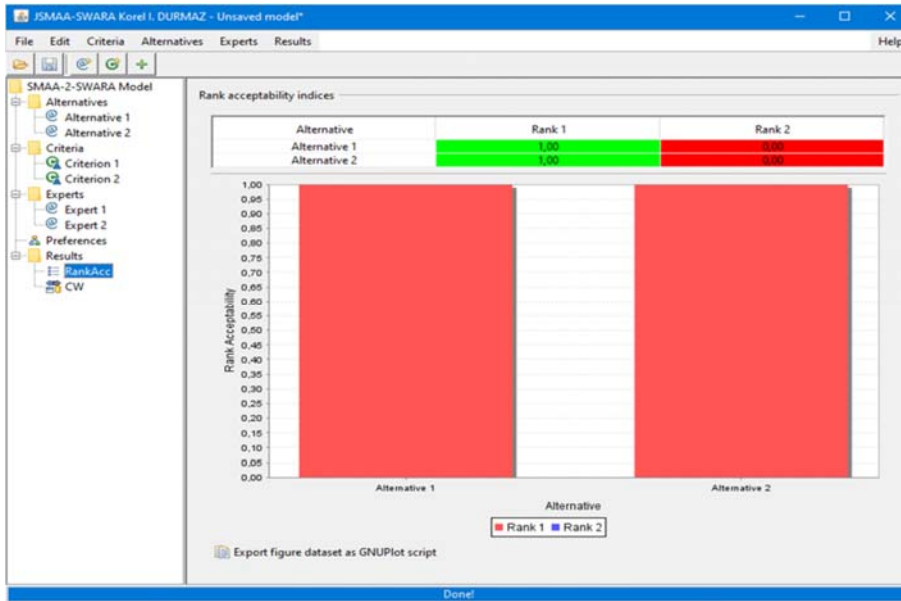
İkincisi ise merkezi ağırlık vektörleri olup ekran görüntüsü Şekil 4’te sunulmuştur. Bu iki sonuca göre alternatiflerin sıralandırılması değerlendirilmektedir.



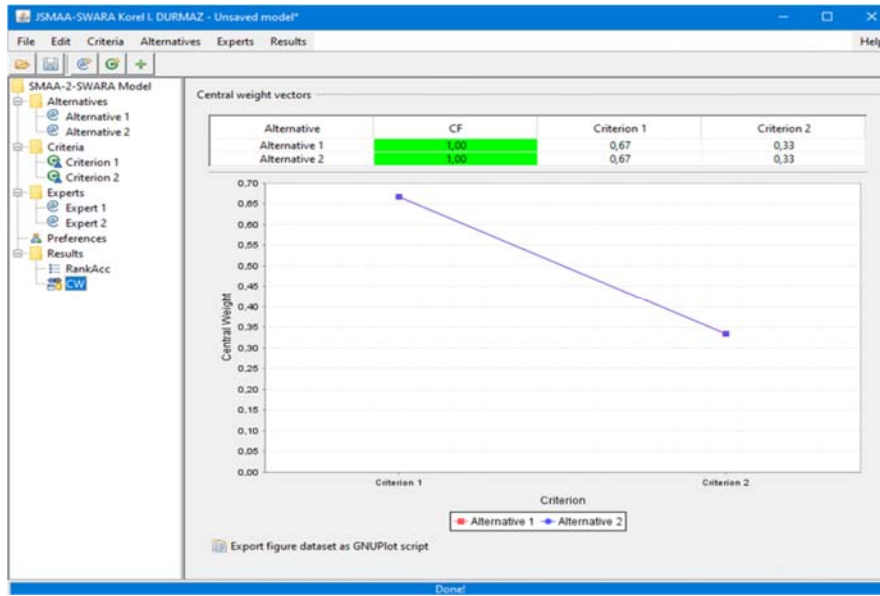
Şekil 1. Model seçim sekmesi (Model selection tab)



Şekil 2. Uzman değerlendirmesi (Expert assessment)



Şekil 3. Sıra kabul edilebilirlik indeksleri sayfası (Rank acceptability indices page)



Şekil 4. Merkezi ağırlık vektörleri sayfası (Central weight vectors page)

Tablo 1. Kriter ölçekleri (Değerler ortalama ve standart sapma şeklindedir)
(Criteria measurements (The values are given as mean and standard deviation))

İlaç	Ln(Etki/yarar)	İshal	Baş Dönmesi	Baş Ağrısı	Uykusuzluk	Mide Bulantısı
Fluoxetine	0 ± 0	11,7 ± 2,50	7,2 ± 1,45	16,6 ± 3,27	13,7 ± 1,89	18,6 ± 1,79
Paroxetine	0,086 ± 0,056	9,20 ± 1,86	10,6 ± 1,58	21,2 ± 5,15	14,3 ± 2,93	18,3 ± 3,70
Setraline	0,095 ± 0,044	15,4 ± 2,65	7,50 ± 1,48	20,2 ± 3,78	15,0 ± 3,21	19,5 ± 2,60
Venlafaxine	0,113 ± 0,048	5,50 ± 2,32	15,7 ± 4,44	12,8 ± 2,45	11,2 ± 3,98	31,0 ± 1,68

4. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI (COMPARING THE METHODS)

SMAA-2, SMAA-GİA, SMAA-DEMATEL-GİA ve SWARA-SMAA-2 yöntemleri bir literatür problemi olan ilaç fayda risk analiz değerlendirmesine uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Öncelikli olarak ilgili probleme yönelik veriler Tablo 1.'de sunulmuştur [27].

Ayrıca üç farklı alan uzmanı ile yapılan görüşmeler sonucunda kriter ağırlıkları elde edilmiş olup Tablo 2.'de sunulmuştur. Her uzmanın değerlendirmesinin eşit öneme sahip olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 2. Alan uzmanı değerlendirmeleri (Field expert reviews)

	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3
Ln(Etki/yarar)	1	1	1
İshal	0,7	0,7	0,7
Uykusuzluk	0,5	0,6	0,5
Baş Ağrısı	0,8	0,8	0,7
Baş Dönmesi	0,7	0,7	0,8
Mide Bulantısı	0,7	0,6	0,6

SMAA-2 uygulamasının sonuçları java platformunda yaratılmış olan açık kaynak kodlu bir program olan JSMAA

1.0.3 ile yeniden çözülmüştür [22]. Ulaşılan sonuçların aynı olduğu görülmüştür.

SMAA-GİA, SMAA-DEMATEL-GİA yönteminin sonuçları E.K.Aydoğan ve M.Özmen'nin 2015 yılında yapmış olduğu çalışmalardan alınmıştır [28].

SWARA-SMAA-2 yöntemi için, geliştirilen yazılıma alan uzmanlarının değerlendirmeleri eklenerek problem yeniden çözülmüştür. Tablo 3.'te tüm yöntemlere ait sıra kabul edilebilirlik indisleri tablosu sunulmuştur.

Uygulanan dört yöntemin sıra kabul edilebilirlik indisleri incelendiğinde, uygulanan bütün yöntemler sonucunda birinci sırada Venlafaxine olduğu görülmektedir. İkinci sırada SMAA ve SWARA-SMAA-2 yöntemleri sonucunda Paroxetine olurken, SMAA-GİA yöntemi sonucunda Fluoxetine olduğu, SMAA-DEMATEL-GİA yöntemi sonucunda ise net bir karar verilemediği; üçüncü sırada SMAA ve SMAA-DEMATEL-GİA yöntemleri sonucunda net bir karar verilemezken, SMAA-GİA yöntemi sonucunda Paroxetine olduğu, SWARA-SMAA-2 yöntemi sonucunda ise Sertraline olduğu ve dördüncü sırada SMAA yöntemi sonucunda net bir karar verilemezken, SMAA-GİA ve SMAA-DEMATEL-GİA yöntemleri sonucunda Setraline

olurken, SWARA-SMAA-2 yöntemi sonucunda Fluoxetine olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Sıra kabul edilebilirlik indisleri (Rank acceptability indices)

SMAA				
İlaç	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3	Sıra 4
Fluoxetine	0,20	0,28	0,30	0,22
Paroxetine	0,25	<u>0,29</u>	0,27	0,19
Sertraline	0,17	0,25	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>
Venlafaxine	<u>0,38</u>	0,18	0,14	0,30
SMAA-GİA				
İlaç	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3	Sıra 4
Fluoxetine	0,19	<u>0,28</u>	0,28	0,22
Paroxetine	0,16	0,25	<u>0,29</u>	0,28
Sertraline	0,15	0,25	0,27	<u>0,31</u>
Venlafaxine	<u>0,48</u>	0,20	0,14	0,17
SMAA-DEMATEL-GİA				
İlaç	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3	Sıra 4
Fluoxetine	0,19	<u>0,29</u>	<u>0,28</u>	0,21
Paroxetine	0,17	0,25	0,28	0,28
Sertraline	0,16	0,23	0,28	<u>0,32</u>
Venlafaxine	<u>0,47</u>	0,20	0,14	0,17
SWARA-SMAA-2				
İlaç	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3	Sıra 4
Fluoxetine	0,00	0,01	0,21	<u>0,76</u>
Paroxetine	0,18	<u>0,48</u>	0,24	0,08
Sertraline	0,05	0,29	<u>0,49</u>	0,15
Venlafaxine	<u>0,75</u>	0,19	0,04	0,00

Tablo 4. Güvenilirlik faktörleri ve merkezi ağırlık vektörleri tablosu aşağıda sunulmuş olup, SMAA yöntemi için Venlafaxine'nin güvenilirlik faktörü 0,74 iken, SWARA - SMAA-2 için bu değer 0,76'ya yükseldiği; SMAA-GİA, SMAA-DEMATEL-GİA ile karşılaştırıldığında ise bu değer diğer yöntemlere göre biraz daha düşük olduğu gözükmektedir. Ancak her ne kadar SMAA-SWARA-2 yönteminin güvenilirlik faktörü SMAA-GİA, SMAA-DEMATEL-GİA yöntemlerine göre biraz daha düşük olsa da Fluoxetine'nin Ln(Etki/yarar) etkisinin 0 ± 0 olmasından dolayı son sıraya gelmesi gerektiği ve ilgili ilacın sadece plasebo etkisi yaratması amacı ile kullanılabilmesi alan uzmanları tarafından değerlendirilmiştir. Tablo 5'de SWARA-SMAA-2 sonuçları ve diğer yöntemlerin karşılaştırması sunulmuş olup, alan uzmanlarının da görüşü alındığında sıralamanın Venlafaxine > Paroxetine > Sertraline > Fluoxetine şeklinde olması gerektiği değerlendirilmiştir.

5. UYGULAMA (APPLICATION)

5.1. Problemin Tanımı (Definition of the Problem)

Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın elinde bulunan ve gösteri amacı ile kullanılan NF-5/2000 uçaklarının (Türk Yıldızları) idame/işletme açısından ekonomikliğini kaybettiği ve gövde ömrünün sonlarına yaklaştığından dolayı NF-5/2000 uçaklarının yerine aynı görevi icra edebilecek akrobasi uçağının seçiminin yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda kriterleri belirlemek amacı ile Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nda görev yapan ve daha

Tablo 4. Güvenilirlik faktörleri ve merkezi ağırlık vektörleri (Central weight vectors and confidence factors)

SMAA							
İlaç	Güvenirlilik Faktörü	Ln (Etki/yarar)	İshal Baş	Dönmesi Baş	Baş Ağırsı	Uykusuzluk	Mide Bulantısı
Fluoxetine	0,49	0,08	0,14	0,24	0,18	0,15	0,21
Paroxetine	0,43	0,18	0,17	0,15	0,13	0,15	0,22
Sertraline	0,35	0,21	0,09	0,22	0,13	0,15	0,20
Venlafaxine	0,74	0,19	0,21	0,12	0,21	0,18	0,09
SMAA-GİA							
İlaç	Güvenirlilik Faktörü	Ln (Etki/yarar)	İshal Baş	Dönmesi Baş	Baş Ağırsı	Uykusuzluk	Mide Bulantısı
Fluoxetine	0,43	0,10	0,12	0,25	0,16	0,16	0,22
Paroxetine	0,26	0,19	0,15	0,14	0,12	0,15	0,24
Sertraline	0,29	0,20	0,10	0,24	0,12	0,15	0,19
Venlafaxine	0,80	0,18	0,21	0,12	0,20	0,18	0,11
SMAA-DEMATEL-GİA							
İlaç	Güvenirlilik Faktörü	Ln (Etki/yarar)	İshal Baş	Dönmesi Baş	Baş Ağırsı	Uykusuzluk	Mide Bulantısı
Fluoxetine	0,43	0,10	0,13	0,25	0,17	0,16	0,22
Paroxetine	0,27	0,20	0,16	0,14	0,12	0,16	0,25
Sertraline	0,30	0,20	0,11	0,24	0,13	0,15	0,20
Venlafaxine	0,81	0,18	0,21	0,12	0,20	0,19	0,12
SWARA-SMAA-2							
İlaç	Güvenirlilik Faktörü	Ln (Etki/yarar)	İshal Baş	Dönmesi Baş	Baş Ağırsı	Uykusuzluk	Mide Bulantısı
Fluoxetine	0,00	0,42	0,25	0,05	0,09	0,16	0,03
Paroxetine	0,18	0,42	0,25	0,05	0,09	0,16	0,03
Sertraline	0,05	0,42	0,25	0,05	0,09	0,16	0,03
Venlafaxine	0,76	0,42	0,25	0,05	0,09	0,16	0,03

önce benzer uçak tipleri ile çalışmış, en az on yıllık pilot, uçak bakım ve ikmal sınıfı personelle görüşmeler yapılmış ve yapılan değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki kriterler belirlenmiştir:

Kriter 1: Uçak performansı (Seçilecek uçağın performansının akrobasiye uygunluğunun değerlendirildiği kriterdir),

Kriter 2: Uluslararası prestij (İlgili uçağın uluslar arası arenada tanınırlığının veya etkileyciliğinin değerlendirildiği kriterdir),

Kriter 3: Pilot adaptasyonu (İlgili uçağı kullanacak pilotun uçağı alıştırma süresinin ve kolaylığının değerlendirildiği kriterdir),

Kriter 4: Lojistik performans (İlgili uçağın idame/işletme açısından desteklenebilir olup olmadığının değerlendirildiği kriterdir),

Kriter 5: Ekonomiklik (İlgili uçağın tedarik ve idame/işletme açısında ekonomik olup olmadığının değerlendirildiği kriterdir).

Alan uzmanları ile yapılan değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki alternatifler belirlenmiştir:

Alternatif 1: Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın elinde bulunan ve eğitim amaçlı kullanılan pervaneli KT-1T uçağı,

Alternatif 2: Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın envanterine girecek ve eğitim amaçlı kullanılacak pervaneli HÜRKUŞ-B uçağı,

Alternatif 3: Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın elinde bulunan ve muharebe amaçlı kullanılan Jet Motorlu F-16 uçağı,

Alternatif 4: Muharebe ve eğitim amaçlı kullanılabilen Jet Motorlu T-50 uçağı (Kore imali),

Alternatif 5: Muharebe ve eğitim amaçlı kullanılabilen Jet Motorlu JF-17 uçağı (Pakistan imali), Kriterlere ilişkin alternatifler bazında değerlendirmeler ilgili alan uzmanları tarafından oy birliği ile Tablo 6'da sunulmuştur. Alan uzmanları tarafından kriterlerin sıralanması ve bir üst sıradaki kritere göre değerlendirilmesi istenmiş olup, alan uzmanlarının değerlendirmeleri Tablo 7.'de sunulmuştur.

Tablo 5. SWARA-SMAA-2 sonuçları ve diğer yöntemlerin karşılaştırması
(Results of SWARA-SMAA-2 and compare of other methods)

SIRALAMA	SMAA	SMAA-GİA	SMAA-DEMATEL-GİA	SWARA-SMAA-2
Fluoxetine	3	2	2 veya 3	4
Paroxetine	2	3		2
Sertraline		4	4	3
Venlafaxine	1 veya 4	1	1	1

Tablo 6. Kriter ölçekleri (Değerler ortalama ve standart sapma şeklindedir)
(Criteria measurements (The values are given as mean and standard deviation))

Alternatif	Uçak Performansı	Uluslararası Prestij	Pilot Adaptasyonu	Lojistik Performans	Ekonomiklik
KT-1T	5,0 ± 1,5	6,2 ± 1,5	8,1 ± 0,5	7,1 ± 1,2	7,2 ± 1,4
HÜRKUŞ-B	6,0 ± 1,5	7,3 ± 1,6	8,1 ± 1,6	8,9 ± 0,8	9,3 ± 0,4
F-16	8,5 ± 1,5	8,2 ± 0,8	8,1 ± 0,4	9,1 ± 0,4	8,9 ± 0,9
T-50	7,2 ± 0,8	7,1 ± 1,3	6,2 ± 1,8	5,2 ± 1,9	5,4 ± 0,3
JF-17	6,8 ± 0,8	7,0 ± 1,6	5,2 ± 1,9	8,3 ± 0,5	8,1 ± 0,7

Tablo 7. Alan uzmanı değerlendirmeleri (Field expert reviews)

Alan Uzmanı (1)	Alan Uzmanı (2)	Alan Uzmanı (3)	
Uçak Performansı	1,0 Lojistik Performans	1,0 Uluslararası Prestij	1,0
Pilot Adaptasyonu	0,9 Ekonomiklik	0,9 Ekonomiklik	0,9
Uluslararası Prestij	0,8 Uçak Performansı	0,8 Uçak Performansı	0,8
Lojistik Performans	0,7 Uluslararası Prestij	0,7 Lojistik Performans	0,6
Ekonomiklik	0,9 Pilot Adaptasyonu	0,8 Pilot Adaptasyonu	0,9

5.2. Problemin Çözümü (Solution of the Problem)

İlgili problem öncelikle, SMAA-2 yöntemi ile kriter ağırlıkları kullanılmadan JSMAA 1.0.3 programı ile çözülmüştür.

SMAA-2 yönteminin çözümüne yönelik alan uzmanlarının görüşleri kullanılmayacağından, Programda bulunan "Preference" değeri "Missing" seçilmiştir. Çalışmada kullanılan kriterler fayda fonksiyonu içerdiğinden kriterler için "Ascending" ifadesi kullanılmıştır. İlgili problem ikincil olarak SWARA-SMAA-2 metodu ile alan uzmanlarına ait kriter ağırlıkları kullanılarak çözüm gerçekleştirilmiştir. SWARA metoduna yönelik oluşturulan çözüm tablosu Tablo 8.'de sunulmuştur.

Tablo 8. SWARA alan uzmanı değerlendirmeleri (SWARA field expert reviews)

Alan Uzmanı (1)				
Kriter	Değerlendirme	k_j	q_j	w_j
Uçak Performansı	1,00		----	1,00 0,48
Pilot Adaptasyonu	0,90	1,90		0,53 0,25
Uluslararası Prestij	0,80	1,80		0,29 0,14
Lojistik Performans	0,70	1,70		0,17 0,08
Ekonomiklik	0,90	1,90		0,09 0,04
Alan Uzmanı (2)				
Kriter	Değerlendirme	k_j	q_j	w_j
Lojistik Performans	1,00		----	1,00 0,48
Ekonomiklik	0,90	1,90		0,53 0,25
Uçak Performansı	0,80	1,80		0,29 0,14
Uluslararası Prestij	0,70	1,70		0,17 0,08
Pilot Adaptasyonu	0,80	1,80		0,10 0,05
Alan Uzmanı (3)				
Kriter	Değerlendirme	k_j	q_j	w_j
Uluslararası Prestij	1,00		----	1,00 0,48
Ekonomiklik	0,90	1,90		0,53 0,25
Uçak Performansı	0,80	1,80		0,29 0,14
Lojistik Performans	0,60	1,60		0,18 0,09
Pilot Adaptasyonu	0,90	1,90		0,10 0,05

SWARA metodunun uygulanması sonucu elde edilen kriterlerin sıralamasına Tablo 9.'da sunulmuştur.

Tablo 9. SWARA sonuç tablosu (SWARA result table)

Kriter	Kriter Ağırlığı
Uçak Performansı	0,254
Uluslararası Prestij	0,231
Lojistik Performans	0,222
Ekonomiklik	0,183
Pilot Adaptasyonu	0,110

SWARA-SMAA-2 yönteminin kullanılması amacı ile yeni geliştirilen yazılım kullanılmış olup, SMAA-2 ve SWARA-SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralamaların aynı (F-16 > HÜRKUŞ-B > JF-17 > KT-1T > T-50) olduğu görülmüştür. Sıralamalara ait kabul edilebilirlik indisleri ise Tablo 10.'da sunulmuştur.

Tablo 10. SMAA-2 ve SWARA-SMAA-2 sıra kabul edilebilirlik indis tablosu

(SMAA-2 and SWARA-SMAA-2 rank acceptability indices table)

Sıra Nu.	Alternatif	Kabul Edilebilirlik İndisi	
		SMAA-2	SWARA-SMAA-2
1	F-16	%68	%83
2	HÜRKUŞ-B	%47	%60
3	JF-17	%45	%57
4	KT-1T	%41	%46
5	T-50	%59	%61

SMAA-2 yöntemine göre F-16 uçağı %68 olasılıkla akrobasi uçağı olarak tercih edilirken, SWARA-SMAA-2 yöntemine göre %83 olasılıkla tercih edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Diğer sıralama olasılıkları da incelendiğinde SWARA-SMAA-2 metodunun SMAA-2 ye göre daha net sonuçlar verdiği görülmektedir.

Güvenirlilik faktörü, alternatiflerin ayırt edilmesinde kullanılan ölçümlerinin yeterince doğru olup olmadığını göstermektedir. İki yönteme ait elde edilen sıralamaların güvenirlilik faktörü değerleri Tablo 11.'de sunulmuştur.

Tablo 11. SMAA-2 ve SWARA-SMAA-2 güvenirlilik faktörü tablosu

(SMAA-2 and SWARA-SMAA-2 confidence factor table)

Sıra Nu.	Alternatif	Güvenirlilik Faktörü	
		SMAA-2	SWARA-SMAA-2
1	F-16	0,81	0,83
2	HÜRKUŞ-B	0,26	0,16
3	JF-17	0,02	0,02
4	KT-1T	0,00	0,00
5	T-50	0,01	1,00

Hava Kuvvetleri Komutanlığı tarafından akrobasi uçağı olarak tercih edilmesi önerilen F-16 uçağının güvenirlilik faktörü değeri SMAA-2 yöntemi ile %81 bulunmuşken, SWARA-SMAA-2 yöntemi ile bir miktar daha iyileşme sağlanarak %83 bulunmuştur. Ayrıca 5'inci sırada tercih edilmesi önerilen T-50 uçağının ise güvenirlilik faktörü %100 çıkmıştır. Bu durum da T-50 uçağının son sırada tercih edilmesi gerektiğini açıkça önümüze koymaktadır. T-50 uçağının beşinci sıradaki güvenirlilik faktöründeki artışın sebebi özellikle uygulanan yeni yöntem (SWARA) ile T-50 uçağına ait lojistik performans kriterinin ve ekonomiklik kriterinin alan uzmanları tarafından çok düşük değerlendirilmesi ve bu durumun seçim sürecine olan etkisi olduğu değerlendirilmektedir.

Kullanılan her iki yöntemin de sonuçları değerlendirildiğinde, Hava Kuvvetleri Komutanlığı tarafından gösteri amacı ile kullanılan NF-5/2000 uçaklarının envanterden çıkartılması kararı alındığında, bu uçakların yerlerine öncelikle F-16 uçağının, uygun görülmediği takdirde sırası ile Hürkuş-B, JF-17, KT-1T ve son olarak T-50 uçaklarının kullanıma verilmesinin sağlanacak faydayı arttıracığı değerlendirilmektedir.

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışmada, JSMAA tabanlı yeni bir yazılım eklentisi ile kriter ağırlıklarının SWARA yöntemi ile elde edildiği SMAA-2 tabanlı bir model önerilmiştir. Önerilen yöntemi diğer yöntemlerden ayıran en büyük fark, alan uzmanlarının veya karar vericilerin anlaşılamadığı veya kararlarını belli etmek istemedikleri 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.

Literatürde çok fazla çalışma yapılan ilaç fayda risk analiz değerlendirmesine yönelik önerilen bu yöntem, karar verici veya alan uzmanları tarafından da değerlendirildiğinde ulaşılan sonucun tutarlı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, ilgili yöntem gerçek bir probleme uygulanmış ve Hava Kuvvetleri Komutanlığının ileriki yıllarda NF-5/2000 uçaklarının envanterden çıkartılması durumunda bu uçakların yerine görev yapabilecek alternatiflere yönelik tekliflerde bulunulmuştur.

SWARA-SMAA-2 metodunda, alan uzmanlarının değerlendirmelerinin de stokastik süreçlere entegre edilmesi nedeni ile SMAA metoduna göre daha iyi sonuçlara ulaşılabileceği 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.

Gelecek çalışmalarda SWARA metodunun diğer stokastik yöntemlere entegre edilmesi veya kriterlerin bağımlı olduğu durumlara yönelik geliştirilecek yeni yöntemlerin çok kriterli karar verme literatürüne katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Lourenzutti R. ve Krohling R.A., The Hellinger distance in Multicriteria Decision Making: An illustration to the TOPSIS and TODIM methods. *Expert Systems with Applications*, 41 (9), 4414–4421, 2014.
2. Figueira, J., Mousseau, V., ve Roy, B., ELECTRE METHODS Introduction : A brief History. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, 4, 1–35, 2005.
3. Wulf, D., & Bertsch, V., A natural language generation approach to support understanding and traceability of multi-dimensional preferential sensitivity analysis in multi-criteria decision making. *Expert Systems with Applications*, 83, 131–144, 2017.
4. Saaty T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill, 1980. ISBN: 0070543712
5. Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., ve Ignatius, J., A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39 (17), 13051–13069, 2012.
6. Cheng, C. H., Yang, K. L., ve Hwang, C. L., Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight. *European Journal of Operational Research*, 116 (2), 423–435, 1999.
7. Dožić, S., & Kalić, M., An AHP approach to aircraft selection process. In *Transportation Research Procedia*, 3, 165–174, 2014.
8. Dožić, S., & Kalić, M., Comparison of two MCDM methodologies in aircraft type selection problem. In *Transportation Research Procedia*, 10, 910–919, 2015.
9. Dožić, S., & Kalić, M., Aircraft type selection problem: Application of different MCDM methods. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 572, 156–175, 2018.
10. Wibowo, A. S., Permanasari, A. E., ve Fauziati, S., Combat aircraft effectiveness assessment using hybrid multi-criteria decision making methodology. In *Proceedings - 2016 2nd International Conference on Science and Technology-Computer, ICST 2016*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 112–117, 2017.
11. Wang, T. C., & Chang, T. H., Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 33 (4), 870–880, 2007.
12. Sun, X., Gollnick, V., ve Stumpf, E., Robustness Consideration in Multi-Criteria Decision Making to an Aircraft Selection Problem. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 18 (1–2), 55–64, 2011.
13. Sánchez-Lozano, J. M., Serna, J., ve Dolón-Payán, A., Evaluating military training aircrafts through the combination of multi-criteria decision making processes with fuzzy logic. A case study in the Spanish Air Force Academy. *Aerospace Science and Technology*, 42, 58–65, 2015.
14. Bruno, G., Esposito, E., ve Genovese, A., A model for aircraft evaluation to support strategic decisions. *Expert Systems with Applications*, 42 (13), 5580–5590, 2015.
15. Ozdemir, Y., & Basligil, H., Aircraft selection using fuzzy ANP and the generalized choquet integral method: The Turkish airlines case. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 31 (1), 589–600, 2016.
16. Tervonen, T., & Lahdelma, R., Implementing stochastic multicriteria acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 78 (2), 500–513, 2007.
17. Baccour, L., Amended fused TOPSIS-VIKOR for classification (ATOVIC) applied to some UCI data sets. *Expert Systems with Applications*, 99, 115–125, 2018.
18. Lahdelma, R., Hokkanen, J., ve Salminen, P., SMAA - Stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 106 (1), 137–143, 1998.
19. Lahdelma, R. & Salminen, P., A method for ordinal classification in multicriteria decision making. In *Proceedings of the 10th IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Applications*, 2010.
20. Tervonen, T., Lahdelma, R., Almeida Dias, J., Figueira, J., ve Salminen, P., SMAA-TRI In I. Linkov, G. A.

- Kiker, & R. J. Wenning (Eds.), *Environmental Security in Harbors and Coastal Areas: Management Using Comparative Risk Assessment and Multi-Criteria Decision Analysis*, Springer Netherlands, 217–231, 2007.
21. Tervonen, T., & Figueira, J. R., A survey on stochastic multicriteria acceptability methods. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 15 (1–2), 1–14, 2008.
 22. Tervonen, T., JSMAA: Open source software for SMAA computations. *International Journal of Systems Science*, 45 (1), 69–81, 2014.
 23. Petrović, G. S., Madić, M., ve 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.
 24. 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.
 25. Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., ve 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.
 26. Çakır, 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.
 27. Hillege, H. L., Buskens, E. ve Postmus, D., A State-of-the-Art Multi-criteria Model for Drug Benefit-Risk Analysis, University of Groningen, <http://drugis.org/files/tervonenantidep-SOM-final.pdf>, 2010.
 28. Kızılkaya Aydoğan E., Özmen M., Two new method for multi criteria stochastic decision making: SMAA-GRA and SMAA-DEMATEL-GRA, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 30 (4), 627–640, 2015.
 29. Hashemkhani Zolfani, S., Aghdaie, M. H., Derakhti, A., Zavadskas, E. K., ve 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.
 30. Tuş Işık, A., & Aytaç Adalı, 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.
 31. Lahdelma, R., & Salminen, P., SMAA-2: Stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making. *Operations Research*, 49 (3), 444–454, 2001.
 32. Okul D., Gencer C., Aydoğan E.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.