
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

STOKASTİK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE YENİ BİR YÖNTEM: SWARA-SMAA-2 VE SAVUNMA SANAYİNDE UÇAK SEÇİMİ UYGULAMASI

Korel İnanç DURMAZ

DOKTORA TEZİ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

MAYIS 2019

Korel İnanç DURMAZ tarafından hazırlanan "Stokastik Çok Kriterli Karar Vermede Yeni Bir Yöntem: SWARA-SMAA-2 ve Savunma Sanayinde Uçak Seçimi Uygulaması" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Cevriye GENCER
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……...

Başkan : Prof. Dr. İhsan ALP
İstatistik Bölümü, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……...

Üye : Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……...

Üye : Prof. Dr. Mehmet KABAK
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……...

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Hakan ÖZKÖSE
Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bartın Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……...

Tez Savunma Tarihi: 21/05/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Aslıhan TÜFEKCİ
Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Korel İnanç DURMAZ

21/05/2019

STOKASTİK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE YENİ BİR YÖNTEM: SWARA-SMAA-2 VE SAVUNMA SANAYİNDE UÇAK SEÇİMİ UYGULAMASI

(Doktora Tezi)

Korel İnanç DURMAZ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2019

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. Kriterlere yönelik bilginin eksik olduğu veya karar vericilerinin görüşlerini belirtmek istemedikleri seçim durumunda stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi (SMAA) tercih edilen bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemidir. Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (SWARA), kriterlerin ağırlık oranlarının değerlendirilmesi yöntemine dayanan, karar vericilerin değerlendirme konusunda mutabık olmadıkları durumda kullanılabilen son dönemde yaygınlaşmış basit ve hızlı süreçleri içeren bir ÇKKV yöntemidir ve metodunun ağırlık hesaplamasına yönelik bir paket program yoktur. Çalışmada, SWARA metodunun ağırlık hesaplamasına yönelik bir paket program geliştirilmiş ve SMAA yönteminin stokastik süreçlerinden yararlanılması amacı ile JSMAA programına entegre edilmiş, SWARA–SMAA-2 yöntemi önerilmiştir. Amaç, alan uzmanlarının değerlendirmeleri ile SMAA-2 yöntemindeki belirsiz ve kesin olmayan verilerin etkisinin azaltılmak, bağımsız bir karar verme süreci tasarlanmak ve paket program vasıtası ile kullanıma sunmaktır. Önerilen yöntem Savunma Sanayinde, Entegre Lojistik Destek kriterleri esas alınarak Hv.K.K.lığı için eğitim uçağı seçiminde uygulanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Bilim Kodu	:	114606
Anahtar Kelimeler	:	ELD, JSMAA, Stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi, Aşamalı ağırlık değerlendirme oran analizi, Uçak seçimi.
Sayfa Adedi	:	73
Tez Danışmanı	:	Prof. Dr. Cevriye GENCER

A NEW METHOD IN STOCHASTIC MULTI-CRITERIA DESİCİON MAKING: SWARA-SMAA-2 AND AIRCRAFT SELECTION IN DEFENSE INDUSTRY

(Ph. D. Thesis)

Korel İnanç DURMAZ

GAZI UNIVERSITY

INFORMATICS INSTITUTE

May 2019

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 in order not to affect the decision group or because they are not field experts. The Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) method is based on the method of evaluating the weight ratios of the criteria, which can be used in the case where the decision makers do not agree on the evaluation, and it is a method that includes simple and rapid processes according to known MCDM methods. However, there is no package program for the weight calculation of the SWARA method. In this study, a software for weight calculation of the SWARA method was developed and the SWARA-SMAA-2 method was proposed by integrating the software into the JSMAA program. 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 field, to design an independent decision-making process and to present it to the use of a package program. In this study, based on ILS criteria, training aircraft was selected for TurAF by the newly developed attachment and the obtained results were compared.

Science Code	:	114606
Key Words	:	ILS, JSMAA, Stochastic multi-criteria acceptability analysis, Step-wise weight assessment ratio analysis, Aircraft selection.
Page Number	:	73
Supervisor	:	Prof.Dr. Cevriye GENCER

TEŞEKKÜR

Çalışmamın başlangıcından bitimine kadar, benden yardımlarını esirgemeyen pek çok kişiye teşekkür borçluyum. Öncelikle doktora eğitimim boyunca bilgisinden faydalandığım, beraber çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlandığım değerli hocam, Prof. Dr. Cevriye GENCER'e,

Beni yetiştiren sevgili aileme, desteğini esirgemeyen sevgili eşim Tuğba DURMAZ'a ve minik kızım Derin Deva DURMAZ'a teşekkürlerimi arz ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

SİMGELER VE KISALTMALAR xii

1. GİRİŞ 1

2. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK (ELD) 5

2.1. ELD'nin Bileşenleri 5

2.1.1. Bilgi sistem kaynakları 6

2.1.2. Tasarıma etki 6

2.1.3. Tesis ve alt yapı 7

2.1.4. Bakım 8

2.1.5. İş gücü ve personel 8

2.1.6. Paketleme, elleçleme, depolama ve taşıma 8

2.1.7. Ürün destek yönetimi 9

2.1.8. Ürün desteği 9

2.1.9. Destek teçhizatı 9

2.1.10. Sürdürülebilirlik mühendisliği 9

2.1.11. Teknik veri 10

2.1.12. Eğitim ve eğitim desteği 10

Sayfa

2.2. ELD'nin Tarihsel Gelişimi 10
2.3. ELD Taksonomisi 13
3. ÇKKV YÖNTEMLERİ 19
3.1. Karar Verme 19
3.1.1. Karar verme tanımı ve özellikleri 19
3.1.2. Karar verme süreci 19
3.1.3. Karar verme türleri 21
3.2. ÇKKV 22
3.2.1. ÇKKV tanımı ve özellikleri 22
3.2.2. ÇKKV türleri 23
3.2.3. Sık kullanılan ÇKKV yöntemleri 23
3.3. SWARA Yöntemi 33
3.4. SMAA-2 Yöntemi 35
4. ÖNERİLEN YÖNTEM: SWARA-SMAA-2 39
4.1. SWARA-SMAA-2 Yönteminin Tanımı 39
4.2. SWARA-SMAA-2 Yönteminin İş Akışı 39
4.3. SWARA-SMAA-2 Yönteminin Diğer Yöntemler ile Karşılaştırılması 42
5. JSMAA PROGRAMI VE SWARA-SMAA-2 EKLENTİSİ 47
5.1. JSMAA Programının Yapısı ve Özellikleri 47
5.2. JSMAA Programındaki Yenilikler 47
6. UYGULAMA: JET EĞİTİM UÇAĞI SEÇİMİ 51
6.1. Problemin Tanımı 51
6.2. Problemin Çözümü 54

Sayfa

7. SONUÇ VE ÖNERİLER 57

KAYNAKLAR 59

ÖZGEÇMİŞ 71

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Taksonomi çizelgesi 13

Çizelge 2.2. Konuların incelenme sayıları 15

Çizelge 2.3. Ana konuların incelenme sayıları 17

Çizelge 2.4. Yapılan araştırmaların yöntemlerine göre sayıları 18

Çizelge 3.1. Karar verme süreci 20

Çizelge 4.1. Kriter ölçekleri 42

Çizelge 4.2. Alan uzmanı değerlendirmeleri 42

Çizelge 4.3. Sıra kabul edilebilirlik indisi 43

Çizelge 4.4. Güvenilirlik faktörleri ve merkezi ağırlık vektörleri 44

Çizelge 4.5. SWARA-SMAA-2 sonuçları ve diğer yöntemlerin karşılaştırması 45

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. Sistem ömür devri maliyet dağılımı 2

Şekil 2.1. Yıllara göre yapılan araştırma sayısı… 13

Şekil 2.2. ELD tabanı kapsamında yapılan araştırma sayısı 14

Şekil 2.3. ELD tabanı kapsamında yapılan yıllara sâri araştırma sayısı 15

Şekil 2.4. Yapılan araştırmaların ülkelere göre sayısı 16

Şekil 2.5. Araştırma sahasına göre araştırma sayısı 17

Şekil 3.1. SWARA yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi 35

Şekil 4.1. SWARA-SMAA-2 yöntemi iş akış şeması 41

Şekil 5.1. Model seçim sekmesi (Eski-Yeni) 47

Şekil 5.2. Uzman değerlendirmesi (Eski-Yeni) 48

Şekil 5.3. Uzman değerlendirme ekranı 48

Şekil 5.3. Sıra kabul edilebilirlik indeksleri sayfası (Yeni) 49

Şekil 5.4. Merkezi ağırlık vektörleri sayfası (Yeni). 49

Şekil 6.1. Kriter ölçekleri 53

Şekil 6.2. Alan uzmanı değerlendirmeleri 54

Şekil 6.3. SMAA-2, SWARA-SMAA-2 sıra kabul edilebilirlik indis tablosu 55

Şekil 6.4. SMAA-2, SWARA-SMAA-2 güvenilirlik faktörü tablosu 56

KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AHP	Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ELD	Entegre Lojistik Destek
ELECTRE	Elimination et Choix Traduisant La Realite (Eliminasyon ve Seçim Gerçeği)
SMAA	Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis (Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi)
SWARA	Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi)
TOPSİS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralama Tekniği)

1. GİRİŞ

Savunma Sanayi alanında projelerinde aday seçimi veya değerlendirilmesi ülkeler açısından stratejik bir karar olup, ülkelerin gelecek elli yılını doğrudan etkilemektedir. Normal koşullarda projeler mali değerleri üzerinden değerlendirilirken savunma sanayi projelerinde idame işletme faaliyetleri, operasyonel katkı ve stratejik karar faaliyetleri önem kazanmaktadır. Bu kapsamda incelendiğinde, savunma sanayi alanında gerçekleştirilen projelerin görev odaklı, sürdürülebilir, maliyet etkin olması ve stratejik fayda sağlaması beklenmektedir.

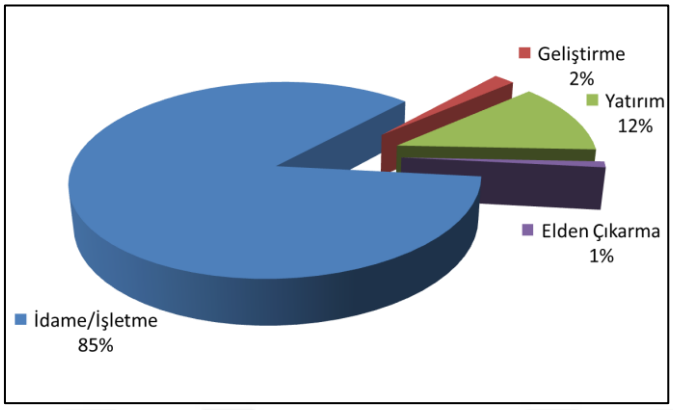
Tedarik edilecek platformun/sistemin, harekât odağının belirlenmesi projenin ilk aşamasında gerçekleşmektedir. Alan uzmanları tarafından göreve yönelik isterler belirlenerek proje isterlerine dahil edilir. Değerlendirme aşamasında ise yine alan uzmanları tarafından adayların ilgili isterler ne kadar başarı ile karşıladıkları değerlendirilmektedir.

Tedarik edilecek platformun/sistemin, ömür devri boyunca gerekli lojistik destek ihtiyaçlarını belirlemek, alternatifler içinde ömür devri maliyeti esas alarak karar vermek, sistem/platformun hizmete girişinde tüm lojistik destek ihtiyaçlarının hazır olmasını sağlamak ayrıca ömür devri içinde en etkin ve ekonomik destek sistemini temin ve idame etmek Savunma Sanayi'nin asıl amacıdır. Bu amacı gerçekleştirmek ise Savunma Sanayi'nin elinde bulunan Entegre Lojistik Destek (ELD) enstrümanı ile mümkündür.

Çünkü ELD, bir sistem/platformun ömür devri kullanımı için gerekli lojistik destek ihtiyaçlarını ve bu ihtiyaçların maliyet ve etkinliğini, sistem dizayn/tedarik edilmeden önce, lojistik destek analizleri ile belirlemek, sonuçların dizayna yansımasını sağlamak, alternatifler içinde ömür boyu maliyeti esas alarak karar vermek, sistemin hizmete girişinde tüm lojistik destek ihtiyaçlarının hazır olmasını sağlamak ve sistemin ömür boyu içinde en efektif ve ekonomik destek sistemini idame etmek için ortaya konan yönetim ve planlamadır.

Platformların/Sistemlerin ömür devri maliyetinin dağılımlarına incelendiğinde, yaklaşık %85'lik kısmını idame/işletme faaliyetlerinin oluşturduğu ve buradaki maliyetlerin büyük

bir kısmının da desteklenebilirlik için gereken harcamaları içerdiği görülmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Sistem ömür devri maliyet dağılımı [1]

ELD, günümüzde birçok Savunma Sanayi Projesinde uygulanmakta olan uluslararası kabul görmüş bir analiz metodolojisi ve yönetim süreci olup ilgili projelerde alan uzmanları tarafından değerlendirilmektedir.

Alan uzmanları tarafından en iyi seçeneğin belirlenmesi oldukça zor bir süreçtir. Bu sürecin zorluğunun nedeni ise tüm kriterlerin aynı anda farklı etkilerinin bulunması ve bunun alan uzmanları veya karar vericiler tarafından aynı anda değerlendirilmek zorunda oluşudur. Bu sebepten dolayı, bu tip problemlerin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri tercih edilmektedir. ÇKKV yöntemleri, farklı alternatiflerin arasında sıralanması, sınıflandırılması veya öncelikli olanın seçilmesi vasıtasıyla en iyi alternatifin belirlenmesi olarak açıklanabilmektedir.

ÇKKV yöntemleri alternatiflere ait bilginin değerlendirilmesi yönü ile deterministik, stokastik ve bulanık olarak sınıflandırılabilmektedir. Özellikle Savunma Sanayi Projelerinde, karar vericiler, tercihlerini karar grubunu etkilememek amacı ile belli etmek veya alan uzmanı olmadıkları bir konuda değerlendirme yapmak istemezler. Bu nedenle alternatiflere ait parametre değerlerine erişilemez. Alternatiflere ait kriterler belirsiz değerlere sahip olurlar. Bu tip durumlarda stokastik süreçler tercih edilmektedir.

Stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi (SMAA (Stochastic Multi-criteria Acceptability Analysis)), seçim kriterlerine yönelik bilginin eksik olduğu veya bilgiye ait

kesin bir yargıya varılamadığı veya kritere ait bilgilere güvenilemediği durumlarda tercih edilen ÇKKV yöntemlerindendir.

SWARA (Step-wise Weight Assesment Ratio Analysis - Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) metotu, kriterlerin ağırlık oranlarının değerlendirilmesi yöntemine dayanan, son dönemde yaygınlaşmış ve bilinen ÇKKV metotlarına göre basit ve hızlı süreçleri içeren bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada, SWARA ve SMAA metotlarının entegre edilmesi ile oluşan SWARA - SMAA metotu önerilmiştir. Çalışmanın amacı, Savunma Sanayisinde karar verici durumda bulunan alan uzmanlarının kendi alanlarındaki değerlendirmelerinin SMAA-2 yöntemine entegre edilerek bağımsız bir karar verme süreci tasarlamak ve bunu kullanıma sunmaktır.

Çalışmanın ikinci bölümde, ELD'nin tanımı, önemi ve alt başlıkları açıklanarak proje seçiminde neden kritik öneme sahip olduğu açıklanmıştır.

Üçüncü bölümünde, karar verme faaliyetinin tanımı, özellikleri, türleri ve karar verme sürecinin açıklanması ayrıca ÇKKV probleminin tanımı, yapısı, özellikleri, sınıflandırılması ve sık kullanılan ÇKKV yöntemleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde SWARA – SMAA-2 yöntemin tanımı, yapısı, özellikleri ve metotolojisi açıklanmıştır.

Beşinci bölümde SWARA – SMAA-2 yöntemine yönelik bir karar destek sistemi JSMAA programı anlatılmış ve gerçekleştirilen eklentiler sunulmuştur.

Altıncı bölümde SWARA – SMAA-2 yöntemi vasıtası ile Savunma Sanayi Projelerine yönelik bir uçak seçim uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Yedinci ve son bölümde ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK (ELD)

Entegre Lojistik Destek (ELD), bir platformun/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 [1].

ELD'nin amacı, bir platformun/sistemin ömür devri boyunca en yüksek hazırbulunuşluğun en düşük maliyet ile elde edilmesi olarak özetlenebilmektedir [2].

Tedarik edilecek sistem/platformun, ömür devri boyunca gerekli lojistik destek ihtiyaçlarının belirlenmesi, alternatifler içinde ömür devri maliyeti esas alarak karar verilmesi, sistem/platformun hizmete girişinde tüm lojistik destek ihtiyaçlarının hazır olmasının sağlanması, ayrıca ömür devri içinde en etkin ve ekonomik destek sisteminin belirlenmesi ELD faaliyetleri ile gerçekleştirilmektedir [3, 4].

Ömür devri safhalarında ELD'in ayrı amaçları bulunmaktadır. Ömür devri safhaları ELD tabanında temel olarak iki bölümde incelenebilmektedir. Bunlar; konsept ve üretim safhası, işletim ve destek safhasıdır [1].

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 [5]. 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 isterlerini veya başka bir ELD unsuru tarafından ihtiyaç duyulan Bilgi Sistem Kaynak isterlerinin tespit edilmesini kapsamaktadır. Bu analiz, tedarik, geliştirme ve modifikasyon analizleri ile envanterden çıkarma ve bilgi sistemlerine ait tüm analizleri içermektedir [6, 7, 8].

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 [9].

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 aksaklıklar tasarım mühendisleri ve analizciler tarafından değerlendirilmesi ve tasarımsal bir sorun tespit edildiği takdirde tasarım değişikliğine gidilebilmesi durumunu ifade etmektedir [10].

Güvenilirlik, 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 [11].

Hazırbulunuşluk, bir ünitenin herhangi bir zamanda faal bulunma olasılığı olarak tanımlanmaktadır [12].

İdame edilebilirlik, yetkili personel tarafından ilgili bakım seviyelerinde tanımlanmış yöntem, kaynak ve malzemelerin kullanılarak ünitelerin onarılabilme durumunun planlanması faaliyetidir [13].

Test edilebilirlik, ürünün özellikle tasarım ve geliştirme fazlarında dikkate alınması gereken test gereksinimlerinin belirlenmesi ve belirlenen bu prosedürlerin nihai ürüne etki edebilmesi sürecini tanımlamaktadır [14].

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.

Tüm bu analizlerin bütününe Lojistik Destek Analizleri (LDA) denilmekte olup, MIL-STD 1388-1A dokümanları esas alınmaktadır.

2.1.3. Tesis ve alt yapı

Tedarik edilecek platformun/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.) konuş yerinin çevresel faktörlerin, güvenlik

ihtiyaçlarının vb. faaliyetlerin belirlenmesi, geliştirilmesi ve karşılanması olarak açıklanmaktadır [15].

2.1.4. Bakım

Tedarik edilecek platformun/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 [16].

2.1.5. İş gücü ve personel

Tedarik edilecek platformun/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 [17].

2.1.6. Paketleme, elleçleme, depolama ve taşıma

Tedarik edilecek platformun/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, ihtiyacın tespit edilmesinden başlayarak, malzemenin tüketilmesine veya envanterden çıkartılmasına kadar geçen sürede, malzemenin atölye içinde ve dışında

taşıması, araçlara yüklenmesi/boşaltılmasını, ayrıca forkliftlerin, taşıma sistemlerinin vb. yer destek cihazlarının belirlenmesi kapsamaktadır [18].

2.1.7. Ürün destek yönetimi

Tedarik edilecek platformun/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 [19].

2.1.8. Ürün desteği

Tedarik edilecek platformun/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 [20].

2.1.9. Destek teçhizatı

Tedarik edilecek platformun/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 ömür devri boyunca ihtiyaç duyacağı malzeme desteğinin, teknik desteğinin ve bakım planlarının belirlenmesinin sağlandığı süreçleri içermektedir [21].

2.1.10. Sürdürülebilirlik mühendisliği

Tedarik edilecek platformun/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 [22].

2.1.11. Teknik veri

Tedarik edilecek platformun/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 [23].

Teknik veriler, MILSTD-40051, ATA Spec 100, ATA iSpec 2200, S1000D vb. doküman hazırlama ve ASD Spec 2000M/ATA Spec 2000 vb. malzeme (özellikle yedek parça) ile ilgili tedarik konularına ilişkin askeri veya sivil spesifikasyonlara uygun olacak şekilde dokümante edilmektedirler.

2.1.12. Eğitim ve eğitim desteği

Tedarik edilecek platformun/sistemin ömür devri boyunca en ekonomik maliyetle idame ettirilebilmesi amacı ile eğitim ihtiyaçlarının ve bunların nasıl karşılanacağının belirlenmesi, eğitim yardımcılarının tespit edilmesi, eğitim planının oluşturulması ve eğitim ihtiyaçlarının karşılanması için kaynak ve tedarik planının oluşturulması süreçlerini içermektedir [24].

2.2. ELD'nin Tarihsel Gelişimi

ELD'nin bilinen ilk ortaya çıkışı 03 Kasım 1955 tarihidir. Bu tarihte Amerikan Savunma Bakanlığı bağlısı bulunan kuvvetlerden envanterdeki ve tedarik edilecek platformların, idame edilebilirlik ve güvenirliliğini artıracak aynı zamanda bakım ihtiyaçlarını düşürecek üretim ve geliştirme faaliyetlerinin oluşturulmasını ve bu yol ile ömür devri maliyetlerinin düşürülmesini istemiştir [25].

Ancak bu dönemde ELD'den henüz bahsedilmemiş olmasına rağmen ELD'nin dört temeli olan;

- Maliyet Etkin Bakım,
- Bakım Kolaylığı ve Güvenilirlik,
- Başlangıç dönemi için yeterli Hazırbulunuşluk,

- Bütün Lojistik İsterlerin Entegre Geliştirilmesi'ne değinilmiştir. Bu durum ELD'nin bu yıllarda temelinin atıldığını göstermektedir [4].

Amerikan Savunma Bakanlığı 19 Temmuz 1964 yılında Entegre Bakım Yönetimi adı altında bir konsept yayınlamıştır. Bu konseptin temelleri, Amerikan Deniz Kuvvetleri, Amerikan Hava Kuvvetleri ve Amerikan Kara Kuvvetleri tarafından çeşitli projelerde uygulanan Entegre Bakım Yönetimi faaliyetlerinden elde edilen tecrübeler doğrultusunda oluşturulmuştur.

Amerikan Deniz Kuvvetleri tarafından 1 Mayıs 1963 yılında A-7A uçak projesine uygulanan Entegre Bakım Yönetim Planı 7 temel basamağı içermektedir. Bunlar; (1) Yönetim ve Organizasyon, (2) Bakım Kolaylığı, (3) Personel ve Eğitim, (4) Teknik Yayınlar, (5) Arttırılmış Destek, (6) Hükümet Desteği ve (7) Tesislerdir [25].

Bu çalışmada ilk defa Lojistik Destek Analizlerinin temeli olan Bakım Mühendislik Analiz Kayıtları ve ELD Planının temeli olan Entegre Bakım Yönetim Planı hazırlanmıştır.

Amerikan Hava Kuvvetleri tarafından 1960'ların başlarında, Bütüncül Silah Sistem Yönetimi ve Sistem Yönetimini içeren Temel Veri Havuzu konseptini ortaya atılmıştır. Bu konseptin iki ana noktası bulunmaktadır. Bunların birincisi tüm sisteme ait geliştirme ve üretim faaliyetlerindeki bütün proseslerin entegrasyonunu sağlamak, ikincisi ise operasyonel isterlerin karşılanmasında donanım, personel ve lojistik destek faaliyetlerinin başarılarını sağlamak olarak açıklanmaktadır.

Bu konseptte operasyonel isterlere bağlı olarak iş akış şemaları oluşturulmakta ve bunlara bağlı olarak lojistik kaynaklar oluşturulmakta ve veri havuzunda kayıt altına alınmaktadır.

Amerikan Hava Kuvvetleri konseptinin Amerikan Deniz Kuvvetleri konseptinden başlıca farkı bütün program yönetiminin, sistem mühendisliği faaliyetleri içeresinde bulunan lojistik faaliyetlerin iş akış şemaları vasıtası ile detaylı olarak tanımlanması olarak açıklanabilmektedir.

Amerikan Kara Kuvvetleri tarafından 06 Mayıs 1963 yılında hazırlanan konsept başlangıç destek dönemi prosedürlerini içermekte olup bu prosedürler, yüklenici ve kullanıcı

merkezli destek proje yönetiminin başarılması, tedarikçilerin koordinasyonunun sağlanması, bakım görevlerinin ve tasarım değişikliklerinin başarılması, malzeme hazır bulunuşluğun daha ekonomik sağlanması olarak açıklanabilmektedir [4].

Bu üç konsept Amerikan Savunma Bakanlığı 19 Temmuz 1964 yılında Entegre Bakım Yönetimi adı altında birleştirilerek yayınlanmıştır. 01 Ağustos 1964 tarihinde Amerikan Savunma Bakanlığı Entegre Bakım Yönetimi konseptinin geliştirilmesine yönelik üç kuvvete görev vermiştir.

02 Ağustos 1965 yılında üç kuvvet personelinden oluşan çalışma grubu tarafından Taslak ELD Programı oluşturulmuştur. Bu program yedi temel öğeyi içermekte olup, bunlar, tamir edilebilirlik, taşıma ve paketleme, saha desteği, entegrasyon ve kontrol ayrıca teknik destektir. 1965 yılından sonra ELD konusunda akademik çalışmaların başladığı görülmektedir. 1973 yılında askeri standartlara ELD faaliyetlere ait analizler eklenmiş ve bu tarihten sonra yapılan tüm projelerde ELD faaliyetlerinin bulunması Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından zorunlu hale getirilmiştir.

Bu standartların belirtildiği askeri standart olan MIL-STD-1388-1 15 Kasım 1973 senesinde yayınlanmış olup, 11 Nisan 1983 yılında MIL-STD-1388-1A olarak güncellenmiştir. 1997 yılında MIL-STD-1388-1A standartı yerine MIL-HDBK-502 Tedarik Lojistiği (Acquisition Logistics Handbook) askeri el kitabı referans olarak getirilmiştir.

Ancak günümüzde savunma sanayi tedariklerinde MIL-STD-1388-1A Lojistik Destek Analizleri hala standart olarak kullanılmaktadır. Bunun dışında sivil sektörde Avrupa'da ELD standartları ilk kez Aerospace and Defence Industries Association of Europe (ASD) Avrupa Havacılık ve Savunma Birliği ve Aerospace Industries Association (AIA) Havacılık Endüstrisi Birliği tarafından 2011 yılında SX000i (S-Series of ILS Specifications) S-Serisi ELD Spesifikasyonları yayınlanmıştır. SX000i serisinin son güncellemesi Temmuz 2016'da yayınlanmış olup hala geçerliliğini sürdürmektedir.

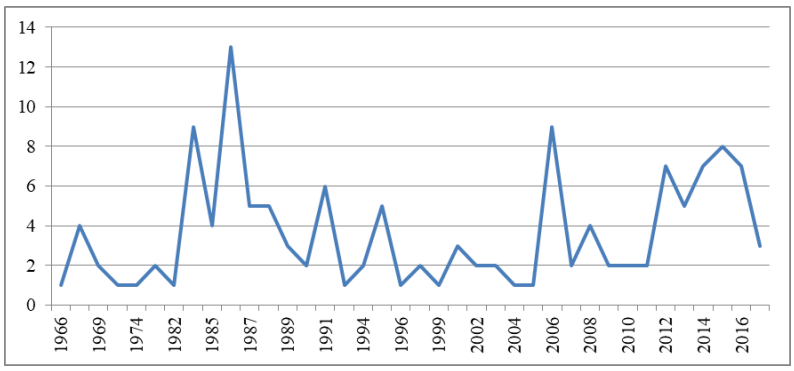
2.3. ELD Taksonomisi

ELD'ye yönelik ilk akademik çalışma 1966 yılında (bir askeri araştırma sonucu) yapılmıştır [26]. Bu yıldan sonra ELD konusunda 137 çalışma daha (toplam 138) gerçekleştirilmiş olup konu ve alt konulara (472 konu) uygun olarak oluşturulan taksonomi çizelgesi Çizelge 2.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Taksonomi çizelgesi

KONU	ALT KONU		YAYIN
İŞLETİM VE DESTEK	TESİS VE ALTYAPI		2, 32, 3, 71, 42, 80, 37, 20, 81, 15, 7, 17, 6
	BAKIM		2, 32, 96, 140, 52, 3, 94, 71, 4, 10, 113, 75, 34, 39, 43, 66, 82, 104, 118, 122, 68, 42, 69, 33, 41, 107, 123, 125, 114, 100, 110, 111, 58, 59, 120, 60, 77, 80, 73, 126, 76, 54, 28, 49, 65, 37, 20, 81, 108, 35, 16, 11, 36, 105, 7, 46, 21, 17, 6
	İŞ GÜCÜ VE PERSONEL		2, 32, 3, 94, 71, 22, 104, 118, 122, 42, 60, 77, 80, 54
	EĞİTİM VE EĞİTİM DESTEĞİ		2, 32, 71, 84, 66, 42, 24, 60, 73, 76, 65, 115, 7, 6
	DESTEK TEÇHİZATI		2, 32, 3, 34, 119, 22, 104, 42, 80, 73, 76, 28, 20, 108, 7, 21, 6
	ÜRÜN DESTEK		2, 32, 3, 113, 75, 66, 22, 68, 74, 38, 42, 30, 33, 114, 120, 60, 77, 80, 73, 126, 76, 54, 49, 65, 37, 20, 99, 81, 135, 18, 108, 35, 103, 11, 19, 139, 36, 7, 21, 6
	ÜRÜN DESTEK YÖNETİMİ		20, 135, 19
	PAKETLEME, ELLEÇLEME, DEPOLAMA VE TAŞIMA		34, 42, 30, 33, 77, 76, 20, 81, 18, 7, 17, 6
	BİLGİ SİSTEM KAYNAKLARI		9, 127, 13, 129, 110, 120, 60, 54, 20, 48, 16, 105, 23, 7, 53, 8, 6
KONSEPT VE ÜRETİM	TEKNİK VERİ		10, 84, 42, 127, 107, 114, 13, 87, 77, 65, 95, 23, 7, 136, 21, 6
	SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK MÜHENDİSLİĞİ		22, 6
	TASARIMA ETKİ	GÜVENİRLİLİK	26, 2, 32, 96, 140, 52, 3, 94, 71, 4, 10, 29, 57, 75, 101, 116, 117, 132, 64, 88, 137, 133, 27, 39, 78, 79, 89, 138, 104, 118, 121, 122, 67, 51, 63, 70, 31, 83, 86, 69, 30, 45, 130, 41, 107, 123, 124, 125, 114, 13, 100, 129, 110, 111, 85, 58, 59, 120, 60, 73, 54, 55, 28, 49, 50, 72, 112, 18, 141, 134, 56, 35, 48, 16, 128, 103, 11, 12, 98, 92, 93, 46, 53, 90, 91, 40, 109, 97, 8, 21, 6
		İDAME EDİLEBİLİRLİLİK	26, 2, 32, 96, 140, 52, 3, 94, 71, 4, 10, 57, 75, 116, 117, 132, 64, 137, 133, 27, 39, 44, 78, 79, 89, 102, 138, 104, 121, 122, 67, 51, 63, 70, 83, 45, 41, 107, 123, 124, 125, 114, 13, 100, 129, 110, 111, 58, 59, 60, 54, 55, 28, 49, 50, 72, 112, 99, 141, 134, 56, 3548, 128, 103, 11, 12, 98, 105, 92, 93, 46, 53, 109, 21,
		DESTEKLENEBİLİRLİLİK	10, 57, 75, 116, 117, 132, 64, 137, 27, 39, 44, 78, 79, 89, 102, 104, 121, 122, 67, 63, 86, 69, 41, 123, 124, 125, 114, 60, 131, 50, 72, 112, 99, 141, 134, 56, 48, 103, 11, 12, 98, 92, 93, 46, 53, 6
		HAZIR BULUNUŞLULUK	10, 64, 137, 27, 39, 44, 119, 104, 67, 41, 107, 123, 124, 125, 13, 60, 55, 50, 72, 112, 141, 56, 48, 128, 12, 98, 53, 61, 62, 47, 109, 21, 6
		TEST EDİLEBİLİRLİLİK	116, 117, 41, 60, 14, 56, 48, 12, 98, 92, 53

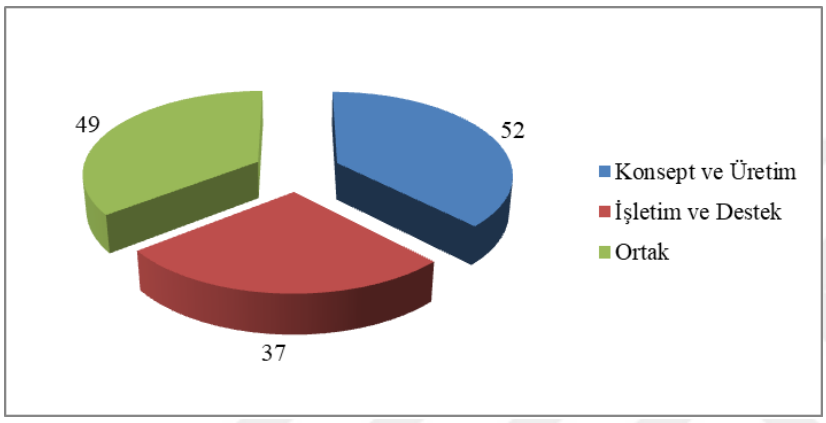
Oluşturulan taksonomi çizelgesinin ayrıntılı analizi çalışmanın devam eden bölümlerinde sunulacaktır. ELD kapsamında yıllara göre yapılan araştırma sayıları Şekil 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2.1. Yıllara göre yapılan araştırma sayısı

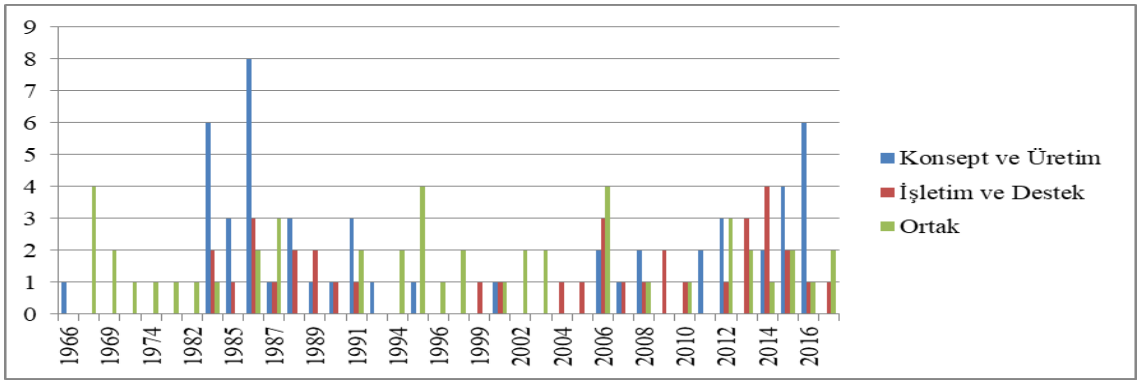
Şekil 2.1. incelendiğinde, araştırmalarda 1986 yılına kadar artış, 1986 sonrasında 2004 yılına kadar aşağı yönlü bir azalış ve 2004 yılı sonrası tekrar yukarı yönlü bir artış olduğu görülmektedir.

Yapılan araştırma sayıları; ELD tabanı (konsept ve üretim bölümü, işletim ve destek bölümü) kapsamında incelendiğinde Şekil 2.2. ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.2. ELD tabanı kapsamında yapılan araştırma sayısı

Şekil 2.2. incelendiğinde yapılan 138 araştırmanın 52 adetinin [12, 14, 26, 27, 29, 31, 40, 44, 45, 47, 50, 51, 55, 56, 57, 61, 62, 63, 64, 67, 70, 72, 78, 79, 83, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 97, 98, 101, 102, 109, 112, 116, 117, 121, 124, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 141] sadece Konsept ve Üretim tabanında, 37 adetinin [7, 9, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 33, 34, 36, 37, 38, 42, 43, 65, 66, 68, 74, 76, 77, 80, 81, 82, 84, 87, 95, 106, 108, 113, 115, 126, 127, 135, 136, 139] İşletim ve Destek tabanında, 49 adet [2, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 13, 16, 18, 21, 28, 30, 32, 35, 39, 41, 46, 48, 49, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 69, 71, 73, 75, 94, 96, 99, 100, 103, 104, 105, 107, 110, 111, 114, 118, 119, 120, 122, 123, 125, 129, 140] çalışmanın ise her iki tabanı içerdiği görülmektedir. Yapılan araştırmaların yıllara sâri olarak incelenmesi Şekil 2.3.'de sunulmuştur.



Şekil 2.3. ELD tabanı kapsamında yapılan yıllara sâri araştırma sayısı

Şekil 2.3. incelendiğinde literatürde 1966-1983 yılları arasında ELD'nin tanımlanmasına yönelik araştırmaların yapıldığı ayrıca konsept ve üretim bölümü, işletim ve destek bölümünün her ikisini de içerdiği görülmektedir. Özellikle 1983-1991 yılları ve 2010-2016 yılları arasında yapılan çalışmaların artış gösterdiği, aynı yıllarda işletim ve destek tabanında da çalışmaların gerçekleştiği ancak ortak konularda sürekli çalışıldığı görülmektedir.

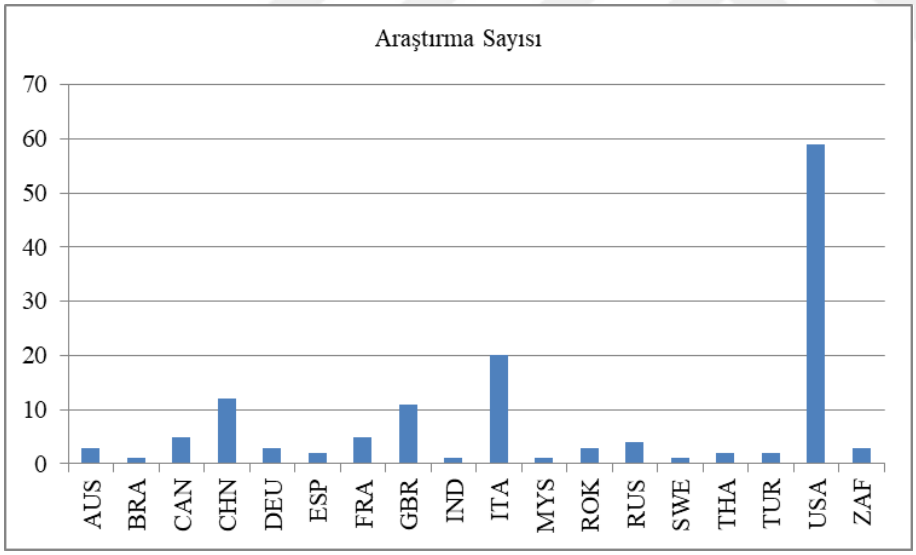
Ayrıca 138 araştırmada 17 ayrı konuya yönelik toplamda 472 defa inceleme yapıldığı Çizelge 2.'de görülmektedir. Çizelge 2.2. incelendiğinde yapılan araştırmalarda çoğunlukla (91 kere) güvenilirlik, (76 kere) idame edilebilirlik, (59 kere) bakım faaliyetlerine değinildiği görülmektedir.

Çizelge 2.2. Konuların incelenme sayıları

Konu	Konu Sayısı
Güvenirlilik	91
İdame Edilebilirlilik	76
Bakım	59
Desteklenebilirlilik	46
Ürün Destek	40
Hazır Bulunuşluluk	33
İş Gücü	21
Destek Teçhizatı	17
Bilgi Sistem Kaynakları	17
Teknik Veri	16
Eğitim	14
Tesisler	13
Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma	12
Test Edilebilirlilik	11
Ürün Destek Yönetimi	3
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	2
Tasarıma Etki	1
Toplam	**472**

Ancak ürün desteği ve tasarıma etki faaliyetlerinin bileşenlerine bu kadar değinilmesine rağmen tasarıma etki konusuna sadece bir araştırmada, ürün destek yönetimine ise sadece 3 araştırmada [19, 20, 135] değinildiği görülmektedir.

Yapılan araştırmaların ülkelere göre incelemesi Şekil 2.4.'de sunulmuş olup, ABD tarafından 59 [2 - 4, 8, 10, 13, 17, 22, 24, 26, 27, 29 - 34, 38, 39, 41 - 45, 51, 52, 57, 63 - 66, 71, 75, 77 - 79, 82, 84, 88, 89, 94, 96, 101, 102, 104, 107, 110, 114, 116, - 119, 121, 122, 127, 132, 137, 138, 140], İtalya tarafından 20 [11, 16, 18, 19, 40, 47, 48, 50, 53 - 55, 61, 62, 72, 98, 106, 112, 113, 128, 133], Çin tarafından 12 [14, 81, 90 - 93, 95, 103, 131, 135, 139, 141], Birleşik Kırallık tarafından 11 adet [21, 35, 36, 37, 46, 58, 59, 60, 69, 70, 80] araştırmanın yapıldığı görülmektedir. ELD konusunda yapılan araştırmaların başını ABD çekmekte olup, 1966-1988 yılları arasında yapılan 45 adet araştırmadan 42 adeti ABD'de gerçekleştirilmiştir.

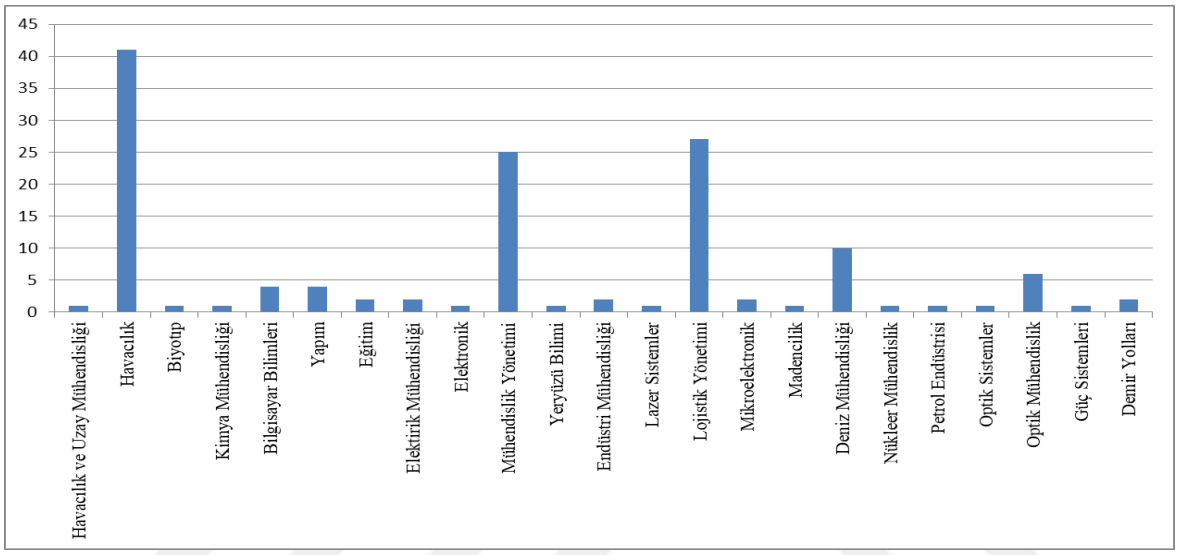


Şekil 2.4. Yapılan araştırmaların ülkelere göre sayısı

2005-2017 yılları arasında yapılan 59 adet araştırmadan 18 adeti İtalya, 12 adeti ise Çin de gerçekleştirilirken sadece 3 adeti ABD'de gerçekleştirilmiştir. Bu durum son yıllarda ELD kapsamında İtalya ve Çin'in önemli bir yol kat ettiğini göstermektedir.

Yapılan araştırmaların araştırma sahalarına göre sayıları Şekil 2.5.'de sunulmuş olup, yapılan araştırmaların 41 adetini Havacılık alanında [12, 14, 16, 20, 22, 23, 27, 30, 40, 41,

42, 45, 48, 50, 53, 57, 61, 64, 67, 69, 75, 77, 78, 82, 84, 85, 86, 91, 96, 103, 104, 107, 114, 119, 120, 123, 124, 125, 130, 132, 140], Havacılık alanını takiben 27 adet araştırma ile Lojistik Yönetimi [7, 11, 13, 18, 19, 33, 44, 49, 54, 55, 65, 73, 76, 79, 81, 89, 99, 102, 106, 108, 113, 121, 122, 131, 133, 135, 141] ve 25 adet araştırma ile Mühendislik Yönetimi [2, 4, 8, 17, 21, 28, 31, 36, 39, 43, 46, 51, 66, 70, 90, 93, 97, 101, 109, 117, 128, 129, 134, 138, 139] alanlarında yapılan çalışmaların izlediği görülmektedir.



Şekil 2.5. Araştırma sahasına göre araştırma sayısı

Yapılan araştırmaların konularına göre sayıları Çizelge 3.3.'de sunulmuş olup, 1966-2016 yılları arasında 65 araştırma Güvenilirlik & İdame Edilebilirlilik, 1967-2017 yılları arasında 42 araştırma Ömür Devri Maliyeti, 1984-2012 yılları arasında 24 araştırma Lojistik Destek kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2.3. Ana konuların incelenme sayıları

Konu	Yapılan İlk Yayın Tarihi	Yapılan Son Yayın Tarihi	İnceleme Sayısı
Veri Yönetimi	1990	2014	2
Eğitim	1999	2013	2
İnteraktif Teknik Dokuman	2000	2015	3
Ömür Devri Maliyeti	1967	2017	42
Lojistik Destek	1984	2012	24
Güvenirlilik & İdame Edilebilirlilik	1966	2016	65
Genel Toplam			**138**

Ayrıca 2000-2015 yılları arasında 3 araştırma İnteraktif Teknik Doküman, 1990 ve 2014 yıllarında 2 adet çalışma Veri yönetimi hakkında 1999 ve 2013 yıllarında 2 adet çalışma

Eğitim alanında gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmaların yöntemlerine göre araştırma sayıları Çizelge 2.4.'de sunulmuştur.

Çizelge 2.4. Yapılan araştırmaların yöntemlerine göre sayıları

Yöntem	**Araştırma Sayısı**
Araştırma	101
Matematiksel Model	31
Matematiksel Model ve Simülasyon Modeli	5
Simülasyon Modeli	1
Genel Toplam	**138**

101 çalışma araştırma [2 - 4, 6 - 9, 12, 13, 15, 16, 19, 20, 22 - 24, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 37 - 44, 47 - 55, 57 - 59, 61 - 65, 70, 71 - 79, 82, 84, 85, 87 - 89, 92, 94 - 103, 107 - 119, 121, 122, 126, 127, 129, 132 - 134, 136 - 138, 140], 31 çalışma matematiksel model [10, 11, 14, 18, 27, 30, 33, 36, 45, 46, 60, 66 - 69, 80, 83, 86, 90, 93, 104 - 106, 120, 123 - 125, 128, 131, 135, 141], 5 çalışma matematiksel model ve simülasyon modeli [17, 21, 56, 81, 139], 1 çalışma ise sadece simülasyon modeli [91] kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Günümüz kadar gerçekleştirilen araştırmalar incelendiğinde ELD'ye ait bir literatür taraması veya taksonomi çalışmasına rastlanmamıştır.

3. ÇKKV YÖNTEMLERİ

3.1. Karar Verme

3.1.1. Karar verme tanımı ve özellikleri

Karar verme; en basit hali ile ulaşılmak istenen amacın gerçekleştirilmesi için karar verici tarafından alternatiflerin değerlendirildiği seçim süreci olarak tanımlanmaktadır [142]. Alınan kararın doğru kabul edilebilmesi için dört temel niteliği içermesi gerekmektedir [143]:

- Etkililik olarak değerlendirilen ilk nitelik, amacın gerçekleşmesinin sağlanmasıdır
- Verimlilik olarak değerlendirilen ikinci nitelik, amacın gerçekleşmesinin sağlanması sürecinde harcanan kaynakların en az seviyede kullanılmasıdır.
- Uygulanabilirlik olarak değerlendirilen üçüncü nitelik, amacın gerçekleşmesi amacı ile alınan kararların gerçekçi ve uygulanabilir olmasıdır.
- Zamanlılık olarak değerlendirilen dördüncü ve son nitelik ise amacın gerçekleşmesi için alınan kararın zamanında verilmesi olarak açıklanabilmektedir.

3.1.2. Karar verme süreci

Karar verme süreci, hayatımızın her anında karşımıza çıkmaktadır. Sabah kalktığımızda kahvaltıda ne yiyeceğimize, hangi gömleği giyeceğimize karar vermemiz, yapılacak işlerimize öncelik vermemiz veya gün içinde yapılacak faaliyetlerimizi yeniden planlamamız gibi bütün faaliyetlerimiz bir karar verme sürecini içermektedir.

Karar verme süreci, amacın tanımlanması ile başlayarak, alternatiflerin belirlenmesi, kriterlerin belirlenmesi, alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi ile devam eden ve son olarak seçim işleminin gerçekleştirilmesi ile tamamlanan beş temel safhada açıklanabilmektedir (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. Karar verme süreci [144]

1. Safha	2. Safha	3. Safha	4. Safha	5. Safha
Amacın Tanımlanması	Alternatiflerin Belirlenmesi	Kriterlerin Belirlenmesi	Alternatiflerin Kriterlere Göre Değerlendirilmesi	Seçim

Amacın Tanımlanması: Birinci aşama olarak kabul edilen amacın tanımlanması safhası, karar verici tarafından herhangi bir sorunu çözmeye yönelik olduğu gibi belirli bir amaca ulaşmaya yönelikte olabilmektedir. Her iki durumda da amaç anlaşılır bir biçimde tanımlanmalıdır.

Alternatiflerin Belirlenmesi: İkinci aşama olarak kabul edilen alternatiflerin belirlenmesi safhası, karar verici tarafından belirlenen sorunu çözmeye veya tanımlanan amaca ulaşmaya yönelik alternatif veya seçeneklerin belirlenmesi olarak tanımlanabilmektedir.

Kriterlerin Belirlenmesi: Üçüncü aşama olarak kabul edilen kriterlerin belirlenmesi safhası, karar verici tarafından alternatiflerin değerlendirilmesi veya karşılaştırılması amacı ile oluşturulan kurallar veya standartlar olarak tanımlanabilmektedir.

Alternatiflerin Kriterlere Göre Değerlendirilmesi: Dördüncü aşama olarak kabul edilen alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi safhası, karar verici tarafından alternatiflerin belirlenen kriterler vasıtası ile seçim ya da sıralama faaliyetinin yapılması olarak tanımlanabilmektedir.

Seçim: Beşinci ve son aşama olarak kabul edilen seçim safhası, karar verici tarafından seçimi ya da sıralaması yapılan alternatifleri tercih etme safhası olarak tanımlanabilmektedir.

Karar vermede temel unsur, karar verici olduğu için, problem deterministik olmaktan çıkarak, karar verici veya karar vericilerin psikolojik, fizyolojik, sosyolojik, ekonomik, kültürel vs. özelliklerine bağlı olmaktadır.

Deterministik modeller, yöneticilere karar verme sürecinde destek sağlarlar; ancak nihai

kararın verilmesi, için birçok ilave girdinin de yapılması gerekmektedir. İlk olarak gelecekte var olacak veya karşılaşılacak ön görülemeyen durumlar deterministik modeli gelecek için geçersiz kılabilir. Diğer bir neden ise ulaşılmak istenen ve birbiri ile çakışan birçok amacın bulunmasıdır [145].

Kısacası, karar vermede kullanılan modeller arasındaki farklılık öncelikle karar vericinin bilgi derecesine daha sonra tahmin edilemeyen durumların kararı etkileme derecesine dayanmaktadır.

3.1.3. Karar verme türleri

Karar verme türleri literatürde üç farklı sınıflandırma ile ele alınmaktadır. Bu sınıflandırma karar verme faaliyetinin üç elemanının durumuna göre farklılık göstermektedir. Belirtilen üç eleman karar verici sayısı, karar ortamı ve kriter sayısıdır.

Karar verici/vericilerin sayılarına göre kişisel ve grup karar verme olarak ikiye ayrılmaktadır. Karar verme faaliyeti tek bir karar verici tarafından gerçekleştiriliyorsa burada kişisel karar söz konusu iken, faaliyet bir grup veya belirli bir uzman topluluğu tarafından gerçekleştiriliyorsa bir grup kararından söz etmek mümkündür.

Zaman zaman karar ortamı karar vericilerin karar verme faaliyetini etkilemektedir. Eğer seçeneklere yönelik bilgi mevcudu az ise belirsizlik artmaktadır. Bilgi seviyesinin artması ile karar verme faaliyetindeki belirsizlikte azalmalar görülmektedir. Karar ortamı genel olarak üçe ayrılmaktadır. Bunlar belirlilik ortamı, kısmi bilgi ortamı ve belirsizlik ortamıdır.

Belirlilik ortamında karar vermeye yönelik tüm bilgiler karar vericinin elinde olup, karar verici tarafından en yüksek faydaya sahip alternatifin seçimi amaçlanmaktadır.

Kısmı bilgi ortamında karar verme faaliyetinde alternatiflere yönelik bilgilerin kesin olarak bilinmediği ancak istatistiksel varsayımların elde edilmesi ile karar verici tarafından en yüksek faydaya sahip alternatifin seçimi amaçlanmaktadır.

Belirsizlik ortamında karar verme faaliyetlerinde karar vericinin alternatiflere yönelik

hiçbir bilgisi bulunmadığı gibi seçimlerin sonucuna yönelikte tahmini bulunmamaktadır.

Kriter sayısına göre karar faaliyeti incelendiğinde ise temel olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi alternatif seçimine yönelik tek bir kriter göz önüne alındığı durumdur. Bu duruma en iyi örnek doğrusal programlamadır. Doğrusal programlamada tek bir amaç (en büyükleme/en küçükleme) bulunmaktadır

İkinci ise alternatif seçimine yönelik birden fazla kriterin göz önüne alındığı durumdur. Bu duruma literatürde ÇKKV denilmektedir. Alternatifler karar vericiler veya alan uzmanları tarafından belirlenen kriterlere yönelik olarak bilimsel metotlar ile alternatifler puanlanır ve sıralanırlar. Karar vericiler tarafından belirlenen amaç doğrultusunda alternatifler arasından seçim işlemi gerçekleştirilmektedir.

3.2. ÇKKV

3.2.1. ÇKKV tanımı ve özellikleri

Karar vermede kullanılan modeller arasındaki farklılık öncelikle karar vericinin bilgi derecesine daha sonra tahmin edilemeyen durumların kararı etkileme derecesine dayanmaktadır.

Karar vericiler tarafında en iyi seçeneğin belirlenmesi oldukça zor bir süreçtir. Bu sürecin zorluğunun nedeni ise tüm kriterlerin aynı anda farklı etkilerinin bulunması ve bunun karar vericiler tarafından aynı anda değerlendirmek zorunda oluşudur. 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 [146].

Literatürde ÇKKV yöntemlerinde dört temel kavrama değinilmektedir. Bunlar aralarında seçim yapılacak alternatifler, alternatiflerin seçilirken belirlenecek kriterler, alternatiflerin istenilen kriterlere yönelik sahip olduğu nitelikler ve elde edilmek istenen amaçlardır.

Bu dört temel kavram kullanılarak karar verici veya karar vericiler tarafından alternatiflerin sıralaması veya seçimi gerçekleştirilmektedir.

3.2.2. ÇKKV türleri

Problemin çözüm yöntemine göre veya eldeki verilerin durumuna göre ÇKKV yöntemleri deterministik, stokastik ve bulanık karar verme yöntemleri olarak üç'e ayrılmaktadır [147].

Literatürde birçok ÇKKV yöntemi kullanılmakta olup, deterministik yöntemlerden ELECTRE, AHP ve TOPSIS yöntemleri, stokastik yöntemlerden SMAA yöntemi, bulanık karar verme yöntemlerinde ise stokastik yöntemlerin bulanıklaştırılmış halleri literatürde en çok kullanılan yöntemlerdir.

3.2.3. Sık kullanılan ÇKKV yöntemleri

ELECTRE (Elemination and Choice Translating Reality) yöntemi

Beneyoun tarafından önerilmiş ikili üstünlük değerlendirmelerine dayanan bir yöntemdir. Yöntem için sekiz adım tanımlanmıştır [148].

Adım 1: Karara yönelik matrisin oluşturulması,

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

A_{ij} matrisinin "m" adet alternatiften ve "n" adet kriterden oluştuğu kabul edilmiş olsun.

Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması,

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \quad (3.2)$$

$$x_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması

Karar verici tarafından değerlendirilen faktörlerinin önemleri farklı olabilmektedir. "Y" matrisi bu farklılıkları ELECTRE yöntemine entegre edebilmek için hesaplanmaktadır. Değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları (W_i) karar verici tarafından doğru olarak belirlemelidir.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.4}$$

Adım 4: Uyum (C_{kl}) ve Uyumsuzluk (D_{kl}) Setlerinin Belirlenmesi

Uyum setleri aşağıdaki formül vasıtası ile belirlenmekte olup, setlerin tespiti için Uyum "Y" matrisinden yararlanılır, değerlendirme faktörleri vasıtası ile uyum setleri karşılaştırılır. Uyumsuzluk seti, uyum setine ait olmayan elemanlardan oluşmaktadır. Uyum seti sayısı kadar uyumsuzluk seti de bulunmak zorundadır.

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \tag{3.5}$$

Adım 5: Uyum (C) ve Uyumsuzluk (D) Matrislerinin Oluşturulması

Uyum matrisi (C) elemanları aşağıdaki aşağıdaki formül vasıtası ile tespit edilmekte olup,

k=l için değer almaz.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \tag{3.6}$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmakta olup, her iki matriste "mxm" boyutludur ve k=l için değer almaz.

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} \left| y_{kj} - y_{lj} \right|}{\max_{j} \left| y_{kj} - y_{lj} \right|} \tag{3.7}$$

Adım 6: Uyum (F) ve Uyumsuzluk (G) Üstünlük Matrislerinin Oluşturulması

Uyum üstünlük matrisi (F) eşik değeri ($\underline{c}$) aşağıdaki formül vasıtası ile elde edilmektedir.

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} c_{kl} \tag{3.8}$$

Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) eşik değeri ($\underline{d}$) aşağıdaki formül vasıtası ile elde edilmektedir. Her iki matriste "mxm" boyutludur ve "F" matrisine benzer şekilde oluşturulur.

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} d_{kl} \tag{3.9}$$

Adım 7: Baskınlık (Toplam) (E) Matrisinin Oluşturulması

Baskınlık (Toplam) (E) Matrisinin elemanları "mxm" boyutlu olup, e_{kl}; f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının çarpımına eşittir.

Adım 8: Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi

"E" matrisinin satır ve sütunları alternatif bileşenlerini gösterir. "E" matrisinin aşağıdaki gibi oluştuğu durumlarda,

$$E = \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 0 & - & 1 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix} \tag{3.10}$$

$e_{12} = 1$, $e_{13} = 1$ ve $e_{23} = 1$ değerlerini alır. Bu ise 2. Alternatif bileşeninin 3. alternatif bileşenine, 1. alternatif bileşeninin 2. alternatif bileşenine ve 1. alternatif bileşeninin de 3. alternatif bileşenine üstünlüğünü göstermektedir.

AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi

Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) 1977 yılında tarafından geliştirilmiştir. Yöntem için altı adım tanımlanmıştır [149].

Adım 1: Problemin Tanımlanması

Karar verme probleminin tanımlanması alternatif noktalarının tespiti ve bu noktaları etkileyen kriterlerin saptanması ile başlamaktadır. Bu çalışmada "m" adet alternatifimizin ve "n" adet kriterimizin olduğu kabul edilmiştir.

Adım 2: Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Karşılaştırma matrisi, "mxn" boyutunda ve köşegen matris bileşenlerinin 1 değerini aldığı matristir. Çünkü kriterler kendileri ile karşılaştırılmamaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Belirlenen kriterlerin karşılaştırılması, karşılıklı ve birebir olmak üzere önem değerlerine göre yapılır.

Karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin altında kalan değerler için aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (3.12)$$

Adım 3: Yüzde Önem Dağılımlarının Belirlenmesi

Yüzde önem ağırlıklarını belirlemek amacı ile “n” adet ve “n” bileşenli “B” sütun vektörü oluşturulur. Aşağıda bu vektör gösterilmiştir:

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ . \\ . \\ . \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

“B” sütun vektörlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formülünden yararlanılmaktadır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \tag{3.14}$$

Değerlendirme faktörleri için yukarıdaki adımlar tekrarlandığında “n” adet “B” sütun vektörü oluşacak ve bu vektörler de aşağıda gösterilen “C” matrisi oluşturacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \tag{3.15}$$

“W” sütun vektörlerini oluşturmak amacı ile “C” matrisinin satırların aritmetik ortalaması alınmaktadır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \tag{3.16}$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \tag{3.17}$$

Adım 4: Tutarlılığın hesaplanması

Tutarlılık Oranı (CR), Temel Değer (λ) olarak kabul edilen katsayının kriter sayısı ve kriterlerin karşılaştırılması vasıtası ile tutarlılığın test edilmesi sonucu ortaya çıkan bir değer olarak açıklanmaktadır.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

Kriterlere yönelik temel değer (E), oluşturulan "D" matrisinin "W" vektörüne bölünmesinden elde edilmektedir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i= 1,2,\dots,n) \quad (3.19)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} \quad (3.20)$$

Temel değerin hesaplanmasını takiben Tutarlılık Göstergesi (CI) hesaplanmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \quad (3.21)$$

Standart düzeltme değeri (CR), Tutarlılık göstergesi (CI)'nin Random gösterge (RI)'ye bölünmesi ile elde edilmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.22)$$

"CR" değeri için 0.10 kritik bir değerdir. CR'nin kritik değerden küçük olması karşılaştırmanın tutarlılığını, karşılaştırmadaki CR'nin kritik değerden büyük olması ise tutarsızlığını göstermektedir.

Adım 5: Yüzde Önem Dağılımlarının Tespiti

Yüzde önem dağılımları tespit edilirken birebir karşılaştırmalar kriter sayısı kadar gerçekleştirilir. Bütün karşılaştırmalar sonucunda bir "S" vektörü oluşur.

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix} \tag{3.23}$$

Adım 6: Sonuç Dağılımının Bulunması

Sonuç dağılımının bulunması amacı ile elde edilen "S" sütun vektörleri birleştirilir ve "K" matrisi elde edilir.

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.24}$$

"S" vektörlerinin birleşimi ile oluşturulan "K" karar matrisi ile "W" sütun vektörü çarpılır ve çarpım sonucunda alternatif noktalarının dağılımlarını ve önemini gösteren "L" vektörü elde edilmiş olur.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ . \\ . \\ . \\ l_{m1} \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi

TOPSİS yöntemi, ELECTRE yöntemi temeline dayanan ancak ELECTRE yöntemine göre daha kısa çözüm yolu olan bir yöntem olarak ortaya çıkmış olup, 6 adımdan oluşmaktadır [150].

Adım 1: Karara yönelik matrisin oluşturulması,

$$\mathrm{A_{ij}} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

A_{ij} matrisi “m” adet alternatiften ve “n” adet kriterden oluşan başlangıç matrisi olarak kabul edilir.

Adım 2: Standart karar matrisinin (R) oluşturulması,

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \quad (3.27)$$

R standart matrisinin gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.28}$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Ağırlık değerleri (w_i) belirlenir ($\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$) ve V matrisi oluşturulur.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.29}$$

Adım 4: İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

Değerlendirme faktörlerinin artan veya azalan bir eğilime sahip olduğu kabul edilmektedir. İdeal çözüm setinin elde edilebilmesi amacı ile "V" matrisindeki sütun değerlerinin maksimizasyon problemlerinde en büyükleri, minimizasyon problemlerinde ise en küçükleri seçilmektedir.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J), (\min_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J' \right\} \tag{3.30}$$

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J), (\max_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J' \right\} \tag{3.31}$$

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Değerlendirme faktör değerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmaları, Euclidian

Uzaklık Yaklaşımı ile hesaplanmaktadır. Alternatif değerlere ilişkin sapma değerleri İdeal Ayırım (S_i^+) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) ölçüsü olarak adlandırılmakta olup, alternatif sayısı kadar S_i^+ ve S_i^- elde edilecektir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^*)^2} \tag{3.32}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \tag{3.33}$$

Adım 6: Göreli Yakınlığın İdeal Çözüme Göre Hesaplanması

Her bir alternatifin göreli yakınlığının ideal çözüme (C_i^+) hesaplanmasında ideal S_i^+ ve negatif ideal S_i^- değerlerinden yararlanılır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \tag{3.34}$$

C_i^+ değeri sıfır ile bir aralığında değer almakta olup "1" değerine eşit olması ideal alternatif çözüme "0" olması negatif ideal alternatif çözüme ulaşıldığını göstermektedir.

3.3. SWARA (Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis))

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

SWARA yöntemi, kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde karar vericilerin veya alan uzmanlarının kriterlerin önem derecesine ilişkin görüşlerini tahmin etme olasılığına dayanmaktadır [151].

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 [152].

Karar vericiler k_l = 1,...l olarak, alternatifler a_i; i= 1,...m ve kriterlerin c_j; j=1,…n olarak belirtilmiş olsun.

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

$$P_j^k;\ 0 \leq P_j^k \leq 1 \tag{3.35}$$

Adım 2: Her bir kriterin göreli önem düzeyinin (s_j) belirlenmesi (Bunun için, j kriteri ile bir sonraki kriter (j+1) karşılaştırılması) [151],

$$s_j = \frac{\sum_{k=}^{l} p_j^k}{l} \tag{3.36}$$

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

Adım 4: Her bir kriter için katsayı değerinin hesaplanması,

$$C_j = S_j + 1 \tag{3.37}$$

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

$$s_j^1 = \frac{s_j^1 j-1}{c_j};\quad s_{j-1} > s_j \tag{3.38}$$

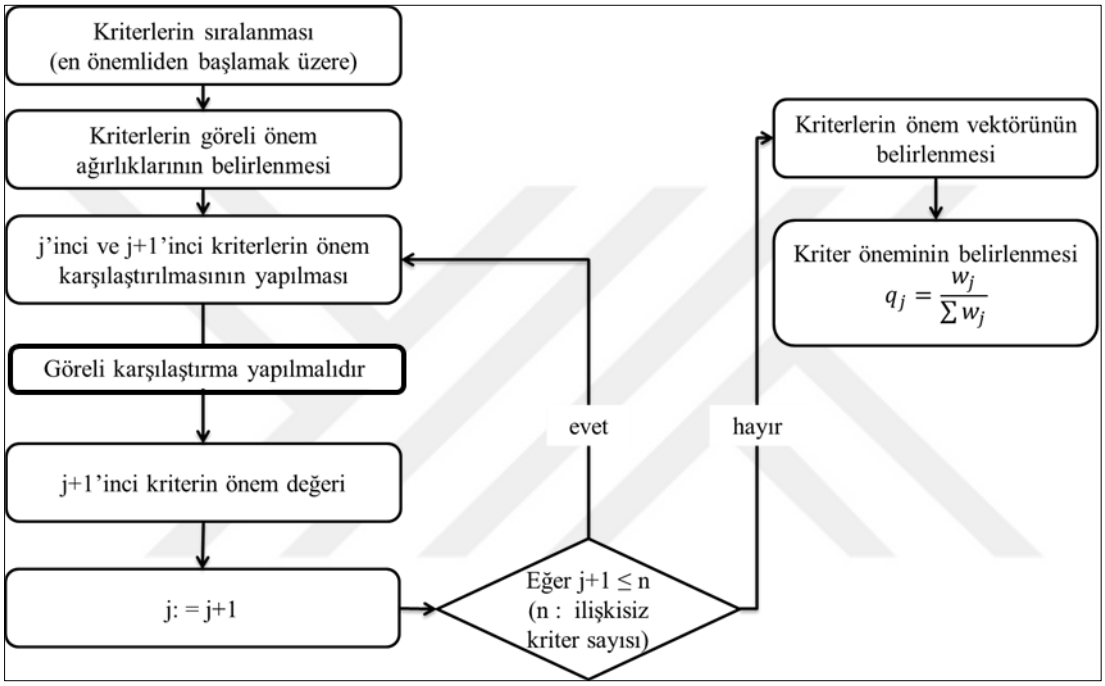
Adım 6: Bütün kriterler için son ağırlıkların hesaplanması ve S_j^l normalize edilmesi,

$$w_j = \frac{s_j^1}{\sum_{j=}^{n} s_j^1} \tag{3.39}$$

Adım 7: Kriter öneminin belirlenmesi,

$$q_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \tag{3.40}$$

SWARA yöntemine ait iş akış şeması Şekil 3.1.'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.1.: SWARA yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi [151]

3.4. SMAA-2 (Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi-2 (Stochastic Multi-Criteria Acceptability Analysis-2))

Bazı durumlarda karar vericiler görüşlerini açığa çıkmalarını 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.

SMAA yöntemleri, ağırlıkların ve kriterlere ait değerlerin elde edilemediği bu gibi durumlarda etkin bir karar destek aracı olarak geliştirilmiştir [153]. Farklı stokastik ÇKKV

problem tiplerini çözmek için için sıralama, seçme ve sınıflandırma metotları kullanılmaktadır [148]. Bu metotlar parametre değerleri aralıklarının ters analizlerine vasıtası ile gerçekleştirilmektedir.

SMAA metotolojisi, ilk olarak kıyaslamalı yüksek hacim kriteri metotu kullanılarak Charnestki (1973) ve Charnestki ile Soland (1978) tarafından ortaya atılmıştır. SMAA'da, kabul edilebilirlik indisi, merkezi ağırlık vektörü ve güvenilirlik faktörü olmak üzere üç ölçek tanımlanmaktadır [154]. Bu ölçekler Monte Carlo simülasyonları ile hesaplanmaktadır.

SMAA-2, SMAA metotundaki kabul edilebilirlik indislerinin alternatiflere göre ağırlık vektörü kümelerinin genişletilmesi sonucu iyiden kötüye sıralaması esasına dayanılarak geliştirilmiştir [155]. SMAA-3, SMAA fayda fonksiyonun yerine ELECTRE-tip fayda fonksiyonunun kullanılması ile geliştirilmiş bir metottur [154].

SMAA-TRI diğer SMAA metotlarından farklı olarak sınıflandırma esasına dayanır ve kategori kabul edilebilirlik indisi esas alınmaktadır.

Ref-SMAA, merkezi referans noktası ve referans kabul edilebilirlik indisini esas alarak tercihlerin sıralandırılmasına dayanmaktadır [156].

SMAA-2 yöntemi alternatiflerin sıralanması vasıtası ile alternatifler arasından en iyisinin seçimini yapmak üzere geliştirilmiş bir metottur [155]. SMAA-2 yöntemi en iyi yöntemin belirlenmesinin sağlaması yanında diğer alternatifleri de sıralaması yönünden karar vericilere diğer yöntemlerden daha fazla yarar sağlamaktadır.

SMAA-2 metotu ile üç tanımlayıcı ölçü ortaya çıkmakta olup, bunlar; sıra kabul edilebilirlik indisi, üç tip merkezi ağırlık vektörleri ve güvenlik faktör indisidir [155]. Ayrıca, SMAA-2 metotunda her alternatifin sıralama fonksiyonu tanımlanır (en iyi (=1) en kotu (=m)) [157]:

$$\text{rank}\,(i;\zeta,w)=1+\sum_{k=1} p(u(\zeta_k, w) > u(\zeta_i, w)) \qquad (3.41)$$

Bu fonksiyonda p(doğru)=1 ve p(yanlış)=0 kuralı geçerli olup, SMAA-2 metotu, $w_i^r(\zeta)$ sıra ağırlık kümelerinin analizi esas alınarak gerçekleştirilmektedir. Burada, $w = w_i^r(\zeta)$ ağırlığına sahip olan bir alternatif x_i, r sırasını alır [158].

$$w_i^r(\zeta) = \{w \in W: \text{rank}\,(i;\zeta,w)= r\} \tag{3.42}$$

Sıra kabul edilebilirlik indisi, alternatifin mevcut durumunu farklı tercihlerin sonucu olarak ölçer indisi b_i^r olarak belirtilir. Bu, kriter uygun sıra ağırlıkları için çok boyutlu integrallerle aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır [159].

$$b_i^r = \int_{\zeta \in X} f_x\zeta \quad \int_{w \in W_i^r(\zeta)} f(w)dwd\zeta \tag{3.43}$$

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 birleştirilmesi ile elde edilmektedir.

$$a_i^h = \sum_r a^r b_i^r \tag{3.44}$$

a^r olarak ifade edilen meta ağırlıkları seçmenin birçok yolu bulunmaktadır [155]. Ağırlıklar normalize edilmiş olmalı, negatif olmamalı ve sıra değerinin artışı ile artmamalıdır.

4. ÖNERİLEN YÖNTEM: SWARA-SMAA-2

4.1. SWARA-SMAA-2 Yönteminin Tanımı

Literatürde bulunan birçok karar probleminde karar vericiler, görüşlerini açığa çıkmalarını istemezler ya da probleme ait eksik bilgileri bulunduğundan 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 arttıracağı değerlendirilmektedir. Oluşturulan yeni yönteme ait adımlar ve iş akışları aşağıda sunulmuştur.

4.2. SWARA-SMAA-2 Yönteminin İş Akışı

Karar vericiler k = 1,...l olarak, alternatifler a_i; i= 1,...m ve kriterlerin c_j; j=1,…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,

$$P_j^k;\ 0 \leq P_j^k \leq 1 \tag{4.1}$$

Adım 3: Her bir kriterin göreli önem düzeyinin (s_j) belirlenmesi (Bunun için, j kriteri ile bir sonraki kriterin (j+1) karşılaştırılması) [151],

$$s_j = \frac{\sum_{k=}^{l} p_j^k}{l} \tag{4.2}$$

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

Adım 5: Her bir kriter için katsayı değerinin hesaplanması,

$$C_j = S_j + 1 \tag{4.3}$$

Adım 6: Her bir kriter için düzeltilmiş ağırlıkların hesaplanması (S_j1 =1, en önemlisi 1 olmalı),

$$s_j^1 = \frac{s_j^1 j-1}{c_j}; \quad s_{j-1} > s_j \tag{4.4}$$

Adım 7: Bütün kriterler için son ağırlıkların hesaplanması ve Sjl normalize edilmesi,

$$w_j = \frac{s_j^1}{\sum_j^n = s_j^1} \tag{4.5}$$

Adım 8: Kriter öneminin belirlenmesi,

$$q_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \tag{4.6}$$

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

Adım 10: Her alternatifin sıralama fonksiyonu tanımlanması,

$$\text{rank } (i;\zeta,w)=1+\sum_{k=1} p(u(\zeta_k, w) > u(\zeta_i, w)) \tag{4.7}$$

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,

$$w_i^r(\zeta) = \{w \in W: \text{rank } (i;\zeta,w)= r\} \tag{4.8}$$

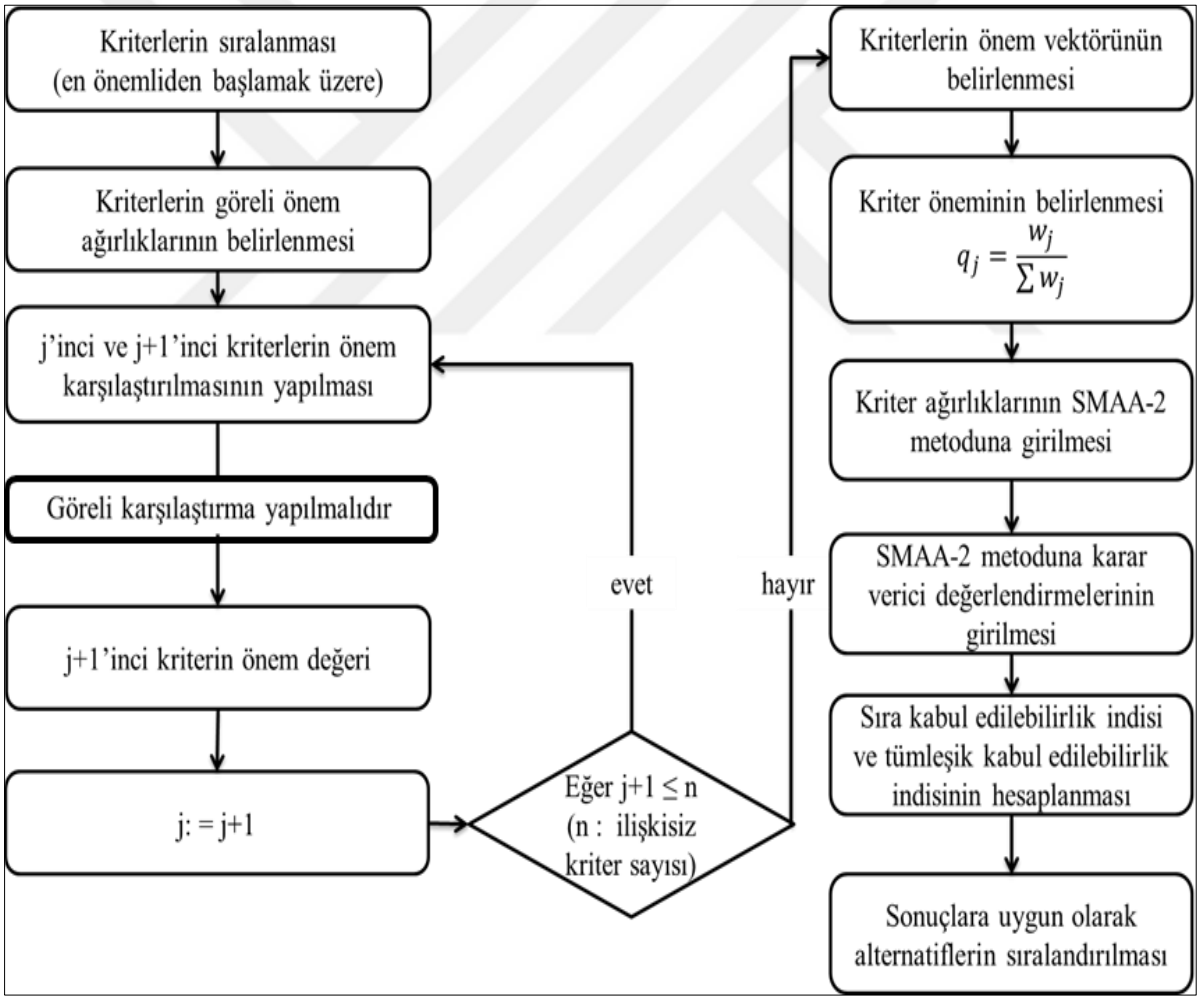
Adım 12: Sıra kabul edilebilirlik indisinin hesaplanması,

$$b_i^r = \int_{\zeta \in X} f_x \zeta \quad \int_{w \in W_i^r(\zeta)} f(w) dw d\zeta \tag{4.9}$$

Adım13: Tümleşik kabul edilebilirlik indisinin hesaplanması,

$$a_i^h = \sum_r a^r b_i^r \tag{4.10}$$

Adım14: Elde edilen sonuçlara uygun olarak alternatiflerin sıralandırılması ve en iyi sonucun belirlenmesi olup, bu yönteme ait iş akışı Şekil 4.1.'da sunulmuştur.



Şekil 4.1. SWARA-SMAA-2 yöntemi iş akış şeması

4.3. SWARA-SMAA-2 Yönteminin Diğer Yöntemler ile Karşılaştırılması

SMAA-2, SMAA-GIA, SMAA-DEMATEL-GIA ve SWARA-SMAA-2 yöntemleri bir literatür problemi olan ilaç fayda risk analiz değerlendirmesine uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Öncelikli olarak ilgili probleme yönelik veriler Tervonen'in 2010 yılında yapmış olduğu çalışmadan alınmış olup Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Kriter ölçekleri (Değerler ortalama ve std. sapma şeklindedir.) [160]

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

Ayrıca üç farklı farmakoloji uzmanı ile yapılan görüşmeler sonucunda kriter ağırlıkları elde edilmiş olup Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Her uzmanın değerlendirmesinin eşit öneme sahip olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.2. Alan uzmanı değerlendirmeleri

	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 Tervonen'in 2010 yılında yapmış olduğu çalışmadan alınmış [160]. Ayrıca java platformunda yaratılmış olan açık kaynak kodlu bir program olan JSMAA 1.0.3 ile yeniden çözülmüştür. Ulaşılan sonuçların aynı olduğu görülmüştür.

SMAA-GIA, SMAA-DEMATEL-GIA yönteminin sonuçları E.K.Aydoğan ve M.Özmen'nin 2015 yılında yapmış olduğu çalışmalardan alınmıştır [159].

SWARA-SMAA-2 yöntemi için yeni geliştirilen program kullanılmış, ayrıca yeni programda SMAA-2 için çalıştırılarak sonuçlar elde edilmiştir.

Bu kapsamda Çizelge 4.3'de sıra kabul edilebilirlik tablosu sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Sıra kabul edilebilirlik indisi [159-160]

SMAA				
İlaç	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3	Sıra 4
Fluoxetine	0,2	0,28	0,3	0,22
Paroxetine	0,25	0,29	0,27	0,19
Sertraline	0,17	0,25	0,29	0,29
Venlafaxine	0,38	0,18	0,14	0,3
SMAA-GIA				
İlaç	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3	Sıra 4
Fluoxetine	0,196	0,288	0,287	0,223
Paroxetine	0,167	0,259	0,293	0,288
Sertraline	0,157	0,252	0,274	0,316
Venlafaxine	0,481	0,201	0,147	0,172
SMAA-DEMATEL-GIA				
İlaç	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3	Sıra 4
Fluoxetine	0,198	0,2977	0,2868	0,2175
Paroxetine	0,1704	0,2593	0,2827	0,2876
Sertraline	0,16	0,237	0,2806	0,3224
Venlafaxine	0,4716	0,206	0,1499	0,1725
SWARA-SMAA-2				
İlaç	Sıra 1	Sıra 2	Sıra 3	Sıra 4
Fluoxetine	0,001	0,0195	0,218	0,7623
Paroxetine	0,186	0,4836	0,2459	0,0845
Sertraline	0,0566	0,2985	0,4944	0,1505
Venlafaxine	0,7572	0,1984	0,0417	0,0027

Uygulanan dört metotun sıra kabul edilebilirlik indisleri incelendiğinde sıralamaların hemen hemen aynı olduğu, ancak önerilen yeni metotun (SWARA-SMAA-2) diğer üç metota oranla daha net sonuç verdiği görülmektedir.

Çizelge 4.4'de Güvenilirlik Faktörleri ve Merkezi Ağırlık Vektörleri tablosu aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Güvenilirlik faktörleri ve merkezi ağırlık vektörleri [159-160]

SMAA							
İlaç	Güvenilirlik Faktörü	Ln(Etki/yarar)	İshal	Baş Dönmesi	Baş Ağrısı	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	0,2
Venlafaxine	0,74	0,19	0,21	0,12	0,21	0,18	0,09
SMAA-GIA							
İlaç	Güvenilirlik Faktörü	Ln(Etki/yarar)	İshal	Baş Dönmesi	Baş Ağrısı	Uykusuzluk	Mide Bulantısı
Fluoxetine	0,43	0,1	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	0,2	0,1	0,24	0,12	0,15	0,19
Venlafaxine	0,8	0,18	0,21	0,12	0,2	0,18	0,11
SMAA-DEMATEL-GIA							
İlaç	Güvenilirlik Faktörü	Ln(Etki/yarar)	İshal	Baş Dönmesi	Baş Ağrısı	Uykusuzluk	Mide Bulantısı
Fluoxetine	0,43	0,1	0,13	0,25	0,17	0,16	0,22
Paroxetine	0,27	0,2	0,16	0,14	0,12	0,16	0,25
Sertraline	0,3	0,2	0,11	0,24	0,13	0,15	0,2
Venlafaxine	0,81	0,18	0,21	0,12	0,2	0,19	0,12
SWARA-SMAA-2							
İlaç	Güvenilirlik Faktörü	Ln(Etki/yarar)	İshal	Baş Dönmesi	Baş Ağrısı	Uykusuzluk	Mide Bulantısı
Fluoxetine	0	0,42	0,25	0,05	0,09	0,16	0,03
Paroxetine	0,1794	0,42	0,25	0,05	0,09	0,16	0,03
Sertraline	0,0581	0,42	0,25	0,05	0,09	0,16	0,03
Venlafaxine	0,7622	0,42	0,25	0,05	0,09	0,16	0,03

Güvenilirlik Faktörleri ve Merkezi Ağırlık Vektörleri tablosu incelendiğinde SMAA yöntemi için Venlafaxine' nin güvenilirlik faktörü 0,74 iken, SWARA - SMAA-2 için bu değerin 0,76'ya yükseldiği görülmüştür.

SMAA-GIA, SMAA-DEMATEL-GIA ile karşılaştırıldığında ise bu değerin diğer yöntemlere göre biraz daha düşük olduğu gözükmektedir. Bunun sebebi merkez ağırlık vektörlerinin SWARA yöntemi ile dışarıdan entegre edilmiş olmasıdır.

Çizelge 4.5. İncelendiğinde Kullanılan dört yöntemde de Venlafaxine en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. SWARA - SMAA-2 dışında kullanılan üç yöntemde de Fluoxetine ikinci en iyi alternatif olarak çıkmış 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 kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.5. SWARA-SMAA-2 sonuçları ve diğer yöntemlerin karşılaştırması

	SIRALAMA			
	SMAA	SMAA-GIA	SMAA-DEMATEL-GIA	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

Bu kapsamda değerlendirildiğinde Venlafaxine > Paroxetine > Setraline > Fluoxetine sıralamasının diğer çözümlerle uyumlu olduğu gözükmektedir.

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 söylenmiştir.

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.

5. JSMAA PROGRAMI VE SWARA-SMAA-2 EKLENTİSİ

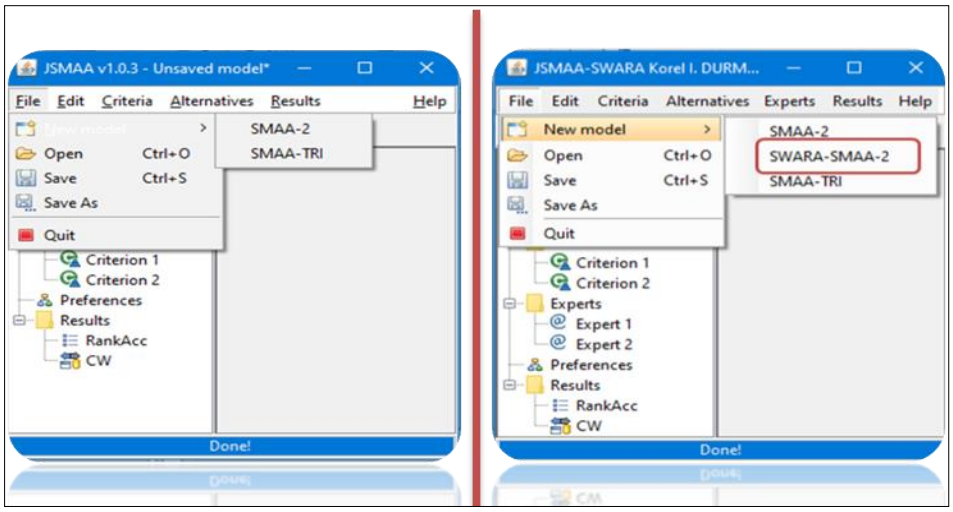
5.1. JSMAA Programının Yapısı ve Özellikleri

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 [161]. İlgili yöntemler, JSMAA'nın basit ara yüzleri ve nesne kütüphaneleri sayesinde kolaylıkla kullanılabilmektedir.

5.2. JSMAA Programındaki Yenilikler

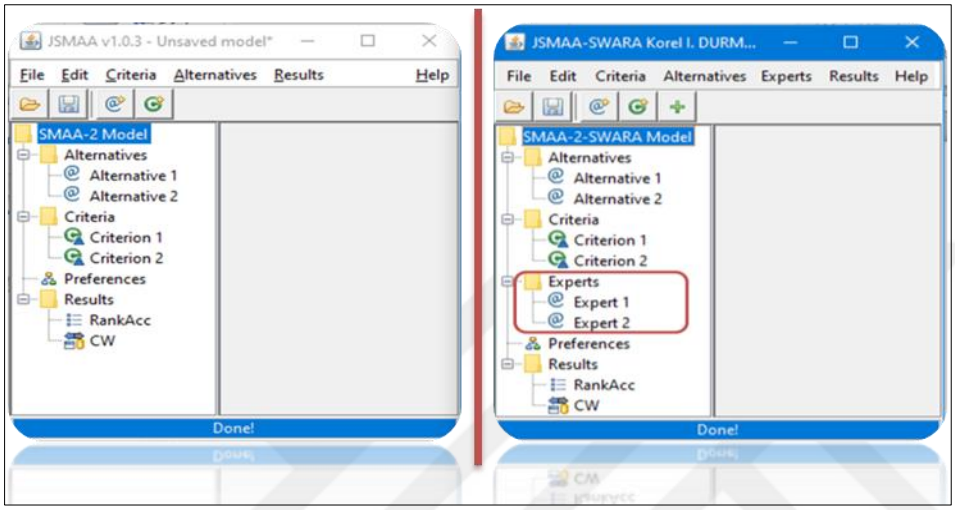
Bu çalışma ile JSMAA programına yeni bir eklenti entegre edilerek SWARA-SMAA-2 metodunun kriter ağırlıklarının program içinde hesaplanması ve algoritmaya dahil edilmesi sağlanmıştır. Böylece alan uzmanlarının değerlendirmeleri karar süreçlerine dahil edilerek daha doğru ve gerçekçi sonuçlar elde edileceği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

JSMAA programında yapılan ilk değişiklik kullanıcıların, kullanılacak modeli seçebilmesine yönelik olarak SWARA-SMAA-2 sekmesinin eklenmesidir. İlgili sekme Şekil 5.1.'de sunulmuştur. Bu sayede kullanıcı kullanmak istediği modeli rahatlıkla seçebilecektir.



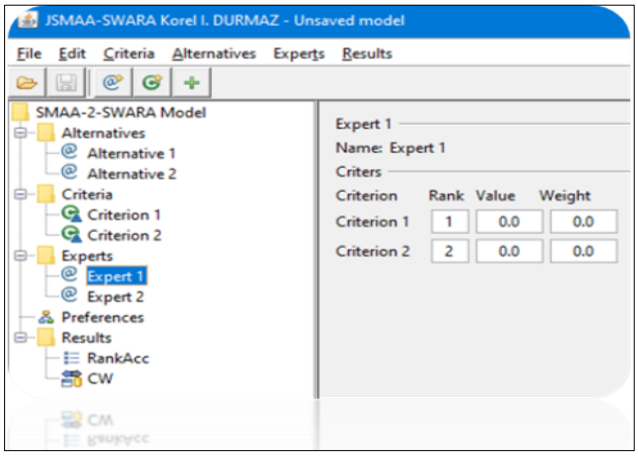
Şekil 5.1. Model seçim sekmesi (Eski-Yeni)

JSMAA programında yapılan ikinci değişiklik kullanıcıların, istedikleri kadar uzman görüşlerini girebilecekleri "Experts" alanının eklenmesi olmuştur. İlgili alan Şekil 5.2.'de iki adet expert sekmesi sunulmuştur. Bu sayede kullanıcılar alan uzmanlarının değerlendirmelerini kolaylıkla programa girebileceklerdir.



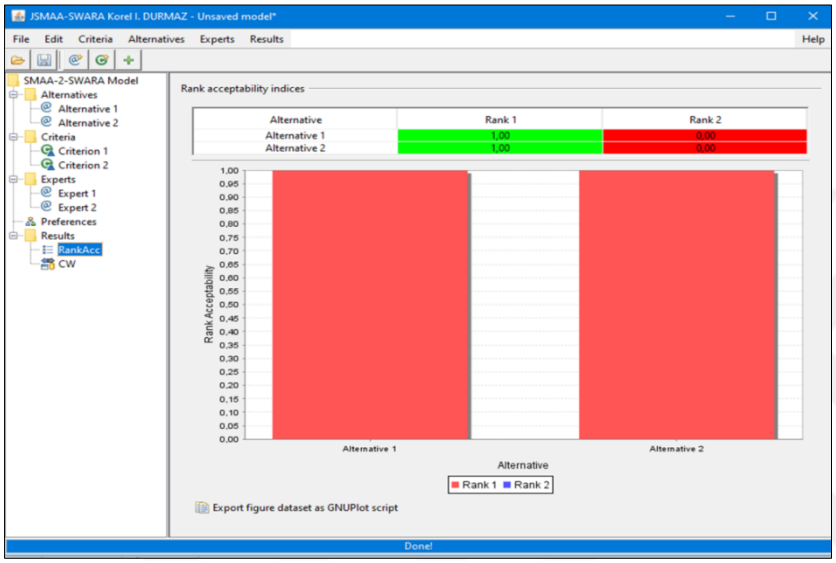
Şekil 5.2. Uzman değerlendirmesi (Eski-Yeni)

Şekil 5.3.'de görülen "Expert" sekmeleri seçildiğinde alan uzmanına ait üç değerlendirmenin girilmesi beklenmektedir. Birincisi, alan uzmanı tarafından ilgili kriterin kaçıncı sırada değerlendirildiğini gösteren "Rank" değeri; ikincisi, alan uzmanı tarafından ilgili kriterin sıralı önem değerini gösteren 0-1 aralığında bulunan "Value" değeri ve son olarak, ilgili kriter konusunda alan uzmanının diğer alan uzmanlarına göre ağırlığının girilmesi beklenen 0-1 aralığında bulunan "Weight" değeridir.



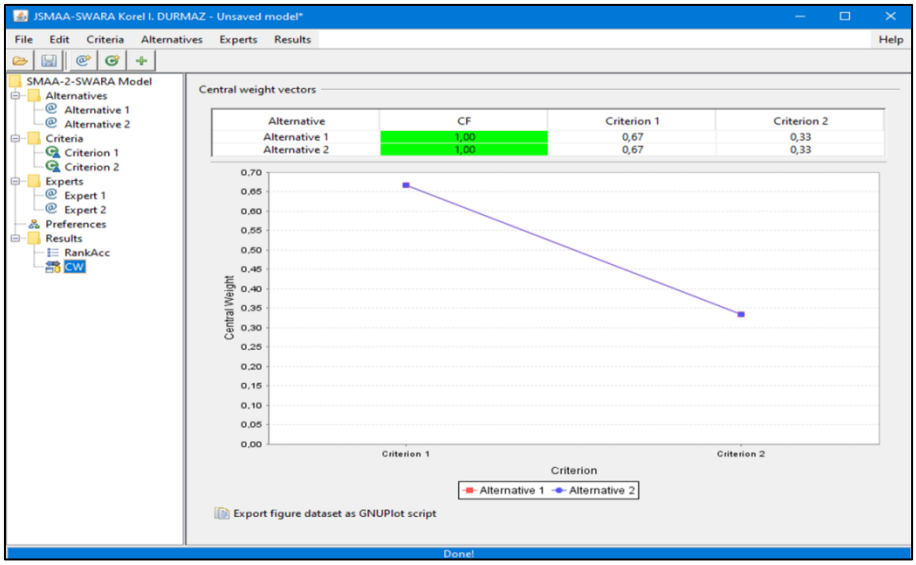
Şekil 5.3. Uzman değerlendirme ekranı

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-5.4.'te sunulmuştur.



Şekil 5.4. Sıra kabul edilebilirlik indeksleri sayfası (Yeni)

İkincisi ise merkezi ağırlık vektörleri olup ekran görüntüsü Şekil 5.5.'te sunulmuştur. Bu iki sonuca göre alternatiflerin sıralandırılması değerlendirilmektedir.



Şekil 5.5. Merkezi ağırlık vektörleri sayfası (Yeni)

6. UYGULAMA: JET EĞİTİM UÇAĞI SEÇİMİ

6.1. Problemin Tanımı

Dünyada birçok hava gücüne sahip ülke, savaş pilotu eğitimlerini jet eğitim uçakları vasıtası ile gerçekleştirmektedir. Jet eğitim uçağı seçimi oldukça zor bir süreçtir. Savunma Sanayi'nde bu süreci kolaylaştırmak amacı ile ELD, harekât ve sözleşme olmak üzere üç grup uzman tarafından aşağıdaki kriterler seçim kriteri olarak belirlenmiştir ve bu doğrultuda alan uzmanları tarafından kriterler değerlendirilmektedir.

Kriter 1: Bilgi Sistem Kaynakları (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının bilgi sistem ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

Kriter 2: Tasarıma Etki (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının tasarım değişikliğine ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

Kriter 3: Tesis ve Alt Yapı (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının tesis ve alt yapı ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

Kriter 4: Bakım (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının bakım ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

Kriter 5: İş Gücü ve Personel (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının iş gücü ve personel ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

Kriter 6: Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının paketleme, elleçleme, depolama ve taşıma ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

Kriter 7: Ürün Destek Yönetimi (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının desteklenebilirlilik yönetiminin incelendiği kriterdir),

Kriter 8: Ürün Desteği (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının desteklenebilirliliğinin incelendiği kriterdir),

Kriter 9: Destek Teçhizatı (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının destek teçhizatı ihtiyacı olması durumunun incelendiği kriterdir),

Kriter 10: Sürdürülebilirlik Mühendisliği (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının sürdürülebilirlik durumunun incelendiği kriterdir),

Kriter 11: Teknik Veri (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının teknik verilerinin incelendiği kriterdir),

Kriter 12: Eğitim ve Eğitim Desteği (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının eğitim gereksinim durumunun incelendiği kriterdir)'dir.

Kriter 13: Uçuş Emniyeti (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının uçuş emniyeti açısından incelendiği kriterdir)'dir.

Kriter 14: Aviyonik Sistemleri (Tedarik edilecek uçağın aviyonik sistemleri açısından incelendiği kriterdir)'dir.

Kriter 15: Uçuş Performansı (Tedarik edilecek uçağın uçuş performansı açısından incelendiği kriterdir)'dir.

Kriter 16: Ödeme Şartları (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının ödeme şartları açısından incelendiği kriterdir)'dir.

Kriter 17: Ortak Üretim (OFF-SET) (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının ortak üretim açısından incelendiği kriterdir)'dir.

Kriter 18: Diğer Faktörler (Tedarik edilecek uçağın veya alt parçalarının stratejik, politik vb. faktörler açısından incelendiği kriterdir)'dir.

Alan uzmanları ile yapılan değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki alternatifler belirlenmiştir:

Alternatif 1: Boeing / SAAB firmasının tasarımı olan T-X uçağı,

Alternatif 2: TAI firmasının tasarımı olan HÜRJET uçağı,

Alternatif 3: KAI firmasının tasarımı olan T-50 uçağı,

Alternatif 4: Alenia Aermacchi firmasının tasarımı olan M-346 uçağı,

Alternatif 5: Yakovlev / Aermacchi firmasının tasarımı olan YAK-130 uçağı.

Kriterlere ilişkin alternatifler bazında değerlendirmeler üç grupta altışar kişi olmak üzere 18 alan uzmanı tarafından 1-10 aralığında belirlenmiş olup, ortalamaları Şekil 6.1.'de sunulmuştur.

Measurements

Criterion	Measurement	Name: HURJET	Name: T-X	Name: M-346	Name: T-50	Name: YAK-130
Uçuş Emniyeti	Exact	9.2	9.1	8.8	8.9	9.0
Ürün Destek Yönetimi	Exact	8.9	8.6	8.4	7.9	7.8
Tasarıma Etki	Exact	8.9	8.2	8.1	7.7	7.4
Destek Teçhizatı	Exact	9.1	8.9	8.1	7.9	9.0
Uçuş Performansı	Exact	9.0	8.5	8.0	8.2	8.9
Bakım	Exact	9.0	9.1	8.7	8.4	8.5
Ürün Desteği	Exact	9.0	8.8	8.7	8.9	8.6
Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma	Exact	8.2	8.1	8.0	7.8	7.7
Eğitim ve Eğitim Desteği	Exact	8.0	7.8	7.2	7.4	7.6
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	Exact	8.7	8.6	8.2	7.8	7.9
İş Gücü ve Personel	Exact	7.5	7.3	7.2	7.1	7.4
Bilgi Sistem Kaynakları	Exact	7.2	7.4	7.1	6.9	7.0
Teknik Veri	Exact	8.4	8.3	8.2	8.0	8.1
Tesis ve Alt Yapı	Exact	8.6	8.5	8.1	8.0	8.2
Ortak Üretim	Exact	9.7	8.1	8.7	8.6	9.0
Aviyonik Sistemleri	Exact	8.2	8.1	7.4	7.6	7.8
Ödeme Şartları	Exact	9.2	8.5	8.7	8.8	8.9
Diğer Faktörler	Exact	9.2	8.4	8.8	8.7	9.0

Şekil 6.1. Kriter ölçekleri

Alan uzmanları tarafından kriterlerin sıralanması ve bir üst sıradaki kritere göre değerlendirilmesi istenmiş olup, alan uzmanlarının değerlendirmeleri Şekil 6.2.'de sunulmuştur.

Criters	Name: Lojistik Uzmanı			Name: Harekat Uzmanı			Name: Strateji Uzmanı		
Criterion	Rank	Value	Weight	Rank	Value	Weight	Rank	Value	Weight
Ödeme Şartları	15	0.6	0.3	10	0.8	0.3	2	0.7	0.4
Ürün Desteği	1	0.9	0.4	6	0.8	0.3	9	0.9	0.3
Tasarıma Etki	11	0.8	0.4	9	0.8	0.3	7	0.9	0.3
Uçuş Emniyeti	13	0.9	0.3	1	0.9	0.4	4	0.8	0.3
Teknik Veri	5	0.5	0.4	17	0.7	0.3	18	0.7	0.3
İş Gücü ve Personel	6	0.7	0.4	11	0.9	0.3	13	0.7	0.3
Diğer Faktörler	17	0.7	0.3	5	0.7	0.3	1	0.6	0.4
Tesis ve Alt Yapı	7	0.9	0.4	16	0.7	0.3	15	0.8	0.3
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	12	0.9	0.4	13	0.9	0.3	14	0.5	0.3
Destek Teçhizatı	9	0.6	0.4	18	0.8	0.3	12	0.6	0.3
Aviyonik Sistemleri	16	0.6	0.3	3	0.9	0.4	11	0.7	0.3
Ortak Üretim	18	0.9	0.3	14	0.6	0.3	3	0.6	0.4
Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Taşıma	4	0.7	0.4	8	0.9	0.3	10	0.8	0.3
Eğitim ve Eğitim Desteği	8	0.9	0.4	4	0.6	0.3	16	0.9	0.3
Ürün Destek Yönetimi	3	0.8	0.4	12	0.7	0.3	8	0.9	0.3
Bilgi Sistem Kaynakları	10	0.7	0.4	7	0.8	0.3	6	0.6	0.3
Uçuş Performansı	14	0.7	0.3	2	0.9	0.4	5	0.6	0.3
Bakım	2	0.8	0.4	15	0.8	0.3	17	0.7	0.3

Şekil 6.2. Alan uzmanı değerlendirmeleri

6.2. Problemin Çözümü

İlgili problem, SMAA-2 ve SWARA-SMAA-2 yöntemi ile JSMAA programında çözülmüştür. Öncelikli olarak SMAA yönteminin çözümüne yönelik "Preference" değeri SMAA-2 metodu için alan uzmanlarının görüşleri kullanılmadığından "Missing", SWARA-SMAA-2 metodu için alan uzmanlarının görüşleri kullanıldığından "Cardinal" olarak seçilmiştir. Çalışmada kullanılan kriterler fayda fonksiyonu içerdiğinden kriterler için "Ascending" ifadesi kullanılmıştır.

SMAA-2 ve SWARA-SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralamaların:

(HURJET > T-X > YAK-130 > T-50 > M-346) aynı olduğu görülmüştür. Sıralamalara ait kabul edilebilirlik indisleri ise Şekil 6.3.'de sunulmuştur.

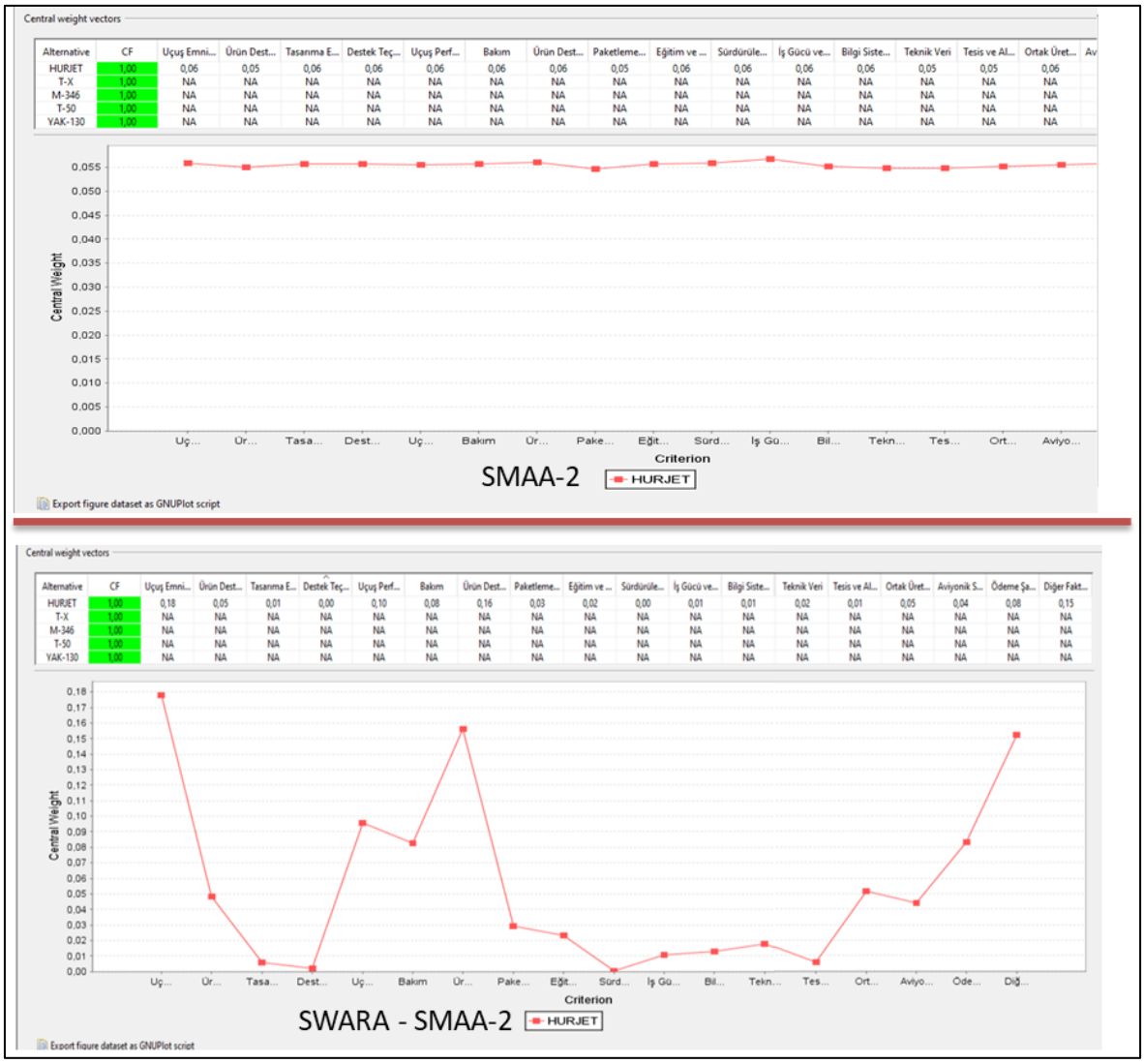


Şekil 6.3. SMAA-2, SWARA-SMAA-2 sıra kabul edilebilirlik indis tablosu

Şekil 6.3. de sıra kabul edilebilirlik indisleri incelendiğinde SMAA-2 yönteminde sırası ile 1,00 - 0,97 - 0,77 - 0,76 - 0,94 hesaplanmışken SWARA-SMAA-2 metodunda 1,00 – 1,00 – 1,00 – 1,00 – 1,00 hesaplandığı görülmektedir.

Her iki yöntemde de 1, HÜRJET uçağının % 100 olasılıkla birinci sırada; SMAA-2 yöntemindeki 0,97, T-X uçağının %97 olasılıkla ikinci sırada olduğunu ifade ederken SWARA-SMAA-2 yönteminde %100 olasılıkla ikinci sırada olduğunu; SMAA-2 yöntemindeki 0,77, M-346 uçağının %77 olasılıkla üçüncü sırada olduğunu ifade ederken SWARA-SMAA-2 yönteminde %100 olasılıkla üçüncü sırada olduğunu; SMAA-2 yöntemindeki 0,76, T-50 uçağının %76 olasılıkla dördüncü sırada olduğunu ifade ederken SWARA-SMAA-2 yönteminde % 100 olasılıkla dördüncü sırada olduğunu; SMAA-2 yöntemindeki 0,94, YAK-130 uçağının %94 olasılıkla beşinci sırada olduğunu ifade ederken SWARA-SMAA-2 yönteminde % 100 olasılıkla beşinci sırada olduğunu göstermektedir. Bu durum SWARA-SMAA-2 daha geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Güvenilirlik faktörü, alternatiflerin ayırt edilmesinde kullanılan ölçümlerinin yeterince doğru olup olmadığını göstermekte olup, her iki yönteme ait güvenilirlik faktör değerleri Şekil 6.4.'de sunulmuştur.



Şekil 6.4. SMAA-2, SWARA-SMAA-2 güvenilirlik faktörü tablosu

Şekil 6.4. incelendiğinde, tüm alternatiflere ait güvenilirlik faktör değerlerinin her iki yöntemde de "1" olduğu görülmektedir. Bu durum ilgili çözümlerin güvenilir olduğunu ifade etmektedir. Ancak SMAA-2 yönteminde tüm kriter ağırlıkları alan uzman değerlendirmeleri olmadığından eşit değerlendirilmişken; SWARA-SMAA-2 yönteminde seçimi en fazla uçuş emniyeti, ürün desteği ve ödeme şartları kriterlerinin etkilediği görülmektedir. Bu durum da uçak seçiminde hangi kriterlerin daha etkin olduğunu ayırt etmemizi sağlamaktadır.

Uygulamada SWARA-SMAA-2 yönteminde sıra kabuledilebilirlik ve güvenilirlik faktörlerinin 1 olması, alan uzmanlarının değerlendirmeleri sonucunda HURJET > T-X > YAK-130 > T-50 > M-346 seçimlerinin doğru ve geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karar vericiler tarafından kararlarının belirtilmek istenmediği veya eksik bilgileri nedeni ile karar vermek istemedikleri durumda SMAA-2 metodu kullanılmaktadır. Ancak karar verici sayısının çok olduğu ve uzmanlık alanı gerektiren karar konularına yönelik bilgilerinin bulunduğu durumlarda veya karara yönelik bir anlaşmazlık durumunda SWARA metodu kullanılarak karar alınabilmektedir.

Bu iki metodun entegre edilmesi ile, karara yönelik alan uzmanlıkları bulunan karar vericilerin, karara yönelik etkileri arttırılmış; eksik bilgilere veya karasızlığa yönelik uzman görüşlerinin SWARA ile güçlendirilmesi sağlanmıştır.

Yapılan çalışmada, kriter ağırlıklarının SWARA yöntemi ile elde edildiği SMAA-2 tabanlı SWARA-SMAA-2 modeli önerilerek açık kaynak olan JSMAA program tabanına eklenmiştir.

Önerilen yöntemin diğer yöntemlerden ayıran en önemli özelliği, alan uzmanlarının veya karar vericilerin anlaşamadığı veya kararlarını belli etmek istemedikleri durumlarda, ilgili alan uzmanlarının alan değerlendirmeleri alınarak kriter ağırlıklarının oluşturulması ve oluşturulan ağırlıkların stokastik süreçlerde kullanılması ile en doğru sonuca tek bir paket program ile ulaşılmasıdır.

SWARA-SMAA-2 metodunda, alan uzmanlarının değerlendirmelerinin de stokastik süreçlere entegre edilmesi ile SMAA-2 metoduna göre özellikle sıra kabul edilebilirlik indisleri dikkate alındığında daha geçerli seçimlerin yapılabildiği görülmektedir.

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.

Tedarik edilen veya edilecek bir platformun ömür devri maliyeti, proje aşamasında iken alan uzmanları tarafından ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmelidir. Bu değerlendirilmenin gerçekleştirilmesi ise alanında uzman ELD personeli ile mümkün olmaktadır.

ELD vasıtası ile platforma ait her bir malzemenin ömrü, çevrim yedeği miktarı, ömür devri boyunca kaç kere onarıma gideceği rahatlıkla hesaplanabilmektedir. Ayrıca ihtiyaç duyulacak eğitim ve alt yapı ihtiyaçları da görülebilmektedir.

Bu kapsamda bakıldığında ELD'nin başta Savunma Sanayi olmak üzere tüm sanayi dallarında kullanılması bir zorunluluktur. Sınırsız ihtiyaçların sınırlı kaynaklar ile değerlendirilmesi kapsamında ELD iyi bir değerlendirme enstrümanı olarak karşımıza çıkmaktadır. ELD yapısı gereği farklı alan uzmanları tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda ilgili yöntem ELD kriterleri dikkate alınarak gerçek bir probleme uygulanmış ve Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığının ileriki yıllarda seçeceği jet eğitim uçağının tercihine yol göstermesi amaçlanmıştır. Bu seçim süreci Türk Silahlı Kuvvetlerinin kurumsal görüşü olmayıp, ilgili alan uzmanlarının değerlendirmesi sonucu elde edilmiştir.

Uygulamada 18 kriter, 5 uçak alternatifinin seçiminde 18 alan uzman görüşü alınarak SWARA-SMAA-2 ile sıralanmıştır. Elde edilen sonuca göre HURJET > T-X > YAK-130 > T-50 > M-346 sıralaması oluşmuştur.

Söz konusu yöntem farklı alan uzmanlıklarına sahip grupların alan uzmanlıkları dışında ortak karar almalarına yönelik fayda sağlamaktadır. Bu yöntem ile başta savunma sanayi olmak üzere diğer alanlarda da ortak karar verme açısından doğruluğun ve geçerliliğin arttırılmasını sağlamaktadır.

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

KAYNAKLAR

1. Jones J.V. (2006). *Integrated Logistics Handbook (Third Addition)* USA. McGraw-Hill Education, 11.7-11.8.

2. Blanchard, B.S. (1967). Cost Effectiveness, System Effectiveness, Integrated Logistics Support and Maintainability. *IEEE Transactions on Reliability*, R-16(3), 117-126.

3. Seaberg, E.C.& Triplett, W. A. (1969). The Economics of Integrated Logistics Support. *SAE Technical Papers*, 4(2), 76-92.

4. McLeod, R.B. (1975). Integrated Logistics Support (ILS): How and Why. *IEEE Transactions on Engineering Management,* EM-22(4):150-152.

5. International guide for the use of the S-Series Integrated Logistics Support (ILS) Specifications. http://www.sx000i.org/. Yayın tarihi Temmuz 1, 2017. Erişim tarihi Ocak 11, 2018.

6. Lambert, K. R. (2017). 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.

7. Keeffe, T., & Ormsby, G. (2015). A Logistics Support Framework: A Systems-Based Approach to Logistics Planning For Development Projects. *Development in Practice*, 25(6), 843-855.

8. Blyler, J., & Chown, B. (2016). Design As The Best Differentiator Of System-Of-Systems. *Paper presented at the ISSE 2016 - 2016 International Symposium on Systems Engineering - Proceedings Papers,* Stokholm, 156-172.

9. Christensen, A., & Voytek, R. S. J. (1975). A Data Base Management (DBMP) Program For Integrated Logistics Support (ILS). *Microelectronics Reliability*, 14(2), 73-89.

10. Beyers, C.P. (1982). The System Engineering Analysis: A Structured Approach For Improving Ship Maintenance. *Naval Engineers Journal,* 94(2), 118-126.

11. Nenni, M.E. (2013). A Cost Model For Integrated Logistic Support Activities. *Advances in Operations Research,* 1-6.

12. Shukla, S.K., Kumar, S., Selvaraj, P., & Subba Rao, V. (2014). Integrated Logistics System For Indigenous Fighter Aircraft Development Program. *Paper presented at the 12th Global Congress On Manufacturing And Management,* Vellore, India, 2238-2247.

13. Sasarita, G. (1995). Automated Reliability, Availability and Maintainability (RAM) and Integrated Logistics Support (ILS) Data Tracking Using a Clıpper Based PC program. *Paper presented at the International Symposium and Workshop on Systems Engineering of Computer Based Systems,* Arizona, USA, 424-426.

14. Yang, S., Qui J., Lıu G. (2012). Sensor Optimization Selection Model Based On Testability Constraint. *Chinese Journal of Aeronautics*, Volume 25, Issue 2, 262-268.

15. Petrochenkov, A.B. (2012). Regarding Life-Cycle Management of Electrotechnical Complexes in Oil Production. *Russian Electrical Engineering*, 83(11), 621-627.

16. Sapone, R., Afelli, E., Cergna, P., Santoro, F., Rabbia, S., & Crisconio, M. (2012). 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.

17. Shishko, R., Fradet, R., Saydam, S., Tapia-Cortez, C., Dempster, A. G., Coulton, J., & do, S.(2017). An Integrated Economics Model for ISRU in Support of a Mars Colony—Initial Results Report, *Paper presented at the Symposium on Space Resource Utilization*, Texas, USA, 4012-4023.

18. Saia, D., Salussolia, M., & Cardano, M. (2010). ISS Exploitation and End-to-End Logistics Service - A Way to Optimization, *Paper presented at the International Astronautical Congress, Prague, Czech Republic*, 1799-1806.

19. Nenni, M. E., & Giustiniano, L. (2013). Increasing Integration Across The Supply Chain Through an Approach to Match Performance and Risk. *American Journal of Applied Sciences*, 10(9), 1009-1017.

20. Kyung, B., SikKim Y. (2008). An Air Force Logistics Management Index For Effective Aircraft Operation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(6), 1188-1204.

21. Erkoyuncu, J. A., & Khan, S. & Eiroa, A, & Butler, N. & Rushton, K. & Brocklebank, S. (2017). Perspectives On Trading Cost And Availability For Corrective Maintenance At The Equipment Type Level. *Reliability Engineering and System Safety*, 168(C), 53-69.

22. Schrage, D.P., & Meyer, S.A. (1986). Logıstics Supportability Considerations During Conceptual and preliminary Design. *Vertiflite*, 32(2), 48-51.

23. Tekin, E. (2014). A Method for Traceability and "As-built Product Structure" in Aerospace Industry. *Procedia*, Vol. 17, 351-355.

24. Gonzalez, M. A., Chen, J. G., & Oswald, R. (1999). 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.

25. Babitt, G.T. An Histrotical Review of the Integrated Logistics Support http://www.dtic.mil., Yayın tarihi Temmuz 7, 1976. Erişim tarihi Kasım 11, 2017.

26. Giordano, A.A. (1966). Logistical Implications of Weapon System Design Decisions: Integrated Logistic Support for Navy Weapon Systems. *Naval Engineers Journal*, 78(2), 193-209.

27. Acurio, J., & Brown, P.E. (1986). T800 Turbine Engine Solicitation - A New Thrust In Streamlining. *Paper presented at the The Acquisition Process. Joint Propulsion Conference*, Huntsville, AL, U.S.A, 1669-1704.

28. Akerstena, P. A.(2006). Maintenance Related IAC Dependability Standards. *Paper presented at the World Congress on Engineering Asset Management*, United Kingdom, England, 115-119.

29. An Thanh, L. (1985). New UPS System Configuration That Will Improve Energy Efficiency. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, 829 – 834.

30. Anderson, R. L. (1991). 'Just enough' Sparing Under CLS. *IEEE National Aerospace and Electronics*, 1192-1196.

31. Aquino, M. A. (1990). Improvement vs. Compliance, *A New Look At Auditing, Quality Progress*, 23(10), 47-49.

32. Blanchard, B. S. (1967) System Worth System Effectiveness, Integrated Logistics Support, And Maintainability. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, AES-3(2), 186-194.

33. Blanchard, B. S. (1991) The Impact Of Integrated Logistic Support On The Total Cost-Effectiveness Of A System. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 21(5), 23-26.

34. Boerum, R.E., & Birindelli, J.B. (1985). How Modular Combat Systems Will Enhance Support Of Surface Combatants. *Naval Engineers Journal*, 97(7), 53-66.

35. Booth, R. J. (2012). Information Architectures To Improve Lifecycle Value, Including Lessons From Integrated Logistics Support. *Paper presented at the IET Conference Publications*, 609-617.

36. Bouachera, T., Kishk, M., & Power, L.(2014). Maintenance Optimization For Gas Turbines Based On Supportability Analysis. *Paper presented at the International Gas Research Conference*, 2195-2204.

37. Bouachera, T., Kishk, M., & Power, L. (2007). Towards A Generic Framework For Whole Life Costing İn The Oil Industry. *Association of Researchers in Construction Management*, 863-871.

38. Boylston, J., & Raj, A. (1989). Competitive Naval Auxiliary Shipbuilding for The Future. *Paper presented at the Ship Technology and Research (STAR) Symposium*, 652-667.

39. Brierly, J. (1986). Improved Readiness Via Optimized Provisioning And Maintenance Concept. *Society Of Logıstics Engineers*, 122-134.

40. Brom, A., & Gorlacheva, E. (2016). Development Of Logistic Support For Space Equipment On The Base Of The "Sail-Bmstu" Midget Spacecraft. *Paper presented at the MATEC Web of Conferences*, 90-97.

41. Bromley, R. C., & Bottomley, E. (1994). Failure Modes, Effects And Criticality Analysis (FMECA). *IEE Colloquium (Digest),* (52) 1/1-1/7.

42. Brooks, J. L., & Wallace, M. G. (1989). Logistics Support Planning For Standardized Avionics. *Paper presented at the IEEE Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference,* 1929-1936.

43. Bult, K., & Wallace, W. L. (1986). Plannıng For T800-LHT-800 Availability, Supportability And Affordability. *Vertiflite,* 32(5), 30-33.

44. Burton, G. (1986). Management Of Integrated Logistics Support Funding The Challenge Continues. *Paper presented at the International Logistics Symposium,* 1928-1939.

45. Caldwell, R. (1991). New Logistics Challenges Faced For Future Lunar And Mars Missions. *Paper presented at the Space Logistics Symposium,* 457-464.

46. Calixto, E., Bot, Y., & Segal, A. (2015). Integrated Logistic Support: RAM, Preventive Maintenance, Inspection, Spare Parts and Life Cycle Cost Optimization Based On Dynamic Programming Method. *Paper presented at the European Safety and Reliability Conference,* 873-881.

47. Caltagirone, F., Nardini, M., Fiorentino, C. A. M., Porfilio, M., & Serva, S. (2016). COSMO-skymed: An Italian Infrastructure For The International Earth Observation Community. *Paper presented at the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS),* 2078-2081.

48. Casonato, G., De Luca, G. F., Covello, F., Fiorentino, C. A. M., Di Domizio, D., GIAcomoni, E., & Di Bona, A. (2012). A Cost Effective Approach For The Management And Maintenance Of The Operational Phase Of Cosmo-Skymed Di Seconda Generazione Together With The First Generation System. *Paper presented at the International Astronautical Congress,* 5018-5024.

49. Chang, M. (2006). Virtual Validation And Verification of A Product Specification. *Paper presented at the Annual Reliability and Maintainability Symposium,* 7-12.

50. Covello, F., De Luca, G. F., Marano, G., De Carlo, M., Pullara, A., & De Simone, P. (2007). Integrated Logistics Support And Operations: The Cosmo-Skymed Approach For Operational Costs Reduction Optimising System Performances. *European Space Agency,* 648-654.

51. Curry, C. E., & Keppel, P. W. (1998). Cogeneration Engine Integrated Logistics Support. American Society of Mechanical Engineers, *International Gas Turbine Institute,* 97-100.

52. Dangel, R., (1969). Integrated Logistic Support (ILS) Implementation In The Naval Ship Systems Command. *Naval Engineers Journal,* 81(4), 101-110.

53. De Francesco, E., De Francesco, E., De Francesco, R., Leccese, F., & Cagnetti, M. (2015). A Proposal To Update LSA Databases For An Operational Availability Based On Autonomic Logistic. *Paper presented at the International Workshop on Metrology for Aerospace,* 38-43.

54. De Luca, G. F., Caltagirone, F., Marano, G., De Carlo, P., Pietropaolo, A., Tozzi, P., Bevilacqua, S. (2006). An Optimised Management Of Cosmo-Skymed Capability Through An Integrated Approach To Logistic Support And System Monitoring And Coordination. *Paper presented at the SpaceOps 2006 Conference*, 456-468.

55. De Luca, G. F., Marano, G., Catallo, C., Calio, E., De Simone, P., & Bevilacqua, S. (2006). Integrated Logistics Support And Operations: Concepts And Methodologies İn Space Based Programs. The COSMO-SkyMed Experience. *Paper presented at the SpaceOps 2006 Conference*, 344-358.

56. Dersin, P., & Valenzuela, R. C. (2012). Application Of Non-Markovian Stochastic Petri Nets To The Modeling Of Rail System Maintenance And Availability. *Paper presented at the Winter Simulation Conference*, 9-12 December, Germany, 156-171.

57. Dougherty III, J. J., Elmore, C. D., & Moffatt, A. W. (1984). JVX LCC Reduction Through Front-End Logistics. *American Helicopter Society*, 325-334.

58. El-Haram, M. A., & Horner, M. W. (2002). Factors Affecting Housing Maintenance Cost. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 115-123.

59. El-Haram, M. A., & Horner, M. W. (2002). Practical Application Of RCM To Local Authority Housing: A Pilot Study. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 135-143.

60. El-Haram, M. A., & Horner, R. M. W.(2003). Application Of The Principles Of ILS To The Development Of Cost Effective Maintenance Strategies For Existing Building Stock. Construction Management and Economics, 283-296.

61. Fasano, L., De Luca, G. F., Cardone, M., Loizzo, R., De Luca, D., & Rougier, A. (2015). The New Trend Analysis Plan For Cosmo-Skymed Ground And ILS&OPS Segments. *Paper presented at the International Astronautical Congress*, 5116-5123.

62. Fasano, L., De Luca, G. F., Cardone, M., Loizzo, R., Sacco, P., & Daraio, M. G. (2015). The COSMO-SkyMed Ground and ILS and OPS Segments Upgrades For Full Civilian Capacity Exploitation. *International Society for Optical Engineering*, 963-977.

63. Ference, D. W. (1986). Logıstics Engineering At The Combat System Level. *Naval Engineers Journal*, 100-104.

64. Files, J. S. (1985). Supportability Considerations For Advanced Engine Development. *AIAA Paper*, 36-41.

65. 65. Foss, C. F. (2006). UK Issues Tender For Over-Snow Recce Vehicle. *Jane's Defence Weekly*, (JUNE), 645-646.

66. Gallaher, R. M. (1986). Integrated Logistics Support Planning - Where It All Begins. *American Institute of Industrial Engineers*, 100-104.

67. Geier, W., & Vilsmeier, J. (1988). Supportability Of Composite Airframes: An Integrated Logistic Viewpoint. *Composite Structures*, 10(1), 17-36.

68. González, J. P. P. (1988). Integrated Logistic Support Applied To The GTC Maintenance And Operations. *International Society for Optical Engineering*, 343-350.

69. Greenbank, S. J. (1991). Landing Gear—The Aircraft Requirement, Institution of Mechanical Engineers. *Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 205(1), 27-34.

70. Greenhorne, D. W., & Cullimore, T. E. J. (1989). Application of Reliability and Maintainability Within The Concept of Integrated Logistic Support, *Quality Assurance*, 23-27.

71. Grosson, J. F. (1974). In-Place Systems For Better Utilization Of Person Power, *Naval Engineers Journal*, 86(1), 45-50, 1974.

72. Guagnano, A., & Perra, F. (2008). ASNET - Application System For Naval Ship Design Evaluation And Testing: Second Application Named VISION. *Paper presented at the The Simulation Interoperability Standards Organization - SISO European Simulation Interoperability Workshop*, 8-11.

73. Haider, K., Tweedale, J., Urlings, P., & Jain, L. (2006). Intelligent Decision Support System in Defense Maintenance Methodologies. *Paper presented at the International Conference on Emerging Technologies*, 560-567.

74. Halasz, L. S., & van der Merwe, R. B. (1988). Integrated Logistic Support, *Certificated Engineer*, 61-62.

75. Hintze III, C. (1984). Innovative Applıcation of Logistics on An Air Force Laboratory R&D Program and It's Effective Contractor Implementation. *Paper presented at the International Logistics Symposium*, 361-380.

76. Hobson, S. (2006). Canada Plans To Buy 17 C-130J's, *Jane's Defence Weekly*, 31-34.

77. Hobson, S. (2004). Canada Relaunches Helicopter Project, *Jane's Navy International*, 21-23.

78. Hosmer, G. J. (1986). Space Station: An Integrated Approach To Operational Logistics Support. *AIAA Space Station in the 21st Century*, 3- 5 September1986, Reno , NV, U.S.A, 212-221.

79. Jett, S. A. (1986) Reliability Prediction Using lotus 1-2-3. *Paper presented at the International Logistics Symposium*, 231-240.

80. John, G. A., Clements-Croome, D. J., Fairey, V., & Loy, H. M., (2005) Contextual Prerequisites For The Application Of ILS Principles To The Building Services Industry Engineering, *Construction and Architectural Management*, 12(4), 307-328.

81. Jun, Y., Yong-Li, Y., & Chang-Zheng, Q. (2009). Research on workflow modeling based on object-oriented colored pet net. *Paper presented at the 2009 International Conference on Computer Technology and Development*, 2 572-575, 2009.

82. Kennedy, J. R., & Parrish, J. D., (1991).Total System Support Concept For Railway Signalling Systems. The National Conference Publication - *Institution of Engineers,* Australia, 226-232.

83. Kennedy, J. J.(1987) U. S. Naval Forces Aircraft Battle Damage Repair. *Paper presented at the Annual Reliability and Maintainability Symposium,* 75-77.

84. Klesch, J..(18-984). Integration Of Technical Manuals And Training. *SAE Technical Papers,* 12-19.

85. Kong, C..(2000). Propulsion System Integration Of Turboprop Aircraft For Basic Trainer. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology,* 112-117.

86. Koopmann, H. J. C..(1991). Columbus Free Flyer Center, Tasks and Manpower Profiles. *Paper presented at the Space Congress Proceedings,* 8.22-8.66.

87. Kuo, M. H..(2000). Conversion Of Paper-Based Technical Manuals to Interactive Electronic Technical Manuals, *International Society for Optical Engineering,* 202-209.

88. Le, A. T..(1985). New UPS System Configuration That Will Improve Energy Efficiency. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems,* PAS-104(4), 829-834.

89. Leone, M. A..(1986). Foundation Of Supportability - Reliability and Maintainability By Design. *Paper presented at the International Logistics Symposium,* 241-247.

90. Li, F., Di, P., Xu, Y., & Lv, J..(2016). Multi-Resolution Modeling On Complex System Integrated Logistic Support. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management,* 1357-1361.

91. Li, J., Teng, K., Yang, C., & Li, B..(2016). Research On The SMTN-Based Instantaneous Availability Of Military Aircraft In The Mission Preparation Period, *International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering,* 517-523.

92. Li, T. P., Li, Y., Qian, Y. L., & Ma, X..(2015). Analysis Of The Effect Of RMT Parameters On Support Time, Computing, Control, Information and Education Engineering - *International Conference on Computer. Intelligent and Education Technology,* 173-178.

93. Li, X., Cai, J., Zuo, H., Wang, L., Sun, J., & Zhu, B..(2015). An Optimization Model For Level Of Repair Analysis Economic Evaluation Based On Finite Capacity, *Journal of Information and Computational Science,* 12(17), 6585-6594.

94. Light, S. P., & Darby, R. M..(1973). Trends In ILS, The Role Of ILS In Ship System Design. *Naval Engineers Journal,* 85(4), 53-61.

95. Liu, A., Ji, H., & Li, B..(2014). Research And Design On IETM For A Type Of UAV, *Lecture Notes In Electrical Engineering,* 132-135.

96. Losee, J. E..(1967). Logistics Development During The Conceptual And Contract Definition Phases For USAF Programs, *SAE Technical Papers,* 36-49.

97. Luzyanin, I., & Petrochenkov, A..(2016). Regarding Modem Methods Of Reliability Analysys Of Information Components In Electrotechnical Complexes, *Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches* (Science, Education, Innovation), 100-102.

98. Marchiori, G., Rampini, F., & Formentin, F..(2014). Integrated Logistics Support Approach: Concept For The New Big Projects: E-ELT, SKA, CTA., *International Society for Optical Engineering,* 9150-9162.

99. Marshall, M. M., & Lambert, K. R..(2008). Insights Into Supporting Complex Systems Under Conditions Of Obsolescence, *Portland International Center for Management of Engineering and Technology,* Proceedings, 1918-1923.

100. Martin-Onraet, M., Degrave, C., & Meuwisse, C..(1996). Integrated Logistic Support Concept In The Design Of Nuclear Power Plants. *Paper presented at the International Conference on Nuclear Engineering,* 27-31.

101. McIlvaine, P. J..(1984). CAD/CAM Revolution Is Forgetting Logistics!. *Society Of Logistics Engineers,* 13-22.

102. Miller, P. E..(1986). Managing The Supportability Of Evolving Systems. *Paper presented at the International Logistics Symposium,* 121-129.

103. Minzhi, R., Yi.,L., Hua., L,.(2014). Configuration Model Of Paryial Repairable Spares Under Batch Ordering Policy Based On Inventory State. *Chinese Journal of Aeronautics,* 558-567.

104. Morse, A. R., & Fannin, H. W..(1987). The Impact Of R&M 2000 On Mcair Integrated Logistic Support. *IEEE Transactions on Reliability,* R-36(3), 362-366.

105. Moshev, E. R., & Meshalkin, V. P..(2014). Computer-Based Logistics Support System For The Maintenance Of Chemical Plant Equipment. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering,* 48(6), 855-863.

106. Nenni, M. E..(2013). Measuring Drivers' Effect in A Cost Model By Means Of Analysis of Variance. *American Journal of Applied Sciences,* 10(12), 1570-1574.

107. Newton, J. C..(1994). Planned Lifetime Management Increasing Availability And Reducing Costs. *Paper presented at the IEEE Conference Publication,* (401) 21-28.

108. Pahsa, A., Alat, G., Kaya, P., & Baykal, B..(2010). Acquisition & Integration Activities of Ground Support Hardware Items in Terms of System Engineering Process. *Paper presented at the AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference* - Proceedings, 61-69.

109. Park, J., Kim, J., & Sung, S..(2016). A Study on Reliability Tasks Improvement of South Korea Defense. *Information (Japan),* 19(12), 5739-5744.

110. Peercy, D. E., & Chapin, N..(1997). Interview With David E. Peercy. *Journal of Software Maintenance and Evolution,* 9(3), 177-200.

111. Perez-Calpena, A., & Gonzalez, J. C..(2000). Baseline of the GTC Operation and Maintenance Plan. *International Society for Optical Engineering,* 4010 43-54.

112. Perra, F., & Guagnano, A..(2008). ASNET - Application System for Naval Ship Design Evaluation and Testing: First Application Named SESTANTE. Simulation Interoperability Standards Organization - *Paper presented at the European Simulation Interoperability Workshop,* 1-7.

113. Piazza, J., & Daher, L..(1984). Integrated logistics Support Applied to exploration Drilling Offshore. *Paper presented at the International Logistics Symposium,* 71-78.

114. Prescott, N. J..(1995). Equipment Life: Can We Afford to Extend It*?. Paper presented at the Reliability and Maintainability Symposium,* 529-535.

115. Redzuan, F., & Hassim, N..(2013). Usability Study on Integrated Computer Management System for Royal Malaysian Air Force (RMAF). *E-Learning, E-Management and E-Services,* 93-99.

116. Reis, D. F., & Peronnet, J. R..(1984). Logistic Support of Military Avionic Fiber Optic Systems, *Laser Institute of America,* 73-77.

117. Renken, G. W..(1984). Microwave ATE Designed for ILS - To Be or Not To Be. *Society of Logistics Engineers,* 17-26.

118. Roca, J. L..(1987). An Approach in the Life Cycle Cost of Integrated Logistic Support. *Microelectronics Reliability,* 27(1), 25-27.

119. Ross, W. A..(1986). Enhancing Naval Aviation Readiness Through Aviation Support Equipment Acquisition Improvements. *Paper presented at the International Logistics Symposium,* 31-38.

120. Rubin, Y. D., & Peter, N..(2003). Description and Assessment of a Modern Inventory Management Tool For The International Space Station, International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation (IAF). *The International Academy of Astronautics and the International Institute of Space Law,* 3 821-828..

121. Schmitz, W. N..(1987). AV-8B-M By Design: Impact on Supportability. *Paper presented at the Reliability and Maintainability Symposium,* 240-246.

122. Seger, J. K..(1987). The Impact of R&M 2000 on Integrated Logistic Support. *IEEE Transactions on Reliability,* R-36(3), 367-370.

123. Sepehry-Fard, F., & Coulthard, M. H..(1995). Application of Different Statistical Techniques in Integrated Logistics Support of the International Space Station Alpha. *Space Logistics Symposium,* 26-34.

124. Sepehry-Fard, F., & Coulthard, M. H..(1995). Integrated Logistics Support Analysis of the International Space Station Alpha: Background and Summary of Mathematical Modelling & Failure Density Distributions Pertaining to Maintenance Time Dependent Parameters. *Space Logistics Symposium,* 35-45.

125. Sepehry-Fard, F., & Coulthard, M. H..(1995). Integrated Logistics Support Analysis of the International Space Station Alpha: An Overview of the Maintenance Time Dependent Parameter Prediction Methods Enhancement. *Space Logistics Symposium,* 91-99.

126. Shoop, B., Johnston, M., Goehring, R., Moneyhun, J., & Skibba, B..(2006). Mobile Detection Assessment and Response Systems (MDARS) A Force Protection, Physical Security Operational Success. *International Society for Optical Engineering,* 314-325.

127. Smith, F. T., & Dilisio, F. S..(1990). Real-Time Management Information System (ROMIS): Making Configuration and Logistics Data Available For Multiple Users. *Naval Engineers Journal,* 102(2), 34-42.

128. Solazzi, S. M., Ciambra, F., & Sinisi, M..(2012). Integrated Approach and Decision Making Algorithms for Complex Systems Effectiveness Evaluation. *International Conference on System of Systems Engineering,* SoSE 2012, 416-421.

129. Soliveres, H..(1997). Particular Aspect of Decide Bid Decision Support System: Modeling of Life-Cycle Processes and Costs. *Paper presented at the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics,* 4 3609-3614.

130. Spirkl, A., Ducos, J. S., & Thorn, R..(1992). MTR390 - Engine For The Future. *Paper presented at the International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition,* 2-11.

131. Su, Q. Y., Wang, Q., Yan, S. W., & Yin, J. N..(2006). Data Fusion in Supportability Assessment of Aeronautic Electron Systems. *IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications,* 56-71.

132. Sunday, D. A..(1986). Application of Network Repair-Level Analysis for New Weapon Systems. *Paper presented at the International Logistics Symposium,* 11-17.

133. Tedeschi, L. C., & Calogero, R..(1986). Automated ILS Plan Preparatıon. *Paper presented at the International Logistics Symposium,* 22-30.

134. Tesini, A., Otto, B., Blight, J., Choi, C., Friconneau, J., Gotewal, K. K., Subramanian, R..(2011). ITER Remote Maintenance System (IRMS) Lifecycle Management. *Fusion Engineering and Design,* 86(9-11), 2113-2116.

135. Tian, J., & Zhao, T..(2009). System Dynamics in Supply Support of Spare Parts. International Conference on Reliability, *Maintainability and Safety,* 594-599.

136. Tuktamyshev V.R. , Glukhov D.A. , Kataev Y. A..(2015). About The Use of Interactive Electronic Technical Manuals for the Machine Builder. *Procedia Engineering,* 380-384.

137. Vintheden, E. A..(1985). Integrated Logistics for Reconnaissance Systems. *International Society for Optical Engineering, 74*-84.

138. Von Flue, J..(1986). Logistics Readiness Planning Procedure for Acquisition Managers and Engineers. *International Logistics Symposium,* 2-9.

139. Wen, T., Pan, X., & Wu, Y..(2014). Research on Wartime Aircraft Carrier SoS POL Support Strategy Based on System Dynamics. *Paper presented at the Chinese Control and Decision Conference,* 314, 326.

140. Witten, J. F..(1967). Problems in Achieving ILS Requirements Through Analysis. *SAE Technical Papers,* 2-34.

141. Xu, T., & Zhen, W..(2011). Demonstration of Missile Equipments Supportability Based on The Mission Requirement. *Paper presented at the International Conference on Reliability, Maintainability and Safety,* 1330-1335.

142. Adair, J.. (2013). Decision Making and Problem Solving. *Kogan Page.* 12-18.

143. Sökmen, A.. (2013). Örgütsel Davranış. Türkiye. *Detay Yayıncılık.* 67-69.

144. Koçel,T.. (2011). İşletme Yöneticiliği. Türkiye. Beta Basım Yayım Dağıtım (Yayınları): *İşletme Ekonomi Dizisi*. 26-30.

145. Ulucan, A..(2007). Yöneylem Araştırması: İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme. *Türkiye. Siyasal Kitabevi.* 43-47.

146. Figueira J., S. Greco, M. Ehrgott (2005). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys USA, *Springer Sciences Business Media, Inc*, 32-63.

147. Saaty,T. L..(1980). The Analytic Hierarchy Process. *Education,* 1–11 (1980).

148. Figueira, J., Mousseau, V., Roy, B. (2005). Electre Methods Introduction : A brief History. Multiple Criteria Decision Analysis: *State of the Art Surveys*, 1–35.

149. Saaty, T.L. (1990). Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. *2nd Ed. Pittsburgh: RWS Publications*.

150. Hwang, C., L., Yoon, P.. (1981), "Multiple Attribute Decision Making In: Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems", *Springer-Verlag-Berlin*.

151. Keršuliene V., Zavadskas E., Turskis K., 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, 243–258.

152. Çakır, E., Akel, G., Doğaner, M..(2018). Türkiye'de Faaliyet Gösteren Özel Alışveriş Sitelerinin Bütünleşik SWARA - WASPAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi.* 2018, 599–616.

153. Tervonen, T., Lahdelma, R..(2007). Implementing stochastic multicriteria acceptability analysis. *European Journal of Operational Research.* 178, 500–513.

154. Lahdelma, R., Hokkanen, J., Salminen, P..(1998). SMAA - Stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research.* 106, 137–143.

155. Lahdelma, R., Salminen, P..(2010). International Series in Operations Research and Management Science, *Springer New York LLC,* vol. 142, pp. 285–315.

156. Tervonen, T., Figueira, J. R..(2008). A survey on stochastic multicriteria acceptability analysis methods. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis.* 15, 1–14.

157. Okul, D., Gencer, C,. Aydogan, E. K..(2014). 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.

158. Çalış, A., Keskin, İ., Gencer, C.. (2016). AHP ve SMAA-2 Yöntemleri ile Mühendislik Alanında Bilimsel Araştırma Konularının Seçimi. *The Journal of Defense Sciences.* 15, 1, 257-280.

159. Kizilkaya Aydogan E., Özmen M..(2015). Stokastik çok kriterli karar vermede iki yeni yöntem: smaa- gri ilişkisel analiz ve smaa-dematel-gri ilişkisel analiz. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University.* 30, 627–640.

160. Tervonen, T., van Valkenhoef, G., Buskens, E., Hillege, H. L., & Postmus, D. (2011). A stochastic multicriteria model for evidence-based decision making in drug benefit-risk analysis. *Statistics in Medicine,* 30(12), 1419–1428.

161. Tervonen, T. (2014). JSMAA: Open source software for SMAA computations. *International Journal of Systems Science,* 45(1), 69–81.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	: Korel İnanç DURMAZ
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 07 Ağustos 1982 / Karadeniz Ereğli
Medeni hali	: Evli
Telefon	: -
Faks	: -
e-mail	: kidurmaz@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü	2013
Lisans	Hava Harp Okulu	2004
Lise	Karadeniz Ereğli Anadolu Lisesi	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
08.2004-	Kamu	Lojistik Uzmanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Durmaz, K. İ., & Yildirim, U. Z. (2014). Atatürk havalimani rüzgâr verilerine bağli aktif pist seçim modeliAtatürk airport active runway selection model based on wind data. Journal of Aeronautics and Space Technologies (Havacilik ve Uzay Teknolojileri Dergisi), 7(1). https://doi.org/10.7603/s40690-014-0008-y

2. Çalış, A., Durmaz, K. İ., & Gencer, C. (2018). Uçak seferlerindeki rötarları etkileyen faktörlerin analizi. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi. https://doi.org/10.18092/ulikidince.3539

Hobiler

Yüzme Sporu



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR.