

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

ARALIK-DEĞERLİ SEZGİSEL BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEMİ
ÖNERİSİ VE T-TİPİ MÜHENDİS BECERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE
UYGULAMA

MELDA KOKOÇ

HAZİRAN 2021

ONAY SAYFASI

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Melda KOKOÇ tarafından hazırlanan ARALIK-DEĞERLİ SEZGİSEL BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEMİ ÖNERİSİ VE T-TİPİ MÜHENDİS BECERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE UYGULAMA adlı Doktora Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Doktora Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan	: Prof. Dr. Serpil EROL	_____
Üye (Danışman)	: Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ	_____
Üye	: Prof. Dr. Bilal TOKLU	_____
Üye	: Prof. Dr. Burak BİRGÖREN	_____
Üye	: Prof. Dr. Adem GÖLEÇ	_____

18/06/2021

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Recep ÇALIN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

ARALIK-DEĞERLİ SEZGİSEL BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEMİ ÖNERİSİ VE T-TİPİ MÜHENDİS BECERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE UYGULAMA

KOKOÇ, Melda

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi

Danışman: Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ

Haziran 2021, 300 sayfa

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde karşılan problemler giderek daha karmaşık hale gelmektedir. Bu problemlerin çözüm sürecinde, sadece çok fazla teorik bilgi kazanımı yeterli olmamakta bu bilginin farklı alanlara transfer edilerek uygulanması veya çeşitli disiplinlerden gelen bilgilerle entegre edilerek kullanılması gerekmektedir. Dolayısı ile hızlı büyüyen endüstrilerin ihtiyaçlarını karşılamak için hem en az tek bir disiplinde derin bilgi birikimine sahip olan hem de disiplinler arası iş birliği yapabilecek düzeyde teknik olmayan becerilere sahip T-tipi genç profesyonellere olan talep giderek önem kazanmaktadır.

Bu kapsamda, bu çalışmada mühendislerin T-tipi olarak mezun olmaları için gerekli olan teknik olmayan (hassas) ve teknik becerilerin araştırılması, bu becerilerin farklı mühendislik disiplinleri için önem düzeylerinin uzman görüşleri doğrultusunda değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ele alınan problem, uzmanların, belirlenen becerileri, farklı mühendislik disiplinlerini göz önünde bulundurarak kıyaslaması ve dilsel terim ölçeği kullanarak ölçeklendirmesi temeline dayanmaktadır. Bu nedenle, teknik olmayan (hassas) ve teknik becerilerin farklı mühendislik disiplinleri için değerlendirilmesi süreci çok kriterli grup karar verme (ÇKGKV) problemi olarak ele alınmıştır.

Çok kriterli grup karar verme (ÇKGKV), karar biliminin önemli bir parçasıdır ve çeşitli alanlarda yaygın olarak uygulanmaktadır. Araştırmacılar, ÇKGKV sürecinde, dilsel terim olarak ifade edilen uzman görüşlerindeki belirsizlik ile başa çıkmak için bulanık küme teorisinden daha etkin olan aralık değerli sezgisel bulanık (ADSB) küme teorisini kullanmaya başlamışlardır. Bu çalışmada, geleneksel formu çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde sıklıkla kullanılan AHP yöntemi, sıralama fonksiyonlarına ve çarpımsal tutarlılık analizine dayandırılarak ADSB ortamda geliştirilmiştir. Geliştirilen ADSB-AHP yöntemi, T-tipi mühendislerin sahip olması gereken becerilerin, endüstri mühendisliği ve elektrik-elektronik mühendisliği olmak üzere iki farklı mühendislik disiplini açısından değerlendirilmesi için uygulanmıştır. Uygulama sonuçları, teknik ve teknik olmayan becerilerin önem sırasının, mühendislik disiplinlerine göre farklılaştığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Aralık-Değerli Sezgisel Bulanık Küme, Çok Kriterli Karar Verme, AHP, T-Tipi Mühendis, Hassas Beceri

ABSTRACT

INTERVAL-VALUED INTUITIONISTIC FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS METHOD PROPOSAL AND AN APPLICATION OF T-SHAPED ENGINEER SKILLS EVALUATION

KOKOÇ, Melda

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industry Engineering, Ph. D. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ

June 2021, 300 pages

The development of technology makes the problems faced today more and more complex. In the solution process of these problems, it is not enough to gain a lot of theoretical knowledge, it is necessary to apply this knowledge by transferring it to different fields or to use it by integrating it with knowledge from various disciplines. Therefore, in order to meet the needs of fast-growing industries, the demand for T-shaped young professionals who have both deep knowledge in at least one discipline and non-technical skills is becoming increasingly important.

This study, it is aimed to investigate the non-technical (soft) and technical skills required for engineers to graduate as T-shaped, and to evaluate the importance of these skills for different engineering disciplines in line with expert opinions. This problem is based on experts comparing skills considering different engineering disciplines and scaling these skills using linguistic term scale. For this reason, the problem of evaluating non-technical (soft) and technical skills for different engineering disciplines is considered as a multi-criteria group decision making (MCGDM) problem.

Multi-criteria group decision making (MCGDM) is an important branch of decision science and is widely applied in various fields. Researchers have begun to use interval-valued intuitionistic fuzzy (IVIF) set theory, which is more effective than fuzzy set

theory, to deal with the uncertainty in experts' opinions expressed with linguistic terms in the MCGDM process. In this study, the AHP method, which is frequently used in the traditional form of multi-criteria decision-making (MCDM) problems, is expanded in the IVIF environment. The proposed IVIF-AHP method is based on ranking functions and multiplicative consistency analysis. Then this method is applied to evaluate the skills that T-type engineers should have in terms of two different engineering disciplines, namely industrial engineering and electrical engineering. Results show that the rank of importance of skills is differed according to engineering disciplines.

Key Words: Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets, Multi-Criteria Decision Making, AHP, T-Shaped Engineer, Soft Skill

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmam boyunca yardım ve katkılarıyla beni destekleyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ'e, tezime farklı bakış açıları ile değer katan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Serpil EROL'a, Sayın Prof. Dr. Burak BİRGÖREN'e ve Sayın Prof. Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER DİZİNİ	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
2.1. Literatür Araştırması Metodolojisi	6
2.2. Literatür Araştırması Sonuçları	8
3. BULANIK KÜME TEORİSİ.....	17
3.1. Bulanık Küme Teorisi	17
3.2. Sezgisel Bulanık Küme Teorisi	21
3.3. Aralık-Değerli Sezgisel Bulanık Küme Teorisi	23
4. SIRALAMA FONKSİYONLARI	30
4.1. Mevcut Sıralama Fonksiyonları	30
4.2. Önerilen Sıralama Fonksiyonları.....	77
5. ARALIK-DEĞERLİ SEZGİSEL BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEMLERİ.....	103
6. ÇOK KRİTERLİ GRUP DEĞERLENDİRME İÇİN ÖNERİLEN ADSB-AHP YÖNTEMİ.....	114
6.1. Önerilen ADSB-AHP Yönteminin Aşamaları	114

6.2. Önerilen ADSB-AHP Yöntemin Avantajları	121
7. KARŞILAŞTIRMA ANALİZİ	127
7.1. Uzman Ağırlıklarının Hesaplanması	127
7.2. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması	129
8. VAKA ÇALIŞMASI: T-TİPİ MÜHENDİS BECERİLERİNİN FARKLI MÜHENDİSLİK BRANŞLARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	148
8.1. T-Tipi Kavramı.....	148
8.2. Hassas (Teknik Olmayan) Beceri Kavramı	151
8.3. Hassas (Teknik Olmayan) ve Zor (Teknik) Becerilerin Belirlenmesi	153
8.3.1. Akademik Yayın Analizi.....	153
8.3.2. Akreditasyon Kuruluşları Tarafından Belirlenen Program Çıktılarının Analizi.....	160
8.3.3. İş İlanlarının Analizi	164
8.3.4. Hassas (Teknik Olmayan) ve Zor (Teknik) Becerilerin Seçilmesi	165
8.4. T-Tipi Mühendis Becerilerinin Farklı Mühendislik Branşları Açısından Değerlendirilmesi	167
8.5. Duyarlılık Analizi.....	192
8.5.1. Endüstri Mühendisliği Açısından Elde Edilen Sonuçlar için Duyarlılık Analizi.....	193
8.5.2. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Açısından Elde Edilen Sonuçlar için Duyarlılık Analizi	209
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	227
KAYNAKLAR	232
EKLER.....	268
ÖZGEÇMİŞ.....	296

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Literatür araştırması şeması	7
2.2. Türüne göre yayın sayısı	8
3.1.ÇKKV probleminde kullanılan birleştirme operatörleri	26
5.1. ADSB-AHP yöntemi kullanan çalışmaların karşılaştırılması.....	104
6.1. Dilsel-terim bireysel karşılaştırma matrisi	116
7.1.Uzman ağırlıkları (Örnek 7.1).....	127
7.2. Uzman ağırlıkları (Örnek 7.2).....	128
7.3. Uzman ağırlıkları (Örnek 7.3).....	128
7.4. Uzman ağırlıkları (Örnek 7.4).....	129
7.5. Dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisleri (Örnek 7.5)	130
7.6. ADSB kolektif karşılaştırma matrisi (Örnek 7.5)	131
7.7. Skor değerlendirme matrisi (Örnek 7.5)	131
7.8. Aralıklı üstel matris (Örnek 7.5)	132
7.9. Olasılık dereceleri ve ağırlıklar (Örnek 7.5)	132
7.10. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan entropi değerleri ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.5).....	133
7.11. Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan korelasyon katsayıları ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.5).....	133
7.12.Tutarlı ADSB kolektif karşılaştırma matrisi (Örnek 7.5)	135
7.13. Sıralama değerleri (Örnek 7.5).....	136
7.14. Üstel değerler ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.5)	136
7.15. Kriterlerin farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan ağırlıkları (Örnek 7.5)	136
7.16. Kriter ağırlıklarının sırası (Örnek 7.5)	136
7.17. Dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisleri (Örnek 7.6)	137
7.18. ADSB kolektif karşılaştırma matrisi (Örnek 7.6)	137
7.19. Skor değerlendirme matrisi (Örnek 7.6)	138
7.20. Aralıklı çarpım matrisi (Örnek 7.6)	138
7.21. Olasılık dereceleri ve ağırlıklar (Örnek 7.6)	138

7.22. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan entropi değerleri ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.6).....	139
7.23. Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan korelasyon katsayısı ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.6).....	139
7.24. Sıralama değerleri (Örnek 7.6).....	139
7.25. Üstel değerler ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.6)	140
7.26. Kriterlerin farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan ağırlıkları (Örnek 7.6)	140
7.27. Kriter ağırlıklarının sırası (Örnek 7.6)	140
7.28. Dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisleri (Örnek 7.7)	141
7.29. ADSB kolektif karşılaştırma matrisi (Örnek 7.7)	142
7.30. Skor değerlendirme matrisi (Örnek 7.7)	142
7.31. Aralıklı çarpım matrisi (Örnek 7.7)	143
7.32. Olasılık dereceleri ve ağırlıklar (Örnek 7.7)	143
7.33. Aralıklı üstel matris (Örnek 7.7)	143
7.34. Olasılık dereceleri ve ağırlıklar (Örnek 7.7)	144
7.35. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan entropi değerleri ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.7).....	145
7.36. Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan korelasyon katsayısı ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.7).....	145
7.37. Sıralama değerleri (Örnek 7.7).....	146
7.38. Üstel değerler ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.7)	146
7.39. Kriterlerin farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan kriter ağırlıkları (Örnek 6.7)	147
7.40. Kriterler ağırlıklarının sıralaması (Örnek 6.7).	147
8.1. Hassas becerilerin kazandırılmasına ilişkin literatürden derlenen öneriler.....	153
8.2.Hassas beceri listesi.....	154
8.3. MÜDEK program çıktıları	161
8.4. ABET program çıktıları	161
8.5. ASIIN program çıktıları	162
8.6. Akreditasyon kuruluşları tarafından belirlenen hassas (teknik olmayan) beceriler	163
8.7. Akreditasyon kuruluşları tarafından belirlenen zor (teknik) beceriler	163
8.8. İş ilanlarından derlenen hassas beceriler	164

8.9. Teknik olmayan beceri listesi.....	166
8.10. Teknik beceri listesi	167
8.11. Dilsel terimler ve karşılık gelen ADSB sayılar.....	168
8.12. Endüstri mühendisliği açısından temel kriter ve alt kriterleri değerlendiren uzman grupları	171
8.13. Elektrik- elektronik mühendisliği açısından temel kriter ve alt kriterleri değerlendiren uzman grupları	172
8.14. Endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerine bağlı özellikleri değerlendiren uzman grupları	172
8.15. Elektrik- elektronik mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerine bağlı özellikleri değerlendiren uzman grupları	172
8.16. Uzman gruplarının değerlendirilmesi için kullanılan ölçek.....	173
8.17. Gruplara atanan dilsel terimler ve grup ağırlıkları.....	173
8.18. Teknik olmayan beceri alt kriteri için dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisi	173
8.19. Teknik olmayan beceri alt kriteri için ADSB bireysel karşılaştırma matrisi ..	175
8.20. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin ADSB tercih ilişkisi ($R^{(0)}$)	177
8.21. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisi ($\bar{R}$)	177
8.22. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin ADSB tercih ilişkisi (R) ve mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal.....	177
8.23. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin birinci iterasyon (p=1) sonucunda yeniden yapılandırılan ADSB	179
8.24. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin ikinci iterasyon (p=2) sonucunda yeniden yapılandırılan ADSB	179
8.25. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterlerin değerlendirildiği ADSB BKM’nin iterasyon bazında tutarlılık oranları	181
8.26. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterlerin değerlendirildiği ADSB BKM’nin iterasyon bazında tutarlılık oranları	181
8.27. Endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan alt beceri kriterine bağlı özelliklerin değerlendirildiği ADSB BKM’nin iterasyon bazında tutarlılık oranları	182

8.28. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik olmayan alt beceri kriterine bağlı özelliklerin değerlendirildiği ADSB BKM'nin iterasyon bazında tutarlılık oranları	184
8.29. TOB 1 kriterinin diğer TOB alt kriterleri ile karşılaştırılmasına ilişkin ADSB BKM'lerinin birleştirilmesi ile elde edilen ADSB GKM	186
8.30. TB alt kriterlerini endüstri mühendisliği açısından değerlendirilmesine ilişkin ADSB GKM ile oluşturulan ADSB KKM.....	187
8.31. Endüstri mühendisliği için oluşturulan TOB alt kriterine ilişkin ADSB KKM'i için hesaplanan sıralama değerleri	188
8.32. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin ağırlıkları	189
8.33. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterler ve alt kriterler için hesaplanan ağırlıklar	189
8.34. Endüstri Mühendisliği açısından TOB alt kriterlerine bağlı özellikler için hesaplanan ağırlıklar	190
8.35. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterler ve alt kriterler için hesaplanan ağırlıklar	191
8.36. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerine bağlı özellikler için hesaplanan ağırlıklar	191
8.37. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına göre değişimleri	197
8.38. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 1 ağırlığına göre değişimleri	197
8.39. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 2 ağırlığına göre değişimleri	198
8.40. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 3 ağırlığına göre değişimleri	198
8.41. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 4 ağırlığına göre değişimleri	199
8.42. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 5 ağırlığına göre değişimleri	199
8.43. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 1 ağırlığına göre değişimleri	200
8.44. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 2 ağırlığına göre değişimleri	200

8.45. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 3 ağırlığına göre değişimleri	201
8.46. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 4 ağırlığına göre değişimleri	201
8.47. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 5 ağırlığına göre değişimleri	202
8.48. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına göre değişimleri.....	211
8.49. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 1 ağırlığına göre değişimleri	213
8.50. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 2 ağırlığına göre değişimleri	213
8.51. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 3 ağırlığına göre değişimleri	214
8.52. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 4 ağırlığına göre değişimleri	214
8.53. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 5 ağırlığına göre değişimleri	215
8.54. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 1 ağırlığına göre değişimleri	217
8.55. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 2 ağırlığına göre değişimleri	217
8.56. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 3 ağırlığına göre değişimleri	218
8.57. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 4 ağırlığına göre değişimleri	218
8.58. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 5 ağırlığına göre değişimleri	219

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Sayfa

2.1. Akış şeması	7
2.2. Yıl bazında yayın sayısı	8
2.3. ADSB-ÇKKV yöntemlerinin yüzde dağılımı	9
3.1. Üyelik fonksiyonu ile ilgili kısımların gösterimi.	18
3.2. Üçgen bulanık sayı.....	19
3.3. Yamuk bulanık sayı.....	19
3.4. Dilsel değişken örneği.....	20
3.5. Üçgen sezgisel bulanık sayı gösterimi.	22
3.6. Aralık-değerli sezgisel üçgen bulanık sayı gösterimi	24
6.1. Önerilen yöntemin teorik çerçevesi	115
8.1. T-Tipi gösterimi	149
8.2. Lisans düzeyi mühendislik programlarının akredite oranı.....	160
8.3. Uzmanların cinsiyet dağılımı	169
8.4. Uzmanların yaş dağılımı	169
8.5. Uzmanların eğitim düzeyi dağılımı.....	170
8.6. Uzmanların mezun olduğu bölüm dağılımı	170
8.7. Uzmanların unvan dağılımı.....	170
8.8. Uzmanların çalışma yılı dağılımı	171
8.9. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları.....	194
8.10. Endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	195
8.11. Endüstri mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	196
8.12. Endüstri mühendisliği açısından “Kişisel Yönetim (TOB 1)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	203
8.13. Endüstri mühendisliği açısından “İletişim (TOB 2)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	204

8.14. Endüstri mühendisliği açısından “Çevre ile Uyum (TOB 3)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	205
8.15. Endüstri mühendisliği açısından “Takım Çalışması (TOB 4)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	206
8.16. Endüstri mühendisliği açısından “Liderlik (TOB 5)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	207
8.17. Endüstri mühendisliği açısından “Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları.....	208
8.18. Endüstri mühendisliği açısından “Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları.....	209
8.19. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	210
8.20. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	212
8.21. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	216
8.22. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Kişisel Yönetim (TOB 1)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	220
8.23. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “İletişim (TOB 2)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	221
8.24. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Çevre ile Uyum (TOB 3)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları.....	222
8.25. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Takım Çalışması (TOB 4)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları.....	223

8.26. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Liderlik (TOB 5)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	224
8.27. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	225
8.28. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları	226



SİMGELER DİZİNİ

$\mu_{\tilde{A}}(x)$	x elemanının $\tilde{A}$ kümesine üye olma derecesi
$\nu_{\tilde{A}}(x)$	x elemanının $\tilde{A}$ kümesine üye olmama derecesi
$\mu_{\tilde{A}}^L(x)$	x elemanının $\tilde{A}$ kümesine üye olma derecesi alt sınır değeri
$\mu_{\tilde{A}}^U(x)$	x elemanının $\tilde{A}$ kümesine üye olma derecesi üst sınır değeri
$\nu_{\tilde{A}}^L(x)$	x elemanının $\tilde{A}$ kümesine üye olmama derecesi alt sınır değeri
$\nu_{\tilde{A}}^U(x)$	x elemanının $\tilde{A}$ kümesine üye olmama derecesi üst sınır değeri
$\pi_{\tilde{A}}^L(x)$	x elemanının $\tilde{A}$ kümesine üye olma duruma ilişkin tereddüt derecesi alt sınır değeri
$\pi_{\tilde{A}}^U(x)$	x elemanının $\tilde{A}$ kümesine üye olma duruma ilişkin tereddüt derecesi üst sınır değeri
γ_i	i elemanı için $H_{KE}(\cdot)$ sıralama fonksiyonu ile elde edilen sıralama değeri
λ_i	i elemanı için $S_{KE}(\cdot)$ sıralama fonksiyonu ile elde edilen sıralama değeri
ω_i	i uzmanının ağırlığı
ϖ_i	i kriterinin önem derecesi

KISALTMALAR DİZİNİ

ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc.
ADSB-BKM	Aralık-Değerli Sezgisel Bulanık Bireysel Karşılaştırma Matrisi
ADSB	Aralık-Değerli Sezgisel Bulanık
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
ARAS	Additive Ratio Assessment
ASIIN	Accreditation Agency for Study Programmes of Engineering, Information Science, Natural Sciences and Mathematics
BCI-C	Book Citation Index– Science
BK	Bulanık Küme
BKM	Bireysel Karşılaştırma Matrisi
BWM	Best Worst Method
ÇKGKV	Çok Kriterli Grup Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
CODAS	Combinative Distance-Based Assessment
COPRAS	Complex Proportional Assessment
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar Verme
ÇÖKA	Çok Ölçütlü Karar Analizi
CPCI-S	Conference Proceedings Citation Index- Science
CPCI-SSH	Conference Proceedings Citation Index- Social Science & Humanities
DEMATEL	Decision Making Trial And Evaluation Laboratory
EDAS	Evaluation Based On Distance From Average Solution
ELECTRE	Elimination And Choice Translating

	Reality
FMEA	Failure Mode And Effectect Analysis
GIVIFWA	Generalized Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging
GIVIFLIHA	Generalized Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Linguistic Induced Hybrid Aggregation
GKM	Grup Karşılaştırma Matrisi
GRA	Grey Relational Analysis
IBM	International Business Machines
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
IVIFA	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Arithmetic
IVIFG	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Geometri
IVIFHA	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Hybrid Arithmetic
IVIFHG	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Hybrid Geometric
IVIFOWA	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Ordered Weighted Arithmetic
IVIFOWG	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Ordered Weighted Geometric
IVIFWA	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Weighted Arithmetic
IVIFWG	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Weighted Geometric
IVIFCWA	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Combined Weighted Averaging
IVIFCOWA	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Composed Ordered Weighted Arithmetic Averaging

IVIFCOWG	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Composed Ordered Weighted Geometric Averaging
KKM	Kolektif Karşılaştırma Matrisi
LINMAP	The Linear Programming Technique for Multidimensional Analysis of Preference
MABAC	Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison
MOORA	Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis
MULTIMOORA	The Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis
MÜDEK	Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği
NCVER	National Centre for Vocational Education Research
PROMETHEE	The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
SB	Sezgisel Bulanık
TB	Teknik Beceri
TOB	Teknik Olmayan Beceri
TODIM	Iterative Multi Criteria Decision Making
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
QUALIFLEX	Qualitative Flexible
WASPAS	Weighted Aggregated Sum Product Assessment

1. GİRİŞ

ManpowerGroup Yetenek Açığı Araştırması Raporunda, Türkiye’de 2018 yılında yetenek açığının %66’ya yükseldiği, bu durumun sebepleri araştırıldığında en önemli faktörün deneyim eksikliği olduğu belirtilmiştir. Söz konusu sebepler arasında deneyim eksikliğine ek olarak teknik ve teknik olmayan (hassas) becerilerin eksikliği de yer almaktadır (ManpowerGroup, 2018). Yine aynı raporda, Türkiye’de en fazla yetenek açığının bulunduğu birinci pozisyonun nitelikli işçi; ikinci pozisyonun ise mühendislik olduğu açıklanmıştır (ManpowerGroup, 2018). Bu durumun nedeni olarak endüstriler, meslek kuruluşları ve uluslararası kuruluşlar, mühendislik bölümü mezunlarındaki hassas beceri yetersizliğine dikkat çekmektedir (Direito, Pereira ve de Oliveira Duarte, 2012).

Günümüzde, mühendislik mezunları teknik bilgi bolluğuna sahipken çoğu mühendis etkili iletişim ve ekip çalışması gibi modern iş ortamlarının gerektirdiği hassas becerilerden yoksundur. Literatürdeki çalışmaların birçoğu bu görüşü destekler niteliktedir. O’Neal (1990) mühendislerin çoğunun kariyerlerinde teknik bilgi eksikliği ile değil, fikirlerini başkalarına iletme ve liderlik yapma yetersizliği ile geri kaldıklarını savunmuştur. Bu beceriler konusunda, mühendislik ve fen derslerinin mesleki liderliği teşvik etmek için sosyal bilimlere kadar etkili olmadığını eklemiştir. Ayrıca, benzer zekâ düzeyine sahip insanlar arasında, beşerî bilimlerde eğitim alanların, mühendis olarak eğitim alanlardan daha güçlü liderlik özelliklerine sahip olduğunu açıklamıştır. Vedhathiri (2016), gelişmiş ülkelerin çoğunun sadece tasarım, üretim ve bakım gibi profesyonel becerilere değil, aynı zamanda iletişim, kişilerarası ilişkiler ve yüksek performanslı ekip çalışması gibi hassas becerilere de odaklandığını açıklamıştır. Nicola, Pinto ve Mendonça (2018), mühendislerin, matematik, fizik ve diğer bilimlere gibi bilimsel alanlarda bilişsel yeteneklere sahip olmalarının yanı sıra empati, hoşgörü ve iletişim gibi hassas becerilere de sahip olması gerektiğini öne sürmüştür. Goldberg (1995), öğrencilerin zamanlarının %80’ini teknik konuları öğrenmekle geçirdiklerini, ancak geliştirilen bu teknik becerilerin, bireyin iş ortamında geçirdiği sürenin sadece %20’sini oluşturduğunu ileri sürmüştür. Bilisel, Oral ve Pillai (1998), Amerika Birleşik Devletleri’ndeki birçok büyük şirketin yönetim pozisyonları için liberal sanat öğrencilerini tercih ettiğini belirtmiştir. Bu durumun nedeni olarak

ise mühendislik ve fen bilimlerinde okuyan öğrencilerin kararlar söz konusu olduğunda yalnızca fonksiyonel olarak düşünmeleri, ifadelerinin ders kitabı tanımları ve formülleriyle sınırlı kalması; buna karşılık, liberal sanatlar ve beşerî bilimlerde eğitim alan öğrencilerin kavramlaştırma ve problem çözme yaklaşımlarının çok yönlü, yaratıcı ve yenilikçi olduğu belirtilmiştir.

Stanford Araştırma Enstitüsü ve Carnegie Mellon Vakfı tarafından yapılan araştırmalar, uzun vadeli iş başarısının %75'inin hassas becerilere ve %25'inin teknik becerilere bağlı olduğunu ortaya koymuştur (Abbas, Adabi Abdul Kadir ve Azmie Abdul Ghani, 2013). Alman Mühendisler Birliği, mühendislik müfredatının %20'sinin dil eğitimi, öz-yönetim, kişilik gelişimi, iletişim becerileri, proje yönetimi, ekonomi ve diğer ilgili konular gibi teknik olmayan bir alanda olması gerektiğini ileri sürmüştür (Hillmer vd., 2007).

Küreselleşen ekonomi ile birlikte hızla büyüyen endüstrilerin ihtiyaçlarını karşılamak için hem tek bir sistemde çok fazla bilgiye sahip olan hem de disiplinler arası iş birliği yapabilen genç profesyonellere olan talep giderek önem kazanmaktadır (Conley, Foley, Gorman, Denham ve Coleman, 2017b). Ek olarak günümüz koşulları, mühendisleri diğer disiplinlerdeki kişiler ile iş birliği içinde çalışmaya zorlamaktadır. Bu nedenle, mühendislerin farklı disiplinlerde eğitim almış kişiler ile istihdam ortamında uyum içinde çalışması için gerekli olan kişisel ve kişiler arası becerileri kazanarak mezun olması önem teşkil etmektedir. Yani mühendislerin, sağlam teorik alt yapıya ek olarak söz konusu teknik olmayan becerileri kazanarak 21. yüzyılın ihtiyaç duyduğu profesyonel işgücü olarak mezun olmaları gerekmektedir. Ülkemizde henüz yaygın olmayan ancak IBM gibi önemli kuruluşların dikkatini çeken T-tipi mühendisler, söz konusu profesyonel işgücünü temsil etmektedir (Tranquillo, 2017). T-tipi mühendislere artan ilgi ve talebe rağmen, bu konuda literatürde yeterli çalışma bulunmadığı görülmektedir. 21. yüzyıl koşullarında mühendislerin sahip olması gereken hassas (teknik olmayan) becerileri araştıran çalışmalar (Ahmed, Capretz ve Campbell, 2012; Barros ve Bittencourt, 2018; Chaibate, Hadek, Ajana, Bakkali ve Faraj, 2019; Direito vd., 2012; Esa, Selamat, Padil ve Jamaludin, 2013; Naiem ve Abdellatif, 2015; Robles, 2012; Sharma ve Sharma, 2010; Sousa ve Mouraz, 2014; Wilson ve Marnewick, 2018; Yaacoub, Hussein ve Choueiki, 2011) veya T-tipi mühendisin öneminden bahseden çalışmalar (Conley, Foley, Gorman, Denham ve

Coleman, 2017a; Oskam, 2009; Tranquillo, 2017) olsa da teknik ve hassas (teknik olmayan) becerileri T-tipi mühendis çerçevesinde değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu kapsamda, bu çalışmada mühendislerin T-tipi olarak mezun olmaları için gerekli olan teknik olmayan (hassas) ve teknik becerilerin araştırılması, bu becerilerin farklı mühendislik disiplinleri için önem düzeylerinin uzman görüşleri doğrultusunda değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ele alınan problem, uzmanların, belirlenen becerileri (kriterleri), farklı mühendislik disiplinlerini göz önünde bulundurarak kıyaslaması ve dilsel terim ölçeği kullanılarak ölçeklendirmesi temeline dayanmaktadır. Bu nedenle, teknik olmayan (hassas) ve teknik becerilerin farklı mühendislik disiplinleri için değerlendirilmesi süreci çok kriterli grup karar verme (ÇKGKV) problemi olarak ele alınmıştır.

İlk olarak 1970'lerin başından tanıtılan ÇKGKV, değerlendiricilerin görüşleri doğrultusunda faktörlerin ve alt faktörlerin ağırlıklarını dikkate alarak alternatifleri önceliklendirmek, seçmek veya değerlendirmek ile ilgili bir faaliyettir (Xu, 2007b). Bu faaliyette, öznitelik değerleriyle ilgili bilgiler, insan düşüncesinin öznel doğası gereği genellikle belirsiz ve bulanıklık içermektedir (Hajiagha, Hashemi, Mohammadi ve Zavadskas, 2016). Dubois ve Prade (1998) ve Klir ve Yuan (1995) , bu bulanıklık ve belirsizliğin, iki veya daha fazla alternatif arasındaki seçimde olan tereddüt; bir başka deyişle keskin veya net ayrımlar yapmanın zorluğuyla ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bu belirsizliğin ve bulanıklığın üstesinden gelmek için Zadeh (1965), bulanık kümeler teorisini geliştirmiştir. Bulanık kümeler, güçlü bir araç olmasına rağmen dilsel terimleri sadece üyelik derecesi ile karakterize etmesinden dolayı yetersiz bulunmuştur (Gupta, Mehlawat, Grover ve Pedrycz, 2018; Li, 2010b). Bu nedenle, Atanassov (1986) tarafından bulanık küme (BK) teorisi, sezgisel bulanık küme (SBK) teorisine genişletilmiştir. Sezgisel bulanık küme teorisinde, bir elemanın kümeye aitlik durumu, üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi olmak üzere üç derece ile temsil edilmektedir. SBK'nin, değerlendirme veya seçim durumlarında yaşanan tereddüdü de kapsamı, birçok araştırmacı tarafından ilgi görmesini sağlamasına rağmen ünlü bir monografide Pedrycz (2018), üyelik derecesi ve üye olmama derecesinin tek bir değer ile ifade edilmesinin yeterince gerçekçi ve teknik olarak yeterli olmadığını belirtmiştir. Dilsel terimleri gerçeğe daha yakın olarak

değerlendirebilmek için Atanassov ve Gargov (1989), sezgisel bulanık kümeleri, aralık-değerli sezgisel bulanık (ADSB) kümelere genişletmiştir. ADSB küme teorisinde, elemanları karakterize eden üç derece (üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi) tek bir değer yerine aralıklı değerler ile ifade edilmektedir. Literatürdeki çeşitli çalışmalar da belirsizliği ve bulanıklığı ifade etme konusunda ADSB küme teorisinin, SB küme teorisinden daha etkili ve esnek olduğunu savunmuştur (Wan, Xu, Wang ve Dong, 2015; Wan ve Dong, 2015; Wan, Xu ve Dong, 2016). Bu nedenle, bu çalışmada uzmanlar tarafından ifade edilen dilsel terimler, ADSB kümeler ile ele alınmıştır ve kriterlerin değerlendirilme süreci için ADSB ortamda geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi önerilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmanın öne çıkan özellikleri aşağıda listelenmiştir:

- 1) ADSB sayıların sıralanması için mevcut sıralama fonksiyonlarının dezavantajlarının üstesinden gelen iki farklı sıralama fonksiyonu önerilmiştir.
- 2) Geliştirilen sıralama fonksiyonları ve çarpımsal tutarlılık analizinin entegre edilmesi ile ADSB-AHP yöntemi geliştirilmiştir.
- 3) Mevcut ADSB-AHP yöntemlerinin dezavantajları sunulmuş ve önerilen ADSB-AHP yönteminin bu dezavantajların üstesinden geldiği gösterilmiştir.
- 4) Türkiye’de henüz yaygınlaşmayan T-tipi mühendis kavramına ve teknik olmayan (hassas) becerilerin mühendisler için önemine dikkat çekilmiştir.
- 5) Teknik ve teknik olmayan becerilerin önem derecelerinin, mühendislik disiplinlerine göre farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: İkinci bölümde, ADSB ortamda genişletilen ÇKKV modellerine ilişkin literatür analizi sunulmuştur. Üçüncü bölümde bulanık küme teorisi, sezgisel bulanık küme teorisi ve aralık-değerli sezgisel bulanık küme teorisine ilişkin temel tanım ve işlevler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, mevcut skor fonksiyonları ve sahip oldukları dezavantajlı durumlar sunulmuştur. Geliştirilen sıralama fonksiyonları tanıtılmıştır. Ek olarak, önerilen fonksiyonların, mevcut sıralama fonksiyonlarının sahip oldukları dezavantajlı durumların üstesinden geldiği kanıtlar ve örnekler ile açıklanmıştır. Beşinci bölümde, ADSB-AHP yöntemi kullanan çalışmalar, uzman sayısı, tutarlılık analizi, uzman ağırlıklarının hesaplanması ve kriter ağırlıklarının hesaplanması başlıkları altında değerlendirilmiştir. Altıncı

bölümde, geliştirilen entegre ADSB-AHP yönteminin aşamaları detaylandırılmıştır. Yedinci bölümde, önerilen ADSB-AHP yöntemi için karşılaştırma analizi sunulmuştur. Sekizinci bölümde, T-tipi ve hassas beceri kavramları açıklanmıştır. T-tipi kavramının yatay ve dikey bileşenleri için hassas (teknik olmayan) ve zor (teknik) beceriler; literatür araştırması, akreditasyon kurumlarının belirtmiş olduğu program çıktılarının ve iş ilanlarının analizi ile belirlenmiştir. Belirlenen becerilerin, endüstri mühendisliği ve elektrik-elektronik mühendisliği disiplinleri için önem düzeyleri geliştirilen ADSB-AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ek olarak, yapılan vaka analizinde farklı uzman görüşlerinin alınması durumunda becerilerin önem düzeylerinde olabilecek değişiklikler duyarlılık analizi ile incelenmiştir. Dokuzuncu bölümde, çalışmanın genel bir değerlendirmesi sunulmuştur.



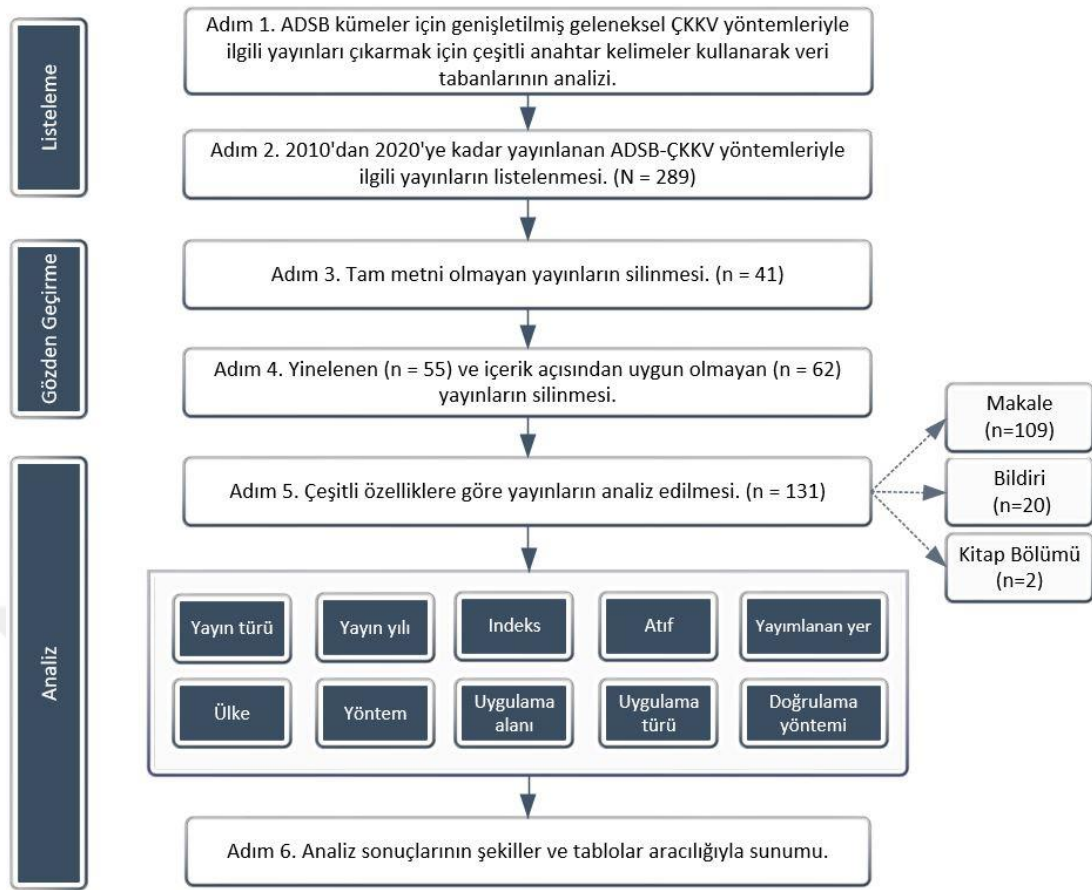
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

ÇKKV, sınırlı sayıda alternatifi çeşitli kriterler altında değerlendirmekle ilgilenen bir yöneylem araştırması dalıdır. Alternatifleri öznel tercih sırasına göre sıralamak ve/veya en uygun alternatifi seçmek için ÇKKV yöntemleri geliştirilmiştir (Behzadian, Otaghsara, Yazdani ve Ignatius, 2012). ÇKKV 1950'lerin ortalarında tanıtıldığından beri, karar verme araştırmalarında gündemde olan bir konu olmuştur. Ayrıca yaygın pratik uygulamaları sayesinde etkili bir yaklaşım olduğunu kanıtlamıştır. Bununla birlikte, araştırmacılar, geleneksel ÇKKV yöntemlerinin, dilsel ifadelerdeki belirsizlik ve muğlaklığı ele almakta yetersiz olduğunu ileri sürmüşlerdir (Kaya, Çolak ve Terzi, 2019). İlk olarak, bir karar verme sürecinde muğlaklığın üstesinden gelmek için bulanık kümelerle ÇKKV yaklaşımlarının uygulanması önerilmiştir. Ancak daha sonra, birçok araştırmacı, ÇKKV problemleri için ADSB ortam için genişletilen ÇKKV yöntemlerinin daha gerçekçi sonuçlar üreten araçlar olduğunu ileri sürmüştür (Abdullah ve Najib, 2016; Chen, 2013; Tan, 2011). Bu nedenle, özellikle 2010 yılından itibaren geleneksel ÇKKV yöntemleri, ADSB kümeler için genişletilmeye başlamıştır. Bu bölümde, 2010 yılından itibaren ADSB ortamda gerçekleştirilen ÇKKV çalışmaları analiz edilmiştir.

2.1. Literatür Araştırması Metodolojisi

Literatür araştırması metodolojisi Şekil 2.1'de sunulduğu gibi üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada 2010-2020 yılları arasındaki yayınlar, aşağıdaki gibi formüle edilmiş anahtar kelimeler kullanılarak çeşitli veri tabanlarında (Web of Science, Elsevier, Springer, Taylor & Francis, Scopus, Google Scholar, Hindawi, IEEEExplore, Wiley) araştırılmış ve 289 yayın belirlenmiştir.

((ADSB VEYA (aralık VE değerli VE sezgisel VE bulanık)) VE (ahp VEYA anp VEYA dematel VEYA electre VEYA moora VEYA prometee VEYA topsis VEYA vikor VEYA (karar VE verme) VEYA (çok VE kriterli VE karar VE verme) VEYA (çok VE ölçütlü VE karar VE verme) YA DA (çok VE kriterli VE karar VE analizi) YA DA (çok VE ölçütlü VE karar VE analizi) VEYA çkkv VEYA çökv VEYA çkka VEYA çöka)



Şekil 2.1. Akış şeması

İkinci aşamada yayınlar gözden geçirildi ve tekrarlı, tam metin olarak yayınlanmayan ya da ilgisiz olan yayınlar silinmiştir. Üçüncü adımda 109 makale, 20 bildiri ve 2 kitap bölümünden oluşan 131 tam metin yayın analiz için ele alınmıştır. Bu 131 yayın, Çizelge 2.1’de gösterildiği gibi çeşitli başlıklar altında analiz edilmiştir ve kaydedilmiştir (EK 1).

Çizelge 2.1. Literatür araştırması şeması

N	Yazar(lar)	Yıl	Yayın Türü	Yayın Yeri	Ülke	İndeks	Yöntem	Uygulama Alanı	Uygulama Türü	Atıf	Duyarlılık Analizi	Karşılaştırma Analizi
1												
2												
...												
131												

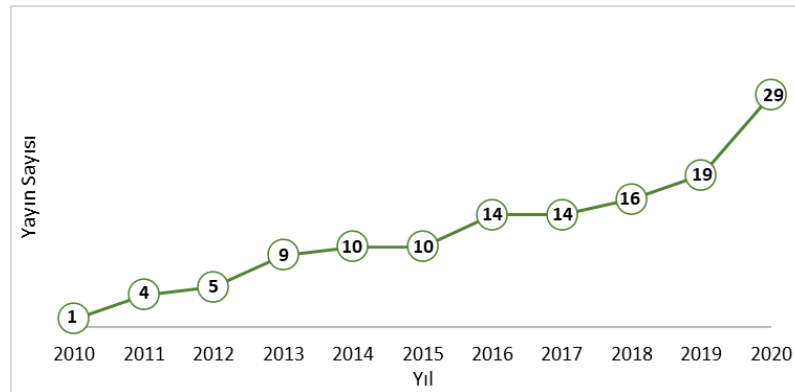
2.2. Literatür Araştırması Sonuçları

ÇKKV yöntemlerinin temeli 1950'lerin ortalarında atılmış olup o zamandan itibaren birçok araştırmacı ÇKKV problemleri için yeni modeller geliştirmek veya mevcut yaklaşımları iyileştirmek için çeşitli çalışmalar yürütmüştür. Bu bölümde, ADSB kümeler için genişletilmiş geleneksel ÇKKV yöntemleri için gerçekleştirilen literatür araştırması sonucunda elde edilen bilgiler sunulmaktadır. Literatür araştırmasında, 109 makale, 20 bildiri ve 2 kitap bölümünden oluşan 131 çalışma incelenmiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Türüne göre yayın sayısı

Yayın Türü	Yayın Sayısı
Makale	109
Bildiri	20
Kitap Bölümü	2

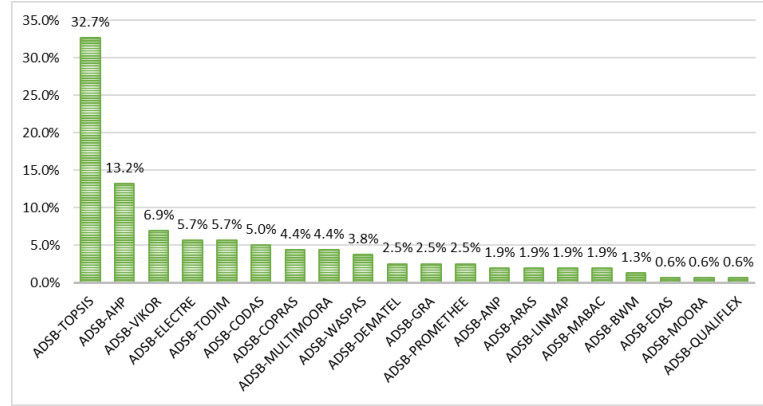
Yayın sayıları, Şekil 2.2 aracılığı ile incelendiğinde, geleneksel ÇKKV yöntemlerinin ADSB kümeler için genişletilmiş versiyonunu kullanan çalışmaların sayısının yıldan yıla arttığı görülmektedir. Yayın sayısındaki bu artış, alandaki araştırmanın genel ilerlemesini göstermektedir.



Şekil 2.2. Yıl bazında yayın sayısı

Literatürde, ADSB-ÇKKV yöntemlerinin tek başına kullanılabildiği gibi iki veya daha fazla yöntemin birleştirilmesi ile de kullanılabildiği görülmüştür. ADSB-ÇKKV yöntemlerinin kullanım yüzdeleri, Şekil 2.3'te gösterilmektedir. Son on yılda kullanılan en yaygın yöntemin, %32,7'lik oranla ADSB-TOPSIS olduğu görülmüştür.

ADSB-TOPSIS yöntemini, ADSB-AHP yöntemi %13,2'lik bir yüzde ile takip etmektedir.



Şekil 2.3. ADSB-ÇKKV yöntemlerinin yüzde dağılımı

Literatür analizi kapsamında incelenen yayınların, çalışma alanı açısından çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. ADSB kümeler için genişletilen ÇKKV yöntemlerini kullanan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmektedir.

i) *Yatırım seçim problemi*

Literatür araştırmalarında ADSB ÇKKV yöntemlerinin en sık kullanıldığı alanın yatırım seçim problemi olduğu görülmüştür. Bu çalışmalar arasında ilk olarak Tan (2011), ADSB geometrik operatörünü ve Choquet integral tabanlı Hamming mesafesini entegre ederek TOPSIS yönteminin ADSB kümeler için bir uzantısını sunmuştur. Zhang ve Yu (2012), ADSB ortamında kriter ağırlıklarını hesaplamak için bir optimizasyon modeli önermiştir. Bu yöntemde, kriter ağırlıklarını belirlemek için çapraz entropiye dayalı matematiksel programlama modeli oluşturulmuştur. Daha sonra ADSB-TOPSIS yöntemi, alternatifleri sıralamak için kullanılmıştır. Zhang ve Qi (2012), iki farklı ADSB hibrit toplama operatörü geliştirmiş ve bu operatörleri kullanarak karar vericinin bulanık tutum özelliklerini dikkate alan ADSB-TOPSIS yöntemini tanıtmıştır. Wu ve Chen (2012), ÇKKV problemlerinin çözümü için skor ve doğruluk fonksiyonları ile entegre ADSB-ELECTRE yöntemini önermiştir. Tan ve Chen (2013), ADSB kümeler için VIKOR ve Choquet integrale dayalı bir ÇKKV yaklaşımı sunmuştur. Dammak, Baccour ve Alimi (2016), ağırlık hesaplaması için

standart sapmanın ve tercih seçim indeksinin ADSB kümeler için genişletilmiş versiyonunu kullandığı ADSB-TOPSIS yöntemini önermiştir. Önerilen yöntem, yatırım seçimi problemi ile örneklendirilmiştir. Dammak, Baccour, Ayed ve Alimi (2017), yatırım seçim problemi için olasılık teorisine dayalı ADSB-ELECTRE yöntemini önermiştir. Rani, Jain ve Hooda (2018), kriterlerin ağırlıklarını Shapley değerleri cinsinden hesaplayan bir doğrusal programlama modeli oluşturmuş ve alternatifleri sıralamak için ise ADSB-VIKOR yöntemini kullanmıştır. Kumar ve Biswas (2018), doğrusal programlama modeline dayalı bir ADSB-TOPSIS yöntemi önermiştir. Daha sonra, Kumar ve Biswas (2019), ADSB-TOPSIS yöntemini matematiksel programlama ve normalleştirilmiş Hamming mesafesi ile birleştirerek genişletmiştir. Xian, Dong, Liu ve Jing (2018), GADSBLIHA operatörü ve ADSB TOPSIS yöntemine dayalı bir ÇKGKV yaklaşımı önermiştir. Önerilen yöntem, yatırım seçim problemine uygulanarak açıklanmıştır. Mohammadi ve Mohammadi (2020) yatırım fonu seçim problem için ADSB-BMW yöntemini geliştirmiştir.

ii) *Tedarikçi seçim problemi*

Literatür araştırmalarında ADSB ÇKKV yöntemlerinin en sık kullanıldığı ikinci alan tedarikçi seçim problemidir. Bu çalışmalar arasında ilk olarak Li ve Jiang (2011), otomobil parçası tedarikçisi seçiminde ADSB kümeler için genişlettiği VIKOR yöntemini kullanmıştır. Izadikhah (2012) tedarikçi seçimi problemi için ADSB-TOPSIS yöntemini önermiştir. Bu yöntemde, her alternatifin pozitif ideal çözüme nispi yakınlığı, normalize edilmiş Hamming mesafesi kullanılarak hesaplanmış ve alternatifler, nispi yakınlığa göre sıralanmıştır. Xu ve Shen (2014), en uygun alternatifin, üstünlük indeksi ile belirlendiği ADSB-ELECTRE yöntemini geliştirmiştir. Zhang ve Xu (2015), birey ve grup arasındaki fikir birliği derecesini ölçmek için bir fikir birliği indeksi tanımlamışlardır. Bu indeksi kullanarak uzmanların ağırlıklarını hesaplamak için uzlaşmayı maksimize etmeyi hedefleyen bir model oluşturmuşlardır. Daha sonra ADSB-TOPSIS yöntemini kullanarak alternatiflerin yakınlık endekslerini hesaplamışlardır ve çoktan seçmeli bir hedef programlama modeli ile en uygun alternatifi belirlemişlerdir. Veeramachaneni ve Kandikonda (2016), sıralama fonksiyonu temelli bir ADSB-ELECTRE yöntemi geliştirmiştir. Krishankumar, Ravichandran, Ramprakash (2017) tedarikçi seçimi için iki aşamalı ADSB-ELECTRE yöntemi önermiştir. Birinci aşamada, kriter ağırlıkları ADSB

tabanlı istatistiksel varyans ile hesaplanmış ve ikinci aşamada ADSB-ELECTRE kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. Büyüközkan ve Göçer (2018), dijital tedarikçi seçim problemi için kriter ağırlıklarının ADSB-AHP yöntemi ile hesaplandığı ve alternatiflerin ADSB-ARAS yöntemi ile değerlendirildiği entegre bir yöntem önermiştir. Quan, Wang, Liu ve Shi (2018) yeşil tedarikçi seçimi için hibrit bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşımda karar vericileri kümelemek için karınca kolonisi algoritması kullanılmıştır. Kriterlerin optimal ağırlıklarının hesaplanmasında ise doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Son olarak, tedarikçilerin sıralanması için ADSB ortamda genişletilmiş MULTIMOORA yaklaşımını uygulanmıştır. Gautam ve Singh (2018), bir tedarikçi seçim problemi için amaçların ve kısıtların ADSB-TOPSIS yöntemi kullanılarak ağırlıklandırıldığı bir çok amaçlı doğrusal programlama modeli önermiştir. Jia ve Zhang (2019), ağırlıklı korelasyon katsayısına dayanan ADSB-TOPSIS yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemde, kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için bir optimizasyon modeli sunmuşlardır. Mao, You, Duan ve Shao (2019), tedarikçileri sıralamak için TODIM yöntemini ADSB kümeler için genişletmişlerdir. Davoudabadi, Mousavi, Mohagheghi ve Vahdani (2019), kriterlerin ağırlıklarının entropi indeksi ile elde edildiği ve tedarikçilerin ADSB-COPRAS yöntemi ile sıralandığı yeni bir yaklaşım önermiştir. Davoudabadi, Mousavi ve Mohagheghi (2020), ADSB kümeleri için genişletilen TODIM, WASPAS ve TOPSIS yöntemlerinin entegre edildiği bir yöntem sunmuştur. Bu yöntemde, kriter ağırlıklarını analiz etmek için bilgi ölçüsü ve matematiksel model kullanılmıştır. Tiwari, Lohani ve. Muhuri (2020), tedarikçiler arasında karşılaştırma yapmak için ADSB-TOPSIS yöntemini kullanmışlardır.

iii) Yer seçimi problemi

ADSB-ÇKKV yöntemlerinin uygulandığı bir diğer alan yer seçimi problemidir. Yer seçimi problemi için Chen (2016), her bir alternatif çifti için uyum ve uyumsuzluk endekslerini ADSB kümeleri kullanarak tanımlamıştır. Ardından, uyum ve uyumsuzluk baskınlık matrislerine dayalı olarak ADSB-ELECTRE prosedürü geliştirmiştir. Liu ve Qin (2017), ADSB kümeler için geliştirilen entropi modeline dayalı olarak ADSB-VIKOR yöntemini önermiş ve yöntemi şirket için saha seçim problemine uygulamışlardır. Bolturk ve Kahraman (2018), hem kare hem de öklid mesafesine dayalı ADSB-CODAS yöntemini geliştirmişlerdir. Geliştirilen ADSB-

CODAS yöntemi, dalga enerjisi tesisi için yer seçim problemine uygulanmıştır. Mishra ve Rani (2018b), karar vericilerin psikolojik davranışlarını dikkate alarak optimal alternatifi tanımlayan yeni bir ADSB-TODIM yöntemi sunmuşlardır. Aydın ve Şeker (2020), ana dağıtım üssü seçimi için ADSB kümeler ile genişletilen WASPAS ve MULTIMOORA yöntemlerini entegre eden bir yaklaşım önermiştir. Karaşan, Kaya ve Erdoğan (2020), ana kriterler arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkilerinin SB-DEMATEL yöntemiyle belirlendiği, ana ve alt kriterlerin ağırlıklarının ADSB-AHP yöntemiyle hesaplandığı ve alternatiflerin ADSB-TOPSIS yöntemiyle sıralandığı bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu entegre yaklaşım, şarj istasyonlarının yer seçimi problemine uygulanmıştır.

iv) *Teknolojik araç veya sistemlerin değerlendirilmesi*

Teknolojik araç veya sistemlerin seçimi ya da bu sistemlerin değerlendirilmesi sürecinde de çeşitli ADSB-ÇKKV yöntemlerinin uygulandığı görülmüştür. Park, Park, Kwun ve Tan (2011), karar vericiler tarafından sağlanan tüm tercih bilgilerinin ADSB karar matrisleri olarak sunulduğu ve kriter ağırlıkları hakkındaki bilgilerin kısmen bilindiği bir ADSB ortamda ÇKKV problemlerini çözmek için TOPSIS yöntemini genişletmiştir. Klima seçim problemiyle ilgili bir örnek, önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermek için kullanılmıştır. Vahdani, Mousavi, Tavakkoli-Moghaddam, Ghodratnama ve Mohammadi (2014), robot seçim problemi için hem öznel yargıyı hem de nesnel bilgiyi yansıtabilen ADSB-COPRAS yöntemini geliştirmişlerdir. Onar, Öztaysi, Otay ve Kahraman (2015), çok uzmanlı değerlendirmeler için ADSB-AHP yöntemi önermiştir. Önerilen yöntem, rüzgâr enerjisi teknolojilerinin değerlendirilmesi için uygulanmıştır. Büyüközkan ve Göçer (2017), akıllı medikal cihaz seçimi için ADSB-VIKOR yöntemini uygulamıştır. Öztaysi, Onar, Kahraman ve Yavuz (2017), alternatif yakıt teknolojisi seçimi probleminde kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için ADSB-AHP yöntemini, alternatifleri değerlendirmek için ise ADSB-TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Liu, Bi ve Fan (2017), ürünleri çevrimiçi incelemelerle değerlendirmek için duyarlılık sınıflandırmasına ve ADSB-TOPSIS'e dayalı bir yöntem getirmişlerdir. Bu yöntemde, öncelikle duygu sınıflandırması kullanılarak yorumların duygu yönelimleri belirlenmiş ve daha sonra alternatif ürünler ADSB-TOPSIS yöntemi ile derecelendirilmiştir. Büyüközkan, Göçer ve Feyzioğlu (2018), bulut bilişim teknolojisi

seçim problem için AHP, COPRAS, MULTIMOORA ve VIKOR yöntemlerini ADSB ortamında birleştiren entegre bir yöntem önermişlerdir. Nur, Alrahahleh, Burch, Babskı-Reeves ve Rani, Mishra ve Ansari (2019), akıllı telefon seçim problemi için ADSB kümeler için genişletilen ARAS ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Abdullah, Zulkifli, Liao, Herrera-Viedma ve Al-Barakati (2019), ADSB-DEMATEL ve Choquet integralinin bir kombinasyonunu sürdürülebilir katı atık yönetimi için uygulamışlardır. Dahooie, Vanaki ve Mohammadi (2020), bulut bilişim sistemi için yazılım seçim sürecinde alternatifleri önceliklendirmek için ADSB-CODAS yöntemini kullanmışlardır. Deveci, Cin ve Kagızman (2020), Türkiye'deki yenilenebilir enerji alternatiflerinden birini seçmek için ADSB-CODAS yöntemini kullanmışlardır. Gireesha, Somu, Krithivasan ve Sriram (2020), bulut hizmeti sağlayıcısı seçim problemi için ADSB-WASPAS yöntemini uygulamışlardır. Erkal, Kılıç, Kalender, Yalçın ve Tuzkaya (2020), otel bilgi sisteminin değerlendirilmesi için kriterler ağırlıklarının ADSB-DEMATEL yöntemi ile hesaplandığı ve alternatiflerin ADSB-TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralandığı entegre bir yaklaşım önermişlerdir. Marufuzzaman (2020), drone seçimi için ADSB-AHP ve ADSB-TOPSIS yöntemlerini uygulamışlardır. Mishra, Chandel ve Motwani (2020), programlama dillerinin değerlendirilmesi için ADSB-MABAC yöntemine dayalı yeni bir entegre yaklaşım sunmuşlardır. şeker ve Aydın (2020), niversite kampüsünde sürdürülebilir ulaşım sağlamak için toplu taşıma sistemi alternatifini değerlendirmek için ADSB-AHP ve ADSB-CODAS yöntemlerini kullanmışlardır.

v) *Hizmet kalitesinin değerlendirilmesi*

ADSB-ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı bir diğer alan hizmet kalitesi değerlendirme problemidir. Zhao (2014), eğitim kalitesini değerlendirmek için ağırlıklı Hamming mesafesinin kullanıldığı ADSB-TOPSIS yöntemini önermiştir. Sennaroğlu ve Tuzkaya (2016) ile Tuzkaya, Sennaroğlu, Kalender ve Mutlu (2019), sağlık hizmeti kalitesini değerlendirmek için ADSB-PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır. Liu, Gua, Liu, Zhang, Tsai vd. (2019), hastane hizmet performansını değerlendirmek için GRA yöntemini önermişlerdir. Büyüközkan, Havle ve Feyzioğlu (2020), bir dijital hizmet kalitesi modeli önermişlerdir. Bu modelde kriterlerin önem dereceleri ADSB-AHP yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Li ve Wang (2020), kablosuz sensör ağlarının hizmet kalitesini değerlendirmek için EDAS yöntemini ADSB kümeler için

genişletmişlerdir. Bu yöntemde, kriterler arası korelasyon yöntemi, kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için kullanılmıştır. Li, Li, Peng ve Wang (2020), soru cevaplama web sitelerinin hizmet kalitesini değerlendirmek için ADSB-DANP ve ADSB-TODIM yöntemlerini kullanmışlardır.

vi) *Hata türleri ve etkileri analizi*

Araştırmacılar, hata türleri ve etkileri analizi problemi için de ADSB-ÇKKV yöntemlerinin kullanılabildiğini göstermişlerdir. Wang, Liu ve Quan (2016), ADSB-COPRAS ve ADSB-ANP yöntemini entegre eden yeni bir hata türleri ve etkileri analizi yaklaşımını önermişlerdir. Aikhuele, Turan, Odofin ve Ansah (2017), deniz dizel motoru yardımcı sistemindeki bir arızayı tespit etmek için skor fonksiyonuna dayalı bir ADSB-TOPSIS modeli geliştirmiştir. Geliştirilen yöntemde alternatiflerin pozitif ideal çözümden ve negatif ideal çözümden uzaklıklarını hesaplamak için skor fonksiyonu, kriter ağırlıklarını hesaplamak için ise entropi kullanılmıştır. Zhao, You ve Liu (2017), hata türleri ve etkileri analizi için ağırlıklı entropiye dayalı ADSB-MULTIMOORA yaklaşımını önermiştir. Lamrani Alaoui ve Tkiouat (2018), mikrofinans sektörünü etkileyen riskleri değerlendirmek için ADSB-TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Li, Wang ve Chin (2019), karar vericiler arasındaki fikir birliği düzeyini göz önünde bulundurarak hata türleri ve etkileri analizi için fikir birliği modeline ve sapma maksimizasyon modeline dayalı bir ADSB-MULTIMOORA yöntemi geliştirmişlerdir. Liu, You ve Duan (2019) MABAC yöntemini ve risk faktörlerinin optimal ağırlıklarını hesaplamak için doğrusal bir programlama modelini kullanarak ADSB ortamda hata türleri ve etkileri analizi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Wu, Gao ve Wei (2019), geleneksel VIKOR tekniğini ADSB kümeler için genişleterek turizm projelerinin finansman risk değerlendirmesi için uygulamışlardır.

vii) *Strateji değerlendirme problemi*

Kaya, Erdoğan, Karadan ve zkan (2020), endüstri 4.0'a geçiş stratejilerine öncelik vermek için ADSB-AHP ve ADSB-TOPSIS yöntemlerinden oluşan entegre bir ÇKKV metodolojisi önermişlerdir. Karaşan, Erdoğan ve İlkbahar (2020), retim stratejilerinin önceliklendirilmesi için ADSB-AHP ve ADSB-TOPSIS yöntemlerinin birleştirildiği

hibrit yöntem kullanmışlardır. Mahdiraji, Zavadskas, Skare, Kafshgar ve Arab (2020), endüstri 4.0'ı uygulamaya yönelik stratejilerin değerlendirilmesi için ADSB ortamında genişletilen BWM-TODIM hibrit yöntemini sunmuşlardır. BWM yöntemi kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak, TODIM yöntemi ise en uygun alternatifi belirlemek için kullanılmıştır. Qi, Huang, Dincer, Korsakiene ve Yüksel (2020), gelişmekte olan ekonomilerin enerji sektöründe sürdürülebilirliğe ilişkin stratejilerini değerlendirmek için ADSB-DEMATEL ve ADSB-VIKOR'dan oluşan entegre bir yaklaşım önermişlerdir. ADSB-DEMATEL kriterlerin göreceli önemini hesaplamak, ADSB-VIKOR alternatifleri sıralamak için kullanılmıştır.

viii) *Malzeme seçim problemi*

Xue, You, Lai ve Liu (2016), malzeme seçim problemi için MABAC yöntemini ADSB kümeler için genişletmişlerdir. Ek olarak, kriter ağırlıklarını hesaplamak için doğrusal bir programlama modeli önerilmiştir. Roy, Das, Kar ve Pamucar (2019), eksik ağırlık bilgisine sahip ÇKKV problemlerini çözmek için ADSB-CODAS yöntemini sunmuşlardır. Bu yöntemde, değerlendirme kriterlerinin bilinmeyen ağırlıklarını hesaplamak için ADSB mesafe ölçümüne dayalı bir optimizasyon modeli sunulmuştur. Prosedürü açıklamak için, sürdürülebilir bina inşaat projelerinde tuğla seçimine ilişkin bir vaka çalışması gerçekleştirilmiştir.

ix) *Dış kaynak tedarikçisi seçim problemi*

Dış kaynak tedarikçilerini değerlendirmek için Ebrahimnejad, Hashemi, Mousavi, Vahdani (2015) ADSB-ELECTRE yöntemini, Kahraman, Öztayşı ve Onar (2016) ve Kahraman, Öztayşı ve Onar (2018), ADSB-AHP ve ADSB-TOPSIS tabanlı entegre yöntemi kullanmışlardır.

x) *Taşkın yönetimi problemi*

Zhang, Ju ve Liu (2017), shapley değerlerine ve çapraz entropiye dayalı ADSB-LINMAP yöntemini geliştirmişlerdir. Mishra ve Rani (2018a), rezervuar taşkın kontrol alternatiflerini sıralamak için ADSB-WASPAS tekniğini kullanmışlardır. Ek

olarak, uzman ağırlıklarını ve kriter ağırlıklarını hesaplamak için sapma, entropi ve benzerlik ölçülerine dayalı yeni çerçeveler önerilmiştir. Abdullah, Goh, Zamri ve Othman (2020), taşkın azaltman yöntemlerini değerlendirmek için ADSB-TOPSIS yöntemini kullanmışlardır.



3. BULANIK KÜME TEORİSİ

Bu bölümde, ADSB küme teorisi açıklanmıştır. Ek olarak, ADSB küme teorisinin temellerinin anlaşılması için BK teorisi ve SBK teorisine de yer verilmiştir.

3.1. Bulanık Küme Teorisi

BK teorisi, Zadeh (1965) tarafından, istatistiksel varyasyondan ziyade belirsizliğin temel bir rol oynadığı çeşitli problemleri ele almak, bir başka deyişle kesin olmaktan ziyade yaklaşık olan muhakemeye başa çıkmak için bir çerçeve sunmak amacıyla tanıtılmıştır (De Luca ve Termini, 1972; Li, 2013). Bu teori, belirsizlik içeren, tanımlaması veya anlaşılması zor olan ya da esnek olan durumların üyelik dereceleri kullanılarak temsil edilmesi ile ilgilenmektedir (Dubois ve Prade, 1998). Klasik küme teorisinde, evrensel kümedeki bir elemanın bir kümeye ait olma veya olmama durumları keskin ve net bir şekilde tanımlanmaktadır. BK teorisinde ise evrensel kümedeki bir elemanın farklı kümeler için çeşitli üyelik dereceleri olabilmekte ve bu dereceler arasında sınırları keskin olmayan geçişler yer almaktadır. Bu sayede, BK teorisi, belirsiz sınırlar sebebiyle ortaya çıkan bulanıklık ile baş edebilmekte ve güvenilir olmayan veriler, eksik ölçümler veya belirsiz tanımlarla karakterize edilen problemler için kullanılabilir (Karadoğan, Başçetin, Kahriman ve Görgün, 2001; Pakdamar, 2009).

Tanım 3.1. $\tilde{A}$ bulanık kümesi, X evrensel kümesinde bulanık bir küme olmak üzere $\tilde{A}$ bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\forall x \in X$ için $\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$ olarak tanımlanmaktadır. Burada $\mu_{\tilde{A}}(x)$, x elemanının $\tilde{A}$ bulanık kümesine üye olma veya aitlik fonksiyonunu ifade etmektedir. Kümeye ait olan elemanın üyelik fonksiyonu değeri 1 ve kümeye ait olmayan elemanın üyelik fonksiyonu değeri 0'dır. Kümeye aitlik durumu belli olmayan elemanların üyelik fonksiyonu değerleri ise belirsizlik durumuna göre 0 ile 1 arasında değer almaktadır.

Tanım 3.2. X evrensel kümesinde yer alan $\tilde{A}$ bulanık kümesi için $a \in [0,1]$ olmak üzere a kesmesi ve a^+ kesmesi sırasıyla Eşitlik (3.1)'de ve Eşitlik (3.2)'de gösterilmektedir.

$$\tilde{A}_a = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq a\} \quad (3.1)$$

$$\tilde{A}_{a^+} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > a\} \quad (3.2)$$

Tanım 3.3. X evrensel kümesinde yer alan $\tilde{A}$ bulanık kümesinin özü, desteği, sınırı, geçiş noktaları ve yüksekliği sırası ile Eşitlik (3.3) ile Eşitlik (3.7) arasındaki eşitliklerde yer almaktadır. Üyelik fonksiyonu ile ilgili kısımların örnek gösterimi Şekil 3.1’de gösterilmektedir (Aydoğan, 2015).

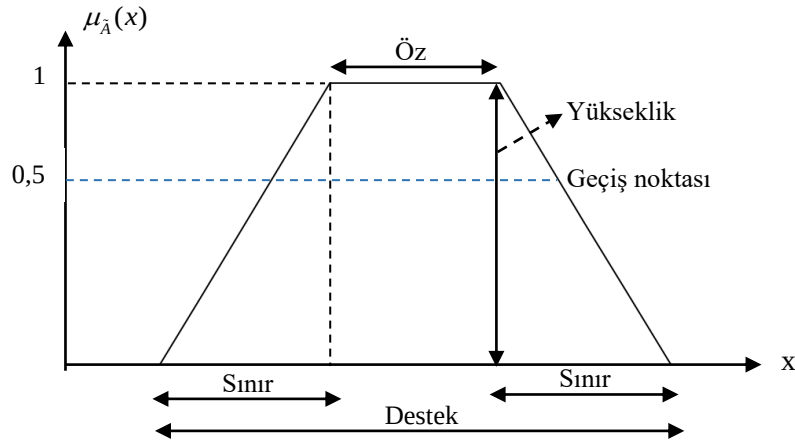
$$\text{Öz}(\tilde{A}) = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) = 1\} \quad (3.3)$$

$$\text{Destek}(\tilde{A}) = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\} \quad (3.4)$$

$$\text{Sınır}(\tilde{A}) = \{x \in X \mid 0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1\} \quad (3.5)$$

$$\text{Geçiş Noktaları}(\tilde{A}) = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) = 0,5\} \quad (3.6)$$

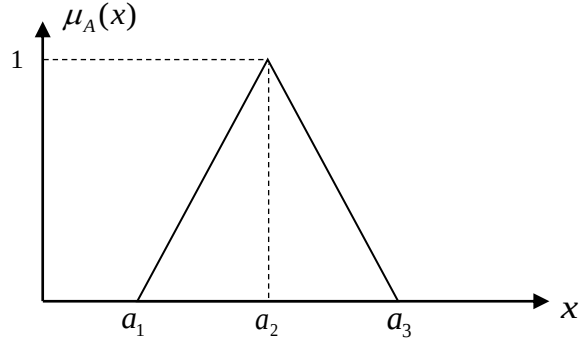
$$\text{Yükseklik}(\tilde{A}) = \sup_{x \in X} \{\mu_{\tilde{A}}(x)\} \quad (3.7)$$



Şekil 3.1. Üyelik fonksiyonu ile ilgili kısımların gösterimi.

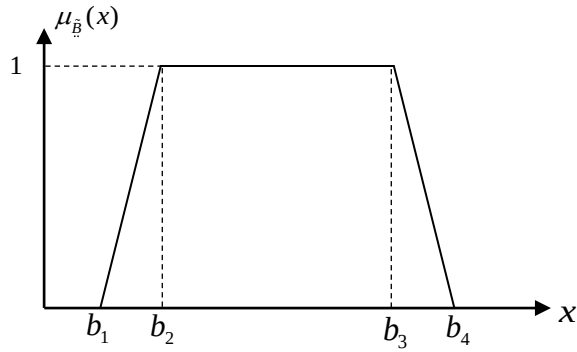
Tanım 3.4. X evrensel kümesinde bulanık bir alt küme, konveks ve normal ise söz konusu alt küme bulanık sayı olarak tanımlanmaktadır. Bulanık sayılar, üyelik fonksiyonlarının şekillerine göre isimlendirilmekte olup hesaplama kolaylığı sağlaması nedeniyle literatürde en fazla kesikli, üçgen, yamuk ve gauss bulanık sayılar tercih edilmektedir (Klir ve Yuan, 1995). Bulanık sayıların gösteriminin

örneklendirilmesi amacıyla Şekil 3.2’de üçgen bulanık sayının ve Şekil 3.3’te yamuk bulanık sayının gösterimi sunulmuştur. Üçgen bulanık sayı ve yamuk bulanık sayı için üyelik fonksiyonları sırası ile Eşitlik (3.8)’de ve Eşitlik (3.9)’da tanımlanmıştır.



Şekil 3.2. Üçgen bulanık sayı

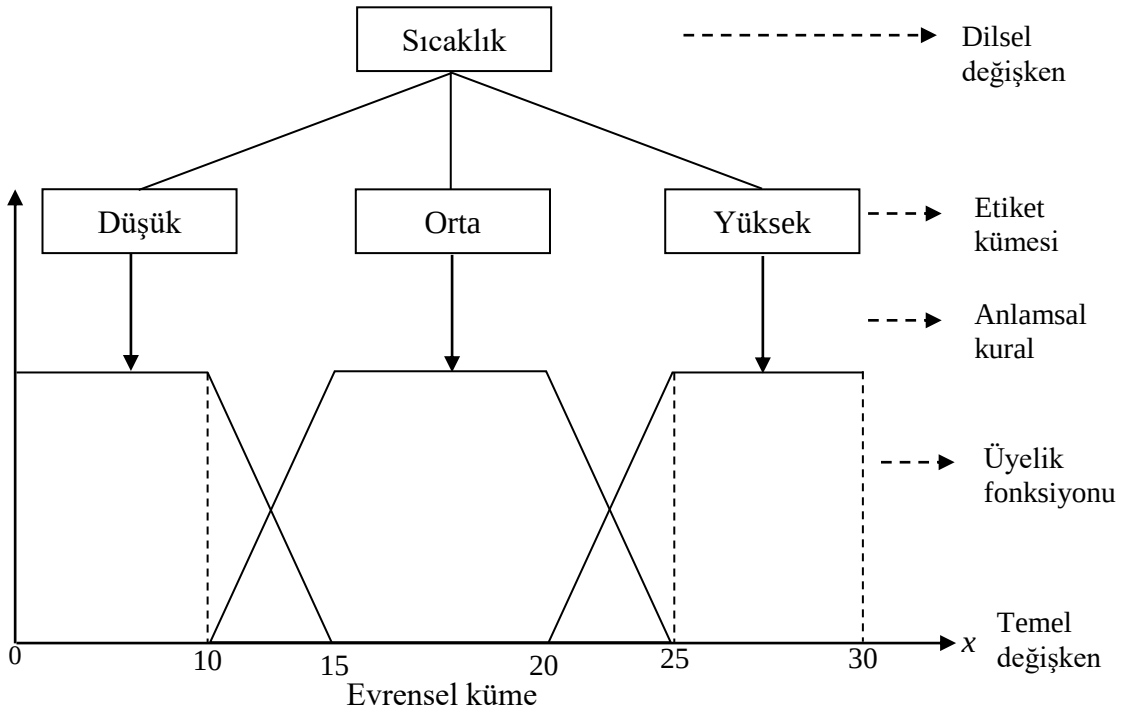
$$\mu_A(x) = \begin{cases} y_A^L(x) = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ y_A^R(x) = \frac{x - a_3}{a_2 - a_3}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.8)$$



Şekil 3.3. Yamuk bulanık sayı

$$\mu_{\tilde{B}}(x) = \begin{cases} y_{\tilde{B}}^L(x) = 0 & , \quad x < b_1 \\ y_{\tilde{B}}^L(x) = \frac{x - b_1}{b_2 - b_1} & , \quad b_1 \leq x \leq b_2 \\ y_{\tilde{B}}^L(x) = y_{\tilde{B}}^R(x) = 1, & b_2 \leq x \leq b_3 \\ y_{\tilde{B}}^R(x) = \frac{x - b_4}{b_3 - b_4} & , \quad b_3 \leq x \leq b_4 \\ y_{\tilde{B}}^R(x) = 0 & , \quad x > b_4 \end{cases} \quad (3.9)$$

Tanım 3.5. Değerleri doğal veya yapay bir dilde kelimeler veya cümleler olan bir değişkene dilsel değişken denilmektedir. Örneğin; eğer yaş değişkeni, 20, 21, 22 vb. sayısal değerler yerine genç, çok genç, yaşlı, oldukça yaşlı gibi dilsel terimlerden oluşuyor ise yaş değişkeni *dilsel değişken* olarak adlandırılmaktadır. Daha spesifik bir ifadeyle, bir dilsel değişken beşli fonksiyon $(x, T(X), U, G, M)$ ile karakterize edilmektedir. Burada x dilsel değişkenin adını, $T(X)$ x değişkeninin etiket kümesini ve U evrensel kümeyi temsil etmektedir. G sözdizimsel kural olup $T(X)$ kümesinde yer alan etiketleri üretmektedir. M , her dilsel değişken x ile değişkenin anlamını $M(x)$ ilişkilendiren anlamsal bir kuraldır, burada $M(x)$, evrensel kümenin bulanık bir alt kümesini belirtmektedir (Zadeh, 1975). Dilsel değişken örneği, Şekil 3.4'te sunulmaktadır.



Şekil 3.4. Dilsel değişken örneği (Robles, Alcalá, Benítez ve Herrera, 2010)

3.2. Sezgisel Bulanık Küme Teorisi

SBK teorisi, Atanassov (1986) tarafından BK teorisinin bir uzantısı olarak önerilmiştir. BK teorisinde bir eleman sadece $[0,1]$ aralığında tanımlı üyelik derecesi ile temsil edilmekte iken SBK teorisinde bir eleman üyelik derecesine ek olarak üye olmama derecesi ile de temsil edilmektedir. BK teorisinde, üye olma ve üye olmama derecelerinin toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir. Ancak SBK teorisi, gerçek hayatta insan düşünce yapısında yer alan tereddüt durumu da göz önünde bulundurularak üye olma derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesinin toplamı 1 olacak şekilde genişletilmiştir. Tereddüt derecesi, bir elemanın kümeye üye olma ve üye olmama dereceleri haricinde üyeliğin tam olarak belirlenemediği durumlarda problemi modellemede oldukça faydalı olmaktadır. Eğer tereddüt derecesi 0 olarak belirlenirse, elemanın kümeye üye olma durumuna ilişkin tereddüt ortadan kalkar ve SBK, BK'ye indirgenmektedir. Ek olarak, literatürdeki araştırmalar (Jamkhaneh, 2016; Khatibi ve Montazer, 2009; Vlachos ve Sergiadis, 2007), SBK teorisinin, bulanıklık ile baş etmede, muğlaklığın yanı sıra eksik veya kesin olmayan bilgiden kaynaklanan tereddütle başa çıkmada ve daha gerçekçi sonuçlar üretmede BK teorisine göre daha başarılı olduğunu belirtmiştir.

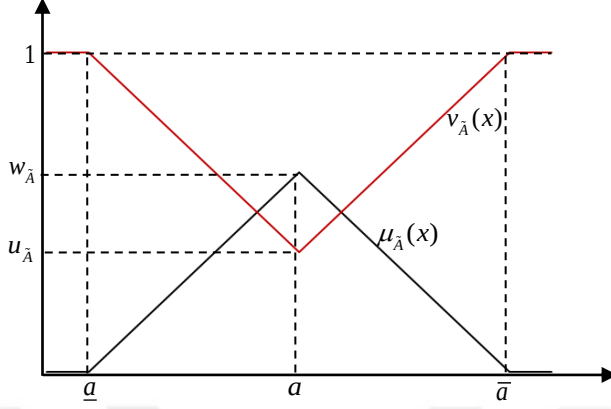
Tanım 3.6. X bir sonlu evrensel küme olmak üzere x elemanının sezgisel bulanık küme $\tilde{A}$ 'ya aitlik durumu üyelik derecesi $\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$ üye olmama derecesi $\nu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$ ile tanımlanmaktadır. Sezgisel bulanık küme $\tilde{A}$ 'nın gösterimi ise $\tilde{A} = \left\{ \langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), \nu_{\tilde{A}}(x) \rangle \mid x \in X \right\}$ şeklindedir.

Tanım 3.7. Sezgisel bulanık kümelerde tanımlanan tereddüt derecesi $\pi_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$, $\forall x \in X$ için Eşitlik (3.10) ile hesaplanmaktadır.

$$\pi_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) - \nu_{\tilde{A}}(x) \quad (3.10)$$

$\tilde{A} = \langle a, \bar{a}, w_{\tilde{A}}, u_{\tilde{A}} \rangle$ üçgen sezgisel bulanık sayı olmak üzere sezgisel bulanık sayının gösterimi Şekil 3.5'te sunulmuştur. Bu sayıların üyelik fonksiyonları ve üye olmama fonksiyonları sırası ile üçgen sezgisel bulanık sayı için Eşitlik (3.11)'de ve Eşitlik (3.12)'de yer almaktadır. $w_{\tilde{A}}$ ve $u_{\tilde{A}}$ değerleri, $0 \leq w_{\tilde{A}} \leq 1$, $0 \leq u_{\tilde{A}} \leq 1$ ve

$0 \leq w_{\tilde{A}} + u_{\tilde{A}} \leq 1$ koşullarını karşılayacak şekilde sırasıyla maksimum üyelik derecesini ve minimum üye olmama derecesini temsil etmektedir (Li, 2010a).



Şekil 3.5. Üçgen sezgisel bulanık sayı gösterimi (Li, 2010a).

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} w_{\tilde{A}} \frac{x - \underline{a}}{a - \underline{a}}, & \underline{a} \leq x < a \\ w_{\tilde{A}}, & x = a \\ w_{\tilde{A}} \frac{\bar{a} - x}{\bar{a} - a}, & a < x \leq \bar{a} \\ 0, & x < \underline{a} \text{ veya } x > \bar{a} \end{cases} \quad (3.11)$$

$$v_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{a - x + (x - \underline{a})u_{\tilde{A}}}{a - \underline{a}}, & \underline{a} \leq x < a \\ u_{\tilde{A}}, & x = a \\ \frac{x - a + (\bar{a} - x)u_{\tilde{A}}}{\bar{a} - a}, & a < x \leq \bar{a} \\ 1, & x < \underline{a} \text{ veya } x > \bar{a} \end{cases} \quad (3.12)$$

Tanım 3.8. Herhangi bir $\alpha \in [0, w_{\tilde{A}}]$ için $\tilde{A} = \langle \underline{a}, a, \bar{a}; w_{\tilde{A}}, u_{\tilde{A}} \rangle$ üçgen sezgisel bulanık sayısının α -kesmesi, $\tilde{A}_{\alpha} = \{x | \mu_{\tilde{A}}(x) \leq \alpha, x \in R\}$ olarak gösterilen R'nin kesin (crisp) alt kümesidir. Üçgen sezgisel bulanık sayının tanımına göre $\tilde{A}_{\alpha}$, $\tilde{A}_{\alpha} = [L_{\tilde{A}}(\alpha), R_{\tilde{A}}(\alpha)]$ ile gösterilen kapalı aralıktır (Seikh, Nayak ve Pal, 2016).

$$[L_{\tilde{A}}(\alpha), R_{\tilde{A}}(\alpha)] = \left[\underline{a} + \frac{\alpha(a - \underline{a})}{w_{\tilde{A}}}, \bar{a} - \frac{\alpha(\bar{a} - a)}{w_{\tilde{A}}} \right] \quad (3.13)$$

Benzer şekilde, herhangi bir $\beta \in [u_{\tilde{A}}, 1]$ için $\tilde{A} = \langle \underline{a}, a, \bar{a}; w_{\tilde{A}}, u_{\tilde{A}} \rangle$ üçgen sezgisel bulanık sayısının β -kesmesi, $\tilde{A}_\beta = \{x | v_{\tilde{A}}(x) \leq \beta, x \in R\}$ olarak tanımlanan R 'nin kesin (crisp) alt kümesidir. Üçgen sezgisel bulanık sayının tanımına göre $\tilde{A}_\beta$, $\tilde{A}_\beta = [L_{\tilde{A}}(\beta), R_{\tilde{A}}(\beta)]$ ile gösterilen kapalı aralıktır (Seikh vd., 2016).

$$[L_{\tilde{A}}(\beta), R_{\tilde{A}}(\beta)] = \left[\frac{(1-\beta)a + (\beta - u_{\tilde{A}})\underline{a}}{1 - u_{\tilde{A}}}, \frac{(1-\beta)a + (\beta - u_{\tilde{A}})\bar{a}}{1 - u_{\tilde{A}}} \right] \quad (3.14)$$

3.3. Aralık-Değerli Sezgisel Bulanık Küme Teorisi

SBK teorisi, üyelik derecesi ve üye olmama derecesinin kesin sayılar olarak ifade edilemediği durumlarda belirsiz bilgileri yeterince karakterize edememektedir. Gerçek hayat problemlerinde, çoğu zaman, üyelik derecesi ve/veya üye olmama derecelerinin tam değerlerini belirlemek kolay olmamaktadır (Gupta vd., 2018; Li, 2010b). Bu nedenle, Atanassov ve Gargov (1989), üye olma, üye olmama ve tereddüt derecelerinin değerlerinin aralıklı olarak karakterize edildiği ADSB küme teorisini geliştirmiştir. ADSB küme teorisi, gerçek hayattaki uygulamalarda kesin olmayan ve belirsiz bilgileri işleme konusundaki yetenekleri ile güçlü bir araç olarak kabul ve ilgi görmüştür (Chen, 2015b; Jamkhaneh, 2016).

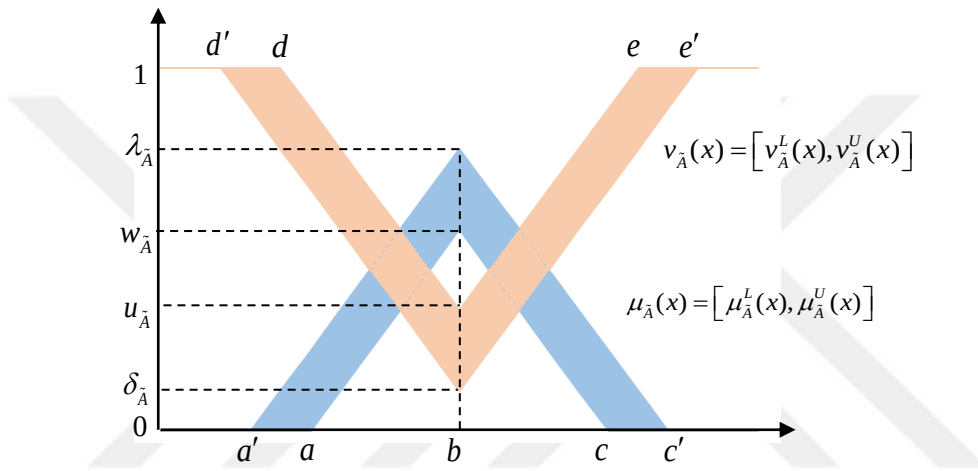
Tanım 3.9. X 'in bir söylem evreni ve $\tilde{A}$ 'nın ADSB küme olduğu varsayımı altında $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ve $v_{\tilde{A}}(x)$ kapalı aralıkları sırasıyla x elemanının A kümesine üye olma derecesi ve üye olmama derecesini göstermektedir. Bu aralıkların en düşük ve en yüksek noktaları $\mu_{\tilde{A}}(x) = [\mu_{\tilde{A}}^L(x), \mu_{\tilde{A}}^U(x)]$ ve $v_{\tilde{A}}(x) = [v_{\tilde{A}}^L(x), v_{\tilde{A}}^U(x)]$ ile temsil edilmektedir. Böylece ADSB sayı aşağıdaki şekilde temsil edilmektedir (Atanassov ve Gargov, 1989).

$$\tilde{A} = \left\{ \left\langle x, [\mu_{\tilde{A}}^L(x), \mu_{\tilde{A}}^U(x)], [v_{\tilde{A}}^L(x), v_{\tilde{A}}^U(x)] \right\rangle \mid x \in X \right\} \quad (3.15)$$

Tanım 3.10. ADSB küme $\tilde{A}$ için tereddüt derecesi Eşitlik (3.16)'daki şekilde ifade edilmektedir (Atanassov ve Gargov, 1989).

$$\pi_{\tilde{A}}(x) = [\pi_{\tilde{A}}^L(x), \pi_{\tilde{A}}^U(x)] = \left[(1 - \mu_{\tilde{A}}^U(x) - v_{\tilde{A}}^U(x)), (1 - \mu_{\tilde{A}}^L(x) - v_{\tilde{A}}^L(x)) \right] \quad (3.16)$$

Reel doğrunun bir alt kümesi olan $\tilde{A}$ ADSB sayısının gösterimine örnek olması için ADSB üçgen sayı $\tilde{A} = \{(a', b, c'; \lambda_{\tilde{A}}), (a, b, c; w_{\tilde{A}}), (d', b, e'; \delta_{\tilde{A}}); (d, b, e; u_{\tilde{A}})\}$ Şekil 3.6'da sunulmuştur. Bu sayının üye olma üst sınır, üye olma alt sınır, üye olmama üst sınır ve üye olmama alt sınır fonksiyonları $0 < w_{\tilde{A}} \leq \lambda_{\tilde{A}}, 0 < \delta_{\tilde{A}} \leq u_{\tilde{A}} \leq 1, 0 < w_{\tilde{A}} + \delta_{\tilde{A}} \leq 1, 0 < \lambda_{\tilde{A}} + u_{\tilde{A}} \leq 1$ ve $a' < a < b < c < c'$ olmak üzere sırası ile Eşitlik (3.17)'de, Eşitlik (3.18)'de, Eşitlik (3.19)'da, Eşitlik (3.20)'de yer almaktadır (Mondal, 2018).



Şekil 3.6. Aralık-değerli sezgisel üçgen bulanık sayı gösterimi (Mondal, 2018).

$$\mu_{\tilde{A}}^U(x) = \begin{cases} \lambda_{\tilde{A}} \frac{x-a'}{b-a'}, & a' \leq x \leq b \\ \lambda_{\tilde{A}} \frac{c'-x}{c'-b}, & b \leq x \leq c' \\ 0, & x < a' \text{ veya } x > c' \end{cases} \quad (3.17)$$

$$\mu_{\tilde{A}}^L(x) = \begin{cases} w_{\tilde{A}} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ w_{\tilde{A}} \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x < a \text{ veya } x > c \end{cases} \quad (3.18)$$

$$v_{\tilde{A}}^U(x) = \begin{cases} \delta_{\tilde{A}} \frac{b-x}{b-d'}, & d' \leq x \leq b \\ \delta_{\tilde{A}} \frac{x-b}{e'-b}, & b \leq x \leq e' \\ 1, & x < d' \text{ veya } x > e' \end{cases} \quad (3.19)$$

$$v_{\tilde{A}}^L(x) = \begin{cases} u_{\tilde{A}} \frac{b-x}{b-d}, & d \leq x \leq b \\ u_{\tilde{A}} \frac{x-b}{e-b}, & b \leq x \leq e \\ 1, & x < d \text{ veya } x > e \end{cases} \quad (3.20)$$

Tanım 3.11. $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ iki farklı ADSB sayısı ve $\delta > 0$ olmak üzere ADSB küme teorisine ilişkin temel işlevler ve ilişkiler aşağıda sunulmuştur (Atanassov, 1994; Xu, 2007a).

$$\tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 = \left(\begin{bmatrix} \mu_{\tilde{A}_1}^L(x) + \mu_{\tilde{A}_2}^L(x) - \mu_{\tilde{A}_1}^L(x)\mu_{\tilde{A}_2}^L(x), \mu_{\tilde{A}_1}^U(x) + \mu_{\tilde{A}_2}^U(x) - \mu_{\tilde{A}_1}^U(x)\mu_{\tilde{A}_2}^U(x) \\ v_{\tilde{A}_1}^L(x)v_{\tilde{A}_2}^L(x), v_{\tilde{A}_1}^U(x)v_{\tilde{A}_2}^U(x) \end{bmatrix} \right) \quad (3.21)$$

$$\tilde{A}_1 \tilde{A}_2 = \left(\begin{bmatrix} \mu_{\tilde{A}_1}^L(x)\mu_{\tilde{A}_2}^L(x), \mu_{\tilde{A}_1}^U(x)\mu_{\tilde{A}_2}^U(x) \\ v_{\tilde{A}_1}^L(x) + v_{\tilde{A}_2}^L(x) - v_{\tilde{A}_1}^L(x)v_{\tilde{A}_2}^L(x), v_{\tilde{A}_1}^U(x) + v_{\tilde{A}_2}^U(x) - v_{\tilde{A}_1}^U(x)v_{\tilde{A}_2}^U(x) \end{bmatrix} \right) \quad (3.22)$$

$$\tilde{A}_1 \cap \tilde{A}_2 = \left(\begin{bmatrix} \min(\mu_{\tilde{A}_1}^L(x), \mu_{\tilde{A}_2}^L(x)), \min(\mu_{\tilde{A}_1}^U(x), \mu_{\tilde{A}_2}^U(x)) \\ \max(v_{\tilde{A}_1}^L(x), v_{\tilde{A}_2}^L(x)), \max(v_{\tilde{A}_1}^U(x), v_{\tilde{A}_2}^U(x)) \end{bmatrix} \right) \quad (3.23)$$

$$\tilde{A}_1 \cup \tilde{A}_2 = \left(\begin{bmatrix} \max(\mu_{\tilde{A}_1}^L(x), \mu_{\tilde{A}_2}^L(x)), \max(\mu_{\tilde{A}_1}^U(x), \mu_{\tilde{A}_2}^U(x)) \\ \min(v_{\tilde{A}_1}^L(x), v_{\tilde{A}_2}^L(x)), \min(v_{\tilde{A}_1}^U(x), v_{\tilde{A}_2}^U(x)) \end{bmatrix} \right) \quad (3.24)$$

$$\delta \tilde{A} = \left(\left[(1 - (1 - \mu_{\tilde{A}}^L(x))^\delta), (1 - (1 - \mu_{\tilde{A}}^U(x))^\delta) \right], \left[(v_{\tilde{A}}^L(x))^\delta, (v_{\tilde{A}}^U(x))^\delta \right] \right) \quad (3.25)$$

$$\tilde{A}^\delta = \left(\left[(\mu_{\tilde{A}}^L(x))^\delta, (\mu_{\tilde{A}}^U(x))^\delta \right], \left[(1 - (1 - v_{\tilde{A}}^L(x))^\delta), (1 - (1 - v_{\tilde{A}}^U(x))^\delta) \right] \right) \quad (3.26)$$

Teorem 3.1. $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ iki farklı aralık-değerli sezgisel bulanık sayı olmak üzere $\tilde{A}_1 \subseteq \tilde{A}_2$ olması için aşağıdaki koşulun sağlanması gerekmektedir (Atanassov, 1994).

$$\tilde{A}_1 \subseteq \tilde{A}_2 \rightarrow \mu_{\tilde{A}_1}^L(x) \leq \mu_{\tilde{A}_2}^L(x), \mu_{\tilde{A}_1}^U(x) \leq \mu_{\tilde{A}_2}^U(x), v_{\tilde{A}_1}^L(x) \geq v_{\tilde{A}_2}^L(x), v_{\tilde{A}_1}^U(x) \geq v_{\tilde{A}_2}^U(x)$$

Tanım 3.12. ADSB kümelerin birleştirilmesi/ bütünleştirilmesi için çeşitli operatörler geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme veya değerlendirme problemlerinde aralık-değerli sezgisel bulanık kümeyi kullanan ve birleştirme operatörleri ile uzman görüşlerini birleştiren çalışmalardan bazıları incelenerek Çizelge 3.1’de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde en fazla aralık-değerli sezgisel bulanık ağırlıklı aritmetik (IVIFWA) operatörü, ikinci olarak aralık-değerli sezgisel bulanık ağırlıklı geometrik (IVIFWG) operatörünün kullanıldığı görülmektedir.

Çizelge 3.1.ÇKKV probleminde kullanılan birleştirme operatörleri

Birleştirme Operatörleri	Kaynaklar
IVIFWG	Park, Park, vd. (2011), Chen, Yang, Wang ve Yue (2013a), Dugenci (2016), Sahin (2016), Xue vd. (2016), Gupta vd. (2018), Karaşan, Erdoğan ve Ilbahar (2018), Li, Wang ve Chin (2019), Lv, Li, Wang, Xia ve Ji (2019), Roy, Das, Kar ve Pamucar (2019), Karaşan, Kaya ve Erdoğan (2020), Şeker ve Aydın (2020)
IVIFWA	İzadikhah (2012), Razavi Hajiagha, Hashemi ve Zavadskas (2013), Makui, Gholamian ve Mohammadi (2015), Onar vd. (2015), Qi, Liang ve Zhang (2015), Wan vd. (2015), Xu, Wan ve Xie (2015), Chen (2016), Zhang, Zhang, Zhang ve Yu (2016), Abdullah ve Najib (2016), Öztayşi, Onar, Kahraman ve Yavuz (2017), Tooranloo ve Iranpour (2017), Lamrani Alaoui ve Tkouat (2018), Büyüközkan, Göçer ve Feyzioglu (2018), Büyüközkan ve Göçer (2018), Gupta vd. (2018), Kahraman, Öztayşi ve Onar (2018), Kong, Chang, Wang, Sun ve Dai (2018), Mishra ve Rani (2018a), Abdullah, Zulkifli, Liao, Herrera-Viedma ve Al-Barakati (2019), Doğan, Deveci, Canitez ve Kahraman (2020), Guo ve Zang (2019), Li vd. (2019), Lv vd. (2019), Mao, You, Duan ve Shao (2019), Mousavi, Antucheviciene, Zavadskas, Vahdani ve Hashemi (2019), Mishra, Rani, vd. (2020), Mishra, Rani, vd. (2020), Mishra, Chandel ve Motwani (2020), Jia ve Zhang (2019), Yeni ve Ozcelik (2019), Yue (2019),

Çizelge 3.1.ÇKKV probleminde kullanılan birleştirme operatörleri (devamı)

Birleştirme Operatörleri	Kaynaklar
IVIFWA	Büyüközkan, Havle ve Feyzioglu (2020), Zhang, Huang, Li, Wang ve Tan (2020), Wang ve Shi (2020), Wang ve Wan (2020)
IVIFOWA	Makui vd. (2015), Wang, Liu ve Quan (2016)
IVIFHG	Park, Cho ve Kwun (2011), İntepe, Bozdağ ve Koc (2013)
IVIFHA	Chen (2015a)
IVIFCWA	Xian, Dong ve Yin (2017)
IVIFCOWG	Hao ve Chen (2018)
IVIFCOWA	Hao ve Chen (2018)
GIVIFWA	Hashemi vd. (2016)
GIVIFLIHA	Xian, Dong, Liu ve Jing (2018)

Tanım 3.13. ADSB ağırlıklı ortalama (IVIFWA) operatörü ve ADSB ağırlıklı geometrik (IVIFWG) operatörü $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$, $\omega_j \in [0,1]$ ve $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ koşulu altında $\tilde{A}_j (j=1, 2, \dots, n)$ 'nin ağırlık vektörü olmak üzere Eşitlik (3.27)'de ve Eşitlik (3.28)'de sunulan şekilde tanımlanmaktadır (Xu, 2007a):

$$IVIFWA_{\omega}(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) = \sum_{j=1}^n \omega_j \tilde{A}_j \quad (3.27)$$

$$= \left(\left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j^L)^{\omega_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j^U)^{\omega_j} \right], \left[\prod_{j=1}^n (v_j^L)^{\omega_j}, \prod_{j=1}^n (v_j^U)^{\omega_j} \right] \right)$$

$$IVIFWG_{\omega}(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) = \prod_{j=1}^n \tilde{A}_j^{\omega_j} \quad (3.28)$$

$$= \left(\left[\prod_{j=1}^n (\mu_j^L)^{\omega_j}, \prod_{j=1}^n (\mu_j^U)^{\omega_j} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - v_j^L)^{\omega_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - v_j^U)^{\omega_j} \right] \right)$$

Eğer ağırlık değerleri birbirine eşit olursa, yani $\omega = (1/n, 1/n, \dots, 1/n)^T$ ise IVIFWA ve IVIFWG operatörleri sırası ile ADSB ortalama (IVIFA) operatörüne (Eşitlik (3.29)) ve ADSB geometrik (IVIFG) operatörüne (Eşitlik (3.30)) indirgenmektedir (Xu, 2007a).

$$\begin{aligned}
IVIFA(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) &= \sum_{j=1}^n \tilde{A}_j \\
&= \left(\left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j^L)^{1/n}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j^U)^{1/n} \right], \left[\prod_{j=1}^n (v_j^L)^{1/n}, \prod_{j=1}^n (v_j^U)^{1/n} \right] \right)
\end{aligned} \tag{3.29}$$

$$\begin{aligned}
IVIFG(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) &= \prod_{j=1}^n \tilde{A}_j \\
&= \left(\left[\prod_{j=1}^n (\mu_j^L)^{1/n}, \prod_{j=1}^n (\mu_j^U)^{1/n} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - v_j^L)^{1/n}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - v_j^U)^{1/n} \right] \right)
\end{aligned} \tag{3.30}$$

Tanım 3.14. ADSB sıralı ağırlıklı ortalama (IVIFOWA) operatörü ve ADSB sıralı ağırlıklı geometrik (IVIFOWG) operatörü, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, $w_j \in [0, 1]$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ koşulları altında IVIFOWA ve IVIFOWG fonksiyonları ile ilişkili ağırlık vektörü; $(\sigma(1), \sigma(2), \dots, \sigma(n))$ ise tüm j 'ler için $\tilde{A}_{\sigma(j-1)} > \tilde{A}_{\sigma(j)}$ koşulu altında $(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n)$ 'nin herhangi bir permütasyonu olmak üzere Eşitlik (3.31)'de ve Eşitlik (3.32)'de sunulan şekilde tanımlanmaktadır (Xu ve Chen, 2007a, 2007b).

$$\begin{aligned}
IVIFOWA_w(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) &= \sum_{j=1}^n w_j \tilde{A}_{\sigma(j)} \\
&= \left(\left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_{\sigma(j)}^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_{\sigma(j)}^U)^{w_j} \right], \left[\prod_{j=1}^n (v_{\sigma(j)}^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (v_{\sigma(j)}^U)^{w_j} \right] \right)
\end{aligned} \tag{3.31}$$

$$\begin{aligned}
IVIFOWG_w(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) &= \prod_{j=1}^n \tilde{A}_{\sigma(j)}^{w_j} \\
&= \left(\left[\prod_{j=1}^n (\mu_{\sigma(j)}^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (\mu_{\sigma(j)}^U)^{w_j} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - v_{\sigma(j)}^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - v_{\sigma(j)}^U)^{w_j} \right] \right)
\end{aligned} \tag{3.32}$$

IVIFWA ve IVIFWG operatörleri, her ADSB sayının önemini göz önünde bulundurmakta; IVIFOWA ve IVIFOWG operatörleri ise ADSB sayının sıralı pozisyonunu ağırlıklandırmaktadır. Bu nedenle hem ADSB sayıyı hem de ADSB sayının sıralı pozisyonunu ağırlıklandırmak için aralık değerli sezgisel bulanık hibrit operatörleri geliştirilmiştir (Xu ve Chen, 2007a, 2007b).

Tanım 3.15. ADSB hibrit ortalama (IVIFHA) operatörü ve ADSB hibrit geometrik

(IVIFHG) operatörü $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$, $\omega_j \in [0,1]$ ve $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ koşulları altında

ADSBS'nin ağırlık vektörü; $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, $w_j \in [0,1]$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ koşulları

altında IVIFHA ve IVIFHG operatörleri ile ilişkili ağırlık vektörü ve n denge katsayısı olmak üzere IVIFHA ve IVIFHG operatörleri, Eşitlik (3.33)'te ve Eşitlik (3.34)'te

sunulan şekilde tanımlanmaktadır. Burada $\dot{\tilde{A}}_{\sigma(j)} = ([\dot{\mu}_{\sigma(j)}^L, \dot{\mu}_{\sigma(j)}^U], [\dot{v}_{\sigma(j)}^L, \dot{v}_{\sigma(j)}^U])$,

ağırlıklı $\dot{\tilde{A}}_j (j=1, 2, \dots, n)$ 'nin j. en büyüğü olmak üzere $\dot{\tilde{A}}_i = n\omega_i \dot{\tilde{A}}_i (i=1, 2, \dots, n)$ 'dir.

$\bar{\tilde{A}}_{\sigma(j)} = ([\bar{\mu}_{\sigma(j)}^L, \bar{\mu}_{\sigma(j)}^U], [\bar{v}_{\sigma(j)}^L, \bar{v}_{\sigma(j)}^U])$ ağırlıklı $\bar{\tilde{A}}_j (j=1, 2, \dots, n)$ 'nin j. en büyüğü olmak

üzere $\bar{\tilde{A}}_i = \tilde{A}_i^{n\omega_i} (i=1, 2, \dots, n)$ 'dir (Xu ve Chen, 2007a, 2007b).

$$\begin{aligned} IVIFHA_{\omega, w}(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) &= \sum_{j=1}^n \omega_j \dot{\tilde{A}}_{\sigma(j)} \\ &= \left(\left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \dot{\mu}_{\sigma(j)}^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \dot{\mu}_{\sigma(j)}^U)^{w_j} \right], \left[\prod_{j=1}^n (\dot{v}_{\sigma(j)}^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (\dot{v}_{\sigma(j)}^U)^{w_j} \right] \right) \end{aligned} \quad (3.33)$$

$$\begin{aligned} IVIFHG_{\omega, w}(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) &= \prod_{j=1}^n \bar{\tilde{A}}_{\sigma(j)}^{w_j} \\ &= \left(\left[\prod_{j=1}^n (\bar{\mu}_{\sigma(j)}^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (\bar{\mu}_{\sigma(j)}^U)^{w_j} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \bar{v}_{\sigma(j)}^L)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \bar{v}_{\sigma(j)}^U)^{w_j} \right] \right) \end{aligned} \quad (3.34)$$

Eğer ağırlık değerleri birbirine eşit olursa, yani $\omega = (1/n, 1/n, \dots, 1/n)^T$ ise IVIFHA ve IVIFHG operatörleri sırası ile IVIFOWA ve IVIFOWG operatörlerine indirgenmektedir (Xu ve Chen, 2007a, 2007b).

4. SIRALAMA FONKSİYONLARI

Bu bölümde, ADSB kümeler için literatürde tanıtılan sıralama fonksiyonlarına ve bu fonksiyonların dezavantajlı olduğu durumlara yer verilmiştir. Daha sonra, bu çalışma kapsamında geliştirilen sıralama fonksiyonları tanıtılarak avantajları kanıtlar ve örnekler ile sunulmuştur.

4.1. Mevcut Sıralama Fonksiyonları

ADSB sayıların sıralanması veya karşılaştırılması için kullanılan skor fonksiyonu ve doğruluk fonksiyonu ilk olarak Xu (2007a) tarafından önerilmiştir. Xu (2007a) tarafından önerilen sıralama fonksiyonlarının bazı ADSB sayıları ayırt etme hususundaki başarısızlığından dolayı araştırmacılar çeşitli sıralama fonksiyonları geliştirmiştir.

$\tilde{A} = [\mu_{\tilde{A}}^L, \mu_{\tilde{A}}^U], [v_{\tilde{A}}^L, v_{\tilde{A}}^U]$ bir ADSB sayı olmak üzere önceki çalışmalarda geliştirilen skor fonksiyonları aşağıda sunulmuştur.

- Xu (2007a) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$S(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U}{2} \quad (4.1)$$

- Lee (2009) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$S(\tilde{A}) = \frac{2 + \mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^U}{3 - \mu_{\tilde{A}}^L - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^U} \quad (4.2)$$

- Tu ve Chen (2012) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$D_o(\tilde{A}) = \mu_{\tilde{A}}^L (2 - \mu_{\tilde{A}}^L - 2v_{\tilde{A}}^U) \quad (4.3)$$

$$D_p(\tilde{A}) = v_{\tilde{A}}^L (2 - v_{\tilde{A}}^L - 2\mu_{\tilde{A}}^U) \quad (4.4)$$

- Bai (2013) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$I(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^L(1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L) + \mu_{\tilde{A}}^U + \mu_{\tilde{A}}^U(1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U)}{2} \quad (4.5)$$

- Wang ve Niu (2013) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$W_S(\tilde{A}) = \left(\frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U}{2} - \frac{v_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U) + (1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L)}{2} \right) \quad (4.6)$$

- Garg (2016) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$GIS(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U}{2} + k_1 \mu_{\tilde{A}}^L (1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L) + k_2 \mu_{\tilde{A}}^U (1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U) \quad (4.7)$$

- Gao, Sun ve Zhu (2016) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$G(\tilde{A}) = \frac{1}{4} (\mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U) \left(1 + \frac{1}{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U - \mu_{\tilde{A}}^L v_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U v_{\tilde{A}}^U} \right) \quad (4.8)$$

- Wang ve Chen (2017) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$S_{WC}(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U + \sqrt{\mu_{\tilde{A}}^U v_{\tilde{A}}^U} (1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L) + \sqrt{\mu_{\tilde{A}}^L v_{\tilde{A}}^L} (1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U)}{2} \quad (4.9)$$

- Wang ve Chen (2018) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$S_{NWC}(\tilde{A}) = \frac{(\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U)(\mu_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^L) - (v_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^U)(\mu_{\tilde{A}}^U + v_{\tilde{A}}^U)}{2} \quad (4.10)$$

- Gong ve Ma (2019) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$S_{GM}(\tilde{A}) = \frac{v_{\tilde{A}}^U + v_{\tilde{A}}^L - \mu_{\tilde{A}}^U - \mu_{\tilde{A}}^L}{2} + \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U + 2(\mu_{\tilde{A}}^L \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^L v_{\tilde{A}}^U)}{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U + v_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^U} \quad (4.11)$$

- Jia, Hu ve Zhang (2019) tarafından geliştirilen skor fonksiyonu:

$$J(\tilde{A}) = \left[\frac{e^{\frac{\mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U + \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L}{2}} - 1}{e^{\frac{\mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U + \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L}{2}} + 1} \right] \left[\frac{1}{2^p + 1} \left(\left(\frac{\left(\frac{(\mu_{\tilde{A}}^L)^p + (\mu_{\tilde{A}}^U)^p + (v_{\tilde{A}}^L)^p + (v_{\tilde{A}}^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}}}{\left(\frac{(\mu_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^L)^p + (\mu_{\tilde{A}}^U + v_{\tilde{A}}^U)^p}{2} \right)} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_{\tilde{A}}^U)^p - (v_{\tilde{A}}^U)^p + (\mu_{\tilde{A}}^L)^p - (v_{\tilde{A}}^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right) \right] \quad (4.12)$$

$\tilde{A}=[\mu_{\tilde{A}}^L, \mu_{\tilde{A}}^U], [v_{\tilde{A}}^L, v_{\tilde{A}}^U]$ bir ADSB sayı olmak üzere önceki çalışmalarda geliştirilen doğruluk fonksiyonları aşağıda sunulmuştur.

- Xu (2007a) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$H(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U + v_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^U}{2} \quad (4.13)$$

- Ye (2009) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$M(\tilde{A}) = \mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U - 1 + \frac{v_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^U}{2} \quad (4.14)$$

- Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$LG(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U + \delta(2 - \mu_{\tilde{A}}^L - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^U)}{2} \quad (4.15)$$

- Nayagam, Muralikrishnan ve Sivaraman (2011) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$L(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U(1 - \mu_{\tilde{A}}^U) - v_{\tilde{A}}^L(1 - \mu_{\tilde{A}}^L)}{2} \quad (4.16)$$

- Wang ve Niu (2013) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$W_H(\tilde{A}) = \left(\frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U}{2} + \frac{v_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U) + (1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L)}{2} \right) \quad (4.17)$$

- Kang, Lan ve Wang (2015) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$H_K(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^L(1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U)}{2} - \frac{v_{\tilde{A}}^U(1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L)}{2} \quad (4.18)$$

- Joshi ve Kharayat (2015) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$P(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U + \mu_{\tilde{A}}^L \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^L v_{\tilde{A}}^U}{3} \quad (4.19)$$

- Sahin (2016) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$K(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U(1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L) + \mu_{\tilde{A}}^U + \mu_{\tilde{A}}^L(1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U)}{2} \quad (4.20)$$

- Zhang ve Xu (2017) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$F(\tilde{A}) = \frac{1}{2} \left(\frac{(\mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L) + (\mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U)(1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L)}{2} + \frac{(\mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U) + (\mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L)(1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U)}{2} \right) \quad (4.21)$$

- Joshi ve Kumar (2018) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$T(\tilde{A}) = \frac{\mu_{\tilde{A}}^L(1 - v_{\tilde{A}}^L) + \mu_{\tilde{A}}^U(1 - v_{\tilde{A}}^U)}{2} \quad (4.22)$$

- Wang ve Chen (2018) tarafından geliştirilen doğruluk fonksiyonu:

$$H_{NWC}(\tilde{A}) = \frac{(1 - \mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U)(1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L) + (1 - v_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^U)(1 - \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U)}{2} \quad (4.23)$$

Önceki çalışmalarda önerilen sıralama fonksiyonlarının, Örnek 4.1’de, Örnek 4.2’de ve Örnek 4.3’te sunulduğu şekilde bazı durumlarda ADSB sayıları ayırt etmede veya sıralamada başarısız olduğu görülmektedir.

Örnek 4.1. $\tilde{A}_1 = [0, 00, 0, 00], [0, 10, 0, 30]$ ve $\tilde{A}_2 = [0, 00, 0, 00], [0, 20, 0, 40]$ iki aralık-değerli sezgisel bulanık sayı ve $\tilde{A}_1 > \tilde{A}_2$ olmak üzere, bu iki sayı için Bai (2013) tarafından önerilen $I(.)$, Wang ve Chen (2017) tarafından önerilen $S_{WC}(.)$, Sahin (2016) tarafından önerilen $K(.)$ ve Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen $T(.)$ ve Garg (2016) tarafından önerilen $GIS(.)$ fonksiyonları ile hesaplanan değerler $I(\tilde{A}_1) = I(\tilde{A}_2) = 0$, $S_{WC}(\tilde{A}_1) = S_{WC}(\tilde{A}_2) = 0$, $K(\tilde{A}_1) = K(\tilde{A}_2) = 0$, $T(\tilde{A}_1) = T(\tilde{A}_2) = 0$, $GIS(\tilde{A}_1) = GIS(\tilde{A}_2) = 0$ olarak hesaplanmıştır. Söz konusu fonksiyonların $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt edemediği görülmüştür.

Örnek 4.2. $\tilde{A}_1 = [0, 20, 0, 60], [0, 20, 0, 40]$ ve $\tilde{A}_2 = [0, 30, 0, 50], [0, 10, 0, 50]$ iki aralık-değerli sezgisel bulanık sayı ve $\tilde{A}_1 > \tilde{A}_2$ olmak üzere, bu iki sayı için Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen $T(.)$, Bai (2013) tarafından önerilen $I(.)$, Garg (2016) tarafından önerilen $GIS(.)$, Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen $LG(.)$, Nayagam vd. (2011) tarafından önerilen $L(.)$, Wang ve Chen (2018) tarafından önerilen $S_{NWC}(.)$ fonksiyonları ile hesaplanan değerler $T(\tilde{A}_1) = T(\tilde{A}_2) = 0,26$,

$LG(\tilde{A}_1) = LG(\tilde{A}_2) = 0,55$, $L(\tilde{A}_1) = L(\tilde{A}_2) = 0,24$, $S_{NWC}(\tilde{A}_1) = S_{NWC}(\tilde{A}_2) = -0,14$,
 $I(\tilde{A}_1) = 0,46$, $I(\tilde{A}_2) = 0,49$ ve $GIS(\tilde{A}_1) = 0,46$, $GIS(\tilde{A}_2) = 0,49$ olarak
 hesaplanmıştır. Söz konusu sıralama fonksiyonlarının $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt
 edemediği veya yanlış sıraladığı görülmüştür.

Örnek 4.3. $\tilde{A}_1 = [0,00,0,40],[0,30,0,40]$ ve $\tilde{A}_2 = [0,00,0,30],[0,30,0,40]$ iki aralık-
 değerli sezgisel bulanık sayı ve $\tilde{A}_1 > \tilde{A}_2$ olmak üzere, bu iki sayı için Wang ve Chen
 (2018) tarafından önerilen $S_{NWC}(\cdot)$ ve $H_{NWC}(\cdot)$ fonksiyonları ile hesaplanan değerlerin
 $S_{NWC}(\tilde{A}_1) = -0,22$, $S_{NWC}(\tilde{A}_2) = -0,20$ ve $H_{NWC}(\tilde{A}_1) = 0,60$, $H_{NWC}(\tilde{A}_2) = 0,62$ olarak
 beklenenin tam tersi sıralama sunduğu görülmüştür.

Xu (2007a), Lee (2009), Tu ve Chen (2012), Bai (2013), Wang ve Niu (2013), Gao
 vd. (2016), Garg (2016), Wang ve Chen (2017), Wang ve Chen (2018), Jia vd. (2019),
 Gong ve Ma (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonlarının ve Xu (2007a), Ye
 (2009), Nayagam ve Sivaraman (2011), Nayagam vd. (2011), Wang ve Niu (2013),
 Kang vd. (2015), Joshi ve Kharayat (2015), Sahin (2016), Zhang ve Xu (2017), Joshi
 ve Kumar (2018), Wang ve Chen (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonlarının
 tez çalışmasında belirlenen 11 durumdan en az biri için ADSB sayıları sıralama
 ve/veya ayırt etme hususlarında başarısız olduğu belirlenmiştir. Bu durumlar, kanıtlar
 ve örnekler ile aşağıda açıklanmaktadır.

Durum 4.1. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere üyelik derecesi orta
 noktasının ve üye olmama derecesi orta noktasının çakıştığı durumda, bir başka deyişle
 $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$ ise Xu (2007a), Wang ve Niu (2013), Gao vd. (2016) ve Jia vd.
 (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve $\delta = 0,5$ koşulu altında Nayagam ve
 Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu ile ADSB sayılar ayırt
 edilememektedir.

Kanıt: Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonu, $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$
 durumundaki tüm ADSB sayılar için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
S(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L - v_i^L + \mu_i^U - v_i^U}{2} \\
&= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U - (v_i^L + v_i^U)}{2} \\
&= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U - (\mu_i^L + \mu_i^U)}{2} = 0
\end{aligned} \tag{4.24}$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonu, $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$ durumundaki tüm ADSB sayılar için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
W_S(\tilde{A}_i) &= \left(\frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} - \frac{v_i^L + v_i^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_i^U - v_i^U) + (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} - \frac{v_i^L + v_i^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_i^L + \mu_i^U) - (v_i^L + v_i^U))}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} - \frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - 2(\mu_i^L + \mu_i^U))}{2} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.25}$$

Gao vd. (2016) tarafından önerilen skor fonksiyonu, $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$ durumundaki tüm ADSB sayılar için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
G(\tilde{A}_i) &= \frac{1}{4} (\mu_i^L - v_i^L + \mu_i^U - v_i^U) \left(1 + \frac{1}{\mu_i^L + \mu_i^U - \mu_i^L v_i^L + \mu_i^U v_i^U} \right) \\
&= \frac{1}{4} ((\mu_i^L + \mu_i^U) - (\mu_i^L + \mu_i^U)) \left(1 + \frac{1}{\mu_i^L + \mu_i^U - \mu_i^L v_i^L + \mu_i^U v_i^U} \right) \\
&= \frac{1}{4} (0) \left(1 + \frac{1}{\mu_i^L + \mu_i^U - \mu_i^L v_i^L + \mu_i^U v_i^U} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.26}$$

Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
 J(\tilde{A}_i) &= \left[\frac{e^{\frac{\mu_i^U - v_i^U + \mu_i^L - v_i^L}{2}} - 1}{e^{\frac{\mu_i^U - v_i^U + \mu_i^L - v_i^L}{2}} + 1} \right] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{p}} + 1} \left(\left(\frac{(\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p + (v_i^L)^p + (v_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^L + v_i^L)^p + (\mu_i^U + v_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^U)^p - (v_i^U)^p + (\mu_i^L)^p - (v_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right) \right] \\
 &= \left[\frac{e^{\frac{0}{2}} - 1}{e^{\frac{0}{2}} + 1} \right] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{p}} + 1} \left(\left(\frac{(\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p + (v_i^L)^p + (v_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^L + v_i^L)^p + (\mu_i^U + v_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^U)^p - (v_i^U)^p + (\mu_i^L)^p - (v_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right) \right] \quad (4.27) \\
 &= [0] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{p}} + 1} \left(\left(\frac{(\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p + (v_i^L)^p + (v_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^L + v_i^L)^p + (\mu_i^U + v_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^U)^p - (v_i^U)^p + (\mu_i^L)^p - (v_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right) \right] = 0
 \end{aligned}$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu, $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$ durumundaki tüm ADSB sayılar için $\delta=0,5$ koşulu altında 0,5 değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
 LG(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + \delta(2 - \mu_i^L - \mu_i^U - v_i^L - v_i^U)}{2} \\
 &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + \delta(2 - 2(\mu_i^L + \mu_i^U))}{2} \\
 &= \frac{(1 - 2\delta)(\mu_i^L + \mu_i^U) + 2\delta}{2} \\
 &= \frac{(1 - 2(0,5))(\mu_i^L + \mu_i^U) + 2(0,5)}{2} = 0,5
 \end{aligned} \tag{4.28}$$

Örnek 4.4. $\tilde{A}_1 = [[0, 3, 0, 4], [0, 2, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 1, 0, 45], [0, 25, 0, 30]]$ ADSB sayıları, Xu (2007a), Wang ve Niu (2013), Gao vd. (2016) ve Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve $\delta=0,5$ koşulu altında Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu ile ayırt edilememektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 3, 0, 4], [0, 2, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 1, 0, 45], [0, 25, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{0,3 - 0,2 + 0,4 - 0,5}{2} = 0 \tag{4.29}$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{0,1 - 0,25 + 0,45 - 0,3}{2} = 0 \tag{4.30}$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 3, 0, 4], [0, 2, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 1, 0, 45], [0, 25, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$\begin{aligned}
W_s(\tilde{A}_1) &= \left(\frac{0,3+0,4}{2} - \frac{0,2+0,5}{2} \right) \left(1 + \frac{(1-0,4-0,5)+(1-0,3-0,2)}{2} \right) \\
&= (0) \left(1 + \frac{(0,1)+(0,5)}{2} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.31}$$

$$\begin{aligned}
W_s(\tilde{A}_2) &= \left(\frac{0,1+0,45}{2} - \frac{0,25+0,3}{2} \right) \left(1 + \frac{(1-0,45-0,3)+(1-0,1-0,25)}{2} \right) \\
&= (0) \left(1 + \frac{(0,25)+(0,65)}{2} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.32}$$

Gao vd. (2016) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,3,0,4],[0,2,0,5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,1,0,45],[0,25,0,30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$\begin{aligned}
G(\tilde{A}_1) &= \frac{1}{4} (0,3-0,2+0,4-0,5) \left(1 + \frac{1}{0,3+0,4-(0,3)(0,2)+(0,4)(0,5)} \right) \\
&= \frac{1}{4} (0) \left(1 + \frac{1}{0,84} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.33}$$

$$\begin{aligned}
G(\tilde{A}_2) &= \frac{1}{4} (0,1-0,25+0,45-0,3) \left(1 + \frac{1}{0,1+0,45-(0,1)(0,25)+(0,45)(0,3)} \right) \\
&= \frac{1}{4} (0) \left(1 + \frac{1}{0,39} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.34}$$

Jia vd. (2019) $\tilde{A}_1 = [[0,3,0,4],[0,2,0,5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,1,0,45],[0,25,0,30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$J(\tilde{A}_1) = \left[\frac{e^{\frac{0,4-0,5+0,3-0,2}{2}} - 1}{e^{\frac{0,4-0,5+0,3-0,2}{2}} + 1} \right] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left(\left(\frac{(0,3)^2 + (0,4)^2 + (0,2)^2 + (0,5)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,3+0,2)^2 + (0,4+0,5)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,4)^2 - (0,5)^2 + (0,3)^2 - (0,2)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \right]$$

$$= [0] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left(\left(\frac{(0,3)^2 + (0,4)^2 + (0,2)^2 + (0,5)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,3+0,2)^2 + (0,4+0,5)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right) + \left(\frac{(0,4)^2 - (0,5)^2 + (0,3)^2 - (0,2)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] = 0 \quad (4.35)$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\delta = 0,5$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0,3,0,4],[0,2,0,5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,1,0,45],[0,25,0,30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$\begin{aligned} LG(\tilde{A}_1) &= \frac{0,3+0,4-0,5(2-0,3-0,4-0,2-0,4)}{2} \\ &= \frac{0,7+0,5(0,6)}{2} = 0,5 \end{aligned} \quad (4.36)$$

$$\begin{aligned} LG(\tilde{A}_2) &= \frac{0,1+0,45+0,5(2-0,1-0,45-0,25-0,3)}{2} \\ &= \frac{0,55+0,5(0,9)}{2} = 0,5 \end{aligned} \quad (4.37)$$

Durum 4.2. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L - v_2^U$ ise Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonu ve Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu bu iki ADSB sayıyı ayırt edememektedir.

Kanıt: Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları için eşit değer sunmaktadır.

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U}{2} \quad (4.38)$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{\mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L - v_2^U}{2} = \frac{\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U}{2}$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
 LG(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + \delta(2 - \mu_1^L - \mu_1^U - v_1^L - v_1^U)}{2} \\
 &= \frac{\delta(\mu_1^L + \mu_1^U) - \delta(v_1^L + v_1^U) - 1}{2} \\
 &= \frac{\delta(\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L + v_1^U) - 1}{2}
 \end{aligned} \tag{4.39}$$

$$\begin{aligned}
 LG(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U + \delta(2 - \mu_2^L - \mu_2^U - v_2^L - v_2^U)}{2} \\
 &= \frac{\delta(\mu_2^L + \mu_2^U) - \delta(v_2^L + v_2^U) - 1}{2} \\
 &= \frac{\delta(\mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L + v_2^U) - 1}{2} \\
 &= \frac{\delta(\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L + v_1^U) - 1}{2}
 \end{aligned} \tag{4.40}$$

Örnek 4.5. $\tilde{A}_1 = [[0, 2, 0, 3], [0, 4, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 2], [0, 35, 0, 4]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonu ve $\delta = 0,5$ koşulu altında Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu, söz konusu iki ADSB sayı için aynı değeri sunmakta ve bu ADSB sayıları ayırt edememektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 2, 0, 3], [0, 4, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 2], [0, 35, 0, 4]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{0,2 + 0,3 - 0,4 - 0,5}{2} = -0,2 \tag{4.41}$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{0,15 + 0,2 - 0,35 - 0,4}{2} = -0,2 \tag{4.42}$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\delta = 0,5$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0, 2, 0, 3], [0, 4, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 2], [0, 35, 0, 4]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$LG(\tilde{A}_1) = \frac{0,2+0,3+0,5(2-0,2-0,3-0,4-0,5)}{2} = 0,4 \quad (4.43)$$

$$LG(\tilde{A}_2) = \frac{0,15+0,20+0,5(2-0,15-0,20-0,35-0,4)}{2} = 0,4 \quad (4.44)$$

Durum 4.3. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U$ ise Xu (2007a) ve Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu bu iki ADSB sayıyı ayırt edememektedir.

Kanıt: Xu (2007a) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları için eşit değer sunmaktadır.

$$H(\tilde{A}_1) = \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U}{2} \quad (4.45)$$

$$\begin{aligned} H(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U}{2} \\ &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U}{2} \end{aligned} \quad (4.46)$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu fonksiyonunun $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} W_H(\tilde{A}_1) &= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U}{2} + \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_1^U - v_1^U) + (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{2} \right) \\ &= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U))}{2} \right) \end{aligned} \quad (4.47)$$

$$\begin{aligned}
W_H(\tilde{A}_2) &= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U}{2} + \frac{v_2^L + v_2^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_2^U - v_2^U) + (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U))}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U))}{2} \right)
\end{aligned} \tag{4.48}$$

Örnek 4.6. $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,2,0,3],[0,3,0,4]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Xu (2007a) ve Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayı için aynı değeri sunmakta ve bu ADSB sayıları ayırt edememektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Xu (2007a) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,2,0,3],[0,3,0,4]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H(\tilde{A}_1) = \frac{0,15 + 0,25 + 0,35 + 0,45}{2} = 0,6 \tag{4.49}$$

$$H(\tilde{A}_2) = \frac{0,20 + 0,30 + 0,30 + 0,40}{2} = 0,6 \tag{4.50}$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,2,0,3],[0,3,0,4]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$W_H(\tilde{A}_1) = \left(\left(\frac{0,15 + 0,25}{2} + \frac{0,35 + 0,45}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - 0,25 - 0,45) + (1 - 0,15 - 0,35)}{2} \right) \right) = 0,84 \tag{4.51}$$

$$W_H(\tilde{A}_2) = \left(\left(\frac{0,20+0,30}{2} + \frac{0,30+0,40}{2} \right) \left(1 + \frac{(1-0,30-0,40)+(1-0,20-0,30)}{2} \right) \right) = 0,84 \quad (4.52)$$

Durum 4.4. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere Tu ve Chen (2012) tarafından önerilen skor fonksiyonu D_0 , μ_i^L ve v_i^U değerleri eşit olan tüm ADSB sayıları için μ_i^U ve v_i^L değerlerinden etkilenmeksizin aynı değeri sunarak bahse konu ADSB sayıları ayırt edememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L = \mu_2^L$ ve $v_1^U = v_2^U$ koşulu altında Tu ve Chen (2012) tarafından önerilen skor fonksiyonu D_0 , $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları için eşit değeri sunmaktadır.

$$D_0(\tilde{A}_1) = \mu_1^L (2 - \mu_1^L - 2v_1^U) \quad (4.53)$$

$$\begin{aligned} D_0(\tilde{A}_2) &= \mu_2^L (2 - \mu_2^L - 2v_2^U) \\ &= \mu_1^L (2 - \mu_1^L - 2v_1^U) \end{aligned} \quad (4.54)$$

Örnek 4.7. $\tilde{A}_1 = [[0,10,0,20],[0,30,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,35],[0,40,0,50]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Tu ve Chen (2012) tarafından önerilen skor fonksiyonu D_0 söz konusu iki ADSB sayı için aynı değeri sunmakta ve ADSB sayıları ayırt edememektedir. Hesaplamalar aşağıda sunulmaktadır.

$$D_0(\tilde{A}_1) = 0,10(2 - 0,10 - 2(0,50)) = 0,09 \quad (4.55)$$

$$D_0(\tilde{A}_2) = 0,10(2 - 0,10 - 2(0,50)) = 0,09 \quad (4.56)$$

Durum 4.5. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere Tu ve Chen (2012) tarafından önerilen skor fonksiyonu D_p , μ_i^U ve v_i^L değerleri eşit olan tüm ADSB

sayıları için μ_i^L ve v_i^U değerlerinden etkilenmeksizin aynı sıralama değerini sunarak bahse konu ADSB sayıları ayırt edememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^U = \mu_2^U$ ve $v_1^L = v_2^L$ koşulu altında Tu ve Chen (2012) tarafından önerilen skor fonksiyonu D_p , $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları için eşit değer sunmaktadır.

$$D_p(\tilde{A}_1) = v_1^L (2 - v_1^L - 2\mu_1^U) \quad (4.57)$$

$$\begin{aligned} D_p(\tilde{A}_2) &= v_2^L (2 - v_2^L - 2\mu_2^U) \\ &= v_1^L (2 - v_1^L - 2\mu_1^U) \end{aligned} \quad (4.58)$$

Örnek 4.8. $\tilde{A}_1 = [[0, 15, 0, 35], [0, 50, 0, 55]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 20, 0, 35], [0, 50, 0, 60]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Tu ve Chen (2012) tarafından önerilen skor fonksiyonu D_p söz konusu iki ADSB sayı için aynı değeri sunmakta ve ADSB sayıları ayırt edememektedir. Hesaplamalar aşağıda sunulmaktadır.

$$D_p(\tilde{A}_1) = 0,50(2 - 0,50 - 2(0,35)) = 0,575 \quad (4.59)$$

$$D_p(\tilde{A}_2) = 0,50(2 - 0,50 - 2(0,35)) = 0,575 \quad (4.60)$$

Durum 4.6. Üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri (μ_j^L ve μ_j^U ($j=1,2,\dots,n$)) sıfır (0) değerine eşit olduğunda Tu ve Chen (2012), Bai (2013), Garg (2016), Wang ve Chen (2017) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Sahin (2016), Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları, üye olmama derecesi veya tereddüt derecesinden etkilenmeksizin tüm ADSB sayılar için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

Kanıt: $\tilde{A}_i = [[0, 0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere Tu ve Chen (2012) tarafından önerilen skor fonksiyonu sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
D_o(\tilde{A}_i) &= \mu_i^L (2 - \mu_i^L - 2v_i^U) \\
&= 0(2 - 0 - 2v_i^U) = 0
\end{aligned}
\tag{4.61}$$

$\tilde{A}_i = [[0, 0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere Bai (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonu sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
I(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^L(1 - \mu_i^L - v_i^L) + \mu_i^U + \mu_i^U(1 - \mu_i^U - v_i^U)}{2} \\
&= \frac{0 + 0(1 - 0 - 0) + 0 + 0(1 - \mu_i^U - v_i^U)}{2} = 0
\end{aligned}
\tag{4.62}$$

$\tilde{A}_i = [[0, 0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere Garg (2016) tarafından önerilen skor fonksiyonu sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
GIS(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} + k_1 \mu_i^L (1 - \mu_i^L - v_i^L) + k_2 \mu_i^U (1 - \mu_i^U - v_i^U) \\
&= \frac{0 + 0}{2} + k_1 0(1 - 0 - v_i^L) + k_2 0(1 - 0 - v_i^U) = 0
\end{aligned}
\tag{4.63}$$

$\tilde{A}_i = [[0, 0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere Sahin (2016) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
K(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U(1 - \mu_i^L - v_i^L) + \mu_i^U + \mu_i^L(1 - \mu_i^U - v_i^U)}{2} \\
&= \frac{0 + 0(1 - 0 - v_i^L) + 0 + 0(1 - 0 - v_i^U)}{2} = 0
\end{aligned}
\tag{4.64}$$

$\tilde{A}_i = [[0, 0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere Wang ve Chen (2017) tarafından önerilen skor fonksiyonu sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
S_{WC}(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{2} + \sqrt{\mu_i^L v_i^L} (1 - \mu_i^U - v_i^U) \\
&= \frac{0 + 0 + \sqrt{0 v_i^U} (1 - 0 - v_i^L)}{2} + \sqrt{0 v_i^L} (1 - 0 - v_i^U) = 0
\end{aligned}
\tag{4.65}$$

$\tilde{A}_1 = [[0, 0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned} T(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_i^L(1-v_i^L) + \mu_i^U(1-v_i^U)}{2} \\ &= \frac{0(1-v_i^L) + 0(1-v_i^U)}{2} = 0 \end{aligned} \quad (4.66)$$

Örnek 4.9. $\tilde{A}_1 = [[0, 0], [0, 10, 0, 30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 0], [0, 25, 0, 40]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Tu ve Chen (2012), Bai (2013), Garg (2016), Wang ve Chen (2017) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Sahin (2016), Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayı sıfır (0) değerini sunmaktadır. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tu ve Chen (2012) tarafından önerilen skor fonksiyonunun (D_o) $\tilde{A}_1 = [[0, 0], [0, 10, 0, 30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 0], [0, 25, 0, 40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$D_o(\tilde{A}_1) = 0(2 - 0 - 2(0, 30)) = 0 \quad (4.67)$$

$$D_o(\tilde{A}_2) = 0(2 - 0 - 2(0, 40)) = 0 \quad (4.68)$$

Bai (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 0], [0, 10, 0, 30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 0], [0, 25, 0, 40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$I(\tilde{A}_1) = \frac{0 + 0(1 - 0 - 0, 10) + 0 + 0(1 - 0 - 0, 30)}{2} = 0 \quad (4.69)$$

$$I(\tilde{A}_2) = \frac{0 + 0(1 - 0 - 0, 25) + 0 + 0(1 - 0 - 0, 40)}{2} = 0 \quad (4.70)$$

Garg (2016) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,0],[0,10,0,30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,0],[0,25,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$GIS(\tilde{A}_1) = \frac{0+0}{2} + k_1 0(1-0-0,10) + k_2 0(1-0-0,30) = 0 \quad (4.71)$$

$$GIS(\tilde{A}_2) = \frac{0+0}{2} + k_1 0(1-0-0,25) + k_2 0(1-0-0,40) = 0 \quad (4.72)$$

Wang ve Chen (2017) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,0],[0,10,0,30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,0],[0,25,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{WC}(\tilde{A}_1) = \frac{0+0+\sqrt{0(0,30)}(1-0-(0,10))}{2} + \sqrt{0v_i^L}(1-0-(0,30)) = 0 \quad (4.73)$$

$$S_{WC}(\tilde{A}_2) = \frac{0+0+\sqrt{0(0,40)}(1-0-0,25)}{2} + \sqrt{0(0,25)}(1-0-0,40) = 0 \quad (4.74)$$

Sahin (2016) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,0],[0,10,0,30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,0],[0,25,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$K(\tilde{A}_1) = \frac{0+0(1-0-(0,10))+0+0(1-0-(0,30))}{2} = 0 \quad (4.75)$$

$$K(\tilde{A}_2) = \frac{0+0(1-0-(0,25))+0+0(1-0-(0,40))}{2} = 0 \quad (4.76)$$

Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,0],[0,10,0,30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,0],[0,25,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$T(\tilde{A}_1) = \frac{0(1-0,10)+0(1-0,30)}{2} = 0 \quad (4.77)$$

$$T(\tilde{A}_2) = \frac{0(1-0,25) + 0(1-0,40)}{2} = 0 \quad (4.78)$$

Durum 4.7. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ olan ADSB sayılar, Xu (2007a), Wang ve Niu (2013), Gao vd. (2016), Gong ve Ma (2019), Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Nayagam ve Sivaraman (2011), Zhang ve Xu (2017) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu ile ayırt edilememektedir.

Kanıt: Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned} S(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L - v_i^L + \mu_i^U - v_i^U}{2} \\ &= \frac{\mu_i^L - \mu_i^L + \mu_i^U - \mu_i^U}{2} = 0 \end{aligned} \quad (4.79)$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned} W_s(\tilde{A}_i) &= \left(\frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} - \frac{v_i^L + v_i^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_i^U - v_i^U) + (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{2} \right) \\ &= \left(\frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} - \frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_i^U - \mu_i^U) + (1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{2} \right) \\ &= (0) \left(1 + \frac{(2 - 2(\mu_i^L + \mu_i^U))}{2} \right) = 0 \end{aligned} \quad (4.80)$$

Gao vd. (2016) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
 G(\tilde{A}_i) &= \frac{1}{4}(\mu_i^L - v_i^L + \mu_i^U - v_i^U) \left(1 + \frac{1}{\mu_i^L + \mu_i^U - \mu_i^L v_i^L + \mu_i^U v_i^U} \right) \\
 &= \frac{1}{4}(\mu_i^L - \mu_i^L + \mu_i^U - \mu_i^U) \left(1 + \frac{1}{\mu_i^L + \mu_i^U - \mu_i^L \mu_i^L + \mu_i^U \mu_i^U} \right) \\
 &= \frac{1}{4}(0) \left(1 + \frac{1}{\mu_i^L + \mu_i^U - (\mu_i^L)^2 + (\mu_i^U)^2} \right) = 0
 \end{aligned} \tag{4.81}$$

Gong ve Ma (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için 0,5 değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
 S_{GM}(\tilde{A}_i) &= \frac{v_i^U + v_i^L - \mu_i^U - \mu_i^L}{2} + \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + 2(\mu_i^L \mu_i^U - v_i^L v_i^U)}{\mu_i^L + \mu_i^U + v_i^L + v_i^U} \\
 &= \frac{\mu_i^U + \mu_i^L - \mu_i^U - \mu_i^L}{2} + \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + 2(\mu_i^L \mu_i^U - \mu_i^L \mu_i^U)}{\mu_i^L + \mu_i^U + \mu_i^L + \mu_i^U} \\
 &= 0 + \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + 2(0)}{2\mu_i^L + 2\mu_i^U} = 0,5
 \end{aligned} \tag{4.82}$$

Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$J(\tilde{A}_i) = \left[\frac{e^{\frac{\mu_i^U - v_i^U + \mu_i^L - v_i^L}{2}} - 1}{e^{\frac{\mu_i^U - v_i^U + \mu_i^L - v_i^L}{2}} + 1} \right] \left[\frac{1}{2^p + 1} \left(\left(\frac{(\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p + (v_i^L)^p + (v_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^L + v_i^L)^p + (\mu_i^U + v_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^U)^p - (v_i^U)^p + (\mu_i^L)^p - (v_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right) \right]$$

$$= \left[\frac{e^{\frac{\mu_i^U - \mu_i^U + \mu_i^L - \mu_i^L}{2}} - 1}{e^{\frac{\mu_i^U - \mu_i^U + \mu_i^L - \mu_i^L}{2}} + 1} \right] \frac{1}{2^{\frac{1}{p}} + 1} \left[\left(\left(\frac{(\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p + (\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^L + \mu_i^L)^p + (\mu_i^U + \mu_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^U)^p - (\mu_i^U)^p + (\mu_i^L)^p - (\mu_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right] \quad (4.83)$$

$$= \left[\frac{e^0 - 1}{e^0 + 1} \right] \frac{1}{2^{\frac{1}{p}} + 1} \left[\left(\left(\frac{(\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p + (\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^L + \mu_i^L)^p + (\mu_i^U + \mu_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^U)^p - (\mu_i^U)^p + (\mu_i^L)^p - (\mu_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right]$$

$$= \left[\frac{0}{2} \right] \frac{1}{2^{\frac{1}{p}} + 1} \left[\left(\left(\frac{(\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p + (\mu_i^L)^p + (\mu_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^L + \mu_i^L)^p + (\mu_i^U + \mu_i^U)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^U)^p - (\mu_i^U)^p + (\mu_i^L)^p - (\mu_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right] = 0$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ durumunda $\delta = 0,5$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için 0,5 değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned} LG(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + \delta(2 - \mu_i^L - \mu_i^U - \mu_i^L - \mu_i^U)}{2} \\ &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + \delta(2 - 2(\mu_i^L + \mu_i^U))}{2} \\ &= \frac{(1 - 2(0,5))(\mu_i^L + \mu_i^U) + 2(0,5)}{2} = 0,5 \end{aligned} \quad (4.84)$$

Zhang ve Xu (2017) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
 F(\tilde{A}_i) &= \left(\frac{1}{2} \left(\frac{(\mu_i^L - v_i^L) + (\mu_i^U - v_i^U)(1 - \mu_i^L - v_i^L)}{2} + \frac{(\mu_i^U - v_i^U) + (\mu_i^L - v_i^L)(1 - \mu_i^U - v_i^U)}{2} \right) \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \left(\frac{(\mu_i^L - \mu_i^L) + (\mu_i^U - \mu_i^U)(1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{2} + \frac{(\mu_i^U - \mu_i^U) + (\mu_i^L - \mu_i^L)(1 - \mu_i^U - \mu_i^U)}{2} \right) \right) \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{0 + 0(1)}{2} + \frac{0 + 0(1)}{2} \right) = 0
 \end{aligned} \tag{4.85}$$

Örnek 4.10. $\tilde{A}_1 = [[0, 25, 0, 50], [0, 25, 0, 50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 40], [0, 15, 0, 40]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Xu (2007a), Wang ve Niu (2013), Gao vd. (2016), Gong ve Ma (2019), Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Nayagam ve Sivaraman (2011), Zhang ve Xu (2017) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edememektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 25, 0, 50], [0, 25, 0, 50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 40], [0, 15, 0, 40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{0,25 - 0,25 + 0,50 - 0,50}{2} = 0 \tag{4.86}$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{0,15 - 0,15 + 0,40 - 0,40}{2} = 0 \tag{4.87}$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 25, 0, 50], [0, 25, 0, 50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 40], [0, 15, 0, 40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$W_s(\tilde{A}_1) = \left(\begin{array}{c} \left(\frac{0,25+0,50}{2} - \frac{0,25+0,50}{2} \right) \\ * \left(1 + \frac{(1-0,50-0,50)+(1-0,25-0,25)}{2} \right) \end{array} \right) = 0 \quad (4.88)$$

$$W_s(\tilde{A}_2) = \left(\begin{array}{c} \left(\frac{0,15+0,40}{2} - \frac{0,15+0,40}{2} \right) \\ * \left(1 + \frac{(1-0,40-0,40)+(1-0,15-0,15)}{2} \right) \end{array} \right) = 0 \quad (4.89)$$

Gao vd. (2016) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,25,0,50],[0,25,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,15,0,40],[0,15,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$G(\tilde{A}_1) = \left(\begin{array}{c} \frac{1}{4}(0,25-0,25+0,50-0,50) \\ * \left(1 + \frac{1}{0,25+0,50-(0,25)(0,25)+(0,50)(0,50)} \right) \end{array} \right) = 0 \quad (4.90)$$

$$G(\tilde{A}_2) = \left(\begin{array}{c} \frac{1}{4}(0,15-0,15+0,40-0,40) \\ * \left(1 + \frac{1}{0,15+0,40-(0,15)(0,15)+(0,40)(0,40)} \right) \end{array} \right) = 0 \quad (4.91)$$

Gong ve Ma (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,25,0,50],[0,25,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,15,0,40],[0,15,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{GM}(\tilde{A}_1) = \left(\begin{array}{c} \frac{0,50+0,25-0,50-0,25}{2} + \\ \frac{0,25+0,50+2((0,25)(0,50)-(0,25)(0,50))}{0,25+0,50+0,25+0,50} \end{array} \right) = 0,5 \quad (4.92)$$

$$S_{GM}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{\frac{0,40+0,15-0,40-0,15}{2} + \frac{0,15+0,40+2((0,15)(0,40)-(0,15)(0,40))}{0,15+0,40+0,15+0,40}}{0,15+0,40+0,15+0,40} \right) = 0,5 \quad (4.93)$$

Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 25, 0, 50], [0, 25, 0, 50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 40], [0, 15, 0, 40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$J(\tilde{A}_1) = \left[\frac{e^{\frac{0,50-0,50+0,25-0,25}{2}} - 1}{e^{\frac{0,50-0,50+0,25-0,25}{2}} + 1} - 1 \right] \frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left[\left(\frac{(0,25)^2 + (0,50)^2 + (0,25)^2 + (0,50)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,50)^2 + (1)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,50)^2 - (0,50)^2 + (0,25)^2 - (0,25)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (4.94)$$

$$= [0] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left[\left(\frac{2(0,25)^2 + 2(0,50)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,50)^2 + (1)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right] = 0$$

$$J(\tilde{A}_2) = \left[\frac{e^{\frac{0,40-0,40+0,15-0,15}{2}} - 1}{e^{\frac{0,40-0,40+0,15-0,15}{2}} + 1} - 1 \right] \frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left[\left(\frac{(0,15)^2 + (0,40)^2 + (0,15)^2 + (0,40)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,30)^2 + (0,80)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,40)^2 - (0,40)^2 + (0,15)^2 - (0,15)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (4.95)$$

$$= [0] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left[\left(\frac{2(0,15)^2 + 2(0,40)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,30)^2 + (0,80)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right] = 0$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ durumunda $\delta = 0,5$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0, 25, 0, 50], [0, 25, 0, 50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 40], [0, 15, 0, 40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$LG(\tilde{A}_1) = \frac{0,25 + 0,50 + 0,50(2 - 0,25 - 0,50 - 0,25 - 0,50)}{2} = 0,50 \quad (4.96)$$

$$LG(\tilde{A}_2) = \frac{0,15 + 0,40 + 0,50(2 - 0,15 - 0,40 - 0,15 - 0,40)}{2} = 0,50 \quad (4.97)$$

Zhang ve Xu (2017) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0,25,0,50],[0,25,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,15,0,40],[0,15,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$\begin{aligned} F(\tilde{A}_1) &= \frac{1}{2} \left(\frac{(0,25 - 0,25) + (0,50 - 0,50)(1 - 0,25 - 0,25)}{2} + \frac{(0,50 - 0,50) + (0,25 - 0,25)(1 - 0,50 - 0,50)}{2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{(0) + (0)(0,50)}{2} + \frac{(0) + (0)(0)}{2} \right) = 0 \end{aligned} \quad (4.98)$$

$$\begin{aligned} F(\tilde{A}_2) &= \frac{1}{2} \left(\frac{(0,15 - 0,15) + (0,40 - 0,40)(1 - 0,15 - 0,15)}{2} + \frac{(0,40 - 0,40) + (0,15 - 0,15)(1 - 0,40 - 0,40)}{2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{(0) + (0)(0,70)}{2} + \frac{(0) + (0)(0,20)}{2} \right) = 0 \end{aligned} \quad (4.99)$$

Durum 4.8. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ olan tüm ADSB sayılar, Xu (2007a), Wang ve Niu (2013), Gao vd. (2016), Wang ve Chen (2018), Gong ve Ma (2019) ve Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Nayagam ve Sivaraman (2011), Zhang ve Xu (2017) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları ile ayırt edilememektedir.

Kanıt: Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
S(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L - v_i^L + \mu_i^U - v_i^U}{2} \\
&= \frac{\mu_i^L - \mu_i^L + \mu_i^L - \mu_i^L}{2} = 0
\end{aligned} \tag{4.100}$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
W_s(\tilde{A}_i) &= \left(\frac{\mu_i^L + \mu_i^U}{2} - \frac{v_i^L + v_i^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_i^U - v_i^U) + (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_i^L + \mu_i^L}{2} - \frac{\mu_i^L + \mu_i^L}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_i^L - \mu_i^L) + (1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{2} \right) \\
&= (0) \left(1 + \frac{(2 - 4(\mu_i^L))}{2} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.101}$$

Gao vd. (2016) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
G(\tilde{A}_i) &= \frac{1}{4} (\mu_i^L - v_i^L + \mu_i^U - v_i^U) \left(1 + \frac{1}{\mu_i^L + \mu_i^U - \mu_i^L v_i^L + \mu_i^U v_i^U} \right) \\
&= \frac{1}{4} (\mu_i^L - \mu_i^L + \mu_i^L - \mu_i^L) \left(1 + \frac{1}{\mu_i^L + \mu_i^L - \mu_i^L \mu_i^L + \mu_i^L \mu_i^L} \right) \\
&= \frac{1}{4} (0) \left(1 + \frac{1}{2\mu_i^L} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.102}$$

Wang ve Chen (2018) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
S_{NWC}(\tilde{A}_i) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U)(\mu_i^L + v_i^L)}{2} - \frac{(v_i^L + v_i^U)(\mu_i^U + v_i^U)}{2} \\
&= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^L)(\mu_i^L + \mu_i^L)}{2} - \frac{(\mu_i^L + \mu_i^L)(\mu_i^L + \mu_i^L)}{2} \\
&= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^L)^2}{2} - \frac{(\mu_i^L + \mu_i^L)^2}{2} = 0
\end{aligned} \tag{4.103}$$

Gong ve Ma (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için 0,5 değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
S_{GM}(\tilde{A}_i) &= \frac{v_i^U + v_i^L - \mu_i^U - \mu_i^L}{2} + \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + 2(\mu_i^L \mu_i^U - v_i^L v_i^U)}{\mu_i^L + \mu_i^U + v_i^L + v_i^U} \\
&= \frac{\mu_i^L + \mu_i^L - \mu_i^L - \mu_i^L}{2} + \frac{\mu_i^L + \mu_i^L + 2(\mu_i^L \mu_i^L - \mu_i^L \mu_i^L)}{\mu_i^L + \mu_i^L + \mu_i^L + \mu_i^L} \\
&= 0 + \frac{2\mu_i^L}{4\mu_i^L} = 0,5
\end{aligned} \tag{4.104}$$

Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
J(\tilde{A}_i) &= \left[\frac{e^{\frac{\mu_i^L - \mu_i^L + \mu_i^L - \mu_i^L}{2}} - 1}{e^{\frac{\mu_i^L - \mu_i^L + \mu_i^L - \mu_i^L}{2}} + 1} \right] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{p}} + 1} \left[\left(\left(\frac{(\mu_i^L)^p + (\mu_i^L)^p + (\mu_i^L)^p + (\mu_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right)^{\frac{1}{p}} + \left(\frac{(\mu_i^L + \mu_i^L)^p + (\mu_i^L + \mu_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right] + \left(\frac{(\mu_i^L)^p - (\mu_i^L)^p + (\mu_i^L)^p - (\mu_i^L)^p}{2} \right)^{\frac{1}{p}} \right] \\
&= [0] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{p}} + 1} \left[\left(\left(2(\mu_i^L)^p \right)^{\frac{1}{p}} + \left((\mu_i^L + \mu_i^L)^p \right)^{\frac{1}{p}} \right)^{\frac{1}{p}} \right] \right] = 0
\end{aligned} \tag{4.105}$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ durumunda $\delta = 0,5$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için 0,5 değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
LG(\tilde{A}_i) &= \frac{\mu_i^L + \mu_i^U + \delta(2 - \mu_i^L - \mu_i^U - v_i^L - v_i^U)}{2} \\
&= \frac{\mu_i^L + \mu_i^L + \delta(2 - \mu_i^L - \mu_i^L - \mu_i^L - \mu_i^L)}{2} \\
&= \frac{2\mu_i^L + 0,5(2 - 4\mu_i^L)}{2} = \frac{2\mu_i^L - 2\mu_i^L + 1}{2} = 0,5
\end{aligned} \tag{4.106}$$

Zhang ve Xu (2017) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında tüm ADSB sayıları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
F(\tilde{A}_i) &= \frac{1}{2} \left(\frac{(\mu_i^L - v_i^L) + (\mu_i^U - v_i^U)(1 - \mu_i^L - v_i^L)}{2} + \frac{(\mu_i^U - v_i^U) + (\mu_i^L - v_i^L)(1 - \mu_i^U - v_i^U)}{2} \right) \\
&= \frac{1}{2} \left(\frac{(\mu_i^L - \mu_i^L) + (\mu_i^L - \mu_i^L)(1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{2} + \frac{(\mu_i^L - \mu_i^L) + (\mu_i^L - \mu_i^L)(1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{2} \right) \\
&= \frac{1}{2} \left(\frac{(0) + (0)(1 - 2\mu_i^L)}{2} + \frac{(0) + (0)(1 - 2\mu_i^L)}{2} \right) = 0
\end{aligned} \tag{4.107}$$

Örnek 4.11. $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ iki ADSB sayı olmak üzere, Xu (2007a), Wang ve Niu (2013), Gao vd. (2016), Wang ve Chen (2018), Gong ve Ma (2019) ve Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Nayagam ve Sivaraman (2011), Zhang ve Xu (2017) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edememektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{0,20 - 0,20 + 0,20 - 0,20}{2} = 0 \tag{4.108}$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{0,30 - 0,30 + 0,30 - 0,30}{2} = 0 \quad (4.109)$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$W_s(\tilde{A}_1) = \left(\left(\frac{0,20 + 0,20}{2} - \frac{0,20 + 0,20}{2} \right) * \left(1 + \frac{(1 - 0,20 - 0,20) + (1 - 0,20 - 0,20)}{2} \right) \right) = 0 \quad (4.110)$$

$$W_s(\tilde{A}_2) = \left(\left(\frac{0,30 + 0,30}{2} - \frac{0,30 + 0,30}{2} \right) * \left(1 + \frac{(1 - 0,30 - 0,30) + (1 - 0,30 - 0,30)}{2} \right) \right) = 0 \quad (4.111)$$

Gao vd. (2016) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$G(\tilde{A}_1) = \left(\frac{1}{4} (0,20 - 0,20 + 0,20 - 0,20) * \left(1 + \frac{1}{0,20 + 0,20 - (0,20)(0,20) + (0,20)(0,20)} \right) \right) = 0 \quad (4.112)$$

$$G(\tilde{A}_2) = \left(\frac{1}{4} (0,30 - 0,30 + 0,30 - 0,30) * \left(1 + \frac{1}{0,30 + 0,30 - (0,30)(0,30) + (0,30)(0,30)} \right) \right) = 0 \quad (4.113)$$

Wang ve Chen (2018) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{NWC}(\tilde{A}_1) = \frac{(0, 20 + 0, 20)(0, 20 + 0, 20)}{2} - \frac{(0, 20 + 0, 20)(0, 20 + 0, 20)}{2} = 0 \quad (4.114)$$

$$S_{NWC}(\tilde{A}_2) = \frac{(0, 30 + 0, 30)(0, 30 + 0, 30)}{2} - \frac{(0, 30 + 0, 30)(0, 30 + 0, 30)}{2} = 0 \quad (4.115)$$

Gong ve Ma (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{GM}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{\frac{0, 20 + 0, 20 - 0, 20 - 0, 20}{2} + \frac{0, 20 + 0, 20 + 2((0, 20)(0, 20) - (0, 20)(0, 20))}{0, 20 + 0, 20 + 0, 20 + 0, 20} \right) = 0,5 \quad (4.116)$$

$$S_{GM}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{\frac{0, 20 + 0, 20 - 0, 20 - 0, 20}{2} + \frac{0, 20 + 0, 20 + 2((0, 20)(0, 20) - (0, 20)(0, 20))}{0, 20 + 0, 20 + 0, 20 + 0, 20} \right) = 0,5 \quad (4.117)$$

Jia vd. (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu ve $p=2$ varsayımı altında $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$\begin{aligned}
J(\tilde{A}_1) &= \left[\frac{e^{\frac{0,2-0,2+0,2-0,2}{2}} - 1}{e^{\frac{0,2-0,2+0,2-0,2}{2}} + 1} \right] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left[\left(\left(\frac{(0,2)^2 + (0,2)^2 + (0,2)^2 + (0,2)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,2+0,2)^2 + (0,2+0,2)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \left(\frac{(0,2)^2 - (0,2)^2 + (0,2)^2 - (0,2)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right] \\
&= [0] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left[\left((2(0,2)^2) + ((0,2+0,2)^2) \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right] = 0
\end{aligned} \tag{4.118}$$

$$\begin{aligned}
J(\tilde{A}_2) &= \left[\frac{e^{\frac{0,3-0,3+0,3-0,3}{2}} - 1}{e^{\frac{0,3-0,3+0,3-0,3}{2}} + 1} \right] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left[\left(\left(\frac{(0,3)^2 + (0,3)^2 + (0,3)^2 + (0,3)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{(0,3+0,3)^2 + (0,3+0,3)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \left(\frac{(0,3)^2 - (0,3)^2 + (0,3)^2 - (0,3)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right] \\
&= [0] \left[\frac{1}{2^{\frac{1}{2}} + 1} \left[\left((2(0,3)^2) + ((0,3+0,3)^2) \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right] = 0
\end{aligned} \tag{4.119}$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu ve $\delta = 0,5$ varsayımı altında $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$LG(\tilde{A}_1) = \frac{0,2+0,2+0,5(2-0,2-0,2-0,2-0,2)}{2} = 0,5 \tag{4.120}$$

$$LG(\tilde{A}_2) = \frac{0,3+0,3+0,5(2-0,3-0,3-0,3-0,3)}{2} = 0,5 \tag{4.121}$$

Zhang ve Xu (2017) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$F(\tilde{A}_1) = \frac{1}{2} \left(\frac{(0,2-0,2) + (0,2-0,2)(1-0,2-0,2)}{2} + \frac{(0,2-0,2) + (0,2-0,2)(1-0,2-0,2)}{2} \right) = 0 \quad (4.122)$$

$$F(\tilde{A}_2) = \frac{1}{2} \left(\frac{(0,3-0,3) + (0,3-0,3)(1-0,3-0,3)}{2} + \frac{(0,3-0,3) + (0,3-0,3)(1-0,3-0,3)}{2} \right) = 0 \quad (4.123)$$

Durum 4.9. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $(\mu_i^L + \mu_i^U)$ ve $(v_i^L + v_i^U)$ değerleri eşit olan ADSB sayılar, Xu (2007a), Lee (2009), Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Xu (2007a), Ye (2009), Nayagam ve Sivaraman (2011), Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları ile ayırt edilememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{\mu_1^L - v_1^L + \mu_1^U - v_1^U}{2} \quad (4.124)$$

$$\begin{aligned} S(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L - v_2^L + \mu_2^U - v_2^U}{2} \\ &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - (v_2^L + v_2^U)}{2} \\ &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - (v_1^L + v_1^U)}{2} \end{aligned} \quad (4.125)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Lee (2009) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{2 + \mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U}{3 - \mu_1^L - \mu_1^U - v_1^L - v_1^U} \quad (4.126)$$

$$\begin{aligned} S(\tilde{A}_2) &= \frac{2 + \mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L - v_2^U}{3 - \mu_2^L - \mu_2^U - v_2^L - v_2^U} \\ &= \frac{2 + (\mu_2^L + \mu_2^U) - (v_2^L + v_2^U)}{3 - (\mu_2^L + \mu_2^U) - (v_2^L + v_2^U)} \\ &= \frac{2 + (\mu_1^L + \mu_1^U) - (v_1^L + v_1^U)}{3 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - (v_1^L + v_1^U)} \end{aligned} \quad (4.127)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} W_s(\tilde{A}_1) &= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U}{2} - \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_1^U - v_1^U) + (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{2} \right) \\ &= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U}{2} - \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - (v_1^L + v_1^U))}{2} \right) \end{aligned} \quad (4.128)$$

$$\begin{aligned} W_s(\tilde{A}_2) &= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U}{2} - \frac{v_2^L + v_2^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_2^U - v_2^U) + (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{2} \right) \\ &= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U}{2} - \frac{v_2^L + v_2^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_2^L + \mu_2^U) - (v_2^L + v_2^U))}{2} \right) \\ &= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U}{2} - \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - (v_1^L + v_1^U))}{2} \right) \end{aligned} \quad (4.129)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Xu (2007a) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$H(\tilde{A}_1) = \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U}{2} \quad (4.130)$$

$$\begin{aligned} H(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U}{2} \\ &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (v_2^L + v_2^U)}{2} \\ &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (v_1^L + v_1^U)}{2} \end{aligned} \quad (4.131)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Ye (2009) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$M(\tilde{A}_1) = \mu_1^L + \mu_1^U - 1 + \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \quad (4.132)$$

$$\begin{aligned} M(\tilde{A}_2) &= \mu_2^L + \mu_2^U - 1 + \frac{v_2^L + v_2^U}{2} \\ &= \mu_1^L + \mu_1^U - 1 + \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \end{aligned} \quad (4.133)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} LG(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + \delta(2 - \mu_1^L - \mu_1^U - v_1^L - v_1^U)}{2} \\ &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \delta(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - (v_1^L + v_1^U))}{2} \end{aligned} \quad (4.134)$$

$$\begin{aligned}
LG(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U + \delta(2 - \mu_2^L - \mu_2^U - v_2^L - v_2^U)}{2} \\
&= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \delta(2 - (\mu_2^L + \mu_2^U) - (v_2^L + v_2^U))}{2} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \delta(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - (v_1^L + v_1^U))}{2}
\end{aligned} \tag{4.135}$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
W_H(\tilde{A}_1) &= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U}{2} + \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_1^U - v_1^U) + (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U))}{2} \right)
\end{aligned} \tag{4.136}$$

$$\begin{aligned}
W_H(\tilde{A}_2) &= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U}{2} + \frac{v_2^L + v_2^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_2^U - v_2^U) + (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U))}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U))}{2} \right)
\end{aligned} \tag{4.137}$$

Örnek 4.12. $\tilde{A}_1 = [[0, 15, 0, 25], [0, 35, 0, 45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 10, 0, 30], [0, 20, 0, 60]]$ iki ADSB sayı olmak üzere, Xu (2007a), Lee (2009), Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Xu (2007a), Ye (2009), Nayagam ve Sivaraman (2011), Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edememektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,30],[0,20,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{0,15 - 0,35 + 0,25 - 0,45}{2} = -0,20 \quad (4.138)$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{0,10 - 0,20 + 0,30 - 0,60}{2} = -0,20 \quad (4.139)$$

Lee (2009) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,30],[0,20,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{2 + 0,15 + 0,25 - 0,35 - 0,45}{3 - 0,15 - 0,25 - 0,35 - 0,45} = 0,889 \quad (4.140)$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{2 + 0,10 + 0,30 - 0,20 - 0,60}{3 - 0,10 - 0,30 - 0,20 - 0,60} = 0,889 \quad (4.141)$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,30],[0,20,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$W_s(\tilde{A}_1) = \left(\left(\frac{0,15 + 0,25}{2} - \frac{0,35 + 0,45}{2} \right) * \left(1 + \frac{(1 - 0,25 - 0,45) + (1 - 0,15 - 0,35)}{2} \right) \right) = -0,28 \quad (4.142)$$

$$W_s(\tilde{A}_2) = \left(\left(\frac{0,10 + 0,30}{2} - \frac{0,20 + 0,60}{2} \right) * \left(1 + \frac{(1 - 0,30 - 0,60) + (1 - 0,10 - 0,20)}{2} \right) \right) = -0,28 \quad (4.143)$$

Xu (2007a) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,30],[0,20,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H(\tilde{A}_1) = \frac{0,15 + 0,25 + 0,35 + 0,45}{2} = 0,6 \quad (4.144)$$

$$H(\tilde{A}_2) = \frac{0,10 + 0,30 + 0,20 + 0,60}{2} = 0,6 \quad (4.145)$$

Ye (2009) tarafından önerilen doğruluk $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,30],[0,20,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$M(\tilde{A}_1) = 0,15 + 0,25 - 1 + \frac{0,35 + 0,45}{2} = -0,20 \quad (4.146)$$

$$M(\tilde{A}_2) = 0,10 + 0,30 - 1 + \frac{0,20 + 0,60}{2} = -0,20 \quad (4.147)$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\delta = 0,5$ koşulu altında $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,30],[0,20,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$LG(\tilde{A}_1) = \frac{0,15 + 0,25 + 0,5(2 - 0,15 - 0,25 - 0,35 - 0,45)}{2} = 0,40 \quad (4.148)$$

$$LG(\tilde{A}_2) = \frac{0,10 + 0,30 + 0,5(2 - 0,10 - 0,30 - 0,20 - 0,60)}{2} = 0,40 \quad (4.149)$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,30],[0,20,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$W_H(\tilde{A}_1) = \left(\left(\frac{0,15+0,25}{2} + \frac{0,35+0,45}{2} \right) * \left(1 + \frac{(1-0,25-0,45)+(1-0,15-0,35)}{2} \right) \right) = 0,84 \quad (4.150)$$

$$W_H(\tilde{A}_2) = \left(\left(\frac{0,10+0,30}{2} + \frac{0,20+0,60}{2} \right) * \left(1 + \frac{(1-0,30-0,60)+(1-0,10-0,20)}{2} \right) \right) = 0,84 \quad (4.151)$$

Durum 4.10. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $(\mu_i^L + \mu_i^U)$ değerleri ile üye olmama alt ve üst sınır değerleri eşit olan ADSB sayılar, Xu (2007a), Lee (2009), Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Xu (2007a), Ye (2009), Nayagam ve Sivaraman (2011), Nayagam vd. (2011), Wang ve Niu (2013), Kang vd. (2015), Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları ile ayırt edilememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} S(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L - v_1^L + \mu_1^U - v_1^U}{2} \\ &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U - 2v_1^L}{2} \end{aligned} \quad (4.152)$$

$$\begin{aligned} S(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L - v_2^L + \mu_2^U - v_2^U}{2} \\ &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - (v_2^L + v_2^U)}{2} \\ &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U - 2v_1^L}{2} \end{aligned} \quad (4.153)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Xu (2007a) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} H(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U}{2} \\ &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + 2v_1^L}{2} \end{aligned} \quad (4.154)$$

$$\begin{aligned} H(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U}{2} \\ &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (v_2^L + v_2^U)}{2} \\ &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + 2v_1^L}{2} \end{aligned} \quad (4.155)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Lee (2009) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} S(\tilde{A}_1) &= \frac{2 + \mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U}{3 - \mu_1^L - \mu_1^U - v_1^L - v_1^U} \\ &= \frac{2 + \mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^L}{3 - \mu_1^L - \mu_1^U - v_1^L - v_1^L} \\ &= \frac{2 + \mu_1^L + \mu_1^U - 2v_1^L}{3 - \mu_1^L - \mu_1^U - 2v_1^L} \end{aligned} \quad (4.156)$$

$$\begin{aligned} S(\tilde{A}_2) &= \frac{2 + \mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L - v_2^U}{3 - \mu_2^L - \mu_2^U - v_2^L - v_2^U} \\ &= \frac{2 + (\mu_2^L + \mu_2^U) - v_2^L - v_2^L}{3 - (\mu_2^L + \mu_2^U) - v_2^L - v_2^L} \\ &= \frac{2 + (\mu_1^L + \mu_1^U) - 2v_1^L}{3 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - 2v_1^L} \end{aligned} \quad (4.157)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Ye (2009) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} M(\tilde{A}_1) &= \mu_1^L + \mu_1^U - 1 + \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \\ &= \mu_1^L + \mu_1^U - 1 + \frac{v_1^L + v_1^L}{2} \\ &= \mu_1^L + \mu_1^U - 1 + v_1^L \end{aligned} \quad (4.158)$$

$$\begin{aligned} M(\tilde{A}_2) &= \mu_2^L + \mu_2^U - 1 + \frac{v_2^L + v_2^U}{2} \\ &= \mu_1^L + \mu_1^U - 1 + \frac{v_1^L + v_1^L}{2} \\ &= \mu_1^L + \mu_1^U - 1 + v_1^L \end{aligned} \quad (4.159)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} LG(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + \delta(2 - \mu_1^L - \mu_1^U - v_1^L - v_1^U)}{2} \\ &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \delta(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - 2v_1^L)}{2} \end{aligned} \quad (4.160)$$

$$\begin{aligned} LG(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U + \delta(2 - \mu_2^L - \mu_2^U - v_2^L - v_2^U)}{2} \\ &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \delta(2 - (\mu_2^L + \mu_2^U) - v_2^L - v_2^L)}{2} \\ &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \delta(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - 2v_1^L)}{2} \end{aligned} \quad (4.161)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Nayagam vd. (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
L(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^U(1 - \mu_1^U) - v_1^L(1 - \mu_1^L)}{2} \\
&= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^U + \mu_1^U v_1^U - v_1^L + \mu_1^L v_1^L}{2} \\
&= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L + \mu_1^U v_1^L - v_1^L + \mu_1^L v_1^L}{2} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + v_1^L(\mu_1^L + \mu_1^U - 2)}{2}
\end{aligned} \tag{4.162}$$

$$\begin{aligned}
L(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U - v_2^U(1 - \mu_2^U) - v_2^L(1 - \mu_2^L)}{2} \\
&= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U - v_2^U + \mu_2^U v_2^U - v_2^L + \mu_2^L v_2^L}{2} \\
&= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L + \mu_2^U v_2^L - v_2^L + \mu_2^L v_2^L}{2} \\
&= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + v_2^L(\mu_2^L + \mu_2^U - 2)}{2} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + v_1^L(\mu_1^L + \mu_1^U - 2)}{2}
\end{aligned} \tag{4.163}$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
W_s(\tilde{A}_1) &= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U}{2} - \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_1^U - v_1^U) + (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U - 2v_1^L}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - 2v_1^L)}{2} \right)
\end{aligned} \tag{4.164}$$

$$\begin{aligned}
W_S(\tilde{A}_2) &= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U}{2} - \frac{v_2^L + v_2^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_2^U - v_2^U) + (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U - 2v_2^L}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_2^L + \mu_2^U) - 2v_2^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U - 2v_1^L}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) - 2v_1^L)}{2} \right)
\end{aligned} \tag{4.165}$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
W_H(\tilde{A}_1) &= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U}{2} + \frac{v_1^L + v_1^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_1^U - v_1^U) + (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U + 2v_1^L}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) + 2v_1^L)}{2} \right)
\end{aligned} \tag{4.166}$$

$$\begin{aligned}
W_H(\tilde{A}_2) &= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U}{2} + \frac{v_2^L + v_2^U}{2} \right) \left(1 + \frac{(1 - \mu_2^U - v_2^U) + (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_2^L + \mu_2^U + 2v_2^L}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_2^L + \mu_2^U) + 2v_2^L)}{2} \right) \\
&= \left(\frac{\mu_1^L + \mu_1^U + 2v_1^L}{2} \right) \left(1 + \frac{(2 - (\mu_1^L + \mu_1^U) + 2v_1^L)}{2} \right)
\end{aligned} \tag{4.167}$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Kang vd. (2015) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
H_K(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L - v_1^L + \mu_1^U - v_1^U - v_1^L (1 - \mu_1^U - v_1^U)}{2} - \frac{v_1^U (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{2} \\
&= \frac{\mu_1^L - v_1^L + \mu_1^U - v_1^U - v_1^L + \mu_1^U v_1^L + v_1^L v_1^U - v_1^U + \mu_1^L v_1^U + v_1^L v_1^U}{2} \\
&= \frac{\mu_1^L - 4v_1^L + \mu_1^U + v_1^L (\mu_1^U + v_1^L) + v_1^L (\mu_1^L + v_1^L)}{2} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + v_1^L (\mu_1^L + \mu_1^U + 2v_1^L - 4)}{2}
\end{aligned} \tag{4.168}$$

$$\begin{aligned}
H_K(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L - v_2^L + \mu_2^U - v_2^U - v_2^L (1 - \mu_2^U - v_2^U)}{2} - \frac{v_2^U (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{2} \\
&= \frac{\mu_2^L - v_2^L + \mu_2^U - v_2^U - v_2^L + \mu_2^U v_2^L + v_2^L v_2^U - v_2^U + \mu_2^L v_2^U + v_2^L v_2^U}{2} \\
&= \frac{\mu_2^L - 4v_2^L + \mu_2^U + v_2^L (\mu_2^U + v_2^L) + v_2^L (\mu_2^L + v_2^L)}{2} \\
&= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + v_2^L (\mu_2^L + \mu_2^U + 2v_2^L - 4)}{2} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + v_1^L (\mu_1^L + \mu_1^U + 2v_1^L - 4)}{2}
\end{aligned} \tag{4.169}$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
T(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L (1 - v_1^L) + \mu_1^U (1 - v_1^U)}{2} \\
&= \frac{\mu_1^L (1 - v_1^L) + \mu_1^U (1 - v_1^L)}{2} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U)(1 - v_1^L)}{2}
\end{aligned} \tag{4.170}$$

$$\begin{aligned}
T(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L (1 - v_2^L) + \mu_2^U (1 - v_2^U)}{2} \\
&= \frac{\mu_2^L (1 - v_2^L) + \mu_1^U (1 - v_2^L)}{2} \\
&= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U)(1 - v_2^L)}{2} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U)(1 - v_1^L)}{2}
\end{aligned} \tag{4.171}$$

Örnek 4.13. $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Xu (2007a), Lee (2009), Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonları ve Xu (2007a), Ye (2009), Nayagam ve Sivaraman (2011), Nayagam vd. (2011), Wang ve Niu (2013), Kang vd. (2015), Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edememektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Xu (2007a) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{0,05 - 0,50 + 0,45 - 0,50}{2} = -0,25 \quad (4.172)$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{0,20 - 0,50 + 0,30 - 0,50}{2} = -0,25 \quad (4.173)$$

Xu (2007a) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H(\tilde{A}_1) = \frac{0,05 + 0,45 + 0,50 + 0,50}{2} = 0,75 \quad (4.174)$$

$$H(\tilde{A}_2) = \frac{0,20 + 0,30 + 0,50 + 0,50}{2} = 0,75 \quad (4.175)$$

Lee (2009) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S(\tilde{A}_1) = \frac{2 + 0,05 + 0,45 - 0,50 - 0,50}{3 - 0,05 - 0,45 - 0,50 - 0,50} = 1 \quad (4.176)$$

$$S(\tilde{A}_2) = \frac{2 + 0,20 + 0,30 - 0,50 - 0,50}{3 - 0,20 - 0,30 - 0,50 - 0,50} = 1 \quad (4.177)$$

Ye (2009) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$M(\tilde{A}_1) = 0,05 + 0,45 - 1 + \frac{0,50 + 0,50}{2} = 0 \quad (4.178)$$

$$M(\tilde{A}_2) = 0,20 + 0,30 - 1 + \frac{0,50 + 0,50}{2} = 0 \quad (4.179)$$

Nayagam ve Sivaraman (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için $\delta = 0,5$ varsayımı altında sunduğu değerler:

$$LG(\tilde{A}_1) = \frac{0,05 + 0,45 + 0,5(2 - 0,05 - 0,45 - 0,50 - 0,50)}{2} = 0,375 \quad (4.180)$$

$$LG(\tilde{A}_2) = \frac{0,20 + 0,30 + 0,5(2 - 0,20 - 0,45 - 0,50 - 0,50)}{2} = 0,375 \quad (4.181)$$

Nayagam vd. (2011) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$L(\tilde{A}_1) = \frac{0,05 + 0,45 - 0,50(1 - 0,45) - 0,50(1 - 0,05)}{2} = -0,125 \quad (4.182)$$

$$L(\tilde{A}_2) = \frac{0,20 + 0,30 - 0,50(1 - 0,30) - 0,50(1 - 0,20)}{2} = -0,125 \quad (4.183)$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$W_S(\tilde{A}_1) = \left(\left(\frac{0,05+0,45}{2} - \frac{0,50+0,50}{2} \right) \right. \\ \left. * \left(1 + \frac{(1-0,45-0,50)+(1-0,05-0,50)}{2} \right) \right) = 0 \quad (4.184)$$

$$W_S(\tilde{A}_2) = \left(\left(\frac{0,20+0,30}{2} - \frac{0,50+0,50}{2} \right) \right. \\ \left. * \left(1 + \frac{(1-0,30-0,50)+(1-0,20-0,50)}{2} \right) \right) = 0 \quad (4.185)$$

Wang ve Niu (2013) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$W_H(\tilde{A}_1) = \left(\left(\frac{0,05+0,45}{2} + \frac{0,50+0,50}{2} \right) \right. \\ \left. * \left(1 + \frac{(1-0,45-0,50)+(1-0,05-0,50)}{2} \right) \right) = 0,938 \quad (4.186)$$

$$W_H(\tilde{A}_2) = \left(\left(\frac{0,20+0,30}{2} + \frac{0,50+0,50}{2} \right) \right. \\ \left. * \left(1 + \frac{(1-0,30-0,50)+(1-0,20-0,50)}{2} \right) \right) = 0,938 \quad (4.187)$$

Kang vd. (2015) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_K(\tilde{A}_1) = \left(\frac{0,05-0,50+0,45-0,50-0,50(1-0,45-0,50)}{2} \right. \\ \left. - \frac{0,50(1-0,05-0,50)}{2} \right) = -0,375 \quad (4.188)$$

$$H_K(\tilde{A}_2) = \left(\frac{0,20 - 0,50 + 0,30 - 0,50 - 0,50(1 - 0,30 - 0,50)}{2} \right) = -0,375 \quad (4.189)$$

Joshi ve Kumar (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$T(\tilde{A}_1) = \frac{0,05(1 - 0,50) + 0,45(1 - 0,50)}{2} = 0,125 \quad (4.190)$$

$$T(\tilde{A}_2) = \frac{0,20(1 - 0,50) + 0,30(1 - 0,50)}{2} = 0,125 \quad (4.191)$$

Durum 4.11. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $(v_i^L v_i^U)$ çarpım değerleri ile üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri eşit olan ADSB sayılar Joshi ve Kharayat (2015) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu ile ayırt edilememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $v_1^L v_1^U = v_2^L v_2^U$, $\mu_1^L = \mu_2^L$, $\mu_1^U = \mu_2^U$ ve $\mu_1^L = \mu_1^U$ koşulu altında Joshi ve Kharayat (2015) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları için eşit değer sunmaktadır.

$$\begin{aligned} P(\tilde{A}_1) &= \frac{\mu_1^L + \mu_1^U + \mu_1^L \mu_1^U - v_1^L v_1^U}{3} \\ &= \frac{2\mu_1^L + (\mu_1^L)^2 - v_1^L v_1^U}{3} \end{aligned} \quad (4.192)$$

$$\begin{aligned} P(\tilde{A}_2) &= \frac{\mu_2^L + \mu_2^U + \mu_2^L \mu_2^U - v_2^L v_2^U}{3} \\ &= \frac{2\mu_2^L + (\mu_2^L)^2 - v_2^L v_2^U}{3} \\ &= \frac{2\mu_1^L + (\mu_1^L)^2 - v_1^L v_1^U}{3} \end{aligned} \quad (4.193)$$

Örnek 4.14. $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 36, 0, 42]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 20, 0, 20], [0, 24, 0, 63]]$ iki ADSB sayı olmak üzere Joshi ve Kharayat (2015) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonu söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edememektedir. Hesaplamalar aşağıda sunulmaktadır.

$$P(\tilde{A}_1) = \frac{0,20 + 0,20 + (0,20)(0,20) - (0,36)(0,42)}{3} = 0,096 \quad (4.194)$$

$$P(\tilde{A}_2) = \frac{0,20 + 0,20 + (0,20)(0,20) - (0,24)(0,63)}{3} = 0,096 \quad (4.195)$$

4.2. Önerilen Sıralama Fonksiyonları

Bu bölümde, mevcut sıralama fonksiyonlarının dezavantajlarının üstesinden gelmek için önerilen sıralama fonksiyonları aşağıda tanıtılmıştır. Fonksiyonların özellikleri sunularak avantajlı yönleri kanıtlar ile sunulmuştur.

Tanım 4.1. $\tilde{A} = [\mu_{\tilde{A}}^L, \mu_{\tilde{A}}^U], [v_{\tilde{A}}^L, v_{\tilde{A}}^U]$ bir aralık-değerli sezgisel bulanık sayı olmak üzere, geliştirilen sıralama fonksiyonları $H_{KE}(\cdot)$ ve $S_{KE}(\cdot)$, sırası ile Eşitlik (4.196)'da ve Eşitlik (4.197)'de sunulmuştur.

$$H_{KE}(\tilde{A}) = \frac{(\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U) + (1 + \mu_{\tilde{A}}^U - v_{\tilde{A}}^U) + \sqrt{\mu_{\tilde{A}}^U v_{\tilde{A}}^U} (1 - \mu_{\tilde{A}}^L - v_{\tilde{A}}^L)}{4} \quad (4.196)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}) = \frac{(\mu_{\tilde{A}}^L + \mu_{\tilde{A}}^U) - \left[\left((1 - \mu_{\tilde{A}}^U + v_{\tilde{A}}^U) + (\mu_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^L)(v_{\tilde{A}}^L + v_{\tilde{A}}^U) \right) / 2 \right]}{2} \quad (4.197)$$

Sıralama fonksiyonları $H_{KE}(\cdot)$ 'nin ve $S_{KE}(\cdot)$ 'nin özellikleri aşağıda listelenmiştir.

1) Herhangi bir aralık-değerli sezgisel bulanık sayı $\tilde{A} = [\mu_{\tilde{A}}^L, \mu_{\tilde{A}}^U], [v_{\tilde{A}}^L, v_{\tilde{A}}^U]$ için

$$H_{KE}(\tilde{A}) \in [0, 1] \text{ ve } S_{KE}(\tilde{A}) \in [-1, 1].$$

- 2) Eğer aralık-değerli sezgisel sayı en yüksek değere sahip ise, yani $\tilde{A} = [1,1], [0,0]$ ise $H_{KE}(\tilde{A}) = 1$ ve $S_{KE}(\tilde{A}) = 1$.

$$H_{KE}(\tilde{A}) = \frac{(1+1) + (1+1-0) + \sqrt{1(0)}(1-1-0)}{4} = 1 \quad (4.198)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}) = \frac{(1+1) - \left[\left((1-1+0) + (1+0)(0+0) \right) / 2 \right]}{2} = 1 \quad (4.199)$$

- 3) Eğer aralık-değerli sezgisel sayı en küçük değere sahip ise, yani $\tilde{A} = [0,0], [1,1]$ ise $H_{KE}(\tilde{A}) = 0$ ve $S_{KE}(\tilde{A}) = -1$.

$$H_{KE}(\tilde{A}) = \frac{(0+0) + (1+0-1) + \sqrt{0(1)}(1-0-1)}{4} = 0 \quad (4.200)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}) = \frac{(0+0) - \left[\left((1-0+1) + (0+1)(1+1) \right) / 2 \right]}{2} = -1 \quad (4.201)$$

- 4) Eğer aralık-değerli sezgisel sayı $\tilde{A} = ([0.5, 0.5], [0.5, 0.5])$ ise $H_{KE}(\tilde{A}) = 0.5$ ve $S_{KE}(\tilde{A}) = 0$.

$$H_{KE}(\tilde{A}) = \frac{(0,5+0,5) + (1+0,5-0,5) + \sqrt{0,5(0,5)}(1-0,5-0,5)}{4} = 0,5 \quad (4.202)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}) = \frac{(0,5+0,5) - \left[\left((1-0,5+0,5) + (0,5+0,5)(0,5+0,5) \right) / 2 \right]}{2} = 0 \quad (4.203)$$

- 5) Herhangi bir aralık-değerli sezgisel bulanık sayı $\tilde{A} = [\mu_A^L, \mu_A^U], [v_A^L, v_A^U]$ için $H_{KE}(\tilde{A}) \neq H_{KE}(\tilde{A}^c)$ ve $S_{KE}(\tilde{A}) \neq S_{KE}(\tilde{A}^c)$.

Kanıt: $\tilde{A} = ([0.15, 0.20], [0.65, 0.70])$ ve $\tilde{A}^c = ([0.65, 0.70], [0.15, 0.20])$ olmak üzere önerilen fonksiyon ile aşağıdaki sıralama değerleri elde edilmektedir.

$$H_{KE}(\tilde{A}) = \left(\frac{(0,15+0,20) + (1+0,20-0,70) + \sqrt{0,20(0,70)}(1-0,15-0,65)}{4} \right) = 0,26 \quad (4.204)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}^c) = \left(\frac{(0,65+0,70) + (1+0,70-0,20) + \sqrt{0,70(0,20)}(1-0,65-0,15)}{4} \right) = 0,76 \quad (4.205)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}) = \left(\frac{(0,15+0,20) - \left[\frac{(1-0,20+0,70) + (0,15+0,65)(0,65+0,70)}{2} \right]}{2} \right) = -0,47 \quad (4.206)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}^c) = \left(\frac{(0,65+0,70) - \left[\frac{(1-0,70+0,20) + (0,65+0,15)(0,15+0,20)}{2} \right]}{2} \right) = 0,48 \quad (4.207)$$

6) Geliştirilen sıralama fonksiyonları, her aralık-değerli sezgisel bulanık sayı için tek bir değer sunmaktadır.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [\mu_{\tilde{A}_1}^L, \mu_{\tilde{A}_1}^U], [v_{\tilde{A}_1}^L, v_{\tilde{A}_1}^U]$ ve $\tilde{A}_2 = [\mu_{\tilde{A}_2}^L, \mu_{\tilde{A}_2}^U], [v_{\tilde{A}_2}^L, v_{\tilde{A}_2}^U]$ iki aralık-değerli sezgisel bulanık sayıdır. $\tilde{A}_1 < \tilde{A}_2$ olduğu yani $\mu_{\tilde{A}_1}^L < \mu_{\tilde{A}_2}^L$, $\mu_{\tilde{A}_1}^U < \mu_{\tilde{A}_2}^U$, $v_{\tilde{A}_1}^L > v_{\tilde{A}_2}^L$ ve $v_{\tilde{A}_1}^U > v_{\tilde{A}_2}^U$ olduğu varsayımı altında:

$$\begin{aligned} & H_{KE}(\tilde{A}_1) - H_{KE}(\tilde{A}_2) \\ &= \frac{(\mu_{\tilde{A}_1}^L + \mu_{\tilde{A}_1}^U) + (1 + \mu_{\tilde{A}_1}^U - v_{\tilde{A}_1}^U) + \sqrt{\mu_{\tilde{A}_1}^U v_{\tilde{A}_1}^U} (1 - \mu_{\tilde{A}_1}^L - v_{\tilde{A}_1}^L)}{4} \\ &+ \frac{-(\mu_{\tilde{A}_2}^L + \mu_{\tilde{A}_2}^U) - (1 + \mu_{\tilde{A}_2}^U - v_{\tilde{A}_2}^U) - \sqrt{\mu_{\tilde{A}_2}^U v_{\tilde{A}_2}^U} (1 - \mu_{\tilde{A}_2}^L - v_{\tilde{A}_2}^L)}{4} \\ &= \frac{(\mu_{\tilde{A}_1}^L - \mu_{\tilde{A}_2}^L) + 2(\mu_{\tilde{A}_1}^U - \mu_{\tilde{A}_2}^U) + (v_{\tilde{A}_2}^U - v_{\tilde{A}_1}^U) + \sqrt{\mu_{\tilde{A}_1}^U v_{\tilde{A}_1}^U} (1 - \mu_{\tilde{A}_1}^L - v_{\tilde{A}_1}^L) - \sqrt{\mu_{\tilde{A}_2}^U v_{\tilde{A}_2}^U} (1 - \mu_{\tilde{A}_2}^L - v_{\tilde{A}_2}^L)}{4} \end{aligned} \quad (4.208)$$

Eşitlik (4.208)'deki fonksiyondan negatif değerleri yani $(\mu_{\tilde{A}_1}^L - \mu_{\tilde{A}_2}^L) < 0$, $2(\mu_{\tilde{A}_1}^U - \mu_{\tilde{A}_2}^U) < 0$, ve $-\sqrt{\mu_{\tilde{A}_2}^U v_{\tilde{A}_2}^U} (1 - \mu_{\tilde{A}_2}^L - v_{\tilde{A}_2}^L) < 0$ çıkarttığımız zaman geriye kalan fonksiyon (Eşitlik (4.209)), $\tilde{A}_1 \neq \tilde{A}_2$ olduğu her durum için $H_{KE}(\tilde{A}_1) \neq H_{KE}(\tilde{A}_2)$ olduğunu göstermektedir.

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) - H_{KE}(\tilde{A}_2) < \frac{(v_{\tilde{A}_2}^U - v_{\tilde{A}_1}^U) + \sqrt{\mu_{\tilde{A}_1}^U v_{\tilde{A}_1}^U} (1 - \mu_{\tilde{A}_1}^L - v_{\tilde{A}_1}^L)}{4} \quad (4.209)$$

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [\mu_{\tilde{A}_1}^L, \mu_{\tilde{A}_1}^U], [v_{\tilde{A}_1}^L, v_{\tilde{A}_1}^U]$ ve $\tilde{A}_2 = [\mu_{\tilde{A}_2}^L, \mu_{\tilde{A}_2}^U], [v_{\tilde{A}_2}^L, v_{\tilde{A}_2}^U]$ iki aralık-değerli sezgisel bulanık sayıdır. $\tilde{A}_1 < \tilde{A}_2$ olduğu yani $\mu_{\tilde{A}_1}^L < \mu_{\tilde{A}_2}^L$, $\mu_{\tilde{A}_1}^U < \mu_{\tilde{A}_2}^U$, $v_{\tilde{A}_1}^L > v_{\tilde{A}_2}^L$ ve $v_{\tilde{A}_1}^U > v_{\tilde{A}_2}^U$ olduğu varsayımı altında:

$$\begin{aligned} & S_{KE}(\tilde{A}_1) - S_{KE}(\tilde{A}_2) \\ &= \frac{(\mu_{\tilde{A}_1}^L + \mu_{\tilde{A}_1}^U) - \left[\left((1 - \mu_{\tilde{A}_1}^U + v_{\tilde{A}_1}^U) + (\mu_{\tilde{A}_1}^L + v_{\tilde{A}_1}^L)(v_{\tilde{A}_1}^L + v_{\tilde{A}_1}^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &\quad - \frac{(\mu_{\tilde{A}_2}^L + \mu_{\tilde{A}_2}^U) - \left[\left((1 - \mu_{\tilde{A}_2}^U + v_{\tilde{A}_2}^U) + (\mu_{\tilde{A}_2}^L + v_{\tilde{A}_2}^L)(v_{\tilde{A}_2}^L + v_{\tilde{A}_2}^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{2\mu_{\tilde{A}_1}^L + 3\mu_{\tilde{A}_1}^U - 1 - v_{\tilde{A}_1}^U - \mu_{\tilde{A}_1}^L v_{\tilde{A}_1}^L - \mu_{\tilde{A}_1}^L v_{\tilde{A}_1}^U - (v_{\tilde{A}_1}^L)^2 - v_{\tilde{A}_1}^L v_{\tilde{A}_1}^U}{4} \\ &\quad + \frac{-2\mu_{\tilde{A}_2}^L - 3\mu_{\tilde{A}_2}^U + 1 + v_{\tilde{A}_2}^U + \mu_{\tilde{A}_2}^L v_{\tilde{A}_2}^L + \mu_{\tilde{A}_2}^L v_{\tilde{A}_2}^U + (v_{\tilde{A}_2}^L)^2 + v_{\tilde{A}_2}^L v_{\tilde{A}_2}^U}{4} \\ &= \frac{2(\mu_{\tilde{A}_1}^L - \mu_{\tilde{A}_2}^L) + 3(\mu_{\tilde{A}_1}^U - \mu_{\tilde{A}_2}^U) - (v_{\tilde{A}_1}^U - v_{\tilde{A}_2}^U) - (\mu_{\tilde{A}_1}^L + v_{\tilde{A}_1}^L)(v_{\tilde{A}_1}^L + v_{\tilde{A}_1}^U) + (\mu_{\tilde{A}_2}^L + v_{\tilde{A}_2}^L)(v_{\tilde{A}_2}^L + v_{\tilde{A}_2}^U)}{4} \end{aligned} \quad (4.210)$$

Eşitlik (4.210)'daki fonksiyondan negatif değerleri, yani $2(\mu_{\tilde{A}_1}^L - \mu_{\tilde{A}_2}^L) < 0$, $3(\mu_{\tilde{A}_1}^U - \mu_{\tilde{A}_2}^U) < 0$, $-(v_{\tilde{A}_1}^U - v_{\tilde{A}_2}^U) < 0$ ve $-(\mu_{\tilde{A}_1}^L + v_{\tilde{A}_1}^L)(v_{\tilde{A}_1}^L + v_{\tilde{A}_1}^U) < 0$, çıkarttığımız zaman geriye kalan aşağıdaki fonksiyon $\tilde{A}_1 \neq \tilde{A}_2$ olduğu her durum için $S_{KE}(\tilde{A}_1) \neq S_{KE}(\tilde{A}_2)$ olduğunu göstermektedir.

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) - S_{KE}(\tilde{A}_2) < \frac{(\mu_{\tilde{A}_2}^L + v_{\tilde{A}_2}^L)(v_{\tilde{A}_2}^L + v_{\tilde{A}_2}^U)}{4} \quad (4.211)$$

Özellikleri yukarıda sunulan sıralama fonksiyonlarının, mevcut sıralama fonksiyonlarının dezavantajlarının üstesinden geldiği kanıtlar ve örnekler ile aşağıda açıklanmıştır.

Durum 4.12. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere üyelik derecesi orta noktasının ve üye olmama derecesi orta noktasının çakıştığı, bir başka deyişle $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$ durumdaki ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$ durumundaki ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
 S_{KE}(\tilde{A}_i) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) - \left[\left((1 - \mu_i^U + v_i^U) + (\mu_i^L + v_i^L)(v_i^L + v_i^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
 &= \frac{2(\mu_i^L + \mu_i^U) - 2(1 - \mu_i^U + v_i^U) - (\mu_i^L + v_i^L)(v_i^L + v_i^U)}{2} \\
 &= \frac{2(v_i^L + v_i^U) - 2(1 - \mu_i^U + v_i^U) - (\mu_i^L + v_i^L)(v_i^L + v_i^U)}{2} \\
 &= \frac{2(\mu_i^U + v_i^L - 1) - (\mu_i^L + v_i^L)(\mu_i^L + \mu_i^U)}{2}
 \end{aligned} \tag{4.212}$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\mu_i^L + \mu_i^U = v_i^L + v_i^U$ durumundaki ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
 H_{KE}(\tilde{A}_i) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 + \mu_i^U - v_i^U) + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{4} \\
 &= \frac{(v_i^L + v_i^U) + (1 + \mu_i^U - v_i^U) + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{4} \\
 &= \frac{\mu_i^U + v_i^L + 1 + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{4}
 \end{aligned} \tag{4.213}$$

Örnek 4.15. $\tilde{A}_1 = [[0, 3, 0, 4], [0, 2, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 1, 0, 45], [0, 25, 0, 30]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$,

söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen skor fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 3, 0, 4], [0, 2, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 1, 0, 45], [0, 25, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0, 3 + 0, 4) - \left[\frac{((1 - 0, 4 + 0, 5) + ((0, 3 + 0, 2)(0, 2 + 0, 5)))}{2} \right]}{2} \right) = -0,013 \quad (4.214)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0, 10 + 0, 45) - \left[\frac{((1 - 0, 45 + 0, 30) + ((0, 10 + 0, 25)(0, 25 + 0, 30)))}{2} \right]}{2} \right) = 0,014 \quad (4.215)$$

Tez kapsamında önerilen doğruluk fonksiyonunun $\tilde{A}_1 = [[0, 3, 0, 4], [0, 2, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 1, 0, 45], [0, 25, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{((0, 3 + 0, 4) + (1 + 0, 4 - 0, 5) + \frac{\sqrt{(0, 4)(0, 5)}(1 - 0, 3 - 0, 2)}{4})}{4} \right) = 0,456 \quad (4.216)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{((0, 1 + 0, 45) + (1 + 0, 45 - 0, 3) + \frac{\sqrt{(0, 45)(0, 3)}(1 - 0, 1 - 0, 25)}{4})}{4} \right) = 0,485 \quad (4.217)$$

Durum 4.13. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L - v_2^U$ durumdaki ADSB sayılar, tez

kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L - v_2^U$ durumundan etkilenmeyerek ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
 S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
 &= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^U) - (1 - \mu_1^U + v_1^U) - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4} \\
 &= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_1^U - 1 - v_1^U - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4}
 \end{aligned} \tag{4.218}$$

$$\begin{aligned}
 S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
 &= \frac{2(\mu_2^L + \mu_2^U) - (1 - \mu_2^U + v_2^U) - (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U)}{4} \\
 &= \frac{2\mu_2^L + 3\mu_2^U - 1 - v_2^U - (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U)}{4}
 \end{aligned} \tag{4.219}$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L - v_2^U$ durumundan etkilenmeyerek ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
 H_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_1^U - v_1^U) + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \\
 &= \frac{\mu_1^L + 2\mu_1^U - v_1^U + 1 + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4}
 \end{aligned} \tag{4.220}$$

$$\begin{aligned}
 H_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (1 + \mu_2^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4} \\
 &= \frac{\mu_2^L + 2\mu_2^U - v_2^U + 1 + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4}
 \end{aligned} \tag{4.221}$$

Örnek 4.16. $\tilde{A}_1 = [[0, 2, 0, 3], [0, 4, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 2], [0, 35, 0, 4]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$, $\tilde{A}_1 = [[0, 2, 0, 3], [0, 4, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 2], [0, 35, 0, 4]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0, 2 + 0, 3) - \left[\frac{((1 - 0, 3 + 0, 5) + ((0, 2 + 0, 5)(0, 4 + 0, 5))}{2} \right]}{2} \right) = -0,185 \quad (4.222)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0, 15 + 0, 2) - \left[\frac{((1 - 0, 2 + 0, 4) + ((0, 15 + 0, 35)(0, 35 + 0, 4))}{2} \right]}{2} \right) = -0,219 \quad (4.223)$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$, $\tilde{A}_1 = [[0, 2, 0, 3], [0, 4, 0, 5]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 2], [0, 35, 0, 4]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(0, 2 + 0, 3) + (1 + 0, 3 - 0, 5) + \sqrt{(0, 3)(0, 5)}(1 - 0, 2 - 0, 4)}{4} = 0,364 \quad (4.224)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \frac{(0, 15 + 0, 2) + (1 + 0, 2 - 0, 5) + \sqrt{(0, 2)(0, 5)}(1 - 0, 3 - 0, 4)}{4} = 0,323 \quad (4.225)$$

Durum 4.14. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U$ durumdaki ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edebilmektedir.

Kanıt: Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\mu_1^L + \mu_1^U + v_1^L + v_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U + v_2^L + v_2^U$ durumundan etkilenmeyerek ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
&= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^U) - (1 - \mu_1^U + v_1^U) - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4} \\
&= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_1^U - 1 - v_1^U - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4}
\end{aligned} \tag{4.226}$$

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
&= \frac{2(\mu_2^L + \mu_2^U) - (1 - \mu_2^U + v_2^U) - (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U)}{4} \\
&= \frac{2\mu_2^L + 3\mu_2^U - 1 - v_2^U - (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U)}{4}
\end{aligned} \tag{4.227}$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\mu_1^L + \mu_1^U - v_1^L - v_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U - v_2^L - v_2^U$ durumundan etkilenmeyerek ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_1^U - v_1^U) + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \\
&= \frac{\mu_1^L + 2\mu_1^U - v_1^U + 1 + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4}
\end{aligned} \tag{4.228}$$

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (1 + \mu_2^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4} \\
&= \frac{\mu_2^L + 2\mu_2^U - v_2^U + 1 + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4}
\end{aligned} \tag{4.229}$$

Örnek 4.17. $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,2,0,3],[0,3,0,4]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,2,0,3],[0,3,0,4]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0,15+0,25) - \left[\frac{(1-0,25+0,45) + ((0,15+0,35)(0,35+0,45))}{2} \right]}{2} \right) = -0,20 \quad (4.230)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0,2+0,3) - \left[\frac{(1-0,3+0,4) + ((0,2+0,3)(0,3+0,4))}{2} \right]}{2} \right) = -0,113 \quad (4.231)$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,25],[0,35,0,45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,2,0,3],[0,3,0,4]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{((0,15+0,25) + (1+0,25-0,45) + \sqrt{(0,25)(0,45)}(1-0,15-0,35))}{4} \right) = 0,342 \quad (4.232)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{((0,2+0,3) + (1+0,3-0,4) + \sqrt{(0,3)(0,4)}(1-0,2-0,3))}{4} \right) = 0,393 \quad (4.233)$$

Durum 4.15. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ADSB sayı olmak üzere μ_1^L ve v_1^U değerleri eşit olan ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\mu_1^L = \mu_2^L$ ve $v_1^U = v_2^U$ durumunda μ_1^U ve v_1^L değerinden etkilenecek ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^U) - (1 - \mu_1^U + v_1^U) - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4} \\ &= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_1^U - 1 - v_1^U - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4} \end{aligned} \quad (4.234)$$

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{(\mu_1^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_2^L)(v_2^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{4} \\ &= \frac{2(\mu_1^L + \mu_2^U) - (1 - \mu_2^U + v_1^U) - (\mu_1^L + v_2^L)(v_2^L + v_1^U)}{4} \\ &= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_2^U - 1 - v_1^U - (\mu_1^L + v_2^L)(v_2^L + v_1^U)}{4} \end{aligned} \quad (4.235)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\mu_1^L = \mu_2^L$ ve $v_1^U = v_2^U$ durumunda μ_1^U ve v_1^L değerinden etkilenecek ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned} H_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_1^U - v_1^U) + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \\ &= \frac{\mu_1^L + 2\mu_1^U - v_1^U + 1 + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \end{aligned} \quad (4.236)$$

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (1 + \mu_2^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_2^U) + (1 + \mu_2^U - v_1^U) + \sqrt{\mu_2^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_2^L)}{4} \\
&= \frac{\mu_1^L + 2\mu_2^U - v_1^U + 1 + \sqrt{\mu_2^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_2^L)}{4}
\end{aligned} \tag{4.237}$$

Örnek 4.18. $\tilde{A}_1 = [[0,10,0,20],[0,30,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,35],[0,40,0,50]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,10,0,20],[0,30,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,35],[0,40,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0,10+0,20) - \left[\frac{(1-0,20+0,50) + ((0,10+0,30)(0,30+0,50))}{2} \right]}{2} \right) = -0,255 \tag{4.238}$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0,10+0,35) - \left[\frac{(1-0,35+0,50) + ((0,10+0,40)(0,40+0,50))}{2} \right]}{2} \right) = -0,175 \tag{4.239}$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,10,0,20],[0,30,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,10,0,35],[0,40,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0,10+0,20) + (1+0,20-0,50) + \sqrt{(0,20)(0,50)} (1-0,10-0,30)}{4} \right) = 0,297 \tag{4.240}$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0,10+0,35) + (1+0,35-0,50) + \sqrt{(0,35)(0,50)}(1-0,10-0,40)}{4} \right) = 0,377 \quad (4.241)$$

Durum 4.16. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere μ_i^U ve v_i^L değerleri eşit olan ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\mu_1^U = \mu_2^U$ ve $v_1^L = v_2^L$ durumunda μ_i^L ve v_i^U değerlerinden etkilenecek $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^U) - (1 - \mu_1^U + v_1^U) - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4} \\ &= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_1^U - 1 - v_1^U - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4} \end{aligned} \quad (4.242)$$

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{(\mu_2^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_1^L)(v_1^L + v_2^U) \right) / 2 \right]}{4} \\ &= \frac{2(\mu_2^L + \mu_1^U) - (1 - \mu_1^U + v_2^U) - (\mu_2^L + v_1^L)(v_1^L + v_2^U)}{4} \\ &= \frac{2\mu_2^L + 3\mu_1^U - 1 - v_2^U - (\mu_2^L + v_1^L)(v_1^L + v_2^U)}{4} \end{aligned} \quad (4.243)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\mu_1^U = \mu_2^U$ ve $v_1^L = v_2^L$ durumunda μ_i^L ve v_i^U değerlerinden etkilenecek ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_1^U - v_1^U) + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \\
&= \frac{\mu_1^L + 2\mu_1^U - v_1^U + 1 + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4}
\end{aligned} \quad (4.244)$$

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (1 + \mu_2^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4} \\
&= \frac{(\mu_2^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_1^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_1^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_1^L)}{4} \\
&= \frac{\mu_2^L + 2\mu_1^U - v_2^U + 1 + \sqrt{\mu_1^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_1^L)}{4}
\end{aligned} \quad (4.245)$$

Örnek 4.19. $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,35],[0,50,0,55]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,35],[0,50,0,60]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,35],[0,50,0,55]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,35],[0,50,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0,15+0,35) - \left[\frac{(1-0,35+0,55) + ((0,15+0,50)(0,50+0,55))}{2} \right]}{2} \right) = -0,221 \quad (4.246)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0,20+0,35) - \left[\frac{(1-0,35+0,60) + ((0,20+0,50)(0,50+0,60))}{2} \right]}{2} \right) = -0,230 \quad (4.247)$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,15,0,35],[0,50,0,55]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,35],[0,50,0,60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0,15+0,35) + (1+0,35-0,55) + \sqrt{(0,35)(0,55)}(1-0,15-0,50)}{4} \right) = 0,363 \quad (4.248)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0,20+0,35) + (1+0,35-0,60) + \sqrt{(0,35)(0,60)}(1-0,20-0,50)}{4} \right) = 0,359 \quad (4.249)$$

Durum 4.17. Üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri (μ_j^L ve μ_j^U ($j=1,2,\dots,n$)) sıfır (0) değerine eşit olduğu durumda ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_i = [[0,0],[v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri (μ_j^L ve μ_j^U ($j=1,2,\dots,n$)) sıfır (0) değerine eşit olduğu durumda $\tilde{A}_i$ ($i=1,2,\dots,n$) ADSB sayıları v_i^L ve v_i^U değerlerinden etkilenecek ayırt edilebilmektedir.

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_i) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) - \left[\left((1 - \mu_i^U + v_i^U) + (\mu_i^L + v_i^L)(v_i^L + v_i^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{2(0+0) - (1-0+v_i^U) - (0+v_i^L)(v_i^L + v_i^U)}{4} \\ &= \frac{-(1+v_i^U) - (v_i^L)(v_i^L + v_i^U)}{4} \end{aligned} \quad (4.250)$$

$\tilde{A}_i = [[0,0],[v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri (μ_j^L ve μ_j^U ($j=1,2,\dots,n$)) sıfır (0) değerine eşit olduğu durumda $\tilde{A}_i$ ($i=1,2,\dots,n$) ADSB sayıları v_i^U değerinden etkilenecek ayırt edilebilmektedir.

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 + \mu_i^U - v_i^U) + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{4} \\
&= \frac{(0+0) + (1+0-v_i^U) + \sqrt{0v_i^U} (1-0-v_i^L)}{4} \\
&= \frac{(1-v_i^U)}{4}
\end{aligned} \tag{4.251}$$

Örnek 4.20. $\tilde{A}_1 = [[0,0],[0,10,0,30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,0],[0,25,0,40]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,0],[0,10,0,30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,0],[0,25,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(0+0) - \left[\left((1-0+0,30) + (0+0,10)(0,10+0,30) \right) / 2 \right]}{2} = -0,335 \tag{4.252}$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \frac{(0+0) - \left[\left((1-0+0,40) + (0+0,25)(0,25+0,40) \right) / 2 \right]}{2} = -0,391 \tag{4.253}$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,0],[0,10,0,30]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,0],[0,25,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(0+0) + (1+0-0,30) + \sqrt{0(0,30)} (1-0-0,10)}{4} = 0,175 \tag{4.254}$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \frac{(0+0) + (1+0-0,40) + \sqrt{0(0,40)} (1-0-0,25)}{4} = 0,150 \tag{4.255}$$

Durum 4.18. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ olan ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ durumunda ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
 S_{KE}(\tilde{A}_i) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) - \left[\left((1 - \mu_i^U + v_i^U) + (\mu_i^L + v_i^L)(v_i^L + v_i^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
 &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) - \left[\left((1 - \mu_i^U + \mu_i^U) + (\mu_i^L + \mu_i^L)(\mu_i^L + \mu_i^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
 &= \frac{2(\mu_i^L + \mu_i^U) - 1 - (2\mu_i^L)(\mu_i^L + \mu_i^U)}{4} \\
 &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U)(2 - 2\mu_i^L) - 1}{4}
 \end{aligned} \tag{4.256}$$

Kanıt: Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ durumunda ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
 H_{KE}(\tilde{A}_i) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 + \mu_i^U - v_i^U) + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{4} \\
 &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 + \mu_i^U - \mu_i^U) + \sqrt{\mu_i^U \mu_i^U} (1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{4} \\
 &= \frac{\mu_i^L + 2\mu_i^U - 2\mu_i^L \mu_i^U + 1}{4}
 \end{aligned} \tag{4.257}$$

Örnek 4.21. $\tilde{A}_1 = [[0, 25, 0, 50], [0, 25, 0, 50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 40], [0, 15, 0, 40]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0, 25, 0, 50], [0, 25, 0, 50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 15, 0, 40], [0, 15, 0, 40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(0, 25 + 0, 50) - \left[\left((1 - 0, 50 + 0, 50) + ((0, 25 + 0, 25)(0, 25 + 0, 50)) \right) / 2 \right]}{2} = 0,031 \tag{4.258}$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \frac{(0,15+0,40) - \left[\frac{\left((1-0,40+0,40) + \frac{(0,15+0,15)(0,15+0,40)}{2} \right)}{2} \right]}{2} = -0,016 \quad (4.259)$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0,25,0,50],[0,25,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,15,0,40],[0,15,0,40]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0,25+0,50) + (1+0,50-0,50) + \frac{\sqrt{(0,50)(0,50)}(1-0,25-0,25)}{4}}{4} \right) = 0,50 \quad (4.260)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0,15+0,40) + (1+0,40-0,40) + \frac{\sqrt{(0,40)(0,40)}(1-0,15-0,15)}{4}}{4} \right) = 0,458 \quad (4.261)$$

Durum 4.19. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ olan tüm ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_i) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) - \left[\frac{\left((1 - \mu_i^U + v_i^U) + (\mu_i^L + v_i^L)(v_i^L + v_i^U) \right)}{2} \right]}{2} \\ &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^L) - \left[\frac{\left((1 - \mu_i^L + \mu_i^L) + (\mu_i^L + \mu_i^L)(\mu_i^L + \mu_i^L) \right)}{2} \right]}{4} \\ &= \frac{(4\mu_i^L) - 1 - (2\mu_i^L)(2\mu_i^L)}{4} \\ &= \frac{4\mu_i^L(1 - \mu_i^L) - 1}{4} \end{aligned} \quad (4.262)$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\mu_i^L = \mu_i^U = v_i^L = v_i^U$ koşulu altında ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
 H_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 + \mu_i^U - v_i^U) + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{4} \\
 &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^L) + (1 + \mu_i^L - \mu_i^L) + \sqrt{\mu_i^L \mu_i^L} (1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{4} \\
 &= \frac{(2\mu_i^L) + \mu_i^L (1 - 2\mu_i^L) + 1}{4} \\
 &= \frac{\mu_i^L (3 - 2\mu_i^L) + 1}{4}
 \end{aligned} \tag{4.263}$$

Örnek 4.22. $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0, 2 + 0, 2) - \left[\left((1 - 0, 2 + 0, 2) + \frac{(0, 2 + 0, 2)(0, 2 + 0, 2)}{2} \right) \right]}{2} \right) = -0,09 \tag{4.264}$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0, 3 + 0, 3) - \left[\left((1 - 0, 3 + 0, 3) + \frac{(0, 3 + 0, 3)(0, 3 + 0, 3)}{2} \right) \right]}{2} \right) = -0,04 \tag{4.265}$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 20, 0, 20]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 30, 0, 30], [0, 30, 0, 30]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(0, 2 + 0, 2) + (1 + 0, 2 - 0, 2) + \sqrt{(0, 2)(0, 2)}(1 - 0, 2 - 0, 2)}{4} = 0,38 \quad (4.266)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \frac{(0, 3 + 0, 3) + (1 + 0, 3 - 0, 3) + \sqrt{(0, 3)(0, 3)}(1 - 0, 3 - 0, 3)}{4} = 0,43 \quad (4.267)$$

Durum 4.20. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $(\mu_i^L + \mu_i^U)$ ve $(v_i^L + v_i^U)$ değerleri eşit olan ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^U) + (\mu_1^U - v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) - 1}{4} \end{aligned} \quad (4.268)$$

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{2(\mu_2^L + \mu_2^U) + (\mu_2^U - v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) - 1}{4} \\ &= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^U) + (\mu_2^U - v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_1^L + v_1^U) - 1}{4} \end{aligned} \quad (4.269)$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$ ve $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ koşulu altında tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_1^U - v_1^U) + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \quad (4.270)$$

$$\begin{aligned} H_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (1 + \mu_2^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4} \\ &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_2^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4} \end{aligned} \quad (4.271)$$

Örnek 4.23. $\tilde{A}_1 = [[0, 15, 0, 25], [0, 35, 0, 45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 10, 0, 30], [0, 20, 0, 60]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0, 15, 0, 25], [0, 35, 0, 45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 10, 0, 30], [0, 20, 0, 60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(0, 15 + 0, 25) - \left[\frac{\left((1 - 0, 25 + 0, 45) + ((0, 15 + 0, 35)(0, 35 + 0, 45)) \right)}{2} \right]}{2} = -0, 20 \quad (4.272)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \frac{(0, 10 + 0, 30) - \left[\frac{\left((1 - 0, 30 + 0, 60) + ((0, 10 + 0, 20)(0, 20 + 0, 60)) \right)}{2} \right]}{2} = -0, 185 \quad (4.273)$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0, 15, 0, 25], [0, 35, 0, 45]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 10, 0, 30], [0, 20, 0, 60]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0,15+0,25)+(1+0,25-0,45)}{4} + \frac{\sqrt{(0,25)(0,45)}(1-0,15-0,35)}{4} \right) = 0,342 \quad (4.274)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0,10+0,30)+(1+0,30-0,60)}{4} + \frac{\sqrt{(0,30)(0,60)}(1-0,10-0,20)}{4} \right) = 0,349 \quad (4.275)$$

Durum 4.21. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $(\mu_1^L + \mu_1^U)$ değerleri ile üye olmama alt ve üst sınır değerleri eşit olan ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned} S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_1^L) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^L) \right) / 2 \right]}{2} \\ &= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_1^U - v_1^L - 2v_1^L\mu_1^L - 2v_1^Lv_1^L - 1}{4} \\ &= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^U) - 2v_1^L(\mu_1^L + v_1^L) + \mu_1^U - v_1^L - 1}{4} \end{aligned} \quad (4.276)$$

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
&= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_1^L) + (\mu_2^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
&= \frac{2\mu_2^L + 3\mu_2^U - v_1^L - 2v_1^L\mu_2^L - 2v_1^Lv_1^U - 1}{4} \\
&= \frac{2(\mu_2^L + \mu_2^U) - 2v_1^L(\mu_2^L + v_1^L) + \mu_2^U - v_1^L - 1}{4} \\
&= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^U) - 2v_1^L(\mu_2^L + v_1^L) + \mu_2^U - v_1^L - 1}{4}
\end{aligned} \tag{4.277}$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L = v_2^L$, $v_1^U = v_2^U$ ve $v_1^L = v_1^U$ koşulu altında tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_1^U - v_1^U) + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \\
&= \frac{\mu_1^L + 2\mu_1^U - v_1^L + \sqrt{\mu_1^U v_1^L} - \sqrt{(\mu_1^L)^2 \mu_1^U v_1^L} - \sqrt{\mu_1^U (v_1^L)^3} + 1}{4}
\end{aligned} \tag{4.278}$$

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (1 + \mu_2^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4} \\
&= \frac{\mu_2^L + 2\mu_2^U - v_1^L + \sqrt{\mu_2^U v_1^L} - \sqrt{(\mu_2^L)^2 \mu_2^U v_1^L} - \sqrt{\mu_2^U (v_1^L)^3} + 1}{4} \\
&= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + \mu_2^U - v_1^L + \sqrt{\mu_2^U v_1^L} - \sqrt{(\mu_2^L)^2 \mu_2^U v_1^L} - \sqrt{\mu_2^U (v_1^L)^3} + 1}{4} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + \mu_2^U - v_1^L + \sqrt{\mu_2^U v_1^L} - \sqrt{(\mu_2^L)^2 \mu_2^U v_1^L} - \sqrt{\mu_2^U (v_1^L)^3} + 1}{4}
\end{aligned} \tag{4.279}$$

Örnek 4.24. $\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar sırası ile aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$

$\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(0,05+0,45) - \left[\frac{\left((1-0,45+0,50) + \frac{(0,05+0,50)(0,50+0,50)}{2} \right)}{2} \right]}{2} = -0,15 \quad (4.280)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \frac{(0,20+0,30) - \left[\frac{\left((1-0,30+0,50) + \frac{(0,20+0,50)(0,50+0,50)}{2} \right)}{2} \right]}{2} = -0,225 \quad (4.281)$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$

$\tilde{A}_1 = [[0,05,0,45],[0,50,0,50]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0,20,0,30],[0,50,0,50]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{\frac{(0,05+0,45) + (1+0,45-0,50)}{4}}{\frac{\sqrt{(0,45)(0,50)}(1-0,05-0,50)}{4}} + \right) = 0,416 \quad (4.282)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{\frac{(0,20+0,30) + (1+0,30-0,50)}{4}}{\frac{\sqrt{(0,30)(0,50)}(1-0,20-0,50)}{4}} + \right) = 0,354 \quad (4.283)$$

Durum 4.22. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere (v_i^L, v_i^U) değerleri ile üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri eşit olan ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları $S_{KE}(\cdot)$ ve $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $v_1^L v_1^U = v_2^L v_2^U$, $\mu_1^L = \mu_2^L$, $\mu_1^U = \mu_2^U$ ve $\mu_1^L = \mu_1^U$ koşulu altında tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[\left((1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
&= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^L) - (1 - \mu_1^L + v_1^U) - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)}{4} \\
&= \frac{5\mu_1^L - v_1^U - v_1^L \mu_1^L - v_1^U \mu_1^L - v_1^L v_1^L - v_1^U v_1^L - 1}{4}
\end{aligned} \tag{4.284}$$

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[\left((1 - \mu_2^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) \right) / 2 \right]}{2} \\
&= \frac{2(\mu_1^L + \mu_1^L) - 2(1 - \mu_1^L + v_2^U) - (\mu_1^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U)}{4} \\
&= \frac{5\mu_1^L - v_2^U - v_2^L \mu_1^L - v_2^U \mu_1^L - v_2^L v_2^L - v_2^U v_2^L - 1}{4} \\
&= \frac{5\mu_1^L - v_2^U - v_2^L \mu_1^L - v_2^U \mu_1^L - v_2^L v_2^L - v_1^U v_1^L - 1}{4}
\end{aligned} \tag{4.285}$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $v_1^L v_1^U = v_2^L v_2^U$, $\mu_1^L = \mu_2^L$, $\mu_1^U = \mu_2^U$ ve $\mu_1^L = \mu_1^U$ koşulu altında tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) + (1 + \mu_1^U - v_1^U) + \sqrt{\mu_1^U v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^L) + (1 + \mu_1^L - v_1^U) + \sqrt{\mu_1^L v_1^U} (1 - \mu_1^L - v_1^L)}{4} \\
&= \frac{3\mu_1^L + 1 - v_1^U + \sqrt{\mu_1^L v_1^U} - \sqrt{(\mu_1^L)^3 v_1^U} - \sqrt{\mu_1^L (v_1^L)^2 v_1^U}}{4}
\end{aligned} \tag{4.286}$$

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) + (1 + \mu_2^U - v_2^U) + \sqrt{\mu_2^U v_2^U} (1 - \mu_2^L - v_2^L)}{4} \\
&= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^L) + (1 + \mu_1^L - v_2^U) + \sqrt{\mu_1^L v_2^U} (1 - \mu_1^L - v_2^L)}{4} \\
&= \frac{3\mu_1^L + 1 - v_2^U + \sqrt{\mu_1^L v_2^U} - \sqrt{(\mu_1^L)^3 v_2^U} - \sqrt{\mu_1^L (v_2^L)^2 v_2^U}}{4} \\
&= \frac{3\mu_1^L + 1 - v_2^U + \sqrt{\mu_1^L v_2^U} - \sqrt{(\mu_1^L)^3 v_2^U} - \sqrt{\mu_1^L v_2^L v_1^L v_1^U}}{4}
\end{aligned} \tag{4.287}$$

Örnek 4.25. $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 36, 0, 42]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 20, 0, 20], [0, 24, 0, 63]]$ iki ADSB sayı olmak üzere tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonları söz konusu iki ADSB sayıyı ayırt edebilmektedir. Hesaplamalar aşağıda sunulmaktadır.

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 36, 0, 42]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 20, 0, 20], [0, 24, 0, 63]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$S_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(0, 20 + 0, 20) - \left[\frac{\left((1 - 0, 20 + 0, 42) + (0, 20 + 0, 36)(0, 36 + 0, 42) \right)}{2} \right]}{2} = -0,214 \quad (4.288)$$

$$S_{KE}(\tilde{A}_2) = \frac{(0, 20 + 0, 20) - \left[\frac{\left((1 - 0, 20 + 0, 63) + (0, 20 + 0, 24)(0, 24 + 0, 63) \right)}{2} \right]}{2} = -0,253 \quad (4.289)$$

Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $H_{KE}(\cdot)$ $\tilde{A}_1 = [[0, 20, 0, 20], [0, 36, 0, 42]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[0, 20, 0, 20], [0, 24, 0, 63]]$ ADSB sayıları için sunduğu değerler:

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \left(\frac{(0, 20 + 0, 20 + (1 + 0, 20 - 0, 36))}{4} + \frac{\sqrt{(0, 20)(0, 42)}(1 - 0, 20 - 0, 36)}{4} \right) = 0,327 \quad (4.290)$$

$$H_{KE}(\tilde{A}_2) = \left(\frac{(0, 20 + 0, 20 + (1 + 0, 20 - 0, 24))}{4} + \frac{\sqrt{(0, 20)(0, 63)}(1 - 0, 20 - 0, 24)}{4} \right) = 0,292 \quad (4.291)$$

5. ARALIK-DEĞERLİ SEZGİSEL BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEMLERİ

AHP yöntemi ilk olarak Wu vd. (2013) tarafından ADSB ortam için genişletilmiştir. Ardından, Onar vd. (2015), grup değerlendirmelerinde kullanılabilmesi için Wu vd. (2013) tarafından önerilen tek bir uzman görüşünü dikkate alan ADSB-AHP yöntemine birleştirme operatörünü entegre etmiştir. Abdullah ve Najib (2016), yeni tercih ölçeği geliştirmiş ve kriter ağırlıklarının entropi ile hesaplandığı farklı bir ADSB-AHP yöntemi sunmuştur. Öztayşi vd. (2017), aralıklı çarpımsal matris yerine aralıklı üstel matrisin kullanıldığı ve olasılık derecesi matrisinin Wang, Yang ve Xu, (2005) tarafından önerilen yöntem ile hesaplandığı ADSB-AHP yöntemi önermiştir. Büyüközkan ve Göçer (2018), kriterlerin ağırlıklarının korelasyon katsayısı ile hesaplandığı yeni bir ADSB-AHP yöntemi geliştirmiştir. ADSB-AHP yöntemini kullanan çalışmalar, incelenerek Çizelge 5.1’de özetlenmiştir. ADSB ortamda genişletilen AHP yöntemleri, uzman sayısı, uzman ağırlıklarının hesaplanması, tutarlılık analizi ve kriter ağırlıklarının hesaplanması olmak üzere dört başlık altında aşağıda açıklanmıştır.

i) *Uzman Sayısı*

Wu vd. (2013) ve Fahmi, Derakhshan ve Kahraman (2015) sadece tek bir uzman görüşünün dikkate alındığı ADSB-AHP yöntemini kullanmışlardır. Ancak, bu durum birden fazla uzmanın görüşünün dikkate alınması gereken problemler için yeterli olmamaktadır.

ii) *Tutarlılık Analizi*

Wu vd. (2013), Fahmi vd. (2015), Onar vd. (2015), Tooranloo ve Iranpour (2017), Kahraman vd. (2018), Öztayşi vd. (2017) ve Nur, Alrahahleh, Burch, Babski-Reeves ve Marufuzzaman (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda tutarlılık analizi ihmal edilmekte olup bu durum yanıltıcı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir. Karaşan, Erdoğan vd. (2018), Karaşan, Kaya vd. (2020),

Çizelge 5.1. ADSB-AHP yöntemi kullanan çalışmaların karşılaştırılması

Kaynak	Yöntem	Uzman Sayısı	Uzman Ağırlıklarının Hesaplanması	Tutarlılık Analizi	Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması
Wu vd. (2013)	ADSB-AHP	1	-	-	Wu vd. (2013) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Fahmi vd. (2015)	ADSB-AHP	1	-	-	Wu vd. (2013) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Onar vd. (2015)	ADSB-AHP	3	Uzman ağırlıkları eşit kabul edilmiştir.	-	Onar vd. (2015) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Abdullah ve Najib (2016)	ADSB-AHP	3	Boran, Genc, Kurt ve Akay (2009)'nin önerdiği formül ile hesaplanmıştır.	Birleştirilmiş matrise uygulanmıştır.	Wei, Wang ve Zhang (2011) tarafından önerilen entropi modeli ile hesaplanmıştır.
Tooranloo ve Iranpour (2017)	ADSB-AHP	4	Ağırlık ataması yapılmıştır.	-	Onar vd. (2015) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Büyüközkan ve Göçer (2017)	ADSB-AHP, ADSB-ARAS	4	Zhang ve Xu (2016) tarafından önerilen formül ile hesaplanmıştır.	Birleştirilmiş matrise uygulanmıştır.	Ye (2010b) tarafından önerilen ağırlıklı korelasyon katsayısı ile hesaplanmıştır.
Öztayşi vd. (2017)	ADSB-AHP, AHP-TOPSIS	3	Uzman ağırlıkları eşit kabul edilmiştir.	-	Öztayşi vd. (2017) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Büyüközkan ve Göçer (2018)	ADSB-AHP, ADSB-ARAS	3	Zhang ve Xu (2016) tarafından önerilen formül ile hesaplanmıştır.	Birleştirilmiş matrise uygulanmıştır.	Ye (2010b) tarafından önerilen ağırlıklı korelasyon katsayısı ile hesaplanmıştır.
Büyüközkan vd. (2018)	ADSB-AHP, ADSB-COPRAS, ADSB-MULTIMOORA, ADSB-VIKOR	4	Zhang ve Xu (2016) tarafından önerilen formül ile hesaplanmıştır.	Birleştirilmiş matrise uygulanmıştır.	Ye (2010b) tarafından önerilen ağırlıklı korelasyon katsayısı ile hesaplanmıştır.
Kahraman vd. (2018)	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	3	Uzman ağırlıkları eşit kabul edilmiştir.	-	Öztayşi vd. (2017) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.

Çizelge 5.1. ADSB-AHP yöntemi kullanan çalışmaların karşılaştırılması (devamı)

Kaynak	Yöntem	Uzman Sayısı	Uzman Ağırlıklarının Hesaplanması	Tutarlılık Analizi	Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması
Karaşan, Erdoğan vd. (2018)	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	3	-	Kesin değerler kullanılarak Saaty'nin tutarlılık analizi uygulanmıştır.	Onar vd. (2015) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Karaşan, Kaya vd. (2020)	AD-DEMATEL, ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	3	-	Kesin değerler kullanılarak Saaty'nin tutarlılık analizi uygulanmıştır.	Onar vd. (2015) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Doğan vd. (2020)	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	3	Ağırlık ataması yapılmıştır.	Kesin değerler kullanılarak Saaty'nin tutarlılık analizi uygulanmıştır.	Öztayşi vd. (2017) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Büyüközkan vd. (2020)	ADSB-AHP	5	Zhang ve Xu (Zhang ve Xu, 2016) tarafından önerilen formül ile hesaplanmıştır.	Birleştirilmiş matrise uygulanmıştır.	Ye (2010b) tarafından önerilen ağırlıklı korelasyon katsayısı ile hesaplanmıştır.
Kaya vd. (2020)	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	3	-	Kesin değerler kullanılarak Saaty'nin tutarlılık analizi uygulanmıştır.	Wu vd. (2013) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Şeker ve Aydın (2020)	ADSB-AHP, ADSB-CODAS	20	Ağırlık ataması yapılmıştır.	Kesin değerler kullanılarak Saaty'nin tutarlılık analizi uygulanmıştır.	Wu vd. (2013) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.
Nur vd. (2020)	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	3	Uzman ağırlıkları eşit kabul edilmiştir.	-	Öztayşi vd. (2017) tarafından önerilen yöntem ile hesaplanmıştır.

Doğan vd. (2020), Kaya, Erdoğan, Karaşan ve Özkan (2020) ve Şeker ve Aydın (2020) dilsel terimleri net sayılara çevirerek Saaty'nin tutarlılık analizini kullanarak karşılaştırma matrislerinin tutarlılığını analiz etmişlerdir. Abdullah ve Najib (2016) ise uzman görüşlerinin birleştirilmesi ile elde edilen karşılaştırma matrisi için tutarlılık analizi yaklaşımını önermiştir. Ancak bu yaklaşımla yalnızca tereddüt derecesi üst sınır değerini dikkate alındığı ve yalnızca birleştirilmiş matrise tutarlılık analizi uygulandığı için hangi bireysel karşılaştırma matrisinin tutarsız olduğu belirlenememektedir. Büyüközkan ve Göçer (2017), Büyüközkan vd. (2018), Büyüközkan ve Göçer (2018), Büyüközkan vd. (2020) de Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen yöntem ile tutarlılık analizi uygulamıştır.

iii) Uzman Ağırlıklarının Hesaplanması

Uzman ağırlıkları, bireysel matrisleri kolektif matrise dönüştürme aşamasında etkili bir faktördür. Ancak bazı araştırmalar (Kahraman vd., 2018; Nur vd., 2020; Onar vd., 2015; Öztayşı vd., 2017), uzmanların niteliklerini ve deneyimlerini göz ardı ederek uzman ağırlıklarının eşit olduğunu kabul etmiş, bazı çalışmalar (Doğan vd., 2020; Şeker ve Aydın, 2020; Tooranloo ve Iranpour, 2017) ise herhangi bir yöntem kullanmadan uzmanlara ağırlık atamıştır. Abdullah ve Najib (2016) çalışmasında uzman ağırlıklarını hesaplamak için Boran vd. (2009)'nin önermiş olduğu sezgisel bulanık formülü kullanmıştır. Bu formül daha sonra Eşitlik (5.1)'de sunulan şekilde Mishra, Rani, vd. (2020) tarafından ADSB ortam için genişletilmiştir.

$$w(\tilde{A}_i) = (\mu_i^L + \mu_i^U) + \pi_i^L \left(\frac{\mu_i^L}{\mu_i^L + v_i^L} \right) + \pi_i^U \left(\frac{\mu_i^U}{\mu_i^U + v_i^U} \right) \quad (5.1)$$

Büyüközkan ve Göçer (2018)'in, Büyüközkan vd. (2018)'nin ve Büyüközkan vd. (2020)'nin çalışmasında Zhang ve Xu (2016) tarafından önerilen ve Eşitlik (5.2)'de sunulan formül kullanılmıştır.

$$\lambda(\tilde{A}_i) = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} \left[(1 - \pi_i^L)^2 + (1 - \pi_i^U)^2 \right]}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{1}{2} \left[(1 - \pi_i^L)^2 + (1 - \pi_i^U)^2 \right]}} \quad (5.2)$$

Abdullah ve Najib (2016)'in ve Büyüközkan ve Göçer (2018)'in uzman ağırlıklarını hesaplamak için önerdikleri yöntemlerin, bazı durumlarda ADSB sayıları ayırt etmede başarısız olduğu belirlenmiştir. Bu durumlar aşağıda kanıtlar ve örnekler ile açıklanmıştır.

Durum 5.1. Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen ADSB-AHP yönteminde uzman ağırlıklarının hesaplanması için kullanılan yöntem, tereddüt dereceleri (π_i^L ve π_i^U) eşit olan tüm ADSB sayılar için eşit uzman ağırlığı sunmaktadır. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$, tereddüt dereceleri eşit iki ADSB sayı olmak üzere tereddüt derecelerinin eşitlik durumu aşağıda sunulan şekilde farklılık gösterebilmektedir.

- (i) $\pi_1^L = \pi_2^L, \pi_1^U = \pi_2^U$
- (ii) $\pi_1^L = \pi_2^U, \pi_2^L = \pi_1^U$
- (iii) $\pi_1^L = \pi_2^L = \pi_1^U = \pi_2^U$

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$, tereddüt dereceleri eşit iki ADSB sayı olmak üzere;

- (i) Eğer $\pi_1^L = \pi_2^L, \pi_1^U = \pi_2^U$ ise uzman ağırlıkları aşağıdaki gibi $\lambda(\tilde{A}_1) = \lambda(\tilde{A}_2)$ olarak elde edilmektedir.

$$\lambda(\tilde{A}_1) = \frac{\sqrt{\frac{(1-\pi_1^L)^2 + (1-\pi_1^U)^2}{2}}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K \frac{(1-\pi_1^L)^2 + (1-\pi_1^U)^2}{2}}} \quad (5.3)$$

$$\lambda(\tilde{A}_2) = \frac{\sqrt{\frac{(1-\pi_1^L)^2 + (1-\pi_1^U)^2}{2}}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K \frac{(1-\pi_1^L)^2 + (1-\pi_1^U)^2}{2}}} \quad (5.4)$$

- (ii) Eğer $\pi_1^L = \pi_2^U, \pi_2^L = \pi_1^U$ ise uzman ağırlıkları aşağıdaki gibi $\lambda(\tilde{A}_1) = \lambda(\tilde{A}_2)$ olarak elde edilmektedir.

$$\lambda(\tilde{A}_1) = \frac{\sqrt{\frac{(1-\pi_1^L)^2 + (1-\pi_1^U)^2}{2}}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K \frac{(1-\pi_1^L)^2 + (1-\pi_1^U)^2}{2}}} \quad (5.5)$$

$$\lambda(\tilde{A}_2) = \frac{\sqrt{\frac{(1-\pi_1^U)^2 + (1-\pi_1^L)^2}{2}}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K \frac{(1-\pi_1^U)^2 + (1-\pi_1^L)^2}{2}}} \quad (5.6)$$

- (iii) Eğer $\pi_1^L = \pi_2^L = \pi_1^U = \pi_2^U$ ise uzman ağırlıkları aşağıdaki gibi $\lambda(\tilde{A}_1) = \lambda(\tilde{A}_2)$ olarak elde edilmektedir.

$$\lambda(\tilde{A}_1) = \frac{\sqrt{(1-\pi_1^L)^2}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K (1-\pi_1^L)^2}} \quad (5.7)$$

$$\lambda(\tilde{A}_2) = \frac{\sqrt{(1-\pi_1^L)^2}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K (1-\pi_1^L)^2}} \quad (5.8)$$

Durum 5.2. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen ADSB-AHP yönteminde uzman ağırlıklarının hesaplanması için kullanılan yöntem, üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri (μ_i^L ve μ_i^U ($i=1,2,\dots,n$)) sıfır (0) değerine eşit olduğunda üye olmama derecesinden (v_i^L ve v_i^U) veya tereddüt derecesinden (π_i^L ve π_i^U) etkilenmeksizin her durumda uzman ağırlıkları için sıfır (0) değerini sunmaktadır.

Kanıt: $\tilde{A}_i = [[0,0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayısı için 0 değerini sunmaktadır.

$$w(\tilde{A}_i) = (0+0) + \pi_i^L \left(\frac{0}{\mu_i^L + v_i^L} \right) + \pi_i^U \left(\frac{0}{\mu_i^U + v_i^U} \right) = 0 \quad (5.9)$$

Durum 5.3. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen ADSB-AHP yönteminde uzman ağırlıklarının hesaplanması için kullanılan yöntem, $A_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulu sağlayan ADSB sayıları ayırt edememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ koşulunda her ADSB sayı için 1 değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
 w(\tilde{A}_i) &= (\mu_i^L + \mu_i^U) + \pi_i^L \left(\frac{\mu_i^L}{\mu_i^L + v_i^L} \right) + \pi_i^U \left(\frac{\mu_i^U}{\mu_i^U + v_i^U} \right) \\
 &= (\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 - \mu_i^U - v_i^U) \left(\frac{\mu_i^L}{\mu_i^L + v_i^L} \right) + (1 - \mu_i^L - v_i^L) \left(\frac{\mu_i^U}{\mu_i^U + v_i^U} \right) \\
 &= (\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 - 2\mu_i^U) \left(\frac{1}{2} \right) + (1 - 2\mu_i^L) \left(\frac{1}{2} \right) \\
 &= \frac{2\mu_i^L + 2\mu_i^U + 1 - 2\mu_i^U + 1 - 2\mu_i^L}{2} = 1
 \end{aligned} \tag{5.10}$$

iv) Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Mevcut ADSB-AHP yöntemlerinde kriter ağırlıklarını hesaplamak için kullanılan yöntemler incelendiğinde Abdullah ve Najib (2016) ve Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından kullanılan ve sırayla Eşitlik (5.11)'de ve Eşitlik (5.12)'de sunulan yöntemler incelendiğinde bu yöntemlerin ADSB sayıları ayırt etmede ve sıralamada bazı durumlarda başarısız olduğu görülmüştür. Bu durumlar aşağıda kanıtları ile açıklanmıştır.

$$E(\tilde{A}_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{2 - |\mu_{\tilde{A}}^L(x_i) - v_{\tilde{A}}^L(x_i)| - |\mu_{\tilde{A}}^U(x_i) - v_{\tilde{A}}^U(x_i)| + \pi_{\tilde{A}}^L(x_i) + \pi_{\tilde{A}}^U(x_i)}{2 + |\mu_{\tilde{A}}^L(x_i) - v_{\tilde{A}}^L(x_i)| + |\mu_{\tilde{A}}^U(x_i) - v_{\tilde{A}}^U(x_i)| + \pi_{\tilde{A}}^L(x_i) + \pi_{\tilde{A}}^U(x_i)} \right) \tag{5.11}$$

$$KK(\tilde{A}_i) = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \frac{\lambda^k (\mu_{\tilde{A}}^L(x_i) + \mu_{\tilde{A}}^U(x_i))}{2}}{\sum_{k=1}^K \frac{\lambda^k (\mu_{\tilde{A}}^L(x_i)^2 + \mu_{\tilde{A}}^U(x_i)^2 + v_{\tilde{A}}^L(x_i)^2 + v_{\tilde{A}}^U(x_i)^2)}{2}} \tag{5.12}$$

Durum 5.4. Büyüközkan ve Göçer (2018)'in kriter ağırlıklarını hesaplamak için kullandığı yöntem, üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri (μ_i^L ve μ_i^U ($i=1,2,\dots,n$)) sıfır (0) değerine eşit olduğunda üye olmama derecesinden (v_i^L ve v_i^U) veya tereddüt derecesinden (π_i^L ve π_i^U) etkilenmeksizin her durumda bir (1) değerini sunmaktadır.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[0, 0], [v_1^L, v_1^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere 1 değerini sunmaktadır.

$$w(\tilde{A}_1) = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k (0 + 0)}{2} = 1 \quad (5.13)$$

$$\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k ((0)^2 + (0)^2 + (v_1^L)^2 + (v_1^U)^2)}{2}}$$

Durum 5.5. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\tilde{A}_1$ ADSB sayısı, $\tilde{A}_2$ ADSB sayısının tümleyeni ve $\mu_1^L + \mu_1^U = v_1^L + v_1^U$ ise Büyüközkan ve Göçer (2018)'in kriter ağırlıklarını hesaplamak için kullandığı yöntem, uzman ağırlıkları toplamının eşit olduğu varsayımı altında bu iki ADSB sayıyı ayırt edememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1$ ADSB sayısı, $\tilde{A}_2$ ADSB sayısının tümleyeni olduğu için $\tilde{A}_2$ ADSB sayısı $\tilde{A}_2 = [[v_1^L, v_1^U], [\mu_1^L, \mu_1^U]]$ olarak yazılabilmektedir. $\mu_1^L + \mu_1^U = v_1^L + v_1^U$ koşulu altında $w(\tilde{A}_1)$ ve $w(\tilde{A}_1)$ değerleri aşağıdaki şekilde eşit olarak elde edilmektedir.

$$w(\tilde{A}_1) = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k (\mu_1^L + \mu_1^U)}{2}$$

$$\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k ((\mu_1^L)^2 + (\mu_1^U)^2 + (v_1^L)^2 + (v_1^U)^2)}{2}} \quad (5.14)$$

$$= 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k (\mu_1^L + \mu_1^U)}{2}$$

$$\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k (2(\mu_1^L)^2 + 2(\mu_1^U)^2)}{2}}$$

$$\begin{aligned}
w(\tilde{A}_2) &= 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k (v_1^L + v_1^U)}{2} \\
&\quad \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k ((\mu_1^L)^2 + (\mu_1^U)^2 + (v_1^L)^2 + (v_1^U)^2)}{2}} \\
&= 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k (\mu_1^L + \mu_1^U)}{2} \\
&\quad \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K \lambda_k (2(\mu_1^L)^2 + 2(\mu_1^U)^2)}{2}}
\end{aligned} \tag{5.15}$$

Durum 5.6. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\tilde{A}_1$ ADSB sayısı, $\tilde{A}_2$ ADSB sayısının tümleyeni ise bu iki ADSB sayı Abdullah ve Najib (2016)'in kriter ağırlıklarını hesaplamak için kullandığı yöntem ile ayırt edilememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1$ ADSB sayısı, $\tilde{A}_2$ ADSB sayısının tümleyeni olduğu için $\tilde{A}_2$ ADSB sayısı $\tilde{A}_2 = [[v_1^L, v_1^U], [\mu_1^L, \mu_1^U]]$ olarak yazılabilmektedir. Bu durumda her iki ADSB sayının tereddüt derecelerinin alt sınır değerleri ($\pi_1^L = \pi_2^L = 1 - \mu_1^U - v_1^U$) ve üst sınır değerleri ($\pi_1^U = \pi_2^U = 1 - \mu_1^L - v_1^L$) eşit olmaktadır.

$$E(\tilde{A}_1) = \frac{2 - |\mu_1^L - v_1^L| - |\mu_1^U - v_1^U| + \pi_1^L + \pi_1^U}{2 + |\mu_1^L - v_1^L| + |\mu_1^U - v_1^U| + \pi_1^L + \pi_1^U} \tag{5.16}$$

$$E(\tilde{A}_2) = \frac{2 - |v_1^L - \mu_1^L| - |v_1^U - \mu_1^U| + \pi_1^L + \pi_1^U}{2 + |v_1^L - \mu_1^L| + |v_1^U - \mu_1^U| + \pi_1^L + \pi_1^U} \tag{5.17}$$

$|\mu_1^L - v_1^L| = |v_1^L - \mu_1^L|$ ve $|\mu_1^U - v_1^U| = |v_1^U - \mu_1^U|$ olduğundan dolayı $E(\tilde{A}_1) = E(\tilde{A}_2)$ olarak elde edilmektedir.

Durum 5.7. Üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri ($[\mu_i^L, \mu_i^U]$) ile üye olmama derecesi alt ve üst sınır değerleri ($[v_i^L, v_i^U]$) birbirine eşit ADSB sayılar, Abdullah ve

Najib (2016)'in kriter ağırlıklarını hesaplamak için kullandığı yöntem ile ayırt edilememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı ve $[\mu_i^L, \mu_i^U] = [v_i^L, v_i^U]$ koşulunu sağlayan tüm ADSB sayılar için 1 değerini sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
 E(\tilde{A}_i) &= \frac{2 - |\mu_i^L - v_i^L| - |\mu_i^U - v_i^U| + \pi_i^L + \pi_i^U}{2 + |\mu_i^L - v_i^L| + |\mu_i^U - v_i^U| + \pi_i^L + \pi_i^U} \\
 &= \frac{2 - |\mu_i^L - v_i^L| - |\mu_i^U - v_i^U| + (1 - \mu_i^U - v_i^U) + (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{2 + |\mu_i^L - v_i^L| + |\mu_i^U - v_i^U| + (1 - \mu_i^U - v_i^U) + (1 - \mu_i^L - v_i^L)} \\
 &= \frac{2 - |\mu_i^L - \mu_i^L| - |\mu_i^U - \mu_i^U| + (1 - \mu_i^U - \mu_i^U) + (1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{2 + |\mu_i^L - \mu_i^L| + |\mu_i^U - \mu_i^U| + (1 - \mu_i^U - \mu_i^U) + (1 - \mu_i^L - \mu_i^L)} \\
 &= \frac{4 - 2\mu_i^L - 2\mu_i^U}{4 - 2\mu_i^L - 2\mu_i^U} = 1
 \end{aligned} \tag{5.18}$$

Durum 5.8. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere $(\mu_i^L + \mu_i^U)$ ve $(v_i^L + v_i^U)$ değerleri eşit olan ADSB sayılar, Abdullah ve Najib (2016) tarafından kriter ağırlıklarını hesaplamak için kullanılan yöntem ile ayırt edilememektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı ve $\mu_i^L \geq v_i^L$ ve $\mu_i^U \geq v_i^U$ olmak üzere iki ADSB sayı için eşit değerler elde edilmektedir.

$$\begin{aligned}
 E(\tilde{A}_1) &= \frac{2 - |\mu_1^L - v_1^L| - |\mu_1^U - v_1^U| + \pi_1^L + \pi_1^U}{2 + |\mu_1^L - v_1^L| + |\mu_1^U - v_1^U| + \pi_1^L + \pi_1^U} \\
 &= \frac{2 - \mu_1^L + v_1^L - \mu_1^U + v_1^U + 2 - \mu_1^L - v_1^L - \mu_1^U - v_1^U}{2 + \mu_1^L - v_1^L + \mu_1^U - v_1^U + 2 - \mu_1^L - v_1^L - \mu_1^U - v_1^U} \\
 &= \frac{2 - \mu_1^L - \mu_1^U + 2 - \mu_1^L - \mu_1^U}{2 - v_1^L - v_1^U + 2 - v_1^L - v_1^U} \\
 &= \frac{2 - \mu_1^L - \mu_1^U}{2 - v_1^L - v_1^U}
 \end{aligned} \tag{5.19}$$

$$\begin{aligned}
E(\tilde{A}_2) &= \frac{2 - |\mu_2^L - v_2^L| - |\mu_2^U - v_2^U| + \pi_2^L + \pi_2^U}{2 + |\mu_1^L - v_1^L| + |\mu_1^U - v_1^U| + \pi_2^L + \pi_2^U} \\
&= \frac{2 - \mu_2^L + v_2^L - \mu_2^U + v_2^U + 2 - \mu_2^L - v_2^L - \mu_2^U - v_2^U}{2 + \mu_2^L - v_2^L + \mu_2^U - v_2^U + 2 - \mu_2^L - v_2^L - \mu_2^U - v_2^U} \\
&= \frac{2 - \mu_2^L - \mu_2^U + 2 - \mu_2^L - \mu_2^U}{2 - v_2^L - v_2^U + 2 - v_2^L - v_2^U} \\
&= \frac{2 - \mu_2^L - \mu_2^U}{2 - v_2^L - v_2^U} \\
&= \frac{2 - \mu_1^L - \mu_1^U}{2 - v_1^L - v_1^U}
\end{aligned} \tag{5.20}$$

$\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı ve $v_i^L \geq \mu_i^L$ ve $v_i^U \geq \mu_i^U$ olmak üzere iki ADSB sayı için eşit değerler elde edilmektedir.

$$\begin{aligned}
E(\tilde{A}_1) &= \frac{2 - |\mu_1^L - v_1^L| - |\mu_1^U - v_1^U| + \pi_1^L + \pi_1^U}{2 + |\mu_1^L - v_1^L| + |\mu_1^U - v_1^U| + \pi_1^L + \pi_1^U} \\
&= \frac{2 + \mu_1^L - v_1^L + \mu_1^U - v_1^U + 2 - \mu_1^L - v_1^L - \mu_1^U - v_1^U}{2 + \mu_1^L - v_1^L + \mu_1^U - v_1^U + 2 - \mu_1^L - v_1^L - \mu_1^U - v_1^U} \\
&= \frac{2 - v_1^L - v_1^U}{2 - \mu_1^L - \mu_1^U}
\end{aligned} \tag{5.21}$$

$$\begin{aligned}
E(\tilde{A}_2) &= \frac{2 - |\mu_2^L - v_2^L| - |\mu_2^U - v_2^U| + \pi_2^L + \pi_2^U}{2 + |\mu_2^L - v_2^L| + |\mu_2^U - v_2^U| + \pi_2^L + \pi_2^U} \\
&= \frac{2 + \mu_2^L - v_2^L + \mu_2^U - v_2^U + 2 - \mu_2^L - v_2^L - \mu_2^U - v_2^U}{2 + \mu_2^L - v_2^L + \mu_2^U - v_2^U + 2 - \mu_2^L - v_2^L - \mu_2^U - v_2^U} \\
&= \frac{2 - v_2^L - v_2^U}{2 - \mu_2^L - \mu_2^U} \\
&= \frac{2 - v_1^L - v_1^U}{2 - \mu_1^L - \mu_1^U}
\end{aligned} \tag{5.22}$$

6. ÇOK KRİTERLİ GRUP DEĞERLENDİRME İÇİN ÖNERİLEN ADSB-AHP YÖNTEMİ

ADSB kümeler için önceki çalışmalarda geliştirilen AHP yöntemlerinin Bölüm 5'te bahsedilen dezavantajlarının üstesinden gelebilmek için sıralama fonksiyonları ve çarpımsal tutarlılık analizi ile entegre edilerek ADSB-AHP yöntemi geliştirilmiştir.

6.1.Önerilen ADSB-AHP Yönteminin Aşamaları

Önerilen ADSB-AHP yönteminin teorik çerçevesi Şekil 6.1'de sunulmaktadır. Yöntemin aşamaları aşağıda detaylandırılmaktadır.

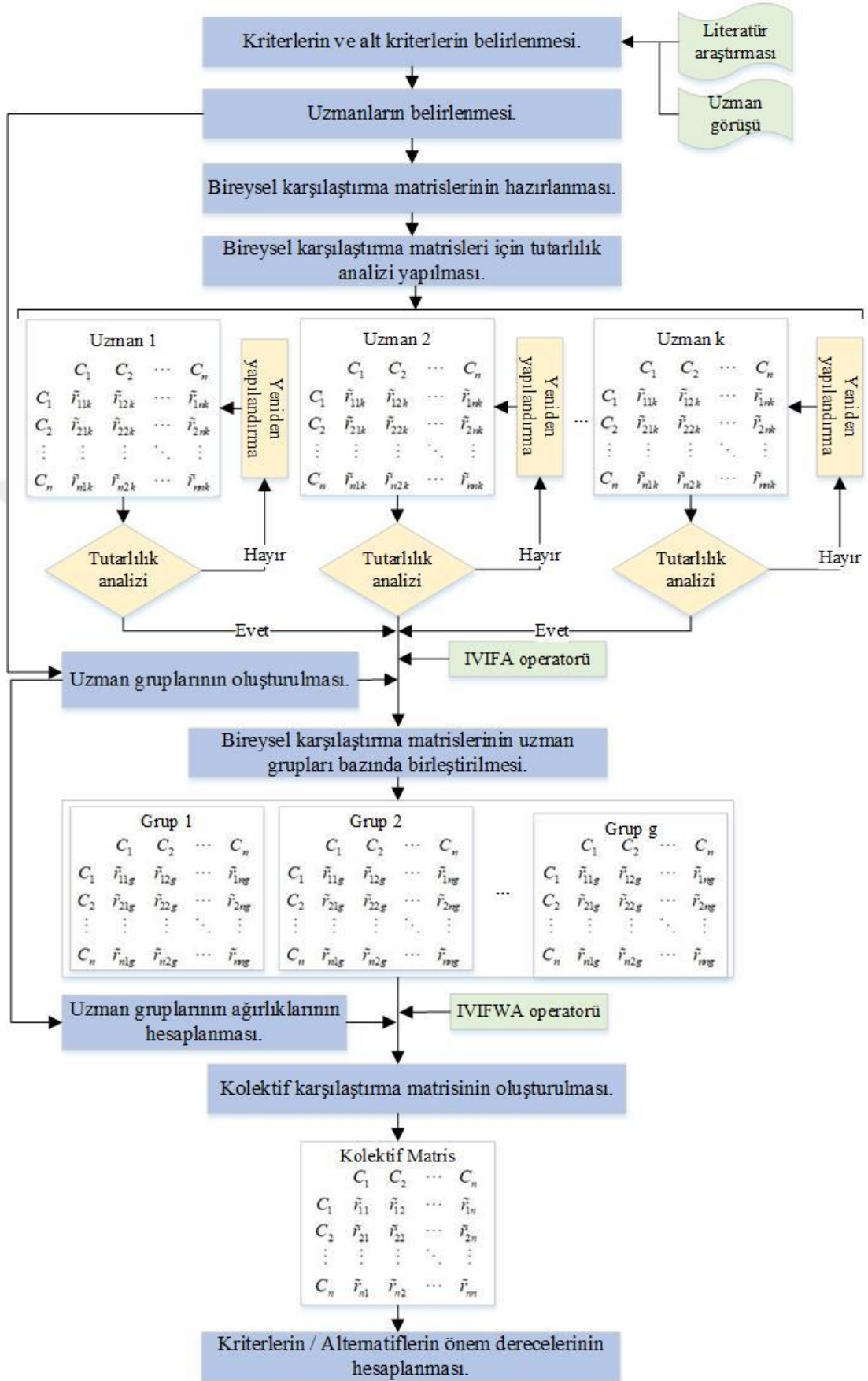
Adım 1. Kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesi.

Kriterler ve alt kriterler, literatür araştırması ve/veya uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmektedir.

Adım 2. Uzman gruplarının oluşturulması ve grup ağırlıklarının hesaplanması.

Uzmanların bilgi birikimi ve deneyim düzeyi farklılaşmaktadır. Bu durumdan dolayı karar sürecinde uzmanların görüşlerinde farklılıklar olabilmektedir. Bu nedenle, tecrübe ve bilgi birikimi gibi kriterler dikkate alınarak uzmanlara ağırlık (önem derecesi) verilmesi kriterlerin veya alternatiflerin önem sırasını etkileyen bir husustur (Liu, Yu, Liu ve Hu, 2019; Yue, 2012).

Görüş talep edilecek uzman sayısı az ise her bir uzman için belirli özellikler dikkate alınarak ağırlık verilebilmektedir. Ancak uzman sayısının fazla olduğu durumlarda her bir uzmana ağırlık vermek karmaşık bir sürece dönüşebilmekte veya uzman ağırlıkları göz ardı edilebilecek seviyeye düşebilmektedir. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında, uzmanlar yerine uzman gruplarının ağırlıklandırılması önerilmektedir. Bu süreçte, benzer niteliklere sahip uzmanlar gruplandırıldıktan sonra her bir uzman grubunun özellikleri dikkate alınarak gruplara dilsel değişkenler atanmaktadır.



Şekil 6.1. Önerilen yöntemin teorik çerçevesi

Daha sonra bu dilsel değişkenlere karşılık gelen ADSB değerler, $k(k=1,2,...,K)$ uzman numarası olmak üzere Eşitlik (6.1)'de yer alan yeni sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$ ile sıralama değerlerine (γ_k) ve Eşitlik (6.2) ile bu γ_k değerleri de uzman grubu ağırlıklarına (ω_k) dönüştürülmektedir.

$$\gamma_k = \frac{(\mu_k^L + \mu_k^U) + (1 + \mu_k^U - v_k^U) + \sqrt{\mu_k^U v_k^U} (1 - \mu_k^L - v_k^L)}{4} \quad (6.1)$$

$$\omega_k = \frac{H_{KE(k)}}{\sum_{k=1}^K H_{KE(k)}}, \quad \omega_k \in [0,1] \quad (6.2)$$

Adım 3. Bireysel karşılaştırma matrislerinin hazırlanması.

Uzmanların, dilsel terimler aracılığı ile kriterler ve alt kriterler için belirtmiş oldukları görüşler, örneği Çizelge 6.1'de sunulan dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisi (BKM) haline dönüştürülmektedir.

Çizelge 6.1. Dilsel-terim bireysel karşılaştırma matrisi

k. uzman	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter n
Kriter 1	TE			
Kriter 2		TE		
...			TE	
Kriter n				TE

Daha sonra her bir dilsel terim, karşılığı olan ADSB sayıya dönüştürülerek $i(i=1,2,...,n)$ ve $j(j=1,2,...,n)$ kriter sayısı, $k(k=1,2,...,K)$ uzman numarası olmak üzere örneği Eşitlik (6.3)'te sunulan şekilde ADSB BKM oluşturulmaktadır.

$$\tilde{R}_k = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} [\mu_{11k}^L, \mu_{11k}^U], [v_{11k}^L, v_{11k}^U] & [\mu_{12k}^L, \mu_{12k}^U], [v_{12k}^L, v_{12k}^U] & \dots & [\mu_{1nk}^L, \mu_{1nk}^U], [v_{1nk}^L, v_{1nk}^U] \\ [\mu_{21k}^L, \mu_{21k}^U], [v_{21k}^L, v_{21k}^U] & [\mu_{22k}^L, \mu_{22k}^U], [v_{22k}^L, v_{22k}^U] & \dots & [\mu_{2nk}^L, \mu_{2nk}^U], [v_{2nk}^L, v_{2nk}^U] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [\mu_{n1k}^L, \mu_{n1k}^U], [v_{n1k}^L, v_{n1k}^U] & [\mu_{n2k}^L, \mu_{n2k}^U], [v_{n2k}^L, v_{n2k}^U] & \dots & [\mu_{nnk}^L, \mu_{nnk}^U], [v_{nnk}^L, v_{nnk}^U] \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6.3)$$

Adım 4. Bireysel karşılaştırma matrisleri için tutarlılık analizi yapılması.

Karşılaştırma matrisleri ile işlem yapılmadan önce matrislerin tutarlılığının analiz edilmesi önemli bir aşamadır. Literatürde, karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının analiz edilmesi için çeşitli yöntemler sunulmuştur. İlk olarak Saaty (1980), çarpımsal tercih ilişkisinin maksimum öz değerinden bir tutarlılık oranı türetmiş ve bu tutarlılık oranı 0,1'den düşükse çarpımsal tercih ilişkisinin kabul edilebilir tutarlılıkta olduğunu belirtmiştir.

ADSB karşılaştırma matrisleri için ise toplamsal tutarlılık analizi ve çarpımsal tutarlılık analizi yöntemleri önerilmiştir. Ancak bazı çalışmalar (Chen ve Xu, 2019; Chiclana, Herrera-Viedma, Alonso ve Herrera, 2008; Liao, Xu ve Xia, 2014), toplamsal tutarlılığın, tercih değerlerini sağlamak için kullanılan [0,1] ölçeği ile çeliştiğini, bir başka ifade ile tahmini tercih değerlerinin genellikle tanımlanan alanı aştığını belirtmişlerdir.

Tanino (1988)'nin çarpımsal tutarlılık kavramını takiben ADSB değerlere ilişkin operasyonel yasalar (Xu, 2007a) temelinde, Xu ve Cai (2009), Liao vd. (2014), Xu ve Cai (2015) ve Wan vd. (2016) ADSB tercih ilişkileri için çarpımsal tutarlılık kavramını sunmuştur. Meng, Tang, Wang ve Chen (2018), Xu ve Cai (2009)'un çarpımsal tutarlılık için sunmuş olduğu kavramların bazı sınırlamalara sahip olduğunu ve Wan vd. (2016)'nin önermiş olduğu tutarlılık kavramının da karşılaştırma sırasına bağlı olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında Liao vd. (2014) tarafından ADSB tercih ilişkisinin tutarlılığının değerlendirilmesi için önerilen iteratif algoritma kullanılmıştır. Bu algoritma sayesinde tutarlı olmayan karşılaştırma matrisleri tutarlı forma dönüştürülebilmektedir. Algoritma aşağıda açıklanan şekilde üç aşamadan oluşmaktadır.

Aşama 1: Mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisinin ($\bar{R}$) hesaplanması.

$$\text{Eğer } k > i + 1 \text{ ise } \bar{r}(x_{ik}) = \left(\left[\bar{\mu}^L(x_{ik}), \bar{\mu}^U(x_{ik}) \right], \left[\bar{v}^L(x_{ik}), \bar{v}^U(x_{ik}) \right] \right) \quad (6.4)$$

$$\bar{\mu}^L(x_{ik}) = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu^L(x_{it}) \mu^L(x_{tk})}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu^L(x_{it}) \mu^L(x_{tk})} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1 - \mu^L(x_{it})) (1 - \mu^L(x_{tk}))}}} \quad (6.5)$$

$$\bar{\mu}^U(x_{ik}) = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu^U(x_{it}) \mu^U(x_{tk})}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu^U(x_{it}) \mu^U(x_{tk})} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1 - \mu^U(x_{it})) (1 - \mu^U(x_{tk}))}}} \quad (6.6)$$

$$\bar{v}^L(x_{ik}) = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} v^L(x_{it}) v^L(x_{tk})}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} v^L(x_{it}) v^L(x_{tk})} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1 - v^L(x_{it})) (1 - v^L(x_{tk}))}}} \quad (6.7)$$

$$\bar{v}^U(x_{ik}) = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} v^U(x_{it}) v^U(x_{tk})}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} v^U(x_{it}) v^U(x_{tk})} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1 - v^U(x_{it})) (1 - v^U(x_{tk}))}}} \quad (6.8)$$

$$\text{Eğer } k = i + 1 \text{ ise } \bar{r}(x_{ik}) = r(x_{ik}) \quad (6.9)$$

$$\text{Eğer } k < i \text{ ise } \bar{r}(x_{ik}) = ([\bar{v}^L(x_{ik}), \bar{v}^U(x_{ik})], [\bar{\mu}^L(x_{ik}), \bar{\mu}^U(x_{ik})]) \quad (6.10)$$

$$\text{Eğer } k = i \text{ ise } \bar{r}(x_{ik}) = ([0.5, 0.5], [0.5, 0.5]) \quad (6.11)$$

Aşama 2: ADSB tercih ilişkisi (R) ve Aşama 1 ile hesaplanan mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisi ($\bar{R}$) arasındaki mesafenin hesaplanması.

R , $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ sabit kümesinde bir ADSB tercih ilişkisi olsun, eğer $d(\bar{R}, R^{(p)}) < \tau$ koşulu sağlanırsa R çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisi olarak kabul edilebilmektedir (Liao vd., 2014). Eşitlik (6.12)'de sunulan $d(\bar{R}, R^{(p)})$, ADSB tercih ilişkisi R ve Aşama 1 ile hesaplanan mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisi $\bar{R}$ arasındaki mesafe ölçüsüdür. τ ise uzman tarafından belirlenen tutarlılık eşik değeridir.

$$d(\bar{R}, R^{(p)}) = \frac{1}{4(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \left(\begin{aligned} & \left| \bar{\mu}^L(x_{ik}) - \mu^{L(p)}(x_{ik}) \right| + \left| \bar{\mu}^U(x_{ik}) - \mu^{U(p)}(x_{ik}) \right| + \\ & \left| \bar{v}^L(x_{ik}) - v^{L(p)}(x_{ik}) \right| + \left| \bar{v}^U(x_{ik}) - v^{U(p)}(x_{ik}) \right| + \\ & \left| \bar{\pi}^L(x_{ik}) - \pi^{L(p)}(x_{ik}) \right| + \left| \bar{\pi}^U(x_{ik}) - \pi^{U(p)}(x_{ik}) \right| \end{aligned} \right) \quad (6.12)$$

Aşama 3: ADSB tercih ilişkisinin (R) tutarlı hale dönüştürülmesi.

Eğer $d(\bar{R}, R^{(p)}) > \tau$ ise yani tercih ilişkisi çarpımsal tutarlı değilse p'nin iterasyon sayısı, N'nin maksimum yinleme sayısı ve τ 'nin tutarlılık eşiği olduğu varsayımı altında $\sigma = 1/N$ tekrarlama adımı olmak üzere çarpımsal tutarlı tercih ilişkisini oluşturmak için $i, k = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere Eşitlik (6.13)-Eşitlik (6.16) arasında sunulan eşitlikler kullanılmaktadır. Hesaplanan yeni üye olma ve üye olmama değerleri hesaplandıktan sonra Aşama 2'ye dönülerek $d(\bar{R}, R^{(p)}) < \tau$ şartı kontrol edilmektedir.

$$\hat{\mu}^{L(p)}(x_{ik}) = \frac{(\mu^{L(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (\bar{\mu}^L(x_{ik}))^{p\sigma}}{(\mu^{L(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (\bar{\mu}^L(x_{ik}))^{p\sigma} + (1 - \mu^{L(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (1 - \bar{\mu}^L(x_{ik}))^{p\sigma}} \quad (6.13)$$

$$\hat{\mu}^{U(p)}(x_{ik}) = \frac{(\mu^{U(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (\bar{\mu}^U(x_{ik}))^{p\sigma}}{(\mu^{U(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (\bar{\mu}^U(x_{ik}))^{p\sigma} + (1 - \mu^{U(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (1 - \bar{\mu}^U(x_{ik}))^{p\sigma}} \quad (6.14)$$

$$\hat{v}^{L(p)}(x_{ik}) = \frac{(v^{L(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (\bar{v}^L(x_{ik}))^{p\sigma}}{(v^{L(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (\bar{v}^L(x_{ik}))^{p\sigma} + (1 - v^{L(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (1 - \bar{v}^L(x_{ik}))^{p\sigma}} \quad (6.15)$$

$$\hat{v}^{U(p)}(x_{ik}) = \frac{(v^{U(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (\bar{v}^U(x_{ik}))^{p\sigma}}{(v^{U(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (\bar{v}^U(x_{ik}))^{p\sigma} + (1 - v^{U(p)}(x_{ik}))^{1-p\sigma} (1 - \bar{v}^U(x_{ik}))^{p\sigma}} \quad (6.16)$$

Adım 5. Bireysel karşılaştırma matrislerinin grup bazında birleştirilmesi.

Bireysel uzman görüşlerinin, bilgi kaybı olmadan grup düşüncesi olarak birleştirilmesi gerekmektedir. Bu süreçte operatör seçimi önem arz etmektedir. Literatürde birçok birleştirme operatörünün tanıtıldığı görülmektedir. IVIFWA operatörü, ekstremum ADSB değerlere daha fazla eğilimlidir, başka bir deyişle, daha büyük sayılar toplama

konusunda daha fazla etkilidir. Bu nedenle, IVIFWA operatörü her karar vericinin öznel kararlarını korumak için tercih edilmektedir. IVIFWG operatörü ise ADSB değerlere karşı daha duyarlıdır ve özellik ağırlıklarını toplamak için kullanılmaktadır. Böylece karar vericilerin subjektif etkisini bir dereceye kadar nötralize etmektedir (Büyüközkan ve Göçer, 2018; Gupta vd., 2018; Sahin, 2016; Ye, 2009). Bu çalışma kapsamında, her karar vericinin öznel kararları önemli olduğu için görüşlerin birleştirilmesinde IVIFWA operatörü tercih edilmiştir.

Grup bazında birleştirme yapılırken karakteristikleri birbiri ile aynı veya yakın olan uzmanların ağırlık değerleri birbirine eşit, yani $\omega = (1/n, 1/n, \dots, 1/n)^T$, kabul edileceği için IVIFWA operatörü, ADSB ortalama (IVIFA) operatörüne indirgenmektedir.

$$\begin{aligned} IVIFA(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) &= \sum_{j=1}^n \tilde{A}_j \\ &= \left(\left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j^L)^{1/n}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j^U)^{1/n} \right], \left[\prod_{j=1}^n (v_j^L)^{1/n}, \prod_{j=1}^n (v_j^U)^{1/n} \right] \right) \end{aligned} \quad (6.17)$$

ADSB BKM'lerinin IVIFA operatörü aracılığı ile birleştirilmesiyle oluşturulan ADSB grup karşılaştırma matrisi (GKM) örneği $i(i=1, 2, \dots, n)$ ve $j(j=1, 2, \dots, n)$ kriter sayısı ve $g(g=1, 2, \dots, G)$ grup numarası olmak üzere Eşitlik (6.18)'de sunulmuştur.

$$\begin{aligned} & \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \tilde{R}_g = & \begin{bmatrix} C_1 \left[\mu_{11g}^L, \mu_{11g}^U \right], \left[v_{11g}^L, v_{11g}^U \right] & \left[\mu_{12g}^L, \mu_{12g}^U \right], \left[v_{12g}^L, v_{12g}^U \right] & \dots & \left[\mu_{1ng}^L, \mu_{1ng}^U \right], \left[v_{1ng}^L, v_{1ng}^U \right] \\ C_2 \left[\mu_{21g}^L, \mu_{21g}^U \right], \left[v_{21g}^L, v_{21g}^U \right] & \left[\mu_{22g}^L, \mu_{22g}^U \right], \left[v_{22g}^L, v_{22g}^U \right] & \dots & \left[\mu_{2ng}^L, \mu_{2ng}^U \right], \left[v_{2ng}^L, v_{2ng}^U \right] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n \left[\mu_{n1g}^L, \mu_{n1g}^U \right], \left[v_{n1g}^L, v_{n1g}^U \right] & \left[\mu_{n2g}^L, \mu_{n2g}^U \right], \left[v_{n2g}^L, v_{n2g}^U \right] & \dots & \left[\mu_{nng}^L, \mu_{nng}^U \right], \left[v_{nng}^L, v_{nng}^U \right] \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (6.18)$$

Adım 6. Kolektif karşılaştırma matrisinin oluşturulması.

Grup kararlarından tek bir toplu karar elde etmek için grup görüşleri, gruplar için belirlenmiş olan ağırlıklar dikkate alınarak IVIFWA operatörü ile birleştirilmektedir. Birleştirilmiş değerler ile oluşturulan kolektif karşılaştırma matrisi (KKM) örneği, $i(i=1, 2, \dots, n)$ ve $j(j=1, 2, \dots, n)$ kriter sayısı olmak üzere Eşitlik (6.19)'da sunulmuştur.

$$\tilde{R} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} [\mu_{11}^L, \mu_{11}^U], [v_{11}^L, v_{11}^U] & [\mu_{12}^L, \mu_{12}^U], [v_{12}^L, v_{12}^U] & \dots & [\mu_{1n}^L, \mu_{1n}^U], [v_{1n}^L, v_{1n}^U] \\ [\mu_{21}^L, \mu_{21}^U], [v_{21}^L, v_{21}^U] & [\mu_{22}^L, \mu_{22}^U], [v_{22}^L, v_{22}^U] & \dots & [\mu_{2n}^L, \mu_{2n}^U], [v_{2n}^L, v_{2n}^U] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [\mu_{n1}^L, \mu_{n1}^U], [v_{n1}^L, v_{n1}^U] & [\mu_{n2}^L, \mu_{n2}^U], [v_{n2}^L, v_{n2}^U] & \dots & [\mu_{nn}^L, \mu_{nn}^U], [v_{nn}^L, v_{nn}^U] \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (6.19)$$

Adım 7. Kriterlerin önem derecelerinin hesaplanması.

Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için Eşitlik (6.20)'de sunulan sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$ ile Eşitlik (6.20)'de sunulan şekilde λ_{ij} değerleri elde edilmekte ve daha sonra bu λ_{ij} değeri Eşitlik (6.21) ile ϖ_i ağırlığına dönüştürülmektedir.

$$\lambda_{ij} = \frac{(\mu_{ij}^L + \mu_{ij}^U) - \left[\left((1 - \mu_{ij}^U + v_{ij}^U) + (\mu_{ij}^L + v_{ij}^L)(v_{ij}^L + v_{ij}^U) \right) / 2 \right]}{2} \quad (6.20)$$

$$\varpi_i = \frac{\sum_{j=1}^m e^{S_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m e^{S_{ij}}} \quad (6.21)$$

6.2.Önerilen ADSB-AHP Yöntemin Avantajları

Önerilen ADSB-AHP yönteminin, mevcut ADSB-AHP yöntemlerine göre avantajları uzman sayısı, tutarlılık analizi, uzman ağırlıklarının hesaplanması ve kriter ağırlıklarının hesaplanması başlıkları altında açıklanmıştır.

i) Uzman Sayısı

Önerilen ADSB-AHP yönteminde, uzmanlar belirli kriterlere göre gruplandırıldığı ve gruplara uzman ağırlığı atandığı için çok sayıda uzman görüşü alınabilmekte ve uzman ağırlıkları göz ardı edilebilir seviyeye düşmemektedir.

ii) *Tutarlılık Analizi*

Önerilen ADSB-AHP yönteminde, her bir BKM'nin tutarlılığı Liao vd. (2014) tarafından önerilen iteratif algoritma kullanılarak analiz edilmektedir. Bu analiz her bir bireysel matrise uygulandığı için tutarsız matrisin belirlenerek yeniden değerlendirilme imkânı bulunmaktadır. Ayrıca, Abdullah ve Najib (2016)'in çalışmasında önerilen yöntemde sadece tereddüt derecesi üst sınır değeri dikkate alınmakta iken üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri, üye olmama derecesi alt ve üst sınır değerleri ve tereddüt derecesi alt sınır değeri de dikkate alınmaktadır.

iii) *Uzman Ağırlıklarının Hesaplanması*

Bu çalışma kapsamında uzman ağırlıklarının hesaplanması için önerilen fonksiyonun mevcut yöntemlerin dezavantajlı durumların üstesinden geldiği aşağıda açıklanmaktadır.

Durum 6.1. Tereddüt dereceleri (π_i^L ve π_i^U) eşit olan ADSB sayılar, önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$, tereddüt dereceleri eşit iki ADSB sayı olmak üzere önerilen fonksiyon $H_{KE}(\cdot)$, tereddüt derecelerinden bağımsız olduğu için tereddüt derecesinden etkilenmeden üye olma derecesi ve üye olmama derecesine göre değer üretmektedir.

$$H_{KE}(\tilde{A}_1) = \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 + \mu_i^U - v_i^U) + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{4} \quad (6.22)$$

Durum 6.2. Üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri (μ_i^L ve μ_i^U ($i=1,2,\dots,n$)) sıfır (0) değerine eşit olan ADSB sayılar, önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[0, 0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere sıralama için üretilen değer in üye olmama derecesi üst sınırından etkilendiği görülmektedir.

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_i) &= \frac{(0+0) + (1+0-v_i^U) + \sqrt{0v_i^U} (1-0-v_i^L)}{4} \\
&= \frac{(1-v_i^U)}{4}
\end{aligned} \tag{6.23}$$

Durum 6.3. $\tilde{A}_i = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ ADSB sayı olmak üzere $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ olan ADSB sayılar, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: Tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$, $\mu_i^L = v_i^L$ ve $\mu_i^U = v_i^U$ durumunda ADSB sayıları ayırt edebilmektedir.

$$\begin{aligned}
H_{KE}(\tilde{A}_i) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 + \mu_i^U - v_i^U) + \sqrt{\mu_i^U v_i^U} (1 - \mu_i^L - v_i^L)}{4} \\
&= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) + (1 + \mu_i^U - \mu_i^U) + \sqrt{\mu_i^U \mu_i^U} (1 - \mu_i^L - \mu_i^L)}{4} \\
&= \frac{\mu_i^L + 2\mu_i^U - 2\mu_i^L \mu_i^U + 1}{4}
\end{aligned} \tag{6.24}$$

iv) Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Bu çalışma kapsamında, kriter ağırlıklarının hesaplanması için önerilen fonksiyonun mevcut yöntemlerin sahip olduğu dezavantajlı durumların üstesinden geldiği aşağıda açıklanmaktadır.

Durum 6.4. Üyelik derecesi alt ve üst sınır değerlerinin (μ_i^L ve μ_i^U ($i=1,2,\dots,n$)) sıfır (0) değerine eşit olduğu durumda önerilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$, üye olmama derecesinden (v_i^L ve v_i^U) etkilenmekte ve farklı ADSB sayılar için farklı sıralama değeri sunmaktadır.

Kanıt: $\tilde{A} = [[0,0], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere $S_{KE}(\tilde{A}_i)$ değerlerinin üye olmama derecesinden etkilendiği görülmektedir.

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(0+0) - \left[(1-0+v_i^U) + (0+v_i^L)(v_i^L + v_i^U) \right] / 2}{2} \\
&= \frac{-\left[(1+v_i^U) + (v_i^L)(v_i^L + v_i^U) \right]}{4}
\end{aligned} \tag{6.25}$$

Durum 6.5. Uzman ağırlıkları toplamının eşit olduğu durumda $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\tilde{A}_1$ ADSB sayısı, $\tilde{A}_2$ ADSB sayısının tümleyeni ve $\mu_1^L + \mu_1^U = v_1^L + v_1^U$ ise önerilen fonksiyon $S_{KE}(\cdot)$, bu iki ADSB sayıyı ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1$ ADSB sayısı, $\tilde{A}_2$ ADSB sayısının tümleyeni ise $\tilde{A}_2 = [[v_1^L, v_1^U], [\mu_1^L, \mu_1^U]]$ olmaktadır. Bu iki ADSB sayının $S_{KE}(\cdot)$ değerleri, $\mu_1^L + \mu_1^U = v_1^L + v_1^U$ koşulu altında birbirine eşit değildir.

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[(1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right] / 2}{2} \\
&= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_1^U - 1 - v_1^U - \mu_1^L v_1^L - \mu_1^L v_1^U - (v_1^L)^2 - v_1^L v_1^U}{4}
\end{aligned} \tag{6.26}$$

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(v_1^L + v_1^U) - \left[(1 - v_1^U + \mu_1^U) + (v_1^L + \mu_1^L)(\mu_1^L + \mu_1^U) \right] / 2}{2} \\
&= \frac{2v_1^L + 3v_1^U - \mu_1^U - 1 - \mu_1^L v_1^L - \mu_1^U v_1^L - (\mu_1^L)^2 - \mu_1^L \mu_1^U}{4}
\end{aligned} \tag{6.27}$$

Durum 6.6. $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı olmak üzere $\tilde{A}_1$ ADSB sayısı, $\tilde{A}_2$ ADSB sayısının tümleyeni ise bu iki ADSB sayı, önerilen fonksiyon $S_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1$ ADSB sayısı, $\tilde{A}_2$ ADSB sayısının tümleyeni ise $\tilde{A}_2 = [[v_1^L, v_1^U], [\mu_1^L, \mu_1^U]]$ olmaktadır. Bu iki ADSB sayı için hesaplanan $S_{KE}(\tilde{A}_1)$ değerleri birbirine eşit değildir.

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - [(1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U)]}{2} \\
&= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_1^U - 1 - v_1^U - \mu_1^L v_1^L - \mu_1^L v_1^U - (v_1^L)^2 - v_1^L v_1^U}{4}
\end{aligned} \tag{6.28}$$

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(v_1^L + v_1^U) - [(1 - v_1^U + \mu_1^U) + (v_1^L + \mu_1^L)(\mu_1^L + \mu_1^U)]}{2} \\
&= \frac{2v_1^L + 3v_1^U - \mu_1^U - 1 - \mu_1^L v_1^L - \mu_1^U v_1^L - (\mu_1^L)^2 - \mu_1^L \mu_1^U}{4}
\end{aligned} \tag{6.29}$$

Durum 6.7. Üyelik derecesi alt ve üst sınır değerleri $([\mu_i^L, \mu_i^U])$ ile üye olmama derecesi alt ve üst sınır değerleri $([v_i^L, v_i^U])$ birbirine eşit olan ADSB sayılar, önerilen fonksiyon $S_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı ve $[\mu_i^L, \mu_i^U] = [v_i^L, v_i^U]$ olmak üzere önerilen fonksiyon $S_{KE}(\cdot)$, üye olma derecesine göre farklı değerler sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_i^L + \mu_i^U) - [(1 - \mu_i^U + \mu_i^U) + (\mu_i^L + \mu_i^L)(\mu_i^L + \mu_i^U)]}{2} \\
&= \frac{2(\mu_i^L + \mu_i^U) - [(1) + (2\mu_i^L)(\mu_i^L + \mu_i^U)]}{4} \\
&= \frac{2(\mu_i^L + \mu_i^U - (\mu_i^L)^2 - \mu_i^L \mu_i^U) - 1}{4}
\end{aligned} \tag{6.30}$$

Durum 6.8. $\tilde{A}_1 = [[\mu_i^L, \mu_i^U], [v_i^L, v_i^U]]$ bir ADSB sayı olmak üzere $(\mu_i^L + \mu_i^U)$ ve $(v_i^L + v_i^U)$ değerleri eşit olan ADSB sayılar, önerilen fonksiyon $S_{KE}(\cdot)$ ile ayırt edilebilmektedir.

Kanıt: $\tilde{A}_1 = [[\mu_1^L, \mu_1^U], [v_1^L, v_1^U]]$ ve $\tilde{A}_2 = [[\mu_2^L, \mu_2^U], [v_2^L, v_2^U]]$ iki ADSB sayı ve $\mu_1^L + \mu_1^U = \mu_2^L + \mu_2^U$, $v_1^L + v_1^U = v_2^L + v_2^U$ olmak üzere önerilen fonksiyon $S_{KE}(\cdot)$ farklı değerler sunmaktadır.

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_1) &= \frac{(\mu_1^L + \mu_1^U) - \left[(1 - \mu_1^U + v_1^U) + (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) \right] / 2}{2} \\
&= \frac{2\mu_1^L + 3\mu_1^U - v_1^U - (\mu_1^L + v_1^L)(v_1^L + v_1^U) - 1}{4}
\end{aligned} \tag{6.31}$$

$$\begin{aligned}
S_{KE}(\tilde{A}_2) &= \frac{(\mu_2^L + \mu_2^U) - \left[(1 - \mu_2^U + v_2^U) + (\mu_2^L + v_2^L)(v_2^L + v_2^U) \right] / 2}{2} \\
&= \frac{2\mu_1^L + 2\mu_1^U + \mu_2^U - v_2^U - (\mu_2^L + v_2^L)(v_1^L + v_1^U) - 1}{4}
\end{aligned} \tag{6.32}$$



7. KARŞILAŞTIRMA ANALİZİ

Bu bölümde, mevcut ADSB-AHP yöntemlerinde uzman ağırlıklarının ve kriter ağırlıklarının hesaplanması için kullanılan yöntemler ile bu çalışma kapsamında önerilen yöntem çeşitli örnekler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

7.1. Uzman Ağırlıklarının Hesaplanması

Uzman ağırlıklarının hesaplanması için önerilen sıralama fonksiyonu $H_{KE}(\cdot)$ ile Abdullah ve Najib (2016)'ın ve Büyüközkan ve Göçer (2018)'in çalışmasında uzman ağırlıklarının hesaplanması için önerilen yöntemler, dört farklı örnekler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Örnek 7.1. Beş farklı uzman için atanmış olan dilsel terimlere karşılık gelen ADSB sayılar $U_1 = [[0,95,1,00],[0,0]]$, $U_2 = [[0,86,1,00],[0,0]]$,

$U_3 = [[0,72,0,77],[0,07,0,12]]$, $U_4 = [[0,66,0,72],[0,08,0,14]]$,

$U_5 = [[0,72,0,77],[0,07,0,12]]$ ve bu ADSB sayıların sıralaması

$U_1 > U_2 > U_3 = U_5 > U_4$ olmak üzere ADSB sayılara karşılık gelen uzman ağırlıkları, Abdullah ve Najib (2016), Büyüközkan ve Göçer (2018) ve bu çalışma kapsamında önerilen fonksiyon ile hesaplanarak Çizelge 7.1'de sunulmuştur. Her bir uzman için elde edilen ağırlıklar incelendiğinde, Abdullah ve Najib (2016)'in çalışmasında kullanılan yöntemin, farklı değerlere sahip U1 ve U2 uzmanları için aynı ağırlıkları sunduğu; Büyüközkan ve Göçer (2018)'in çalışmasında kullanılan yöntemin ve bu çalışma kapsamında önerilen fonksiyonun ise uzman ağırlıkları için beklenen sıralamayı sunduğu görülmektedir.

Çizelge 7.1.Uzman ağırlıkları (Örnek 7.1)

Uzman	Abdullah ve Najib (2016)	Büyüközkan ve Göçer (2018)	Önerilen Yöntem
U1	0,216	0,222	0,359
U2	0,216	0,212	0,350
U3	0,191	0,192	0,291
U4	0,186	0,183	0,276
U5	0,191	0,192	0,291

Örnek 7.2. Üç farklı uzman için atanmış olan dilsel terimlere karşılık gelen ADSB sayılar $U_1 = [[0, 55, 0, 70], [0, 20, 0, 25]]$, $U_2 = [[0, 35, 0, 40], [0, 50, 0, 55]]$, $U_3 = [[0, 40, 0, 60], [0, 20, 0, 30]]$ ve bu ADSB sayılarının sıralaması $U_1 > U_3 > U_2$ olmak üzere ADSB sayılara karşılık gelen uzman ağırlıkları, Abdullah ve Najib (2016), Büyüközkan ve Göçer (2018) ve bu çalışma kapsamında önerilen fonksiyon ile hesaplanarak Çizelge 7.2’de sunulmuştur. Her bir uzman için elde edilen ağırlıklar incelendiğinde; Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından kullanılan yöntemin U_1 ve U_2 uzmanları için beklenen sıralamanın tersini sunduğu görülmektedir.

Çizelge 7.2. Uzman ağırlıkları (Örnek 7.2)

Uzman	Abdullah ve Najib (2016)	Büyüközkan ve Göçer (2018)	Önerilen Yöntem
U1	0,398	0,339	0,404
U2	0,241	0,357	0,241
U3	0,361	0,303	0,356

Örnek 7.3. Beş farklı uzman için atanmış olan dilsel terimlere karşılık gelen ADSB sayılar $U_1 = [[0, 80, 0, 95], [0, 00, 0, 05]]$, $U_2 = [[0, 65, 0, 75], [0, 15, 0, 20]]$, $U_3 = [[0, 45, 0, 55], [0, 35, 0, 45]]$, $U_4 = [[0, 20, 0, 30], [0, 55, 0, 70]]$, $U_5 = [[0, 00, 0, 10], [0, 80, 0, 90]]$ ve bu ADSB sayılarının sıralaması $U_1 > U_2 > U_3 > U_4 > U_5$ olmak üzere ADSB sayılara karşılık gelen uzman ağırlıkları, Abdullah ve Najib (2016), Büyüközkan ve Göçer (2018) ve bu çalışma kapsamında önerilen fonksiyon ile hesaplanarak Çizelge 7.3’te sunulmuştur. Her bir ADSB değere karşılık gelen ağırlıkların sıralaması incelendiğinde; Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından kullanılan yöntemin beklenen sıralamayı sunamadığı görülmektedir.

Çizelge 7.3. Uzman ağırlıkları (Örnek 7.3)

Uzman	Abdullah ve Najib (2016)	Büyüközkan ve Göçer (2018)	Önerilen Yöntem
U1	0,363	0,202	0,335
U2	0,299	0,196	0,275
U3	0,208	0,202	0,200
U4	0,108	0,197	0,110
U5	0,022	0,202	0,033

Örnek 7.4. Beş farklı uzman için atanmış olan dilsel terimlere karşılık gelen ADSB sayılar $U_1 = [[0,88,0,93],[0,03,0,08]]$, $U_2 = [[0,73,0,78],[0,18,0,23]]$, $U_3 = [[0,45,0,55],[0,35,0,45]]$, $U_4 = [[0,0],[0,55,0,70]]$, $U_5 = [[0,0],[0,80,0,90]]$ ve bu ADSB sayılarının sıralaması $U_1 > U_2 > U_3 > U_4 > U_5$ olmak üzere ADSB sayılara karşılık gelen uzman ağırlıkları, Abdullah ve Najib (2016), Büyüközkan ve Göçer (2018) ve bu çalışma kapsamında önerilen fonksiyon ile hesaplanarak Çizelge 7.4'te sunulmuştur. Her bir ADSB sayıya karşılık gelen ağırlıkların sıralaması incelendiğinde; Abdullah ve Najib (2016) ve Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından kullanılan yöntemin beklenen sıralamayı sunamadığı görülmektedir.

Çizelge 7.4. Uzman ağırlıkları (Örnek 7.4).

Uzman	Abdullah ve Najib (2016)	Büyüközkan ve Göçer (2018)	Önerilen Yöntem
U1	0,413	0,222	0,392
U2	0,344	0,222	0,330
U3	0,242	0,211	0,235
U4	0	0,147	0,032
U5	0	0,199	0,011

Dört farklı örneğin sonuçları analiz edildiğinde; tez kapsamında uzman ağırlıklarının hesaplanması için önerilen fonksiyonun beklenen sıralama ile tutarlı sonuç ürettiği; Abdullah ve Najib (2016)'in ve Büyüközkan ve Göçer (2018)'in önerdiği ADSB-AHP yöntemindeki uzman ağırlıklarının hesaplanması için kullanılan yöntemlerin bazı örnekler için tutarlı sonuç üretmediği görülmektedir.

7.2. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriter ağırlıklarının hesaplanması için bu çalışma kapsamında önerilen ADSB-AHP yöntemi, Onar vd. (2015), Abdullah ve Najib (2016), Öztayşi vd. (2017) ve Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Bu analiz için Onar vd. (2015)'nin, Öztayşi vd. (2017)'nin ve Kahraman vd. (2018)'nin çalışmasında yer alan vaka örnekleri kullanılmıştır. Farklı ölçek kullanımından kaynaklanan sonuç farklılaşmasının önüne geçilmesi için söz konusu örneklerde uzmanlardan toplanan dilsel terimler, örneklerin yer aldığı çalışmada yer alan ölçek aracılığı ile ADSB değerlere dönüştürülmüştür. Uzman

ağırlıkları, kriterlerin önem derecelerini etkileyebildiği için uzman ağırlıkları eşit kabul edilerek işlemler gerçekleştirilmiştir. Dilsel terim BKM'lerinde yer alan kısaltmaların dilsel terim karşılığı Çizelge 8.11'de yer almaktadır.

Örnek 7.5. Onar vd. (2015)'nin çalışmasında rüzgâr enerjisi teknolojisi seçimi için güvenilirlik (C1), teknik özellikler (C2), performans (C3), maliyet faktörleri (C4), uygunluk (C5), bakım (C6), iş birliği (C7) ve yerlilik (C8) olmak üzere sekiz kriter dikkate alınmıştır. Onar vd. (2015)'nin çalışmasında kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için ağırlıkları eşit kabul edilen üç uzmanın belirttiği görüşler ile Çizelge 7.5'te sunulan dilsel terim BKM'leri ve bu görüşlerin birleştirilmesi ile Çizelge 7.6'da sunulan ADSB KKM'i hazırlanmıştır.

Çizelge 7.5. Dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisleri (Örnek 7.5)

Uzman 1								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	TE	KY	Y	OY	ÇY	TE	TE	YE
C2	KD	TE	D	ÇD	YE	YE	OY	KD
C3	D	Y	TE	YE	YE	KY	TE	OD
C4	OD	ÇY	YER	TE	ÇY	KY	TE	OD
C5	ÇD	YER	YER	ÇD	TE	Y	KY	ÇD
C6	TE	YER	KD	KD	D	TE	OY	KD
C7	TE	OD	TE	TE	KD	OD	TE	KD
C8	YER	KY	OY	OY	ÇY	KY	KY	TE

Uzman 2								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	TE	ÇY	OY	OY	Y	ÇY	KY	OD
C2	ÇD	TE	ÇD	ÇD	YE	OY	Y	ÇD
C3	OD	ÇY	TE	YE	OD	Y	Y	ÇD
C4	OD	ÇY	YER	TE	OY	OD	Y	OD
C5	D	YER	OY	OD	TE	Y	Y	KD
C6	ÇD	OD	D	OY	D	TE	OY	KD
C7	KD	D	D	D	D	OD	TE	KD
C8	OY	ÇY	ÇY	OY	KY	KY	KY	TE

Uzman 3								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	TE	ÇY	Y	YE	Y	ÇY	KY	YE
C2	ÇD	TE	ÇD	ÇD	YE	YE	OY	KD
C3	D	ÇY	TE	OD	OY	ÇY	ÇY	ÇD
C4	YER	ÇY	OY	TE	OY	ÇY	KY	TE
C5	D	YER	OD	OD	TE	Y	ÇY	D
C6	ÇD	YER	ÇD	ÇD	D	TE	YE	KD
C7	KD	OD	ÇD	KD	ÇD	YER	TE	KD
C8	YER	KY	ÇY	TE	Y	KY	KY	TE

Abdullah ve Najib (2016)'in, Öztayşı vd. (2017)'nin ve Büyüközkan ve Göçer (2018)'in önermiş olduğu ADSB-AHP yöntemleri ile Örnek 7.5 yeniden değerlendirilmiştir. Öztayşı vd. (2017) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemine göre Çizelge 7.6'da sunulan ADSB kolektif karşılaştırma matrisi kullanılarak sırası ile skor değerlendirme matrisi (Çizelge 7.7), aralıklı üstel matris (Çizelge 7.8), olasılık derecesi matrisi ve kriter ağırlıkları (Çizelge 7.9) hesaplanmıştır.

Çizelge 7.6. ADSB kolektif karşılaştırma matrisi (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4
C1	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,74,1,00],[0,00,0,00])	([0,57,0,77],[0,00,0,23])	([0,47,0,67],[0,13,0,33])
C2	([0,00,0,07],[0,73,0,93])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,13,0,34],[0,36,0,66])	([0,10,0,30],[0,40,0,70])
C3	([0,03,0,23],[0,56,0,77])	([0,37,0,67],[0,13,0,33])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,40,0,57],[0,20,0,43])
C4	([0,13,0,34],[0,46,0,66])	([0,40,0,70],[0,10,0,30])	([0,20,0,44],[0,36,0,56])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])
C5	([0,00,0,17],[0,63,0,83])	([0,20,0,40],[0,40,0,60])	([0,17,0,41],[0,39,0,59])	([0,07,0,24],[0,56,0,76])
C6	([0,21,0,26],[0,63,0,74])	([0,17,0,37],[0,43,0,63])	([0,00,0,10],[0,70,0,90])	([0,07,0,23],[0,55,0,77])
C7	([0,21,0,21],[0,68,0,79])	([0,07,0,27],[0,53,0,73])	([0,21,0,29],[0,59,0,71])	([0,21,0,26],[0,62,0,74])
C8	([0,20,0,44],[0,36,0,56])	([0,47,0,77],[0,00,0,23])	([0,34,0,64],[0,14,0,36])	([0,32,0,50],[0,36,0,50])
	C5	C6	C7	C8
C1	([0,64,0,84],[0,00,0,16])	([0,64,0,83],[0,00,0,17])	([0,73,1,00],[0,00,0,00])	([0,37,0,57],[0,20,0,43])
C2	([0,40,0,60],[0,20,0,40])	([0,44,0,64],[0,16,0,36])	([0,54,0,74],[0,00,0,26])	([0,03,0,23],[0,46,0,77])
C3	([0,41,0,61],[0,16,0,39])	([0,71,1,00],[0,00,0,00])	([0,61,0,78],[0,00,0,22])	([0,14,0,37],[0,32,0,63])
C4	([0,58,0,79],[0,00,0,21])	([0,65,1,00],[0,00,0,00])	([0,66,1,00],[0,00,0,00])	([0,37,0,50],[0,27,0,50])
C5	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,60,0,80],[0,00,0,20])	([0,71,1,00],[0,00,0,00])	([0,10,0,30],[0,39,0,70])
C6	([0,00,0,20],[0,60,0,80])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,47,0,67],[0,13,0,33])	([0,00,0,20],[0,50,0,80])
C7	([0,00,0,10],[0,70,0,90])	([0,13,0,34],[0,46,0,66])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,00,0,20],[0,50,0,80])
C8	([0,41,0,71],[0,00,0,29])	([0,50,0,80],[0,00,0,20])	([0,80,1,00],[0,00,0,20])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])

Çizelge 7.7. Skor değerlendirme matrisi (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	[0,00,0,00]	[0,74,1,00]	[0,34,0,77]	[0,14,0,54]	[0,48,0,84]	[0,47,0,83]	[0,68,0,79]	[-0,07,0,36]
C2	[0,12,0,22]	[0,00,0,00]	[-0,53,-0,03]	[-0,60,-0,10]	[0,00,0,40]	[0,07,0,48]	[0,27,0,73]	[-0,77,-0,24]
C3	[0,19,0,47]	[0,04,0,54]	[0,00,0,00]	[-0,03,0,37]	[0,01,0,45]	[0,71,1,00]	[0,38,0,71]	[-0,48,0,04]
C4	[0,29,0,74]	[0,10,0,60]	[-0,36,0,07]	[0,00,0,00]	[0,37,0,79]	[0,65,1,00]	[0,62,0,74]	[-0,14,0,23]
C5	[0,15,0,34]	[-0,40,0,00]	[-0,43,0,01]	[-0,69,-0,32]	[0,00,0,00]	[0,40,0,80]	[0,70,0,90]	[-0,70,-0,10]
C6	[0,29,0,43]	[-0,46,-0,06]	[-0,90,-0,59]	[-0,69,-0,32]	[-0,80,-0,40]	[0,00,0,00]	[0,13,0,54]	[-0,80,-0,30]
C7	[0,26,0,33]	[-0,66,-0,26]	[-0,51,-0,31]	[-0,53,-0,36]	[-0,90,-0,59]	[-0,53,-0,13]	[0,00,0,00]	[-0,80,-0,30]
C8	[0,43,1,18]	[0,24,0,77]	[-0,02,0,50]	[-0,18,0,14]	[0,12,0,71]	[0,30,0,80]	[0,30,0,80]	[0,00,0,00]

Çizelge 7.8. Aralıklı üstel matris (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	[1,00,1,00]	[2,10,2,72]	[1,40,2,16]	[1,15,1,72]	[1,62,2,32]	[1,60,2,29]	[1,97,2,20]	[0,93,1,43]
C2	[1,13,1,25]	[1,00,1,00]	[0,59,0,97]	[0,55,0,90]	[1,00,1,49]	[1,07,1,62]	[1,31,2,08]	[0,46,0,79]
C3	[1,21,1,60]	[1,04,1,72]	[1,00,1,00]	[0,97,1,45]	[1,01,1,57]	[2,03,2,72]	[1,46,2,03]	[0,62,1,04]
C4	[1,34,2,10]	[1,11,1,82]	[0,70,1,07]	[1,00,1,00]	[1,45,2,20]	[1,92,2,72]	[1,86,2,10]	[0,87,1,26]
C5	[1,16,1,40]	[0,67,1,00]	[0,65,1,01]	[0,50,0,73]	[1,00,1,00]	[1,49,2,23]	[2,01,2,46]	[0,50,0,90]
C6	[1,34,1,54]	[0,63,0,94]	[0,41,0,55]	[0,50,0,73]	[0,45,0,67]	[1,00,1,00]	[1,14,1,72]	[0,45,0,74]
C7	[1,30,1,39]	[0,52,0,77]	[0,60,0,73]	[0,59,0,70]	[0,41,0,55]	[0,59,0,88]	[1,00,1,00]	[0,45,0,74]
C8	[1,54,3,25]	[1,27,2,16]	[0,98,1,65]	[0,84,1,15]	[1,13,2,03]	[1,35,2,23]	[1,35,2,23]	[1,00,1,00]

Çizelge 7.9. Olasılık dereceleri ve ağırlıklar (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Öncelikler	Normalize ağırlıklar
C1	0,50	0,86	0,66	0,59	0,81	1,00	1,00	0,55	1,123	0,160
C2	0,14	0,50	0,30	0,23	0,44	0,68	0,79	0,24	0,788	0,113
C3	0,34	0,70	0,50	0,43	0,65	0,88	0,99	0,41	0,988	0,141
C4	0,41	0,77	0,57	0,50	0,71	0,94	1,00	0,47	1,046	0,149
C5	0,19	0,56	0,35	0,29	0,50	0,75	0,86	0,29	0,849	0,121
C6	0,00	0,32	0,12	0,06	0,25	0,50	0,61	0,09	0,619	0,088
C7	0,00	0,21	0,01	0,00	0,14	0,39	0,50	0,00	0,532	0,076
C8	0,45	0,76	0,59	0,53	0,71	0,91	1,00	0,50	1,055	0,151

Abdullah ve Najib (2016) ve Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen her iki yöntemde de ADSB kolektif karşılaştırma matrisinin tutarlılığı, Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen yöntem ile analiz edilmektedir. $RI= 1,41$ ve $n=8$ olmak üzere kolektif karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı Eşitlik (7.1)'de sunulan şekilde $-0,189$ olarak hesaplanmıştır. Abdullah ve Najib (2016)'e göre bu oran $0,10$ 'dan düşük olduğu için kolektif karşılaştırma matrisi tutarlı olarak kabul edilmektedir. Tutarlı kolektif karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra Abdullah ve Najib (2016)'in çalışmasındaki gibi Wei vd. (2011) tarafından önerilen entropi modeli ve Büyüközkan ve Göçer (2018)'in çalışmasındaki gibi Ye (2010b) tarafından önerilen korelasyon katsayısı ile kriterler ağırlıkları hesaplanarak sırası ile Çizelge 7.10'da ve Çizelge 7.11'de sunulmuştur.

$$CR = \frac{RI - \frac{\sum \pi^U}{n}}{n-1} = \frac{1,41 - \frac{21,85}{8}}{7} = -0,189 \quad (7.1)$$

Çizelge 7.10. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan entropi değerleri ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Ağırlıklar
C1	1,00	0,13	0,37	0,56	0,28	0,29	0,27	0,78	0,149
C2	0,18	1,00	0,63	0,56	0,71	0,63	0,42	0,45	0,115
C3	0,39	0,62	1,00	0,75	0,68	0,14	0,39	0,70	0,113
C4	0,58	0,56	0,79	1,00	0,35	0,17	0,32	0,92	0,116
C5	0,30	0,71	0,72	0,40	1,00	0,33	0,19	0,53	0,128
C6	0,41	0,64	0,21	0,40	0,33	1,00	0,56	0,39	0,136
C7	0,34	0,45	0,47	0,42	0,21	0,58	1,00	0,39	0,139
C8	0,79	0,43	0,68	0,97	0,51	0,39	0,39	1,00	0,104

Çizelge 7.11. Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan korelasyon katsayıları ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Ağırlıklar
C1	0,29	0,01	0,04	0,10	0,02	0,02	0,00	0,20	0,183
C2	0,96	0,29	0,60	0,67	0,17	0,13	0,05	0,79	0,108
C3	0,81	0,13	0,29	0,19	0,15	0,01	0,03	0,56	0,146
C4	0,62	0,10	0,45	0,29	0,03	0,02	0,00	0,27	0,155
C5	0,89	0,50	0,51	0,78	0,29	0,03	0,01	0,76	0,108
C6	0,68	0,56	0,94	0,78	0,86	0,29	0,10	0,85	0,074
C7	0,73	0,75	0,64	0,67	0,94	0,62	0,29	0,85	0,063
C8	0,45	0,06	0,16	0,32	0,09	0,05	0,05	0,29	0,164

Tez kapsamında önerilen ADSB-AHP yöntemi ile Örnek 7.5 yeniden değerlendirilirken ilk olarak BKM'lerin tutarlılıkları, Liao vd. (2014) tarafından geliştirilen yöntem ile analiz edilmiş ve tutarlılık oranları sırası ile 0,160, 0,112 ve 0,108 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu üç oranda eşik değerinden (0,10) büyük olduğu için BKM'ler, N=5 olarak dikkate alınarak yeniden yapılandırılmıştır. Matrislerin tutarlılıkları tekrar hesaplandığında oranlar sırası ile 0,041, 0,057 ve 0,044 olarak elde edilmiştir. Tutarlı hale dönüştürülen matrisler, IVIFWA operatörü aracılığı ile birleştirilerek kolektif karşılaştırma matrisi elde edilmiştir (Çizelge 7.12). Geliştirilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$ kullanılarak elde edilen değerler (Çizelge 7.13) kullanılarak üstel değerler ve kriter ağırlıkları elde edilmiştir (Çizelge 7.14).

Farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan kriter ağırlıkları Çizelge 7.15'te ve ağırlıklar dikkate alınarak belirlenen sıralamalar Çizelge 7.16'da sunulmuştur. Sıralama sonuçları incelendiğinde, tez kapsamında önerilen yöntemin, Onar vd. (2015)'nin çalışmasında elde edilen sıralama ile aynı sıralamayı sunduğu; Öztayşı vd. (2017)'nin ve Büyükozkcan ve Göçer (2018)'in önerdiği yöntem ile elde edilen sıralamada ikinci ve üçüncü kriter ağırlıklarının sırasının farklı olduğu; Abdullah ve Najib (2016)'in önerdiği yöntemin ise ilk sıradaki kriter hariç tamamen farklı bir sıralama sunduğu görülmektedir.

Örnek 7.6. Öztayşı vd. (2017)'nin çalışmasında ABD'deki bir kamu hizmeti şirketinin alternatif yakıt teknolojisi seçim sorununa odaklanılmıştır. Bu çok kriterli grup karar verme probleminde dikkate alınan temel kriterler, maliyet (C1), güvenlik ve performans (C2), yakıt kullanımı kolaylığı (C3), çevresel ve sosyal (C4), piyasa vadesi (C5)'dir. Öztayşı vd. (2017)'nin çalışmasında kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için ağırlıkları eşit olarak kabul edilen üç uzmanın belirttiği görüşler ile Çizelge 7.17'de sunulan dilsel terim BKM'leri hazırlanmıştır. Bu dilsel terim BKM'lerin birleştirilmesi ile Çizelge 7.18'de sunulan ADSB kolektif karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Çizelge 7.12.Tutarlı ADSB kolektif karşılaştırma matrisi (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4
C1	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,74,1,00], [0,00,0,00])	([0,51,1,00], [0,00,0,00])	([0,44,1,00], [0,00,0,00])
C2	([0,00,0,17], [0,49,0,83])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,13,0,34], [0,36,0,66])	([0,10,0,32], [0,33,0,68])
C3	([0,00,0,29], [0,27,0,71])	([0,61,0,84], [0,00,0,16])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,37,0,57], [0,20,0,43])
C4	([0,00,0,29], [0,27,0,71])	([0,57,0,86], [0,00,0,14])	([0,29,0,51], [0,27,0,49])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])
C5	([0,00,0,24], [0,37,0,76])	([0,12,0,42], [0,32,0,58])	([0,19,0,47], [0,24,0,53])	([0,17,0,39], [0,31,0,61])
C6	([0,00,0,16], [0,48,0,84])	([0,00,0,30], [0,31,0,70])	([0,00,0,22], [0,41,0,78])	([0,00,0,34], [0,34,0,66])
C7	([0,00,0,06], [0,54,0,94])	([0,00,0,14], [0,25,0,86])	([0,00,0,13], [0,43,0,87])	([0,00,0,18], [0,47,0,82])
C8	([0,00,0,00], [0,00,1,00])	([0,54,1,00], [0,00,0,00])	([0,00,0,72], [0,00,0,28])	([0,00,0,32], [0,00,0,68])
	C5	C6	C7	C8
C1	([0,62,1,00], [0,00,0,00])	([0,65,1,00], [0,00,0,00])	([0,72,1,00], [0,00,0,00])	([0,00,1,00], [0,00,0,00])
C2	([0,32,0,58], [0,00,0,42])	([0,40,1,00], [0,00,0,00])	([0,49,1,00], [0,00,0,00])	([0,00,0,25], [0,00,0,75])
C3	([0,41,0,66], [0,00,0,34])	([0,67,1,00], [0,00,0,00])	([0,61,1,00], [0,00,0,00])	([0,00,1,00], [0,00,0,00])
C4	([0,58,0,79], [0,00,0,21])	([0,65,1,00], [0,00,0,00])	([0,66,1,00], [0,00,0,00])	([0,00,1,00], [0,00,0,00])
C5	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,60,0,80], [0,00,0,20])	([0,68,1,00], [0,00,0,00])	([0,00,1,00], [0,00,0,00])
C6	([0,00,0,35], [0,36,0,65])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,47,0,67], [0,13,0,33])	([0,00,0,22], [0,40,0,78])
C7	([0,00,0,25], [0,43,0,75])	([0,23,0,44], [0,29,0,56])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,00,0,20], [0,50,0,80])
C8	([0,00,1,00], [0,00,0,00])	([0,67,1,00], [0,00,0,00])	([0,75,1,00], [0,00,0,00])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])

Çizelge 7.13. Sıralama değerleri (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	- 0,00	0,87	0,76	0,72	0,81	0,83	0,86	0,50
C2	- 0,49	- 0,00	- 0,23	- 0,24	0,21	0,70	0,75	- 0,25
C3	- 0,28	0,63	- 0,00	- 0,18	0,33	0,84	0,80	0,50
C4	- 0,28	0,63	0,04	- 0,00	0,55	0,83	0,83	0,50
C5	- 0,37	- 0,12	- 0,02	- 0,13	- 0,00	0,57	0,84	0,50
C6	- 0,50	- 0,28	- 0,40	- 0,24	- 0,23	- 0,00	0,34	- 0,40
C7	- 0,64	- 0,43	- 0,51	- 0,47	- 0,37	- 0,06	- 0,00	- 0,46
C8	- 0,50	0,77	0,22	0,16	0,50	0,84	0,88	- 0,00

Çizelge 7.14. Üstel değerler ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.5)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Ağırlıklar
C1	1,00	2,38	2,13	2,05	2,25	2,28	2,36	1,65	0,189
C2	0,61	1,00	0,80	0,79	1,24	2,02	2,11	0,78	0,110
C3	0,76	1,87	1,00	0,84	1,39	2,31	2,23	1,65	0,141
C4	0,76	1,88	1,04	1,00	1,74	2,28	2,29	1,65	0,148
C5	0,69	0,88	0,98	0,88	1,00	1,77	2,32	1,65	0,119
C6	0,61	0,76	0,67	0,78	0,79	1,00	1,40	0,67	0,078
C7	0,52	0,65	0,60	0,63	0,69	0,95	1,00	0,63	0,066
C8	0,61	2,16	1,24	1,17	1,65	2,31	2,40	1,00	0,147

Çizelge 7.15. Kriterlerin farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan ağırlıkları (Örnek 7.5)

	Onar vd. (2015)	Abdullah ve Najib (2016)	Öztayşi vd. (2017)	Büyüközkan ve Göçer (2018)	Önerilen Yöntem
C1	0,164	0,148	0,160	0,183	0,189
C2	0,113	0,117	0,113	0,109	0,110
C3	0,143	0,113	0,141	0,146	0,141
C4	0,150	0,113	0,149	0,155	0,148
C5	0,129	0,130	0,121	0,106	0,119
C6	0,086	0,139	0,088	0,074	0,078
C7	0,070	0,142	0,076	0,063	0,066
C8	0,146	0,097	0,151	0,164	0,147

Çizelge 7.16. Kriter ağırlıklarının sırası (Örnek 7.5)

Kaynak	Sıralama
Onar vd. (2015)	C1> C4> C8> C3> C5> C2> C6> C7
Abdullah ve Najib (2016)	C1> C7> C6> C5> C2> C3> C4> C8
Öztayşi vd. (2017)	C1> C8> C4> C3> C5> C2> C6> C7
Büyüközkan ve Göçer (2018)	C1> C8> C4> C3> C2> C5> C6> C7
Önerilen Yöntem	C1> C4> C8> C3> C5> C2> C6> C7

Çizelge 7.17. Dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisleri (Örnek 7.6)

Uzman1						Uzman2					
	C1	C2	C3	C4	C5		C1	C2	C3	C4	C5
C1	TE	ÇY	OY	OY	KY	C1	TE	ÇY	OY	TE	ÇY
C2	ÇD	TE	D	ÇD	OY	C2	ÇD	TE	OD	ÇD	TE
C3	OD	Y	TE	OD	ÇY	C3	OD	OY	TE	TE	Y
C4	OD	ÇY	OY	TE	ÇY	C4	TE	ÇY	TE	TE	ÇY
C5	KD	OD	ÇD	ÇD	TE	C5	ÇD	TE	D	ÇD	TE

Uzman3					
	C1	C2	C3	C4	C5
C1	TE	OY	Y	OD	ÇY
C2	OD	TE	OY	D	ÇY
C3	D	OD	TE	D	OY
C4	OY	Y	Y	TE	KY
C5	ÇD	ÇD	OD	KD	TE

Onar vd. (2015)'nin, Abdullah ve Najib (2016)'in ve Büyüközkan ve Göçer (2018)'in önermiş olduğu ADSB-AHP yöntemleri ile Örnek 7.6 yeniden değerlendirilmiştir. Onar vd. (2015) tarafından önerilen yöntemle göre Çizelge 7.18'de sunulan ADSB kolektif karşılaştırma matrisi kullanılarak sırası ile skor değerlendirme matrisi (Çizelge 7.19), aralıklı çarpım matrisi (Çizelge 7.20), olasılık derecesi matrisi ve kriter ağırlıkları (Çizelge 7.21) hesaplanmıştır.

Çizelge 7.18. ADSB kolektif karşılaştırma matrisi (Örnek 7.6)

	C1	C2	C3
C1	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,57,0,67], [0,18,0,33])	([0,52,0,62], [0,23,0,38])
C2	([0,18,0,34], [0,56,0,66])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,34,0,48], [0,40,0,52])
C3	([0,23,0,38], [0,52,0,62])	([0,43,0,54], [0,31,0,46])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])
C4	([0,50,0,54], [0,40,0,46])	([0,58,0,68], [0,17,0,32])	([0,52,0,56], [0,37,0,44])
C5	([0,15,0,30], [0,60,0,70])	([0,40,0,44], [0,53,0,56])	([0,22,0,37], [0,53,0,63])
	C4	C5	
C1	([0,43,0,47], [0,50,0,53])	([0,60,0,70], [0,15,0,30])	
C2	([0,17,0,32], [0,58,0,68])	([0,54,0,58], [0,33,0,42])	
C3	([0,25,0,45], [0,52,0,55])	([0,53,0,63], [0,22,0,37])	
C4	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,62,0,72], [0,13,0,28])	
C5	([0,13,0,28], [0,62,0,72])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	

Çizelge 7.19. Skor değerlendirme matrisi (Örnek 7.6)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	[0,00,0,00]	[0,24,0,49]	[0,13,0,39]	[-0,10,-0,03]	[0,30,0,55]
C2	[-0,48,-0,23]	[0,00,0,00]	[-0,18,0,08]	[-0,51,-0,26]	[0,12,0,25]
C3	[-0,38,-0,13]	[-0,03,0,23]	[0,00,0,00]	[-0,30,-0,07]	[0,16,0,41]
C4	[0,04,0,14]	[0,27,0,52]	[0,08,0,19]	[0,00,0,00]	[0,34,0,59]
C5	[-0,55,-0,30]	[-0,16,-0,09]	[-0,41,-0,16]	[-0,58,-0,33]	[0,00,0,00]

Çizelge 7.20. Aralıklı çarpım matrisi (Örnek 7.6)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	[1,00,1,00]	[1,73,3,10]	[1,36,2,43]	[0,79,0,93]	[2,00,3,55]
C2	[0,33,0,59]	[1,00,1,00]	[0,66,1,20]	[0,31,0,55]	[1,31,1,78]
C3	[0,41,0,74]	[0,93,1,70]	[1,00,1,00]	[0,50,0,85]	[1,45,2,57]
C4	[1,10,1,38]	[1,85,3,30]	[1,19,1,55]	[1,00,1,00]	[2,16,3,86]
C5	[0,28,0,50]	[0,69,0,81]	[0,39,0,69]	[0,26,0,47]	[1,00,1,00]

Çizelge 7.21. Olasılık dereceleri ve ağırlıklar (Örnek 7.6)

	C1	C2	C3	C4	C5	Öncelikler	Normalize ağırlıklar
C1	0,50	0,94	0,78	0,49	1,00	0,886	0,248
C2	0,06	0,50	0,34	0,03	0,76	0,599	0,168
C3	0,22	0,66	0,50	0,20	0,89	0,710	0,199
C4	0,51	0,97	0,80	0,50	1,00	0,897	0,251
C5	0,00	0,24	0,11	0,00	0,50	0,479	0,134

Abdullah ve Najib (2016) ve Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen her iki yöntemde de kolektif karşılaştırma matrisinin tutarlılığı, Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen yöntem ile analiz edilmektedir. $RI= 1,12$ ve $n=5$ olmak üzere kolektif karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı 0,07 olarak hesaplanmıştır. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen yöntemde göre bu oran 0,10'dan düşük olduğu için kolektif karşılaştırma matrisi tutarlı olarak kabul edilmektedir. Tutarlı kolektif karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra Abdullah ve Najib (2016)'ın çalışmasındaki gibi Wei vd. (2011) tarafından önerilen entropi modeli ve Büyüközkan ve Göçer (2018)'in çalışmasındaki gibi Ye (2010b) tarafından önerilen korelasyon katsayısı ile kriter ağırlıkları hesaplanmış ve sırası ile Çizelge 7.22'de ve Çizelge 7.23'te sunulmuştur.

Çizelge 7.22. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan entropi değerleri ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.6)

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlıklar
C1	1,00	0,51	0,62	0,88	0,45	0,208
C2	0,52	1,00	0,92	0,49	0,71	0,186
C3	0,63	0,84	1,00	0,72	0,60	0,166
C4	0,84	0,48	0,78	1,00	0,42	0,202
C5	0,45	0,78	0,60	0,42	1,00	0,238

Çizelge 7.23. Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan korelasyon katsayısı ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.6)

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlıklar
C1	0,29	0,08	0,13	0,34	0,06	0,241
C2	0,61	0,29	0,34	0,64	0,17	0,173
C3	0,53	0,23	0,29	0,46	0,12	0,199
C4	0,23	0,07	0,20	0,29	0,05	0,245
C5	0,68	0,39	0,55	0,70	0,29	0,141

Tez kapsamında önerilen ADSB-AHP yöntemi ile Örnek 7.6 yeniden değerlendirilirken ilk olarak BKM'lerin tutarlılıkları, Liao vd. (2014) tarafından geliştirilen yöntem ile analiz edilmiş ve tutarlılık oranları sırası ile 0,021, 0,020 ve 0,020 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu üç oranda eşik değerinden (0,10) küçük olduğu için BKM'ler tutarlı olarak kabul edilmiştir. Geliştirilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$ aracılığı ile elde edilen değerler (Çizelge 7.24) kullanılarak üstel değerler ve kriterlerin ağırlıkları elde edilmiştir (Çizelge 7.25).

Çizelge 7.24. Sıralama değerleri (Örnek 7.6)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0,00	0,36	0,26	-0,05	0,42
C2	-0,30	0,00	-0,02	-0,33	0,19
C3	-0,21	0,11	0,00	-0,13	0,28
C4	0,10	0,39	0,14	0,00	0,45
C5	-0,37	-0,11	-0,24	-0,40	0,00

Çizelge 7.25. Üstel değerler ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.6)

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlıklar
C1	1,00	1,43	1,30	0,95	1,52	0,235
C2	0,74	1,00	0,98	0,72	1,20	0,176
C3	0,81	1,12	1,00	0,88	1,33	0,195
C4	1,10	1,47	1,15	1,00	1,57	0,239
C5	0,69	0,89	0,79	0,67	1,00	0,154

Farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan kriter ağırlıkları Çizelge 7.26’da ve ağırlıklar dikkate alınarak belirlenen sıralamalar Çizelge 7.27’de sunulmuştur. Sıralama sonuçları incelendiğinde tez kapsamında önerilen yöntemin, Onar vd. (2015)’nin, Öztayşi vd. (2017)’nin ve Büyüközkan ve Göçer (2018)’in önerdiği yöntemler ile aynı sıralamayı sunduğu; Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen yöntemin ise farklı sıralama sunduğu görülmektedir.

Çizelge 7.26. Kriterlerin farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan ağırlıkları (Örnek 7.6)

	Onar vd. (2015)	Abdullah ve Najib (2016)	Öztayşi vd. (2017)	Büyüközkan ve Göçer (2018)	Önerilen Yöntem
C1	0,248	0,208	0,261	0,241	0,235
C2	0,168	0,186	0,156	0,173	0,176
C3	0,199	0,166	0,197	0,199	0,195
C4	0,251	0,202	0,266	0,245	0,239
C5	0,134	0,238	0,120	0,141	0,154

Çizelge 7.27. Kriter ağırlıklarının sırası (Örnek 7.6)

Kaynak	Sıralama
Onar vd. (2015)	C4> C1> C3> C2> C5
Abdullah ve Najib (2016)	C5> C1> C4> C2> C3
Öztayşi vd. (2017)	C4> C1> C3> C2> C5
Büyüközkan ve Göçer (2018)	C4> C1> C3> C2> C5
Önerilen Yöntem	C4> C1> C3> C2> C5

Örnek 7.7. Kahraman vd. (2018)’nin çalışmasında küresel bir tekstil firması için en uygun fason üreticinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Fason üreticilerin değerlendirilmesi için ilişki (C1), bilgi paylaşımı (C2), memnuniyet (C3), maliyet tasarrufu (C4), finansal istikrar ve esneklik (C5), yönetim yeteneği (C6), bilgi güvenliği (C7) olmak üzere yedi kriter belirlenmiştir. Kahraman vd. (2018)’in

çalışmasında kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için ağırlıkları eşit olarak kabul edilen üç uzmanın belirttiği görüşler ile Çizelge 7.28’de sunulan dilsel terim BKM’leri ve bu görüşlerin birleştirilmesi ile Çizelge 7.29’da sunulan ADSB KKM’i hazırlanmıştır.

Onar vd. (2015)’nin, Öztayşi vd. (2017)’nin, Abdullah ve Najib (2016)’in ve Büyüközkan ve Göçer (2018)’in önermiş olduğu ADSB-AHP yöntemleri ile Örnek 7.7 yeniden değerlendirilmiştir. Onar vd. (2015) ve Öztayşi vd. (2017) tarafından önerilen yöntemlere göre Çizelge 7.29’da sunulan ADSB kolektif karşılaştırma matrisi kullanılarak ilk olarak skor değerlendirme matrisi (Çizelge 7.30) elde edilmiştir. Onar vd. (2015) tarafından önerilen yöntemle göre sırası ile aralık çarpım matrisi (Çizelge 7.31), olasılık derecesi matrisi ve kriter ağırlıkları (Çizelge 7.32); Öztayşi vd. (2017) tarafından önerilen yöntemle göre sırası ile aralıklı üstel matrisi (Çizelge 7.33), olasılık derecesi matrisi ve kriter ağırlıkları (Çizelge 7.34) hesaplanmıştır.

Çizelge 7.28. Dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisleri (Örnek 7.7)

Uzman 1							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	TE	ÇD	OD	KD	KD	D	OD
C2	ÇY	TE	Y	OD	Y	OY	Y
C3	OY	D	TE	ÇD	D	OD	OD
C4	KY	OY	ÇY	TE	OY	Y	Y
C5	KY	D	Y	OD	TE	OY	Y
C6	Y	OD	OY	D	OD	TE	OY
C7	OY	D	OY	D	D	OD	TE

Uzman 2							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	TE	D	OD	KD	KD	D	D
C2	Y	TE	OY	D	Y	OY	Y
C3	OY	OD	TE	ÇD	ÇD	D	D
C4	KY	Y	ÇY	TE	OY	OY	OY
C5	KY	D	ÇY	OD	TE	YE	Y
C6	Y	OD	Y	OD	YER	TE	OY
C7	Y	D	Y	OD	D	OD	TE

Uzman 3							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	TE	D	D	ÇD	KD	D	OD
C2	Y	TE	OY	D	Y	OY	OY
C3	Y	OD	TE	KD	OD	OD	D
C4	ÇY	Y	KY	TE	Y	Y	Y
C5	KY	D	OY	D	TE	Y	ÇY
C6	Y	OD	OY	D	D	TE	OY
C7	OY	OD	Y	D	ÇD	OD	TE

Çizelge 7.29. ADSB kolektif karşılaştırma matrisi (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4
C1	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,18,0,33], [0,57,0,67])	([0,23,0,38], [0,52,0,62])	([0,12,0,27], [0,63,0,73])
C2	([0,57,0,67], [0,18,0,33])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,52,0,62], [0,23,0,38])	([0,22,0,37], [0,53,0,63])
C3	([0,52,0,62], [0,23,0,38])	([0,23,0,38], [0,52,0,62])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,13,0,28], [0,62,0,72])
C4	([0,63,0,73], [0,11,0,27])	([0,53,0,63], [0,22,0,37])	([0,62,0,72], [0,13,0,28])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])
C5	([0,65,0,75], [0,10,0,25])	([0,20,0,35], [0,55,0,65])	([0,55,0,65], [0,20,0,35])	([0,23,0,38], [0,52,0,62])
C6	([0,55,0,65], [0,20,0,35])	([0,25,0,40], [0,50,0,60])	([0,52,0,62], [0,23,0,38])	([0,22,0,37], [0,53,0,63])
C7	([0,52,0,62], [0,23,0,38])	([0,22,0,37], [0,53,0,63])	([0,53,0,63], [0,22,0,37])	([0,22,0,37], [0,53,0,63])
	C5	C6	C7	
C1	([0,10,0,25], [0,65,0,75])	([0,20,0,35], [0,55,0,65])	([0,23,0,38], [0,52,0,62])	
C2	([0,55,0,65], [0,20,0,35])	([0,50,0,60], [0,25,0,40])	([0,53,0,63], [0,22,0,37])	
C3	([0,20,0,35], [0,55,0,65])	([0,23,0,38], [0,52,0,62])	([0,22,0,37], [0,53,0,63])	
C4	([0,52,0,62], [0,23,0,38])	([0,53,0,63], [0,22,0,37])	([0,53,0,63], [0,22,0,37])	
C5	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,50,0,60], [0,25,0,40])	([0,57,0,67], [0,18,0,33])	
C6	([0,25,0,40], [0,50,0,60])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	([0,50,0,60], [0,25,0,40])	
C7	([0,18,0,33], [0,57,0,67])	([0,25,0,40], [0,50,0,60])	([0,50,0,50], [0,50,0,50])	

Çizelge 7.30. Skor değerlendirme matrisi (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	[0,00,0,00]	[-0,48,-0,23]	[-0,38,-0,13]	[-0,62,-0,37]	[-0,65,-0,40]	[-0,45,-0,20]	[-0,38,-0,13]
C2	[0,23,0,49]	[0,00,0,00]	[0,13,0,39]	[-0,42,-0,17]	[0,20,0,45]	[0,10,0,35]	[0,17,0,42]
C3	[0,13,0,39]	[-0,38,-0,13]	[0,00,0,00]	[-0,58,-0,33]	[-0,45,-0,20]	[-0,38,-0,13]	[-0,42,-0,17]
C4	[0,37,0,62]	[0,17,0,42]	[0,34,0,59]	[0,00,0,00]	[0,13,0,39]	[0,17,0,42]	[0,17,0,42]
C5	[0,40,0,65]	[-0,45,-0,20]	[0,20,0,46]	[-0,38,-0,13]	[0,00,0,00]	[0,10,0,36]	[0,23,0,49]
C6	[0,20,0,45]	[-0,35,-0,10]	[0,13,0,39]	[-0,42,-0,17]	[-0,35,-0,10]	[0,00,0,00]	[0,10,0,35]
C7	[0,13,0,39]	[-0,42,-0,17]	[0,17,0,42]	[-0,42,-0,17]	[-0,48,-0,23]	[-0,35,-0,10]	[0,00,0,00]

Çizelge 7.31. Aralıklı çarpım matrisi (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	[1,00,1,00]	[0,33,0,59]	[0,41,0,74]	[0,24,0,43]	[0,22,0,40]	[0,35,0,63]	[0,41,0,74]
C2	[1,72,3,06]	[1,00,1,00]	[1,36,2,43]	[0,38,0,68]	[1,58,2,82]	[1,26,2,24]	[1,47,2,62]
C3	[1,36,2,43]	[0,41,0,74]	[1,00,1,00]	[0,26,0,47]	[0,36,0,64]	[0,41,0,74]	[0,38,0,68]
C4	[2,34,4,17]	[1,47,2,62]	[2,16,3,86]	[1,00,1,00]	[1,36,2,43]	[1,47,2,62]	[1,47,2,62]
C5	[2,51,4,47]	[0,35,0,63]	[1,60,2,86]	[0,41,0,74]	[1,00,1,00]	[1,27,2,27]	[1,72,3,06]
C6	[1,58,2,82]	[0,45,0,79]	[1,36,2,43]	[0,38,0,68]	[0,45,0,80]	[1,00,1,00]	[1,26,2,24]
C7	[1,36,2,43]	[0,38,0,68]	[1,47,2,62]	[0,38,0,68]	[0,33,0,59]	[0,45,0,79]	[1,00,1,00]

Çizelge 7.32. Olasılık dereceleri ve ağırlıklar (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Öncelikler	Normalize ağırlıklar
C1	0,500	0,000	0,290	0,000	0,000	0,065	0,156	0,502	0,084
C2	1,000	0,500	0,897	0,365	0,494	0,666	0,767	1,027	0,171
C3	0,710	0,103	0,500	0,000	0,098	0,253	0,355	0,646	0,108
C4	1,000	0,635	1,000	0,500	0,629	0,794	0,888	1,135	0,189
C5	1,000	0,506	0,902	0,371	0,500	0,672	0,772	1,032	0,172
C6	0,935	0,334	0,747	0,206	0,328	0,500	0,606	0,879	0,147
C7	0,844	0,233	0,645	0,112	0,228	0,394	0,500	0,779	0,130

Çizelge 7.33. Aralıklı üstel matris (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	[1,00,1,00]	[0,62,0,79]	[0,68,0,88]	[0,54,0,69]	[0,52,0,67]	[0,64,0,82]	[0,68,0,88]
C2	[1,26,1,63]	[1,00,1,00]	[1,14,1,47]	[0,66,0,85]	[1,22,1,57]	[1,11,1,42]	[1,18,1,52]
C3	[1,14,1,47]	[0,68,0,88]	[1,00,1,00]	[0,56,0,72]	[0,64,0,82]	[0,68,0,88]	[0,66,0,85]
C4	[1,45,1,86]	[1,18,1,52]	[1,40,1,80]	[1,00,1,00]	[1,14,1,47]	[1,18,1,52]	[1,18,1,52]
C5	[1,49,1,92]	[0,64,0,82]	[1,23,1,58]	[0,68,0,88]	[1,00,1,00]	[1,11,1,43]	[1,26,1,63]
C6	[1,22,1,57]	[0,70,0,90]	[1,14,1,47]	[0,66,0,85]	[0,71,0,91]	[1,00,1,00]	[1,11,1,42]
C7	[1,14,1,47]	[0,66,0,85]	[1,18,1,52]	[0,66,0,85]	[0,62,0,79]	[0,70,0,90]	[1,00,1,00]

Çizelge 7.34. Olasılık dereceleri ve ağırlıklar (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Öncelikler	Normalize ağırlıklar
C1	0,50	0,00	0,33	0,00	0,00	0,10	0,30	0,530	0,090
C2	1,00	0,50	0,91	0,36	0,53	0,67	1,00	1,070	0,180
C3	0,67	0,09	0,50	0,00	0,11	0,26	0,53	0,670	0,110
C4	1,00	0,64	1,00	0,50	0,67	0,81	1,00	1,160	0,190
C5	1,00	0,47	0,89	0,33	0,50	0,65	1,00	1,050	0,170
C6	0,90	0,33	0,74	0,19	0,35	0,50	0,83	0,910	0,150
C7	0,70	0,00	0,47	0,00	0,00	0,17	0,50	0,620	0,100

Abdullah ve Najib (2016) ve Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen her iki yöntemde de kolektif karşılaştırma matrisinin tutarlılığı, Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen yöntem ile analiz edilmektedir. $RI= 1,32$ ve $n=7$ olmak üzere kolektif matris için tutarlılık oranı $-0,03$ olarak hesaplanmıştır. Abdullah ve Najib (2016)'e göre bu oran $0,10$ 'dan düşük olduğu için kolektif matris tutarlı olarak kabul edilmektedir. ADSB kolektif karşılaştırma matrisinin tutarlılığı analiz edildikten sonra Abdullah ve Najib (2016)'in çalışmasındaki gibi Wei vd. (2011) tarafından önerilen entropi modeli ve Büyüközkan ve Göçer (2018)'in çalışmasındaki gibi Ye (2010b) tarafından önerilen korelasyon katsayısı ile kriter ağırlıkları hesaplanmış ve sırası ile Çizelge 7.35'te ve Çizelge 7.36'da sunulmuştur.

Çizelge 7.35. Abdullah ve Najib (2016) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan entropi değerleri ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Ağırlıklar
C1	1,00	0,52	0,63	0,39	0,36	0,55	0,63	0,161
C2	0,51	1,00	0,62	0,59	0,55	0,67	0,59	0,136
C3	0,62	0,63	1,00	0,42	0,55	0,63	0,59	0,141
C4	0,39	0,59	0,42	1,00	0,62	0,59	0,59	0,155
C5	0,36	0,55	0,55	0,63	1,00	0,66	0,51	0,151
C6	0,55	0,67	0,62	0,59	0,67	1,00	0,67	0,123
C7	0,62	0,59	0,59	0,59	0,52	0,67	1,00	0,134

Çizelge 7.36. Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile hesaplanan korelasyon katsayısı ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Ağırlıklar
C1	0,29	0,62	0,53	0,73	0,76	0,59	0,53	0,091
C2	0,09	0,29	0,13	0,56	0,10	0,15	0,11	0,171
C3	0,13	0,53	0,29	0,70	0,58	0,53	0,56	0,113
C4	0,04	0,11	0,05	0,29	0,13	0,11	0,11	0,188
C5	0,04	0,59	0,10	0,53	0,29	0,15	0,09	0,160
C6	0,10	0,50	0,13	0,56	0,49	0,29	0,15	0,147
C7	0,13	0,56	0,11	0,56	0,62	0,50	0,29	0,130

Tez kapsamında önerilen yöntem ile Örnek 7.7 yeniden değerlendirilirken ilk olarak BKM'ler, Liao vd. (2014) tarafından geliştirilen yöntem ile analiz edilmiş ve tutarlılık oranları sırası ile $0,050$, $0,054$ ve $0,056$ olarak hesaplanmıştır. Söz konusu üç oranda eşik değerinden ($0,10$) küçük olduğu için BKM'ler tutarlı olarak kabul edilmiştir.

Geliştirilen sıralama fonksiyonu $S_{KE}(\cdot)$ aracılığı ile elde değerler (Çizelge 7.37) kullanılarak üstel değerler ve kriter ağırlıkları elde edilmiştir (Çizelge 7.38).

Çizelge 7.37. Sıralama değerleri (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0,00	-0,31	-0,21	-0,43	-0,46	-0,28	-0,21
C2	0,35	0,00	0,26	-0,24	0,32	0,23	0,29
C3	0,26	-0,21	0,00	-0,40	-0,27	-0,21	-0,24
C4	0,48	0,29	0,45	0,00	0,26	0,29	0,29
C5	0,51	-0,28	0,33	-0,21	0,00	0,23	0,35
C6	0,32	-0,18	0,26	-0,24	-0,18	0,00	0,23
C7	0,26	-0,24	0,29	-0,24	-0,31	-0,18	0,00

Çizelge 7.38. Üstel değerler ve kriter ağırlıkları (Örnek 7.7)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Ağırlıklar
C1	1,00	0,74	0,81	0,65	0,63	0,76	0,81	0,104
C2	1,43	1,00	1,30	0,78	1,38	1,26	1,34	0,163
C3	1,30	0,81	1,00	0,67	0,76	0,81	0,78	0,118
C4	1,62	1,34	1,57	1,00	1,30	1,34	1,34	0,183
C5	1,66	0,76	1,39	0,81	1,00	1,26	1,43	0,160
C6	1,38	0,83	1,30	0,78	0,84	1,00	1,26	0,142
C7	1,30	0,78	1,34	0,78	0,74	0,83	1,00	0,130

Farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan kriter ağırlıkları Çizelge 7.39’da ve ağırlıklar dikkate alınarak belirlenen sıralamalar Çizelge 7.40’ta sunulmuştur. Sıralama sonuçları incelendiğinde, tez kapsamında önerilen sıralama fonksiyonunun $S_{KE}(\cdot)$ ve Büyüközkan ve Göçer (2018)’in önerdiği yöntemin aynı sıralamayı sunduğu; Onar vd. (2015)’nin ikinci ve beşinci kriterler için ve Öztayşı vd. (2017)’nin üçüncü ve yedinci kriterler için farklı sıralama sunduğu; Abdullah ve Najib (2016)’in tüm kriterler için farklı sıralama sunduğu görülmektedir.

Çizelge 7.39. Kriterlerin farklı ADSB-AHP yöntemleri ile hesaplanan kriter ağırlıkları (Örnek 6.7)

	Onar vd. (2015)	Abdullah ve Najib (2016)	Öztayşi vd. (2017)	Büyüközkan ve Göçer (2018)	Önerilen Yöntem
C1	0,084	0,161	0,193	0,091	0,104
C2	0,171	0,136	0,178	0,171	0,163
C3	0,108	0,141	0,175	0,113	0,118
C4	0,189	0,155	0,151	0,188	0,183
C5	0,172	0,151	0,111	0,160	0,160
C6	0,147	0,123	0,103	0,147	0,142
C7	0,130	0,134	0,089	0,130	0,130

Çizelge 7.40. Kriterler ağırlıklarının sıralaması (Örnek 6.7).

Kaynak	Sıralama
Onar vd. (2015)	C4> C5> C2> C6> C7> C3> C1
Abdullah ve Najib (2016)	C1> C4> C5> C3> C2> C7> C6
Öztayşi vd. (2017)	C4> C2> C5> C6> C3> C7> C1
Büyüközkan ve Göçer (2018)	C4> C2> C5> C6> C7> C3> C1
Önerilen Yöntem	C4> C2> C5> C6> C7> C3> C1

Karşılaştırma analizi kapsamında gerçekleştirilen örneklerden bazıları için mevcut ADSB-AHP yöntemlerinin önerilen ADSB-AHP yönteminden farklı sonuçlar üretmesinin, mevcut ADSB-AHP yöntemlerinin Bölüm 6’da detaylandırılan tutarlılık analizine, uzman ağırlıklarının hesaplanmasına ve kriter ağırlıklarının hesaplanmasına ilişkin dezavantajlı durumlarından kaynaklandığı öngörülmektedir.

8. VAKA ÇALIŞMASI: T-TİPİ MÜHENDİS BECERİLERİNİN FARKLI MÜHENDİSLİK BRANŞLARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, mühendislerin T-tipi profesyonel olarak iş hayatında yer almaları için ihtiyaç duyacakları zor (teknik) ve hassas (teknik olmayan) beceriler araştırılmıştır. Ek olarak, bu becerilerin endüstri mühendisliği ve elektrik elektronik mühendisliği olmak üzere iki farklı mühendislik disiplini için önem düzeyleri, önerilen ADSB-AHP ile değerlendirilmiştir.

8.1. T-Tipi Kavramı

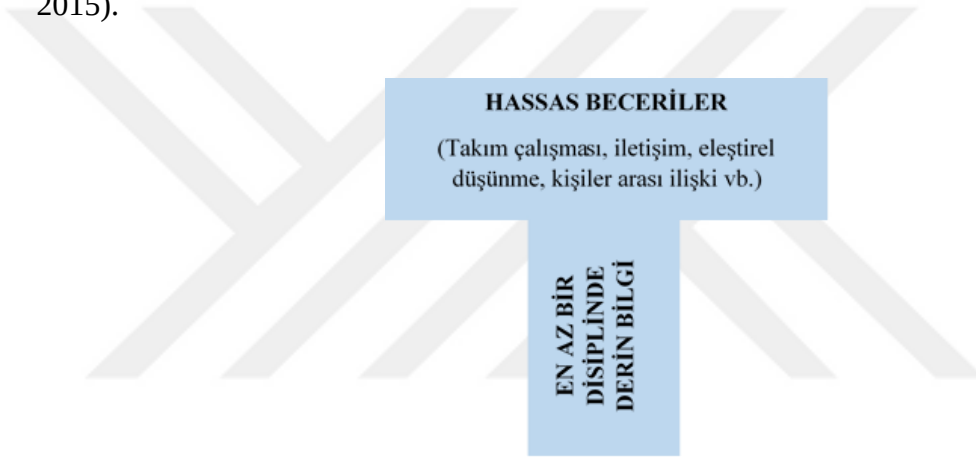
T-tipi kavramı, 20. yüzyılda ortaya çıkan ve kapsam olarak ilk kez Palmer (1990)'ın teknoloji dünyasında *hibrit* yöneticilere olan ihtiyacı tartışan makalesinde belirse de bu ifadenin bilinen en eski kullanımı Londra gazetesi editörü Guest (1991)'e aittir. Guest (1991), teknik ve sosyal becerileri entegre ederek iş dünyasına uygulayabilen rönesans profesyoneli tartıştığı 1991 tarihli bir makalesinde T-tipi teriminden bahsetmiştir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde karşılan problemler giderek daha karmaşık hale gelmektedir. Bu problemlerin çözüm sürecinde sadece çok fazla bilgi kazanımı yeterli olmamakta bilginin farklı alanlara transfer ederek uygulanması veya çeşitli disiplinlerden bilgi ve beceri talep edilmesi gerekmektedir. Dolayısı ile işgücünden, birden fazla kaynaktan gelen bilgileri ele alabilmesi, farklı kuruluşlar arasında mesleki ilişkileri ilerletebilmesi, organizasyonel uygulamalara yenilikçi bir şekilde katkıda bulunabilmesi, sosyal, kültürel, ekonomik ve bilimsel açıdan farklı disiplinler ile etkileşim kurabilmesi beklenmektedir (Arroyo, Eguiluz ve Cupido, 2018). Bu tür işgücüne olan talebe ilişkin bir veya daha fazla alanda derin bilgi birikimine ve çalışma ortamı için gerekli hassas becerilere sahip T-tipi bireyden söz edilmektedir (Arroyo vd., 2018; Babatope, Taiwo, Philip ve Oluwakemi, 2020).

T-tipi kavramında (Şekil 8.1), T'nin yatay bileşeni (hassas beceri), diğer alanlardaki uzmanlarla iş birliği yapma ve disiplinler arasında uzmanlık alanlarında bilgiyi

uygulama yeteneğini; T'nin dikey bileşeni (teknik beceri) ise belirli bir bilgi alanındaki uzmanlık derinliğini temsil etmektedir (Oskam, 2009).

Tek bir konu üzerinde uzmanlaşan I-tipi kişilerin aksine, T-tipi bireyler, eğitim aldıkları alanda derinlemesine bilgi sahibiyken bağlantılı veya bağlantısız birçok alanda da genel bilgi birikimine sahiptirler. Ayrıca, T-tipi bireyler, kendi alanlarında teorik ve pratik bilgiye, güncel gelişmelere hâkimdirler ancak kendilerini sadece uzman oldukları alanla sınırlandırmazlar. T-tipi bireyler, edindikleri disiplinler arası bilgi ve deneyim sayesinde sorunları daha çabuk kavramakta, daha hızlı çözüm üretmektedirler. Ek olarak, ekip çalışması için iyi iletişim, hızlı adaptasyon ve rol değişikliği becerilerine de sahiptirler (Babatope vd., 2020; Demirkan ve Spohrer, 2015).



Şekil 8.1. T-Tipi gösterimi

Bir mühendisin sahip olması gereken en önemli bilgi ve becerilerin, genellikle matematiksel ve teknolojik alanlarda olduğu düşünülmektedir. Geçmişte, teknik becerilere sahip olmak neredeyse mühendislik disiplinlerinde başarılı ve istikrarlı bir kariyere sahip olmak için yeterli bulunmaktaydı. Ancak bu durum, 21. yüzyıl koşulları için yeterli bulunmamakla birlikte yeni koşullara bağlı olarak işverenlerin beklentileri de artmıştır. Yeni beklentiler ile birlikte T-tipi mühendisler olan ilgi birçok alanda yayılmaya başlamıştır. IBM, IDEO, Procter & Gamble, Nike ve General Electric gibi şirketler, T-tipi mühendislik eğitimi ve istihdamını desteklemektedir (Babatope vd., 2020). Uluslararası tasarım ve danışmanlık firması IDEO'nun CEO'su Tim Brown ve dünyanın en büyük bilişim teknolojisi şirketi IBM'in yöneticilerinden olan Jim Spohrer dâhil olmak üzere birçok yönetici işe alım sürecinde T-tipi kişiliğe önem verdiğini belirtmektedir (Babatope vd., 2020; Tranquillo, 2017).

T-tipi mühendisler ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, T-tipi kavramının 1991 yılından itibaren literatürde yer almasına rağmen yapılan araştırmaların ve çalışmaların az sayıda olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Oskam (2009), sektörde tek bir alanda derin bilgi birikimi, bitişik alanlarda genişlemesine bilgi sahibi olan, farklı alanlar ile iş birliği yapabilen, birden fazla proje yönetebilen T-tipi mühendislere talep olduğunu belirtmiştir. Bu becerilerin, sadece eğitim ile oluşturulamayacağını, mühendis adayının çalışma alanı ile etkileşim içinde olarak öğrenilebileceğini savunmuştur.

Wu, Zou ve Kong (2012), endüstri alan tarafından talep edilen T-tipi mühendis olarak adlandırılan işgücünü tanıtarak T-tipi mühendislerin 21. yüzyıl için gerekli olan becerilere sahip olduğuna dikkat çekmiştir.

Boehm ve Mobasser (2015), yazılım mühendislerinin T-tipi olarak yetiştirilmesi için geliştirdikleri yazılım mühendisliği lisansüstü programını tanıtmışlardır. Bu çalışmada T-tipinin yatay bileşeni, yazılım mühendisliğinde ihtiyaç duyulan *yazılım yönetimi ve ekonomisi, insan-bilgisayar etkileşimi, gömülü yazılım sistemleri, sistem ve yazılım gereksinimleri, mimari ve doğrulama ve onaylama* gibi derinlemesine bilgi alanına yakın alanlardan oluşturulmuştur.

Tranquillo (2017), öğrencilerin T-tipi mühendis olarak yetiştirilmesi için çeşitli pedagojik teknikleri vurgulamıştır. Bu teknikler sunulurken derslerden, dönemlik projelerden ve kısa sınıf egzersizlerinden çeşitli örnekler sunulmuştur.

Babatope vd. (2020), çalışmada değişen endüstriyel dünyada organizasyonların performansını artırmak için T-tipi mühendislere ihtiyacın arttığını ve bu nedenle mühendislik müfredatlarının T-tipi mühendis yetiştirmek üzere güncellenmesi gerektiğine değinmiştir.

Lee ve Hanifin (2015), T-tipi mühendislerin yetiştirilmesi için endüstri ve akademi arasında işbirliğine dayalı öğrenme yaklaşımlarına dikkat çekmiştir. Endüstri ile iş birliğine dayalı sürecin kritik unsurları ve mühendislik eğitiminde odaklanması gereken anahtar yeterlilikler endüstrinin görüşleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Ek olarak mühendislik eğitiminde T-tipi becerileri geliştirmek için günümüze kadar

yapılmış olan uygulamalar ve mühendislik eğitiminde bu becerileri kazandırmak için sunulmuş öneriler derlenmiştir.

8.2. Hassas (Teknik Olmayan) Beceri Kavramı

Hassas beceri, günümüzde sosyal yetenekler, dil ve iletişim yeteneği, takım içinde çalışabilme ve insanlar arasındaki ilişkileri karakterize eden diğer kişilik özellikleri gibi yetkinlikleri belirtmek için kullanılan popüler bir terimdir (Cimatti, 2016). Hassas beceriler, literatürde *uygulamalı beceriler, teknik olmayan beceriler, 21. yüzyıl becerileri, kişilerarası beceriler, genel beceriler, sosyal beceriler, aktarılabilir beceriler, yatay beceriler, anahtar yeterlilikler, yaşam becerileri* gibi farklı terimler ile de yer almaktadır. Ancak, hassas becerinin tanımına ilişkin literatürde kabul görmüş genel bir tanım yer almamaktadır. Çeşitli çalışmalardan derlenen hassas beceri tanımları aşağıda sunulmuştur:

- Hassas beceriler, genel olarak etkinliği artıran ve diğer insanlarla etkileşime geçme konusunda destek sağlayan iletişimsel yeteneklerdir (Penzenstadler, Haller, Schlosser ve Frenzel, 2009).
- Hassas beceriler, kişiliğin geliştirilmesine yardımcı olan geniş kapsamlı kişisel ve kişilerarası becerilerdir (Sharma ve Sharma, 2010).
- Hassas beceriler, çok çeşitli işlevler, faaliyetler ve bağlamlar içerisinde kullanılan aktarılabilir davranışlardır (Direito vd., 2012).
- Hassas beceriler, teknik yetenek veya bilgidan ziyade karakter özellikleri, tutumlar ve davranışlardır. Hassas beceriler, kişinin güçlü yanlarını belirleyen maddi veya teknik olmayan kişiliğe özgü becerilerdir (Robles, 2012).
- Hassas beceriler, kişilik özelliklerini, sosyal davranışları, dil becerisini, kişisel alışkanlıkları, samimiyeti ve iyimserliği ifade etmekte ve teknik becerileri tamamlamaktadır (Abbas vd., 2013).
- Hassas beceriler, çalışanların liderlik becerileri, iletişim becerileri, olumlu çalışma tutumu ve ekip çalışması gibi sahip olması gereken kariyer özellikleridir (Seetha, 2014).
- Hassas beceriler, derin bilginin geliştirilmesi ve akademik başarının artırılmasına yardımcı olan ve herhangi bir kimsenin diğer insanlarla etkili ve

uyumlu bir şekilde etkileşim kurmasını sağlayan teknik olmayan becerilerdir (Sousa ve Mouraz, 2014).

- Hassas beceriler, kişisel gelişim, sosyal katılım için gerekli olan ve belirli bir istihdam ortamında ihtiyaç duyulan kişisel ve kişiler arası becerilerdir (Taylor, 2016).

Hassas beceriler, mühendislerin karar alma süreci dışında teknik konularda marjinalleşmesini sağlamanın yanı sıra yaratıcılığı da teşvik etmektedir (Florman, 1997; Webb, 2008). Herhangi bir mühendislik probleminin çözümü, kısmen, mühendisin bağlam anlayışının zenginliğine bağlıdır. Bu nedenle hassas beceriler, problemlerin bağlamını anlamaya ve eleştirel düşünmeye katkıda bulunduğu için mühendislik eğitiminin önemli bir parçasıdır (Grasso, 2002). Her ne kadar hassas becerilerin doğrudan mühendislere hizmet etmediği düşünülse de istihdam edilebilirliği arttırmada, iş ve kariyer büyümesini desteklemede önemli bir rol oynamaktadır (Dubey, Tewari ve Pandiya, 2017). Bu nedenle, sektör hayatına hazır T-tipi mühendislerin yetişebilmesi için derin bilgi birikimini kazandıracak teknik becerilere ek olarak geniş bilgi düzeyini oluşturacak hassas becerilere de önem verilmesi gerekmektedir.

Yükseköğretim kurumlarında sunulan eğitimin, sektör için yeterli olup olmadığı literatürde tartışmalı bir konu olarak yer almaktadır. Öğrencilerin ve mezunların görüşlerini değerlendiren bu çalışmalar, ders içeriğinin çalışma hayatı için gerekli bilgi ve becerileri yeterince karşılamadığını ve yükseköğretim kurumlarının hassas becerilere yeterince önem vermediğini göstermiştir (Bayram, Çelik ve Oral, 2015; Esavd., 2013; Göksel, 2017; Naiem ve Abdellatif, 2015; Nair, Patil ve Mertova, 2009; Özsoy, 2013; Uçar ve İşleyen, 2019; Wilson ve Marnewick, 2018).

Yükseköğretim kurumlarında sunulan mühendislik eğitiminde kazandırılması gereken hassas becerilerin, müfredatta hassas beceriler için ayrılması gereken kredinin ya da bu hassas becerilerin hangi yöntem veya dersler ile kazandırılabilceğinin belirlenmesi konuları literatürde tartışılan konular arasındadır. Literatürde, öğrencilere hassas becerilerin kazandırılması ile ilgili yapılan araştırmalarda yazarlar tarafından sunulan öneriler derlenerek Çizelge 8.1’de sunulmuştur.

Çizelge 8.1. Hassas becerilerin kazandırılmasına ilişkin literatürden derlenen öneriler

Yöntem Önerisi	Kaynak
Aktif öğrenme	Nicola vd. (2018), Vega ve Ortiz (2018), Duarte vd. (2019)
Grup aktivitesi	Kaushal (2018), Hoang ve Do (2019)
Hizmet ederek öğrenme	Kumar ve Hsiao (2007), Dobrydina, Kersh, Kononova, Shipilova ve Usvyat (2019), Sin, Vui ve Meng (2019)
Mevcut derslerin içeriklerinin güncellenmesi	Andersson ve Logofatu (2018)
Öğrenci toplulukları	Willmot ve Colman (2016), King (2019)
Probleme dayalı öğrenme	Kumar ve Hsiao (2007), Deep, Salleh ve Othman (2019), Ktoridou, Doukanari ve Karayiannis (2019)
Proje tabanlı öğrenme	Hayati ve Mir (2004), Fernandez-Samaca ve Ramirez (2010), Jimenez, Pardo, Minguez ve Cuervo (2015), Moliner vd. (2015), Ballesteros-Sanchez, Ortiz-Marcos, Rodriguez-Rivero ve Juan-Ruiz (2017), Barros ve Bittencourt (2018), Cavalcante, Viana ve Vidal (2018), Vega ve Ortiz (2018), Duarte vd. (2019)
Seminer	Hilmer vd. (2007), Abbas vd. (2013), San-Valero vd. (2019)
Üniversite-sanayi iş birliği programı	Hairi, Ahmad Toe ve Razzaly (2011)
Vakaya dayalı öğrenme	Ktoridou vd. (2019)
Yaz stajı	Khamisani, Siddiqui ve Bawany (2006)
Yeni ders önerisi	Berglund ve Heintz (2014), Cukierman ve Palmieri (2014), Sousa ve Mouraz (2014)

8.3. Hassas (Teknik Olmayan) ve Zor (Teknik) Becerilerin Belirlenmesi

Hassas (teknik olmayan) ve zor (teknik) becerilerin belirlenmesi sürecinde, literatürdeki akademik yayınlar, ulusal ve uluslararası akreditasyon kurumlarının ve kuruluşlarının mühendisler için belirlemiş oldukları program çıktıları ve son olarak sektörün taleplerinin göz ardı edilmemesi için iş ilanları incelenmiştir.

8.3.1. Akademik Yayın Analizi

Literatürde, hassas becerilerin mühendisler için önemi ve mühendislerin sahip olması gereken hassas becerilerle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Araştırmalardan bazıları, mühendislik bölümlerini ortak bir çatı altında değerlendirirken, bazı araştırmacılar ise

hassas becerileri belirli mühendislik bölümleri açısından analiz etmiştir. Bu araştırmalarda, hassas becerileri belirlemek için en yaygın kullanılan tekniklerden biri sektördeki işverenler veya çalışanlar ile mülakat yapmak diğeri ise işverenlere veya çalışanlara anket uygulamaktır. Sektörün mühendislerden beklediği hassas becerileri belirlemek için işveren veya çalışanlar ile görüşme yapmanın veya anket aracılığı ile veri toplamanın zaman alıcı bir süreç olduğunu düşünen yazarlar, daha fazla sayıda ve çeşitte şirket beklentisinin kısa sürede analiz edilebileceği bir yöntem olarak iş ilanlarını analiz etmişlerdir. İncelenen yayınlar ile oluşturulan hassas beceri listesi Çizelge 8.2’de sunulmuş ve söz konusu yayınlardan bazıları liste devamında özetlenmiştir.

Çizelge 8.2.Hassas beceri listesi

Hassas Beceri	Kaynak
Analitik düşünme	Khamisani vd. (2006), Nair vd. (2009), Sharma ve Sharma (2010), Hairi vd. (2011), Ahmed vd. (2012), Matturro (2013), Seetha (2014), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Willmot ve Colman (2016), Mohamad, Yee, Tee, Ibrahim Mukhtar ve Ahmad (2017), Dubey vd. (2017), Andersson ve Logofatu (2018)
Araştırma becerisi	Nair vd. (2009), Naiem ve Abdellatif (2015), Dubey ve Tiwari (2020)
Bağımsız çalışma/ Özerklik	Nair vd. (2009), Ahmed vd. (2012), Direito vd. (2012), Matturro (2013), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Chaibate vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Bilgi paylaşımı	Direito vd. (2012), Dubey ve Tiwari (2020)
Bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin kullanımı	Nair vd. (2009), Chaibate vd. (2019), Ktoridou vd. (2019)
Bilgiyi uygulama	Dubey ve Tiwari (2020)
Bilişsel yetenek	Ballesteros-Sanchez vd. (2017)
Bireysel öğrenme	Naiem ve Abdellatif (2015), Dubey ve Tiwari (2020)
Çatışma yönetimi	Hillmer vd. (2007), Direito vd. (2012), Abbas vd. (2013), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Taylor (2016), Willmot ve Colman (2016), Andersson ve Logofatu (2018), Nicola vd. (2018), Dubey ve Tiwari (2020)
Çoklu görev yönetimi	Yanaze ve de Deus Lopes (2014)
Değişime adaptasyon	Yaacoub vd. (2011), Ahmed vd. (2012), Robles (2012), Direito vd. (2012), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016), Dubey vd. (2017), Andersson ve Logofatu (2018), Willmot ve Colman (2016), Chaibate vd. (2019), Hartanto, Ratnasari ve Arifin (2019), Krishna, Reddy, Chitra ve Yadav (2019), Ktoridou vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Denetleme becerisi	Abbas vd. (2013)

Çizelge 8.2.Hassas beceri listesi (devamı)

Hassas Beceri	Kaynak
Detaylara dikkat etme	Direito vd. (2012), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Dubey ve Tiwari (2020)
Dinleme becerisi	Direito vd. (2012), Dubey ve Tiwari (2020)
Disiplinler arası ilişki / Farklı bakış açılarını anlama	Nair vd. (2009), Yaacoub vd. (2011), Direito vd. (2012), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Taylor (2016), Dubey ve Tiwari (2020)
Duygu kontrolü	Makasiranondh, Maj ve Veal (2011), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016), Andersson ve Logofatu (2018), Krishna vd. (2019)
Dürüstlük	Hartanto vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Eleştirel düşünme	Hairi vd. (2011), Yaacoub vd. (2011), Taylor (2016), Ktoridou vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Etik farkındalık	Nair vd. (2009), Sharma ve Sharma (2010), Yaacoub vd. (2011), Robles (2012), Esa vd. (2013), Berglund ve Heintz (2014), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Bayram vd. (2015), Taylor (2016), Dubey vd. (2017), Wilson ve Marnewick (2018), Chaibate vd. (2019), Hartanto vd. (2019), Krishna vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Etkili yabancı dil kullanımı	Yaacoub vd. (2011), Direito vd. (2012), Matturro (2013), Bayram vd. (2015), Naiem ve Abdellatif (2015), Chaibate vd. (2019)
Girişken	Khamisani vd. (2006), Sharma ve Sharma (2010), Direito vd. (2012), Matturro (2013), Esa vd. (2013), Wilson ve Marnewick (2018), Chaibate vd. (2019), Hartanto vd. (2019), Ktoridou vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Yaşam boyu öğrenme bilinci	Yaacoub vd. (2011), Robles (2012), Zaharim, Ahmad, Yusoff, Omar ve Basri (2012), Direito vd. (2012), Esa vd. (2013), Berglund ve Heintz (2014), Bayram vd. (2015), Wilson ve Marnewick (2018)
Hedef odaklılık	Direito vd. (2012), Andersson ve Logofatu (2018)
İkna kabiliyeti	Direito vd. (2012), Andersson ve Logofatu (2018)
İletişim	Khamisani vd. (2006), Hillmer vd. (2007), Nair vd. (2009), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Bayram vd. (2015), Taylor (2016), Willmot ve Colman (2016), Mohamad vd. (2017), Dubey vd. (2017), Ballesteros-Sanchez vd. (2017), Andersson ve Logofatu (2018), Barros ve Bittencourt (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Chaibate vd. (2019), Hartanto vd. (2019), Krishna vd. (2019), Ktoridou vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Karar verme	Hairi vd. (2011), Zaharim vd. (2012), Direito vd. (2012), Seetha (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016), Mohamad vd. (2017), Dubey vd. (2017), Nicola vd. (2018), Barros ve Bittencourt (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Chaibate vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)

Çizelge 8.2.Hassas beceri listesi (devamı)

Hassas Beceri	Kaynak
Kişilerarası ilişki	Nair vd. (2009), Sharma ve Sharma (2010), Yaacoub vd. (2011), Ahmed vd. (2012), Robles (2012), Direito vd. (2012), Seetha (2014), Berglund ve Heintz (2014), Matturro (2013), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Bayram vd. (2015), Taylor (2016), Willmot ve Colman (2016), Mohamad vd. (2017), Dubey vd. (2017), Barros ve Bittencourt (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Hartanto vd. (2019), Krishna vd. (2019)
Kişisel gelişim	Hillmer vd. (2007), Berglund ve Heintz (2014), Chaibate vd. (2019)
Kültürlerarası ilişki	Nair vd. (2009), Yaacoub vd. (2011), Direito vd. (2012), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016)
Liderlik	Hillmer vd. (2007), Nair vd. (2009), Makasiranondh vd. (2011), Direito vd. (2012), Matturro (2013), Seetha (2014), Berglund ve Heintz (2014), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Bayram vd. (2015), Taylor (2016), Willmot ve Colman (2016), Mohamad vd. (2017), Dubey vd. (2017), Ballesteros-Sanchez vd. (2017), Andersson ve Logofatu (2018), Nicola vd. (2018), Barros ve Bittencourt (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Krishna vd. (2019), Ktoridou vd. (2019)
Merak	Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Dubey ve Tiwari (2020)
Mobilite	Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Chaibate vd. (2019)
Motivasyon	Khamisani vd. (2006), Yaacoub vd. (2011), Ahmed vd. (2012), Matturro (2013), Berglund ve Heintz (2014), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Dubey vd.(2017), Andersson ve Logofatu (2018), Dubey ve Tiwari (2020)
Mükemmelliyeçilik	Dubey ve Tiwari (2020)
Müşteri yönetimi	Matturro (2013), Taylor (2016), Barros ve Bittencourt (2018), Dubey ve Tiwari (2020)
Müzakere becerisi	Khamisani vd. (2006), Direito vd. (2012), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016), Andersson ve Logofatu (2018), Nicola vd. (2018), Chaibate vd. (2019)
Nezaket	Yaacoub vd. (2011), Robles (2012), Taylor (2016)
Organizasyonel beceri	Direito vd. (2012), Matturro (2013), Ahmed vd. (2012), Sousa ve Mouraz (2014), Berglund ve Heintz (2014), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Bayram vd. (2015), Naiem ve Abdellatif (2015), Ballesteros-Sanchez vd. (2017), Andersson ve Logofatu (2018), Barros ve Bittencourt (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Chaibate vd. (2019), Krishna vd. (2019)

Çizelge 8.2.Hassas beceri listesi (devamı)

Hassas Beceri	Kaynak
Öğrenmeye istek	Khamisani vd. (2006), Nair vd. (2009), Yaacoub vd. (2011), Ahmed vd. (2012), Matturro (2013), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016), Ktoridou vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Öz farkındalık	Direito vd. (2012), Sousa ve Mouraz (2014), Berglund ve Heintz (2014), Andersson ve Logofatu (2018), Krishna vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Özgüven	Yaacoub vd. (2011), Sousa ve Mouraz (2014), Taylor (2016), Andersson ve Logofatu (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Dubey ve Tiwari (2020)
Özyönetim	Hillmer vd. (2007), Yaacoub vd. (2011), Taylor (2016), Barros ve Bittencourt (2018), Wilson ve Marnewick (2018)
Planlama becerisi	Matturro (2013), Krishna vd. (2019)
Pozitif tutum	Yaacoub vd. (2011), Robles (2012), Seetha (2014), Chen, Yang, Wang ve Yue (2013b), Taylor (2016)
Pratik düşünme	Bayram vd. (2015)
Problem çözme	Khamisani vd. (2006), Nair vd. (2009), Sharma ve Sharma (2010), Hairi vd. (2011), Zaharim vd. (2012), Ahmed vd. (2012), Direito vd. (2012), Matturro (2013), Seetha (2014), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Bayram vd. (2015), Taylor (2016), Willmot ve Colman (2016), Mohamad vd. (2017), Dubey vd. (2017), Andersson ve Logofatu (2018), Barros ve Bittencourt (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Chaibate vd. (2019), Hartanto vd. (2019), Krishna vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Profesyonellik	Hillmer vd. (2007), Khamisani vd. (2006), Robles (2012), Zaharim vd. (2012), Taylor (2016), Ballesteros-Sanchez vd. (2017), Chaibate vd. (2019), Krishna vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Sabır	Andersson ve Logofatu (2018)
Sağduyu	Yaacoub vd. (2011)
Satış yönetimi	Sharma ve Sharma (2010)
Sistemik bakış açısı	Direito vd. (2012)
Sonuç odaklılık	Matturro (2013), Bayram vd. (2015), Dubey ve Tiwari (2020)
Sonuçları yorumlama	Dubey ve Tiwari (2020)
Sorumluluk alma	Yaacoub vd. (2011), Robles (2012), Direito vd. (2012), Matturro (2013), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Hartanto vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Stres yönetimi	Direito vd. (2012), Yaacoub vd. (2011), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016), Andersson ve Logofatu (2018), Nicola vd. (2018), Chaibate vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Sunum becerisi	Hillmer vd. (2007), Sharma ve Sharma (2010), Yaacoub vd. (2011), Sousa ve Mouraz (2014), Berglund ve Heintz (2014), Naiem ve Abdellatif (2015)

Çizelge 8.2.Hassas beceri listesi (devamı)

Hassas Beceri	Kaynak
Sunum becerisi	Willmot ve Colman (2016), Andersson ve Logofatu (2018), Dubey ve Tiwari (2020)
Takım çalışması ve iş birliği	Khamisani vd. (2006), Hillmer vd. (2007), Nair vd. (2009), Sharma ve Sharma (2010), Hairi vd. (2011), Makasiranondh vd. (2011), Yaacoub vd. (2011), Ahmed vd. (2012), Robles (2012), Zaharim vd. (2012), Direito vd. (2012), Matturro(2013), Sousa ve Mouraz (2014), Berglund ve Heintz (2014), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Bayram vd. (2015), Taylor (2016), Willmot ve Colman (2016), Mohamad vd. (2017), Dubey vd. (2017), Andersson ve Logofatu (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Chaibate vd. (2019), Hartanto vd. (2019), Krishna vd. (2019), Ktoridou vd. (2019)
Toplantı yönetimi	Andersson ve Logofatu (2018)
Yapıcı eleştiriyi sakinlikle kabul etme	Andersson ve Logofatu (2018), Dubey ve Tiwari (2020)
Yaratıcı/Yenilikçi	Khamisani vd. (2006), Nair vd. (2009), Hairi vd. (2011), Ahmed vd. (2012), Direito vd. (2012), Yanaze ve de Deus Lopes (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016), Dubey vd. (2017), Barros ve Bittencourt (2018), Wilson ve Marnewick (2018), Chaibate vd. (2019), Ktoridou vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Yazma becerisi	Sousa ve Mouraz (2014), Bayram vd. (2015), Barros ve Bittencourt (2018), Chaibate vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Yeni medya kullanımı	Andersson ve Logofatu (2018)
Zaman yönetimi	Khamisani vd. (2006), Nair vd. (2009), Direito vd. (2012), Matturro (2013), Sousa ve Mouraz (2014), Naiem ve Abdellatif (2015), Taylor (2016), Willmot ve Colman (2016), Andersson ve Logofatu (2018), Nicola vd. (2018), Barros ve Bittencourt (2018), Chaibate vd. (2019), Hartanto vd. (2019), Krishna vd. (2019), Dubey ve Tiwari (2020)
Zorluklarla başa çıkma	Khamisani vd. (2006), Andersson ve Logofatu (2018), Dubey ve Tiwari (2020)

Bayram vd. (2015), inşaat mühendisliği programının müfredatı ile kazandırılan mesleki yeterliliği ve hassas becerileri değerlendirmek amacıyla inşaat mühendisliği öğrencilerine anket uygulamıştır. Anketler incelendiğinde öğrencilerin sözlü ve yazılı iletişim, paket programlar ve yabancı dil becerilerinde kendilerini yetersiz hissettikleri belirlenmiştir.

Nair vd. (2009)'nin çalışmasında, mühendislik programlarından mezun olanların sahip oldukları nitelikler ile işverenlerin beklentileri arasındaki farkın incelenmesi için

hassas becerilerin yer aldığı anket, işverenlere uygulanmıştır. Sonuçlar analiz edildiğinde, bazı hassas becerilere ilişkin beklenti açığı olduğu görülmüştür. Söz konusu beklenti açığının en fazla olduğu üç hassas becerinin sözlü iletişim becerileri, iş arkadaşlarıyla ve müşterilerle kişilerarası beceriler ve yazılı iletişim becerileri olduğu görülmüştür.

Esa vd. (2013)'nin çalışmasında, hassas becerilerin mühendislik müfredatında uygulanması ile ilgili öğrenciler ve öğretim elemanları arasındaki görüş farkı analiz edilmiştir. İnşaat mühendisliği bölümündeki öğrenci ve öğretim elemanlarına uygulanan anket değerlendirildiğinde, verilen eğitim ile iletişim, yaşam boyu öğrenme, girişimcilik, ahlaki ve mesleki etik becerilerinin ortalama bir düzeyde kazandırıldığı görülmüştür.

Wilson ve Marnewick (2018)'in çalışmasında mühendislerin sahip olduğu hassas beceriler ile sektörün beklentileri arasındaki fark araştırılmış ve kişilerarası beceriler, esneklik, liderlik, organizasyonel beceriler, güvenilirlik ve girişimcilik becerilerinde sektörün beklentisi ile mezun mühendislerin yetkinlikleri arasında fark olduğu görülmüştür.

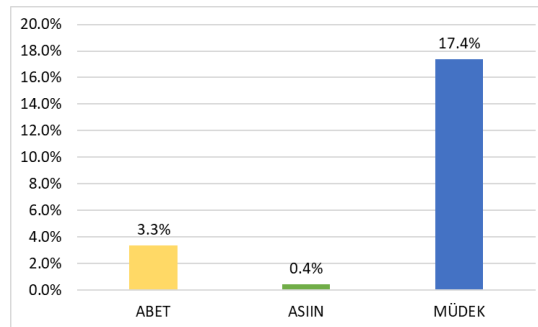
Naiem ve Abdellatif (2015)'in çalışmasında bilgisayar bilimi ve yazılım mühendisliği mezunlarının, hassas becerilere ilişkin farkındalık düzeylerini ve bu becerileri yükseköğretim kurumunda verilen eğitim ile kazanım düzeylerini değerlendirmek için mezunlara on yedi hassas beceri içeren bir anket uygulanmıştır. Anketler değerlendirildiğinde bilgisayar bilimi ve yazılım mühendisliği için mezunların sahip olduğu hassas beceri düzeyi ile çalışma alanının gerektirdiği hassas beceri düzeyi arasında bir boşluk olduğunu ve yükseköğretim kurumlarının bu konuda daha fazla etkin rol oynaması gerektiği sonucu çıkmıştır.

Mühendislerin sahip olması gereken becerilere ilişkin gerçekleştirilen yayınlar incelendiğinde, teknik beceriler, mühendislik disipline göre çeşitlilik gösterdiği için genellikle hassas (teknik olmayan) becerilerin araştırıldığı görülmüştür. Teknik becerilere çalışmada yer veren araştırmacıların (Chaibate vd., 2019; Ramadi, Ramadi ve Nasr, 2016; Yaacoub vd., 2011) ise akreditasyon kuruluşlarının veya ülkelerin yükseköğretim kurumları tarafından belirlenen teknik becerileri kullandıkları görülmüştür.

8.3.2. Akreditasyon Kuruluşları Tarafından Belirlenen Program Çıktılarının Analizi

Her mühendislik programının, üniversitenin misyon ve vizyonuna hizmet eden eğitim hedeflerini tanımlaması gerekmektedir. Programın eğitim hedeflerine ulaşabilmesi için program müfredatında yer alan derslerin kazandırdığı bilgi ve becerileri temsil eden mühendislik programının öğrenme çıktıları da belirlenmelidir. Öğrenme çıktıları, genellikle tanınmış akreditasyon kurum ve kuruluşları tarafından oluşturulan kriterlerden türetilmektedir. Programın öğrenme çıktılarının programdaki farklı derslerin çıktılarıyla kazandırılması beklenmektedir (Khan, Mourad ve Zahid, 2016).

Akreditasyon kuruluşları, teknik çözümlere ek olarak mühendislik çözümlerinin küresel, ekonomik, çevresel ve sosyal bağlamdaki etkisini anlamak için geniş kapsamlı program çıktılarının gerekli olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, bu kurumlar, müfredatın teknik içeriğini tamamlayan program ve kurum hedefleriyle tutarlı bir genel eğitim bileşeninin de müfredata dâhil edilmesi gerektiği konusunda ortak bir görüşe sahiptir (Lyman, 2001). Türkiye’deki üniversitelerin lisans düzeyi mühendislik programlarının akredite edilme durumları 2019 yılı itibari ile incelenmiştir. Şekil 8.2’de görüldüğü gibi bu programların %17,4’ü ulusal akreditasyon kuruluşu MÜDEK, %3,3’ü uluslararası akreditasyon kuruluşu ABET ve %0,4’ü uluslararası akreditasyon kuruluşu ASIIN tarafından akredite edilmiştir. MÜDEK, ABET ve ASIIN tarafından belirlenen program çıktıları sırası ile Çizelge 8.3’te, Çizelge 8.4’te ve Çizelge 8.5’te sunulmuştur. Bahse konu program çıktılarındaki yer alan hassas beceriler Çizelge 8.6’da ve teknik beceriler Çizelge 8.7’de özetlenmiştir. Bu çizelgelerden de anlaşılabacağı gibi akreditasyon kurulları matematik, bilim veya teknolojinin yanı sıra etkili iletişim, yaşam boyu öğrenme, ekip çalışması gibi hassas becerilere de önem vermektedir.



Şekil 8.2. Lisans düzeyi mühendislik programlarının akredite oranı

Çizelge 8.3. MÜDEK program çıktıları

MÜDEK Program Çıktıları
Matematik, fen bilimleri ve ilgili mühendislik disiplinine özgü konularda yeterli bilgi birikimi; bu alanlardaki kuramsal ve uygulamalı bilgileri, karmaşık mühendislik problemlerinde kullanabilme.
Karmaşık mühendislik problemlerini saptama, tanımlama, formüle etme ve çözme; bu amaçla uygun analiz ve modelleme yöntemlerini seçme ve uygulama.
Karmaşık bir sistemi, süreci, cihazı veya ürünü gerçekçi kısıtlar ve koşullar altında, belirli gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlama; bu amaçla modern tasarım yöntemlerini uygulama.
Mühendislik uygulamalarında karşılaşılan karmaşık problemlerin analizi ve çözümü için gerekli olan modern teknik ve araçları geliştirme, seçme ve kullanma becerisi; bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma.
Karmaşık mühendislik problemlerinin veya disipline özgü araştırma konularının incelenmesi için deney tasarlama, deney yapma, veri toplama, sonuçları analiz etme ve yorumlama.
Disiplin içi ve çok disiplinli takımlarda etkin biçimde çalışabilme becerisi; bireysel çalışma.
Türkçe sözlü ve yazılı etkin iletişim kurma becerisi; en az bir yabancı dil bilgisi, etkin rapor yazma ve yazılı raporları anlama, tasarım ve üretim raporları hazırlayabilme, etkin sunum yapabilme, açık ve anlaşılır talimat verme ve alma.
Yaşam boyu öğrenmenin gerekliliği bilinci; bilgiye erişebilme, bilim ve teknolojiye gelişmeleri izleme ve kendini sürekli yenileme.
Etik ilkelerine uygun davranma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci; mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.
Proje yönetimi, risk yönetimi ve değişiklik yönetimi gibi, iş hayatındaki uygulamalar hakkında bilgi; girişimcilik, yenilikçilik hakkında farkındalık; sürdürülebilir kalkınma hakkında bilgi.
Mühendislik uygulamalarının evrensel ve toplumsal boyutlarda sağlık, çevre ve güvenlik üzerindeki etkileri ve çağın mühendislik alanına yansıyan sorunları hakkında bilgi; mühendislik çözümlerinin hukuksal sonuçları konusunda farkındalık.

Çizelge 8.4. ABET program çıktıları

ABET Program Çıktıları
Mühendislik, fen ve matematik prensiplerini uygulayarak karmaşık mühendislik problemlerini belirleme, formüle etme ve çözme.
Halk sağlığı, güvenliği ve refahı ile küresel, kültürel, sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurularak belirtilen ihtiyaçları karşılayan çözümler üretmek için mühendislik tasarımını uygulama.
Farklı dinleyici gruplarıyla etkili iletişim kurabilme.
Mühendislik görevlerinde etik ve profesyonel sorumlulukların farkına varma ve mühendislik çözümlerinin küresel, ekonomik, çevresel ve toplumsal bağlamdaki etkilerini göz önünde bulundurarak bilinçli kararlar verme.
Bir takımın üyelerinin, hep birlikte liderlik sağlamasını, işbirlikçi ve kaynaştırıcı bir ortam yaratmasını, amaçları belirlemesini, görevleri planlamasını ve hedefleri karşılamasını etkin bir şekilde gerçekleştirebilme.
Uygun deneyler geliştirme ve yürütme, verileri analiz etme ve yorumlama ve sonuçları çıkarmak için mühendislik kararlarını kullanma.
Uygun öğrenme stratejilerini kullanarak gerektiğinde yeni bilgileri edinme ve uygulama.

Çizelge 8.5. ASIIN program çıktıları

ASIIN Program Çıktıları
Derinlemesine teorik ve pratik örneklerle mühendislik ve doğa bilimleri arasından seçilen alanların geniş bir şekilde anlaşılması, seçilen mühendislik disiplininin ilke ve yasalarını ve çalışma ortamlarında kullanılan yöntemlere aşinalık.
Derinlemesine teorik ve pratik örneklerle temel mikro ve makroekonomik bağlamların geniş bir şekilde anlaşılması, farklı iş fonksiyonlarının sorumluluklarına aşinalık ve operasyonel, makro-ekonomik ve yönetimle ilgili süreçlerin yanı sıra bu süreçlerin karşılıklı etkilerinin de anlaşılması.
Ekonomik, teknik ve sosyal yönleri ve süreçleri bir araya getiren bir dizi birbiriyle ilişkili ve bütünleşmiş konuları geniş bir anlayışa sahip olma, koordinasyon, iletişim, metodoloji ve liderlik ilkelerine aşinalık.
Deneycilik anlayışı ve akademik araştırma ve yazma yöntemlerine aşinalık.
Teknik ve ekonomik görevleri ve sorunları bütünleştirici bir şekilde tanımlayabilme, soyutlayabilme, yapılandırabilme ve çözebilme.
Yöntem ve süreçleri kavrama, analiz etme ve değerlendirme.
Belirli süreç ve verilerin analizlerine dayalı olarak uygulama odaklı çözümler geliştirme, optimize etme ve kullanma.
Akademik araştırma ve yazma yöntemlerine dayalı olarak ilgili birincil ve ikincil teknik ve ekonomik verileri toplama ve yorumlama.
Yeterli modelleme, simülasyon, tasarım ve uygulama yöntemlerini seçebilme ve uygulayabilme.
Yeterli teknik ve ekonomik sistemleri değerlendirme, planlama ve seçme.
Literatür araştırması yapma ve çalışmalar için uzman verilerini kullanma.
Ekonominin ekonomik, politik, sosyal ve yasal çerçevesini kavrama ve değerlendirme.
Etik tartışmaya dayalı rasyonel kararlar verme, bölümler arası, nitel ve nicel problemlere yenilikçi ve etkili çözümler bulmak için eleştirel düşünme.
Hem sözlü hem de yazılı olarak mantıklı ve ikna edici bir şekilde ifade etme ve uzman meslektaşları ile farklı disiplinlerde ve farklı kültürlerde kendi disiplinlerinin içeriği ve sorunları hakkında iletişim kurma.
Farklı durumlarda, uluslararası ortamlarda, çeşitli disiplinlerde yapıcı bir şekilde diğerleriyle etkili bir şekilde iş birliği yapma.
Teknik ve ekonomik bağlamdaki karmaşık görev ve problemleri bütün disiplinlerde bütünsel ve sistematik bir şekilde tanıma ve çözme.
Sağlık, güvenlik, yasal konular ve mühendislik uygulamasının sorumlulukları ile mühendislik çözümlerinin toplumsal ve çevresel bağlamdaki etkisi hakkında farkındalık.
Ekonomik, ekolojik ve güvenlik gerekliliklerinin yanı sıra sürdürülebilirlik ve çevresel uyumluluk göz önünde bulundurularak sorumlulukları farklı alanlarda uygulama ve bağımsız olarak pekiştirme becerisi.
Ekonomik, ekolojik, teknik ve sosyal gereklilikleri göz önünde bulundurarak, pratik çalışmalarda uygun bilimsel yöntemleri ve yeni mühendislik ve ekonomik ortam bulgularını kullanma.
Bireysel olarak ve uluslararası bir grubun parçası olarak çalışma, projeleri etkili bir şekilde organize etme, uygulama ve liderliğin sorumluluklarına alışma.
Çalışma ortamına kolaylıkla adapte olabilme ve farklı düzeylerdeki partnerler ile iş birliği yapabilme.
Modern bilgi teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma.
Bağımsız olarak bilgi edinme, eğitimlerine ve çalışmalarına devam etme.
Mühendislik ve doğa bilimlerindeki yeni bulguları, ekonomik, ekolojik ve güvenlik gerekliliklerinin yanı sıra sürdürülebilirlik ve çevresel uyumluluk göz önünde bulundurularak endüstriyel ve ticari üretime aktarma.

Çizelge 8.6. Akreditasyon kuruluşları tarafından belirlenen hassas (teknik olmayan) beceriler

Hassas Beceri	ABET	ASIIN	MUDEK
Adaptasyon / Değişiklik yönetimi		✓	✓
Araştırma becerisi	✓	✓	✓
Bilgi teknolojisinin yeterliliği		✓	
Bilgiyi uygulama	✓	✓	✓
Bireysel çalışma	✓	✓	✓
Bireysel öğrenme	✓	✓	✓
Disiplinler arası ilişki / Farklı bakış açılarını anlama	✓	✓	✓
Eleştirel düşünce		✓	
Etik farkındalık	✓		✓
Girişimcilik hakkında farkındalık			✓
Karar verme	✓	✓	✓
Kişiler arası ilişki	✓	✓	✓
Liderlik	✓	✓	
Öğrenmek için istek / Kendini sürekli yenileme			✓
Planlama becerisi	✓	✓	
Pratik düşünme ve davranma			
Problemleri tanımlama ve çözme	✓	✓	✓
Program / Proje yönetimi		✓	✓
Sorumluluk		✓	
Sözlü iletişim	✓	✓	✓
Sunum becerisi			✓
Takım çalışması ve iş birliği	✓	✓	✓
Yabancı dillerin etkin kullanımı			✓
Yaratıcı / yenilikçi olma			✓
Yaşam boyu öğrenme bilinci		✓	✓
Yazılı iletişim	✓	✓	✓

Çizelge 8.7. Akreditasyon kuruluşları tarafından belirlenen zor (teknik) beceriler

Teknik Beceriler	ABET	ASIIN	MÜDEK
Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma		✓	
Deney tasarlama, deney yapma	✓	✓	✓
En az bir yabancı dili etkin kullanabilme			✓
İlgili mühendislik disiplinine özgü bilimsel bilgi	✓		✓
Modern tasarım yöntemlerini uygulama			✓
Proje yönetimi			✓
Risk yönetimi			✓
Sistem tasarımı ve analizi	✓	✓	✓
Sürdürülebilir kalkınma		✓	✓
Teknik raporları/projeleri yazabilme		✓	✓
Temel ekonomi bilgisi	✓	✓	
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama	✓	✓	✓

8.3.3. İş İlanlarının Analizi

Yükseköğretim kurumları, küresel dünyanın zorluklarını karşılamak için beşerî sermaye üretmede önemli bir role sahiptir (Abbas vd., 2013). Bu nedenle, yükseköğretim kurumlarının, öğrencileri küresel ekonominin yeni dönemi olan 21. yüzyıl koşullarına göre eğitmesi gerekmektedir. Ancak, yükseköğretim kurumlarında kazanılan beceriler ile sektörün beklentileri arasındaki “beklenti açığı” olarak adlandırılan bir fark oluşmaktadır (Berglund ve Heintz, 2014; Dubey ve Tiwari, 2020).

Sektörün mühendislerden beklediği hassas becerilerin incelenmesi için Kariyer.net iş ilanı sitesinde 2019 yılının nisan, mayıs ve haziran ayında yayınlanmış olan 1000 adet iş ilanı incelenmiştir. İş ilanları seçilirken belirli bir mühendislik bölümünde yoğunlaşma olmaması, her türlü pozisyon ve sektörden iş ilanının analiz edilebilmesi için pozisyon, sektör, bölüm, çalışma şekli, firma özellikleri, ilan dili, iş tecrübesi, şehir vb. arama kriterleri ile filtreleme yapılmamış, sadece *mühendis*, *mühendisi* ve *mühendisliği* anahtar kelimeleri kullanılarak arama yapılmıştır. Bu farklı disiplinler için ilanlarda talep edilen beceriler, hassas (teknik olmayan) ve zor (teknik) beceriler olarak ayrılmış ve sadeleştirilmiştir. Listelenen hassas (teknik olmayan) beceriler Çizelge 8.8’de sunulmuştur.

Çizelge 8.8. İş ilanlarından derlenen hassas beceriler

Hassas Beceri Listesi
Akıcı ve düzgün diksiyon becerisi
Analitik düşünme becerisi
Analiz becerisi
Çok yönlü, global bakış açısına sahip olma becerisi
Çözüm alternatifleri üretebilme becerisi
Detaylara önem verme becerisi
Dinamik çalışma ortamına uyum sağlayabilme becerisi
Ekip çalışmasına yatkın olma becerisi
Etkili yazılı ve sözlü iletişim bilgi ve becerisi
İkna kabiliyeti becerisi
İnisiyatif kullanabilme becerisi
Kendini ve düşüncelerini doğru ve eksiksiz olarak ifade edebilme becerisi
Koordinasyon becerisi
Kriz yönetimi becerisi
Liderlik vasıflarına sahip olma becerisi
Motivasyonunu yüksek tutabilme becerisi
Organizasyon yeteneğine sahip olma becerisi
Öğrenmeye ve kendini geliştirmeye açık

Çizelge 8.8. İş ilanlarından derlenen hassas beceriler (devamı)

Performans odaklı çalışma becerisi
Problem çözebilme becerisi
Rekabet ortamında çalışma becerisi
Sistematik çalışma becerisi
Sonuç odaklı olma becerisi
Sorumluluk alabilme ve özverili olma becerisi
Sözlü ve yazılı iletişim becerisi
Stratejik düşünebilme becerisi
Stres yönetimi becerisi
Sunum becerisi
Takım çalışması becerisi
Temsil ve müzakere becerisi
Yeni teknolojileri öğrenme becerisi
Yenilikçi fikirler önerme ve bu fikirleri gerçekleştirme becerisi
Zaman yönetimi becerisi

8.3.4. Hassas (Teknik Olmayan) ve Zor (Teknik) Becerilerin Seçilmesi

Akademik yayınların, akreditasyon kuruluşlarının belirlediği program çıktılarının ve iş ilanlarının analizi ile belirlenen hassas beceriler arasından 40 tanesi bu çalışmada T-tipi mühendis kavramının yatay bileşeni için seçilmiştir. Seçilen 40 adet hassas beceri, Vedhathiri (2016)'nin ve Andersson ve Logofatu (2018)'nin çalışmaları ile NCVER (2003) tarafından sunulan rapor dikkate alınarak alt kriterlere ayrılmış ve Çizelge 8.9'da sunulmuştur.

Teknik beceriler için gerçekleştirilen akademik yayın, akreditasyon kuruluşlarının belirlediği program çıktılarının ve iş ilanlarının analizi sonucunda mühendislik disiplinine göre talep edilen teknik becerilerin farklılaştığı görülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmada tüm mühendislik disiplinleri için ortak talep edilen teknik becerilerden dokuz tanesi seçilmiş ve Çizelge 8.10'da sunulmuştur.

Çizelge 8.9. Teknik olmayan beceri listesi

Temel Kriter	Alt Kriter	Alt Kriteria Bağlı Özellikler
Teknik Olmayan Beceri (TOB)	Kişisel Yönetim (TOB1)	Farklı görevleri üstlenebilme (TOB 1(1))
		Sorumluluk bilinci (TOB 1(2))
		Değişimi yönetebilme (TOB 1(3))
		Duygu kontrolü (TOB 1(4))
		Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme (TOB 1(5))
		Özgüvene sahip olma (TOB 1(6))
		Stresi yönetebilme (TOB 1(7))
		Zamanı yönetebilme (TOB 1(8))
	İletişim (TOB2)	Sözlü olarak etkili iletişim kurma (TOB 2(1))
		Etkili sunum yapabilme (TOB 2(2))
		Çatışma yönetimi becerisi (TOB 2(3))
		Vücut dilini kullanabilme (TOB 2(4))
		Yazılı olarak etkili iletişim kurma (TOB 2(5))
		Müzakere yeteneğine sahip olma (TOB 2(6))
	Çevresiyle uyum (TOB3)	Çalışma ortamına adapte olma (TOB 3(1))
		Çok yönlü/disiplinli ve global bakış açısına sahip olma (TOB 3(2))
		Diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme (TOB 3(3))
		Çevresindeki kişilerle iyi ilişki kurabilme (TOB 3(4))
		Sorunların ve çözümlerin tanımlanmasında görüş bildirebilme (TOB 3(5))
		Eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme (TOB 3(6))
	Takım çalışması (TOB 4)	Multidisipliner ve multi-kültürel takımlarda çalışabilme (TOB 4(1))
		Takım üyelerinden herhangi bir üyenin yerine geçiş yapabilme (TOB 4(2))
		Takım üyeleriyle fikir alışverişinde bulunabilme (TOB 4(3))
	Liderlik (TOB 5)	Çalışmaya liderlik edebilme (TOB 5(1))
		Takım oluşturma ve yönetebilme (TOB 5(2))
		Takımı motive edebilme (TOB 5(3))
		Takım üyelerini denetleyebilme (TOB 5(4))
	Öğrenme ve bilgi yönetimi (TOB 6)	Kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip olma (TOB 6(1))
		Öğrenme için kaynakları (kitaplar, yazılım vb.) belirleyebilme (TOB 6(2))
		Alanındaki yenilikleri takip etme (TOB 6(3))
		Çağdaş konular hakkında bilgi sahibi olma (TOB 6(4))
		Yasam boyu öğrenim gereğini algılamış ve bu beceriyi kazanmış olma (TOB 6(5))
	Kritik düşünme ve problem çözme (TOB 7)	Analitik düşünme (TOB 7(1))
		Eleştirel düşünme (TOB 7(2))
		Pratik düşünme ve davranabilme (TOB 7(3))
		Yaratıcı düşünme (TOB 7(4))
		Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme (TOB 7(5))
		İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme (TOB 7(6))
		Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme (TOB 7(7))
		Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme (TOB 7(8))

Çizelge 8.10. Teknik beceri listesi

Temel Kriter	Alt Kriter
Teknik Beceri (TB)	En az bir programlama diline hâkim olma (TB1)
	Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama (TB2)
	Proje yönetimi (TB3)
	Teknik raporları/projeleri yazabilme (TB4)
	MS Office ürünlerini etkin kullanabilme (TB5)
	Sistem tasarımı ve analizi (TB6)
	Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma (TB7)
	Temel ekonomi bilgisi (TB8)
	En az bir yabancı dili etkin kullanabilme (TB9)

8.4. T-Tipi Mühendis Becerilerinin Farklı Mühendislik Branşları Açısından Değerlendirilmesi

T-tipi mühendislik becerilerinin önem sırasının, mühendislik branşları açısından farklılaşma durumunun analiz edilebilmesi için çalışma kapsamında T-tipi mühendislik için belirlenen zor (teknik) beceri ve hassas (teknik olmayan) beceriler, endüstri mühendisliği ve elektrik-elektronik mühendisliği açısından önerilen ADSB-AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir.

ADSB-AHP yöntemi ile uygulamaya başlamadan önce, uzmanların kriterleri karşılaştırmak için kullanacağı dilsel terimlere ve bu dilsel terimlere karşılık gelen ADSB değerler belirlenmiştir. Kriterlerin karşılaştırılması için literatürdeki bazı çalışmalarda (Abdullah ve Najib, 2016; Büyüközkan ve Göçer, 2018; Chen, 2016; Fahmi vd., 2015; Lv vd., 2019; Mousavi vd., 2019; Onar vd., 2015; Zhao ve Xu, 2016) kullanılan ölçekler incelendiğinde; dilsel terimler ve dilsel terimlere karşılık gelen ADSB değerlerin farklılaştığı görülmektedir. Yani, çalışmada kullanılacak dilsel terimler ve dilsel terimlere karşılık gelen ADSB değerler için kesin bir değer bulunmamakta olup kullanıcıya bırakılmıştır.

Saaty (1980), kriterlerin karşılaştırılması için alt sınırı 1, üst sınırı 9 ve ardışık ölçek değerleri arasında bir birim fark bulunan ölçeğini tasarlarken Weber'in 1946 yılında insanların sonsuz bir kümeden seçim yapamadıklarına, 20 ve 20.5 gibi birbirine yakın iki değeri birbirinden ayırt edemediklerine ilişkin yasasını (Saaty, 2001) dikkate almıştır. Ek olarak, Miller (1956)'ın, bireylerin aynı anda yediden fazla nesneyi (artı veya eksi iki) karşılaştıramayacağını gösterdiği raporunu da dikkate almıştır.

Bu çalışma kapsamında kriterlerin karşılaştırılması için kullanılacak ölçek, Saaty (1980)'nin ve Miller (1956)'ın raporları ile literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak hazırlanmış ve Çizelge 8.11'de sunulmuştur. Karşılaştırma matrislerinin diyagonal ekseninde yer alan hücreler, yani her bir kriterin kendisiyle karşılaştırıldığı hücre için Tamamen Eşit (TE) dilsel terimi kullanılmakta olup bu terime karşılık gelen ADSB değeri ([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])'dir.

Çizelge 8.11. Dilsel terimler ve karşılık gelen ADSB sayılar

Dilsel Terim	Kısaltma	ADSB Sayılar
Kesinlikle Yüksek	KY	([0,80, 0,85], [0,05, 0,10])
Çok Yüksek	ÇY	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])
Yüksek	Y	([0,65, 0,70], [0,15, 0,20])
Orta Yüksek	OY	([0,55, 0,60], [0,25, 0,30])
Yaklaşık Eşit	YE	([0,40, 0,45], [0,35, 0,45])
Orta Düşük	OD	([0,25, 0,30], [0,55, 0,60])
Düşük	D	([0,15, 0,20], [0,65, 0,70])
Çok Düşük	ÇD	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])
Kesinlikle Düşük	KD	([0,05, 0,10], [0,80, 0,85])

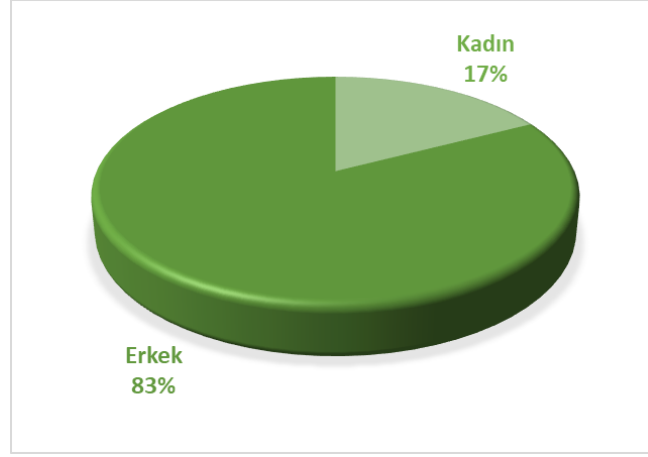
Adım 1. Kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesi.

T-tipi mühendislik kavramı çerçevesinde ele alınan hassas (teknik olmayan) ve zor (teknik) beceriler Bölüm 8.3'te belirlenmiştir.

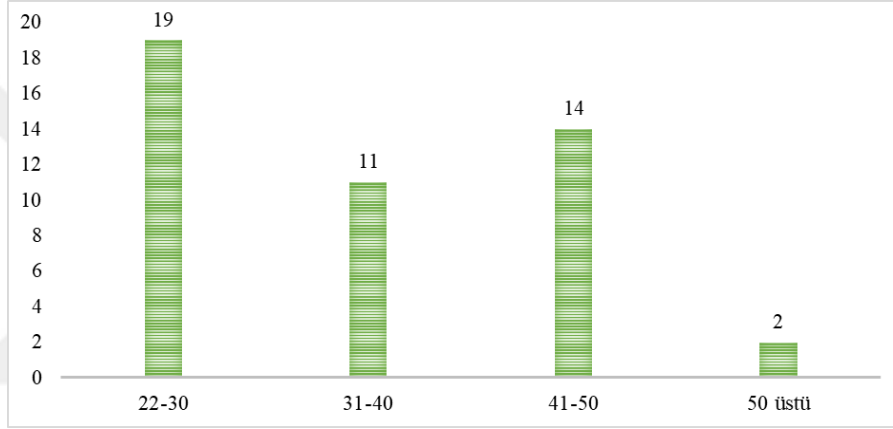
Adım 2. Uzman gruplarının oluşturulması ve grup ağırlıklarının hesaplanması.

Bu çalışma kapsamında kriterlerin, alt kriterlerin ve alt kriterlere bağlı özelliklerin önem sırasının belirlenmesi için görüş alınan 46 uzman, sektörde çalışan mühendisler, mühendislerin işverenleri ve amirlerinden oluşmaktadır. Görüş belirten uzmanların 8'i kadın, 38'i erkektir (Şekil 8.3).

Uzmanların yaş dağılımını sunan Şekil 8.4 incelendiğinde; 22-30 yaş aralığında 19 uzmanın, 31-40 yaş aralığında 11 uzmanın, 41-50 yaş aralığında 14 uzmanın ve 50 yaş üzerinde 2 uzmanın görüş belirttiği görülmektedir.



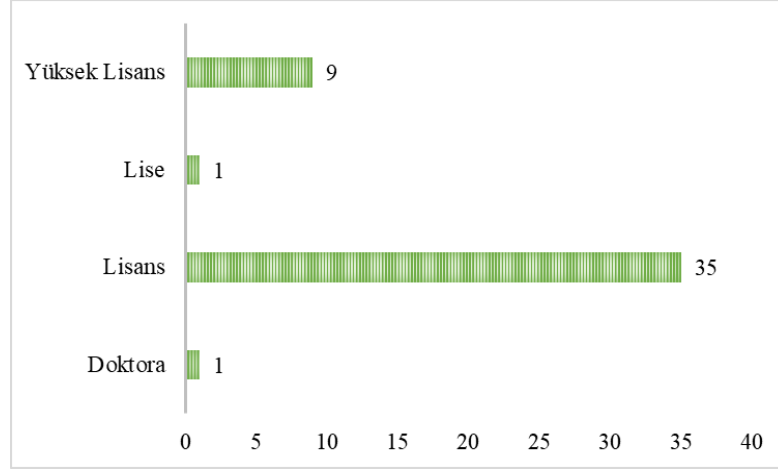
Şekil 8.3. Uzmanların cinsiyet dağılımı



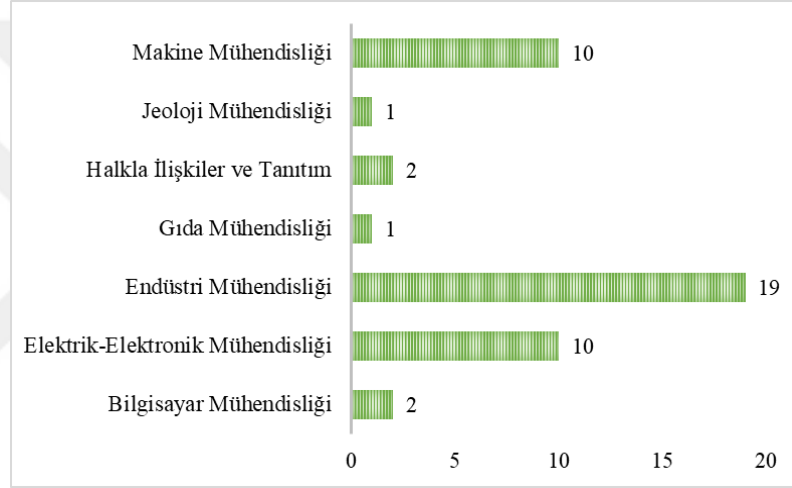
Şekil 8.4. Uzmanların yaş dağılımı

Uzmanların eğitim düzeyleri ve mezun oldukları bölümlere ilişkin dağılımlar sırası ile Şekil 8.5'te ve Şekil 8.6'da sunulmuş olup uzmanların 35'i lisans, 9'u yüksek lisans, 1 tanesi lise ve 1 tanesi de doktora mezunudur. Ek olarak görüş belirten uzmanların 19'u endüstri mühendisliği, 10'u makine mühendiliği, 10'u elektrik-elektronik mühendiliği, 2'si bilgisayar mühendisliği, 2'si halkla ilişkiler ve tanıtım, 1'i jeoloji mühendisliği ve 1'i de gıda mühendisliği bölümünden mezun olmuştur.

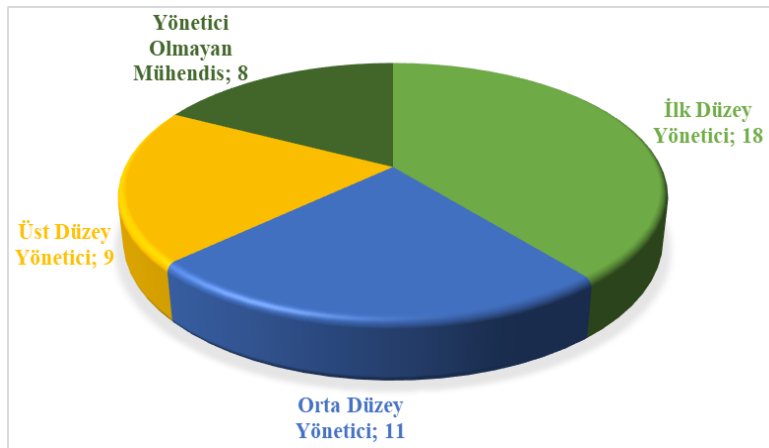
Uzmanların 9'u üst düzey yönetici, 11'i orta düzey yönetici, 18'i ilk düzey yönetici ve 8'i yönetici olmayan mühendistir (Şekil 8.7). Ek olarak, mevcut unvanlarındaki çalışma yıllarının dağılımı Şekil 8.8 aracılığı ile incelendiğinde; 1 uzmanın 1 yıldan az, 20 uzmanın 1-3 yıl, 19 uzmanın 4-6 yıl, 6 uzmanın ise 6 yıl üzeri tecrübesi olduğu görülmektedir.



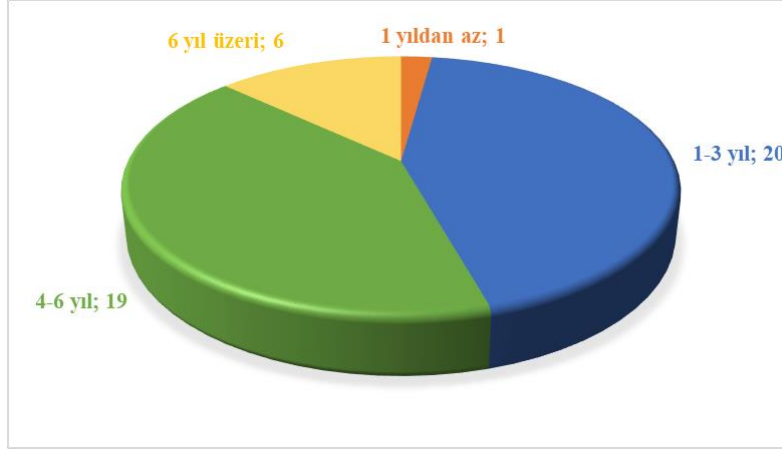
Şekil 8.5. Uzmanların eğitim düzeyi dağılımı



Şekil 8.6. Uzmanların mezun olduğu bölüm dağılımı



Şekil 8.7. Uzmanların unvan dağılımı



Şekil 8.8. Uzmanların çalışma yılı dağılımı

Uzmanların 20'si temel kriterleri ve alt kriterleri endüstri mühendisliği açısından; 15'i ise elektrik elektronik mühendisliği açısından değerlendirmiştir. Temel kriterler ve alt kriterler için görüş belirten uzmanların 9'u her iki mühendislik alanı için de görüş belirtmiştir. Alt kriterlere bağlı özellikler için görüş belirten 20 uzmandan 10'u endüstri mühendisliği, 10'u elektrik-elektronik mühendisliği için görüş belirtmiştir. Görüş alınan uzmanlar, *eğitim düzeyi, mezun olunan bölüm, iş seviyesi (unvan), çalışılan kurum türü, şirket büyüklüğü, mevcut unvanındaki çalışma yılı* kriterleri dikkate alınarak gruplandırılmıştır.

Temel kriterleri ve alt kriteri endüstri mühendisliği veya elektrik elektronik mühendisliği açısından değerlendiren uzmanlar gruplandırılarak Çizelge 8.12'de ve Çizelge 8.13'te ve alt kriterlere bağlı özellikleri endüstri mühendisliği veya elektrik elektronik mühendisliği açısından değerlendiren uzmanlar gruplandırılarak Çizelge 8.14'te ve Çizelge 8.15'te sunulmuştur.

Çizelge 8.12. Endüstri mühendisliği açısından temel kriter ve alt kriterleri değerlendiren uzman grupları

Grup No	Dilsel Terim	Grup Üyeleri
1	Çok Yüksek Nitelikli	Uzman 1, Uzman 3, Uzman 6, Uzman 14, Uzman 18
2	Yüksek Nitelikli	Uzman 7, Uzman 9, Uzman 13, Uzman 15, Uzman 19, Uzman 20
3	Orta Nitelikli	Uzman 2, Uzman 5, Uzman 12, Uzman 16, Uzman 17
4	Düşük Nitelikli	Uzman 4, Uzman 8
5	Çok Düşük Nitelikli	Uzman 10, Uzman 11

Çizelge 8.13. Elektrik- elektronik mühendisliği açısından temel kriter ve alt kriterleri değerlendiren uzman grupları

Grup No	Dilsel Terim	Grup Üyeleri
1	Çok Yüksek Nitelikli	Uzman 1, Uzman 3, Uzman 7, Uzman 14
2	Yüksek Nitelikli	Uzman 6, Uzman 20, Uzman 26
3	Orta Nitelikli	Uzman 2, Uzman 22, Uzman 23, Uzman 24
4	Düşük Nitelikli	Uzman 4, Uzman 5, Uzman 25
5	Çok Düşük Nitelikli	Uzman 21

Çizelge 8.14. Endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerine bağlı özellikleri değerlendiren uzman grupları

Grup No	Dilsel Terim	Grup Üyeleri
1	Çok Yüksek Nitelikli	Uzman 27, Uzman 28, Uzman 30
2	Yüksek Nitelikli	Uzman 29, Uzman 32
3	Orta Nitelikli	Uzman 33, Uzman 34
4	Düşük Nitelikli	Uzman 35, Uzman 36
5	Çok Düşük Nitelikli	Uzman 31

Çizelge 8.15. Elektrik- elektronik mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerine bağlı özellikleri değerlendiren uzman grupları

Grup No	Dilsel Terim	Grup Üyeleri
1	Çok Yüksek Nitelikli	Uzman 40, Uzman 45
2	Yüksek Nitelikli	Uzman 42, Uzman 43
3	Orta Nitelikli	Uzman 39, Uzman 41, Uzman 44
4	Düşük Nitelikli	Uzman 46
5	Çok Düşük Nitelikli	Uzman 37, Uzman 38

Uzman gruplarının sahip olduğu dilsel terimlere karşılık gelen ADSB değerler belirlenirken Abdullah vd. (2019) tarafından uzmanların değerlendirilmesinde kullanılan ölçekten yararlanılmıştır (Çizelge 8.16). Bu dilsel terimlere karşılık gelen ADSB sayılar, Eşitlik (6.1) ve Eşitlik (6.2) kullanılarak Çizelge 8.17’de sunulan uzman grubu ağırlıklarına dönüştürülmüştür.

Çizelge 8.16. Uzman gruplarının değerlendirilmesi için kullanılan ölçek (Abdullah vd., 2019)

Dilsel Terim	Kısaltma	ADSB Sayılar
Çok Yüksek Nitelikli	ÇYN	([0,875, 0,925], [0,025, 0,075])
Yüksek Nitelikli	YN	([0,725, 0,775], [0,175, 0,225])
Orta Nitelikli	ON	([0,450, 0,550], [0,350, 0,450])
Düşük Nitelikli	DN	([0,175, 0,325], [0,525, 0,675])
Çok Düşük Nitelikli	ÇDN	([0,050, 0,150], [0,750, 0,850])

Çizelge 8.17. Gruplara atanan dilsel terimler ve grup ağırlıkları

Grup No	Dilsel Terim	Kısaltma	γ_i	Grup Ağırlığı
1	Çok Yüksek Nitelikli	ÇYN	0,919	0,339
2	Yüksek Nitelikli	YN	0,773	0,285
3	Orta Nitelikli	ON	0,550	0,203
4	Düşük Nitelikli	DN	0,323	0,119
5	Çok Düşük Nitelikli	ÇDN	0,143	0,053

Adım 3. Bireysel karşılaştırma matrislerinin hazırlanması.

Uzmanların, temel kriter, alt kriter ve alt kriterlere bağlı özellikler için EK 2’de ve EK 3’te sunulan formlar aracılığı ile belirtmiş oldukları görüşler, dilsel terim BKM’lerine dönüştürülmüştür. Örnek olarak, teknik olmayan beceri alt kriterlerini endüstri mühendisliği açısından değerlendiren birinci uzmanın görüşleri ile oluşturulan dilsel terim BKM Çizelge 8.18’de sunulmuştur.

Daha sonra dilsel terim BKM’ler, Çizelge 8.11’de sunulan ölçek aracılığı ile ADSB BKM’lere dönüştürülmüştür. Örnek olarak, Çizelge 8.18’de sunulan dilsel terim BKM’nin, ADSB BKM’ye dönüştürülmüş formu Çizelge 8.19’da sunulmuştur.

Çizelge 8.18. Teknik olmayan beceri alt kriteri için dilsel terim bireysel karşılaştırma matrisi

	TOB 1	TOB 2	TOB 3	TOB 4	TOB 5	TOB 6	TOB 7
TOB 1	TE	ÇD	ÇD	D	OD	ÇD	ÇD
TOB 2	ÇY	TE	YE	YE	OY	D	ÇD
TOB 3	ÇY	YER	TE	YE	YE	D	ÇD
TOB 4	Y	YER	YER	TE	ÇY	YE	OD
TOB 5	OY	OD	YER	ÇD	TE	ÇD	ÇD
TOB 6	ÇY	Y	Y	YER	ÇY	TE	D
TOB 7	ÇY	ÇY	ÇY	OY	ÇY	Y	TE

Adım 4. Bireysel karşılaştırma matrisleri için tutarlılık analizi yapılması.

Her bir ADSB BKM'nin tutarlılığı Liao vd. (2014) tarafından önerilen çarpımsal yinelemeli yaklaşım ile analiz edilmiş ve tutarlı olmayan matrisler tutarlı hale dönüştürülmüştür. Tutarlılık analizi uygulamasının gösterilmesi için üç numaralı uzmanın endüstri mühendislerinin sahip olması gereken “Liderlik” teknik olmayan becerisine bağlı özelliklere ilişkin belirttiği görüşler ile oluşturulan ADSB BKM (Çizelge 8.20) kullanılmıştır.

Aşama 1. Mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisi ($\bar{R}$) Eşitlik (8.1)-Eşitlik (8.8) aralığındaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 8.21’de sunulmuştur.

$$\text{Eğer } k > i + 1 \text{ ise } \bar{r}(x_{ik}) = \left(\left[\bar{\mu}^L(x_{ik}), \bar{\mu}^U(x_{ik}) \right], \left[\bar{v}^L(x_{ik}), \bar{v}^U(x_{ik}) \right] \right) \quad (8.1)$$

$$\bar{\mu}^L(x_{ik}) = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu^L(x_{it}) \mu^L(x_{tk})}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu^L(x_{it}) \mu^L(x_{tk})} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1 - \mu^L(x_{it})) (1 - \mu^L(x_{tk}))}} \quad (8.2)$$

$$\bar{\mu}^U(x_{ik}) = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu^U(x_{it}) \mu^U(x_{tk})}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} \mu^U(x_{it}) \mu^U(x_{tk})} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1 - \mu^U(x_{it})) (1 - \mu^U(x_{tk}))}} \quad (8.3)$$

$$\bar{v}^L(x_{ik}) = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} v^L(x_{it}) v^L(x_{tk})}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} v^L(x_{it}) v^L(x_{tk})} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1 - v^L(x_{it})) (1 - v^L(x_{tk}))}} \quad (8.4)$$

$$\bar{v}^U(x_{ik}) = \frac{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} v^U(x_{it}) v^U(x_{tk})}}{\sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} v^U(x_{it}) v^U(x_{tk})} + \sqrt[k-i-1]{\prod_{t=i+1}^{k-1} (1 - v^U(x_{it})) (1 - v^U(x_{tk}))}} \quad (8.5)$$

Çizelge 8.19. Teknik olmayan beceri alt kriteri için ADSB bireysel karşılaştırma matrisi

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4
TOB1	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])	([0,15, 0,20], [0,65, 0,70])
TOB2	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,40, 0,45], [0,35, 0,45])	([0,40, 0,45], [0,35, 0,45])
TOB3	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,35, 0,45], [0,40, 0,45])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,40, 0,45], [0,35, 0,45])
TOB4	([0,65, 0,70], [0,15, 0,20])	([0,35, 0,45], [0,40, 0,45])	([0,35, 0,45], [0,40, 0,45])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])
TOB5	([0,55, 0,60], [0,25, 0,30])	([0,25, 0,30], [0,55, 0,60])	([0,35, 0,45], [0,40, 0,45])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])
TOB6	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,65, 0,70], [0,15, 0,20])	([0,65, 0,70], [0,15, 0,20])	([0,35, 0,45], [0,40, 0,45])
TOB7	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,55, 0,60], [0,25, 0,30])
	TOB5	TOB6	TOB7	
TOB1	([0,25, 0,30], [0,55, 0,60])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])	
TOB2	([0,55, 0,60], [0,25, 0,30])	([0,15, 0,20], [0,65, 0,70])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])	
TOB3	([0,40, 0,45], [0,35, 0,45])	([0,15, 0,20], [0,65, 0,70])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])	
TOB4	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,40, 0,45], [0,35, 0,45])	([0,25, 0,30], [0,55, 0,60])	
TOB5	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])	([0,10, 0,15], [0,75, 0,80])	
TOB6	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,15, 0,20], [0,65, 0,70])	
TOB7	([0,75, 0,80], [0,10, 0,15])	([0,65, 0,70], [0,15, 0,20])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	

$$\text{Eğer } k = i + 1 \text{ ise } \bar{r}(x_{ik}) = r(x_{ik}) \quad (8.6)$$

$$\text{Eğer } k < i \text{ ise } \bar{r}(x_{ik}) = \left([\bar{v}^L(x_{ik}), \bar{v}^U(x_{ik})], [\bar{\mu}^L(x_{ik}), \bar{\mu}^U(x_{ik})] \right) \quad (8.7)$$

$$\text{Eğer } k = i + 1 \text{ ise } \bar{r}(x_{ik}) = ([0.5, 0.5], [0.5, 0.5]) \quad (8.8)$$

Aşama 2. ADSB tercih ilişkisi (R) ve Aşama 1 ile hesaplanan mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisi ($\bar{R}$) arasındaki mesafe Eşitlik (8.9)'da sunulan şekilde hesaplanarak Çizelge 8.22'de sunulmuştur.

$$d(\bar{R}, R^{(0)}) = \frac{1}{4(4-1)(4-2)} \sum_{i=1}^{4-1} \sum_{k=i+1}^4 \left(\begin{aligned} &|\bar{\mu}^L(x_{ik}) - \mu^{L(0)}(x_{ik})| + |\bar{\mu}^U(x_{ik}) - \mu^{U(0)}(x_{ik})| + \\ &|\bar{v}^L(x_{ik}) - v^{L(0)}(x_{ik})| + |\bar{v}^U(x_{ik}) - v^{U(0)}(x_{ik})| + \\ &|\bar{\pi}^L(x_{ik}) - \pi^{L(0)}(x_{ik})| + |\bar{\pi}^U(x_{ik}) - \pi^{U(0)}(x_{ik})| \end{aligned} \right) \quad (8.9)$$

$= 0,165$

$d(\bar{R}, R^{(0)}) > 0.10$ olduğu için ADSB tercih ilişkisinin (R) tutarlı hale dönüştürülmesi gerekmektedir.

Aşama 3. ADSB tercih ilişkisi (R) tutarlı forma dönüşene kadar maksimum iterasyon sayısı (N) = 5, eşik değeri $\tau = 0,10$, tekrarlama adımı $\sigma = 0,20$ varsayımı altında iterasyon hesaplamaları yapılmıştır.

Birinci iterasyon ($p=1$), Eşitlik (8.10) ve Eşitlik (8.13) arasındaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 8.23).

Çizelge 8.20. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin ADSB tercih ilişkisi ($R^{(0)}$)

Uzman 3	TOB 5(1)	TOB 5(2)	TOB 5(3)	TOB 5(4)
TOB 5(1)	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,15,0,20],[0,65,0,70])
TOB 5(2)	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,40,0,45],[0,35,0,45])
TOB 5(3)	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,40,0,45],[0,35,0,45])
TOB 5(4)	([0,65,0,70],[0,15,0,20])	([0,40,0,45],[0,35,0,45])	([0,40,0,45],[0,35,0,45])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])

Çizelge 8.21. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisi ($\bar{R}$)

Uzman 3	TOB 5(1)	TOB 5(2)	TOB 5(3)	TOB 5(4)
TOB 5(1)	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,60,0,69],[0,10,0,16])	([0,30,0,40],[0,26,0,40])
TOB 5(2)	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,45,0,55],[0,15,0,26])
TOB 5(3)	([0,10,0,16],[0,60,0,69])	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,40,0,45],[0,35,0,45])
TOB 5(4)	([0,26,0,40],[0,30,0,40])	([0,15,0,26],[0,45,0,55])	([0,35,0,45],[0,40,0,45])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])

Çizelge 8.22. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin ADSB tercih ilişkisi (R) ve mükemmel (veya yaklaşık) çarpımsal tutarlı ADSB tercih ilişkisi ($\bar{R}$) arasındaki mesafe

Uzman 3	TOB 5(1)	TOB 5(2)	TOB 5(3)	TOB 5(4)
TOB 5(1)	([0,00,0,00],[0,00,0,00])	([0,00,0,00],[0,00,0,00])	([0,35,0,39],[0,45,0,44])	([0,15,0,20],[0,39,0,30])
TOB 5(2)	([0,00,0,00],[0,00,0,00])	([0,00,0,00],[0,00,0,00])	([0,00,0,00],[0,00,0,00])	([0,05,0,10],[0,20,0,19])
TOB 5(3)	([0,45,0,44],[0,35,0,39])	([0,00,0,00],[0,00,0,00])	([0,00,0,00],[0,00,0,00])	([0,00,0,00],[0,00,0,00])
TOB 5(4)	([0,39,0,30],[0,15,0,20])	([0,25,0,19],[0,10,0,10])	([0,05,0,00],[0,05,0,00])	([0,00,0,00],[0,00,0,00])

$$\hat{\mu}^{L(1)}(x_{ik}) = \frac{(\mu^{L(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (\bar{\mu}^L(x_{ik}))^{1(0,2)}}{(\mu^{L(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (\bar{\mu}^L(x_{ik}))^{1(0,2)} + (1 - \mu^{L(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (1 - \bar{\mu}^L(x_{ik}))^{1(0,2)}} \quad (8.10)$$

$$\hat{\mu}^{U(1)}(x_{ik}) = \frac{(\mu^{U(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (\bar{\mu}^U(x_{ik}))^{1(0,2)}}{(\mu^{U(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (\bar{\mu}^U(x_{ik}))^{1(0,2)} + (1 - \mu^{U(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (1 - \bar{\mu}^U(x_{ik}))^{1(0,2)}} \quad (8.11)$$

$$\hat{v}^{L(1)}(x_{ik}) = \frac{(v^{L(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (\bar{v}^L(x_{ik}))^{1(0,2)}}{(v^{L(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (\bar{v}^L(x_{ik}))^{1(0,2)} + (1 - v^{L(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (1 - \bar{v}^L(x_{ik}))^{1(0,2)}} \quad (8.12)$$

$$\hat{v}^{U(1)}(x_{ik}) = \frac{(v^{U(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (\bar{v}^U(x_{ik}))^{1(0,2)}}{(v^{U(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (\bar{v}^U(x_{ik}))^{1(0,2)} + (1 - v^{U(0)}(x_{ik}))^{1-1(0,2)} (1 - \bar{v}^U(x_{ik}))^{1(0,2)}} \quad (8.13)$$

Birinci iterasyon sonucunda elde edilen yeniden yapılandırılmış ADSB tercih ilişkisi ($\hat{R}^{(1)}$)'nin tutarlığının analiz edilmesi için $\hat{R}^{(1)}$ ile $\bar{R}$ arasındaki mesafe hesaplanmış ve Eşitlik (8.14)'te görüldüğü gibi $d(\bar{R}, \hat{R}^{(1)})$ değeri 0,128 bulunmuştur. $d(\bar{R}, \hat{R}^{(1)}) > 0,10$ olduğu için birinci iterasyon sonucunda elde edilen ADSB tercih ilişkisinin ($\hat{R}^{(1)}$) yeniden yapılandırılması için ikinci iterasyona geçilmiştir.

$$d(\bar{R}, \hat{R}^{(1)}) = \frac{1}{4(4-1)(4-2)} \sum_{i=1}^{4-1} \sum_{k=i+1}^4 \left(\begin{aligned} &|\bar{\mu}^L(x_{ik}) - \hat{\mu}^{L(1)}(x_{ik})| + |\bar{\mu}^U(x_{ik}) - \hat{\mu}^{U(1)}(x_{ik})| + \\ &|\bar{v}^L(x_{ik}) - \hat{v}^{L(1)}(x_{ik})| + |\bar{v}^U(x_{ik}) - \hat{v}^{U(1)}(x_{ik})| + \\ &|\bar{\pi}^L(x_{ik}) - \hat{\pi}^{L(1)}(x_{ik})| + |\bar{\pi}^U(x_{ik}) - \hat{\pi}^{U(1)}(x_{ik})| \end{aligned} \right) \quad (8.14)$$

$$= 0,128$$

İkinci İterasyon (p=2), Eşitlik (8.15) ve Eşitlik (8.18) arasındaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 8.24).

$$\hat{\mu}^{L(2)}(x_{ik}) = \frac{(\hat{\mu}^{L(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (\bar{\mu}^L(x_{ik}))^{2(0,2)}}{(\hat{\mu}^{L(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (\bar{\mu}^L(x_{ik}))^{2(0,2)} + (1 - \hat{\mu}^{L(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (1 - \bar{\mu}^L(x_{ik}))^{2(0,2)}} \quad (8.15)$$

Çizelge 8.23. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin birinci iterasyon (p=1) sonucunda yeniden yapılandırılan ADSB tercih ilişkisi ($\hat{R}^{(1)}$)

Uzman 3	TOB 5(1)	TOB 5(2)	TOB 5(3)	TOB 5(4)
TOB 5(1)	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,31,0,37],[0,43,0,50])	([0,17,0,23],[0,57,0,64])
TOB 5(2)	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,41,0,47],[0,30,0,41])
TOB 5(3)	([0,43,0,50],[0,31,0,37])	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,40,0,45],[0,35,0,45])
TOB 5(4)	([0,57,0,64],[0,17,0,23])	([0,34,0,41],[0,37,0,47])	([0,39,0,45],[0,36,0,45])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])

Çizelge 8.24. “TOB 5-Liderlik” alt kriterine bağlı özelliklere ilişkin ikinci iterasyon (p=2) sonucunda yeniden yapılandırılan ADSB tercih ilişkisi ($\hat{R}^{(2)}$)

Uzman 3	TOB 5(1)	TOB 5(2)	TOB 5(3)	TOB 5(4)
TOB 5(1)	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,42,0,50],[0,26,0,33])	([0,22,0,29],[0,44,0,55])
TOB 5(2)	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,55,0,60],[0,25,0,30])	([0,43,0,50],[0,23,0,34])
TOB 5(3)	([0,26,0,33],[0,42,0,50])	([0,25,0,30],[0,55,0,60])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])	([0,40,0,45],[0,35,0,45])
TOB 5(4)	([0,44,0,55],[0,22,0,29])	([0,25,0,34],[0,40,0,50])	([0,37,0,45],[0,38,0,45])	([0,50,0,50],[0,50,0,50])

$$\hat{\mu}^{U(2)}(x_{ik}) = \frac{(\hat{\mu}^{U(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (\bar{\mu}^U(x_{ik}))^{2(0,2)}}{(\hat{\mu}^{U(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (\bar{\mu}^U(x_{ik}))^{2(0,2)} + (1 - \hat{\mu}^{U(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (1 - \bar{\mu}^U(x_{ik}))^{2(0,2)}} \quad (8.16)$$

$$\hat{v}^{L(2)}(x_{ik}) = \frac{(\hat{v}^{L(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (\bar{v}^L(x_{ik}))^{2(0,2)}}{(\hat{v}^{L(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (\bar{v}^L(x_{ik}))^{2(0,2)} + (1 - \hat{v}^{L(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (1 - \bar{v}^L(x_{ik}))^{2(0,2)}} \quad (8.17)$$

$$\hat{v}^{U(2)}(x_{ik}) = \frac{(\hat{v}^{U(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (\bar{v}^U(x_{ik}))^{2(0,2)}}{(\hat{v}^{U(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (\bar{v}^U(x_{ik}))^{2(0,2)} + (1 - \hat{v}^{U(1)}(x_{ik}))^{1-2(0,2)} (1 - \bar{v}^U(x_{ik}))^{2(0,2)}} \quad (8.18)$$

İkinci iterasyon sonucunda elde edilen yeniden yapılandırılmış ADSB tercih ilişkisi $(\hat{R}^{(2)})$ 'nin tutarlılığının analiz edilmesi için $\hat{R}^{(2)}$ ile $\bar{R}$ arasındaki mesafe hesaplanmış ve Eşitlik (8.19)'da görüldüğü gibi 0,072 bulunmuştur. $d(\bar{R}, \hat{R}^{(2)}) < 0,10$ olduğu için tercih ilişkisi tutarlı olarak kabul edilmektedir.

$$d(\bar{R}, \hat{R}^{(2)}) = \frac{1}{4(4-1)(4-2)} \sum_{i=1}^{4-1} \sum_{k=i+1}^4 \left(\begin{aligned} & \left| \bar{\mu}^L(x_{ik}) - \hat{\mu}^{L(2)}(x_{ik}) \right| + \left| \bar{\mu}^U(x_{ik}) - \hat{\mu}^{U(2)}(x_{ik}) \right| + \\ & \left| \bar{v}^L(x_{ik}) - \hat{v}^{L(2)}(x_{ik}) \right| + \left| \bar{v}^U(x_{ik}) - \hat{v}^{U(2)}(x_{ik}) \right| + \\ & \left| \bar{\pi}^L(x_{ik}) - \hat{\pi}^{L(2)}(x_{ik}) \right| + \left| \bar{\pi}^U(x_{ik}) - \hat{\pi}^{U(2)}(x_{ik}) \right| \end{aligned} \right) \quad (8.19)$$

= 0,072

Tüm ADSB BKM'leri için tutarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Temel kriterlerin önem derecelerini, endüstri mühendisliği ve elektrik-elektronik mühendisliği açısından değerlendiren uzmanların ADSB BKM'leri için gerçekleştirilen iterasyon sayısı ve tutarlılık oranları sırası ile Çizelge 8.25'te ve Çizelge 8.26'da sunulmuştur. Teknik olmayan beceri alt kriterlerine bağlı özelliklerin önem derecelerini, endüstri mühendisliği ve elektrik-elektronik mühendisliği açısından değerlendiren uzmanların ADSB BKM'leri için gerçekleştirilen iterasyon sayısı ve tutarlılık oranları ise sırası ile Çizelge 8.27'de ve Çizelge 8.28'de sunulmuştur. Çizelgelerde tutarsız oranların tutarlı forma dönüştüğü oranlar, mavi renk ile gösterilmiştir.

Çizelge 8.25. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterlerin değerlendirildiği ADSB BKM'nin iterasyon bazında tutarlılık oranları

Uzman No	TOB		TB		
	p=1	p=2	p=1	p=2	p=3
Uzman 1	0,074	0,074	0,101	0,080	0,059
Uzman 2	0,108	0,085	0,107	0,084	0,084
Uzman 3	0,065	0,065	0,087	0,087	0,087
Uzman 4	0,099	0,099	0,134	0,106	0,061
Uzman 5	0,097	0,097	0,100	0,079	0,079
Uzman 6	0,112	0,098	0,092	0,092	0,092
Uzman 7	0,123	0,090	0,990	0,990	0,990
Uzman 8	0,081	0,081	0,111	0,089	0,089
Uzman 9	0,082	0,082	0,102	0,080	0,080
Uzman 10	0,120	0,094	0,086	0,086	0,086
Uzman 11	0,083	0,083	0,087	0,087	0,087
Uzman 12	0,113	0,090	0,098	0,098	0,098
Uzman 13	0,099	0,099	0,105	0,083	0,083
Uzman 14	0,098	0,098	0,095	0,095	0,095
Uzman 15	0,106	0,084	0,097	0,097	0,097
Uzman 16	0,097	0,097	0,098	0,098	0,098
Uzman 17	0,114	0,089	0,107	0,085	0,085
Uzman 18	0,061	0,061	0,079	0,079	0,079
Uzman 19	0,057	0,057	0,095	0,095	0,095
Uzman 20	0,097	0,097	0,090	0,090	0,090

Çizelge 8.26. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterlerin değerlendirildiği ADSB BKM'nin iterasyon bazında tutarlılık oranları

Uzman No	TOB			TB		
	p=1	p=2	p=3	p=1	p=2	p=3
Uzman 1	0,070	0,070	0,070	0,103	0,075	0,075
Uzman 2	0,086	0,086	0,086	0,087	0,087	0,087
Uzman 3	0,065	0,065	0,065	0,087	0,087	0,087
Uzman 4	0,140	0,108	0,059	0,140	0,108	0,081
Uzman 5	0,096	0,096	0,096	0,099	0,099	0,099
Uzman 6	0,109	0,085	0,085	0,100	0,079	0,079
Uzman 7	0,086	0,086	0,086	0,094	0,094	0,094
Uzman 14	0,114	0,091	0,091	0,094	0,094	0,094
Uzman 20	0,081	0,081	0,081	0,099	0,099	0,099
Uzman 21	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
Uzman 22	0,086	0,086	0,086	0,106	0,084	0,084
Uzman 23	0,097	0,097	0,097	0,096	0,096	0,096
Uzman 24	0,080	0,080	0,080	0,099	0,099	0,099
Uzman 25	0,117	0,092	0,092	0,098	0,098	0,098
Uzman 26	0,057	0,057	0,057	0,084	0,084	0,084

Çizelge 8.27. Endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan alt beceri kriterine bağlı özelliklerin değerlendirildiği ADSB BKM'nin iterasyon bazında tutarlılık oranları

	Uzman 27	Uzman 28	Uzman 29	Uzman 30	Uzman 31	Uzman 32	Uzman 33	Uzman 34	Uzman 35	Uzman 36
p=0										
TOB1	0,125	0,088	0,142	0,105	0,130	0,107	0,131	0,090	0,114	0,112
TOB2	0,158	0,089	0,140	0,080	0,109	0,097	0,131	0,073	0,108	0,096
TOB3	0,097	0,068	0,111	0,096	0,109	0,107	0,113	0,084	0,095	0,123
TOB4	0,186	0,092	0,150	0,176	0,264	0,058	0,098	0,078	0,117	0,044
TOB5	0,142	0,054	0,165	0,159	0,100	0,091	0,079	0,048	0,089	0,085
TOB6	0,154	0,067	0,108	0,126	0,127	0,150	0,081	0,073	0,052	0,081
TOB7	0,107	0,080	0,110	0,100	0,144	0,101	0,104	0,076	0,075	0,119
p=1										
TOB1	0,101	0,088	0,112	0,084	0,104	0,084	0,104	0,090	0,092	0,090
TOB2	0,126	0,089	0,107	0,080	0,086	0,097	0,104	0,073	0,086	0,096
TOB3	0,097	0,068	0,090	0,096	0,088	0,085	0,092	0,084	0,095	0,096
TOB4	0,154	0,092	0,111	0,146	0,203	0,058	0,098	0,078	0,095	0,044
TOB5	0,117	0,054	0,128	0,129	0,081	0,091	0,079	0,048	0,089	0,085
TOB6	0,127	0,067	0,085	0,099	0,101	0,119	0,081	0,073	0,052	0,081
TOB7	0,086	0,080	0,087	0,079	0,117	0,080	0,081	0,076	0,075	0,094
p=2										
TOB1	0,060	0,088	0,063	0,084	0,061	0,084	0,060	0,090	0,092	0,090
TOB2	0,073	0,089	0,060	0,080	0,086	0,097	0,061	0,073	0,086	0,096
TOB3	0,097	0,068	0,090	0,096	0,088	0,085	0,092	0,084	0,095	0,096
TOB4	0,095	0,092	0,057	0,091	0,105	0,058	0,098	0,078	0,095	0,044
TOB5	0,072	0,054	0,072	0,077	0,081	0,091	0,079	0,048	0,089	0,085
TOB6	0,076	0,067	0,085	0,099	0,058	0,067	0,081	0,073	0,052	0,081
TOB7	0,086	0,080	0,087	0,079	0,070	0,080	0,081	0,076	0,075	0,094

Çizelge 8.27. Endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan alt beceri kriterine bağlı özelliklerin değerlendirildiği ADSB BKM'nin iterasyon bazında tutarlılık oranları (devamı)

p=3										
TOB1	0,060	0,088	0,063	0,084	0,061	0,084	0,060	0,090	0,092	0,090
TOB2	0,073	0,089	0,060	0,080	0,086	0,097	0,061	0,073	0,086	0,096
TOB3	0,097	0,068	0,090	0,096	0,088	0,085	0,092	0,084	0,095	0,096
TOB4	0,095	0,092	0,057	0,091	0,036	0,058	0,098	0,078	0,095	0,044
TOB5	0,072	0,054	0,072	0,077	0,081	0,091	0,079	0,048	0,089	0,085
TOB6	0,076	0,067	0,085	0,099	0,058	0,067	0,081	0,073	0,052	0,081
TOB7	0,086	0,080	0,087	0,079	0,070	0,080	0,081	0,076	0,075	0,094

Çizelge 8.28. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik olmayan alt beceri kriterine bağlı özelliklerin değerlendirildiği ADSB BKM'nin iterasyon bazında tutarlılık oranları

	Uzman 37	Uzman 38	Uzman 39	Uzman 40	Uzman 41	Uzman 42	Uzman 43	Uzman 44	Uzman 45	Uzman 46
p= 0										
TOB1	0,126	0,117	0,127	0,124	0,161	0,091	0,129	0,070	0,097	0,093
TOB2	0,086	0,090	0,093	0,118	0,104	0,117	0,156	0,095	0,095	0,087
TOB3	0,118	0,102	0,095	0,153	0,148	0,081	0,084	0,097	0,087	0,092
TOB4	0,184	0,100	0,098	0,098	0,056	0,098	0,051	0,044	0,092	0,079
TOB5	0,097	0,079	0,079	0,073	0,073	0,104	0,150	0,079	0,074	0,079
TOB6	0,111	0,096	0,101	0,117	0,106	0,071	0,075	0,077	0,079	0,073
TOB7	0,095	0,089	0,078	0,097	0,137	0,073	0,100	0,083	0,077	0,122
p= 1										
TOB1	0,101	0,095	0,104	0,100	0,126	0,091	0,105	0,070	0,097	0,093
TOB2	0,086	0,090	0,093	0,093	0,077	0,093	0,125	0,095	0,095	0,087
TOB3	0,094	0,079	0,095	0,121	0,117	0,081	0,084	0,097	0,087	0,092
TOB4	0,148	0,075	0,098	0,098	0,056	0,098	0,051	0,044	0,092	0,079
TOB5	0,097	0,079	0,079	0,073	0,073	0,082	0,123	0,079	0,074	0,079
TOB6	0,092	0,096	0,08	0,095	0,083	0,071	0,075	0,077	0,079	0,073
TOB7	0,095	0,089	0,078	0,097	0,11	0,073	0,079	0,083	0,077	0,096
p= 2										
TOB1	0,059	0,095	0,063	0,059	0,070	0,091	0,064	0,070	0,097	0,093
TOB2	0,086	0,090	0,093	0,093	0,077	0,093	0,074	0,095	0,095	0,087
TOB3	0,094	0,079	0,095	0,070	0,066	0,081	0,084	0,097	0,087	0,092
TOB4	0,087	0,075	0,098	0,098	0,056	0,098	0,051	0,044	0,092	0,079
TOB5	0,097	0,079	0,079	0,073	0,073	0,082	0,076	0,079	0,074	0,079
TOB6	0,092	0,096	0,08	0,095	0,083	0,071	0,075	0,077	0,079	0,073
TOB7	0,095	0,089	0,078	0,097	0,064	0,073	0,079	0,083	0,077	0,096

Adım 5. Bireysel karşılaştırma matrislerinin grup bazında birleştirilmesi.

Aynı grup içinde bulunan uzmanların ağırlıkları eşit kabul edilerek bireysel karşılaştırma matrisleri IVIFA operatörü aracılığı ile birleştirilerek her bir grup için ADSB GKM'leri elde edilmiştir. Görüşlerin grup bazında birleştirilmesi ile hazırlanan ADSB GKM'sine örnek olması için endüstri mühendisliği açısından Kişisel Yönetim (TOB1) alt kriterinin diğer TOB alt kriterleri ile karşılaştırılmasına ilişkin üçüncü grup üyelerinin ADSB BKM'lerinin birleştirilmesi ile elde edilen ADSB GKM Çizelge 8.29'da sunulmuştur. Gerçekleştirilen işlemlere örnek olması ise Kişisel Yönetim (TOB1) ile Çevre ile Uyum (TOB3) alt kriterinin karşılaştırılmasına ilişkin ADSB değerlerin IVIFA operatörü ile birleştirilmesi Eşitlik (8.20)'de sunulmuştur.

$$IVIFA(G3) = \left[\begin{array}{l} \left[\left(1 - \left((1-0,14)^{1/5} (1-0,10)^{1/5} (1-0,54)^{1/5} (1-0,25)^{1/5} (1-0,10)^{1/5} \right) \right), \right. \\ \left. \left(1 - \left((1-0,20)^{1/5} (1-0,15)^{1/5} (1-0,62)^{1/5} (1-0,30)^{1/5} (1-0,16)^{1/5} \right) \right) \right], \\ \left[\left((0,62)^{1/5} (0,75)^{1/5} (0,18)^{1/5} (0,55)^{1/5} (0,69)^{1/5} \right), \right. \\ \left. \left((0,69)^{1/5} (0,80)^{1/5} (0,25)^{1/5} (0,60)^{1/5} (0,76)^{1/5} \right) \right] \end{array} \right] \quad (8.20)$$

$$= [0,25, 0,32], [0,50, 0,57]$$

Adım 6. Kolektif karşılaştırma matrisinin oluşturulması.

ADSB GKM'leri, grup ağırlıkları kullanılarak IVIFWA operatörü aracılığı ile birleştirilerek ADSB KKM'ye dönüştürülmüştür. Gerçekleştirilen işlemlere örnek olması için endüstri mühendisliği açısından Proje Yönetimi (TB3) ile Sistem Tasarımı ve Analizi (TB6) alt kriterinin karşılaştırılmasına ilişkin ADSB GKM'lerinin birleştirilmesi Eşitlik (8.21)'de sunulmuştur. Ek olarak, örnek olması için teknik beceri alt kriterlerinin endüstri mühendisliği açısından değerlendirilmesine ilişkin ADSB GKM'lerinin birleştirilmesi ile oluşturulan ADSB KKM'leri Çizelge 8.30'da sunulmuştur.

Çizelge 8.29. TOB 1 kriterinin diğer TOB alt kriterleri ile karşılaştırılmasına ilişkin ADSB BKM'lerinin birleştirilmesi ile elde edilen ADSB GKM

		TOB1	TOB2	TOB3	TOB4
TOB1	G1	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,16, 0,21], [0,65, 0,70])	([0,23, 0,29], [0,55, 0,61])	([0,14, 0,20], [0,67, 0,73])
	G2	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,19, 0,24], [0,62, 0,67])	([0,33, 0,39], [0,43, 0,50])	([0,31, 0,37], [0,44, 0,53])
	G3	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,15, 0,20], [0,67, 0,72])	([0,25, 0,32], [0,50, 0,57])	([0,23, 0,29], [0,53, 0,60])
	G4	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,13, 0,18], [0,70, 0,75])	([0,42, 0,47], [0,37, 0,42])	([0,25, 0,30], [0,55, 0,60])
	G5	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,29, 0,34], [0,48, 0,56])	([0,33, 0,39], [0,41, 0,50])	([0,33, 0,38], [0,42, 0,51])
TOB1		TOB5	TOB6	TOB7	
	G1	([0,26, 0,32], [0,52, 0,58])	([0,21, 0,27], [0,58, 0,65])	([0,13, 0,18], [0,69, 0,75])	
	G2	([0,27, 0,33], [0,50, 0,58])	([0,14, 0,19], [0,66, 0,72])	([0,13, 0,18], [0,69, 0,75])	
	G3	([0,24, 0,30], [0,53, 0,59])	([0,22, 0,28], [0,54, 0,62])	([0,14, 0,19], [0,65, 0,71])	
	G4	([0,18, 0,23], [0,64, 0,69])	([0,13, 0,18], [0,70, 0,75])	([0,15, 0,20], [0,65, 0,70])	
	G5	([0,56, 0,62], [0,21, 0,27])	([0,43, 0,49], [0,31, 0,39])	([0,29, 0,34], [0,46, 0,55])	

Çizelge 8.30. TB alt kriterlerini endüstri mühendisliği açısından değerlendirilmesine ilişkin ADSB GKM ile oluşturulan ADSB KKM

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5
TB1	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,20, 0,25], [0,60, 0,66])	([0,21, 0,26], [0,56, 0,63])	([0,25, 0,31], [0,51, 0,59])	([0,29, 0,35], [0,47, 0,55])
TB2	([0,64, 0,70], [0,17, 0,22])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,53, 0,58], [0,25, 0,32])	([0,46, 0,52], [0,29, 0,37])	([0,50, 0,56], [0,26, 0,33])
TB3	([0,60, 0,66], [0,17, 0,24])	([0,33, 0,40], [0,44, 0,50])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,47, 0,52], [0,31, 0,38])	([0,53, 0,59], [0,23, 0,30])
TB4	([0,58, 0,65], [0,19, 0,25])	([0,34, 0,42], [0,40, 0,47])	([0,37, 0,45], [0,40, 0,45])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,48, 0,53], [0,30, 0,37])
TB5	([0,54, 0,62], [0,21, 0,28])	([0,31, 0,38], [0,45, 0,51])	([0,29, 0,36], [0,46, 0,53])	([0,37, 0,44], [0,40, 0,46])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])
TB6	([0,58, 0,64], [0,20, 0,26])	([0,38, 0,46], [0,36, 0,42])	([0,37, 0,44], [0,38, 0,44])	([0,43, 0,52], [0,31, 0,37])	([0,54, 0,60], [0,24, 0,30])
TB7	([0,56, 0,63], [0,21, 0,27])	([0,38, 0,46], [0,36, 0,42])	([0,30, 0,38], [0,44, 0,50])	([0,40, 0,47], [0,35, 0,41])	([0,44, 0,51], [0,31, 0,37])
TB8	([0,40, 0,47], [0,35, 0,42])	([0,19, 0,25], [0,59, 0,65])	([0,16, 0,22], [0,63, 0,69])	([0,22, 0,28], [0,56, 0,62])	([0,25, 0,32], [0,51, 0,57])
TB9	([0,61, 0,68], [0,16, 0,23])	([0,49, 0,56], [0,26, 0,33])	([0,43, 0,50], [0,31, 0,38])	([0,50, 0,57], [0,25, 0,32])	([0,49, 0,56], [0,27, 0,34])
	TB6	TB7	TB8	TB9	
TB1	([0,26, 0,32], [0,51, 0,58])	([0,27, 0,33], [0,48, 0,56])	([0,45, 0,51], [0,30, 0,38])	([0,27, 0,32], [0,50, 0,58])	
TB2	([0,41, 0,47], [0,34, 0,42])	([0,41, 0,47], [0,33, 0,42])	([0,64, 0,70], [0,15, 0,22])	([0,39, 0,45], [0,37, 0,44])	
TB3	([0,43, 0,49], [0,32, 0,39])	([0,49, 0,55], [0,26, 0,33])	([0,66, 0,72], [0,14, 0,20])	([0,45, 0,51], [0,30, 0,38])	
TB4	([0,34, 0,40], [0,40, 0,49])	([0,40, 0,46], [0,34, 0,43])	([0,61, 0,67], [0,17, 0,23])	([0,37, 0,43], [0,38, 0,46])	
TB5	([0,31, 0,36], [0,47, 0,54])	([0,37, 0,43], [0,37, 0,45])	([0,56, 0,62], [0,20, 0,27])	([0,39, 0,45], [0,36, 0,43])	
TB6	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,46, 0,51], [0,31, 0,38])	([0,64, 0,70], [0,15, 0,21])	([0,41, 0,48], [0,34, 0,41])	
TB7	([0,37, 0,44], [0,40, 0,46])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,62, 0,67], [0,18, 0,23])	([0,40, 0,46], [0,36, 0,43])	
TB8	([0,20, 0,27], [0,58, 0,64])	([0,20, 0,26], [0,59, 0,64])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	([0,21, 0,26], [0,59, 0,66])	
TB9	([0,48, 0,56], [0,26, 0,34])	([0,49, 0,57], [0,26, 0,33])	([0,66, 0,72], [0,14, 0,20])	([0,50, 0,50], [0,50, 0,50])	

$$IVIFWA(TB3 - TB6) = \left[\left[\left(1 - \frac{\left((1-0,49)^{0,339} (1-0,31)^{0,285} (1-0,56)^{0,201} \right)}{\left((1-0,27)^{0,119} (1-0,40)^{0,053} \right)} \right), \right. \right. \\ \left. \left[1 - \frac{\left((1-0,54)^{0,339} (1-0,37)^{0,285} (1-0,62)^{0,203} \right)}{\left((1-0,35)^{0,119} (1-0,45)^{0,053} \right)} \right] \right], \\ \left[\left((0,28)^{0,339} (0,44)^{0,285} (0,21)^{0,203} (0,39)^{0,119} (0,35)^{0,053} \right), \right. \\ \left. \left[\left((0,35)^{0,339} (0,53)^{0,285} (0,28)^{0,203} (0,48)^{0,119} (0,45)^{0,053} \right) \right] \right] \right] \quad (8.21) \\ = [0,43, 0,49], [0,32, 0,39]$$

Adım 7. Kriterlerin önem derecelerinin hesaplanması.

Kriterlerin, alt kriterlerin ve alt kriterlere bağlı özelliklerin önem dereceleri, Eşitlik (6.20) ve Eşitlik (6.21) kullanılarak hesaplanmıştır. Önem derecelerinin hesaplanması sürecinin örneklendirilmesi için endüstri mühendisliği için hazırlanan TOB alt kriterine ilişkin ADSB KKM'i kullanılarak Eşitlik (8.22)'de görüldüğü şekilde sıralama değeri elde edilmiştir (Çizelge 8.31). Daha sonra bu sıralama değerlerinden Eşitlik (8.23)'te görüldüğü şekilde önem dereceleri hesaplanmıştır (Çizelge 8.32).

$$\lambda_{(TOB3-TOB1)} = \frac{(0,54 + 0,61) - \left[\frac{\left((1-0,61 + 0,29) + \left((0,54 + 0,23)(0,23 + 0,29) \right) \right)}{2} \right]}{2} = 0,30 \quad (8.22)$$

Çizelge 8.31. Endüstri mühendisliği için oluşturulan TOB alt kriterine ilişkin ADSB KKM'i için hesaplanan sıralama değerleri

	TOB 1	TOB 2	TOB 3	TOB 4	TOB 5	TOB 6	TOB 7
TOB1	0,00	-0,44	-0,17	-0,29	-0,22	-0,37	-0,49
TOB2	0,49	0,00	0,20	0,17	0,18	-0,03	-0,09
TOB3	0,30	-0,12	0,00	-0,05	-0,04	-0,05	-0,20
TOB4	0,41	-0,08	0,14	0,00	0,03	-0,05	-0,21
TOB5	0,36	0,03	0,29	0,24	0,00	0,02	-0,10
TOB6	0,48	0,22	0,30	0,24	0,22	0,00	-0,17
TOB7	0,55	0,26	0,39	0,33	0,33	0,32	0,00

$$\varpi_1 = \frac{e^0 + e^{-0,44} + e^{-0,17} + e^{-0,29} + e^{-0,22} + e^{-0,37} + e^{-0,49}}{\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 e^{S_{ij}}} = 0,099 \quad (8.23)$$

Çizelge 8.32. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin ağırlıkları

Alt Kriter	Ağırlık
Kişisel Yönetim (TOB 1)	0,099
İletişim (TOB 2)	0,150
Çevre ile Uyum (TOB 3)	0,128
Takım Çalışması (TOB 4)	0,137
Liderlik (TOB 5)	0,148
Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)	0,159
Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)	0,179

Aynı işlemler, endüstri mühendisliği ve elektrik-elektronik mühendisliği disiplinleri açısından tüm temel kriterler, alt kriterler ve alt kriterlere bağlı özellikler için uygulanmıştır. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterler ve alt kriterler için hesaplanan ağırlıklar Çizelge 8.33'te, alt kriterlere bağlı özellikler için hesaplanan ağırlıklar 8.34'te ve elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterler ve alt kriterler için hesaplanan ağırlıklar Çizelge 8.35'te, alt kriterlere bağlı özellikler için hesaplanan ağırlıklar ise Çizelge 8.36'da sunulmuştur.

Çizelge 8.33. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterler ve alt kriterler için hesaplanan ağırlıklar

Temel Kriterler	Ağırlık	Sıra
Teknik Beceri (TB)	0,4398	2
Teknik Olmayan Beceri (TOB)	0,5602	1
Teknik Olmayan Beceri Alt Kriteri	Ağırlık	Sıra
Kişisel Yönetim (TOB 1)	0,0988	7
İletişim (TOB 2)	0,1505	3
Çevre ile Uyum (TOB 3)	0,1281	6
Takım Çalışması (TOB 4)	0,1368	5
Liderlik (TOB 5)	0,1479	4
Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)	0,1589	2
Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)	0,1789	1
Teknik Beceri Alt Kriterleri	Ağırlık	Sıra
En az bir programlama diline hâkim olma (TB1)	0,0856	8
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama (TB2)	0,1246	3
Proje yönetimi (TB3)	0,1248	2
Teknik raporları/projeleri yazabilme (TB4)	0,1140	5
MS Office ürünlerini etkin kullanabilme (TB5)	0,1059	7
Sistem tasarımı ve analizi (TB6)	0,1217	4
Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma (TB7)	0,1138	6
Temel ekonomi bilgisi (TB8)	0,0791	9
En az bir yabancı dili etkin kullanabilme (TB9)	0,1305	1

Çizelge 8.34. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerine bağlı özellikler için hesaplanan ağırlıklar

Kişisel Yönetim Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Farklı görevleri üstlenebilme (TOB 1(1))	0,1072	6
Sorumluluk bilinci (TOB 1(2))	0,1662	1
Değişimi yönetebilme (TOB 1(3))	0,1254	4
Duygu kontrolü (TOB 1(4))	0,1060	7
Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme (TOB 1(5))	0,1012	8
Özgüvene sahip olma (TOB 1(6))	0,1274	3
Stresi yönetebilme (TOB 1(7))	0,1186	5
Zamanı yönetebilme (TOB 1(8))	0,1479	2
İletişim Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Sözlü olarak etkili iletişim kurma (TOB 2(1))	0,1929	1
Etkili sunum yapabilme (TOB 2(2))	0,1729	4
Çatışma yönetimi becerisi (TOB 2(3))	0,1852	2
Vücut dilini kullanabilme (TOB 2(4))	0,1403	5
Yazılı olarak etkili iletişim kurma (TOB 2(5))	0,1295	6
Müzakere yeteneğine sahip olma (TOB 2(6))	0,1791	3
Çevre ile Uyum Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Çevresindeki kişilerle iyi ilişki kurabilme (TOB 3(4))	0,1131	6
Diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme (TOB 3(3))	0,1812	2
Çok yönlü/disiplinli ve global bakış açısına sahip olma (TOB 3(2))	0,1796	3
Çalışma ortamına adapte olma (TOB 3(1))	0,1553	5
Eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme (TOB 3(6))	0,2009	1
Sorunların ve çözümlerin tanımlanmasında görüş bildirebilme (TOB 3(5))	0,1698	4
Takım Çalışması Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Multidisipliner ve multikültürel takımlarda çalışabilme (TOB 4(1))	0,3893	1
Takım üyelerinden herhangi bir üyenin yerine geçiş yapabilme (TOB 4(2))	0,2726	3
Takım üyeleriyle fikir alışverişinde bulunabilme (TOB 4(3))	0,3381	2
Liderlik Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Çalışmaya liderlik edebilme (TOB 5(1))	0,3060	1
Takım oluşturma ve yönetebilme (TOB 5(2))	0,2694	2
Takımı motive edebilme (TOB 5(3))	0,2199	3
Takım üyelerini denetleyebilme (TOB 5(4))	0,2047	4
Öğrenme ve Bilgi Yönetimi Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip olma (TOB 6(1))	0,1975	4
Öğrenme için kaynakları (kitaplar, yazılım vb.) belirleyebilme (TOB 6(2))	0,1989	3
Alanındaki yenilikleri takip etme (TOB 6(3))	0,2241	1
Çağdaş konular hakkında bilgi sahibi olma (TOB 6(4))	0,1698	5
Yasam boyu öğrenim gereğini algılamış ve bu beceriyi kazanmış olma (TOB 6(5))	0,2097	2
Düşünme ve Problem Çözme Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Analitik düşünme (TOB 7(1))	0,1335	4
Eleştirel düşünme (TOB 7(2))	0,0997	7
Pratik düşünme ve davranabilme (TOB 7(3))	0,1289	6
Yaratıcı düşünme (TOB 7(4))	0,1465	1
Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme (TOB 7(5))	0,1445	2
İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme (TOB 7(6))	0,0806	8
Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme (TOB 7(7))	0,1368	3
Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme (TOB 7(8))	0,1295	5

Çizelge 8.35. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterler ve alt kriterler için hesaplanan ağırlıklar

Temel Kriterler	Ağırlık	Sıra
Teknik Beceri (TB)	0,5832	1
Teknik Olmayan Beceri (TOB)	0,4168	2
Teknik Olmayan Beceri Alt Kriteri	Ağırlık	Sıra
Kişisel Yönetim (TOB 1)	0,1090	7
İletişim (TOB 2)	0,1196	6
Çevre ile Uyum (TOB 3)	0,1258	5
Takım Çalışması (TOB 4)	0,1420	4
Liderlik (TOB 5)	0,1498	3
Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)	0,1663	2
Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)	0,1875	1
Teknik Beceri Alt Kriterleri	Ağırlık	Sıra
En az bir programlama diline hâkim olma (TB1)	0,1232	2
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama (TB2)	0,1097	7
Proje yönetimi (TB3)	0,1167	5
Teknik raporları/projeleri yazabilme (TB4)	0,1183	3
MS Office ürünlerini etkin kullanabilme (TB5)	0,0958	8
Sistem tasarımı ve analizi (TB6)	0,1178	4
Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma (TB7)	0,1259	1
Temel ekonomi bilgisi (TB8)	0,0768	9
En az bir yabancı dili etkin kullanabilme (TB9)	0,1157	6

Çizelge 8.36. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerine bağlı özellikler için hesaplanan ağırlıklar

Kişisel Yönetim Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Farklı görevleri üstlenebilme (TOB 1(1))	0,0821	8
Sorumluluk bilinci (TOB 1(2))	0,1428	2
Değişimi yönetebilme (TOB 1(3))	0,1209	5
Duygu kontrolü (TOB 1(4))	0,1055	7
Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme (TOB 1(5))	0,1234	4
Özgüvene sahip olma (TOB 1(6))	0,1171	6
Stresi yönetebilme (TOB 1(7))	0,1355	3
Zamanı yönetebilme (TOB 1(8))	0,1727	1
İletişim Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Sözlü olarak etkili iletişim kurma (TOB 2(1))	0,1867	1
Etkili sunum yapabilme (TOB 2(2))	0,1814	2
Çatışma yönetimi becerisi (TOB 2(3))	0,1640	5
Vücut dilini kullanabilme (TOB 2(4))	0,1382	6
Yazılı olarak etkili iletişim kurma (TOB 2(5))	0,1656	3
Müzakere yeteneğine sahip olma (TOB 2(6))	0,1642	4

Çizelge 8.36. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerine bağlı özellikler için hesaplanan ağırlıklar (devamı)

Çevre ile Uyum Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Çevresindeki kişilerle iyi ilişki kurabilme (TOB 3(4))	0,1143	6
Diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme (TOB 3(3))	0,1987	1
Çok yönlü/disiplinli ve global bakış açısına sahip olma (TOB 3(2))	0,1898	2
Çalışma ortamına adapte olma (TOB 3(1))	0,1619	5
Eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme (TOB 3(6))	0,1668	4
Sorunların ve çözümlerin tanımlanmasında görüş bildirebilme (TOB 3(5))	0,1685	3
Takım Çalışması Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Multidisipliner ve multikültürel takımlarda çalışabilme (TOB 4(1))	0,3846	1
Takım üyelerinden herhangi bir üyenin yerine geçiş yapabilme (TOB 4(2))	0,2555	3
Takım üyeleriyle fikir alışverişinde bulunabilme (TOB 4(3))	0,3599	2
Liderlik Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Çalışmaya liderlik edebilme (TOB 5(1))	0,2461	3
Takım oluşturma ve yönetebilme (TOB 5(2))	0,2901	1
Takımı motive edebilme (TOB 5(3))	0,2487	2
Takım üyelerini denetleyebilme (TOB 5(4))	0,2150	4
Öğrenme ve Bilgi Yönetimi Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip olma (TOB 6(1))	0,1705	4
Öğrenme için kaynakları (kitaplar, yazılım vb.) belirleyebilme (TOB 6(2))	0,1557	5
Alanındaki yenilikleri takip etme (TOB 6(3))	0,2296	2
Çağdaş konular hakkında bilgi sahibi olma (TOB 6(4))	0,1941	3
Yasam boyu öğrenim gereğini algılamış ve bu beceriyi kazanmış olma (TOB 6(5))	0,2501	1
Düşünme ve Problem Çözme Alt Kriterine Bağlı Özellikler	Ağırlık	Sıra
Analitik düşünme (TOB 7(1))	0,1240	4
Eleştirel düşünme (TOB 7(2))	0,1036	7
Pratik düşünme ve davranabilme (TOB 7(3))	0,1172	5
Yaratıcı düşünme (TOB 7(4))	0,1135	6
Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme (TOB 7(5))	0,1496	2
İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme (TOB 7(6))	0,1003	8
Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme (TOB 7(7))	0,1422	3
Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme (TOB 7(8))	0,1497	1

8.5. Duyarlılık Analizi

T-tipi mühendis becerilerinin önem dereceleri belirlenirken farklı niteliklere sahip uzmanlar ile çalışılması durumunda uzman gruplarının ağırlıklarında değişiklikler meydana gelebilmektedir. Ağırlıkların değişmesi durumunda ise T-tipi mühendis becerilerinin önem dereceleri farklılaşabilmektedir. Bu durumun analiz edilebilmesi için duyarlılık analizinden yararlanılmıştır. Duyarlılık analizi sürecinde endüstri

mühendisliği ve elektrik elektronik mühendisliği için elde edilen sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Duyarlılık analizinde gruplardan birisinin ağırlığı 0,10 oranında değişirken diğerlerinin ağırlıkları sabit olarak kabul edilmiş olup analiz kapsamında yapılan deneylerdeki uzman gruplarının ağırlıkları EK 4'te sunulmuştur.

8.5.1. Endüstri Mühendisliği Açısından Elde Edilen Sonuçlar için Duyarlılık Analizi

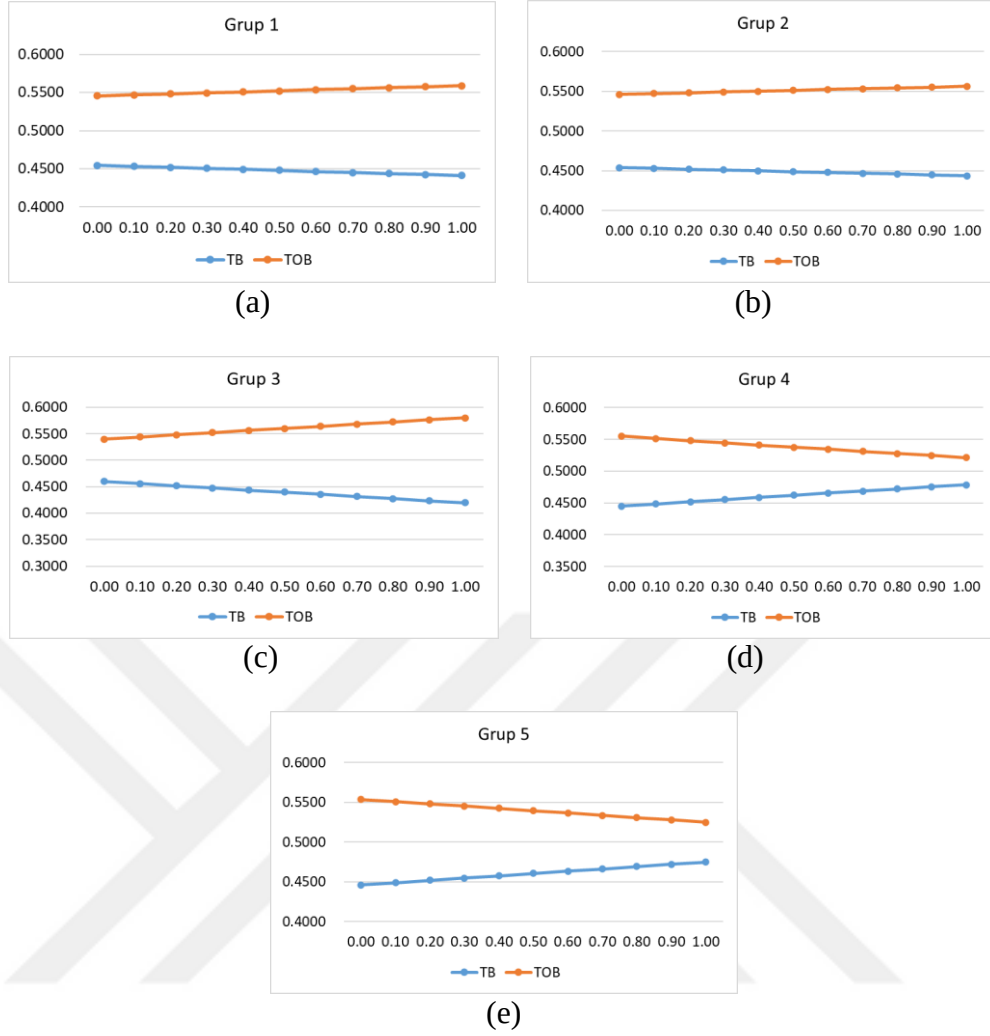
Temel kriterler, alt kriterler ve alt kriterlere bağlı özelliklerin endüstri mühendisliği açısından değerlendirilmesi ile elde edilen görüşler, duyarlılık analizi ile ayrı ayrı incelenerek sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

i) Temel Kriterlerin Önem Derecelerinin Uzman Gruplarının Ağırlıklarına Karşı Duyarlılıkları

Temel kriterlerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları (Çizelge 8.37) Şekil 8.9'da sunulan grafikler aracılığıyla incelendiğinde endüstri mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarsız olduğu görülmektedir. Yani, endüstri mühendisliği için TOB temel kriteri, TB temel kriterine göre daha önemlidir ve bu durum uzman grubu ağırlıklarının değişiminden etkilenmemektedir.

ii) Teknik Olmayan Beceri Alt Kriterlerinin Önem Derecelerinin Uzman Gruplarının Ağırlıklarına Karşı Duyarlılıkları

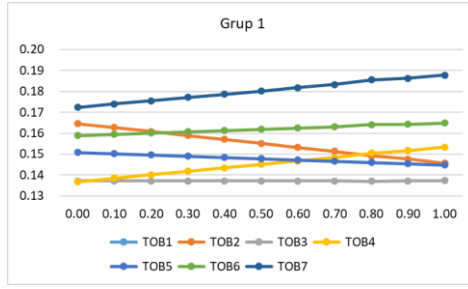
Teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları (Çizelge 8.38-Çizelge 8.42) Şekil 8.10'da sunulan grafikler aracılığı ile incelendiğinde endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir. Yani, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişiklikler, teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerini etkilemektedir.



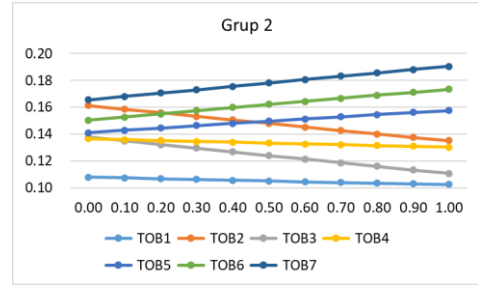
Şekil 8.9. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

iii) *Teknik Beceri Alt Kriterlerinin Önem Derecelerinin Uzman Gruplarının Ağırlıklarına Karşı Duyarlılıkları*

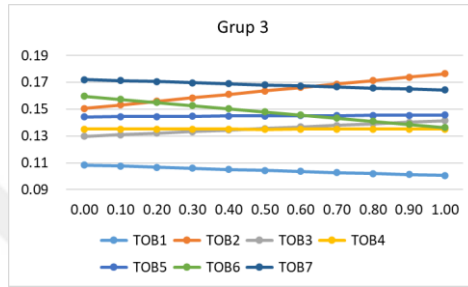
Teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları (Çizelge 8.43-Çizelge 8.47) Şekil 8.11’de sunulan grafikler aracılığı ile incelendiğinde endüstri mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir. Yani, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişiklikler, teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerini etkilemektedir.



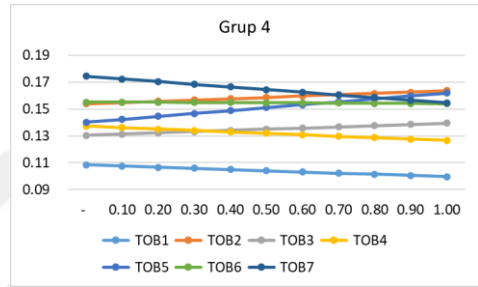
(a)



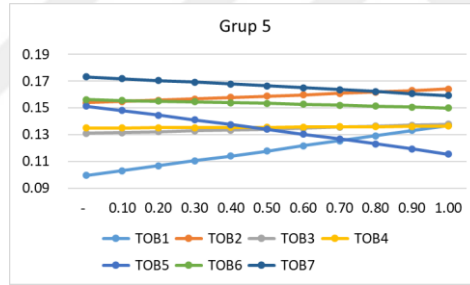
(b)



(c)

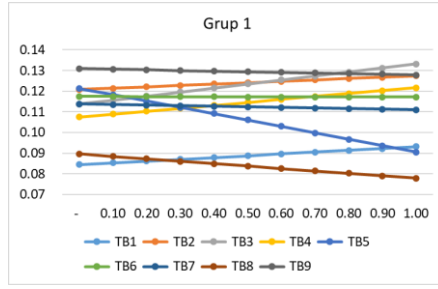


(d)

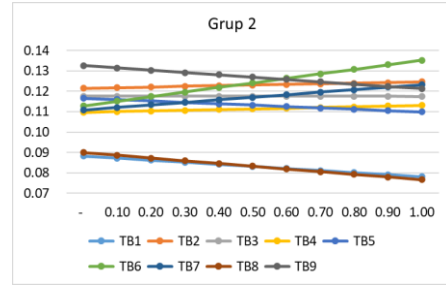


(e)

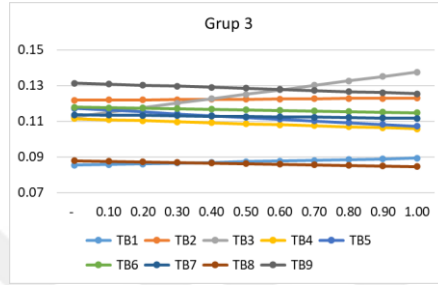
Şekil 8.10. Endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)



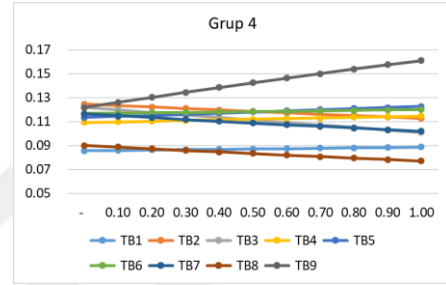
(a)



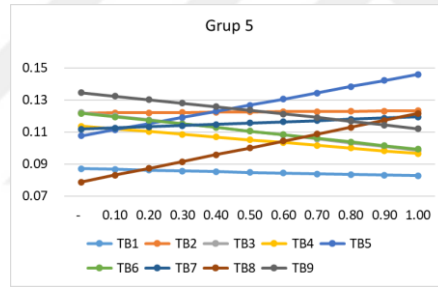
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 8.11. Endüstri mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

Çizelge 8.37. Endüstri mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına göre değişimleri

	Grup 1		Grup 2		Grup 3		Grup 4		Grup 5	
	TB	TOB	TB	TOB	TB	TOB	TB	TOB	TB	TOB
Deney 1	0,4545	0,5454	0,4539	0,5461	0,4599	0,5401	0,4448	0,5552	0,4462	0,5538
Deney 2	0,4532	0,5468	0,4529	0,5471	0,4559	0,5441	0,4484	0,5516	0,4490	0,5510
Deney 3	0,4519	0,5481	0,4519	0,5481	0,4519	0,5481	0,4519	0,5481	0,4519	0,5481
Deney 4	0,4505	0,5495	0,4509	0,5491	0,4479	0,5521	0,4553	0,5447	0,4547	0,5453
Deney 5	0,4492	0,5508	0,4499	0,5501	0,4438	0,5562	0,4588	0,5412	0,4576	0,5424
Deney 6	0,4479	0,5521	0,4489	0,5511	0,4398	0,5602	0,4622	0,5378	0,4605	0,5395
Deney 7	0,4465	0,5535	0,4478	0,5522	0,4358	0,5642	0,4655	0,5345	0,4634	0,5366
Deney 8	0,4452	0,5548	0,4468	0,5532	0,4318	0,5682	0,4688	0,5312	0,4663	0,5337
Deney 9	0,4438	0,5562	0,4458	0,5542	0,4278	0,5722	0,4721	0,5279	0,4692	0,5308
Deney 10	0,4425	0,5575	0,4448	0,5552	0,4237	0,5763	0,4753	0,5247	0,4721	0,5279
Deney 11	0,4411	0,5589	0,4437	0,5563	0,4197	0,5803	0,4785	0,5215	0,4750	0,5250

Çizelge 8.38. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 1 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1094	0,1596	0,1322	0,1318	0,1458	0,1538	0,1674
Deney 2	0,1080	0,1577	0,1322	0,1335	0,1452	0,1545	0,1690
Deney 3	0,1067	0,1558	0,1322	0,1352	0,1446	0,1551	0,1705
Deney 4	0,1054	0,1539	0,1322	0,1368	0,1440	0,1557	0,1721
Deney 5	0,1040	0,1520	0,1322	0,1385	0,1434	0,1563	0,1736
Deney 6	0,1027	0,1501	0,1322	0,1402	0,1428	0,1569	0,1752
Deney 7	0,1014	0,1483	0,1322	0,1418	0,1422	0,1575	0,1767
Deney 8	0,1001	0,1464	0,1322	0,1435	0,1416	0,1581	0,1782
Deney 9	0,0975	0,1442	0,1321	0,1455	0,1410	0,1591	0,1805
Deney 10	0,0974	0,1426	0,1323	0,1467	0,1404	0,1593	0,1812
Deney 11	0,0961	0,1407	0,1323	0,1484	0,1399	0,1599	0,1827

Çizelge 8.39. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 2 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1079	0,1612	0,1377	0,1365	0,1411	0,1503	0,1654
Deney 2	0,1073	0,1585	0,1349	0,1358	0,1428	0,1527	0,1680
Deney 3	0,1067	0,1558	0,1322	0,1352	0,1446	0,1551	0,1705
Deney 4	0,1061	0,1532	0,1294	0,1345	0,1463	0,1574	0,1731
Deney 5	0,1055	0,1505	0,1267	0,1339	0,1480	0,1598	0,1756
Deney 6	0,1050	0,1479	0,1240	0,1333	0,1496	0,1621	0,1781
Deney 7	0,1044	0,1453	0,1213	0,1326	0,1513	0,1644	0,1806
Deney 8	0,1039	0,1427	0,1186	0,1320	0,1529	0,1667	0,1831
Deney 9	0,1034	0,1401	0,1159	0,1315	0,1545	0,1690	0,1856
Deney 10	0,1029	0,1376	0,1133	0,1309	0,1561	0,1712	0,1881
Deney 11	0,1024	0,1351	0,1107	0,1303	0,1576	0,1734	0,1905

Çizelge 8.40. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 3 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1083	0,1505	0,1298	0,1352	0,1443	0,1598	0,1721
Deney 2	0,1075	0,1532	0,1310	0,1352	0,1444	0,1574	0,1713
Deney 3	0,1067	0,1558	0,1322	0,1352	0,1446	0,1551	0,1705
Deney 4	0,1059	0,1585	0,1333	0,1352	0,1447	0,1527	0,1697
Deney 5	0,1051	0,1611	0,1345	0,1351	0,1448	0,1504	0,1689
Deney 6	0,1043	0,1637	0,1357	0,1351	0,1450	0,1480	0,1682
Deney 7	0,1035	0,1663	0,1369	0,1351	0,1451	0,1457	0,1674
Deney 8	0,1028	0,1688	0,1380	0,1351	0,1453	0,1434	0,1666
Deney 9	0,1020	0,1714	0,1392	0,1352	0,1454	0,1410	0,1658
Deney 10	0,1013	0,1739	0,1404	0,1352	0,1455	0,1387	0,1650
Deney 11	0,1005	0,1765	0,1415	0,1352	0,1457	0,1364	0,1643

Çizelge 8.41. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 4 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1085	0,1539	0,1303	0,1374	0,1402	0,1552	0,1745
Deney 2	0,1076	0,1548	0,1312	0,1363	0,1424	0,1552	0,1725
Deney 3	0,1067	0,1558	0,1322	0,1352	0,1446	0,1551	0,1705
Deney 4	0,1058	0,1568	0,1331	0,1341	0,1468	0,1550	0,1685
Deney 5	0,1049	0,1578	0,1340	0,1330	0,1489	0,1549	0,1666
Deney 6	0,1040	0,1587	0,1349	0,1319	0,1511	0,1547	0,1646
Deney 7	0,1031	0,1597	0,1359	0,1309	0,1533	0,1546	0,1626
Deney 8	0,1022	0,1607	0,1368	0,1298	0,1554	0,1545	0,1606
Deney 9	0,1013	0,1617	0,1377	0,1287	0,1576	0,1543	0,1586
Deney 10	0,1005	0,1627	0,1387	0,1277	0,1597	0,1541	0,1566
Deney 11	0,0996	0,1637	0,1396	0,1267	0,1618	0,1540	0,1547

Çizelge 8.42. Endüstri mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 5 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,0995	0,1539	0,1310	0,1350	0,1513	0,1561	0,1732
Deney 2	0,1031	0,1549	0,1315	0,1351	0,1480	0,1556	0,1719
Deney 3	0,1067	0,1558	0,1322	0,1352	0,1446	0,1551	0,1705
Deney 4	0,1104	0,1568	0,1328	0,1353	0,1411	0,1545	0,1692
Deney 5	0,1141	0,1578	0,1335	0,1354	0,1376	0,1539	0,1678
Deney 6	0,1178	0,1588	0,1341	0,1355	0,1340	0,1533	0,1664
Deney 7	0,1216	0,1598	0,1348	0,1357	0,1304	0,1527	0,1650
Deney 8	0,1254	0,1608	0,1356	0,1359	0,1267	0,1520	0,1636
Deney 9	0,1292	0,1619	0,1363	0,1360	0,1230	0,1514	0,1622
Deney 10	0,1330	0,1630	0,1371	0,1362	0,1193	0,1507	0,1607
Deney 11	0,1369	0,1641	0,1378	0,1364	0,1155	0,1500	0,1593

Çizelge 8.43. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 1 ağırlığına göre değişimleri

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,0845	0,1208	0,1138	0,1075	0,1213	0,1175	0,1139	0,0897	0,1309
Deney 2	0,0854	0,1215	0,1157	0,1089	0,1183	0,1174	0,1136	0,0885	0,1306
Deney 3	0,0862	0,1221	0,1177	0,1104	0,1153	0,1174	0,1133	0,0873	0,1303
Deney 4	0,0871	0,1228	0,1196	0,1118	0,1122	0,1173	0,1131	0,0861	0,1300
Deney 5	0,0879	0,1235	0,1215	0,1132	0,1091	0,1173	0,1128	0,0849	0,1297
Deney 6	0,0888	0,1241	0,1235	0,1146	0,1061	0,1173	0,1125	0,0838	0,1294
Deney 7	0,0897	0,1248	0,1254	0,1160	0,1030	0,1172	0,1122	0,0826	0,1291
Deney 8	0,0905	0,1255	0,1274	0,1174	0,0999	0,1172	0,1119	0,0814	0,1288
Deney 9	0,0914	0,1261	0,1293	0,1188	0,0968	0,1172	0,1116	0,0803	0,1285
Deney 10	0,0923	0,1268	0,1312	0,1202	0,0936	0,1172	0,1113	0,0791	0,1282
Deney 11	0,0932	0,1275	0,1331	0,1216	0,0905	0,1171	0,1110	0,0780	0,1279

Çizelge 8.44. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 2 ağırlığına göre değişimleri

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,0883	0,1215	0,1177	0,1097	0,1166	0,1128	0,1108	0,0900	0,1326
Deney 2	0,0872	0,1218	0,1177	0,1100	0,1159	0,1151	0,1121	0,0887	0,1315
Deney 3	0,0862	0,1221	0,1177	0,1104	0,1153	0,1174	0,1133	0,0873	0,1303
Deney 4	0,0852	0,1224	0,1177	0,1107	0,1146	0,1197	0,1146	0,0860	0,1292
Deney 5	0,0842	0,1228	0,1177	0,1110	0,1139	0,1219	0,1158	0,0846	0,1281
Deney 6	0,0832	0,1231	0,1177	0,1114	0,1132	0,1242	0,1171	0,0833	0,1270
Deney 7	0,0822	0,1234	0,1177	0,1117	0,1125	0,1264	0,1183	0,0820	0,1258
Deney 8	0,0812	0,1237	0,1177	0,1121	0,1119	0,1286	0,1196	0,0806	0,1247
Deney 9	0,0802	0,1240	0,1177	0,1125	0,1112	0,1308	0,1208	0,0793	0,1236
Deney 10	0,0792	0,1243	0,1177	0,1128	0,1105	0,1330	0,1220	0,0780	0,1224
Deney 11	0,0782	0,1246	0,1177	0,1132	0,1099	0,1352	0,1233	0,0767	0,1213

Çizelge 8.45. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 3 ağırlığına göre değişimleri

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,0855	0,1219	0,1126	0,1115	0,1173	0,1180	0,1138	0,0880	0,1315
Deney 2	0,0858	0,1220	0,1151	0,1109	0,1163	0,1177	0,1135	0,0876	0,1309
Deney 3	0,0862	0,1221	0,1177	0,1104	0,1153	0,1174	0,1133	0,0873	0,1303
Deney 4	0,0866	0,1222	0,1202	0,1098	0,1143	0,1171	0,1131	0,0870	0,1298
Deney 5	0,0870	0,1224	0,1227	0,1092	0,1133	0,1168	0,1129	0,0866	0,1292
Deney 6	0,0874	0,1225	0,1252	0,1087	0,1123	0,1164	0,1127	0,0863	0,1286
Deney 7	0,0878	0,1226	0,1277	0,1081	0,1112	0,1161	0,1125	0,0860	0,1280
Deney 8	0,0882	0,1227	0,1302	0,1076	0,1102	0,1158	0,1123	0,0856	0,1273
Deney 9	0,0886	0,1228	0,1327	0,1070	0,1092	0,1155	0,1121	0,0853	0,1267
Deney 10	0,0890	0,1229	0,1352	0,1064	0,1082	0,1152	0,1120	0,0850	0,1261
Deney 11	0,0894	0,1230	0,1377	0,1059	0,1072	0,1149	0,1118	0,0847	0,1254

Çizelge 8.46. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 4 ağırlığına göre değişimleri

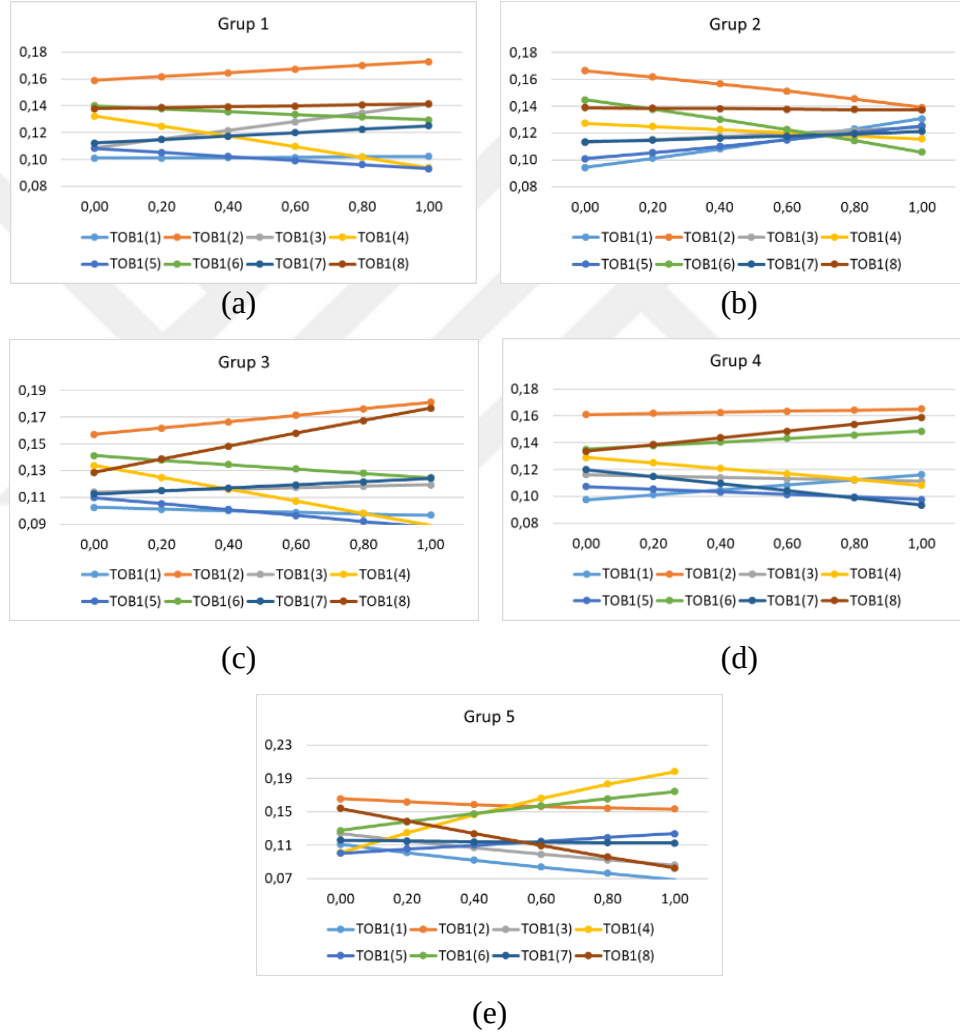
	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,0857	0,1246	0,1219	0,1093	0,1134	0,1168	0,1164	0,0901	0,1217
Deney 2	0,0859	0,1233	0,1198	0,1098	0,1143	0,1171	0,1149	0,0887	0,1261
Deney 3	0,0862	0,1221	0,1177	0,1104	0,1153	0,1174	0,1133	0,0873	0,1303
Deney 4	0,0865	0,1209	0,1155	0,1109	0,1162	0,1177	0,1118	0,0860	0,1345
Deney 5	0,0868	0,1197	0,1134	0,1114	0,1171	0,1180	0,1103	0,0846	0,1385
Deney 6	0,0871	0,1186	0,1113	0,1120	0,1181	0,1183	0,1089	0,0833	0,1425
Deney 7	0,0874	0,1174	0,1092	0,1125	0,1190	0,1187	0,1074	0,0820	0,1464
Deney 8	0,0877	0,1162	0,1071	0,1130	0,1200	0,1190	0,1060	0,0808	0,1502
Deney 9	0,0880	0,1151	0,1050	0,1136	0,1209	0,1194	0,1046	0,0795	0,1539
Deney 10	0,0883	0,1139	0,1030	0,1142	0,1219	0,1197	0,1032	0,0783	0,1575
Deney 11	0,0887	0,1128	0,1009	0,1147	0,1228	0,1201	0,1018	0,0771	0,1611

Çizelge 8.47. Endüstri mühendisliği açısından TB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 5 ağırlığına göre değişimleri

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,0872	0,1219	0,1223	0,1138	0,1077	0,1218	0,1118	0,0789	0,1347
Deney 2	0,0867	0,1220	0,1200	0,1121	0,1115	0,1196	0,1126	0,0831	0,1325
Deney 3	0,0862	0,1221	0,1177	0,1104	0,1153	0,1174	0,1133	0,0873	0,1303
Deney 4	0,0857	0,1223	0,1153	0,1087	0,1191	0,1152	0,1141	0,0916	0,1281
Deney 5	0,0853	0,1224	0,1130	0,1069	0,1229	0,1129	0,1149	0,0958	0,1259
Deney 6	0,0848	0,1226	0,1106	0,1052	0,1268	0,1107	0,1156	0,1001	0,1236
Deney 7	0,0844	0,1227	0,1082	0,1035	0,1306	0,1084	0,1164	0,1044	0,1214
Deney 8	0,0839	0,1229	0,1058	0,1018	0,1345	0,1062	0,1172	0,1087	0,1191
Deney 9	0,0835	0,1230	0,1034	0,1000	0,1384	0,1039	0,1180	0,1130	0,1168
Deney 10	0,0831	0,1232	0,1009	0,0983	0,1423	0,1016	0,1188	0,1173	0,1145
Deney 11	0,0827	0,1234	0,0985	0,0966	0,1461	0,0993	0,1196	0,1216	0,1121

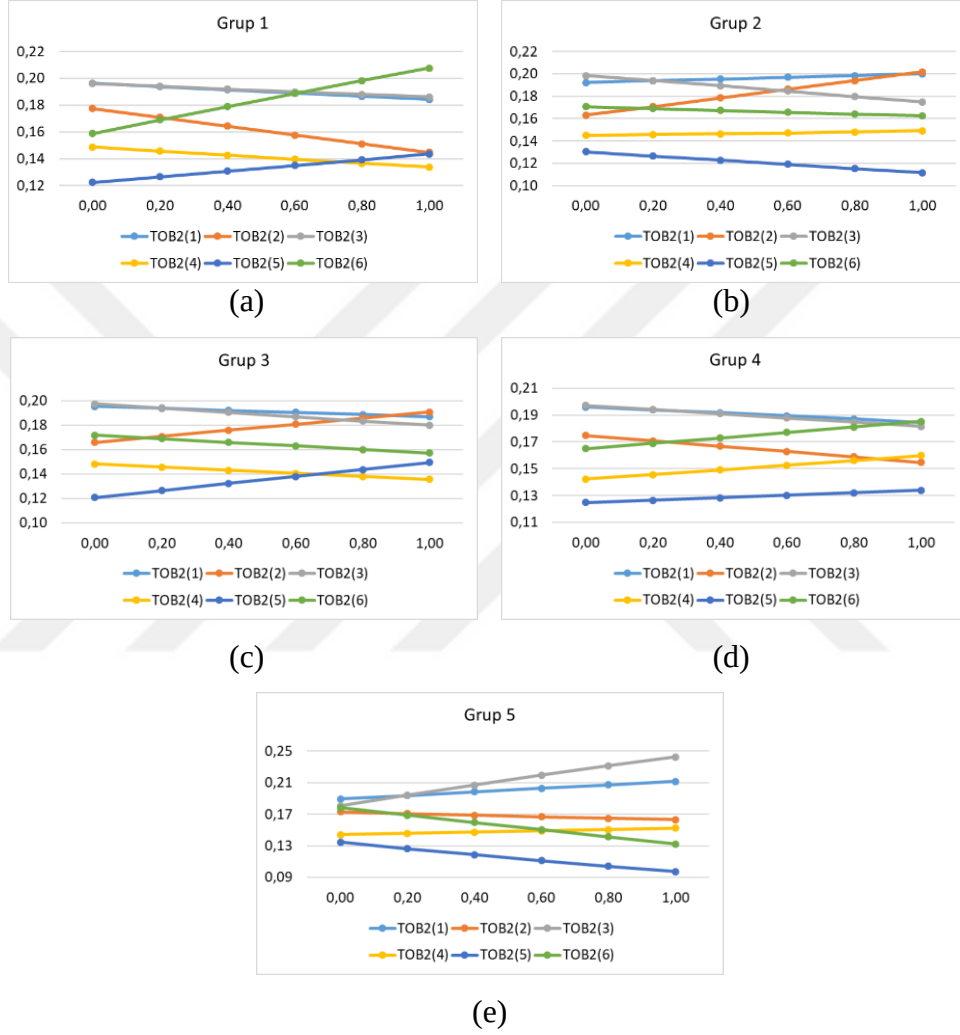
iv) Teknik Olmayan Beceri Alt Kriterlerine Bağlı Özelliklerin Önem Derecelerinin Uzman Gruplarının Ağırlıklarına Karşı Duyarlılıkları

“Kişisel Yönetim (TOB 1)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.12’de sunulmuş olup endüstri mühendisliği açısından “Kişisel Yönetim (TOB 1)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



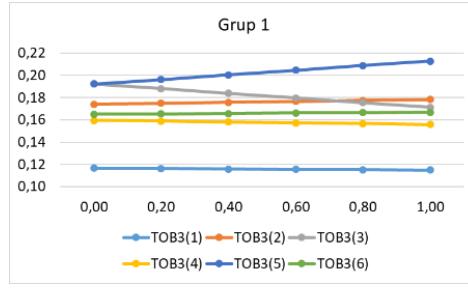
Şekil 8.12. Endüstri mühendisliği açısından “Kişisel Yönetim (TOB 1)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

“İletişim (TOB 2)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.13’te sunulmuş olup endüstri mühendisliği açısından “İletişim (TOB 2)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.

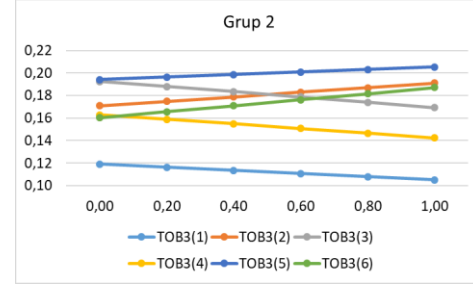


Şekil 8.13. Endüstri mühendisliği açısından “İletişim (TOB 2)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

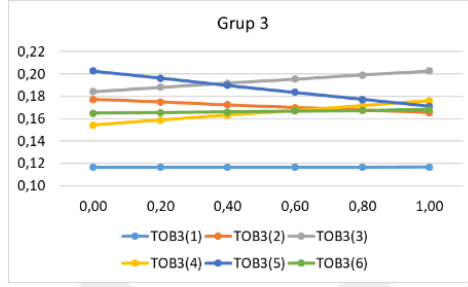
“Çevre ile Uyum (TOB 3)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.14’te sunulmuş olup endüstri mühendisliği açısından “Çevre ile Uyum (TOB 3)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



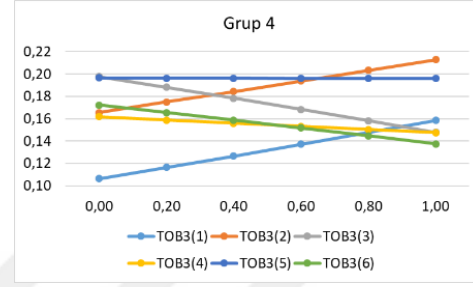
(a)



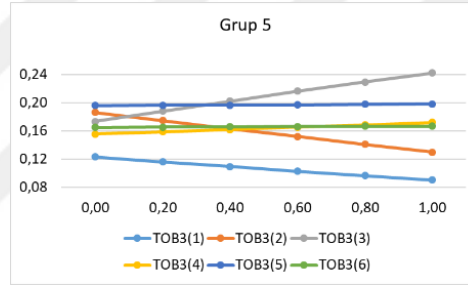
(b)



(c)



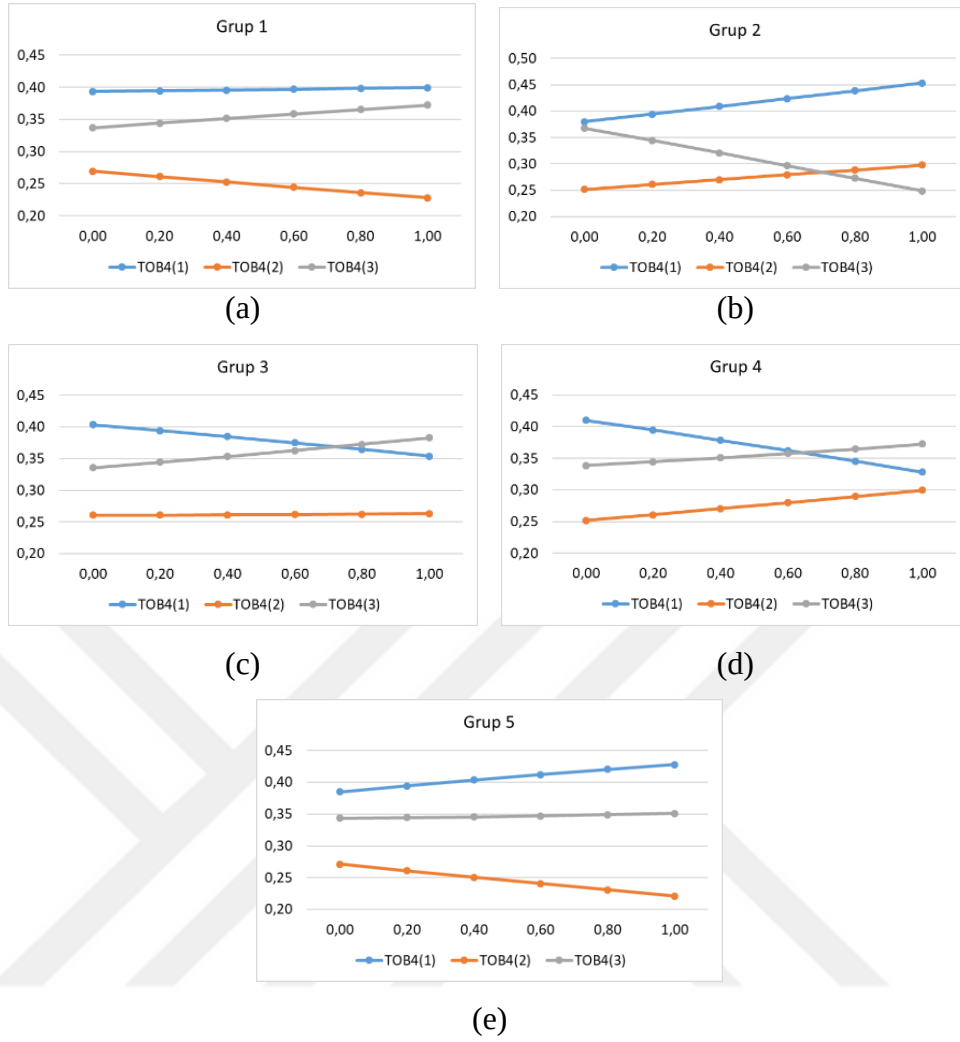
(d)



(e)

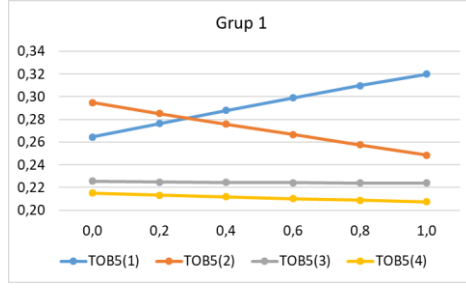
Şekil 8.14. Endüstri mühendisliği açısından “Çevre ile Uyum (TOB 3)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

“Takım Çalışması (TOB 4)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.15’te sunulmuş olup endüstri mühendisliği açısından “Takım Çalışması (TOB 4)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.

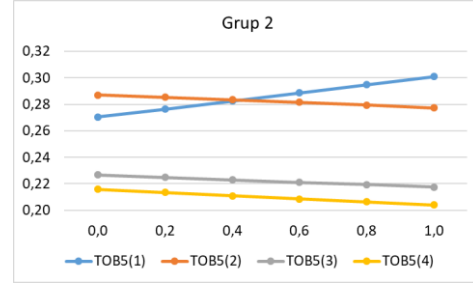


Şekil 8.15. Endüstri mühendisliği açısından “Takım Çalışması (TOB 4)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

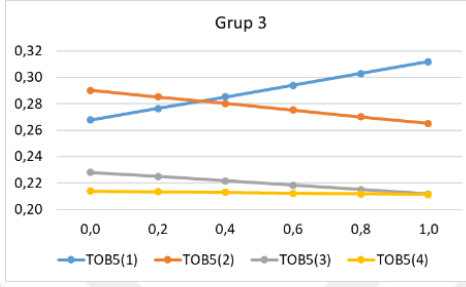
“Liderlik (TOB 5)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.16’da sunulmuş olup endüstri mühendisliği açısından “Liderlik (TOB 5)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



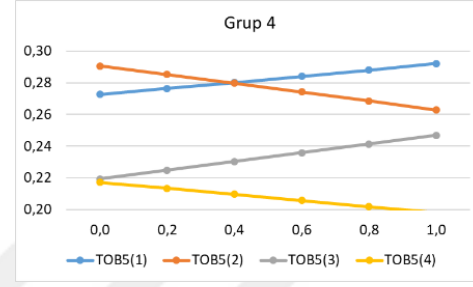
(a)



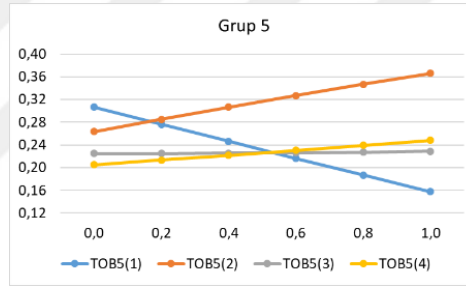
(b)



(c)



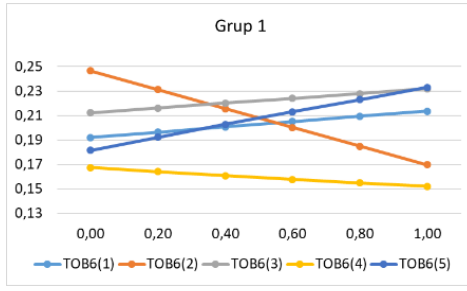
(d)



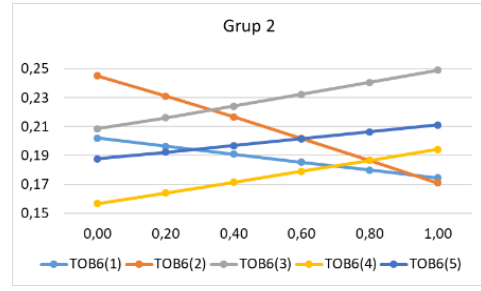
(e)

Şekil 8.16. Endüstri mühendisliği açısından “Liderlik (TOB 5)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

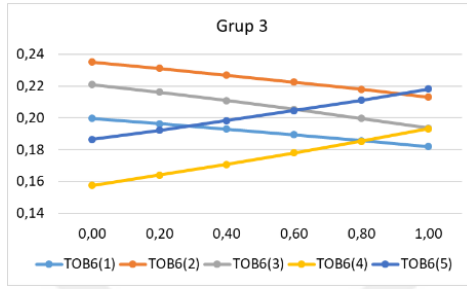
“Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.17’de sunulmuş olup endüstri mühendisliği açısından “Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



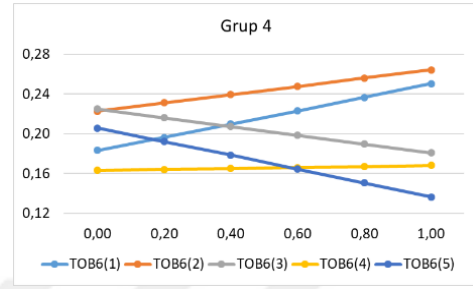
(a)



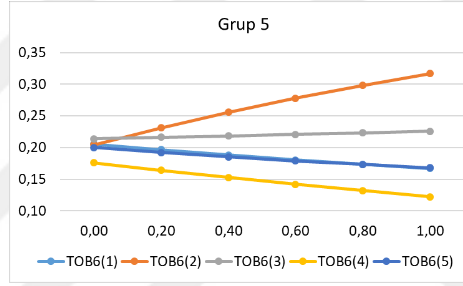
(b)



(c)



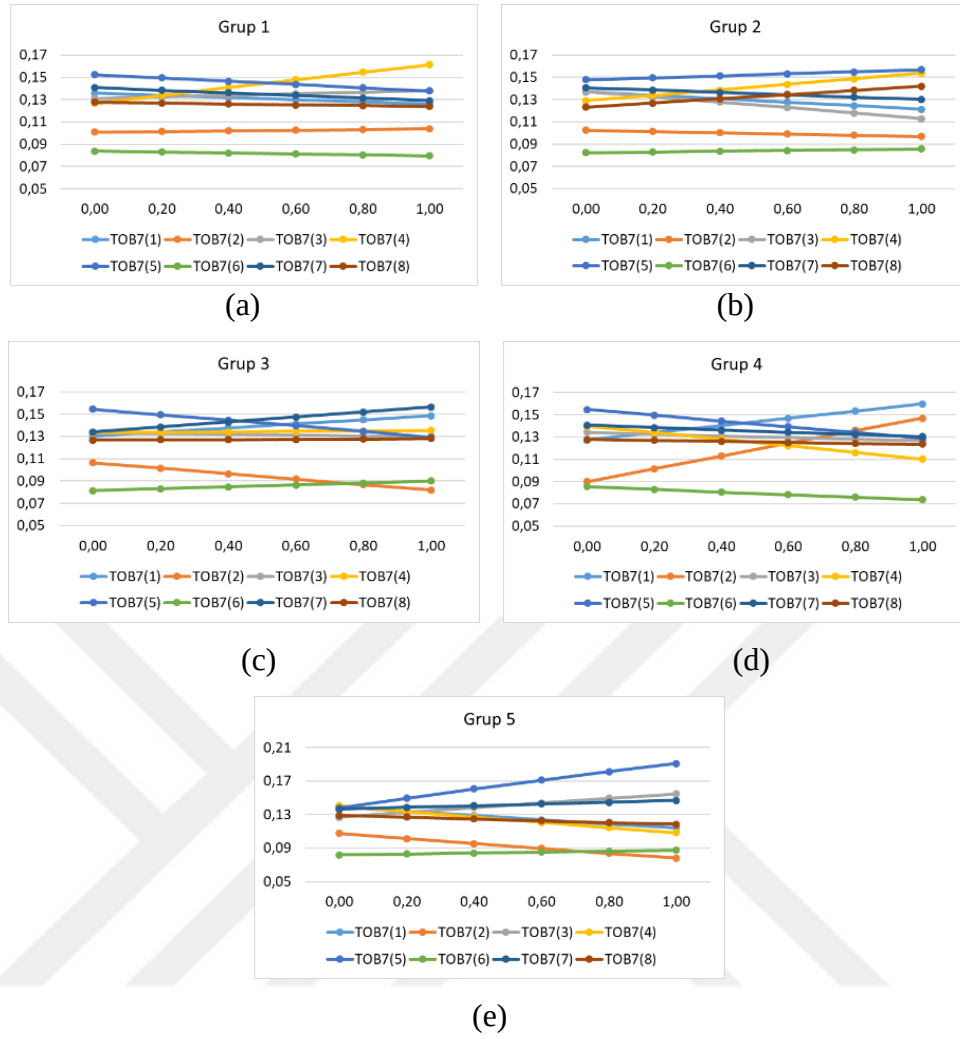
(d)



(e)

Şekil 8.17. Endüstri mühendisliği açısından “Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

“Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.18’de sunulmuş olup endüstri mühendisliği açısından “Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



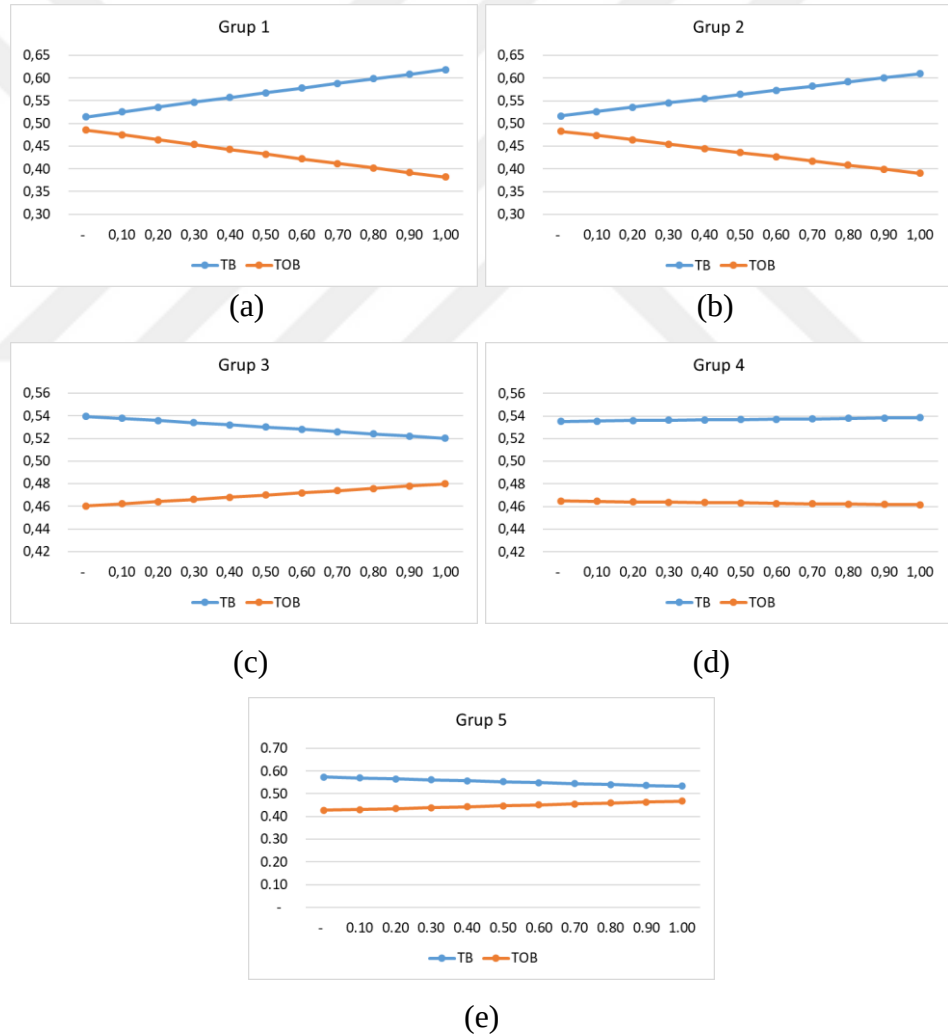
Şekil 8.18. Endüstri mühendisliği açısından “Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

8.5.2. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Açısından Elde Edilen Sonuçlar için Duyarlılık Analizi

Temel kriterler, alt kriterler ve alt kriterlere bağlı özelliklerin elektrik-elektronik mühendisliği açısından değerlendirilmesi ile elde edilen görüşler duyarlılık analizi ile ayrı ayrı incelenerek sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

i) Temel Kriterlerin Önem Derecelerinin Uzman Gruplarının Ağırlıklarına Karşı Duyarlılıkları

Temel kriterlerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları (Çizelge 8.48) Şekil 8.19'da sunulan grafikler aracılığı ile incelendiğinde elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarsız olduğu görülmektedir. Yani, elektrik-elektronik mühendisliği için TB temel kriteri, TOB temel kriterine göre daha önemlidir ve bu durum uzman grubu ağırlıklarının değişiminden etkilenmemektedir.



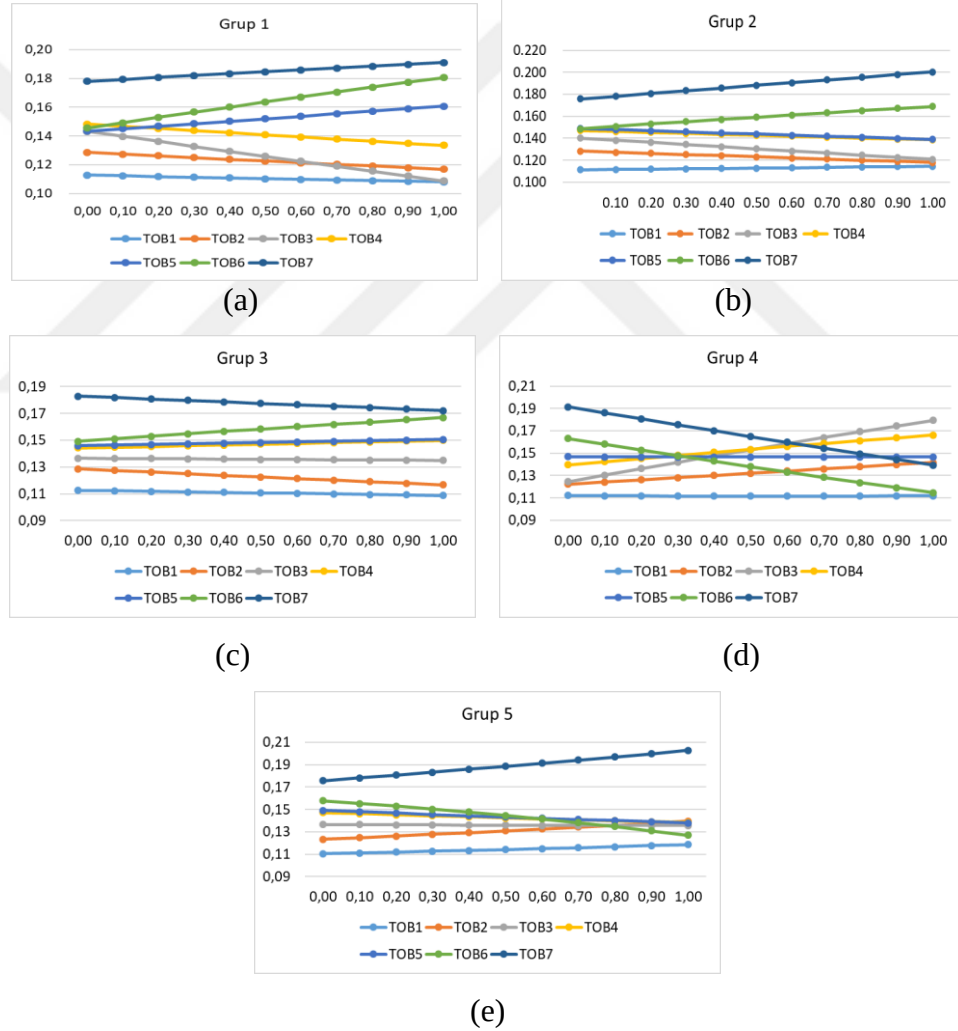
Şekil 8.19. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

Çizelge 8.48. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından temel kriterlerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına göre değişimleri

	Grup 1		Grup 2		Grup 3		Grup 4		Grup 5	
	TB	TOB	TB	TOB	TB	TOB	TB	TOB	TB	TOB
Deney 1	0,5143	0,4857	0,5168	0,4832	0,5396	0,4604	0,5352	0,4648	0,5731	0,4269
Deney 2	0,5251	0,4749	0,5264	0,4736	0,5378	0,4622	0,5355	0,4645	0,5691	0,4309
Deney 3	0,5359	0,4641	0,5359	0,4641	0,5359	0,4641	0,5359	0,4641	0,5651	0,4349
Deney 4	0,5465	0,4535	0,5453	0,4547	0,5340	0,4660	0,5362	0,4638	0,5611	0,4389
Deney 5	0,5571	0,4429	0,5547	0,4453	0,5320	0,4680	0,5365	0,4635	0,5571	0,4429
Deney 6	0,5675	0,4325	0,5640	0,4360	0,5301	0,4699	0,5369	0,4631	0,5531	0,4469
Deney 7	0,5779	0,4221	0,5732	0,4268	0,5281	0,4719	0,5372	0,4628	0,5491	0,4509
Deney 8	0,5882	0,4118	0,5824	0,4176	0,5261	0,4739	0,5375	0,4625	0,5451	0,4549
Deney 9	0,5983	0,4017	0,5916	0,4084	0,5241	0,4759	0,5379	0,4621	0,5411	0,4589
Deney 10	0,6083	0,3917	0,6006	0,3994	0,5221	0,4779	0,5382	0,4618	0,5371	0,4629
Deney 11	0,6182	0,3818	0,6096	0,3904	0,5201	0,4799	0,5385	0,4615	0,5331	0,4669

ii) Teknik Olmayan Beceri Alt Kriterlerinin Önem Derecelerinin Uzman Gruplarının Ağırlıklarına Karşı Duyarlılıkları

Teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları (Çizelge 8.49- Çizelge 8.53) Şekil 8.20’de sunulan grafikler aracılığı ile incelendiğinde elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir. Yani, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişiklikler, teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerini etkilemektedir.



Şekil 8.20. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

Çizelge 8.49.Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 1 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1129	0,1287	0,1432	0,1483	0,1433	0,1456	0,1780
Deney 2	0,1124	0,1274	0,1397	0,1468	0,1450	0,1493	0,1794
Deney 3	0,1118	0,1262	0,1363	0,1453	0,1468	0,1529	0,1807
Deney 4	0,1113	0,1250	0,1328	0,1438	0,1485	0,1565	0,1820
Deney 5	0,1109	0,1238	0,1293	0,1423	0,1502	0,1601	0,1834
Deney 6	0,1104	0,1226	0,1259	0,1408	0,1520	0,1636	0,1847
Deney 7	0,1099	0,1215	0,1224	0,1393	0,1537	0,1671	0,1860
Deney 8	0,1095	0,1203	0,1190	0,1379	0,1555	0,1706	0,1873
Deney 9	0,1090	0,1192	0,1156	0,1364	0,1573	0,1740	0,1886
Deney 10	0,1086	0,1180	0,1122	0,1349	0,1590	0,1773	0,1899
Deney 11	0,1082	0,1169	0,1088	0,1335	0,1608	0,1806	0,1911

Çizelge 8.50. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 2 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1116	0,1273	0,1382	0,1462	0,1478	0,1508	0,1782
Deney 2	0,1113	0,1283	0,1402	0,1471	0,1488	0,1486	0,1758
Deney 3	0,1118	0,1262	0,1363	0,1453	0,1468	0,1529	0,1807
Deney 4	0,1121	0,1252	0,1343	0,1444	0,1458	0,1551	0,1832
Deney 5	0,1125	0,1241	0,1323	0,1436	0,1448	0,1571	0,1856
Deney 6	0,1128	0,1231	0,1304	0,1427	0,1438	0,1592	0,1881
Deney 7	0,1131	0,1220	0,1284	0,1419	0,1428	0,1612	0,1906
Deney 8	0,1135	0,1210	0,1265	0,1410	0,1418	0,1632	0,1930
Deney 9	0,1138	0,1200	0,1246	0,1402	0,1409	0,1651	0,1955
Deney 10	0,1142	0,1189	0,1226	0,1394	0,1399	0,1671	0,1979
Deney 11	0,1146	0,1179	0,1207	0,1386	0,1390	0,1689	0,2003

Çizelge 8.51. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 3 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1126	0,1286	0,1366	0,1442	0,1459	0,1493	0,1829
Deney 2	0,1122	0,1274	0,1364	0,1447	0,1463	0,1511	0,1818
Deney 3	0,1118	0,1262	0,1363	0,1453	0,1468	0,1529	0,1807
Deney 4	0,1115	0,1250	0,1361	0,1458	0,1472	0,1547	0,1796
Deney 5	0,1111	0,1238	0,1359	0,1464	0,1477	0,1565	0,1786
Deney 6	0,1107	0,1226	0,1357	0,1470	0,1481	0,1583	0,1775
Deney 7	0,1103	0,1214	0,1356	0,1476	0,1486	0,1601	0,1764
Deney 8	0,1100	0,1202	0,1354	0,1482	0,1491	0,1618	0,1754
Deney 9	0,1096	0,1190	0,1353	0,1487	0,1495	0,1635	0,1743
Deney 10	0,1092	0,1178	0,1351	0,1493	0,1500	0,1652	0,1732
Deney 11	0,1089	0,1166	0,1350	0,1499	0,1505	0,1669	0,1722

Çizelge 8.52. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 4 ağırlığına göre değişimleri

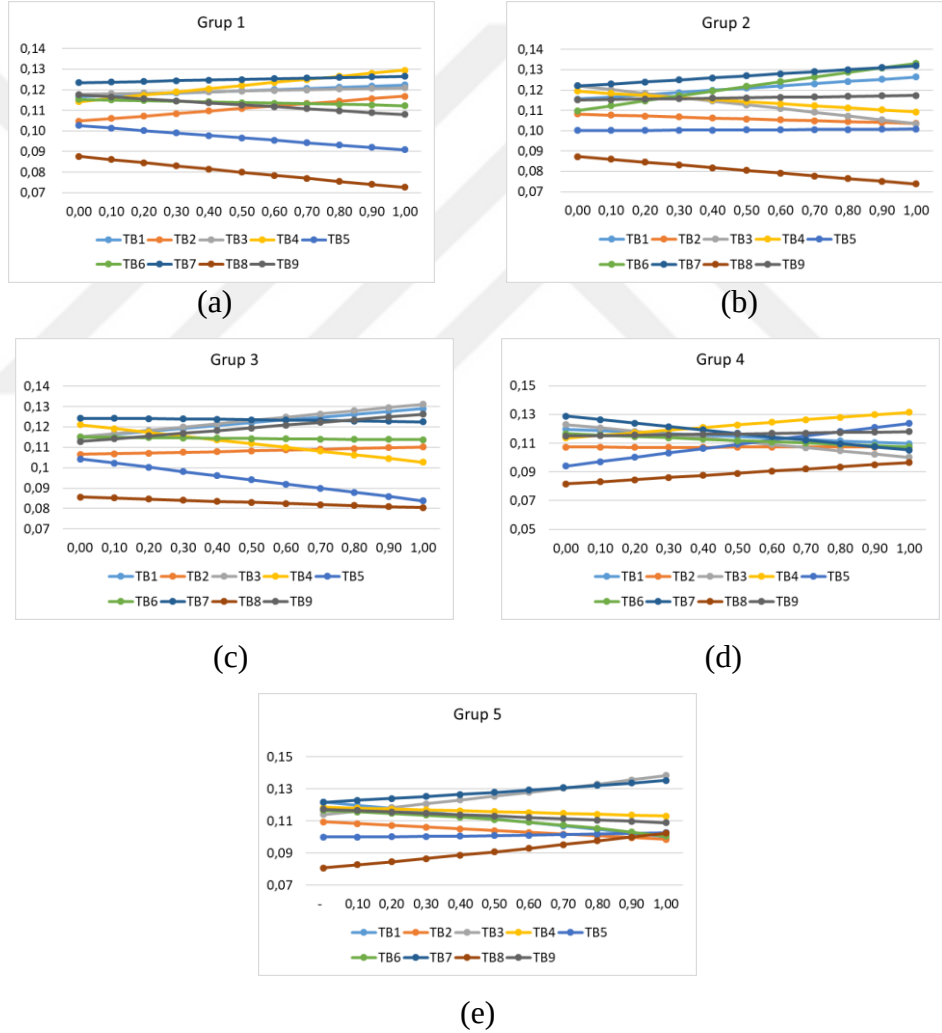
	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1121	0,1223	0,1245	0,1397	0,1468	0,1632	0,1914
Deney 2	0,1120	0,1242	0,1304	0,1425	0,1468	0,1581	0,1861
Deney 3	0,1118	0,1262	0,1363	0,1453	0,1468	0,1529	0,1807
Deney 4	0,1118	0,1282	0,1420	0,1480	0,1467	0,1479	0,1754
Deney 5	0,1117	0,1301	0,1476	0,1508	0,1467	0,1429	0,1701
Deney 6	0,1117	0,1321	0,1532	0,1534	0,1468	0,1380	0,1649
Deney 7	0,1117	0,1340	0,1587	0,1561	0,1468	0,1331	0,1597
Deney 8	0,1117	0,1360	0,1640	0,1587	0,1468	0,1284	0,1545
Deney 9	0,1117	0,1379	0,1693	0,1612	0,1468	0,1237	0,1494
Deney 10	0,1118	0,1398	0,1744	0,1637	0,1468	0,1191	0,1443
Deney 11	0,1119	0,1417	0,1795	0,1661	0,1467	0,1147	0,1393

Çizelge 8.53. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından TOB alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 5 ağırlığına göre değişimleri

	TOB1	TOB2	TOB3	TOB4	TOB5	TOB6	TOB7
Deney 1	0,1105	0,1233	0,1366	0,1472	0,1491	0,1577	0,1756
Deney 2	0,1112	0,1247	0,1364	0,1462	0,1479	0,1554	0,1781
Deney 3	0,1118	0,1262	0,1363	0,1453	0,1468	0,1529	0,1807
Deney 4	0,1126	0,1277	0,1361	0,1443	0,1456	0,1504	0,1833
Deney 5	0,1133	0,1293	0,1359	0,1434	0,1444	0,1476	0,1860
Deney 6	0,1141	0,1309	0,1358	0,1425	0,1433	0,1447	0,1887
Deney 7	0,1149	0,1325	0,1358	0,1416	0,1422	0,1416	0,1914
Deney 8	0,1158	0,1342	0,1357	0,1408	0,1411	0,1383	0,1942
Deney 9	0,1167	0,1359	0,1357	0,1399	0,1400	0,1348	0,1970
Deney 10	0,1177	0,1377	0,1357	0,1391	0,1390	0,1310	0,1999
Deney 11	0,1187	0,1395	0,1357	0,1383	0,1380	0,1270	0,2029

iii) Teknik Beceri Alt Kriterlerinin Önem Derecelerinin Uzman Gruplarının Ağırlıklarına Karşı Duyarlılıkları

Teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları (Çizelge 8.54-Çizelge 8.58) Şekil 8.21’de sunulan grafikler aracılığı ile incelendiğinde elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir. Yani, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişiklikler, teknik olmayan beceri alt kriterlerinin önem derecelerini etkilemektedir.



Şekil 8.21. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

Çizelge 8.54. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 1 ağırlığına göre değişimleri

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,1166	0,1048	0,1177	0,1142	0,1027	0,1153	0,1234	0,0877	0,1175
Deney 2	0,1172	0,1060	0,1181	0,1158	0,1014	0,1150	0,1237	0,0862	0,1166
Deney 3	0,1178	0,1072	0,1184	0,1174	0,1002	0,1147	0,1241	0,0846	0,1156
Deney 4	0,1184	0,1085	0,1187	0,1189	0,0990	0,1144	0,1244	0,0830	0,1146
Deney 5	0,1189	0,1097	0,1190	0,1205	0,0978	0,1141	0,1247	0,0815	0,1137
Deney 6	0,1195	0,1109	0,1194	0,1220	0,0966	0,1138	0,1250	0,0800	0,1127
Deney 7	0,1201	0,1121	0,1197	0,1235	0,0955	0,1135	0,1254	0,0785	0,1118
Deney 8	0,1206	0,1133	0,1200	0,1250	0,0943	0,1132	0,1257	0,0770	0,1108
Deney 9	0,1212	0,1145	0,1203	0,1265	0,0932	0,1129	0,1260	0,0755	0,1099
Deney 10	0,1217	0,1157	0,1206	0,1280	0,0921	0,1126	0,1263	0,0741	0,1089
Deney 11	0,1223	0,1169	0,1209	0,1295	0,0909	0,1123	0,1266	0,0726	0,1080

Çizelge 8.55. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 2 ağırlığına göre değişimleri

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,1156	0,1082	0,1221	0,1195	0,1001	0,1098	0,1221	0,0874	0,1152
Deney 2	0,1167	0,1077	0,1203	0,1184	0,1002	0,1123	0,1231	0,0860	0,1154
Deney 3	0,1178	0,1072	0,1184	0,1174	0,1002	0,1147	0,1241	0,0846	0,1156
Deney 4	0,1189	0,1068	0,1165	0,1163	0,1003	0,1172	0,1251	0,0832	0,1158
Deney 5	0,1199	0,1063	0,1147	0,1153	0,1003	0,1195	0,1261	0,0819	0,1160
Deney 6	0,1210	0,1058	0,1128	0,1143	0,1004	0,1219	0,1271	0,0805	0,1162
Deney 7	0,1221	0,1053	0,1110	0,1133	0,1005	0,1242	0,1281	0,0792	0,1165
Deney 8	0,1232	0,1049	0,1091	0,1122	0,1005	0,1265	0,1291	0,0778	0,1167
Deney 9	0,1243	0,1044	0,1072	0,1112	0,1006	0,1287	0,1301	0,0765	0,1169
Deney 10	0,1253	0,1040	0,1054	0,1102	0,1007	0,1310	0,1310	0,0752	0,1171
Deney 11	0,1264	0,1036	0,1036	0,1092	0,1008	0,1332	0,1320	0,0738	0,1174

Çizelge 8.56. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 3 ağırlığına göre değişimleri

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,1148	0,1066	0,1152	0,1211	0,1043	0,1150	0,1243	0,0857	0,1130
Deney 2	0,1163	0,1069	0,1168	0,1192	0,1023	0,1149	0,1242	0,0851	0,1143
Deney 3	0,1178	0,1072	0,1184	0,1174	0,1002	0,1147	0,1241	0,0846	0,1156
Deney 4	0,1192	0,1076	0,1200	0,1155	0,0982	0,1146	0,1239	0,0841	0,1169
Deney 5	0,1207	0,1079	0,1216	0,1137	0,0961	0,1145	0,1238	0,0835	0,1183
Deney 6	0,1221	0,1083	0,1232	0,1119	0,0940	0,1143	0,1236	0,0830	0,1196
Deney 7	0,1235	0,1087	0,1248	0,1100	0,0920	0,1142	0,1234	0,0825	0,1209
Deney 8	0,1249	0,1091	0,1264	0,1082	0,0899	0,1141	0,1232	0,0820	0,1223
Deney 9	0,1263	0,1094	0,1280	0,1064	0,0879	0,1140	0,1230	0,0815	0,1236
Deney 10	0,1276	0,1098	0,1296	0,1045	0,0859	0,1139	0,1228	0,0810	0,1249
Deney 11	0,1290	0,1102	0,1312	0,1027	0,0838	0,1138	0,1226	0,0805	0,1263

Çizelge 8.57. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 4 ağırlığına göre değişimleri

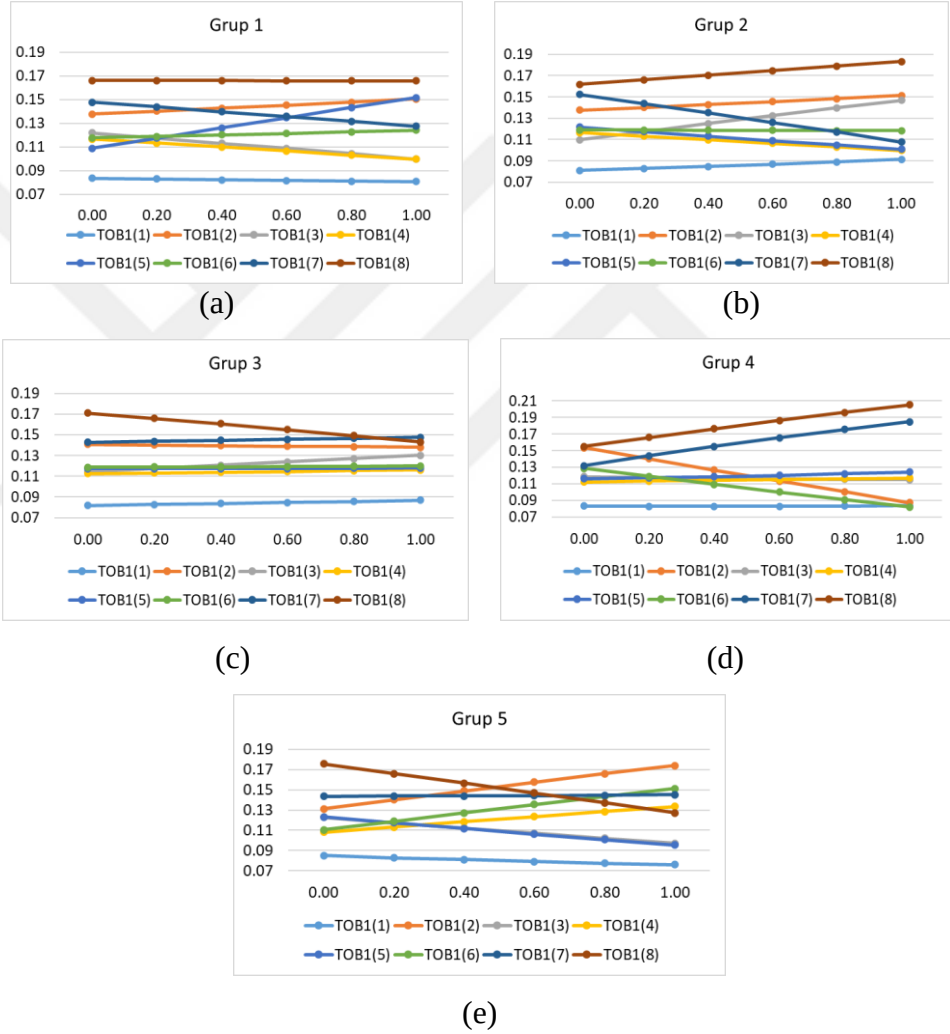
	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,1198	0,1073	0,1231	0,1136	0,0941	0,1167	0,1289	0,0816	0,1150
Deney 2	0,1188	0,1072	0,1207	0,1155	0,0972	0,1157	0,1265	0,0831	0,1153
Deney 3	0,1178	0,1072	0,1184	0,1174	0,1002	0,1147	0,1241	0,0846	0,1156
Deney 4	0,1168	0,1072	0,1161	0,1192	0,1033	0,1138	0,1217	0,0861	0,1159
Deney 5	0,1157	0,1072	0,1138	0,1211	0,1063	0,1128	0,1193	0,0876	0,1162
Deney 6	0,1147	0,1072	0,1115	0,1229	0,1093	0,1119	0,1169	0,0891	0,1165
Deney 7	0,1137	0,1073	0,1092	0,1247	0,1122	0,1110	0,1145	0,0906	0,1168
Deney 8	0,1127	0,1073	0,1069	0,1264	0,1152	0,1101	0,1122	0,0921	0,1171
Deney 9	0,1117	0,1073	0,1046	0,1282	0,1181	0,1092	0,1099	0,0935	0,1174
Deney 10	0,1107	0,1073	0,1024	0,1299	0,1210	0,1083	0,1075	0,0950	0,1177
Deney 11	0,1097	0,1073	0,1002	0,1316	0,1239	0,1075	0,1052	0,0965	0,1181

Çizelge 8.58. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik beceri alt kriterlerinin önem derecelerinin Grup 5 ağırlığına göre değişimleri

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6	TB7	TB8	TB9
Deney 1	0,1219	0,1094	0,1140	0,1185	0,0999	0,1166	0,1217	0,0807	0,1173
Deney 2	0,1199	0,1083	0,1162	0,1179	0,1001	0,1157	0,1229	0,0826	0,1165
Deney 3	0,1178	0,1072	0,1184	0,1174	0,1002	0,1147	0,1241	0,0846	0,1156
Deney 4	0,1157	0,1061	0,1207	0,1168	0,1004	0,1136	0,1253	0,0866	0,1147
Deney 5	0,1135	0,1051	0,1230	0,1163	0,1006	0,1124	0,1266	0,0887	0,1139
Deney 6	0,1114	0,1040	0,1254	0,1158	0,1009	0,1109	0,1279	0,0908	0,1130
Deney 7	0,1092	0,1029	0,1279	0,1152	0,1011	0,1093	0,1292	0,0930	0,1122
Deney 8	0,1070	0,1018	0,1304	0,1147	0,1014	0,1075	0,1306	0,0952	0,1114
Deney 9	0,1047	0,1007	0,1330	0,1141	0,1018	0,1054	0,1321	0,0975	0,1106
Deney 10	0,1025	0,0996	0,1357	0,1136	0,1022	0,1031	0,1336	0,0999	0,1097
Deney 11	0,1002	0,0986	0,1384	0,1131	0,1026	0,1005	0,1352	0,1024	0,1090

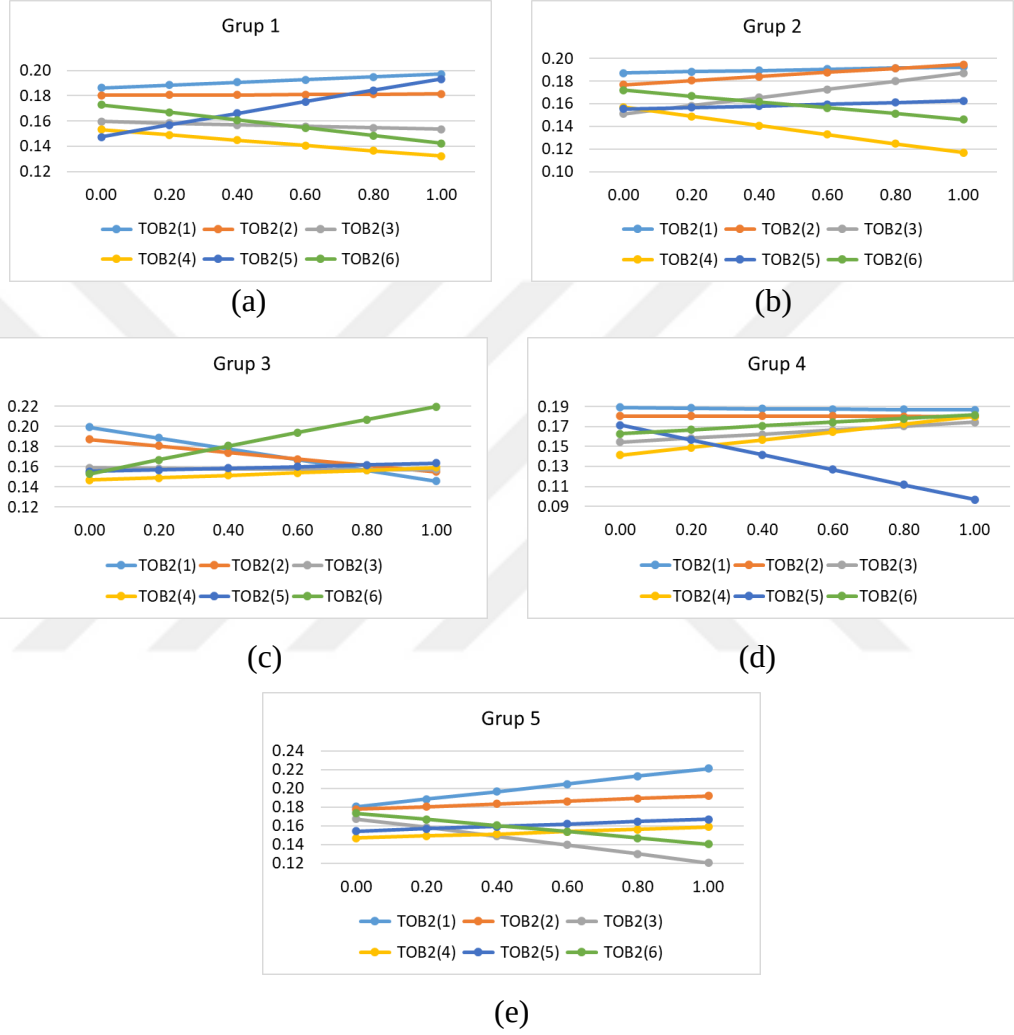
iv) Teknik Olmayan Beceri Alt Kriterlerine Bağlı Özelliklerin Ağırlık Sıralamasının Uzman Gruplarının Ağırlıklarına Karşı Duyarlılıkları

“Kişisel Yönetim (TOB 1)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.22’de sunulmuş olup elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Kişisel Yönetim (TOB 1)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



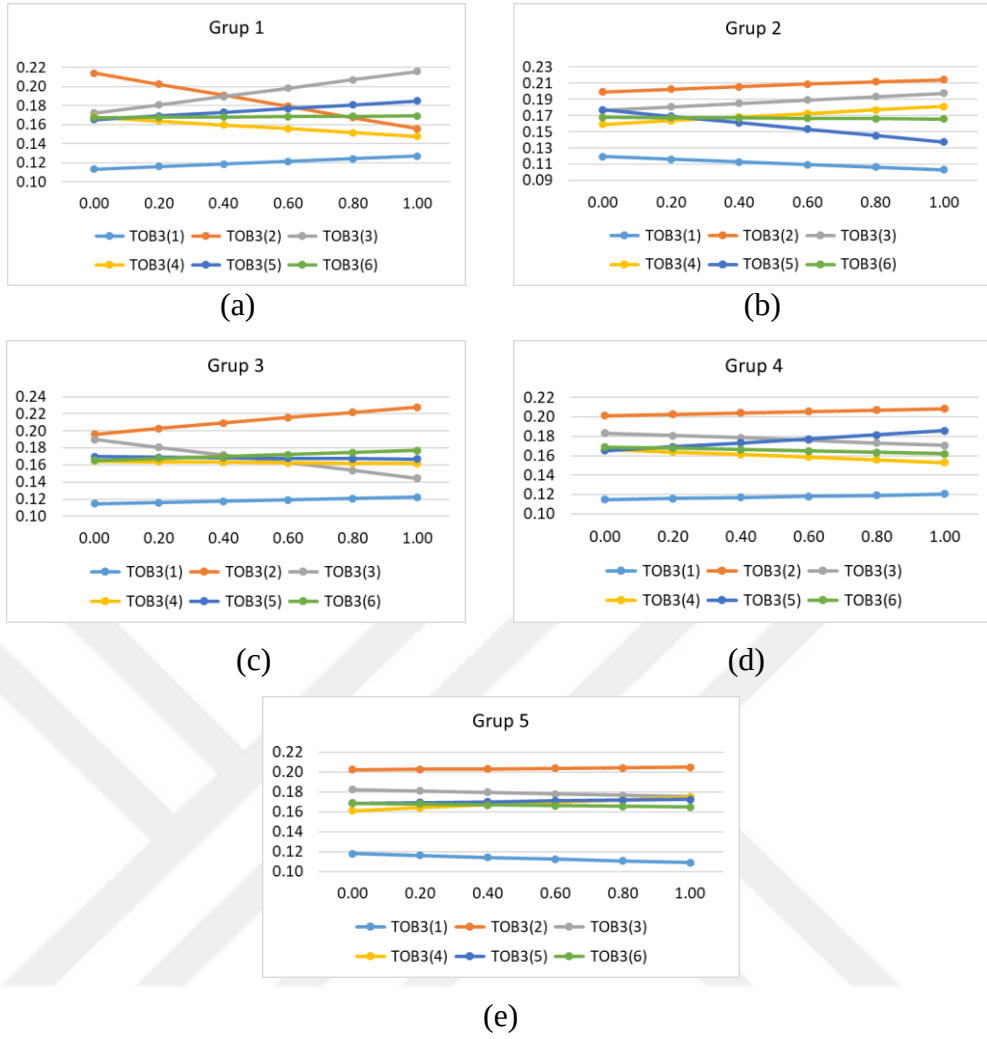
Şekil 8.22. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Kişisel Yönetim (TOB 1)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

“İletişim (TOB 2)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.23’te sunulmuş olup elektrik-elektronik mühendisliği açısından “İletişim (TOB 2)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



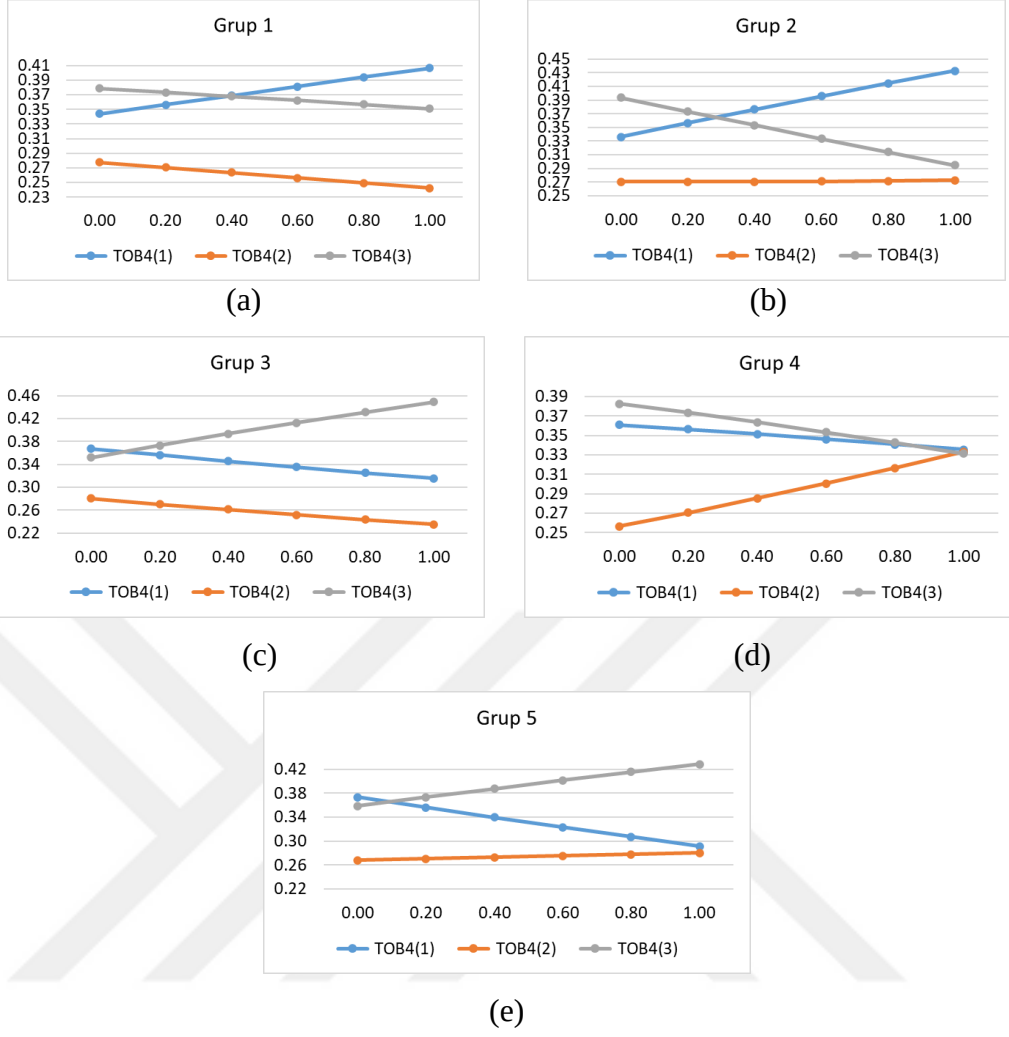
Şekil 8.23. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “İletişim (TOB 2)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

“Çevre ile Uyum (TOB 3)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.24’te sunulmuş olup elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Çevre ile Uyum (TOB 3)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



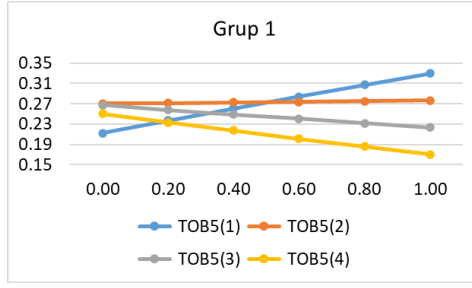
Şekil 8.24. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Çevre ile Uyum (TOB 3)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

“Takım Çalışması (TOB 4)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.25’te sunulmuş olup elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Takım Çalışması (TOB 4)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.

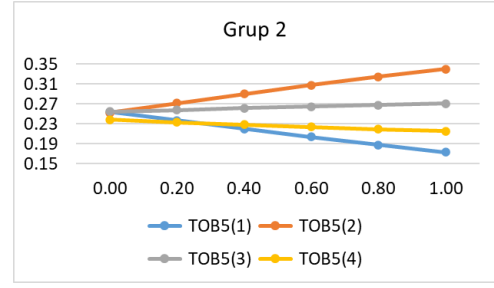


Şekil 8.25. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Takım Çalışması (TOB 4)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

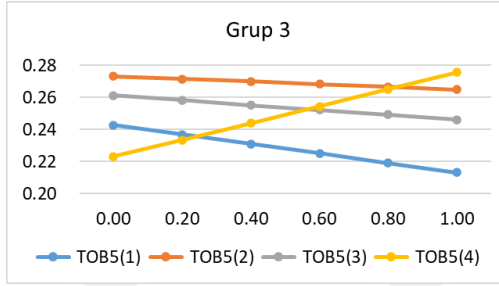
“Liderlik (TOB 5)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.26’da sunulmuş olup elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Liderlik (TOB 5)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



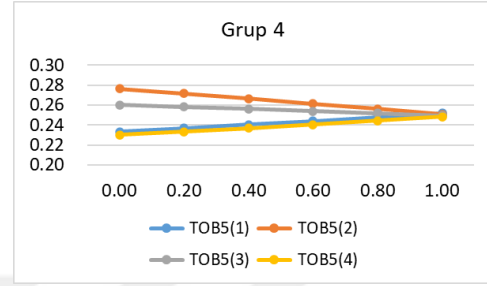
(a)



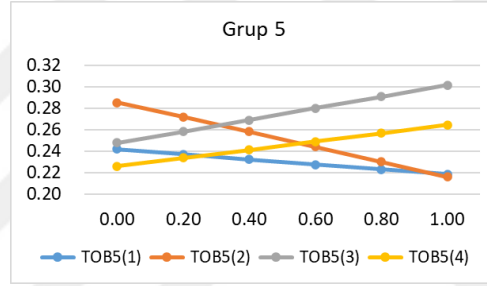
(b)



(c)



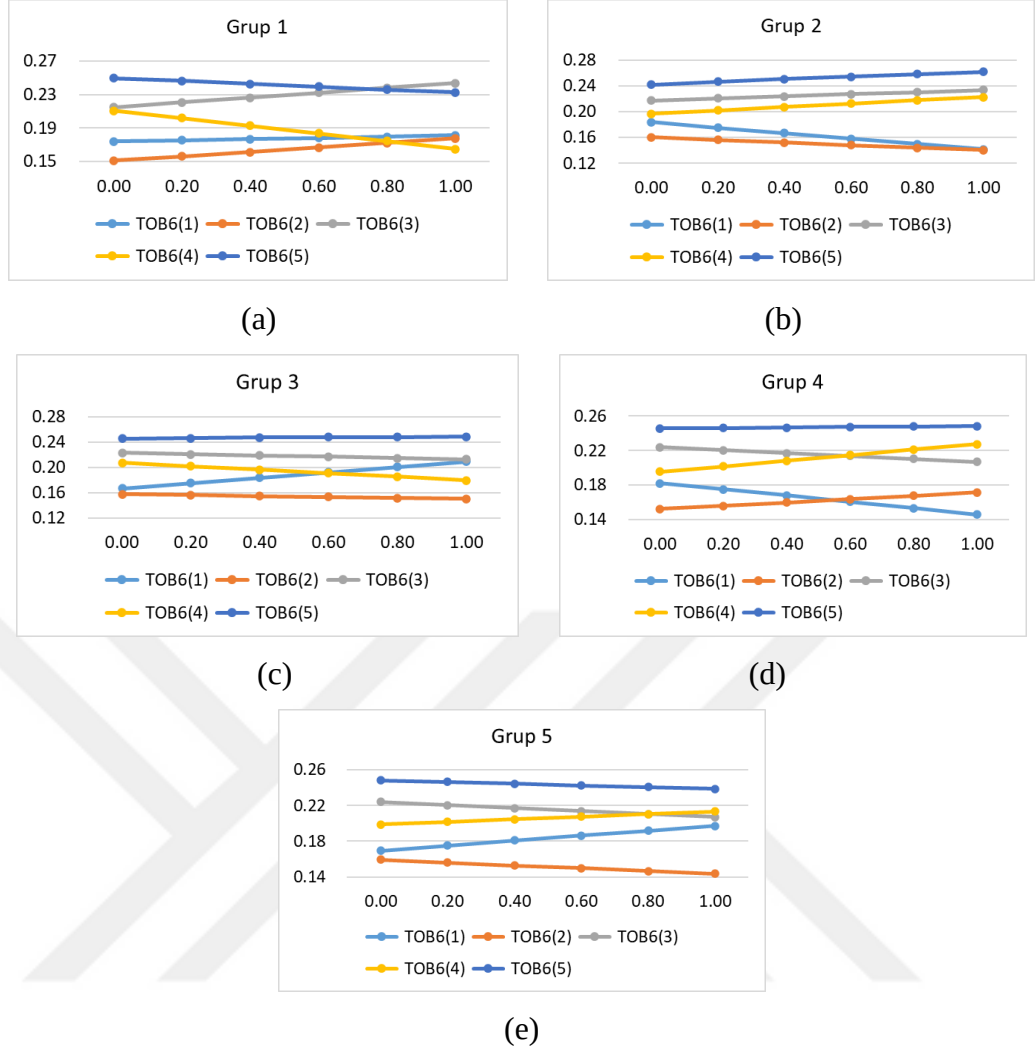
(d)



(e)

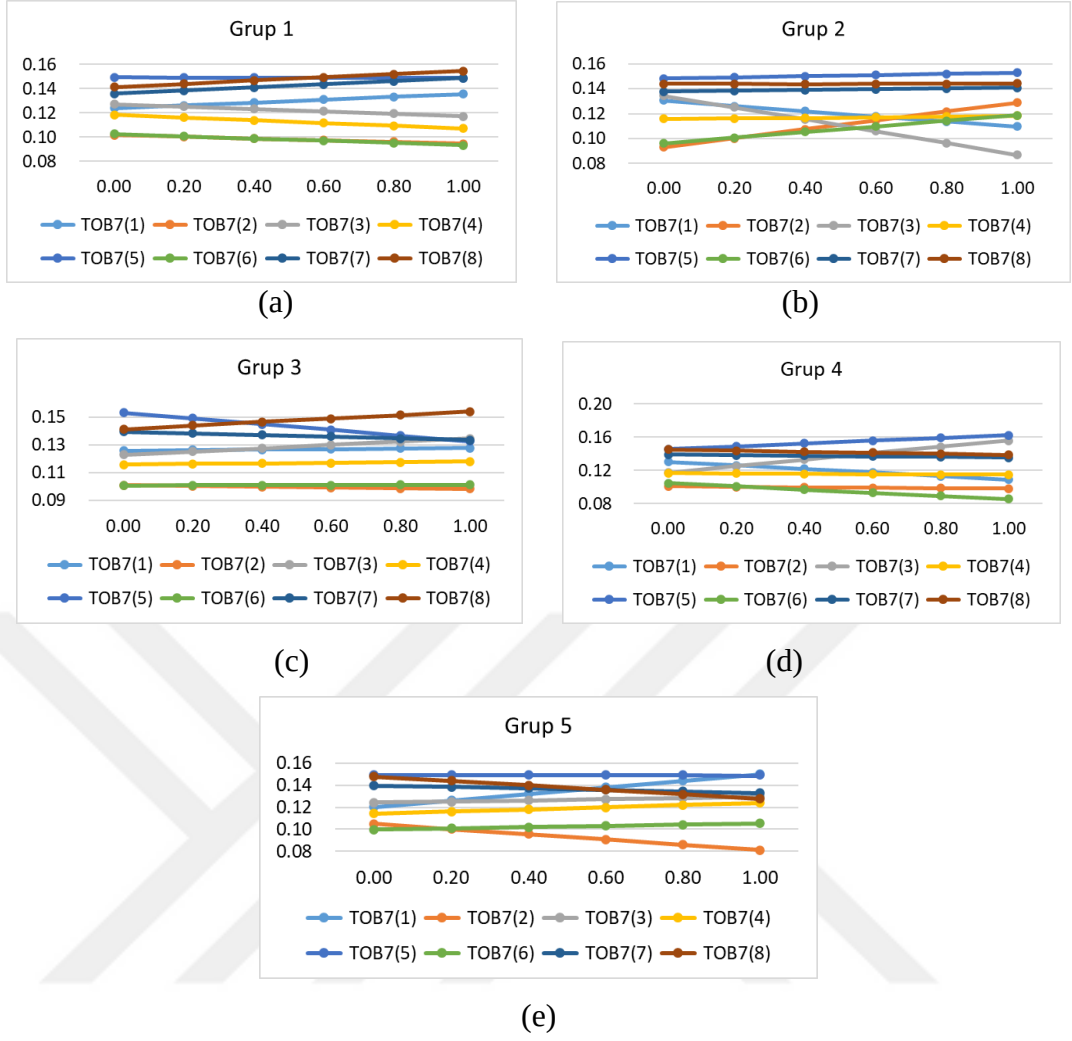
Şekil 8.26. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Liderlik (TOB 5)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

“Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.27’de sunulmuş olup elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



Şekil 8.27. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Öğrenme ve Bilgi Yönetimi (TOB 6)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

“Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlılık analizi sonuçları grafikler aracılığı ile Şekil 8.28’de sunulmuş olup elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin, uzman gruplarının ağırlıklarındaki değişime karşı duyarlı olduğu görülmektedir.



Şekil 8.28. Elektrik-elektronik mühendisliği açısından “Düşünme ve Problem Çözme (TOB 7)” alt kriterine bağlı özelliklerin önem derecelerinin uzman gruplarının ağırlıklarına karşı duyarlılıkları ((a) Grup 1, (b) Grup 2, (c) Grup 3, (d) Grup 4, (e) Grup 5)

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hem tek bir disiplinde derin bilgi birikimine sahip olan hem de disiplinler arası iş birliği yapabilme becerisine sahip genç profesyonellere olan talep, 21. yüzyılda artış göstermektedir. Dijital çağın yeni çalışanları olarak adlandırılan T-tipi mühendisler, sahip oldukları geniş uzmanlık alanı ve çeşitli disiplinlerdeki diğer uzmanlarla etkin bir şekilde çalışmayı sağlayacak hassas beceriler ile bu talebe cevap verebilmektedir. Bu kapsamda, bu çalışmada mühendislerin T-tipi olarak mezun olmaları için gerekli olan hassas (teknik olmayan) ve zor (teknik) becerilerin araştırılması, bu becerilerin farklı mühendislik disiplinleri için önem düzeylerinin uzman görüşleri doğrultusunda değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

T-tipi kavramının yatay ve dikey bileşenleri için hassas (teknik olmayan) ve zor (teknik) beceriler, literatürdeki yayınların, akreditasyon kurumlarının belirtmiş olduğu program çıktılarının ve iş ilanlarının analizi ile belirlenmiştir. Belirlenen beceriler, kriter, alt kriter ve alt kriterlere bağlı özellikler olarak hiyerarşik bir yapıda sunulmuştur. Belirlenen kriterlerin, alt kriterlerin ve alt kriterlere bağlı özelliklerin önem sırasının belirlenmesi için farklı sektörlerden ve farklı düzeylerde tecrübe sahibi olan mühendisler, mühendislerin işverenleri ve amirlerinden oluşan toplam 46 uzmandan görüş alınmıştır. Görüş alınan uzmanlar, eğitim düzeyi, mezun olunan bölüm, iş seviyesi (unvan), çalışılan kurum türü, şirket büyüklüğü, mevcut unvanındaki çalışma yılı kriterleri dikkate alınarak gruplandırılmıştır. Uzman gruplarının özelliklerine göre dilsel terimler ile önem düzeyi atanmış ve dilsel terimlere karşılık gelen ADSB değerler, doğruluk fonksiyonu kullanılarak uzman ağırlıklarına dönüştürülmüştür. Uzmanların, temel kriter, alt kriter ve alt kriterlere bağlı özelliklerin karşılaştırılmasına ilişkin belirtmiş oldukları görüşler, dilsel terim karşılaştırma matrislerine dönüştürülmüştür. Daha sonra bu matrisler, dilsel terimlerin karşılığı olan ADSB değerler kullanılarak ADSB BKM'lerine dönüştürülmüştür. Her bir ADSB BKM'nin tutarlılığı Liao vd. (2014) tarafından önerilen çarpımsal yinelemeli yaklaşım ile analiz edilmiş ve tutarlı olmayan matrisler tutarlı hale getirilmiştir. Tüm ADSB BKM'leri tutarlı hale dönüştürüldükten sonra aynı grup içinde bulunan uzmanların ağırlıkları eşit kabul edilerek BKM'ler IVIFA operatörü aracılığı ile birleştirilerek her bir grup için GKM'leri elde edilmiştir. Elde edilen

GKM'leri, grup ağırlıkları kullanılarak IVIFWA operatörü aracılığı ile birleştirilerek KKM'ne dönüştürülmüştür. Kriterlerin, alt kriterlerin ve alt kriterlere bağlı özelliklerin önem dereceleri, KKM'den skor fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır.

Uzmanların endüstri mühendisliği için belirttikleri görüşler doğrultusunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde; teknik olmayan becerilerin önem düzeyinin (0,56) teknik becerilerin önem düzeyinden (0,44) daha yüksek olduğu görülmüştür. Teknik olmayan beceri alt kriterlerinden, “düşünme ve problem çözme” becerisi 0,18 önem düzeyi ile ilk sırada yer almaktadır. Bu beceriyi *öğrenme ve bilgi yönetimi* ve *iletişim* becerileri takip etmektedir. Teknik beceri alt kriterlerinden *en az bir yabancı dili etkin kullanabilme* becerisinin ilk sırada yer aldığı, bu beceriyi *veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama* ve *proje yönetimi* becerileri takip etmektedir. Teknik olmayan beceri alt kriterlerine bağlı özellikler için hesaplanan önem düzeyleri analiz edildiğinde; *kişisel yönetim* alt kriterine bağlı özelliklerden “sorumluluk bilinci” becerisinin, *iletişim* alt kriterine bağlı özelliklerden “sözlü olarak etkili iletişim kurma” becerisinin, *çevre ile uyum* alt kriterine bağlı özelliklerden “eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme” becerisinin *takım çalışması* alt kriterine bağlı özelliklerden “multidisipliner ve multikültürel takımlarda çalışabilme” becerisinin, *liderlik* alt kriterine bağlı özelliklerden “çalışmaya liderlik edebilme” becerisinin, *öğrenme ve bilgi yönetimi* alt kriterine bağlı özelliklerden “alanındaki yenilikleri takip etme” becerisinin, *düşünme ve problem çözme* alt kriterine bağlı özelliklerden “yaratıcı düşünme” becerisinin ilk sırada yer aldığı görülmüştür.

Uzmanların elektrik-elektronik mühendisliği için belirttikleri görüşler doğrultusunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde; teknik becerilerin önem düzeyinin (0,58) teknik olmayan becerilerin önem düzeyinden (0,42) daha yüksek olduğu görülmüştür. Teknik olmayan beceri alt kriterlerinden, *düşünme ve problem çözme* becerisi 0,19 önem düzeyi ile ilk sırada yer almaktadır. Bu beceriyi *öğrenme ve bilgi yönetimi* ve *liderlik* becerileri takip etmektedir. Teknik beceri alt kriterlerinden *bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma* becerisinin ilk sırada yer aldığı, bu beceriyi *en az bir programlama diline hâkim olma* ve *teknik raporları/projeleri yazabilme* becerileri takip etmektedir. Teknik olmayan beceri alt kriterlerine bağlı özellikler için hesaplanan önem düzeyleri analiz edildiğinde; *kişisel yönetim* alt kriterine bağlı özelliklerden “zamanı yönetebilme” becerisinin, *iletişim* alt kriterine bağlı

özelliklerden “sözlü olarak etkili iletişim kurma” becerisinin, *çevre ile uyum* alt kriterine bağlı özelliklerden “diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme” becerisinin *takım çalışması* alt kriterine bağlı özelliklerden “multidisipliner ve multikültürel takımlarda çalışabilme” becerisinin, *liderlik* alt kriterine bağlı özelliklerden “takım oluşturma ve yönetebilme” becerisinin, *öğrenme ve bilgi yönetimi* alt kriterine bağlı özelliklerden “yasam boyu öğrenim gereğini algılamış ve bu beceriyi kazanmış olma” becerisinin, *düşünme ve problem çözme* alt kriterine bağlı özelliklerden “çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme” becerisinin ilk sırada yer aldığı görülmüştür.

Gerçekleştirilen uygulamanın, farklı uzmanlar tarafından belirtilen görüşler ile yapılması doğrultusunda elde edilen sonuçlarda meydana gelebilecek değişikliklerin incelenebilmesi için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Duyarlılık analizi sonucunda, temel kriterlerin (teknik beceri ve teknik olmayan beceri) uzman ağırlıklarının değişikliğine karşı duyarlı olmadığı görülmüştür. Bir başka deyişle, uzman ağırlıkları değişse bile endüstri mühendisliği açısından teknik olmayan becerinin, elektrik-elektronik mühendisliği açısından teknik becerinin önem düzeyleri daha yüksek çıkmaktadır. Teknik beceri alt kriterleri, teknik olmayan beceri alt kriterleri ve teknik olmayan beceri alt kriterlerine bağlı özelliklerin ise uzman ağırlığı değişimine karşı duyarlı olduğu, yani, becerilerin önem sırasının uzman ağırlığı değişiminden etkilendiği görülmektedir.

Bu çalışmanın öne çıkan özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- 1) Bu çalışma, ADSB kümeler için geliştirilen sıralama fonksiyonlarını kapsamlı şekilde derleyerek bu fonksiyonların sahip oldukları dezavantajlı durumları kanıtları ile sunan ilk çalışmadır.
- 2) Xu (2007a), Lee (2009), Tu ve Chen (2012), Bai (2013), Wang ve Niu (2013), Gao vd.(2016), Garg (2016), Wang ve Chen (2017), Wang ve Chen (2018), Jia vd.(2019), Gong ve Ma (2019) tarafından önerilen skor fonksiyonlarının ve Xu (2007a), Ye (2009), Nayagam ve Sivaraman (2011), Nayagam vd.(2011), Wang ve Niu (2013), Kang vd.(2015), Joshi ve Kharayat (2015), Şahin (2016), Zhang ve Xu (2017), Joshi ve Kumar (2018), Wang ve Chen (2018) tarafından önerilen doğruluk fonksiyonlarının bazı ADSB sayıları sıralama ve ayırt etme

hususlarında başarısız olmasına neden olan dezavantajların üstesinden gelen iki farklı sıralama fonksiyonu sunulmuştur.

- 3) Bu çalışmada, bilindiği kadarı ile ilk kez ADSB ortamda genişletilen AHP yöntemlerinin dezavantajları analiz edilmiştir.
- 4) Bu çalışmada, ADSB ortamda ele alınan ÇKGKV problemleri için sıralama fonksiyonları ve çarpımsal tutarlılık analizinin entegre edilmesi ile geliştirilen ADSB-AHP yöntemi önerilmiştir.
- 5) Türkiye’de henüz yaygınlaşmayan T-tipi mühendis kavramına ve teknik olmayan (hassas) becerilerin mühendisler için önemine dikkat çekilmiştir. İlk olarak bu çalışmada, T-tipi mühendis kavramı, farklı disiplinler için değerlendirilerek analiz edilmiştir. Teknik becerilerin ve teknik olmayan becerilerin önem derecelerinin, mühendislik disiplinlerine göre farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur.

Çalışmanın kısıtları;

- ✓ Becerilerin önem derecelerinin belirlenmesi için hazırlanan karşılaştırma matrisleri, Türkiye’nin farklı şehirlerinde çalışan ve farklı niteliklere sahip çok sayıda uzmana iletilmiş olmasına rağmen az sayıda uzmandan geri dönüş olmuştur.
- ✓ Çalışma endüstri mühendisliği ve elektrik-elektrik mühendisliği olmak üzere iki farklı disiplin için elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile sınırlı kalmıştır.
- ✓ Geliştirilen ADSB-AHP yöntemi, üç farklı çalışmadan elde edilen veriler kullanılarak mevcut ADSB-AHP yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Ancak bu karşılaştırma analizinde, uzman ağırlıklarının hesaplanması süreci ile kriter ağırlıklarının hesaplanması süreci birbirlerini etkilememeleri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yöntemler, bir bütün olarak karşılaştırılamamıştır.

Gelecekte yapılacak çalışmalar için öneriler;

- ✓ ADSB kümeler için genişletilen AHP yöntemi, neutrosophic küme, durağan olmayan bulanık küme, kararsız bulanık küme, küresel bulanık küme gibi farklı bulanık kümeler için de genişletilerek sonuçlar karşılaştırılabilir.

- ✓ Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen uygulama verileri, geleneksel AHP yöntemi ve/veya bulanık AHP yöntemi ile analiz edilerek elde edilen sonuçlar geliştirilen ADSB-AHP yöntemi ile karşılaştırılabilir. Böylece ADSB kümelerin, sıralama sonuçlarını etkileme düzeyi incelenebilir.
- ✓ T-tipi mühendis becerilerinin ağırlıkları, ADSB kümeler için geliştirilen farklı ÇKKV yöntemleri ile hesaplanarak sonuçlar, bu çalışmada elde edilen değerler ile karşılaştırılabilir.
- ✓ Araştırmaya farklı ülkelerdeki uzmanları da dâhil ederek T-tipi mühendis becerilerinin farklı disiplinler açısından önem düzeyleri ülke bazında analiz edilebilir.
- ✓ Endüstri mühendisliği ve elektrik-elektrik mühendisliğine ek olarak farklı mühendislik disiplinleri için de değerlendirme yapılarak sonuçlar analiz edilebilir.
- ✓ Farklı teknik ve teknik olmayan beceriler kullanılarak yeni bir uygulama gerçekleştirilebilir.
- ✓ T-tipi birey kavramını temel alarak gerçekleştirilen uygulama; iki farklı alanda derin bilgi birikimine sahip M-tipi birey, iki ayrı alanda derin bilgi birikimine ek olarak teknik olmayan becerilere de sahip Pi-tipi birey gibi farklı kavramlar çerçevesinde genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- Abbas, R., Adabi Abdul Kadir, F. A., Azmie Abdul Ghani, I. (2013). Integrating soft skills assessment through soft skills workshop program for engineering students at University of Pahang: an analysis. *International Journal of Research in Social Sciences*, 2(1), 33-46, 2013.
- Abdullah, L., Najib, L. (2016). A new preference scale mcdm method based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets and the analytic hierarchy process. *Soft Computing*, 20(2), 511-523.
- Abdullah, L., Goh, C., Zamri, N., Othman, M. (2020). Application Of Interval Valued Intuitionistic Fuzzy TOPSIS For Flood Management. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(1), 873-881.
- Abdullah, L., Zulkifli, N., Liao, H. C., Herrera-Viedma, E., Al-Barakati, A. (2019). An interval-valued intuitionistic fuzzy DEMATEL method combined with Choquet integral for sustainable solid waste management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 82, 207-215.
- ABET. Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2020 -2021. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2020-2021/>.
- Ahmed, F., Capretz, L., Campbell, P. (2012). Evaluating the demand for soft skills in software development. *It Professional*, 14(1), 44-49.
- Aikhuele, D. (2017). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Model for Design Concept Selection. *Management Science Letters*, 7(9), 457-466.
- Aikhuele, D. O., Turan, F. M., Odofin, S. M., Ansah, R. H. (2017). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Topsis-Based Model for Troubleshooting Marine Diesel

Engine Auxiliary System. *International Journal of Maritime Engineering*, 159, 107-114.

Aikhuele, D., Turan, F. (2017). An Integrated Fuzzy Dephi and Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy M-Topsis Model for Design Concept Selection. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, 13(2), 425-438.

Andersson, C., Logofatu, D. (2018). *Using cultural heterogeneity to improve soft skills in engineering and computer science education*. The 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON).

Arroyo, A., Eguiluz, J. M., Cupido, L. S. (2018). *Educating T-Shaped professionals to meet substitution challenges and developing business models for substitution and recycling*. The IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.

ASIIN Criteria for the Accreditation for Study Programmes.
<https://www.asiin.de/en/quality-management/accreditation-degree-programmes/quality-criteria.html>.

Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic Fuzzy Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87-96.

Atanassov, K. T. (1994). Operators over Interval Valued Intuitionistic Fuzzy-Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 64(2), 159-174.

Atanassov, K., Gargov, G. (1989). Interval Valued Intuitionistic Fuzzy-Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 31(3), 343-349.

Aydın, N., Şeker, S. (2020). WASPAS based MULTIMOORA method under IVIF environment for the selection of hub location. *Journal of Enterprise Information Management*, 33 (2020), 1233-1256.

Aydoğan, S. (2015). *Bulanık Dilsel Özetlemenin Olasılıklı Belirsizliği Dikkate Alan Bir Genişlemesi*. (Yüksek Lisans), Gazi Üniversitesi, Ankara.

- Babatope, A. A., Taiwo M. S. , Philip, I. A., Oluwakemi, M. A. (2020). Competence-Driven Engineering Education: A Case for T-Shaped Engineers and Teachers. *International Journal of Evaluation Research in Education*, 9(1), 32-38.
- Bai, Z. Y. (2013). An interval-valued intuitionistic fuzzy TOPSIS method based on an improved score function. *ScientificWorldJournal*, 879089.
- Ballesteros-Sanchez, L., Ortiz-Marcos, I., Rodriguez-Rivero, R., Juan-Ruiz, J. (2017). Project Management Training: An Integrative Approach for Strengthening the Soft Skills of Engineering Students. *International Journal of Engineering Education*, 33(6), 1912-1926.
- Barros, F., Bittencourt, R. A. (2018). *Evaluating the influence of PBL on the development of soft skills in a computer engineering undergraduate program*. Paper presented at the 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE).
- Bayram, S., Çelik, G. T., Oral, E. L. (2015). Mühendislik öğrencilerinin öğrenim yeterlilikleri ve mesleki yetkinlikleri: inşaat mühendisliği öğrenci perspektifi. *Turkish Journal of Education*, 4(1), 04-18.
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051-13069.
- Berglund, A., Heintz, F. (2014). *Integrating soft skills into engineering education for increased student throughput and more professional engineers*. The Pedagogiska inspirationskonferensen-Genombrottet.
- Bilsel, A., Oral, O., Pillai, J. (1998). Turkish and North American engineering programs: a comparative study of curricular emphases on mathematics, basic sciences, humanities and social sciences. *IEEE Transactions on Education*, 41(4), 247-252.

- Boehm, B., Mobasser, S. K. (2015). *System thinking: educating t-shaped software engineers*. The 37th IEEE International Conference on Software Engineering.
- Bolturk, E., Kahraman, C. (2018). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy CODAS Method And Its Application To Wave Energy Facility Location Selection Problem. *Journal of Intelligent Fuzzy Systems*, 35(4), 4865-4877.
- Boran, F. E., Genc, S., Kurt, M., Akay, D. (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 36(8), 11363-11368.
- Bu, F., He, J., Li, H., Fu, Q. (2020). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy MADM Method Based on TOPSIS And Grey Correlation Analysis. *Mathematical Biosciences Engineering*, 17(5), 5584-5603.
- Büyüközkan, G., Göçer, F. (2017). *An extention of ARAS methodology based on interval valued intuitionistic fuzzy group decision making for digital supply chain*. The 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE).
- Büyüközkan, G., Göçer, F. (2018). An extension of ARAS methodology under Interval Valued Intuitionistic Fuzzy environment for Digital Supply Chain. *Applied Soft Computing*, 69, 634-654.
- Büyüközkan, G., Göçer, F., Feyzioglu, O. (2018). Cloud computing technology selection based on interval-valued intuitionistic fuzzy MCDM methods. *Soft Computing*, 22(15), 5091-5114.
- Büyüközkan, G., Havle, C. A., Feyzioglu, O. (2020). A new digital service quality model and its strategic analysis in aviation industry using interval-valued intuitionistic fuzzy AHP. *Journal of Air Transport Management*, 86, 1-16.

- Cavalcante, C. K., Viana, D. M., Vidal, F. B. (2018). Mechanical engineering, computer science and art in interdisciplinary project-based learning projects. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 46(1), 83-94.
- Chaibate, H., Hadek, A., Ajana, S., Bakkali, S., Faraj, K. (2019). *Analyzing the engineering soft skills required by Moroccan job market*. The 2019 5th International Conference on Optimization and Applications (ICOA).
- Chen, H. P., Xu, G. Q. (2019). Group decision making with incomplete intuitionistic fuzzy preference relations based on additive consistency. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 560-567.
- Chen, T. Y. (2013). An interval-valued intuitionistic fuzzy LINMAP method with inclusion comparison possibilities and hybrid averaging operations for multiple criteria group decision making. *Knowledge-Based Systems*, 45, 134-146.
- Chen, T. Y. (2014). Interval-valued intuitionistic fuzzy QUALIFLEX method with a likelihood-based comparison approach for multiple criteria decision analysis. *Information Sciences*, 261, 149-169.
- Chen, T. Y. (2014). Multiple Criteria Decision Analysis Using A Likelihood-Based Outranking Method Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *Information Sciences*, 286, 188-208.
- Chen, T. Y. (2015a). The inclusion-based TOPSIS method with interval-valued intuitionistic fuzzy sets for multiple criteria group decision making. *Applied Soft Computing*, 26, 57-73.
- Chen, T. Y. (2015b). IVIF-PROMETHEE outranking methods for multiple criteria decision analysis based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 14(2), 173-198.

- Chen, T. Y. (2016). An Ivif-Electre Outranking Method for Multiple Criteria Decision-Making with Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *Technological and Economic Development of Economy*, 22(3), 416-452.
- Chen, X. H., Yang, L., Wang, P., Yue, W. (2013a). An Effective Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Entropy to Evaluate Entrepreneurship Orientation of Online P2P Lending Platforms. *Advances in Mathematical Physics*, 2013, 1-8.
- Chen, X. H., Yang, L., Wang, P., Yue, W. (2013b). A Fuzzy Multicriteria Group Decision-Making Method with New Entropy of Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *Journal of Applied Mathematics*, 2013, 1-8.
- Chiclana, F., Herrera-Viedma, E., Alonso, S., Herrera, F. (2008). Cardinal consistency of reciprocal preference relations: a characterization of multiplicative transitivity. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 17(1), 14-23.
- Cimatti, B. (2016). Definition, Development, Assessment of Soft Skills and Their Role for the Quality of Organizations and Enterprises. *International Journal for quality research*, 10(1), 97-129.
- Conley, S. N., Foley, R. W., Gorman, M. E., Denham, J., Coleman, K. (2017a). Acquisition of T-shaped expertise: an exploratory study. *Social Epistemology*, 31(2), 165-183.
- Conley, S. N., Foley, R. W., Gorman, M. E., Denham, J., Coleman, K. J. S. E. (2017b). Acquisition of T-shaped expertise: an exploratory study. 31(2), 165-183.
- Cukierman, U. R., Palmieri, J. M. (2014). *Soft skills in engineering education: A practical experience in an undergraduate course*. The 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL).
- Dahooei, J. H., Zavadskas, E. K., Vanaki, A. S., Firoozfar, H. R., Keshavarz-Ghorabae, M. (2018). An Evaluation Model Of Business Intelligence for

Enterprise Systems with New Extension of Codas (CODAS-IVIF). *Information Management*, 2(21), 171-187.

Dahooie, J. H., Vanaki, A. S., Mohammadi, N. (2020). Choosing The Appropriate System For Cloud Computing Implementation By Using The Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy CODAS Multiattribute Decision-Making Method (Case Study: Faculty of New Sciences And Technologies of Tehran University). *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 855-868.

Dammak, F., Baccour, L., Ayed, A. B., ve Alimi, A. M. (2017). ELECTRE Method Using Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets And Possibility Theory For Multi-Criteria Decision Making Problem Resolution. *2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*.

Dammak, F., Baccour, L., ve Alimi, A. M. (2016). Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Weight Techniques for TOPSIS Method. *2016 IEEE/ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)*.

Davoudabadi, R., Mousavi, S. M., Mohagheghi, V. (2020). A New Last Aggregation Method Of Multi-Attributes Group Decision Making Based On Concepts Of TODIM, WASPAS And TOPSIS Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Uncertainty. *Knowledge Information Systems*, 62,1371–1391.

Davoudabadi, R., Mousavi, S. M., Mohagheghi, V., Vahdani, B. (2019). Resilient Supplier Selection Through Introducing a New Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Evaluation and Decision-Making Framework. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(8), 7351-7360.

De Luca, A., Termini, S. (1972). A definition of a nonprobabilistic entropy in the setting of fuzzy sets theory. *Information and control*, 20, 301-312.

Deep, S., Salleh, B. M., Othman, H. (2019). Improving the soft skills of engineering undergraduates in Malaysia through problem-based approaches and e-learning

applications. *Higher Education Skills and Work-Based Learning*, 9(4), 662-676.

Demirkan, H., Spohrer, J. (2015). T-Shaped Innovators Identifying the Right Talent to Support Service Innovation. *Research-Technology Management*, 58(5), 12-15.

Deveci, K., Cin, R., Kağızman, A. (2020). A Modified Interval Valued Intuitionistic Fuzzy CODAS Method And Its Application to Multi-Criteria Selection Among Renewable Energy Alternatives in Turkey. *Applied Soft Computing*, 96,1-18.

Direito, I., Pereira, A., de Oliveira Duarte, A. M. (2012). Engineering undergraduates' perceptions of soft skills: Relations with self-efficacy and learning styles. *Procedia-Social Behavioral Sciences*, 55, 843-851.

Dobrydina, T., Kersh, N., Kononova, V., Shipilova, T., Usvyat, N. (2019). *On Developing Transversal Competences of Modern Engineers for Coal Mining Emerging*. The E3S Web of Conferences.

Doğan, O., Deveci, M., Canitez, F., Kahraman, C. (2020). A corridor selection for locating autonomous vehicles using an interval-valued intuitionistic fuzzy AHP and TOPSIS method. *Soft Computing*, 24(12), 8937-8953.

Duarte, A. J., Malheiro, B., Arnó, E., Perat, I., Silva, M. F., Fuentes-Durá, P., Guedes, P., Ferreira, P. (2019). Engineering education for sustainable development: The European Project Semester approach. *IEEE Transactions on Education*, 63(2), 108-117.

Dubey, R. S., Tiwari, V. (2020). Operationalisation of soft skill attributes and determining the existing gap in novice ICT professionals. *International Journal of Information Management*, 50, 375-386.

- Dubey, R., Tewari, V., Pandiya, B. (2017). *A soft approach towards gaining employability in IT professionals*. The 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM).
- Dubois, D., Prade, H. (1998). An introduction to fuzzy systems. *Clinica Chimica Acta*, 270(1), 1-29.
- Dugenci, M. (2016). A new distance measure for interval valued intuitionistic fuzzy sets and its application to group decision making problems with incomplete weights information. *Applied Soft Computing*, 41, 120-134.
- Ebrahimnejad, S., Hashemi, H., Mousavi, S. M., Vahdani, B. (2015). A New Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Model to Group Decision Making for the Selection of Outsourcing Providers. *Economic Computation Economic Cybernetics Studies Research-Technology Management*, 49(2), 256-277.
- Erkal, G., Kilic, H. S., Kalender, Z. T., Yalcin, A. S., Tuzkaya, G. (2020). An Integrated IVIF-DEMATEL and IVIF-TOPSIS Methodology For Hotel Information System Selection. *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems*.
- Ervural, B. Ç., Ervural, B., Kahraman, C. (2016). Fuzzy Sets In The Evaluation Of Socio-Ecological Systems: An Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Approach. *Fuzzy Logic in Its 50th Year*, 309-326.
- Esa, A., Selamat, A., Padil, S., Jamaludin, J. (2013). *Applications of soft skills in engineering programme at Polytechnic Malaysia*. The 2nd World Conference on Psychology and Sociology (WCPS-2013), Brussels, Belgium.
- Fahmi, A., Derakhshan, A., Kahraman, C. (2015). *Human resources management using interval valued intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process*. The 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE).

- Fernandez-Samaca, L., Ramírez, J. M. (2010). *An approach to applying project-based learning in engineering courses*. The 2010 IEEE Andescon.
- Florman, S. C. (1997). Non-technical studies for engineers: The challenge of relevance. *European journal of engineering education*, 22(3), 249-258.
- Gao, M. M., Sun, T., Zhu, J. J. (2016). Interval-valued intuitionistic fuzzy multiple attribute decision-making method based on revised fuzzy entropy and new scoring function. *Control and Decision*, 31(10), 1757-1764.
- Garg, H. (2016). A new generalized improved score function of interval-valued intuitionistic fuzzy sets and applications in expert systems. *Applied Soft Computing*, 38, 988-999.
- Garg, H., Kumar, K. (2019). An Extended Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Group Decision-Making Method With Linguistic Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Information. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 26(1-2), 16-26.
- Garg, H., Kumar, K. (2020). A Novel Exponential Distance and Its Based TOPSIS Method For Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets Using Connection Number of SPA Theory. *Artificial Intelligence Review*, 53(1), 595-624.
- Gautam, S. S., Singh, S. R. (2018). An Improved-Based TOPSIS Method In Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment. *Life Cycle Reliability Safety Engineering*, 7(2), 81-88.
- Gireesha, O., Somu, N., Krithivasan, K., Siram, V. S. S. (2020). IIVIFS-WASPAS: An Integrated Multi-Criteria Decision-Making Perspective for Cloud Service Provider Selection. *Future Generation Computer Systems-the International Journal of Escience*, 103, 91-110.
- Göksel, E. (2017). *Yeni Mezun Mühendislerin Sahip Olduğu Nitelik ve Yeterliliklerin Sanayi Sektörünün İhtiyaçları Temelinde İncelenmesi: Eskişehir İlinde Çalışan*

Mezun Mühendisler Üzerine Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Eskişehir.

Goldberg, D. E. (1995). *Life skills and leadership for engineers*: McGraw-Hill.

Gong, R., Ma, L. Y. (2019). A new score function and accuracy function of interval-valued intuitionistic fuzzy number and its application. *Systems Engineering - Theory & Practice*, 39(2), 463–475.

Grasso, D. (2002). Engineering a liberal education. *ASEE Prism*, 12(3), 76.

Guest, D. (1991). The hunt is on for the Renaissance Man of computing. *The Independent*.

Guo, K. H., Zang, J. (2019). Knowledge measure for interval-valued intuitionistic fuzzy sets and its application to decision making under uncertainty. *Soft Computing*, 23(16), 6967-6978.

Gupta, P., Mehlawat, M. K., Grover, N., Pedrycz, W. (2018). Multi-attribute group decision making based on extended TOPSIS method under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Applied Soft Computing*, 69, 554-567.

Hairi, F., Ahmad Toe, M. N., Razzaly, W. (2011). Employers' perception on soft skills of graduates: A study of Intel Elite soft skill training.

Hajek, P., Froelich, W. (2019). Integrating TOPSIS with interval-valued intuitionistic fuzzy cognitive maps for effective group decision making. *Information Sciences*, 485, 394-412.

Hajiagha, S. H. R., Hashemi, S. S., Mohammadi, Y., Zavadskas, E. K. (2016). Fuzzy belief structure based VIKOR method: an application for ranking delay causes of Tehran metro system by FMEA criteria. *Transport*, 31(1), 108-118.

- Hajighasemi, Z., Mousavi, S. M., ve Siadat, A. (2015). An Improved Method with Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Setting to Failure Mode And Effects Analysis Based On Complex Proportional Assessment. *The 45th International Conference on Computers & Industrial Engineering*.
- Hao, Y., Chen, X. (2018). Study on the ranking problems in multiple attribute decision making based on interval-valued intuitionistic fuzzy numbers. *International Journal of Intelligent Systems*, 33(3), 560-572.
- Hartanto, S., Ratnasari, S. L., Arifin, Z. (2019). *Work skills factor for mechanical engineering students in vocational high school*. The TVET Towards Industrial Revolution 4.0: Proceedings of the Technical and Vocational Education and Training International Conference (TVETIC 2018), November 26-27, 2018, Johor Bahru, Malaysia.
- Hashemi, S. S., Hajiagha, S. H. R., Zavadskas, E. K., Mandiraji, H. A. (2016). Multicriteria group decision making with ELECTRE III method based on interval-valued intuitionistic fuzzy information. *Applied Mathematical Modelling*, 40(2), 1554-1564.
- Hayati, F., Mir, M. (2004). *Enhancement of technical-cum-generic skills through design experience in laboratories*. The Information Technology Based Proceedings of the Fifth International Conference on Higher Education and Training, 2004. ITHET 2004.
- He, L., Teng, H. (2014). GRA Model for Dynamic Hybrid Multiple Attribute Decision Making. *Journal of Intelligent Fuzzy Systems*, 27(2), 1067-1075.
- Hillmer, G., Fink, C., Foradori, M., Gall, M., Kilian, D., Sparer, W. (2007). *Social and soft skills training concept in engineering education*. The International Conference on Engineering Education Coimbra, Portugal.
- Hu, K., Tan, Q., Zhang, T., Wang, S. (2020). Assessing Technology Portfolios Of Clean Energy-Driven Desalination-Irrigation Systems With Interval-Valued

Intuitionistic Fuzzy Sets. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 132, 109950.

İntepe, G., Bozdog, E., Koc, T. (2013). The selection of technology forecasting method using a multi-criteria interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making approach. *Computers & Industrial Engineering*, 65(2), 277-285.

Izadikhah, M. (2012). Group decision making process for supplier selection with TOPSIS method under interval-valued intuitionistic fuzzy numbers. *Advances in Fuzzy Systems*, 2012, 1-14.

Jamkhaneh, E. B. (2016). New Operations over Generalized Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *Gazi University Journal of Science*, 29(3), 667-674.

Jia, Q., Hu, J., Zhang, W. (2019). A Novel Fault Detection Model Based on Atanassov's Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets, Belief Rule Base and Evidential Reasoning. *IEEE Access*, 8, 4551-4567.

Jia, Z. S., Zhang, Y. J. (2019). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Multiple Attribute Group Decision Making with Uncertain Weights. *Mathematical problems in engineering*, 2019, 1-9.

Jimenez, G., Pardo, J. J., Minguez, E., Cuervo, D. (2015). Educational initiatives to develop transversal skills in the nuclear engineering subjects at universidad politécnica de madrid. *The International journal of engineering education*, 31(1), 229-237.

Joshi, B. P., Kharayat, P. S. (2015). An Accuracy Function for Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Numbers. *International Journal of Mathematical Archive*, 6(1), 51-55.

- Joshi, D., Kumar, S. (2018). Improved accuracy function for interval-valued intuitionistic fuzzy sets and its application to multi-attributes group decision making. *Cybernetics and Systems*, 49(1), 64-76.
- Kahraman, C., Öztayşi, B., Onar, S. Ç. (2016). Intuitionistic Fuzzy Multicriteria Evaluation of Outsource Manufacturers. *8th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control*.
- Kahraman, C., Öztayşi, B., Onar, S. Ç. (2018). An integrated intuitionistic fuzzy AHP and TOPSIS approach to evaluation of outsource manufacturers. *Journal of Intelligent Systems*, 29(1), 283-297.
- Kang, J., Lan, R., Wang, S. S. (2015). A new accuracy function of interval-valued intuitionistic fuzzy numbers and its application in decision making. *Journal of Xi'an University of Post and Telecommunications*, 20(3), 86-91.
- Karadoğan, A., Başçetin, A., Kahriman, A., Görgün, S. (2001). Bulanık Küme Teorisinin Yeraltı Üretim Yöntemi Seçiminde Kullanılabilirliği. *Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi*, 95-102.
- Karaşan, A., Erdoğan, M., Ilbahar, E. (2018). Prioritization of production strategies of a manufacturing plant by using an integrated intuitionistic fuzzy AHP & TOPSIS approach. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(4), 510-528.
- Karaşan, A., Kaya, İ., Erdoğan, M. (2020). Location selection of electric vehicles charging stations by using a fuzzy MCDM method: a case study in Turkey. *Neural Computing and Applications*, 32(9), 4553-4574.
- Kaya, İ., Çolak, M., Terzi, F. (2019). A comprehensive review of fuzzy multi criteria decision making methodologies for energy policy making. *Energy Strategy Reviews*, 24, 207-228.

- Kaya, İ., Erdoğan, M., Karaşan, A., Özkan, B. (2020). Creating a road map for industry 4.0 by using an integrated fuzzy multicriteria decision-making methodology. *Soft Computing*.
- Khamisani, V. A., Siddiqui, M. S., Bawany, M. Y. (2006). *Analyzing soft skills of software engineers using repertory grid*. The 2006 IEEE International Multitopic Conference.
- Khan, M. I., Mourad, S. M., Zahid, W. M. (2016). Developing and qualifying Civil Engineering Programs for ABET accreditation. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 28(1), 1-11.
- Khatibi, V., Montazer, G. A. (2009). Intuitionistic fuzzy set vs. fuzzy set application in medical pattern recognition. *Artificial Intelligence in Medicine*, 47(1), 43-52.
- King, S. O. (2019). *Producing “T-shaped” engineering graduates: the impact of student clubs as learning communities*. The 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON).
- Klir, G., Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications* (Vol. 4). River, NJ, USA: Prentice Hall PTR.
- Kong, D. P., Chang, T. Q., Wang, Q. D., Sun, H. Z., Dai, W. J. (2018). A threat assessment method of group targets based on interval-valued intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision-making. *Applied Soft Computing*, 67, 350-369.
- Krishankumar, R., Ravichandran, K. S., Ramprakash, R. (2017). A Scientific Decision Framework for Supplier Selection Under Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Environment. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017.

- Krishna, A. K. G., Reddy, K. S., Chitra, V. B., Yadav, S. (2019). Assessment of Soft Skills among Engineering Students - An Analytical Study. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(ICETESM), 91-94.
- Krohling, R. A., Pacheco, A. G.(2014). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy TODIM. *2nd Information Technology and Quantitative Management*.
- Ktoridou, D., Doukanari, E., Karayiannis, A. (2019). *Educating the New Generation of Engineering Managers to Stay Relevant in the 21st Century Workforce*. Paper presented at the 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON).
- Kumar, K., Garg, H. (2018). TOPSIS method based on the connection number of set pair analysis under interval-valued intuitionistic fuzzy set environment. *Computational & Applied Mathematics*, 37(2), 1319-1329.
- Kumar, S., Hsiao, J. K. (2007). Engineers learn “soft skills the hard way”: Planting a seed of leadership in engineering classes. *Leadership Management in Engineering*, 7(1), 18-23.
- Kumar, S., Biswas, A. (2018). TOPSIS Based on Linear Programming for Solving MADM Problems In Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Settings. *2018 4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)*.
- Kumar, S., Biswas, A. (2019). A Unified TOPSIS Approach to MADM Problems in Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment. *Computational Intelligence: Theories, Applications and Future Directions-Volume II*, Springer, 435-447.
- Lamrani Alaoui, Y., Tkiouat, M. (2018). Risks assessment in Moroccan microfinance sector: An interval-valued intuitionistic fuzzy set approach. *International Journal of Engineering Business Management*, 10, 1-11.

- Lee, R. A., Hanifin, L. E. (2015). *Intrapreneurship and T-Shaped Engineers: a collaborative learning approach between industry and academics to build T-shaped and other critical skills*. The 122nd ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle.
- Lee, W. (2009). *A novel method for ranking interval-valued intuitionistic fuzzy numbers and its application to decision making*. The 2009 International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics.
- Li, C., Jiang, H. (2011). *Extension of vikor method with interval-valued intuitionistic fuzzy sets*. The 2011 International Conference on Management and Service Science.
- Li, D. F. (2010a). A ratio ranking method of triangular intuitionistic fuzzy numbers and its application to MADM problems. *Computers Mathematics with Applications*, 60(6), 1557-1570.
- Li, D. F. (2010b). TOPSIS-based nonlinear-programming methodology for multiattribute decision making with interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 18(2), 299-311.
- Li, M., Li, Y., Peng, Q., Wang, J., Yu, C. (2020). Evaluating Community Question-Answering Websites Using Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy DANP and TODIM Methods. *Applied Soft Computing*, 99, 106918.
- Li, Q. (2013). A novel Likert scale based on fuzzy sets theory. *Expert Systems with Applications*, 40(5), 1609-1618.
- Li, S., Wang, B. (2020). Research on Evaluating Algorithms for the Service Quality of Wireless Sensor Networks Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy EDAS and CRITIC Methods. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1-12.

- Li, W. W., Wu, C. (2016). A Multicriteria Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Set TOPSIS Decision-Making Approach Based on the Improved Score Function. *Journal of Intelligent Systems*, 25(2), 239-250.
- Li, Y. L., Wang, R., Chin, K. S. (2019). New failure mode and effect analysis approach considering consensus under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Soft Computing*, 23(22), 11611-11626.
- Li, Y., Chu, X., Chu, D., Geng, X., Wu, X. (2014). An Integrated Approach To Evaluate Module Partition Schemes Of Complex Products And Systems Based On Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 27(7), 675-689.
- Li, Z., Li, H., An, X. (2019). Assessment of the Sustainable of Water-based Tourism on the Basis of Interval-valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *Ekoloji*, 28(107), 259-265.
- Liao, H. C., Xu, Z. S., Xia, M. M. (2014). Multiplicative consistency of interval-valued intuitionistic fuzzy preference relation. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 27(6), 2969-2985.
- Liu, A., Guo, X., Liu, T., Zhang, Y., Tsai, S. B., Zhu, Q., Hsu, C. F. (2019). A GRA-Based Method For Evaluating Medical Service Quality. *IEEE Access*, 7, 34252-34264.
- Liu, H. C., You, J. X., Duan, C. Y. (2019). An Integrated Approach For Failure Mode And Effect Analysis Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment. *International Journal of Production Economics*, 207, 163-172.
- Liu, P., Qin, X. (2017). An Extended VIKOR Method for Decision Making Problem with Interval-Valued Linguistic Intuitionistic Fuzzy Numbers Based on Entropy. *Informatica*, 28(4), 665-685.

- Liu, S., Moughal, T. A. (2014). A Novel Method for Dynamic Multicriteria Decision Making with Hybrid Evaluation Information. Liu, S., Yu, F., Xu, W., Zhang, W. (2013). *Journal of Applied Mathematics*, 2014.
- Liu, S., Yu, W., Liu, L., Hu, Y. (2019). Variable weights theory and its application to multi-attribute group decision making with intuitionistic fuzzy numbers on determining decision maker's weights. *PloS one*, 14(3), 1-21.
- Liu, Y., Bi, J. W., Fan, Z. P. (2017). A Method for Ranking Products Through Online Reviews Based on Sentiment Classification and Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy TOPSIS. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 16(6), 1497-1522.
- Lu, J., Wei, C. (2019). TODIM Method For Performance Appraisal On Social-Integration-Based Rural Reconstruction With Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Information. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(2), 1731-1740.
- Lv, L. L., Li, H. M., Wang, L. Y., Xia, Q., Ji, L. (2019). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) with Extended MULTIMOORA Method Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Set: Application in Operational Risk Evaluation for Infrastructure. *Information*, 10(313), 1-22.
- Lyman, F. A. (2001). *Humanities and social sciences in engineering education-postwar to postmodern and beyond*. The Proceedings International Symposium on Technology and Society.
- Mahdiraji, H. A., Zavadskas, E. K., Skare, M., Kafshgar, F. Z. R., Arab, A. (2020). Evaluating Strategies For Implementing Industry 4.0: A Hybrid Expert Oriented Approach of BWM and Interval Valued Intuitionistic Fuzzy TODIM. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 33 (1), 1600-1620.
- Makasiranondh, W., Maj, S., Veal, D. (2011). Student opinions on their development of non-technical skills in IT education. *Modern Applied Science*, 5(2), 3-10.

- Makui, A., Gholamian, M. R., Mohammadi, S. E. (2015). Supplier selection with multi-criteria group decision making based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets (case study on a project-based company). *Journal of Industrial Systems Engineering*, 8(4), 18-37.
- ManpowerGroup. (2018). Talent Shortage Survey. <https://www.manpower.com.tr/en/research-insights/2018-talent-shortage-survey>
- Mao, R. J., You, J. X., Duan, C. Y., Shao, L. N. (2019). A Heterogeneous MCDM Framework for Sustainable Supplier Evaluation and Selection Based on the IVIF-TODIM Method. *Sustainability*, 11(18), 5057.
- Matturro, G. (2013). *Soft skills in software engineering: A study of its demand by software companies in Uruguay*. The 2013 6th international workshop on cooperative and human aspects of software engineering (CHASE).
- Meng, F., Tang, J., Wang, P., Chen, X. (2018). A programming-based algorithm for interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making. *Knowledge-Based Systems*, 144, 122-143.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97.
- Mishra, A. R., Rani, P. (2018a). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy WASPAS Method: Application in Reservoir Flood Control Management Policy. *Group Decision and Negotiation*, 27(6), 1047-1078.
- Mishra, A. R., Rani, P. (2018b). Biparametric Information Measures-Based TODIM Technique for Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(6), 3291-3309.
- Mishra, A. R., Chandel, A., Motwani, D. (2020). Extended MABAC method based on divergence measures for multi-criteria assessment of programming

language with interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Granular Computing*, 5(1), 97-117.

Mishra, A. R., Rani, P., Mardani, A., Pardasani, K. R., Govindan, K., Alrasheedi, M. (2020). Healthcare evaluation in hazardous waste recycling using novel interval-valued intuitionistic fuzzy information based on complex proportional assessment method. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 106140.

Mishra, A. R., Rani, P., Pardasani, K. R., Mardani, A., Stević, Ž., Pamučar, D. (2020). A Novel Entropy And Divergence Measures With Multi-Criteria Service Quality Assessment Using Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy TODIM Method. *Soft Computing*, 2020, 1-21.

Mohamad, M., Yee, M., Tee, T., Ibrahim Mukhtar, M., Ahmad, A. (2017). *Soft Skills in Pedagogical Practices with Different Curriculum for Engineering Education*. Paper presented at the IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.

Mohammadi, S. E., Mohammadi, E. (2020). A Novel Approach For Fuzzy Multi-Attribute Group Decision Making Based On Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Best-Worst Method. *International Journal of Industrial Engineering Production Research*, 31(3), 435-454.

Moliner, M. L., Guraya, T., Lopez-Crespo, P., Royo, M., Gamez-Perez, J., Segarra, M., Cabedo, L. (2015). Acquisition of transversal skills through PBL: a study of the perceptions of the students and teachers in materials science courses in engineering. *Multidisciplinary Journal for Education Social and Technological Sciences*, 2(2), 121-138.

Mondal, S. P. (2018). Interval valued intuitionistic fuzzy number and its application in differential equation. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 34(1), 677-687.

Mousavi, S. M., Antucheviciene, J., Zavadskas, E. K., Vahdani, B., Hashemi, H. (2019). A New Decision Model for Cross-Docking Center Location in

Logistics Networks under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Uncertainty. *Transport*, 34(1), 30-40.

Mousavi, S. M., Antuchevičienė, J., Zavadskas, E. K., Vahdani, B., Hashemi, H. (2019). A New Decision Model for Cross-Docking Center Location in Logistics Networks under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Uncertainty. *Transport*, 34(1), 30-40.

MÜDEK. <http://www.mudek.org.tr/tr/hak/kisaca.shtm>

Naiem, S., Abdellatif, M. M. (2015). Evaluation of Computer Science and Software Engineering Undergraduate's Soft Skills in Egypt from Student's Perspective. *Computer and Information Science*, 8(1), 36-53.

Nair, C. S., Patil, A., Mertova, P. (2009). Re-engineering graduate skills—a case study. *European journal of engineering education*, 34(2), 131-139.

Nayagam, V. L. G., Sivaraman, G. (2011). Ranking of interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Applied Soft Computing*, 11(4), 3368-3372.

Nayagam, V. L. G., Muralikrishnan, S., Sivaraman, G. (2011). Multi-criteria decision-making method based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1464-1467.

NCVER. (2003). *Defining generic skills: At a glance*. NCVER, Adelaide.

Nicola, S., Pinto, C., Mendonça, J. (2018). *The role of education on the acquisition of 21st century soft skills by engineering students*. The 2018 3rd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE).

Nur, F., Alrahaheh, A., Burch, R., Babski-Reeves, K., Marufuzzaman, M. (2020). Last mile delivery drone selection and evaluation using the interval-valued inferential fuzzy TOPSIS. *Journal of Computational Design Engineering*, 7(0), 1-15.

- Onar, S. C., Öztayşı, B., Otay, I., Kahraman, C. (2015). Multi-expert wind energy technology selection using interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Energy*, 90, 274-285.
- O'Neal, J. (1990). The humanities and their effect on engineering education. *IEEE Communications Magazine*, 28(12), 30-35.
- Oskam, I. (2009). *T-shaped engineers for interdisciplinary innovation: an attractive perspective for young people as well as a must for innovative organisations*. The 37th Annual Conference—Attracting students in Engineering, Rotterdam, The Netherlands.
- Ouhibi, A., ve Frikha, H. (2020). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy CODAS-SORT Method: Evaluation Of Natural Resources in Tunisia. *2020 International Multi-Conference on: "Organization of Knowledge and Advanced Technologies" (OCTA)*.
- Özsoy, A. (2013). Mühendislik Eğitimine Çalışan Mühendislerin Bakışı ve İşyeri Eğitimi Modeli. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 77-85.
- Öztayşı, B., Onar, S. C., Kahraman, C., Yavuz, M. (2017). Multi-criteria alternative-fuel technology selection using interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 53, 128-148.
- Pakdamar, F. (2009). *Betonarme yapılarda performansa dayalı tasarım kriterlerinin bulanık küme yaklaşımı ile incelenmesi*. (PhD), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Palmer, C. (1990). 'Hybrids'-A Critical Force in the Application of Information Technology in the Nineties. *Journal of Information Technology*, 5(4), 232-235.

- Park, J. H., Cho, H. J., Kwun, Y. C. (2011). Extension of the VIKOR method for group decision making with interval-valued intuitionistic fuzzy information. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 10(3), 233-253.
- Park, J. H., Park, I. Y., Kwun, Y. C., Tan, X. G. (2011). Extension of the TOPSIS method for decision making problems under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Applied Mathematical Modelling*, 35(5), 2544-2556.
- Pedrycz, W. (2018). *Granular computing: analysis and design of intelligent systems*: CRC press.
- Penzenstadler, B., Haller, G., Schlosser, T., Frenzel, G. (2009). *Soft Skills REquired: A practical approach for empowering soft skills in the engineering world*. The 2009 Collaboration and Intercultural Issues on Requirements: Communication, Understanding and Softskills.
- Qi, W., Huang, Z., Dinçer, H., Korsakienė, R., Yüksel, S. (2020). Corporate Governance-Based Strategic Approach to Sustainability in Energy Industry of Emerging Economies with a Novel Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Hybrid Decision Making Model. *Sustainability*, 12(8), 3307.
- Qi, X. W., Liang, C. Y., Zhang, J. L. (2015). Generalized cross-entropy based group decision making with unknown expert and attribute weights under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Computers & Industrial Engineering*, 79, 52-64.
- Quan, M. Y., Wang, Z. L., Liu, H. C., ve Shi, H. (2018). A Hybrid MCDM Approach for Large Group Green Supplier Selection with Uncertain Linguistic Information. *IEEE Access*, 6, 50372-50383.
- Ramadi, E., Ramadi, S., Nasr, K. (2016). Engineering graduates' skill sets in the MENA region: a gap analysis of industry expectations and satisfaction. *European journal of engineering education*, 41(1), 34-52.

- Rani, P., Jain, D., ve Hooda, D. S. (2018). Shapley Function Based Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Vikor Technique for Correlative Multi-Criteria Decision Making Problems. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 15(1), 25-54.
- Rani, P., Mishra, A. R., ve Ansari, M. D. (2019). Analysis Of Smartphone Selection Problem Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy ARAS and TOPSIS Methods. *2019 Fifth International Conference on Image Information Processing (ICIIP)*.
- Razavi Hajiagha, S., Hashemi, S., Zavadskas, E. (2013). A complex proportional assessment method for group decision making in an interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Technological Economic Development of Economy*, 19(1), 22-37.
- Robles, I., Alcalá, R., Benítez, J. M., Herrera, F. (2010). On the Use of Distributed Genetic Algorithms for the Tuning of Fuzzy Rule Based-Systems. In *Parallel and Distributed Computational Intelligence*, Springer, 235-261.
- Robles, M. M. (2012). Executive perceptions of the top 10 soft skills needed in today's workplace. 75(4), 453-465.
- Roy, J., Das, S., Kar, S., Pamucar, D. (2019). An Extension of the CODAS Approach Using Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Set for Sustainable Material Selection in Construction Projects with Incomplete Weight Information. *Symmetry-Basel*, 11(3), 1-24.
- Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGrawHill international. New York, NY, USA.
- Saaty, T. L. (2001). The seven pillars of the analytic hierarchy process. In *Multiple criteria decision making in the new millennium*, Springer, 15-37.
- Sahin, R. (2016). Fuzzy multicriteria decision making method based on the improved accuracy function for interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Soft Computing*, 20(7), 2557-2563.

- San-Valero, P., Robles, A., Ruano, M. V., Marti, N., Chafer, A., Badia, J. D. (2019). Workshops of innovation in chemical engineering to train communication skills in science and technology. *Education for Chemical Engineers*, 26, 114-121.
- Seetha, N. (2014). Are soft skills important in the workplace?-A preliminary investigation in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business Social Sciences*, 4(4), 44.
- Seikh, M. R., Nayak, P. K., Pal, M. (2016). Aspiration level approach to solve matrix games with I-fuzzy goals and I-fuzzy pay-offs. *Pacific Science Review A: Natural science Engineering*, 18(1), 5-13.
- Şeker, S., Aydın, N. (2020). Sustainable Public Transportation System Evaluation: A Novel Two-Stage Hybrid Method Based on IVIF-AHP and CODAS. *International Journal of Fuzzy Systems*, 22(1), 257-272.
- Sennaroglu, B., Tuzkaya, M. M. G. (2016). An Interval Valued Intuitionistic Fuzzy PROMETHEE Approach For Hospital Service Quality Evaluation. *Uncertainty Modelling in Knowledge Engineering and Decision Making: Proceedings of the 12th International FLINS Conference*.
- Sharma, G., Sharma, P. (2010). Importance of Soft skills development in 21st century Curriculum. *International Journal of Education Allied Sciences*, 2(2), 39-44.
- Sin, L. F., Vui, L. J., Meng, N. Y. (2019). *Flood risk reduction initiative: A service learning project by engineering students*. The IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Sousa, A., Mouraz, A. (2014). Promoting 'Soft Skills' from the Start of the Engineering Degree and the Case Study of the Special 'Projeto FEUP' Course. *International Journal of Engineering Education*, 30(6), 1539-1548.

- Tan, C. (2011). A multi-criteria interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making with Choquet integral-based TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 3023-3033.
- Tan, C., Chen, X. (2013). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Multicriteria Group Decision Making Based on VIKOR and Choquet Integral. *Journal of Applied Mathematics*, 2013, 656879.
- Tanino, T. (1988). Fuzzy preference relations in group decision making. In *Non-conventional preference relations in decision making*, Springer, 54-71.
- Taylor, E. (2016). Investigating the perception of stakeholders on soft skills development of students: Evidence from South Africa. *Interdisciplinary journal of e-skills lifelong learning*, 12(1), 1-18.
- Tiwari, A., Lohani, Q. D. Muhuri, P. K. (2020). Interval-valued Intuitionistic Fuzzy TOPSIS method for Supplier Selection Problem. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*.
- Tong, X., Yu, L. Y. (2015). A Novel MADM Approach Based on Fuzzy Cross Entropy with Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 965040.
- Tooranloo, H. S., Iranpour, A. (2017). Supplier selection and evaluation using interval-valued intuitionistic fuzzy AHP method. *International Journal of Procurement Management*, 10(5), 539-554.
- Tooranloo, H. S., Ayatollah, A. S., Karami, M. (2018). IT Outsourcing Through Group Decision-Making Based On The Principles Of Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Theory. *International Journal of Procurement Management*, 11(1), 96-112.
- Tranquillo, J. (2017). The T-shaped engineer. *Journal of Engineering Education Transformations*, 30(4), 12-24.

- Tu, C.-C., Chen, L.-H. (2012). *Novel score functions for interval-valued intuitionistic fuzzy values*. The 2012 Proceedings of SICE Annual Conference (SICE).
- Tuzkaya, G., Sennaroglu, B., Kalender, Z. T., Mutlu, M. (2019). Hospital Service Quality Evaluation with IVIF-PROMETHEE and a Case Study. *Socio-Economic Planning Sciences*, 68, 100705.
- Uçar, U. U., İşleyen, S. K. (2019). Türkiye’deki Endüstri Mühendisliği Eğitiminin Mezun Görüşlerine Dayalı Analizi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11(1), 109-123.
- Vahdani, B., Mousavi, S. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Ghodratnama, A., Mohammadi, M. (2014). Robot Selection by A Multiple Criteria Complex Proportional Assessment Method Under An Interval-Valued Fuzzy Environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 73(5-8), 687-697.
- Vedhathiri, T. (2016). Enhancing Professional and Soft Skills of the Indian Engineering Graduates. *Journal of Engineering & Technology*, 10(2), 1-17.
- Veeramachaneni, S., Kandikonda, H. (2016). An ELECTRE Approach for Multicriteria Interval-Valued Intuitionistic Trapezoidal Fuzzy Group Decision Making Problems. *Advances in Fuzzy Systems*, 2016, 1956303.
- Vega, C. F., Ortiz, E. V. (2018). *Interdisciplinary projects as active learning method for strengthening of technical and soft skills of UTEC students*. The 2018 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE).
- Vlachos, I. K., Sergiadis, G. D. (2007). Intuitionistic fuzzy information–applications to pattern recognition. *Pattern Recognition Letters*, 28(2), 197-206.
- Wan, S. P., Dong, J. Y. (2015). Interval-valued intuitionistic fuzzy mathematical programming method for hybrid multi-criteria group decision making with

interval-valued intuitionistic fuzzy truth degrees. *Information Fusion*, 26, 49-65.

Wan, S. P., Xu, G. L., Dong, J. Y. (2016). A novel method for group decision making with interval-valued Atanassov intuitionistic fuzzy preference relations. *Information Sciences*, 372, 53-71.

Wan, S.P., Xu, G., Wang, F., Dong, J.Y. (2015). A new method for Atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy MAGDM with incomplete attribute weight information. *Information Sciences*, 316, 329-347.

Wang, C. Y., Chen, S. M. (2017). An improved multiattribute decision making method based on new score function of interval-valued intuitionistic fuzzy values and linear programming methodology. *Information Sciences*, 411, 176-184.

Wang, C. Y., Chen, S. M. (2018). A new multiple attribute decision making method based on linear programming methodology and novel score function and novel accuracy function of interval-valued intuitionistic fuzzy values. *Information Sciences*, 438, 145-155.

Wang, F., Wan, S. (2020). Possibility degree and divergence degree based method for interval-valued intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision making. *Expert Systems with Applications*, 141, 1-15.

Wang, L. E., Liu, H. C., Quan, M. Y. (2016). Evaluating the risk of failure modes with a hybrid MCDM model under interval-valued intuitionistic fuzzy environments. *Computers & Industrial Engineering*, 102, 175-185.

Wang, W., Liu, X. (2013). An Extended LINMAP Method For Multi-Attribute Group Decision Making Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment. *The 1st International Conference on Information Technology and Quantitative Management*.

- Wang, Y. M., Yang, J. B., Xu, D. L. (2005). A preference aggregation method through the estimation of utility intervals. *Computers Operations Research*, 32(8), 2027-2049.
- Wang, Y., Shi, Y. (2020). Measuring the Service Quality of Urban Rail Transit Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Model. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(2), 647-656.
- Wang, Z. X., Niu, L. L. (2013). A new scoring function of interval-valued intuitionistic fuzzy number and its application in multi-attribute decision making. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 27(4), 167-172.
- Webb, M. J. (2008). Humanities and social science courses in undergraduate engineering curricula: The case of the Arabian Gulf. *European journal of engineering education*, 33(3), 367-380.
- Wei, C. P., Wang, P., Zhang, Y. Z. (2011). Entropy, similarity measure of interval-valued intuitionistic fuzzy sets and their applications. *Information Sciences*, 181(19), 4273-4286.
- Willmot, P., Colman, B. (2016). *Interpersonal skills in engineering education*. The Proceedings of the 27th Annual Conference of the Australasian Association of Engineering Education (AAEE2016), Coffs Harbour, Australia, 4th-7th December.
- Wilson, T. T., Marnewick, A. (2018). *A comparative study of soft skills amongst the Washington accord engineering degree graduates with industry expectations*. The 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC).
- Wu, J., Huang, H. B., Cao, Q. W. (2013). Research on AHP with interval-valued intuitionistic fuzzy sets and its application in multi-criteria decision making problems. *Applied Mathematical Modelling*, 37(24), 9898-9906.

- Wu, J., Zou, X., Kong, H. (2012). *Cultivating T-shaped engineers for 21st century: Experiences in China*. The 2012 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Wu, L., Gao, H., Wei, C. (2019). VIKOR Method for Financing Risk Assessment of Rural Tourism Projects Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(2), 2001-2008.
- Wu, M., Chen, T. (2012). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy ELECTRE Method. *Applied Science Engineering Progress*, 5(3), 33-40.
- Xian, S. D., Dong, Y. F., Yin, Y. B. (2017). Interval-valued intuitionistic fuzzy combined weighted averaging operator for group decision making. *Journal of the Operational Research Society*, 68(8), 895-905.
- Xian, S., Dong, Y., Liu, Y., Jing, N. (2018). A novel approach for linguistic group decision making based on generalized interval-valued intuitionistic fuzzy linguistic induced hybrid operator and TOPSIS. *International Journal of Intelligent Systems*, 33(2), 288-314.
- Xu, G. L., Wan, S. P., Xie, X. L. (2015). A Selection Method Based on MAGDM with Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *Mathematical problems in engineering*, 2015, 1-13.
- Xu, J., Shen, F. (2014). A new outranking choice method for group decision making under Atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Knowledge-Based Systems*, 70, 177-188.
- Xu, Z. (2007a). Methods for aggregating interval-valued intuitionistic fuzzy information and their application to decision making. *Control and Decision*, 22(2), 215-219.
- Xu, Z. (2007b). Multi-person multi-attribute decision making models under intuitionistic fuzzy environment. *Fuzzy Optimization Decision Making*, 6(3), 221-236.

- Xu, Z. S., Cai, X. Q. (2009). Incomplete interval-valued intuitionistic fuzzy preference relations. *International Journal of General Systems*, 38(8), 871-886.
- Xu, Z. S., Cai, X. Q. (2015). Group Decision Making with Incomplete Interval-Valued Intuitionistic Preference Relations. *Group Decision and Negotiation*, 24(2), 193-215.
- Xu, Z., Chen, J. (2007a). Approach to group decision making based on interval-valued intuitionistic judgment matrices. *Systems Engineering-Theory Practice*, 27(4), 126-133.
- Xu, Z., Chen, J. (2007b). *On geometric aggregation over interval-valued intuitionistic fuzzy information*. Fourth international conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD 2007).
- Xue, Y. X., You, J. X., Lai, X. D., Liu, H. C. (2016). An interval-valued intuitionistic fuzzy MABAC approach for material selection with incomplete weight information. *Applied Soft Computing*, 38, 703-713.
- Yaacoub, H. K., Husseini, F., Choueiki, Z. (2011). *Engineering soft skills: a comparative study between the GCC area demands and the ABET requirements*. Paper presented at the Competition Forum.
- Yanaze, L. K. H., de Deus Lopes, R. (2014). *Transversal competencies of electrical and computing engineers considering market demand*. The 2014 IEEE frontiers in education conference (FIE) proceedings.
- Yang, Y., Li, H., Zhang, Z., Liu, X. (2020). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Analytic Network Process. *Information Sciences*, 526, 102-118.
- Yanık, S. Kahraman, C. (2016). Multicriteria Decision Making For Construction Projects Using Interval-Valued Intuitionistic AHP. *12th International FLINS Conference*, World Scientific, 838-844.

- Ye, F. (2010a). An extended TOPSIS method with interval-valued intuitionistic fuzzy numbers for virtual enterprise partner selection. *Expert Systems with Applications*, 37(10), 7050-7055.
- Ye, J. (2009). Multicriteria fuzzy decision-making method based on a novel accuracy function under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6899-6902.
- Ye, J. (2010b). Multicriteria fuzzy decision-making method using entropy weights-based correlation coefficients of interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Applied Mathematical Modelling*, 34(12), 3864-3870.
- Yeni, F. B., Ozcelik, G. (2019). Interval-Valued Atanassov Intuitionistic Fuzzy CODAS Method for Multi Criteria Group Decision Making Problems. *Group Decision and Negotiation*, 28(2), 433-452.
- Yue, C. (2019). An interval-valued intuitionistic fuzzy projection-based approach and application to evaluating knowledge transfer effectiveness. *Neural Computing & Applications*, 31(11), 7685-7706.
- Yue, Z. (2012). Application of the projection method to determine weights of decision makers for group decision making. *Scientia Iranica*, 19(3), 872-878.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.
- Zaharim, A., Ahmad, I., Yusoff, Y. M., Omar, M. Z., Basri, H. (2012). Evaluating the Soft Skills Performed by Applicants of Malaysian Engineers. *Procedia-social and behavioral sciences*, 60, 522-528.
- Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Hajiagha, S. H. R., Hashemi, S. S. (2014). Extension of weighted aggregated sum product assessment with interval-

valued intuitionistic fuzzy numbers (WASPAS-IVIF). *Applied Soft Computing*, 24, 1013-1021.

Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Razavi Hajiagha, S. H., Hashemi, S. S. (2015). The interval-valued intuitionistic fuzzy MULTIMOORA method for group decision making in engineering. *Mathematical problems in engineering*, 2015, 1-14.

Zhang, F. W., Xu, S. H. (2016). Multiple Attribute Group Decision Making Method Based on Utility Theory Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment. *Group Decision and Negotiation*, 25(6), 1261-1275.

Zhang, F. W., Huang, W. W., Li, Q., Wang, S. H., Tan, G. Q. (2020). Parameterized utility functions on interval-valued intuitionistic fuzzy numbers with two kinds of entropy and their application in multi-criteria decision making. *Soft Computing*, 24(6), 4667-4674.

Zhang, F., Xu, S. (2017). Remarks to “Fuzzy multicriteria decision making method based on the improved accuracy function for interval-valued intuitionistic fuzzy sets”. *Soft Computing*, 21(9), 2263-2268.

Zhang, H., Yu, L. (2012). MADM method based on cross-entropy and extended TOPSIS with interval-valued intuitionistic fuzzy sets. *Knowledge-Based Systems*, 30, 115-120.

Zhang, J. L., Qi, X. W. (2012). Induced Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Hybrid Aggregation Operators with TOPSIS Order-Inducing Variables. *Journal of Applied Mathematics*, 2012, 245732.

Zhang, L. (2016). The Application of TOPSIS Method to Group Decision Making based on Similarity Measures under Interval-valued Intuitionistic Fuzzy Settings. *The 7th International Conference on Education, Management, Computer and Medicine (EMCM 2016)*.

- Zhang, W. Y., Zhang, S. X., Zhang, S., Yu, D. J. (2016). A novel method for MCDM and evaluation of manufacturing services using collaborative filtering and IVIF theory. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 10(1), 40-51.
- Zhang, W., Ju, Y., Liu, X. (2017). Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Programming Technique For Multicriteria Group Decision Making Based On Shapley Values And Incomplete Preference Information. *Soft Computing*, 21(19), 5787-5804.
- Zhang, X., Xu, Z. (2015). Soft computing based on maximizing consensus and fuzzy TOPSIS approach to interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making. *Applied Soft Computing*, 26, 42-56.
- Zhao, H., You, J. X., Liu, H. C. (2017). Failure mode and effect analysis using MULTIMOORA method with continuous weighted entropy under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Soft Computing*, 21(18), 5355-5367.
- Zhao, N., Xu, Z. S. (2016). Entropy Measures for Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Information from a Comparative Perspective and Their Application to Decision Making. *Informatica*, 27(1), 203-229.
- Zhao, X. (2014). TOPSIS Method for Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Multiple Attribute Decision Making And Its Application To Teaching Quality Evaluation. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 26(6), 3049-3055.
- Zhao, X., Tang, S., Yang, S., Huang, K. (2013). Extended VIKOR Method Based On Cross-Entropy For Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Multiple Criteria Group Decision Making. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 25(4), 1053-1066.
- Zhao, X., Yang, S., Yang, M. (2012). Extended VIKOR Method With Fuzzy Cross-Entropy Of Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. *2nd International Conference on Computer and Information Application (ICCIA 2012)*.

Zindani, D., Maity, S. R., Bhowmik, S. (2020). Complex Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy TODIM Approach and Its Application To Group Decision Making. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2020, 1-24.



EKLER

EK 1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI ÖZET TABLO

EK 2. TEKNİK VE TEKNİK OLMAYAN BECERİLERİ DEĞERLENDİRME
FORMU

EK 3. TEKNİK OLMAYAN BECERİ ALT KRİTERLERİNE BAĞLI
ÖZELLİKLERİ DEĞERLENDİRME FORMU

EK 4. DUYARLILIK ANALİZİNDE KULLANILAN UZMAN AĞIRLIKLARI

EK 5. ETİK KURUL KARARI



EK 1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI ÖZET TABLO

No	Yazar(lar)	Yıl	Yayın Türü	Yayın Yeri	Ülke	İndeks	Yöntem	Uygulama Alanı	Uygulama Türü	Atıf	Duyarlılık Analizi	Karşılaştırma Analizi
1	Ye, F.	2010	Makale	Expert Systems with Applications	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	İş ortağı seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	216		
2	Tan, C.	2011	Makale	Expert Systems with Applications	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	262		
3	Park, J. H., Cho, H. J., Kwun, Y. C.	2011	Makale	Fuzzy Optimization and Decision Making	Kore	SCIE	ADSB-VIKOR	Alternatif seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	95		✓
4	Li, C., ve Jiang, H.	2011	Bildiri	International Conference on Management and Service Science	Çin	Diğer	ADSB-VIKOR	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	2		
5	Park, J. H., Park, I. Y., Kwun, Y. C., Tan, X.	2011	Makale	Applied Mathematical Modelling	Kore	SCIE	ADSB-TOPSIS	Klima seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	284		
6	Izadikhah, M.	2012	Makale	Advances in Fuzzy Systems	İran	ESCI	ADSB-TOPSIS	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	66		
7	Wu, M., ve Chen, T.	2012	Makale	Applied Science and Engineering Progress	Tayvan	Diğer	ADSB-ELECTRE	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	4		
8	Zhang, H., ve Yu, L.	2012	Makale	Knowledge-Based Systems	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	127		✓
9	Zhang, J. L., ve Qi, X. W	2012	Makale	Journal of Applied Mathematics	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Gayrimenkul seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	11		✓
10	Zhao, X., Yang, S., ve Yang, M.	2012	Bildiri	2nd International Conference on Computer and Information Application	Çin	CPCI-S	ADSB-VIKOR	-	-	2		
11	Liu, S., Yu, F., Xu, W., ve Zhang, W.	2013	Makale	International Journal of Machine Learning and Cybernetics	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Girişimci seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	16		✓
12	Wu, J., Huang, H. B., Cao, Q. W.	2013	Makale	Applied Mathematical Modelling	Çin	SCIE	ADSB-AHP	Girişimci seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	88		✓
13	Tan, C., ve Chen, X.	2013	Makale	Journal of Applied Mathematics	Çin	SCIE	ADSB-VIKOR	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	23		
14	Razavi Hajiagha, S. H., Hashemi,	2013	Makale	Technological and Economic	İran	SSCI	ADSB-COPRAS	Yatırım seçim problemi, Servis	Açıklayıcı Örnek	79		

	S. S., ve Zavadskas, E. K.			Development of Economy Information Technology and Quantitative Management				sağlayıcı seçim problemi				
15	Wang, W., ve Liu, X.	2013	Bildiri	Scientific World Journal	Çin	CPCI-S	ADSB-LINMAP	-	-	14		
16	Bai, Z. Y.	2013	Makale	Computers & Industrial Engineering	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Bilgisayar animasyonu iş seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	48		
17	İntepe, G., Bozdog, E., Koc, T.	2013	Makale	Knowledge-Based Systems	Türkiye	SCIE	ADSB-TOPSIS	Tahmin tekniği seçim problemi	Vaka Çalışması	60	✓	
18	Chen, T. Y.	2013	Makale	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	Tayvan	SCIE	ADSB-LINMAP	Mezun değerlendirme problemi	Açıklayıcı Örnek	58		✓
19	Zhao, X., Tang, S., Yang, S., ve Huang, K.	2013	Makale	Information Sciences	Çin	SCIE	ADSB-VIKOR	İş ortağı seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	20	✓	✓
20	Chen, T. Y.	2014	Makale	Information Sciences	Tayvan	SCIE	ADSB- QUALIFLEX	Köprü inşaatı seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	109		✓
21	Chen, T. Y.	2014	Makale	Information Sciences	Tayvan	SCIE	ADSB- PROMETHEE, ADSB-ELECTRE	Köprü inşaatı seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	41		✓
22	Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Hajiagha, S. H. R., ve Hashemi, S. S.	2014	Makale	Applied Soft Computing	Litvanya	SCIE	ADSB-WASPAS	Terk edilmiş binanın yeniden geliştirme problemi, Yatırım seçimi problemi	Açıklayıcı Örnek	158		✓
23	Krohling, R. A., ve Pacheco, A. G.	2014	Bildiri	2nd Information Technology and Quantitative Management	Brezilya	CPCI-S	ADSB-TODIM	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	29		
24	He, L., ve Teng, H.	2014	Makale	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	Çin	SCIE	ADSB-GRA	Psikotik bozukluklar için iyileştirici etki değerlendirme problemi	Açıklayıcı Örnek	4		
25	Li, Y., Chu, X., Chu, D., Geng, X., ve Wu, X.	2014	Makale	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Modül bölüm şemaları değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	7	✓	✓

26	Liu, S., ve Moughal, T. A.	2014	Makale	Journal of Applied Mathematics	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Personel seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	8		
27	Zhao, X.	2014	Makale	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Eğitim kalitesi değerlendirme problemi	Açıklayıcı Örnek	16		
28	Xu, J. ve Shen, F.	2014	Makale	Knowledge-Based Systems	Çin	SCIE	ADSB-ELECTRE	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	59		✓
29	Vahdani, B., Mousavi, S. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Ghodratinama, A., ve Mohammadi, M.	2014	Makale	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	İran	SCIE	ADSB-COPRAS	Robot seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	57		✓
30	Xu, G. L., Wan, S. P., ve Xie, X. L.	2015	Makale	Mathematical Problems in Engineering	Çin	SCIE	ADSB-GRA	Bulut servis sağlayıcı seçim problemi	Vaka Çalışması	19	✓	✓
31	Chen, T. Y.	2015	Makale	Fuzzy Optimization and Decision Making	Tayvan	SCIE	ADSB-PROMETHEE	Köprü inşaatı seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	41		✓
32	Hajighasemi, Z., Mousavi, S. M., ve Siadat, A.	2015	Bildiri	The 45th International Conference on Computers & Industrial Engineering	İran	Diğer	ADSB-COPRAS	Hata türleri ve etkileri analizi	Açıklayıcı Örnek	0		
33	Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Razavi Hajiagha, S. H., ve Hashemi, S. S.	2015	Makale	Mathematical Problems in Engineering	Litvanya	SCIE	ADSB-MULTIMOORA	Terk edilmiş binanın yeniden geliştirme problemi, Yatırım seçimi problemi	Açıklayıcı Örnek	108		✓
34	Chen, T. Y.	2015	Makale	Applied Soft Computing	Tayvan	SCIE	ADSB-TOPSIS	Baziler arter tıkanıklığı tanı problemi	Açıklayıcı Örnek	172		✓
35	Ebrahimnejad, S., Hashemi, H., Mousavi, S. M., ve Vahdani, B.	2015	Makale	Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research	İran	SCIE-SSCI	ADSB-ELECTRE	Dış kaynak sağlayıcı seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	24		
36	Fahmi, A., Derakhshan, A., ve Kahraman, C.	2015	Bildiri	International Conference on Fuzzy Systems	Türkiye	Diğer	ADSB-AHP	Personel seçim problemi	Vaka Çalışması	9		

37	Zhang, X., ve Xu, Z.	2015	Makale	Applied Soft Computing	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	158		✓
38	Tong, X. ve Yu, L. Y.	2015	Makale	Mathematical Problems in Engineering	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Kablosuz sensör ağının güvenlik değerlendirme problemi, Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	6		✓
39	Onar, S. C., Öztayşi, B., Otay, İ., ve Kahraman, C.	2015	Makale	Energy	Türkiye	SCIE	ADSB-AHP	Rüzgar enerjisi teknolojisi seçim problemi	Vaka Çalışması	109	✓	✓
40	Düğenci, M.	2016	Makale	Applied Soft Computing	Türkiye	SCIE	ADSB-TOPSIS	Personel seçim problemi, Bulut servisi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	68		✓
41	Yanık, S. ve Kahraman, C.	2016	Bildiri	12th International FLINS Conference	Türkiye	CPCI-S	ADSB-AHP	İnşaat projesi seçim problemi	Vaka Çalışması	1		
42	Wang, L. E., Liu, H. C., ve Quan, M. Y.	2016	Makale	Computers & Industrial Engineering	Çin	SCIE	ADSB-ANP,ADSB-COPRAS	Hata türleri ve etkileri analizi	Açıklayıcı Örnek	96		✓
43	Hashemi, S. S., Hajiagha, S. H. R., Zavadskas, E. K., ve Mahdiraji, H. A.	2016	Makale	Applied Mathematical Modelling	İran	SCIE	ADSB-ELECTRE	Yatırım seçim problemi	Vaka Çalışması	111		✓
44	Dammak, F., Baccour, L., ve Alimi, A. M.	2016	Bildiri	13th International Conference of Computer Systems and Applications	Tunus	CPCI-S	ADSB-TOPSIS	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	6		✓
45	Chen, T. Y.	2016	Makale	Technological and Economic Development of Economy	Tayvan	SSCI	ADSB-ELECTRE	Havza yeri seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	11		✓
46	Xue, Y. X., You, J. X., Lai, X. D., ve Liu, H. C.	2016	Makale	Applied Soft Computing	Çin	SCIE	ADSB-MABAC	Malzeme seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	123		✓
47	Ervural, B. Ç., Ervural, B., ve Kahraman, C.	2016	Kitap Bölümü	Fuzzy Logic in Its 50th Year	Türkiye	BCI-C	ADSB-TOPSIS	Sosyo-Ekolojik sistem değerlendirme problemi	Açıklayıcı Örnek	4		
48	Li, W. W., ve Wu, C.	2016	Makale	Journal of Intelligent Systems	Çin	ESCI	ADSB-TOPSIS	Satıcı seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	4		✓

49	Kahraman, C., Öztayşi, B., ve Onar, S. Ç.	2016	Bildiri	8th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM	Türkiye	CPCI-S and CPCI- SSH	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	Dış kaynak sağlayıcı seçim problemi	Vaka Çalışması	13		✓
50	Abdullah, L., ve Najib, L.	2016	Makale	Soft Computing	Malezya	SCIE	ADSB-AHP	Personel seçim problemi, Güvenlik uyarısı değerlendirme problemi, Sondaj sıvısı seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	40		✓
51	Sennaroglu, B., ve Tuzkaya, M. M. G.	2016	Bildiri	12th International FLINS Conference	Türkiye	CPCI-S	ADSB- PROMETHEE	Hastane hizmet kalitesi değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	1		
52	Veeramachaneni, S., ve Kandikonda, H.	2016	Makale	Advances in Fuzzy Systems	Hindistan	ESCI	ADSB-ELECTRE	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	9		✓
53	Zhang, L.	2016	Bildiri	7th International Conference on Education, Management, Computer and Medicine	Çin	CPCI-S and CPCI- SSH	ADSB-TOPSIS	Hava kalitesi izleme istasyonu seçim sorunu	Açıklayıcı Örnek	0		
54	Zhao, H., You, J. X., ve Liu, H. C.	2017	Makale	Soft Computing	Çin	SCIE	ADSB- MULTIMOORA	Hata türleri ve etkileri analizi	Açıklayıcı Örnek	112		✓
55	Aikhuele, D. O., Turan, F. M., Odofin, S. M., ve Ansah, R. H.	2017	Makale	International Journal of Maritime Engineering	Malezya	SCIE	ADSB-TOPSIS	Hata türleri ve etkileri analizi	Açıklayıcı Örnek	7		
56	Zhang, W., Ju, Y., ve Liu, X.	2017	Makale	Soft Computing	Çin	SCIE	ADSB-LINMAP	Acil departmanı seçim problemi, Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	12		✓
57	Dammak, F., Baccour, L., Ayed, A. B., ve Alimi, A. M.	2017	Bildiri	IEEE International Conference on Fuzzy Systems	Tunus	CPCI-S	ADSB-ELECTRE	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	7		✓
58	Liu, P., ve Qin, X.	2017	Makale	Informatica	Çin	SCIE	ADSB-VIKOR	Yerleşimi problemi	Açıklayıcı Örnek	9		✓
59	Aikhuele, D.	2017	Makale	Management Science Letters	Malezya	Diğer	FAHP, ADSB- TOPSIS	Tasarım konsepti seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	3		

60	Aikhuele, D., ve Turan, F.	2017	Makale	Pakistan Journal of Statistics and Operation Research	Malezya	ESCI	ADSB-TOPSIS	Tasarım konsepti seçim problemi	Vaka Çalışması	9		
61	Büyüközkan, G., ve Göçer, F.	2017	Bildiri	17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (IFSA-SCIS)	Türkiye	CPCI-S	ADSB-MOORA	Tedarikçi seçim problemi	Vaka Çalışması	12		
62	Büyüközkan, G., ve Göçer, F.	2017	Bildiri	IEEE International Conference on Fuzzy Systems	Türkiye	CPCI-S	ADSB-AHP, ADSB-ARAS	Tedarikçi seçim problemi	Vaka Çalışması	7		
63	Krishankumar, R., Ravichandran, K. S., ve Ramprakash, R	2017	Makale	Mathematical Problems in Engineering	Hindistan	SCIE	ADSB-ELECTRE	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	3		✓
64	Tooranloo, H. S., ve Iranpour, A.	2017	Makale	International Journal of Procurement Management	İran	Diğer	ADSB-AHP	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	20		
65	Büyüközkan, G., ve Göçer, F.	2017	Bildiri	The 10th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology	Türkiye	CPCI-S	ADSB-VIKOR	Akıllı tıbbi cihaz seçim problemi	Vaka Çalışması	5		
66	Öztayşi, B., Onar, S. C., Kahraman, C., ve Yavuz, M.	2017	Makale	Transportation Research Part D: Transport and Environment	Türkiye	SCIE-SSCI	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	Alternatif yakıtlı teknoloji seçim problemi	Vaka Çalışması	46	✓	
67	Liu, Y., Bi, J. W., ve Fan, Z. P.	2017	Makale	International Journal of Information Technology & Decision Making	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Otomobil seçim problemi	Vaka Çalışması	29		✓
68	Büyüközkan, G., Göçer, F., ve Feyzioğlu, O.	2018	Makale	Soft Computing	Türkiye	SCIE	ADSB-AHP,ADSB-COPRAS,ADSB-MULTIMOORA, ADSB-VIKOR	Bulut bilişim teknolojisi seçim problemi	Vaka Çalışması	32		

69	Mishra, A. R., ve Rani, P.	2018	Makale	Group Decision and Negotiation	Hindistan	SSCI	ADSB-WASPAS	Rezervuar taşkın kontrol yönetim problemi	Açıklayıcı Örnek	38	✓	✓
70	Rani, P., Jain, D., ve Hooda, D. S.	2018	Makale	Iranian Journal of Fuzzy Systems	Hindistan	ESCI	ADSB-VIKOR	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	28		✓
71	Kumar, K., ve Garg, H.	2018	Makale	Computational & Applied Mathematics	Hindistan	SCIE	ADSB-TOPSIS	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	168		✓
72	Xian, S., Dong, Y., Liu, Y., ve Jing, N.	2018	Makale	International Journal of Intelligent Systems	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	23		✓
73	Kumar, S., ve Biswas, A.	2018	Bildiri	4th International Conference on Recent Advances in Information Technology	Hindistan	Diğer	ADSB-TOPSIS	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	1		✓
74	Mishra, A. R., ve Rani, P.	2018	Makale	Arabian Journal for Science and Engineering	Hindistan	SCIE	ADSB-TODIM	Tesis yeri seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	31		✓
75	Bolturk, E., ve Kahraman, C.	2018	Makale	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	Türkiye	SCIE	ADSB-CODAS	Dalga enerjisi tesisi yer seçimi problemi	Vaka Çalışması	21	✓	✓
76	Dahooei, J. H., Zavadskas, E. K., Vanaki, A. S., Firoozfar, H. R., ve Keshavarz-Ghorabae, M.	2018	Makale	E & M Ekonomie a Management	İran	SSCI	ADSB-CODAS	Kurumsal sistemler için iş zekası değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	12		✓
77	Lamrani Alaoui, Y., ve Tkiouat, M.	2018	Makale	International Journal of Engineering Business Management	Fas	ESCI	ADSB-TOPSIS	Risks değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	4	✓	
78	Karaşan, A., Erdoğan, M., ve Ilbahar, E.	2018	Makale	Journal of Enterprise Information Management	Türkiye	SSCI	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	Üretim stratejileri önceliklendirme problemi	Vaka Çalışması	11	✓	✓
79	Büyüközkan, G., ve Göçer, F.	2018	Makale	Applied Soft Computing	Türkiye	SCIE	ADSB-AHP, ADSB-ARAS	Tedarikçi seçim problemi	Vaka Çalışması	46		✓
80	Gautam, S. S., ve Singh, S. R.	2018	Makale	Life Cycle Reliability and Safety Engineering	Hindistan	ESCI	ADSB-TOPSIS	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	9		✓
81	Quan, M. Y., Wang, Z. L., Liu, H. C., ve Shi, H.	2018	Makale	IEEE Access	Çin	SCIE	ADSB-MULTIMOORA	Tedarikçi seçim problemi	Vaka Çalışması	23		✓

82	Tooranloo, H. S., Ayatollah, A. S., ve Karami, M.	2018	Makale	International Journal of Procurement Management	İran	Diğer	ADSB-TOPSIS	Tedarikçi seçim problemi	Vaka Çalışması	3		
83	Gupta, P., Mehlawat, M. K., Grover, N., ve Pedrycz, W.	2018	Makale	Applied Soft Computing	Hindistan	SCIE	ADSB-TOPSIS	Alternatif yakıtlı otobüs seçim problemi	Vaka Çalışması	44		✓
84	Li, Y. L., Wang, R., ve Chin, K. S.	2019	Makale	Soft Computing	Çin	SCIE	ADSB- MULTIMOORA	Hata türleri ve etkileri analizi	Açıklayıcı Örnek	8	✓	✓
85	Liu, H. C., You, J. X., ve Duan, C. Y.	2019	Makale	International Journal of Production Economics	Çin	SCIE	ADSB-MABAC	Hata türleri ve etkileri analizi	Açıklayıcı Örnek	89		✓
86	Kumar, S., ve Biswas, A.	2019	Kitap Bölümü	Computational Intelligence: Theories, Applications and Future Directions- Volume II	Hindistan	Diğer	ADSB-TOPSIS	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	5		✓
87	Mousavi, S. M., Antuchevičienė, J., Zavadskas, E. K., Vahdani, B., ve Hashemi, H.	2019	Makale	Transport	İran	SCIE	ADSB-TOPSIS	Çapraz yerleştirme merkezi konum seçim problemi	Vaka Çalışması	15		
88	Lu, J., ve Wei, C.	2019	Makale	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	Çin	SCIE	ADSB-TODIM	Sosyalist kırsal kesim seçim problemi	Vaka Çalışması	43		✓
89	Roy, J., Das, S., Kar, S., ve Pamuçar, D.	2019	Makale	Symmetry-Basel	Hindistan	SCIE	ADSB-CODAS	Sürdürülebilir malzeme seçimi problemi	Vaka Çalışması	20	✓	✓
90	Garg, H., ve Kumar, K.	2019	Makale	Journal of Multi- Criteria Decision Analysis	Hindistan	ESCI	ADSB-TOPSIS	Şirket seçim problemi	Vaka Çalışması	10	✓	✓
91	Yeni, F. B., ve Özçelik, G.	2019	Makale	Group Decision and Negotiation	Türkiye	SSCI	ADSB-CODAS	Personel seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	26	✓	✓
92	Wu, L., Gao, H., ve Wei, C.	2019	Makale	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	Çin	SCIE	ADSB-VIKOR	Finansal risk değerlendirme problemi	Açıklayıcı Örnek	41		✓
93	Lv, L., Li, H., Wang, L., Xia, Q., ve Ji, L.	2019	Makale	Information	Çin	SCIE	ADSB- MULTIMOORA	Altyapı için operasyonel risk değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	2	✓	✓
94	Tuzkaya, G., Sennaroglu, B.,	2019	Makale	Socio-Economic Planning Sciences	Türkiye	SCIE- SSCI	ADSB- PROMETHEE	Hastane hizmet kalitesi	Vaka Çalışması	18		✓

	Kalender, Z. T., ve Mutlu, M.							değerlendirme problemi					
95	Liu, A., Guo, X., Liu, T., Zhang, Y., Tsai, S. B., Zhu, Q., ve Hsu, C. F.	2019	Makale	IEEE Access	Çin	SCIE	ADSB-GRA	Tıbbi hizmet kalitesi değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	5	✓	✓	
96	Li, Z., Li, H., ve An, X.	2019	Makale	Ekoloji	Çin	SCIE	ADSB-AHP	Su bazlı turizm değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	0			
97	Davoudabadi, R., Mousavi, S. M., Mohagheghi, V., ve Vahdani, B	2019	Makale	Arabian Journal for Science and Engineering	İran	SCIE	ADSB-COPRAS, ADSB-WASPAS	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	10		✓	
98	Hajek, P., ve Froelich, W.	2019	Makale	Information Sciences	Tayvan	SCIE	ADSB-TOPSIS	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	31	✓	✓	
99	Jia, Z., ve Zhang, Y.	2019	Makale	Mathematical Problems in Engineering	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	7			
100	Mao, R. J., You, J. X., Duan, C. Y., ve Shao, L. N.	2019	Makale	Sustainability	Çin	SCIE- SSCI	ADSB-TODIM	Tedarikçi seçim problemi	Vaka Çalışması	6		✓	
101	Rani, P., Mishra, A. R., ve Ansari, M. D	2019	Bildiri	5th International Conference on Image Information Processing (ICIIP)	Hindistan	CPCI-S	ADSB-ARAS, ADSB-TOPSIS	Akıllı telefon seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	2			
102	Abdullah, L., Zulkifli, N., Liao, H., Herrera-Viedma, E., ve Al- Barakati, A.	2019	Makale	Engineering Applications of Artificial Intelligence	Çin	SCIE	ADSB- DEMATEL	Sürdürülebilir katı atık yönetim problemi	Açıklayıcı Örnek	24		✓	
103	Dahooie, Jalil Heidary; Vanaki, Amir Salar; Mohammadi, Navid.	2020	Makale	IEEE Transactions on Engineering Management	İran	SCIE	ADSB-CODAS	Bulut bilişim teknolojisi seçim problemi	Vaka Çalışması	4			
104	Gireesha, O., Somu, N., Krithivasan, K., ve Siram, V. S. S.	2020	Makale	Future Generation Computer Systems	Hindistan	SCIE	ADSB-WASPAS	Bulut servis sağlayıcı seçim problemi	Vaka Çalışması	8	✓	✓	

105	Abdullah, L., Goh, C., Zamri, N., ve Othman, M.	2020	Makale	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	Malezya	SCIE	ADSB-TOPSIS	Taşkın yönetimi problemi	Vaka Çalışması	0		
106	Garg, H., ve Kumar, K.	2020	Makale	Artificial Intelligence Review	Hindistan	SCIE	ADSB-TOPSIS	Yatırım seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	75		✓
107	Mohammadi, S. E., ve Mohammadi, E.	2020	Makale	International Journal of Industrial Engineering & Production Research	İran	Diğer	ADSB-BWM	Yatırım seçim problemi	Vaka Çalışması	0		
108	Aydın, N., ve Şeker, S.	2020	Makale	Journal of Enterprise Information Management	Türkiye	SSCI	ADSB-WASPAS, ADSB-MULTIMOORA	Aktarma merkezi için konum seçim problemi	Vaka Çalışması	0	✓	✓
109	Karaşan, A., Kaya, İ., ve Erdoğan, M.	2020	Makale	Neural Computing & Applications	Türkiye	SCIE	SB-DEMATEL, ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	Elektrikli araç şarj istasyonları için yer seçimi problemi	Vaka Çalışması	12	✓	✓
110	Doğan, O., Deveci, M., Canitez, F., ve Kahraman, C.	2020	Makale	Soft Computing	Türkiye	SCIE	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	Otonom araçları bulmak için koridor seçim problemi	Vaka Çalışması	9	✓	✓
111	Zindani, D., Maity, S. R., ve Bhowmik, S.	2020	Makale	Soft Computing	Hindistan	SCIE	ADSB-TODIM	Malzeme seçim problemi, Personel seçim problemi, Tedarikçi seçim problemi, Geri dönüşüm tesisi değerlendirilmesi problemi, Yazılım geliştirme ekiplerinin değerlendirilmesi problemi	Açıklayıcı Örnek	3	✓	✓
112	Ouhibi, A., ve Frikha, H.	2020	Bildiri	International Multi-Conference on: "Organization of Knowledge and Advanced Technologies	Tunus	Diğer	ADSB-CODAS	Doğal kaynakları değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	0		

113	Hu, K., Tan, Q., Zhang, T., ve Wang, S.	2020	Makale	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS	Temiz enerji kaynaklı tuzdan arındırma-sulama sistemleri değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	0	✓	
114	Bu, F., He, J., Li, H., & Fu, Q.	2020	Makale	Mathematical Biosciences and Engineering	Çin	SCIE	ADSB-TOPSIS, ADSB-GRA	Karmaşık sistem değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	0	✓	✓
115	Mishra, A. R., Rani, P., Mardani, A., Pardasani, K. R., Govindan, K., & Alrasheedi, M.	2020	Makale	Computers & Industrial Engineering	Viyetnam	SCIE	ADSB-COPRAS	Tehlikeli atık geri dönüşüm tesisi seçim problemi	Vaka Çalışması	14	✓	✓
116	Yang, Y., Li, H., Zhang, Z., & Liu, X.	2020	Makale	Information Sciences	Çin	SCIE	ADSB-ANP	Likör seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	2		✓
117	Mishra, A. R., Rani, P., Pardasani, K. R., Mardani, A., Stević, Ž., & Pamučar, D.	2020	Makale	Soft Computing	Hindistan	SCIE	ADSB-TODIM	Araç sigortası şirketi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	7		✓
118	Kahraman, C., Öztayşi, B., & Onar, S. Ç.	2018	Makale	Journal of Intelligent Systems	Türkiye	ESCI	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	Dış kaynak sağlayıcı seçim problemi	Vaka Çalışması	10		
119	Li, M., Li, Y., Peng, Q., Wang, J., & Yu, C.	2020	Makale	Applied Soft Computing	Çin	SCIE	ADSB-ANP, ADSB-TODIM	Topluluk soru cevaplama web sitesi değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	0	✓	✓
120	Büyüközkan, G., Havle, C. A., & Feyzioğlu, O.	2020	Makale	Journal of Air Transport Management	Türkiye	SSCI	ADSB-AHP	Dijital hizmet kalitesi değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	3		
121	Li, S., & Wang, B.	2020	Makale	Mathematical Problems in Engineering	Çin	SCIE	ADSB-EDAS	Kablosuz sensör ağları için hizmet kalitesi değerlendirme problemi	Açıklayıcı Örnek	0		✓

122	Mahdiraji, H. A., Zavadskas, E. K., Skare, M., Kafshgar, F. Z. R., & Arab, A.	2020	Makale	Economic Research- Ekonomiska Istraživanja	Birleşik Krallık	SSCI	ADSB-TODIM, ADSB-BWM	Strateji seçim problemi	Vaka Çalışması	3		
123	Qi, W., Huang, Z., Dinçer, H., Korsakienė, R., & Yüksel, S.	2020	Makale	Sustainability	Çin	SCIE- SSCI	ADSB- DEMATEL, ADSB-VIKOR	Sürdürülebilir enerji üretim stratejileri seçim problemi	Vaka Çalışması	7	✓	
124	Kaya, I., Erdoğan, M., Karaşan, A., & Özkan, B.	2020	Makale	Soft Computing	Türkiye	SCIE	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	Strateji seçim problemi	Vaka Çalışması	0	✓	✓
125	Tiwari, A., Lohani, Q. D., & Muhuri, P. K.	2020	Bildiri	IEEE International Conference on Fuzzy Systems	Hindistan	Diğer	ADSB-TOPSIS	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	0		✓
126	Davoudabadi, R., Mousavi, S. M., & Mohagheghi, V.	2020	Makale	Knowledge and Information Systems	İran	SCIE	ADSB-TODIM, ADSB-WASPAS, ADSB-TOPSIS	Tedarikçi seçim problemi	Açıklayıcı Örnek	3	✓	✓
127	Nur, F., Alrahaheh, A., Burch, R., Babski-Reeves, K., & Marufuzzaman, M.	2020	Makale	Journal of Computational Design and Engineering	ABD	ESCI	ADSB-AHP, ADSB-TOPSIS	Drone seçim problemi	Vaka Çalışması	2	✓	
128	Erkal, G., Kilic, H. S., Kalender, Z. T., Yalcin, A. S., & Tuzkaya, G.	2020	Bildiri	International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems	Türkiye	Diğer	ADSB- DEMATEL, ADSB-TOPSIS	Otel bilgi sistemi seçim problemi	Vaka Çalışması	1		
129	Mishra, A. R., Chandel, A., & Motwani, D.	2020	Makale	Granular Computing	Hindistan	SCIE	ADSB-MABAC	Programlama dili seçim problemi	Vaka Çalışması	20	✓	✓
130	Şeker, S., & Aydın, N.	2020	Makale	International Journal of Fuzzy Systems	Türkiye	ESCI	ADSB-AHP, ADSB-CODAS	Sürdürülebilir toplu taşıma sistemi değerlendirme problemi	Vaka Çalışması	3	✓	✓
131	Deveci, K., Cin, R., & Kağızman, A.	2020	Makale	Applied Soft Computing	Türkiye	SCIE	ADSB-CODAS	Yenilenebilir enerji alternatifi seçim problemi	Vaka Çalışması	0	✓	✓

EK 2. TEKNİK VE TEKNİK OLMAYAN BECERİ KRİTERLERİNİ DEĞERLENDİRME FORMU

Değerli Katılımcı,

21. yüzyılda mühendislik fakültesinden mezun olan bireylerin günümüzün şartlarına uygun olarak hem teknik hem de teknik olmayan becerileri kazanarak mezun olması gerekmektedir. Mühendislerin sektörün beklentileri doğrultusunda ekstra eğitim almadan mezun olabilmeleri için kazanmaları gereken teknik ve teknik olmayan becerilerin değerlendirildiği bu çalışma, sizin belirttiğiniz görüşler ile şekilleneceği için 10 dakikanızı ayırarak aşağıda yer alan soruları ve karşılaştırma matrislerini eksiksiz olarak, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevaplar ile doldurmanızı rica ederim.

Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir süre zarfında çalışmayı bırakma hakkına da sahiptir. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz **gizli tutulacaktır**; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. Araştırmanın amacı veya ankette yer alan sorular ile ilgili verilen bilgiler dışında ek bilgiye ihtiyaç duyarsanız **meldakokoc@gazi.edu.tr** e-posta adresinden ulaşabilirsiniz. Araştırma tamamlandığında genel/size özel sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen e-postanızda belirtiniz.

Araştırmaya yapacağınız katkılar için içtenlikle teşekkür ederim.

Melda KOKOÇ

Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği ABD

A. DEMOGRAFİK BİLGİLER

Cinsiyet ☐ Kadın ☐ Erkek			
Yaş ☐ 22-30 ☐ 31-40 ☐ 41-50 ☐ 50+			
Öğrenim Durumu ☐ Lise ☐ Önlisans ☐ Lisans ☐ Yüksek Lisans ☐ Doktora			
Bölüm			
İş Seviyesi (Unvan) (Açıklamaları altında yazmaktadır.)			
☐ Üst Düzey Yönetici Yönetim kurulu başkanı Başkan yardımcısı, başkan Genel müdür Genel müdür yrd. Baş yürütmeci	☐ Orta Düzey Yönetici Üretim yöneticisi, Pazarlama yöneticisi, Bölüm müdürü / müd. yrd. Şube müdürü Bölge yöneticisi	☐ İlk Düzey Yönetici Bölüm şefleri Ustabaşı Çavuş, Takım lideri Denetçi	☐ Yönetici Olmayan Çalışan Mühendis Memur Diğer (.....)

Genel koordinatör, yönetim kurulu üyeleri Şirket veya grup sorumluları	Fabrika müdürü Daire başkanları	Koordinatör
Kurum Türü ☐ Özel ☐ Devlet		
Kurum Türü Özel ise Büyüklüğü ☐ KOBİ ☐ Büyük		
Mevcut İş Seviyesindeki (Unvandaki) Çalışma Yılı ☐ 1 yıldan az ☐ 1-3 yıl ☐ 4-6 yıl ☐ 6 yıl üzeri		

B. KARŞILAŞTIRMA FORMLARI

21. yüzyıl şartlarında “**Elektrik-Elektronik / Endüstri Mühendislerinin**” genel olarak sahip olması gereken teknik ve teknik olmayan özelliklerden hangisinin daha önemli olduğunu değerlendirme tablosundan yararlanarak örneklerdeki gibi “X” işareti ile belirtiniz.

Önem Düzeyi	Açıklama
Kesinlikle Yüksek (KÖ)	Bir kriter diğerine karşı kesinlikle yüksektir.
Çok Yüksek (ÇÖ)	Bir kriter diğerine karşı çok yüksektir.
Yüksek (Ö)	Bir kriter diğerine karşı oldukça yüksektir.
Orta Yüksek (OÖ)	Bir kriter diğerine karşı biraz yüksektir.
Yaklaşık Olarak Eşit (YE)	İki seçenek yaklaşık olarak eşit derecede öneme sahiptir.

Örnek 1 : "Sorumluluk bilinci" ile “Duygu kontrolü” karşılaştırıldığında;

“Sorumluluk bilinci” özelliğinin “Duygu kontrolü”ne göre “Nispeten Yüksek” olduğunu düşünüyorsanız aşağıdaki gibi daha önemli olduğunu düşündüğünüz özellik tarafına (tek tarafa) işaretleme yapınız.

		KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Örnek 1	Sorumluluk bilinci				X						Duygu kontrolü

Örnek 2: "Zamanı yönetebilme" ile “Stresi yönetebilme” karşılaştırıldığında;

“Stresi yönetebilme” özelliğinin “Zamanı yönetebilme”ye göre “Çok Yüksek” olduğunu düşünüyorsanız aşağıdaki gibi daha önemli olduğunu düşündüğünüz özellik tarafına (tek tarafa) işaretleme yapınız.

		KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Örnek 2	Zamanı yönetebilme								X		Stresi yönetebilme

TEKNİK BECERİ VE TEKNİK OLMAYAN BECERİ KRİTERLERİ İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Teknik Beceri (yabancı dil, programlama dili, ekonomi bilgisi, teknik raporlama gibi.)										Teknik Olmayan Beceri (iletişim, takım çalışması, liderlik, yaşam boyu öğrenme, çevresi ile uyum gibi)
TEKNİK OLMAYAN BECERİ ALT KRİTERLERİ İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Kişisel yönetim										İletişim
Kişisel yönetim										Çevresiyle uyum
Kişisel yönetim										Takım çalışması
Kişisel yönetim										Liderlik
Kişisel yönetim										Öğrenme ve bilgi yönetimi
Kişisel yönetim										Kritik düşünme ve problem çözme
İletişim										Çevresiyle uyum
İletişim										Takım çalışması
İletişim										Liderlik
İletişim										Öğrenme ve bilgi yönetimi
İletişim										Kritik düşünme ve problem çözme
Çevresiyle uyum										Takım çalışması
Çevresiyle uyum										Liderlik
Çevresiyle uyum										Öğrenme ve bilgi yönetimi
Çevresiyle uyum										Kritik düşünme ve problem çözme
Takım çalışması										Liderlik
Takım çalışması										Öğrenme ve bilgi yönetimi
Takım çalışması										Kritik düşünme ve problem çözme
Liderlik										Öğrenme ve bilgi yönetimi
Liderlik										Kritik düşünme ve problem çözme
Öğrenme ve bilgi yönetimi										Kritik düşünme ve problem çözme
TEKNİK BECERİ ALT KRİTERLERİ İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
En az bir programlama diline hâkim olma										Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama
En az bir programlama diline hâkim olma										Proje yönetimi

En az bir programlama diline hâkim olma										Teknik raporları/projeleri yazabilme
En az bir programlama diline hâkim olma										MS Office ürünlerini etkin kullanabilme
En az bir programlama diline hâkim olma										Sistem tasarımı ve analizi
En az bir programlama diline hâkim olma										Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma
En az bir programlama diline hâkim olma										Temel ekonomi bilgisi
En az bir programlama diline hâkim olma										En az bir yabancı dili etkin kullanabilme
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama										Proje yönetimi
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama										Teknik raporları/projeleri yazabilme
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama										MS Office ürünlerini etkin kullanabilme
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama										Sistem tasarımı ve analizi
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama										Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama										Temel ekonomi bilgisi
Veri toplama, sonuçları istatistiksel analiz etme ve yorumlama										En az bir yabancı dili etkin kullanabilme
Proje yönetimi										Teknik raporları/projeleri yazabilme
Proje yönetimi										MS Office ürünlerini etkin kullanabilme
Proje yönetimi										Sistem tasarımı ve analizi
Proje yönetimi										Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma
Proje yönetimi										Temel ekonomi bilgisi
Proje yönetimi										En az bir yabancı dili etkin kullanabilme
Teknik raporları/projeleri yazabilme										MS Office ürünlerini etkin kullanabilme
Teknik raporları/projeleri yazabilme										Sistem tasarımı ve analizi
Teknik raporları/projeleri yazabilme										Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma
Teknik raporları/projeleri yazabilme										Temel ekonomi bilgisi
Teknik raporları/projeleri yazabilme										En az bir yabancı dili etkin kullanabilme
MS Office ürünlerini etkin kullanabilme										Sistem tasarımı ve analizi
MS Office ürünlerini etkin kullanabilme										Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma
MS Office ürünlerini etkin kullanabilme										Temel ekonomi bilgisi
MS Office ürünlerini etkin kullanabilme										En az bir yabancı dili etkin kullanabilme

Sistem tasarımı ve analizi										Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma
Sistem tasarımı ve analizi										Temel ekonomi bilgisi
Sistem tasarımı ve analizi										En az bir yabancı dili etkin kullanabilme
Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma										Temel ekonomi bilgisi
Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma										En az bir yabancı dili etkin kullanabilme
Temel ekonomi bilgisi										En az bir yabancı dili etkin kullanabilme

EK 3. TEKNİK OLMAYAN BECERİ ALT KRİTERLERİNE BAĞLI ÖZELLİKLERİ DEĞERLENDİRME FORMU

Değerli Katılımcı,

21. yüzyılda mühendislik fakültesinden mezun olan bireylerin günümüzün şartlarına uygun olarak hem teknik hem de teknik olmayan becerileri kazanarak mezun olması gerekmektedir. Mühendislerin sektörün beklentileri doğrultusunda ekstra eğitim almadan mezun olabilmeleri için kazanmaları gereken teknik ve teknik olmayan becerilerin değerlendirildiği bu çalışma, sizin belirttiğiniz görüşler ile şekilleneceği için 25 dakikanızı ayırarak aşağıda yer alan soruları ve karşılaştırma matrislerini eksiksiz olarak, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevaplar ile doldurmanızı rica ederim.

Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir süre zarfında çalışmayı bırakma hakkına da sahipsiniz. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz **gizli tutulacaktır**; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. Araştırmanın amacı veya ankette yer alan sorular ile ilgili verilen bilgiler dışında ek bilgiye ihtiyaç duyarsanız **meldakokoc@gazi.edu.tr** e-posta adresinden ulaşabilirsiniz. Araştırma tamamlandığında genel/size özel sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen e-postanızda belirtiniz.

Araştırmaya yapacağınız katkılar için içtenlikle teşekkür ederim.

Melda KOKOÇ

Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği ABD

A. DEMOGRAFİK BİLGİLER

Cinsiyet ☐ Kadın ☐ Erkek			
Yaş ☐ 22-30 ☐ 31-40 ☐ 41-50 ☐ 50+			
Öğrenim Durumu ☐ Lise ☐ Önlisans ☐ Lisans ☐ Yüksek Lisans ☐ Doktora			
Bölüm			
İş Seviyesi (Unvan) (Açıklamaları altında yazmaktadır.)			
☐ Üst Düzey Yönetici Yönetim kurulu başkanı Başkan yardımcısı, başkan Genel müdür Genel müdür yrd. Baş yürütmeci Genel koordinatör, yönetim kurulu üyeleri Şirket veya grup sorumluları	☐ Orta Düzey Yönetici Üretim yöneticisi, Pazarlama yöneticisi, Bölüm müdürü / müd. yrd. Şube müdürü Bölge yöneticisi Fabrika müdürü Daire başkanları	☐ İlk Düzey Yönetici Bölüm şefleri Ustabaşı Çavuş, Takım lideri Denetçi Koordinatör	☐ Yönetici Olmayan Çalışan Mühendis Memur Diğer (.....)
Kurum Türü ☐ Özel ☐ Devlet			

Kurum Türü Özel ise Büyüklüğü			
☐ KOBİ	☐ Büyük		
Mevcut İş Seviyesindeki (Unvandaki) Çalışma Yılı			
☐ 1 yıldan az	☐ 1-3 yıl	☐ 4-6 yıl	☐ 6 yıl üzeri

B. KARŞILAŞTIRMA FORMLARI

21. yüzyıl şartlarında “**Elektrik-Elektronik/ Endüstri Mühendislerinin**” sahip olması gereken Kişisel Yönetim, İletişim, Çevre ile Uyum, Takım Çalışması, Liderlik, Öğrenme ve Bilgi Yönetimi, Düşünme ve Problem Çözme temel özelliklerine ait alt özelliklerden hangisinin daha önemli olduğunu değerlendirme tablosundan yararlanarak aşağıda sunulan örneklerdeki gibi belirtiniz.

Önem Düzeyi	Açıklama
Kesinlikle Yüksek (KY)	Bir kriter diğerine karşı kesinlikle yüksektir.
Çok Yüksek (ÇY)	Bir kriter diğerine karşı çok yüksektir.
Yüksek (Y)	Bir kriter diğerine karşı oldukça yüksektir.
Orta Yüksek (OY)	Bir kriter diğerine karşı biraz yüksektir.
Yaklaşık Olarak Eşit (YE)	İki seçenek yaklaşık olarak eşit derecede öneme sahiptir.

Örnek 1: "Sorumluluk bilinci" ile "Duygu kontrolü" karşılaştırıldığında;

"Sorumluluk bilinci" özelliğinin "Duygu kontrolü"ne göre "Orta Yüksek" olduğunu düşünüyorsanız aşağıdaki gibi daha önemli olduğunu düşündüğünüz özellik tarafına (tek tarafa) işaretleme yapınız.

		KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Örnek 1	Sorumluluk bilinci				X						Duygu kontrolü

Örnek 2: "Zamanı yönetebilme" ile "Stresi yönetebilme" karşılaştırıldığında;

"Stresi yönetebilme" özelliğinin "Zamanı yönetebilme"ye göre "Çok Yüksek" olduğunu düşünüyorsanız aşağıdaki gibi daha önemli olduğunu düşündüğünüz özellik tarafına (tek tarafa) işaretleme yapınız.

		KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Örnek 2	Zamanı yönetebilme								X		Stresi yönetebilme

KİŞİSEL YÖNETİM ALT KRİTERİNE BAĞLI ÖZELLİKLER İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Farklı görevleri üstlenebilme										Sorumluluk bilinci
Farklı görevleri üstlenebilme										Değişimi yönetebilme
Farklı görevleri üstlenebilme										Duygu kontrolü
Farklı görevleri üstlenebilme										Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme
Farklı görevleri üstlenebilme										Özgüvene sahip olma
Farklı görevleri üstlenebilme										Stresi yönetebilme
Farklı görevleri üstlenebilme										Zamanı yönetebilme
Sorumluluk bilinci										Değişimi yönetebilme
Sorumluluk bilinci										Duygu kontrolü
Sorumluluk bilinci										Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme
Sorumluluk bilinci										Özgüvene sahip olma
Sorumluluk bilinci										Stresi yönetebilme
Sorumluluk bilinci										Zamanı yönetebilme
Değişimi yönetebilme										Duygu kontrolü
Değişimi yönetebilme										Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme
Değişimi yönetebilme										Özgüvene sahip olma
Değişimi yönetebilme										Stresi yönetebilme
Değişimi yönetebilme										Zamanı yönetebilme
Duygu kontrolü										Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme
Duygu kontrolü										Özgüvene sahip olma
Duygu kontrolü										Stresi yönetebilme
Duygu kontrolü										Zamanı yönetebilme
Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme										Özgüvene sahip olma
Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme										Stresi yönetebilme
Güçlü ve zayıf yönleri tanımlayabilme										Zamanı yönetebilme
Özgüvene sahip olma										Stresi yönetebilme
Özgüvene sahip olma										Zamanı yönetebilme
Stresi yönetebilme										Zamanı yönetebilme
İLETİŞİM ALT KRİTERİNE BAĞLI ÖZELLİKLER İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Akıcı ve düzgün diksiyon ile etkili iletişim kurma										Etkili sunum yapabilme
Akıcı ve düzgün diksiyon ile etkili iletişim kurma										Çatışma yönetimi becerisi
Akıcı ve düzgün diksiyon ile etkili iletişim kurma										Vücut dilini kullanabilme
Akıcı ve düzgün diksiyon ile etkili iletişim kurma										Yazılı olarak etkili iletişim kurma

Akıcı ve düzgün diksiyon ile etkili iletişim kurma										Müzakere yeteneğine sahip olma
Etkili sunum yapabilme										Çatışma yönetimi becerisi
Etkili sunum yapabilme										Vücut dilini kullanabilme
Etkili sunum yapabilme										Yazılı olarak etkili iletişim kurma
Etkili sunum yapabilme										Müzakere yeteneğine sahip olma
Çatışma yönetimi becerisi										Vücut dilini kullanabilme
Çatışma yönetimi becerisi										Yazılı olarak etkili iletişim kurma
Çatışma yönetimi becerisi										Müzakere yeteneğine sahip olma
Vücut dilini kullanabilme										Yazılı olarak etkili iletişim kurma
Vücut dilini kullanabilme										Müzakere yeteneğine sahip olma
Yazılı olarak etkili iletişim kurma										Müzakere yeteneğine sahip olma
ÇEVRE İLE UYUM ALT KRİTERİNE BAĞLI ÖZELLİKLER İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Çalışma ortamına adapte olma										Çok yönlü/disiplinli ve global bakış açısına sahip olma
Çalışma ortamına adapte olma										Diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme
Çalışma ortamına adapte olma										Çevresindeki kişilerle iyi ilişki kurabilme
Çalışma ortamına adapte olma										Sorunların ve çözümlerin tanımlanmasında görüş bildirebilme
Çalışma ortamına adapte olma										Eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme
Çok yönlü/disiplinli ve global bakış açısına sahip olma										Diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme
Çok yönlü/disiplinli ve global bakış açısına sahip olma										Çevresindeki kişilerle iyi ilişki kurabilme
Çok yönlü/disiplinli ve global bakış açısına sahip olma										Sorunların ve çözümlerin tanımlanmasında görüş bildirebilme
Çok yönlü/disiplinli ve global bakış açısına sahip olma										Eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme
Diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme										Çevresindeki kişilerle iyi ilişki kurabilme
Diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme										Sorunların ve çözümlerin tanımlanmasında görüş bildirebilme
Diğer kişilerin tutum, davranış ve inançlarına saygı duyabilme										Eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme
Çevresindeki kişilerle iyi ilişki kurabilme										Sorunların ve çözümlerin tanımlanmasında görüş bildirebilme

Çevresindeki kişilerle iyi ilişki kurabilme										Eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme
Sorunların ve çözümlerin tanımlanmasında görüş bildirebilme										Eleştirileri sakinlik ile kabul edebilme
TAKIM ÇALIŞMASI ALT KRİTERİNE BAĞLI ÖZELLİKLER İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Multidisipliner ve multikültürel takımlarda çalışabilme										Takım üyelerinden herhangi bir üyenin yerine geçiş yapabilme
Multidisipliner ve multikültürel takımlarda çalışabilme										Takım üyeleriyle fikir alışverişinde bulunabilme
Takım üyelerinden herhangi bir üyenin yerine geçiş yapabilme										Takım üyeleriyle fikir alışverişinde bulunabilme
LİDERLİK ALT KRİTERİNE BAĞLI ÖZELLİKLER İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Çalışmaya liderlik edebilme										Takım oluşturma ve yönetebilme
Çalışmaya liderlik edebilme										Takımı motive edebilme
Çalışmaya liderlik edebilme										Takım üyelerini denetleyebilme
Takım oluşturma ve yönetebilme										Takımı motive edebilme
Takım oluşturma ve yönetebilme										Takım üyelerini denetleyebilme
Takımı motive edebilme										Takım üyelerini denetleyebilme
ÖĞRENME VE BİLGİ YÖNETİMİ ALT KRİTERİNE BAĞLI ÖZELLİKLER İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip olma										Öğrenme için kaynakları (kitaplar, yazılım vb.) belirleyebilme
Kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip olma										Alanındaki yenilikleri takip etme
Kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip olma										Çağdaş konular hakkında bilgi sahibi olma
Kendi kendine öğrenme yeteneğine sahip olma										Yasam boyu öğrenim gereğini algılamış ve bu beceriyi kazanmış olma
Öğrenme için kaynakları (kitaplar, yazılım vb.) belirleyebilme										Alanındaki yenilikleri takip etme
Öğrenme için kaynakları (kitaplar, yazılım vb.) belirleyebilme										Çağdaş konular hakkında bilgi sahibi olma
Öğrenme için kaynakları (kitaplar, yazılım vb.) belirleyebilme										Yasam boyu öğrenim gereğini algılamış ve bu beceriyi kazanmış olma
Alanındaki yenilikleri takip etme										Çağdaş konular hakkında bilgi sahibi olma

Alanındaki yenilikleri takip etme										Yasam boyu öğrenim gereğini algılamış ve bu beceriyi kazanmış olma
Çağdaş konular hakkında bilgi sahibi olma										Yasam boyu öğrenim gereğini algılamış ve bu beceriyi kazanmış olma
DÜŞÜNME VE PROBLEM ÇÖZME ALT KRİTERİNE BAĞLI ÖZELLİKLER İÇİN KARŞILAŞTIRMA FORMU										
	KY	ÇY	Y	OY	YE	OY	Y	ÇY	KY	
Analitik düşünme										Eleştirel düşünme
Analitik düşünme										Pratik düşünme ve davranabilme
Analitik düşünme										Yaratıcı düşünme
Analitik düşünme										Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme
Analitik düşünme										İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme
Analitik düşünme										Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme
Analitik düşünme										Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme
Eleştirel düşünme										Pratik düşünme ve davranabilme
Eleştirel düşünme										Yaratıcı düşünme
Eleştirel düşünme										Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme
Eleştirel düşünme										İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme
Eleştirel düşünme										Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme
Eleştirel düşünme										Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme
Pratik düşünme ve davranabilme										Yaratıcı düşünme
Pratik düşünme ve davranabilme										Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme
Pratik düşünme ve davranabilme										İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme
Pratik düşünme ve davranabilme										Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme
Pratik düşünme ve davranabilme										Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme

Yaratıcı düşünme									Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme
Yaratıcı düşünme									İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme
Yaratıcı düşünme									Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme
Yaratıcı düşünme									Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme
Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme									İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme
Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme									Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme
Karmaşık durumdaki sorunu tanımlayıp analiz edebilme									Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme
İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme									Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme
İşin yürütülmesi için gerekli bürokratik süreci takip edebilme									Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme
Problemlere özgün ve alternatif çözümler bulabilme									Çözüm alternatiflerini muhakeme edebilme ve karar verebilme

EK 4. DUYARLILIK ANALİZİNDE KULLANILAN UZMAN GRUBU AĞIRLIKLARI

Çizelge 1. Grup 1 için duyarlılık analizi ağırlıkları

	G1	G2	G3	G4	G5
Deney1	0,000	0,250	0,250	0,250	0,250
Deney2	0,100	0,225	0,225	0,225	0,225
Deney3	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Deney4	0,300	0,175	0,175	0,175	0,175
Deney5	0,400	0,150	0,150	0,150	0,150
Deney6	0,500	0,125	0,125	0,125	0,125
Deney7	0,600	0,100	0,100	0,100	0,100
Deney8	0,700	0,075	0,075	0,075	0,075
Deney9	0,800	0,050	0,050	0,050	0,050
Deney10	0,900	0,025	0,025	0,025	0,025
Deney11	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 2. Grup 2 için duyarlılık analizi ağırlıkları

	G1	G2	G3	G4	G5
Deney1	0,250	0,000	0,250	0,250	0,250
Deney2	0,225	0,100	0,225	0,225	0,225
Deney3	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Deney4	0,175	0,300	0,175	0,175	0,175
Deney5	0,150	0,400	0,150	0,150	0,150
Deney6	0,125	0,500	0,125	0,125	0,125
Deney7	0,100	0,600	0,100	0,100	0,100
Deney8	0,075	0,700	0,075	0,075	0,075
Deney9	0,050	0,800	0,050	0,050	0,050
Deney10	0,025	0,900	0,025	0,025	0,025
Deney11	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 3. Grup 3 için duyarlılık analizi ağırlıkları

	G1	G2	G3	G4	G5
Deney1	0,250	0,250	0,000	0,250	0,250
Deney2	0,225	0,225	0,100	0,225	0,225
Deney3	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Deney4	0,175	0,175	0,300	0,175	0,175
Deney5	0,150	0,150	0,400	0,150	0,150
Deney6	0,125	0,125	0,500	0,125	0,125
Deney7	0,100	0,100	0,600	0,100	0,100
Deney8	0,075	0,075	0,700	0,075	0,075
Deney9	0,050	0,050	0,800	0,050	0,050
Deney10	0,025	0,025	0,900	0,025	0,025
Deney11	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000

Çizelge 4. Grup 4 için duyarlılık analizi ağırlıkları

	G1	G2	G3	G4	G5
Deney1	0,250	0,250	0,250	0,000	0,250
Deney2	0,225	0,225	0,225	0,100	0,225
Deney3	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Deney4	0,175	0,175	0,175	0,300	0,175
Deney5	0,150	0,150	0,150	0,400	0,150
Deney6	0,125	0,125	0,125	0,500	0,125
Deney7	0,100	0,100	0,100	0,600	0,100
Deney8	0,075	0,075	0,075	0,700	0,075
Deney9	0,050	0,050	0,050	0,800	0,050
Deney10	0,025	0,025	0,025	0,900	0,025
Deney11	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000

Çizelge 5. Grup 5 için duyarlılık analizi ağırlıkları

	G1	G2	G3	G4	G5
Deney1	0,000	0,250	0,250	0,250	0,250
Deney2	0,100	0,225	0,225	0,225	0,225
Deney3	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Deney4	0,300	0,175	0,175	0,175	0,175
Deney5	0,400	0,150	0,150	0,150	0,150
Deney6	0,500	0,125	0,125	0,125	0,125
Deney7	0,600	0,100	0,100	0,100	0,100
Deney8	0,700	0,075	0,075	0,075	0,075
Deney9	0,800	0,050	0,050	0,050	0,050
Deney10	0,900	0,025	0,025	0,025	0,025
Deney11	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

EK 5. ETİK KURUL KARARI

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ARAŞTIRMALARI
ETİK KURULU TOPLANTISI

KARAR TARİHİ : 03/06/2020
OTURUM NO : 03
TOPLANTI SAATİ : 12.30

Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu, Kurul Başkanı Prof. Dr. Mustafa ÖZEN başkanlığında gündemdeki maddeleri görüşmek üzere toplanarak aşağıdaki kararları almıştır.

GÜNDEM 4- Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ' ün danışmanı olduğu Melda KOKOÇ tarafından yapılan proje başvurusunun görüşülmesi.

KARAR 4- Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ' ün danışmanı olduğu Melda KOKOÇ tarafından yapılan "**Aralık-Değerli Sezgisel Bulanık Ortamda Çok Kriterli Grup Değerlendirme Model Önerisi: T-Tipi Mühendis Değerlendirme Uygulaması**" isimli proje incelenmiş olup, Kırıkkale Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik ilkelere uygun olduğuna karar verildi.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Melda KOKOÇ

Doğum Tarihi :

Yabancı Dil :İngilizce

Eğitim Durumu :

Lisans : Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü -2015.

Yüksek Lisans : Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ABD-2017.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar:

Kırıkkale Üniversitesi, *Araştırma Görevlisi*- 2016-2018.

Gazi Üniversitesi, *Öğretim Görevlisi*, 2018-devam.

Yayınları (Diğer) :

A. Bildiriler

A1. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler:

1. Kokoç, M., Ersöz, S., Aktepe, A. (2016). Fuzzy Optimistic and Pessimistic Evaluation Model in Quality Function Deployment (QFD) and Application, *19th QMOD Conference*, Roma.
2. Kokoç, M., Ersöz, S., Aktepe, A., Türker, A., K. (2016). A Model Proposal for Improving the Efficiency of Facility Layout in Emergency Service in Faculty of Medicine, *3rd International Conference on Advanced Technology & Sciences*, Konya.
3. Kokoç, M., Aktepe, A., & Ersöz, S. (2017, September). Creating Alternative Layout Plans with Simulated Annealing and Data Mining. In *Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, Malatya.

4. Kokoç, M., Aktepe, A., & Ersöz, S. (2017). RFID Control in Stock Management Processes of Explosive Materials and an Application. Presented at the *2nd International Defense Industry Symposium*, Kırıkkale.
5. Kokoç, M., Aktepe, A., & Ersöz, S. (2017). Determination of Significance Level of the Association Rules in Data Mining with Fuzzy Ranking. Presented at the *5th International Conference on Advanced Technology Sciences (ICAT'xx17)*, İstanbul.
6. Kokoç, M., Aktepe, A., Ersöz, S. & Türker, A. K. (2017). Evaluation of Layout Plan Obtained by Block Diagramming Technique According to Data Mining. Presented at the *International Scientific and Vocational Studies Congress*, Nevşehir.
7. Aktepe, A., Kokoç, M., & Ersöz, S. (2017). Evaluation of Shopping Basket According to Sociological and Demographic Conditions. Presented at the *4th International Management Information Systems Conference "Industry 4.0"*, İstanbul.
8. Karabulut, B., Kokoç, M., Ünver, H. M., & Ersöz, S. (2017). Turkish Keyboard Layout with Clustering and Association Rules. Presented at the *III. International Symposium on Multidisciplinary Studies*, Ankara.
9. Aktepe, A., Kokoç, M., & Ersöz, S. (2017). Determining Market Strategy by Using a Fuzzy Rule Based Algorithm. Presented at the *5th International Fuzzy Systems Symposium*, Ankara.
10. Kokoç, M., Aktepe, A. & Ersöz, S. (2017). Automation in Production System and an Application in Welding Process. *International Symposium on Industry 4.0 and Applications (ISIA 2017)*, Karabük.
11. Kokoç, M., Ersöz, S. & Türker, A. K. (2018). The Importance of Business Intelligence Solutions in The Industry 4.0 Concept. Presented at the

International Conference on Artificial Intelligence towards Industry 4.0, İskenderun.

12. Kokoç, M., Arslan, G. (2018). Disease Diagnosis with Support Vector Machines: An Application For Diagnosis Of Diabetes. 4th International Researchers, Statisticians and Young Statisticians Congress, İzmir.

A2. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler:

1. Ersöz, S., Bağbaşı, M. (2016). Acil Servislerde Hizmet Kalitesi Ölçümü ve Bir Tıp Fakültesi Uygulaması, *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 36. Ulusal Kongresi*, İzmir.
2. İçme, S., Demirelli, B., Kokoç, M., Aktepe, A., Ersöz, S. (2017). Yurt Hizmetlerinde Stres Kaynaklarının Analizi ve Bir Uygulama. *23.Ulusal Ergonomi Kongresi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 34 (Özel Sayı), 46.
3. Ülker, O., Kokoç, M., Aktepe, A., Ersöz, S. (2017). Bir Tıp Fakültesi Hastanesinde Işık ve Aydınlatma Değerlerinin İncelenmesi ve Hasta Memnuniyetinin Araştırılması. *23.Ulusal Ergonomi Kongresi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 34 (Özel Sayı), 68-69.
4. Hayyaoğlu, A., Şakar, B., B., Kokoç, M., Aktepe, A., Ersöz, S. (2017). Kalite Fonksiyonu Yayılımı Yaklaşımı ile Hasta Memnuniyetinin Belirlenmesi. *23.Ulusal Ergonomi Kongresi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 34 (Özel Sayı), 77.

B. Makaleler

B1. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Kokoç, M., Aktepe, A., Ersöz, S., & Türker, A. K. (2016). Improvement of facility layout by using data mining algorithms and an

- application. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 4(Special Issue-1), 92-100.
2. Ersöz, S., Türker, A. K., Aktepe, A., Atabaş, I., & Kokoç, M. (2018). Design of a Tracking Welding Robot Automation System for Manufacturing of Steam and Heating Boilers. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 6(2), 19-24.
 3. Kokoç, M., & Ersöz, S. (2019). Comparison of AHP-TOPSIS and AHP-VIKOR Methods in Product Selection in terms of Inventory Management. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11(1), 163-172.
 4. Cihan, S., Karabulut, B., Kokoç, M., Arslan, G. & Gürel, G. (2019). Analysis of Cryotherapy Treatment of Verruca by Machine Learning. *International Scientific And Vocational Journal*, 3(2), 56-66.
 5. Kokoç, M., Ersöz, S., Aktepe, A. (2020). A Fuzzy Inference System Proposal for Selecting Marketing Strategy, *International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design*, 2(1), 1-21.
 6. Kokoç, M., & Ersöz, S. (2020). T-Shaped Engineer: Horizontal Component Comprising Of Soft Skills. *Industrial Engineering*, 31(2), 180-197.
 7. Kokoç, M., & Ersöz, S. (2020). Personnel Evaluation Under Intuitionistic Fuzzy Environment. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 8(3), 137-146.
 8. Kokoç, M., & Ersöz, S. (2020). Yükseköğretim Kurumlarının Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Ölçek Ve Boyutların Araştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(4), 1290-1302.

9. Kokoç, M., & Kokoç, F. (2021). Tahmin performansını arttırmak için kolektif öğrenme yaklaşımı: Engelli bireylere yönelik deneysel çalışma. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 100-114.
10. Kokoç, M., Ersöz, S. (2021). New Ranking Functions for Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets and Their Application to Multi-Criteria Decision-Making Problem. *The Journal Cybernetics and Information Technologies*, 21(1): 3-18.

Araştırma Alanları : Veri Madenciliği, Bulanık Mantık, Çok Kriterli Karar Verme.