



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



GÖZDE ÇELİK

ÜRETİM PLANLAMA YAZILIMLARININ PİSAGOR BULANIK SAYI TABANLI
AHP VE WASPAS YÖNTEMİ İLE SEÇİMİ

Ekonometri Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2024



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



GÖZDE ÇELİK

ÜRETİM PLANLAMA YAZILIMLARININ PİSAGOR BULANIK SAYI TABANLI
AHP VE WASPAS YÖNTEMİ İLE SEÇİMİ

Danışman

Prof. Dr. FAHRİYE MERDİVENCİ

Ekonometri Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2024

T.C.
Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Gözde Çelik'in bu çalışması, jürimiz tarafından Ekonometri Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Emre İpekçi ÇETİN (İmza)
Üye (Danışman) : Prof. Dr. Fahriye MERDİVENÇİ (İmza)
Üye : Doç. Dr. Mert ÖZGÜNER (İmza)

Tez Başlığı: ÜRETİM PLANLAMA YAZILIMLARININ PİSAGOR BULANIK SAYI
TABANLI AHP VE WASPAS YÖNTEMİ İLE SEÇİMİ

Onay: Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 31/07/2024

Mezuniyet Tarihi : 29/08/2024



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



19/08/2024

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU BEYAN BELGESİ

Öğrenci Bilgileri	
Adı-Soyadı	Gözde ÇELİK
Öğrenci Numarası	202252044801
Anabilim Dalı	Ekonometri
Programı	Yüksek Lisans
Danışman Öğretim Üyesi Bilgileri	
Unvanı, Adı-Soyadı	Prof. Dr. Fahriye MERDİVENCİ
Yüksek Lisans Tez Başlığı	Üretim planlama Yazılımlarının Pisagor Bulanık Sayı Tabanlı AHP ve WASPAS Yöntemi ile Seçimi
Turnitin Bilgileri	
Ödev Numarası	2407756138
Rapor Tarihi	19.08.2024
Benzerlik Oranı	Alıntılar hariç: %14 Alıntılar dahil: %15
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE, Yukarıda bilgileri bulunan öğrenciye ait tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 57 sayfalık kısmına ilişkin olarak Turnitin adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarında belirlenen filtrelemeler uygulanarak yukarıdaki detayları verilen ve ekte sunulan rapor alınmıştır. Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir: (X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylarım. () Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esaslarında öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.	
Gerekçe:	
Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlere uygun olarak tarafımca yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.	
Danışman Öğretim Üyesi Unvanı, Adı-Soyadı İmza	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Üretim Planlama Yazılımlarının Pisagor Bulanık Sayı Tabanlı AHP ve WASPAS Yöntemleri İle Seçimi” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

(İmza)

Öğrenci Adı, SOYADI

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı yapmam için beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesiyle her zaman yanımda olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Fahriye Merdivenci'ye teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca verdiğim tüm kararlar da yanımda olan beni her zaman destekleyen canım annem, babam ve ağabeyime teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında yanımda olan, beni her koşulda destekleyen canım eşim Yasin Çelik ve bir tanecik kızım Tanem Çelik'e sonsuz sevgimi sunarak teşekkür ederim.

Gözde Çelik

2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xv
TEŞEKKÜR.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xv

BİRİNCİ BÖLÜM ÜRETİM PLANLAMA

1.1. Üretim Planlamanın Tanımı	1
1.2. Üretim Planlamanın Amacı Ve Önemi.....	1
1.3. Üretim Planlamanın Yararları	2
1.4. Üretim Planlamanın Dönemleri.....	3
1.4.1. Uzun Dönemli Üretim Planlama	4
1.4.2. Orta Dönemli Üretim Planlama.....	5
1.4.3. Kısa Dönemli Üretim Planlama.....	5
1.5. Üretim Planlama Aşamaları.....	6
1.5.1. Üretim Planının Hazırlanması	8
1.5.2. Üretim Planının Uygulanması	8

İKİNCİ BÖLÜM METODOLOJİ

2.1. Karar Verme Kavramı	10
2.2. Çok Kriterli Karar Verme.....	12
2.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Kavramları.....	12
2.2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	13
2.2.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi	14
2.2.2.2. WASPAS Yöntemi	16
2.3. Bulanık Mantık Ve Bulanık Kümeler.....	17
2.3.1. Pisagor Bulanık Kümeler	20
2.3.2. Durulaştırma	22
2.4. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme	23
2.4.1. Aralık Değerli Pisagor Ahp (Ivpf-Ahp) Yöntemi	23
2.4.2. Aralık Değerli Pisagor Bulanık Waspas (Ivpf-Waspas) Yöntemi.....	26

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME

3.1.	Problemin Tanımlanması.....	28
3.2.	Üretim Planlama Yazılım Seçiminde Kullanılan Kriterler.....	30
3.3.	Ivpf-Ahp Yönteminin Uygulanması.....	31
3.4.	Ivpf-Waspas Yönteminin Uygulanması	38
3.5.	Duyarlılık Analizi	41
SONUÇ.....		43
KAYNAKÇA.....		45
Ö Z G E Ç M İ Ş		49



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Üretim Planlama Aşamaları	7
Şekil 2.1. Üç Seviyeli Hiyerarşi Yapısı	14
Şekil 3.1. λ Sayısı Değiştirilmiş Alternatiflerin Sıralanma Grafiği	42



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Dönemlere Göre Üretim Planlama	4
Tablo 2. 1. Niceliksel ve Niteliksel Karar Verme Yaklaşımları.....	11
Tablo 2. 2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Temel Disiplinleri.....	17
Tablo 2. 3. Bulanık Mantığın Kullanıldığı Ürün, Firma ve Bulanık Mantığın Rolü	18
Tablo 2. 4. Bulanık Küme Uzantıları	19
Tablo 2. 5. IVPF- AHP İçin Kriter Karşılaştırma Ölçeği.....	24
Tablo 2. 6. IVPF-WASPAS için alternatif değerlendirme ölçeği	26
Tablo 3. 1. Seçim Kriterleri İle İlgili Literatür Araştırma Tablosu	29
Tablo 3. 2. Karar Verici 1 İçin AHP Kriter Karşılaştırma Matrisi.....	31
Tablo 3. 3. Karar Verici 2 İçin AHP Kriter Karşılaştırma Matrisi.....	32
Tablo 3. 4. Karar Verici 3 İçin AHP Kriter Karşılaştırma Matrisi.....	32
Tablo 3. 5. Karar Verici 4 İçin AHP Kriter Karşılaştırma Matrisi.....	32
Tablo 3. 6. Karar Verici 1 İçin Kriterlere Ait IVPF Değerleri	33
Tablo 3. 7. Karar Verici 2 İçin Kriterlere Ait IVPF Değerleri	33
Tablo 3. 8. Karar Verici 3 İçin Kriterlere Ait IVPF Değerleri	34
Tablo 3. 9. Karar Verici 4 İçin Kriterlere Ait IVPF Değerleri	34
Tablo 3. 10. Kriterler İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi – R	35
Tablo 3. 11. Kriterler İçin Fark Matrisi – D	36
Tablo 3. 12. Kriterler İçin Aralıklı Çarpım Matrisi – S.....	36
Tablo 3. 13. Kriterler İçin Belirsizlik Değerleri Matrisi – H.....	37
Tablo 3. 14. Kriterler İçin Normalleştirilmemiş Ağırlık Matrisi –T	37
Tablo 3. 15. Normalize Kriter Ağırlıkları – w.....	37
Tablo 3. 16. Karar Verici 1 İçin Alternatiflerin Kriter Açısından Değerlendirilmesi	38
Tablo 3. 17. Karar Verici 2 İçin Alternatiflerin Kriter Açısından Değerlendirilmesi	38
Tablo 3. 18. Karar Verici 3 İçin Alternatiflerin Kriter Açısından Değerlendirilmesi	38
Tablo 3. 19. Karar Verici 4 İçin Alternatiflerin Kriter Açısından Değerlendirilmesi	39
Tablo 3. 20. WASPAS Karar Matrisi.....	39
Tablo 3. 21. Durulaştırılmış WASPAS Karar Matrisi.....	40
Tablo 3. 22. WASPAS Normalize Edilmiş Karar Matrisi.....	40
Tablo 3. 23. Ağırlıklı Toplam Matrisi	40
Tablo 3. 24. Ağırlıklı Çarpım Matrisi.....	41
Tablo 3. 25. Sonuç Matrisi	41
Tablo 3. 26. Durulaştırılmış Sonuç Matrisi	41
Tablo 3. 27. λ Sayısı Değiştirilmiş Alternatiflerin Skorları	42

KISALTMALAR LİSTESİ

AHP : Analitik Hiyerarşi Prosesi

CPFR : Collaborative Planning Forecasting and Replenishment

CRP : Capacity Requirement Planning

ÇKKV : Çok Kriterli Karar Verme

ELECTRE : Elimination Et Choix Traduisant la Realité

IVPFS : Interval Valued Pythagorean Fuzzy Set

IVPFWA : Interval-Valued Pythagorean Weighted Average

IVPFWG : Interval-Valued Pythagorean Weighted Geometric

MPS : Master Production Schedule

MRP : Material Requirement Planning

MOORA : Multi-Objective Optimization On The Basis Of Ratio Analysis

TOPSIS : Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution

VIKOR : Vise Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje

WASPAS : Weighted Aggregated Sum Product Assessment

WSM : Weighted Sum Model

WPM : Weighted Product Model A

ÖZET

İşletmeler kısa, orta ve uzun dönem planlama çalışmalarında üretim planlama yazılım programlarına ihtiyaç duymaktadır. Yapılan araştırmalar üretim planlama yazılımlarının işletmeler için zaman, işgücü, üretim, fazla mesai, stok kontrol gibi alanlarda fazlasıyla yardımcı olduğunu göstermektedir. Bunlar göz önüne alındığında, işletmeler için üretim planlama yazılımlarının seçimi için alternatiflerin değerlendirilmesi kritik bir karar problemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada bir şirket için üretim planlama yazılım seçimi amaçlanmıştır. Birçok kriter içerebilen ve kesin yargılar barındırmayan bulanık bir süreç olduğu göz önüne alınarak; kriter ağırlıklarının hesaplanmasını Pisagor Bulanık AHP, alternatiflerin kriterler açısından değerlendirilmesinde ise Pisagor Bulanık WASPAS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma için uyumluluk, maliyet, erişilebilirlik, yapay zeka, sistem güvenilirliği ve geleceğe yönelik uyum kriterleri belirlenmiş olup, 4 adet farklı üretim planlama yazılım alternatif olarak alınmıştır. Değerlendirme için alanında uzman 4 karar vericiyle çalışılmıştır. Araştırma sonucunda bir şirket için üretim planlama yazılımlarında uyumluluk kriteri en fazla önem derecesine sahip çıkmış olup en uygun alternatifin üretim planlama yazılım programı 2 olan alternatifin seçilmesi uygun bulunmuştur. Araştırma sonuçlarının geçerliliğini test etmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Test edilen verilerden elde edilen sonuçların geçerlilik düzeyinin yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Üretim Planlama Yazılımları, Çok Kriterli Karar Verme, Pisagor Bulanık AHP, Pisagor Bulanık WASPAS

SUMMARY

SELECTION OF PRODUCTION PLANNING SOFTWARE USING PYTHAGORAN FUZZY NUMBER BASED AHP AND WASPAS METHOD

Enterprises require production planning software programs for short, medium, and long-term planning. Research indicates that production planning software greatly assists enterprises in areas such as time management, labor efficiency, production optimization, overtime management, and inventory control. Considering these factors, evaluating production planning software for enterprises emerges as a critical decision-making problem.

This study aims to evaluate a company's production planning software. Recognizing that this process can involve multiple criteria and is inherently fuzzy without definitive judgments, Pythagorean Fuzzy AHP is utilized for calculating criteria weights, while Pythagorean Fuzzy WASPAS methods are employed for evaluating alternatives based on criteria. Compatibility for the work, cost, accessibility, artificial intelligence, system reliability, and future adaptability criteria have been determined, and four different production planning software alternatives have been selected. The evaluation is conducted with input from 4 expert decision-makers. The research results highlight compatibility as the most important criterion for production planning software for a company, leading to the selection of alternative 2 as the most suitable production planning software program. Sensitivity analysis is performed to test the validity of the research results, demonstrating a high level of validity from the analyzed data.

Keywords: Production Planning Software, Multi-Criteria Decision Making, Pythagorean Fuzzy AHP, Pythagorean Fuzzy WASPAS

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM PLANLAMA

1.1. Üretim Planlamanın Tanımı

Üretim planlama, gelecekte gerçekleşecek olan imalat faaliyetlerinin veya imalat miktarlarının düzeylerini ve limitlerini belirleyen fonksiyon olarak tarif edilebilir. Buna göre üretim planlamada detaylara inilmediği ve buna bağlı olarak kesinlik bulunmadığı söylenebilir. Üretim planlamaları üzerinde gerek görüldüğü zaman değişiklikler yapılabilir. Hangi ürünün ne zaman ve hangi üretim biriminde işlem görerek imal edileceği üretim planlamalarında değil, üretim yazılım programlarında belirlenir (Kobu, 1998: 414).

Üretim planlama; müşteri istekleri, şirketin finansman durumu, üretim kapasitesi, insan gücü gibi özellikleri sürekli ele alarak tartan ve bu özellikleri kontrol altında tutan bir düzenek kurarak bu birbiriyle çelişen amaçlar arasında anlaşma sağlar (Öztürk, 2007: 9). Buna göre işletmelerde elde bulunan kaynakların en uygun şekilde kullanılması, oluşabilecek kayıpların minimuma indirilmesi ve dolayısıyla, minimum toplam maliyetle istenen kalite, miktar ve üretimin yapılması hedef alınmaktadır (Kobu, 2006: 433). Bu sebepten dolayı üretim planlama, üretimde çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu önem, üretim planlama yazılım programlarının gelişmesini paralel olarak hızlandırmaktadır.

1.2. Üretim Planlamanın Amacı Ve Önemi

Üretim planlamanın temel amacı, belirli bir ürünün üretimi istenilen miktarda, zamanda ve nitelikte ortaya çıkmasını sağlamaktır. Bunun sağlanabilmesi, gereken üretim unsurlarının yeterli miktarda ve uygun zaman aralığında sağlanabilmesi ile mümkün olabilmektedir. Üretimi düşünülen ürünün kalitesi ve miktarı; hammadde, malzeme, işgücü ve sermaye maliyetleri gibi üretim unsurlarıyla doğrudan ilişkili olmalıdır (Tekin, 1996: 247).

Üretim planlamalarının uygulama ve kullanım açısından diğer iki amacı ise şunlardır (Aslan,1981: 3):

1. Doğru tahmin edilen maliyetler, üretim politikası, işgücü stabilitesi, finansman ve müşteri servisi ihtiyaçlarını karşılamak üzere olan planlama. Buna doğrudan planlama da denilebilmektedir ve bu tür planlamalar imalat işleminin düzenlenmesine kadar, yedek kapasitenin nerede gerekeceği konusunu da kapsar.

2. İşletmenin temel kapasitesini ortaya koymak ve yöneticiye rehber olabilmek için hazırlanan planlar. Yöneticiler çoğu kez nitel faktörlerin tartılabilirliğinde zorluk yaşayabilirler. Seçenekli yöntem varsayımları ışığı altında yapılacak planlamalar, yöneticinin karar vermesinde etkin bir rol oynar.

Üretim planlamasının önemi üretim sistemlerinin gelişmesine paralel olarak hızla artmıştır. Modern bir imalat işletmesinde üretim planlamanın kesinlikle yer almasını gerektirdiğini gösteren nedenler şöyle sıralanabilir (Kobu, 1998:414) :

- Üretim sistemlerinin faaliyet yoğunluğu ve karmaşıklığı,
- İşletme içinde olan faaliyetlerin koordinasyonu zorluğu.
- İşletmeler arasında bağımlılık ve ilişkilerin gelişmesi.
- Tüketici profilinin genişlemesi ve buna bağlı olarak isteklerin değişik olması.
- Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin büyük ve geniş bir alana yayılması.
- Hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin hızla yoğunlaşması.
- İşletmenin ekonomik seviyede çalışmasını sağlamak amacı ile malzeme, makine zamanı ve işgücü kayıplarının en düşük düzeye indirilme zorunluluğu.

1.3. Üretim Planlamanın Yararları

Üretim planlaması işletmenin verimliliği, karlılığı ve rekabet gücü üzerinde olumlu etkiler yapar. Kumar ve Suresh (2006) üretim planlamasının bazı ana yararlarını aşağıdaki gibi özetlemiştir :

- Kaynakların Verimli Kullanımı: Üretim planlaması, işletmenin sahip olduğu kaynakları (işgücü, makine, malzeme vb.) optimize ederek verimliliği artırır. Bu, işletmenin maliyetlerini düşürür ve karlılığını artırır.
- Stok Yönetimi: Doğru üretim planlaması, stok seviyelerini optimize eder. Bu, fazla stok maliyetlerini azaltırken, yetersiz stoklar da müşteri memnuniyetini ve teslimat performansını olumsuz etkileyemez.

- **Teslimat Süreçlerinin İyileştirilmesi:** İyi bir üretim planlaması, müşteri taleplerini karşılamak için doğru zamanda doğru ürünleri sağlayarak müşteri memnuniyetini artırır. Zamanında teslimatlar, müşteri sadakatini artırır ve rekabet avantajı sağlar.
- **Maliyetlerin Azaltılması:** Üretim planlaması, maliyetleri azaltırken kaliteyi artırmaya odaklanır. Atıkları azaltır, verimsiz süreçleri tanımlar ve iyileştirme fırsatları sunar.
- **Kaynakları Dengeleme:** Üretim planlaması, farklı kaynakların (işgücü, makine, malzeme vb.) taleplerini dengeler. Böylece, işletme içindeki kaynakların uygun bir şekilde dağıtılmasını sağlar.
- **Gelecek İhtiyaçları Tahmin Etme:** Üretim planlaması, Pazar trendlerini ve müşteri taleplerini izleyerek gelecek ihtiyaçları tahmin eder. Bu, işletmenin stratejik planlama sürecine katkıda bulunur ve rekabet avantajı sağlar.
- **Risk Yönetimi:** Üretim planlaması, işletmenin karşılaşılabileceği riskleri tanımlar ve bunlara karşı önlemler alır. Bu sayede, beklenmedik durumlarla başa çıkma kabiliyeti artar ve iş sürekliliği sağlanır.

Üretim planlaması, işletmelerin rekabet avantajı elde etmelerine ve devam eden bir büyüme sağlamalarına yardımcı olur. Bu nedenle, işletmeler için çok büyük bir öneme sahiptir ve etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

1.4. Üretim Planlamanın Dönemleri

Üretim planlama konuları arasında; üretim ve stok düzeyinin tespit edilmesi, en az maliyetle üretimdeki işlemlerin sıralanması ve sistemin kurulması, yeni tezgahların alınması, hammaddenin üretimin durmasına engel olmayacak şekilde temin edilmesi, ek binaların devreye girmesi gibi sorunlar çıkabilmektedir. Fakat bunların her biri için gereken süre aynı değildir. Bu yüzden planlama işleminde kullanılan teknikler, çalışmakta olan personelin sayısı, planın ayrıntılı olma seviyesi, kısmen planlama sınırına ya da planın yapıldığı sürenin genişliğine bağlıdır (Gürdoğan,1981:18).

Üretim planlamaları amaçlarına göre birkaç aydan başlar bir yıl yada daha fazla bir zaman dilimini kapsayabilirler. Genellikle planlamalar sürelerine göre gruplandırılmaktadırlar (Gürdoğan, 1981:18).

Üretim planları uzun dönem, orta dönem ve kısa dönem olmak üzere sınıflandırılabilir. Uzun vadeli üretim planlamasında işletme için stratejik konular (stratejiler, ulaşılması gereken hedefler vb.) için planlama yapılırken, orta vadeli üretim planlamada taktiksel konular (yıllık iş planları, stok planları vb.), kısa vadeli planlamada ise işlemsel konularda (aylık iş çizelgeleri, kapasite kontrolü vb.) planlama yapılmaktadır (Büyükkökçü, 2007:16).

Tablo 1.1.'de her bir planlama dönemi ve bu dönemlerde kullanılan veriler ve planların çıktıları özetlenmektedir (Üreten, 1998:3-4).

Tablo 1.1. Dönemlere Göre Üretim Planlama

Planlama Dönemi	Kullanılan Girdiler	Çıktılar
Uzun Dönemli Üretim Planlaması Stratejik Kararlar (5-10 yıl ve üzeri)	-Uzun dönemi kapsayan talep tahminleri -Rekabet koşullarına yönelik beklentiler -Sermaye kısıtlamaları	-Kapasite, tesis yerleştirme gibi tesis tasarım planları -Süreç planlaması ve teknoloji seçimi -Ürün karmasının belirlenmesi -Kaynakların üretim araçlarına, mühendislik ve pazarlama faaliyetlerine dağıtılması
Orta Dönemli Üretim Planlaması Taktiksel Kararlar (Toplam Üretim Planlaması 6-18 ay için)	-Miktar ve zamanlama durumlarına göre satışların tahminleri -Fazla mesai, işe alma, işten çıkarılma politikaları -Stoklara ait politikalar -Kapasite kullanım maliyetleri	-İstihdam planları -Fazla mesai planları -Fason üretim planları -Stok planları -Darboğaz (kritik) kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi -Tedarik zinciri iş birlikleri (CPFR) planlaması
Kısa Dönemli Üretim Planlaması Operasyonel Kararlar (Üretim Programlaması, 1 hafta-birkaç ay)	-Kısa dönemli talep tahminleri -Gerçekleşen siparişler -İşletmede aylık yada yıllık bazda yapılan üretim miktarı	-İşletmede yer alan iş merkezleri için kısa dönemli olan planlar -İşletmede yer alan iş merkezleri için üretim programlarını gerçekleştirecek malzeme ihtiyacının (MRP) karşılanmasını sağlayan planlar ve kısa dönemlik atölye planları -Üretim planı oluşturma (MPS), kapasite kontrolü yapmak -Tedarikçi ve üretim tesisleri kapasite ihtiyaçları belirleme (CRP)

1.4.1. Uzun Dönemli Üretim Planlama

Uzun dönemli üretim planlama süreci, üretimi yapılacak ürün türünün belirlenmesi, üretim yönteminin açıklanması müşteriye yöneltilecek olan hizmet politikasının belirlenmesi, tüketiciye ulaşacak ürünün tüm aşamalarının seçimi, üretim kapasitesinin ve depolama da maksimum seviyenin belirlenmesi, fabrika için kurulan binalarının inşaatı ve

bu binaların geliştirilmesi, fabrika için gereken makine ve teçhizatın satın alınması ve yerleştirilmesi gibi kararları ifade etmektedir (Chase vd , 2007:286).

Uzun dönemli üretim planlaması şirketin stratejik kararlarına öncülük eden bir planlamadır. Ayrıca kısa dönemli üretim planlamasına da yol göstermektedir. Bu planlar genellikle 5-10 yıllık bir dönem için yapılır. Uzun dönemli üretim planlaması stratejik kararlar alındığı için üst düzey yöneticiler tarafından yürütülür (Adam, E. E., & Ebert, R. J.: 1992).

Uzun dönemli planlamanın temelini üretimin genel stratejinin belirlenmesi ve kapasite sınırlarının ortaya konması oluşturmaktadır. Genel stratejinin belirlenmesinde özellikle işletme çevresi teknolojik, ekonomik, stratejik ve rekabet koşulları açısından incelenirken; kapasitenin planlanmasında uzun dönemli talep tahminleri ve işletmenin sermaye yapısı göz önünde bulundurulmalıdır (Büyükkeklik, 2007:19).

1.4.2. Orta Dönemli Üretim Planlama

Orta dönemli üretim planlaması her şirkete göre farklılık gösterse de genellikle 6-18 ay arasını kapsayan bir planlama olarak ifade edilebilir. Uzun dönemli üretim planlaması genel politikayı belirler ve belirlenen genel politika ile de orta dönemli üretim planlaması hazırlanır (Üreten,1998:3-4).

Orta dönemli üretim planlamasında talep tahminleri, başlangıçta elde bulunan stok miktarı ve işgücü sayıları veri olarak kabul edilerek toplam maliyeti en az seviyede tutacak şekilde her ay bu kaynaklardan ne kadar yararlanılacağına, üretim düzeyinin ve işgücü sayısının ne olması gerektiğine karar verilmektedir (Top,2001:101).

1.4.3. Kısa Dönemli Üretim Planlama

Kısa dönemli üretim planlarında üretim programları ile ihtiyaca uygun planlamalar yapılır. Bu planlamada kararlar haftalık, günlük veya birkaç aylık olarak planlanır. Şirketin üretim çizelgeleme, fazla mesai, üretim kontrolü gibi planları kısa dönemli üretim planlamasında yer alır (Mukhopadhyay, S. K.: 2015).

Üretim programlarında makine, teçhizat, işgücü ve alan gibi elde bulunan kaynakların veya kullanılabilir maksimum kapasitenin işlere, siparişlere veya müşterilere tahsis edilmeleri sağlanır. Bu programlarla hangi işin, ne zaman, kim tarafından ve hangi

makinelerle yapılacağı belirlenir. Üretim programları gerçekleştirilirken istenilen hedef, işletmenin amaçlarına uygun bir şekilde, elde bulunan kapasiteyi en etkin ve verimli bir şekilde kullanmaktır. Üretim programlarında verimlilik ise, işgücü, makine ve alan gibi kaynakların maksimum seviyeye ulaşılması ile sağlanmaktadır (Top, 2001:106).

Kısa dönemli üretim planlama işletmelerin başarısında büyük öneme sahiptir. Çünkü orta ve uzun dönemli planlama çalışmaları iş programı, makine atama gibi çalışmaları içermezken, kısa dönemli planlamada üretime başlanmaktadır (Render ve Heizer, 2006:616).

Kısa dönemli üretim planlaması şirketler için görev olarak düşünülse de aslında şirket için stratejik bir öneme sahiptir. Çünkü şirket kısa dönemli planlamalara kadar gelirken uzun ve orta dönemli planlar için sadece planlama boyutundayken kısa dönemli üretim planlamasında artık uygulama boyutuna geçilmektedir. Bu uygulama boyutunda en önemli pay ise üretim programlarına düşmektedir.

1.5. Üretim Planlama Aşamaları

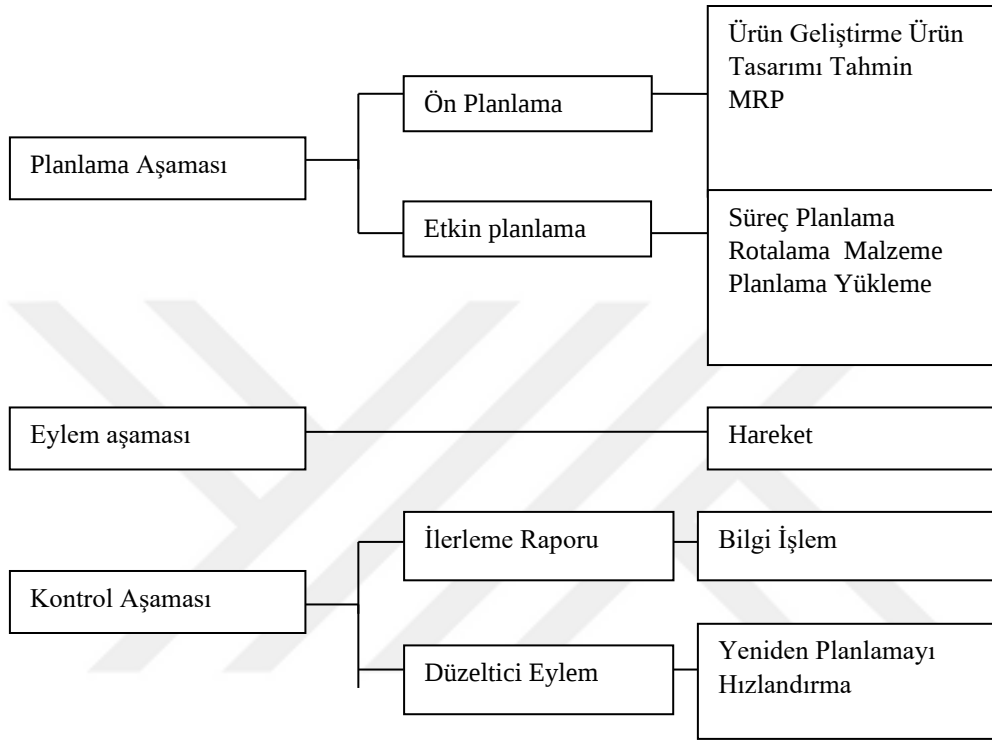
Üretim planlama aşama olarak planlama, eylem, kontrol olmak üzere 3 aşama grubundan oluşmaktadır. Planlama, hedefe ulaşabilmek için yapılan çalışmalar olarak tarif edilebilir (Kumar, Suresh 2008:110).

Planlama kendi arasında ikiye ayrılır. Bunlar literatür de ön planlama ve etkin planlama olarak geçmektedir. Ön planlama, üretim yapılmadan önce yapılan planlamadır. Ürün geliştirme, ürün tasarımı, malzeme ihtiyaç planlaması (MRP), talep tahminleri ön planlamanın alt gruplarını oluşturmaktadır. Süreç planlama, malzeme planlama, rotalama, yükleme gibi alt gruplar ise etkin planlama aşamasında yer almaktadır (Kumar, Suresh, 2008: 110-111) .

Eylem aşaması, harekete geçilen aşamadır. Hareket, planlanan aşamadan eyleme geçilmesini ifade etmektedir. Eylem aşamasında işçiye üretilecek ürünün hangi zaman aralığında ne kadar üretileceğine dair iş emri gelir ve harekete geçilerek üretim başlar (Kumar, Suresh, 2008: 110-111) .

Kontrol aşaması ise 2 alt başlıktan oluşur. Bu alt başlıklar ilerleme raporu ve düzeltici eylem olarak geçmektedir. İlerleme raporunda yapılan işlemle ilgili veriler toplanmaktadır. Düzeltici eylem ise herhangi beklenmedik bir duruma karşı yapılan hazırlıktır. Makine arızalanması, işçinin işe gelememesi vb. durumlarda üretim oluşturulan

plan dahilinde ilerleyemeyeceği için yeniden planlanmaya gidilerek düzeltici eylem aşaması uygun planın seçilmesine yardımcı olur (Kumar, Suresh, 2008:111-112) .



Şekil 1.1. Üretim Planlama Aşamaları

Şekil 1.1 de üretim planlama aşamaları kategorize edilerek gösterilmiştir.

1.5.1. Üretim Planının Hazırlanması

Üretim planı hazırlanırken ilk adım şirketin kısa, orta ve uzun vadeli hedeflerini belirlemek olmalıdır. Bu hedefler üretimin miktarına, kalitesine, teslim edilme zamanına ve maliyet unsurlarına göre odaklanabilir.

İkinci adım olarak işletme, Pazar analizi yapmalıdır. Pazar analizi yaparak müşteri taleplerinin ve pazarda bulunan trend ürünlerin neler olduğu değerlendirilmelidir. Pazar analizi, şirket için gelecekte oluşacak olan talepleri tahmin ederek buna göre üretim planı hazırlamaya yardımcı olacaktır.

Malzeme planlaması ve kaynak planlaması da üretim planı hazırlanmasının önemli bir parçasıdır. Stok yönetimi, malzeme tedariki, tedarikçi ile olan ilişkiler ve üretilecek olan ürünün üretim kapasitesi gibi unsurlar göz önünde tutularak yapılır.

Üretim planı hazırlanmasının en önemli diğer unsuru ise işgücü planlamasının yapılmasıdır. İşgücünün ihtiyaçları belirlenir ve personel planlaması yapılır (Vollmann , Berry, Whybark ve Jacobs, :2004).

Gerçekçi bir üretim planı hazırlanması için aşağıda sıralanan durumlar mutlaka göz önünde bulunmalıdır (Özkan, 2006:9).

- Toplu izinler ve bayram tatili izinleri mutlaka göz önünde tutulmalıdır.
- Hava şartlarında örneğin çok sıcak ve soğuk mevsimlerde izinler ve çalışanın işe gelememe durumunda artış olabileceğinden dolayı üretimde verimliliğin düşmesi üretim planı hazırlanırken mutlaka göz önünde tutulmalıdır.
- Makine, teçhizat bakım onarımına mutlaka zaman ayrılmalıdır.
- Tedarik sürecinde oluşabilecek gecikme herhangi bir iş kazası gibi beklenmeyen durumlar için tolerans tanınmalıdır.
- Üretimi arttıracak ve azaltacak yöntemlerden en uygun olanı hangisi ise o seçilmelidir.

1.5.2. Üretim Planının Uygulanması

Üretim yapmakta olan şirketler genellikle üretim planlarını bir yıllık, altı aylık, üç aylık ve aylık dönemlerde haftalık periyotlar için üretim miktarını belirlerler. Üretim programlarında haftalık üretim miktarı göz önünde tutulduğu için plan yapılırken haftalık olarak ölçülendirilmesi uygun olmaktadır (Kobu, 2006 : 437).

Üretim planının uygulanma sürecini başarıyla geçmesi için aşağıda ki adımları izlemek önemlidir.

1. Planlama ve Hazırlık : Üretim planının başarıyla uygulanması için ilk olarak planın detaylı ve düzgün bir şekilde hazırlanması gerekmektedir. Bu adımda üretim miktarı, zaman çizelgesi işgücü çalışma planlaması gibi konular ele alınır.
2. Kaynakların Sağlanması : Üretim planının uygulanması için makine ve teçhizat, malzeme ve finansal kaynaklar gibi gerekli durumlar sağlanmalıdır. Oluşabilecek herhangi bir aksaklık veya eksiklik üretim sürecini olumsuz etkileyebilir.
3. Süreçlerin Yürütülmesi : Üretim planında belirlenen süreçlerin atlamadan her bir adımı yapılarak uygulanması önemlidir. Her adım planda belirlenen standartlara göre gerçekleştirilmelidir.
4. Kalite Kontrolü : Ürünlerin üretim sürecindeki her aşamasında kalite standartlarına uygunluğunun kontrolü yapılmalıdır.
5. İş Güvenliği ve Kalite Faktörlerinin Dikkate Alınması : Çalışanların güvenliği sağlanmalı çevrede oluşabilecek herhangi olumsuz etkiler minimize edilmelidir.
6. Esneklik ve Adaptasyon : Üretim planında, değişen piyasa koşullarına veya beklenmedik bir durumda oluşabilecek olumsuz durumlara hemen adapte oluna bilmesi için esneklik sağlanması gerekmektedir. Oluşabilecek olumsuz durumlarda alternatif planlar devreye sokulmalıdır.
7. Performansın İzlenmesi ve Değerlendirme : Üretim sürecinin performansı hazırlanıp uygulanan plan üstünden düzenli olarak izlemeli ve değerlendirilmelidir. Bu süreci yakından takip etmek oluşan sorunları bir dahaki üretim planı hazırlama sürecinde iyileştirme fırsatı sunarak yeni üretim planını optimize etmek için önemlidir.

Üretim planının başarılı bir şekilde uygulanması, işletmenin verimliliğini arttırabilir, maliyetleri minimum seviyede tutabilir ve müşterinin memnuniyetine katkı sağlayabilir (Kobu, 2006 : 438).

İKİNCİ BÖLÜM

METODOLOJİ

2.1. Karar Verme Kavramı

Karar verme gerçek hayatta karşılaşılan farklı problemleri çözmek ve belirlenen amaç doğrultusunda, belli kısıtlar içerisinde, oluşabilecek tüm seçenekler içinden bir tanesini veya birden fazlasını seçme işlemidir (Menteş, 2010:9).

Ele aldığımız zaman aslında tüm insanlar karar vericidir. Bilerek veya bilmeyerek yaptığımız her şey bir kararın sonucu olarak ortaya çıkar. Bir olay ya da durum hakkında yeterli bilgiye sahip olmak, o olay veya durum hakkında karar vermeye bize yardımcı olacaktır (Saaty, 2008:83).

Karar verme hayatımızın her alanında karşımıza çıkabilen, üzerinde düşünerek seçim yapmamız gereken bir süreçtir. Bu süreç, belirli bir hedefe ulaşmak, bir sorunu çözmek için bize sunulan alternatifler arasından tercih yapmayı içermektedir.

Karar verme sürecindeki adımlar şu şekilde sıralanabilir (Parnell, Driscoll, ve Henderson, :2011):

- Problemin Tanımlanması : Karar verme süreci bir durumun, bir olayın veya bir sorunun fark edilmesi ile başlar. Karar verilmesi gereken hedef net bir şekilde tanımlanır.
- Amaçların belirlenmesi : Ulaşılması istenen amaçlar net ve açık bir şekilde belirlenmelidir. Bu amaçlar, neden önemli olduğunu ve neyi başarmak gerektiğini belirtmektedir.
- Alternatiflerin incelenmesi : Bu süreçte genellikle birden fazla alternatif çözüm veya birden fazla seçenek bulunur. Bu alternatifler, belirlenen amaçlara ulaşmak için izlenen yol veya stratejiler olabilir.
- Fayda ve dezavantajların değerlendirilmesi : Her alternatifin hem avantajı hem de dezavantajı dikkat edilerek incelenmelidir. Bize sunulan seçeneklerden hangisinin istediğimiz amaca hizmet edeceği veya hangi seçeneğin bize olumsuz durumlar yaratabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

- Kısıtların ve risklerin göz önünde bulundurulması : Seçeneklerin uygulanabilirliği, elde bulunan mevcut kısıtlar (zaman, maliyet gibi) ve oluşabilecek riskler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

- Kararın alınması ve uygulanması : Yapılan tüm aşamalar sonucunda en uygun alternatif seçilerek karar verme süreci tamamlanır. Seçilen yol veya strateji uygulanmaya başlar. Kararın uygulanmasıyla beraber sonuçlar mutlaka takip edilip gözlemlenir.

Karar verme süreci, bazen çok hızlı, bazen basit bazen de çok karmaşık ve zaman alıcı olabilmektedir. Bu sürecin doğru sonuçlanabilmesi için gereken adımlar iyi izlenirse istenilen hedef için doğru kararlar alınabilir.

Karar verme sezgisel ve analitik karar verme olarak iki şekilde tanımlanabilir. Sezgisel kararlar karar vericinin tamamen duygularıyla oluşan kararlar olarak geçer. Fakat bu tür karar verme yöntemi önemli bir karar alma durumunda zayıf kalabilmektedir. Karar verici kararına mantıksal dayanaklar sunamayacağı için, kararın başkaları tarafından kabul edilmesi zor olmaktadır. Analitik karar ise bireysel duyguların girdiği karar verme yerine matematiksel ve karar paylaşımıyla olan bir karar verme yöntemidir. Analitik kararda, karar kriterleri belirgindir ve sürekli olarak kullanılabilir (Saaty, 2000). Özetleyecek olursak sezgisel kararlar niteliksel, analitik karar ise niceliksel olarak tanımlayabilir. Tablo 2.1’de basit bir şekilde niteliksel ve niceliksel kararlar özetlenmiştir (Örs, 2013:7)

Tablo 2. 1. Niceliksel ve Niteliksel Karar Verme Yaklaşımları

Niceliksel Karar Verme Yaklaşımı	Niteliksel Karar Verme Yaklaşımı
• Genellikle matematik, endüstri mühendisliği, istatistik gibi alanlarda uygulanır. • Çok fazla karar alternatifi ve kriterin bulunması durumunda bunların içinden en uygun seçimin nasıl yapılacağı ile ilgilenir. • Uygun seçim için modeller ve yöntemler geliştirir. • Karar ortamını inceler ve karar çevresinde bulunan belirsizliklerin seviyesini temel alır. • İnsan duygularının etkisini minimum düzeye indirir.	• Sosyoloji, psikoloji, sosyal psikoloji gibi alanlarda uygulanır. • İnsan odaklıdır. • Karar vericinin zihinsel ve psikolojik yönleriyle duygularıyla ilgilenir. • Süreçlere etki eden unsurları ve bunların etkilerini inceler.

2.2. Çok Kriterli Karar Verme

Bu bölümde çok kriterli karar verme tanımı ve kavramları açıklanacak olup çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan AHP ve WASPAS yöntemine değinilecektir.

Çok kriterli karar vermenin temeli Joseph Priestly'nin çözemediği ve tavsiyesini istediği karar problemi için arkadaşı Benjamin Franklin'e 1772 yılında yazdığı bir mektuba dayanmaktadır (Yoon ve Hwang, 1995:4)

Çok kriterli karar verme genellikle birbiriyle çelişen çok fazla kriterin bulunduğu karar vermeyi ifade etmektedir (Hwang ve Yoon, 1981:1) .

Son yıllarda karar mekanizması tek kişinin veya şirket sahibinin tek başına karar vermesi yerine çok kişinin katıldığı ve çok kriterin bulunduğu çok kriterli karar aşamasına doğru bir değişim yaşamıştır (Triantaphyllou, 2000: xxii).

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), bir karar verme sürecinde birden fazla kriter veya hedefin dikkate alındığı ve bu kriterlerin birlikte değerlendirilerek en uygun alternatifin seçilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, karar vericiye karmaşık problemleri analiz etme ve çözüme imkanı sunmaktadır.

Çok kriterli karar verme de kriterler genellikle kararın niteliğine ve önemine göre belirlenir. Örneğin; bir yatırım kararı için maliyet, risk, getiri gibi kriterler belirlenebilir. Her bir kriterin karar üzerindeki etkisi veya önemi belirlendikten sonra bu kriterlere ağırlıklar veya önem dereceleri atanır. Ağırlıklar ise karar vericinin tercihinine göre belirlenir.

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), stratejik planlama, proje seçimi, tedarikçi değerlendirmesi gibi alanlarda çok fazla kullanılmaktadır.

2.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Kavramları

Çok kriterli karar verme geniş bir problem skalasına sahip olsa da bu problemlerin çoğunda ortak özellikler mevcuttur (Hwang ve Yoon, 1981:2). Buna göre çok kriterli karar vermenin kavramlarını ele alacak olursak aşağıdaki gibi açıklayabiliriz.

- **Karar Verici :** Bir birey ya da grup olarak, var olan alternatifleri sıralamak için kullanılabilecek değer yargılarını yönlendiren ve alternatifler adına en iyi seçimi yapacak kişi veya kişilerdir (Chankong ve Haimes, 1983: 7-8) . Bir karar verme sürecinde

aktif rol oynayan ve sonuçları etkileyen kişidir. Belirlenen kriterlere ve hedeflere dayanarak alternatif seçenekleri değerlendirir ve en uygun seçeneği belirler.

- **Kriterler** : Her problemin kendine ait olan kriterleri vardır. Yani karar verici alternatifler için problemi çözmek adına kendine ait uygun kriterler belirler (Yoon ve Hwang, 1995:2-3). Kriterler, karar verme sürecinde değerlendirilmek istenen ölçütleri veya hedefleri temsil eder. Bu kriterler karar vericinin belirlediği amaçlara yönelik seçilir.

- **Kriter Ağırlığı** : Karar verme sürecinde belirlenen kriterlerin önem derecelerini ifade eden bir kavramdır. Kriter ağırlığı, karar vericinin belirlediği öncelikli değerlere göre sayısal değerlerle ifade edilir. Genellikle subjektif olarak belirlenir yani karar vericinin değerlendirmesine dayanır. Fakat bazı durumlarda analitik yöntemler (AHP gibi) kullanılarak objektif ağırlık atamaları yapılabilir.

- **Alternatifler** : Değerlendirilen çeşitli seçenek veya çözüm önerilerini temsil eder. Genellikle belirlenen kriterlere göre performansların değerlendirildiği ve karşılaştırıldığı çözüm seçenekleridir. En iyi alternatif değer fonksiyonunu maksimize eden alternatif olmalıdır (Henig ve Buchanan, 1996:5).

- **Karar Matrisi** : Alternatiflerin belirlenen kriterlere göre değerlendirildiği ve karşılaştırıldığı matris veya tablodur. Satırlar alternatifleri, sütunlar kriterleri göstermektedir. Eşitlik 1’de karar matrisi verilmiştir (Lai ve Hwang, 1994:401).

$$D = \begin{matrix} & C_1 & \dots & \dots & C_n \\ A_1 & a_{11} & \dots & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ A_m & a_{m1} & \dots & \dots & a_{mn} \end{matrix} \quad m : \text{alternatif sayısı}, n : \text{kriter sayısı} \quad (1)$$

Yukarıda (D) karar matrisini, (A) alternatifleri, sütunda (C) ise kriterleri temsil etmektedir. a_{ij} ise, i. Alternatifin j. Kriter adına aldığı değeri göstermektedir.

2.2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Karar verme sürecinde birden fazla kriter altında değerlendirilen alternatifler arasından en uygun seçimi yapmayı sağlayan sayısal yaklaşımlardır.

Karar problemini çözerken herhangi bir karar yöntemini kullanmanın üç adımı vardır. Bu adımlar alternatifleri değerlendirmek ve en iyi seçimi yapabilmek adına sayısal analizleri oluşturmanın adımlarıdır. Bu adımlar:

- Kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi

- Kriterler için önem değerinin belirlenmesi
- Her alternatif için yapılan sayısal işlemler sonucu çıkan değerlere göre sıralama yapılması

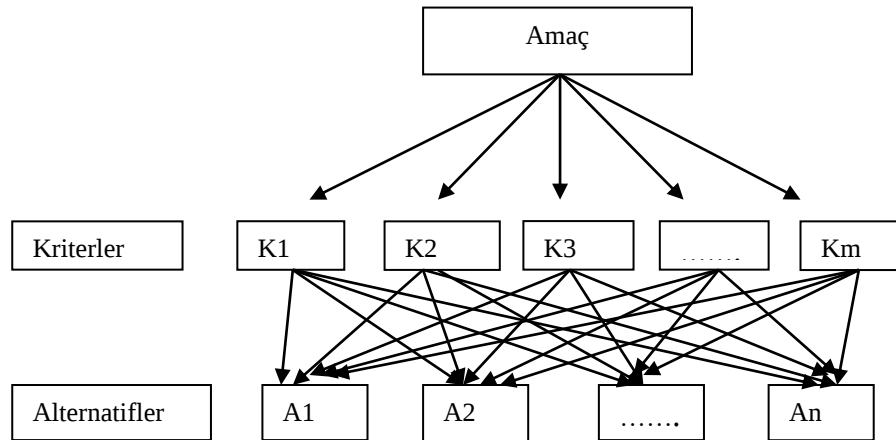
şeklinde söylenebilir (Triantaphyllou, 2000:5-6).

AHP, ELECTRE, TOPSIS, WASPAS gibi yöntemler çok kriterli karar verme yöntemlerine örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada AHP ve WASPAS yönteminden faydalanılacağı için ilgili yöntemlere aşağıda değinilmiştir.

2.2.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi, 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Karmaşık çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan AHP için önce ana kriterler belirlenir, daha sonra her ana kriter kendi içinde alt kriterlerden oluşun gruplara ayrılır. Bu gruplar kendi içinde değerlendirildikten sonra elde edilen verilerle birleştirilerek sonuca ulaşmaya çalışılır (Cebi ve İlbar, 2021:27-46) .

Bu yöntemi uygulamak için öncelikle probleme ait hiyerarşik yapı oluşturulmalıdır. Hiyerarşik yapı Şekil 2.1.'de gösterildiği amaç, kriterler ve alternatifler olmak üzere üç seviyeden oluşmaktadır (Saaty ve Vargas, 2001:).



Şekil 2.1. Üç Seviyeli Hiyerarşi Yapısı

Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra kriterlerin karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu karşılaştırmayı yapmak için 1 ile 9 arasında tek rakamdan oluşan önem ölçeğinden yararlanılır. Bu ölçeklerin dilsel ifadelerinin karşılığını kullanabilmemiz için Saaty ve Vargas (2001) aşağıdaki şekilde vermiştir :

- 1- Karşılaştırılan iki kriter eşit önemde
 - 3- Karşılaştırılan kriterlerden biri diğer kritere göre daha az derecede daha önemli
 - 5- Karşılaştırılan kriterlerden biri diğer kritere göre kuvvetli derecede daha önemli
 - 7- Karşılaştırılan kriterlerden biri diğer kritere göre çok kuvvetli derecede daha önemli
 - 9- Karşılaştırılan kriterlerden biri diğer kritere göre aşırı derecede daha önemli
- 2, 4, 6, 8 ara değerler olarak geçmektedir.

AHP de önem ölçeği aracılığı ile elde edilen veriler kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

$$K = \begin{bmatrix} k_{11} = 1 & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} = \frac{1}{k_{12}} & k_{22} = 1 & \dots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{n1} = \frac{1}{k_{1n}} & k_{n2} = \frac{1}{k_{2n}} & \dots & k_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Yukarıda Eşitlik 2’de n adet kriteri (K) olan karşılaştırma matrisi gösterilmiştir.

Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra kriterlerin göreceli ağırlıkları hesaplanıp, normalize edilerek karar matrisi oluşturulur. Bunun için matrisin her elemanı bulunduğu sütunun toplamına bölünür. Eşitlik 3’de C matrisi olarak normalize edilmiş matris gösterilmiştir. Daha sonra Eşitlik 4’de, normalize edilmiş karar matrisi C ‘nin satır ortalamaları alınarak kriterlerin öncelik ağırlık vektörü W elde edilmiştir. Böylelikle her kriterin önem ağırlıkları bulunmuş olmaktadır (Atan ve Şenal, 2020).

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} = \frac{k_{11}}{\sum_{i=1}^n k_{i1}} & c_{12} = \frac{k_{12}}{\sum_{i=1}^n k_{i2}} & \dots & c_{1n} = \frac{k_{1n}}{\sum_{i=1}^n k_{in}} \\ c_{21} = \frac{k_{21}}{\sum_{i=1}^n k_{i1}} & c_{22} = \frac{k_{22}}{\sum_{i=1}^n k_{i2}} & \dots & c_{2n} = \frac{k_{2n}}{\sum_{i=1}^n k_{in}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} = \frac{k_{n1}}{\sum_{i=1}^n k_{i1}} & c_{n2} = \frac{k_{n2}}{\sum_{i=1}^n k_{i2}} & \dots & c_{nn} = \frac{k_{nn}}{\sum_{i=1}^n k_{in}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$W = \begin{pmatrix} w_1 = \frac{\sum_{j=1}^n c_{1j}}{n} \\ w_2 = \frac{\sum_{j=1}^n c_{2j}}{n} \\ \vdots \\ w_n = \frac{\sum_{j=1}^n c_{nj}}{n} \end{pmatrix} \quad (4)$$

2.2.2.2. WASPAS Yöntemi

WASPAS yöntemi (Weighted Aggregated Sum Product Assessment – Bütünleşik Ağırlıklı Toplam ve Çarpım Yöntemi) Zavadskas, Turskis ve Antucheviciene tarafından 2012 yılında alternatiflerin sıralanması için geliştirilmiştir bir yöntemdir. WSM (Weighted Sum Model – Ağırlıklı Toplam Modeli) ve WPM (Weighted Product Model – Ağırlıklı Çarpım Modeli)' nin birleştirilmesi ile oluşmuş bir yöntemdir (Atan ve Şenol, 2021)

WSM çok kriterli karar verme yöntemi olup alternatifleri kriterler açısından değerlendirilmede kullanılmaktadır. Eşitlik 5’de gösterilen ağırlıklı toplam formülü ile hesaplama yapılmaktadır (Zavadskas, Turskis ve Antucheviciene, 2012).

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} w_j \quad (5)$$

$Q_i^{(1)}$ = WSM’ye göre alternatif i’nin toplam göreceli önemi

n = karar kriteri

$\bar{x}_{ij}$ = alternatifin ilgili kritere göre performans değeri

w_j = kriterin ağırlığı

Eğer kriterler fayda tabanlı ise kriter maksimize edilmelidir. Maliyet tabanlı ise kriterler bu sefer minimize edilmelidir (Atan ve Şenol, 2020 :). Bunun için Eşitlik 6 ve Eşitlik 7 kullanılır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (6)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (7)$$

WPM de çok kriterli karar verme yöntemi olup, alternatiflerin göreceli önemini belirlemede ağırlıklı çarpım ile hesaplama yapılmaktadır (Zavadskas, E.K vd., 2012) Aşağıda Eşitlik 8’de gösterilmektedir.

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

Q_i^2 = WPM'ye göre alternatif i 'nin göreceli önemi

n = karar kriteri

$\bar{x}_{ij}$ = alternatifin ilgili kritere göre performans değeri

w_j = kriterin ağırlığı

WASPAS yöntemi ise WSM ve WPM yöntemlerinin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Eşitlik 9'da gösterilen formülle hesaplama yapılmaktadır.

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

$(0 < \lambda < 1)$

λ sayısı bu eşitlikte 0 ve 1 arasında değer almaktadır. $\lambda=0$ olduğu zaman WASPAS yöntemi WPM yöntemine, $\lambda=1$ olduğunda ise WSM yöntemine dönüşmektedir (Zavadskas, 2012).

2.3. Bulanık Mantık Ve Bulanık Kümeler

Bulanık mantık kavramı Aristoteles'in klasik mantık yaklaşımının yetersiz kaldığı, açıklamakta zorluk yaşanan durumları açıklamak ve çözüm bulabilmek için yeni bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Kesin sınırlar yerine belirsizlik ve kademeli geçişlerle çalışan bir modellemedir. Bu modelleme 'doğru' veya 'yanlış' gibi kesin değerler yerine, 'kesinlikle doğru değil' den 'kesinlikle doğru' ya kadar olan belirsizlik aralıkları değerlendirmektedir. Böylelikle gerçek hayattaki karmaşık, çözilemeyen belirsiz durumları modellemeyi sağlar.

Yaşlı, genç, uzun, kısa, zayıf, kilolu, güneşli, yağmurlu, bulutlu, az, biraz, çok az, çok fazla gibi terimler bulanık mantığın belirsiz aralıklarına örnek olarak gösterilebilmektedir (Altaş, 1999: 80).

Bulanık mantık 1960'lı yıllarda Zadeh tarafından öne sürülmüştür. Zadeh'e göre bulanık mantık yaklaşımı aşağıdaki gibi gösterilebilir :

Tablo 2. 2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Temel Disiplinleri

Yaklaşık Düşünme	0 ile 1 arasında değerler
Dilsel İfadeler	Dilsel ifadeler arası kurallar
Mantıksal Sistemler	Matematiksel modeli çok zor olan işlemler

Bulanık mantık, yaklaşım disiplini göz önünde bulundurarak, bulunulabilecek her zor durum içinde net bir sonuca varmamıza yardımcı olan, sözel ifadeleri matematiksel işlemlerle durulaştıran, bütün mantık sisteminin içinde bulunan bir yaklaşımdır (Zadeh, 1965: 339-343) .

Bulanık mantığın günlük hayat içerisinde kullanıldığı yerlere örnek verecek olursak; yapay zeka, kontrol sistemleri, veri madenciliği, optimizasyon gibi alanlarda kullanılmıştır.

Tablo 2. 3. Bulanık Mantığın Kullanıldığı Ürün, Firma ve Bulanık Mantığın Rolü

Ürün	Firma	Bulanık Mantığın Rolü
Klima	Hitachi, Mitsbishi, Sharp, Matsushita	Belirlenen derece doğrultusunda dengeyi sağlayarak, az güç harcanması
Fotokopi Makinesi	Canon	Voltaji, çekilen resmin yoğunluğuna sıcaklığına ve neme göre ayarlamayı sağlaması
Buzdolabı	Sharp	Yiyeceklerin soğutma zamanının ayarlayarak bozulmayı engellemesi
Araba Motoru	Nissan	Oksijen, Sıcaklık, Motor basıncına göre yakıt enjeksiyonunu ayarlamayı sağlaması
Otomatik Sürüş	Honda, Nissan, Subaru	Motor hacmi, sürüş stili ve yol durumuna göre vites ayarlarını otomatik seçmeyi sağlaması
Sağlık Yönetimi Sistemi	Omron	500'den fazla bulanık mantık komutu ile çalışanların sağlık ve kondisyon seviyesini ayarlamayı sağlaması

Tablo 2.3.'de ürün, firma ve bulanık mantıkta rolü olarak birkaç örnek verilmiş olup aslında bulanık mantığın hayatımızın her alanında kullanıldığı görülmektedir.

Bulanık mantığı anlayabilmemiz için bulanık kümeleri anlamamız gerekmektedir. Bulanık küme teorisi bulanık mantık kavramı gibi 1965 yılında Zadeh tarafından ortaya koyulmuş bir teoridir. Bulanık küme teorisine göre küme elemanları, kümeye ait olma dereceleri ile ifade edilmektedir. Üye olma derecesi üyelik fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Her küme elemanın üyelik derecesi 0 ve 1 arasında değer almaktadır (Peng ve Selvachandran, 2019).

Küme elemanı kümeye tam üye ise 1, tam üye değilse ise 0 değerini alır. Fakat üyelik durumu hakkında belirsizlik durumu varsa 0 ve 1 arasında değişen üyelik derecesi tanımlanır (Altaş, 1999: 84).

$\mu_A(x) = [0,1]$ Şeklinde sürekli değerlere sahiptir.

Klasik küme ile bulanık kümeler için örnek verecek olursak;

Örneğin; 40 yaşındaki bir birey yaşlı mıdır ? diye soru sorduğumuzda klasik mantığa göre iki cevap verilebilir;

- Evet, yaşlıdır.
- Hayır, yaşlı değildir.

Bulanık mantığa göre cevap ise şu şekilde verilebilir;

- 40 yaşındaki birey %100 yaşlıdır.
- 40 yaşındaki birey %80 yaşlı %20 yaşlı değildir.
- 40 yaşındaki birey %50 yaşlı %50 yaşlı değildir.
- 40 yaşındaki birey %20 yaşlı %80 yaşlı değildir.
- 40 yaşındaki bir birey %0 yaşlı değildir.

Zadeh tarafından ortaya atılan klasik bulanık mantık teorisi zamanla geliştirilerek başka araştırmacılar tarafından farklı bulanık küme uzantıları ortaya çıkarmıştır. Bu bulanık küme uzantıları Tablo 2.5.'de kısa bir özet şeklinde gösterilmektedir (Kabak ve Erdebili, 2021; Kahraman, Öztaysi ve Onar, 2016)

Tablo 2. 4. Bulanık Küme Uzantıları

TARİH	ARAŞTIRMACI	BULANIK KÜME TİPİ
1965	Zadeh, L.A.	Klasik Bulanık Kümeler
1975	Zadeh, L.A.	Tip-2 Bulanık Kümeler
1975	Zadeh L.A.; Sambuc,R; Jahn, K.U.	Aralık Değerli Bulanık Kümeler
1986	Atanassov, K.T.	Sezgisel Bulanık Kümeler
1986	Yager, R.R.	Bulanık Çoklu Kümeler
1998	Smarandache, F.A.	Nötrosofik Kümeler
2007	Garibaldi, J.M., Ozen, T.	Durağan Olmayan Bulanık Kümeler
2010	Torra V.	Tereddütlü Bulanık Kümeler
2013	Yager, R.R.	Pisagor Bulanık Kümeler
2014	Cuong, B.C.	Resimli Bulanık Kümeler
2017	Yager R.R.	Q Seviyeli Ortoper Bulanık Kümeler
2019	Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C.	Küresel Bulanık Kümeler
2020	Senapati, T., Yager, R.R.	Fermataen Bulanık Kümeler

Bu uygulamada ele alınacak olan Pisagor Bulanık Kümeler uzantısı detaylı bir şekilde aşağıda anlatılacaktır.

2.3.1. Pisagor Bulanık Kümeler

Sezgisel bulanık küme yöntemi Atanassov tarafından geliştirilmiş bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Sezgisel bulanık küme teorisinde üye olma derecesinin bulunması dışında, üye olmama derecesi de bulunmaktadır. Her iki derecenin bulunması halinde bulanık değerler daha kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Bu teoriye göre μ üye olma derecesi iken ν üye olmama derecesini göstermekte olup ; $0 \leq \mu + \nu \leq 1$ eşitliğini sağlaması gerekmektedir. Yager ise sezgisel bulanık küme yönteminin bir uzantısı olan Pisagor Bulanık Küme teorisini ortaya çıkarmıştır. Bu teoriye göre ; $0 \leq \mu^2 + \nu^2 \leq 1$ eşitliğin şartı bu şekilde sağlanmalıdır (Peng ve Yang, 2016).

Peng ve Yang, üye olma ve üye olmama derecelerini üst ve alt sınır aralıklarında tanımlamaktadır. Aralık değerli Pisagor Bulanık Kümeler (IVPFS – Interval Valued Pythagorean Fuzzy Set) olarak adlandırılan bu kümelerin tanımları ve eşitlikleri aşağıda verilmiştir (Ilbahar, Cebi ve Kahraman, 2020 ; Peng ve Yang, 2016).

Tanım 1 : $\tilde{p}$, X evreninde bulunan aralık değerli bir pisagor bulanık küme (IVPFS) ve $x \in X$ olsun. X elementinin üye olma derecesi μ ve üye olmama derecesi ν , L ve U ise

bu derecelerin alt ve üst sınırlarını ifade ediyorsa, $\tilde{p}$ kümesi Eşitlik 10'da belirtilen şekilde tanımlanır.

$$\tilde{p} = \{ \langle x, [\mu \tilde{p} L(x), \mu \tilde{p} U(x)], [\nu \tilde{p} L(x), \nu \tilde{p} U(x)] \rangle; x \in X \} \quad (10)$$

Tanım 2 : $\tilde{p} = ([\mu L, \mu U], [\nu L, \nu U])$, $\tilde{p}_1 = ([\mu_1 L, \mu_1 U], [\nu_1 L, \nu_1 U])$ ve $\tilde{p}_2 = ([\mu_2 L, \mu_2 U], [\nu_2 L, \nu_2 U])$ şeklinde üç adet IVPFS olsun. $\Lambda > 0$ olmak üzere pisagor bulanık sayılar ile yapılacak matematiksel işlemler Eşitlik 11, 12, 13, 14, 15, 16 da belirtilen formüller ile tanımlanır.

$$\begin{aligned} & \tilde{p}_1 \oplus \tilde{p}_2 \\ &= \left(\left[\sqrt{(\mu_1^L)^2 + (\mu_2^L)^2 - (\mu_1^L)^2 (\mu_2^L)^2}, \sqrt{(\mu_1^U)^2 + (\mu_2^U)^2 - (\mu_1^U)^2 (\mu_2^U)^2} \right], [\nu_1^L \nu_2^L, \nu_1^U \nu_2^U] \right) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & \tilde{p}_1 \otimes \tilde{p}_2 \\ &= \left([\mu_1^L \mu_2^L, \mu_1^U \mu_2^U], \left[\sqrt{(v_1^L)^2 + (v_2^L)^2 - (v_1^L)^2 (v_2^L)^2}, \sqrt{(v_1^U)^2 + (v_2^U)^2 - (v_1^U)^2 (v_2^U)^2} \right] \right) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\lambda \tilde{p} = \left(\left[\sqrt{1 - (1 - (\mu^L)^2)^\lambda}, \sqrt{1 - (1 - (\mu^U)^2)^\lambda} \right], [(v^L)^\lambda, (v^U)^\lambda] \right) \quad (13)$$

$$\tilde{p}^\lambda = \left([(\mu^L)^\lambda, (\mu^U)^\lambda], \left[\sqrt{1 - (1 - (v^L)^2)^\lambda}, \sqrt{1 - (1 - (v^U)^2)^\lambda} \right] \right) \quad (14)$$

$$\tilde{p}_1 \oplus \tilde{p}_2 \oplus \tilde{p}_3 = \tilde{p}_1 \oplus \tilde{p}_3 \oplus \tilde{p}_2 \quad (15)$$

$$\tilde{p}_1 \otimes \tilde{p}_2 \otimes \tilde{p}_3 = \tilde{p}_1 \otimes \tilde{p}_3 \otimes \tilde{p}_2 \quad (16)$$

Tanım 3 : $\tilde{p}_i = ([\mu_i^L, \mu_i^U], [\nu_i^L, \nu_i^U])$ ($i = 1, 2, \dots, n$) şeklinde n adet IVPFS olsun, w_i her kümenin vektör ağırlığı, ve $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ olmak üzere, aralık değerli Pisagor bulanık

kümelerin aritmetik ortalaması olan IVPFA (Interval-Valued Pythagorean Weighted Average) ve geometrik ortalaması olan IVPFWG (Interval-Valued Pythagorean Weighted Geometric) kümeleri Eşitlik 17 ve 18 de verilmiştir.

$$IVPFWA(\tilde{p}_1, \tilde{p}_2 \dots \dots, \tilde{p}_n) = ([\sum_{i=1}^n w_i \mu_i^L, \sum_{i=1}^n w_i \mu_i^U], [\sum_{i=1}^n w_i v_i^L, \sum_{i=1}^n w_i v_i^U]) \quad (17)$$

$$IVPFWG(\tilde{p}_1, \tilde{p}_2 \dots \dots, \tilde{p}_n) = ([\prod_{i=1}^n (\mu_i^L)^{w_i}, \prod_{i=1}^n (\mu_i^U)^{w_i}], [\prod_{i=1}^n (v_i^L)^{w_i}, \prod_{i=1}^n (v_i^U)^{w_i}]) \quad (18)$$

2.3.2. Durulaştırma

Bulanık sayılarla yapılan tüm matematiksel işlemlerin çıktıları yine bulanık sayıları ifade etmektedir. Bu sebepten dolayı bu bulanık sayıları netleştirmek gerekmektedir. Bu netleştirmenin amacı ise en iyi bulanık olmayan değeri bulmaktır (Fouladgar, vd. 2012: 90).

Durulaştırma adımı, bulanık sayı çıktılarını somut sayısal bir değere çevirmek için kullanılır. Durulaştırma için kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır (Ross, T. J. : 2005) ;

Ortalama (Mean) Metodu : Bulanık çıktının üyelik fonksiyonunun ağırlıklı ortalaması alınarak çıktı değeri belirlenir. Bu metot bulanık çıktının genel eğilimini yansıtır.

Ağırlıklı Ortalama (Weighted Mean) Metodu : Her bulanık çıktı değerinin ağırlığına göre ağırlıklı ortalama hesaplanır. Bu metot, bulanık çıktının farklı derecelerdeki belirginliğini dikkate almaktadır.

Merkeze Göre Ağırlıklı Ortalama (Centroid or Weighted Average) Metodu : Bulanık çıktının altındaki alanın merkezi hesaplanarak çıktı değeri belirlenmektedir. Bu metot bulanık çıktının ağırlıklı ortalamasını sağlamaktadır.

En Büyük Üyelik Derecesi (Maximum Membership Degree) Metodu : Bulanık çıktının en yüksek derecesine sahip olan değer durulaştırma sonucu olarak seçilir. Bu metot bulanık çıktının en kesin değerini vermektedir.

Bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağına, uygulamanın ihtiyaçlarına ve bulanık çıktının doğasına göre karar verilmektedir.

2.4. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar verme alternatifler arasından en uygun seçeneği bulma yöntemidir. Bu yöntemde karar vericilerin alternatifleri kriterlere göre, kriterleri ise birbirine göre değerlendirmeleri ve derecelendirilmeleri istenmektedir. Fakat gerçek hayatta kararlar belirsiz olduğundan, karar vericilerin kesin yargılar yerine “önemli”, “önemsiz”, “çok önemli” gibi bulanık kelimeler kullanılmaktadır. Burada bu bulanık kelimeleri değerlendirebilmek için bulanık sayılar devreye girmektedir (Dalalah, Hayajneh ve Batieha, 2011).

Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, karar verme sürecindeki belirsizlik ve karmaşıklığı ele alarak daha esnek ve gerçekçi sonuçlar elde etmeyi amaçlamaktadır.

Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine bir çok çalışma yapılmış olup yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada kriterlerin değerlendirilmesin Bulanık Pisagor AHP ve alternatiflerin sıralamasında Bulanık Pisagor WASPAS yöntemi kullanılmış olup, aşağıda detaylı bir şekilde yöntem hakkında açıklama yapılmıştır.

2.4.1. Aralık Değerli Pisagor Ahp (Ivpf-Ahp) Yöntemi

Aralık değerli pisagor AHP yöntemi, aralık değerli pisagor bulanık sayıların AHP yöntemi uyarlanması ile geliştirilmiş bir yöntemdir. Matematiksel işlemlere başlamadan önce genellikle birden fazla karar vericinin yaptıkları değerlendirmeler tek bir matris haline getirilmektedir (Ilbahar ve Kahraman, 2018).

Uygulama adımları aşağıda anlatılmıştır (Ilbahar, Karasan, Cebi ve Kahraman 2018; Karasan, Ilbahar ve Kahraman, 2019).

Adım 1 : Uzman görüşleri dilsel ifadelerle alınıp değerlendirme sonuçları Tablo 2.5.'e göre pisagor bulanık sayılara dönüştürülür.

Tablo 2. 5. IVPF- AHP İçin Kriter Karşılaştırma Ölçeği

Dilsel İfadeler		IVPF Sayıları			
		μ^L	μ^U	v^L	v^U
CCZ	Çok çok önemsiz	0	0	0.9	1
CZ	Çok önemsiz	0.1	0.2	0.8	0.9
NZ	Nispeten önemsiz	0.2	0.35	0.65	0.8
BZ	Biraz önemsiz	0.35	0.45	0.55	0.65
E	Eşit önemde	0.45	0.55	0.45	0.55
B	Biraz önemli	0.55	0.65	0.35	0.45
O	Oldukça önemli	0.65	0.8	0.2	0.35
C	Çok önemli	0.8	0.9	0.1	0.2
CC	Çok çok önemli	0.9	1	0	0
EE	Kesinlikle eşit	0.1965	0.1965	0.1965	0.1965

Adım 2 : Her uzmana ait pisagor bulanık sayılardan oluşan matrislerin geometrik ortalamaları (IVPFWG) alınarak $R = (r_{jt})_{mxn}$ birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Adım 3 : Üye olma ve üye olmama fonksiyonlarının alt ve üst sınırları arasındaki fark matrisi $D = (d_{ij})_{mxn}$ Eşitlik 19 ve 20 de gösterilmektedir.

$$d_{ij}^L = (\mu_{ij}^L)^2 - (v_{ij}^U)^2 \quad (19)$$

$$d_{ij}^U = (\mu_{ij}^U)^2 - (v_{ij}^L)^2 \quad (20)$$

Adım 4 : Aralıklı Çarpım matrisi $S = (s_{ij})_{mxm}$ Eşitlik 21 ve 22 de gösterilmektedir.

$$s_{ij}^L = \sqrt{1000 d_{ij}^L} \quad (21)$$

$$s_{ij}^U = \sqrt{1000 d_{ij}^U} \quad (22)$$

Adım 5 : Eşitlik 23 kullanılarak r_{jt} ' nin belirsizlik değeri $H = (h_{ij})_{mxm}$ bulunur.

$$h_{ij} = 1 - \left((\mu_{ij}^U)^2 - (\mu_{ij}^L)^2 \right) - \left((v_{ij}^U)^2 - (v_{ij}^L)^2 \right) \quad (23)$$

Adım 6 : Normalleştirilmemiş ağırlık matrisi $T = (\tau_{ij})_{mxm}$ yi bulmak için belirsizlik değerleri ile $S = (s_{ij})_{mxm}$ matrisi çarpılır. Bunun için Eşitlik 24 kullanılır.

$$\tau_{ij} = \left(\frac{s_{ij}^L + s_{ij}^U}{2} \right) h_{ij} \quad (24)$$

Adım 7 : Kriterlerin normalize edilmiş ağırlıkları olan w_i değerlerini bulmak için Eşitlik 25 kullanılır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m w_{ij}} \quad (25)$$

Normalde klasik AHP yönteminde yapılan karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını test etmek için Tutarlılık Oranı hesaplanır. Fakat Bulanık AHP' de genel kabul görmüş bir yöntem bulunmadığı için IVPS-AHP metodu için tutarlılık testi yapılmamıştır.

2.4.2. Aralık Değerli Pisagor Bulanık Waspas (Ivpf-Waspas) Yöntemi

Aralık değerli bulanık WASPAS yöntemi, aralık değerli pisagor bulanık sayıların klasik WASPAS yöntemine uyarlanması sonucu ortaya çıkmıştır (İlbahar ve Kahraman, 2018).

Yöntemin adımları aşağıda verilmiştir.

Adım 1 : Uzman görüşleri dilsel ifadelerle alınıp, değerlendirme sonuçları Tablo 2.6.' ya göre pisagor bulanık sayılara dönüştürülür (Peng ve Yang.2016)

Tablo 2. 6. IVPF-WASPAS için alternatif değerlendirme ölçeği

Dilsel İfadeler		IVPF SAYILAR			
		μ^L	μ^U	ν^L	ν^U
CCI	Çok çok iyi	0.8	0.9	0.1	0.2
CI	Çok iyi	0.7	0.8	0.2	0.3
I	İyi	0.6	0.7	0.3	0.4
O	Orta	0.5	0.6	0.3	0.5
K	Kötü	0.3	0.4	0.6	0.7
CK	Çok kötü	0.2	0.3	0.7	0.8
CCK	Çok çok kötü	0.1	0.2	0.8	0.9

Adım 2 : Karar vericilere ait pisagor bulanık sayılardan oluşan matrislerin aritmetik ortalamaları (IVPFWA) Eşitlik 17 kullanılarak alınır. Daha sonra $\tilde{x}_{ij}$ karar matrisi oluşturulur.

Adım 3 : WASPAS denklemlerinden Eşitlik 6 kullanılarak $\tilde{x}_{ij}$ karar matrisinin normalize karar matrisine çevrilmesi gerekmektedir. Bu denklemde ki $\max_i \tilde{x}_{ij}$ değerini

bulabilmek için $\tilde{x}_{ij}$ karar matrisine durulaştırılma işlemi yapılması gerekir. Durulaştırma işlemi için Eşitlik 26 kullanılır.

$$p = \frac{\mu^L + \mu^u + \sqrt{1-(v^L)^2} + \sqrt{1-(v^U)^2} + \mu^L + \mu^u - \sqrt{1-(v^L)^2} \sqrt{1-(v^U)^2}}{4} \quad (26)$$

Durulaştırma yapıldıktan sonra $\frac{1}{\max_i \tilde{x}_{ij}}$ değeri hesaplanır ve Eşitlik 11 kullanılarak $\tilde{x}_{ij}$ matrisi ile çarpılır. Böylelikle $\tilde{x}_{ij}$ normalize karar matrisi oluşur.

Adım 4 : Ağırlık Toplam Matrisi için $\tilde{Q}_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij} w_j$ denklemi oluşturulur. Buradaki işlemler Eşitlik 11, 13 ve 15 kullanılarak yapılır. (w_j = Pisagor Bulanık AHP'den elde edilen kriter ağırlıkları)

Adım 5 : Ağırlık Çarpım Matrisi $\tilde{Q}_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\tilde{x}_{ij})^{w_j}$ denklemi hesaplanarak oluşturulur. Buradaki işlemler Eşitlik 12, 14 ve 16 kullanılarak oluşturulur.

Adım 6 : Sonuç Matrisi Eşitlik 9 kullanılarak oluşturulur. Burada bulunan işlemler Eşitlik 11 ve 13 kullanılarak oluşturulur. ($\lambda=0.5$ alınır)

Adım 7 : Pisagor bulanık sayıların olduğu $\tilde{Q}_i$ matrisine Eşitlik 26 yardımıyla durulaştırma işlemi yapılır. İçlerinde en yüksek skora sahip olan alternatif, en uygun alternatif olarak belirlenir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME

3.1. Problemin Tanımlanması

Bu çalışma üretim yazılım programlarının sunulan kriterler açısından pisagor bulanık sayı tabanlı WASPAS yöntemi ile değerlendirilmesi için yapılmıştır. Uygulama adımları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur;

1. Problemin tanımlaması
2. Alternatifler ve kriterlerin oluşturulması
3. Kriterleri karşılaştırarak değerlendirecek karar vericin belirlenmesi
4. Karar verici tarafından kriterlerin dilsel ifadelerle karşılaştırılması
5. IVPF-AHP yöntemi ile kriter ağırlıklarının hesaplanması
6. Alternatifleri değerlendirecek karar vericinin belirlenmesi
7. Karar verici tarafından alternatiflerin kriter açısından değerlendirilmesi
8. IVPF-WASPAS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması
9. Sonuçların değerlendirilmesi

Literatür araştırması ve farklı sektörlerdeki (kağıt fabrikası, tekstil fabrikası, demir çelik fabrikası, kimya fabrikası) üretim planlama departmanında çalışan 4 farklı uzmandan alınan bilgiler sonrası 4 adet alternatif ve 6 adet kriter belirlenmiş olup, hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur.

IVPF-WASPAS yöntemi ile ilgili yapılan literatür araştırmasında bazı önemli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

Zeshui Xu 2015 yılında ‘WASPAS yönteminin pisagor bulanık kümeleri kullanarak genişletilmesi’ adlı bir çalışma ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada WASPAS yöntemine, Pisagor Bulanık sayılar eklenerek, belirsiz ve karmaşık karar verme problemlerinde daha etkili ve kesin çözümler bulunması hedeflenmiştir. Sonuç olarak çok kriterli karar verme süreçlerinde daha güçlü ve esnek araçlar sunarak, belirsizlik ve karmaşıklıkla daha etkili bir şekilde başa çıkılmasını sağlamaktadır.

Muhammad Akram tarafından 2020 yılında yapılan çalışmada Pisagor Bulanık WASPAS yöntemi özellikle çok kriterli karar verme problemlere odaklanmakta olup pisagor bulanık setlerin, karar verme sürecinde belirsizlik ve esnekliği yönetmede nasıl kullanılabileceğini araştırmıştır. Çalışmada teorik modelin yanı sıra, pratik uygulama örnekleri de sunulmuştur. Çalışmanın sonucunda Pisagor Bulanık WASPAS yönteminin çok kriterli karar verme problemlerinde etkili olduğunu bize göstermektedir. Ayrıca bu yöntem farklı alanlardaki karar verme süreçlerine nasıl entegre edilebileceği konusunda önerilerde bulunmuştur.

Üretim planlama yazılımlarının seçim kriterleri hakkında yapılan literatür araştırmasının önemli çalışmaları ile ilgili tablo aşağıda verilmiştir.

Tablo 3. 1. Seçim Kriterleri İle İlgili Literatür Araştırma Tablosu

Yazar	Yılı	Kriterler	Sonuçlar
Smith ve Arkadaşları	2022	Fonksiyonellik, Kullanım Kolaylığı, Entegrasyon Kabiliyeti, Ölçeklenebilirlik, Maliyet, Destek ve Eğitim, Güvenlik, Raporlama ve Analiz, Güncelleme ve Bakım, Referanslar ve İncelemeler, Esneklik ve Özelleştirme	Geniş işlevselliğin, özellikle talep tahmini ve üretim planlaması gibi modüllerin mevcut olması gerektiğini; kullanıcı dostu arayüzlerin ve basit kullanımın kullanıcı verimliliğini artırdığını belirtir. Ayrıca, diğer sistemlerle entegrasyonun verimliliği artırdığını, ölçeklenebilirliğin büyüyen şirketler için kritik olduğunu, maliyetlerin açıkça anlaşılması gerektiğini ve yeterli teknik destek ve eğitimin önemini vurgularlar. Veri güvenliği, etkili raporlama ve analiz araçları, düzenli güncellemeler ve bakım, kullanıcı geri bildirimleri ve özelleştirme seçeneklerinin de önemli olduğu belirtilmiştir.
Johnson ve Lee	2023	Kullanım Kolaylığı, Entegrasyon Kabiliyeti, Destek ve Eğitim, Güvenlik, Esneklik ve Özelleştirme	Kullanıcı dostu arayüzlerin kullanıcı verimliliğini artırdığı ve eğitim ihtiyaçlarını azalttığını; entegrasyonun veri senkronizasyonunu kolaylaştırdığını ve verimliliği artırdığını belirtirler. Teknik destek ve kullanıcı eğitiminin önemine vurgu yapar, ayrıca yazılımın güvenlik standartlarına uyum sağlamanın ve özelleştirme seçeneklerinin iş süreçlerine uyum sağlama açısından kritik olduğunu belirtirler.
Miller ve Davis	2021	Entegrasyon Kabiliyeti, Ölçeklenebilirlik, Güvenlik, Raporlama ve Analiz	Entegrasyonun diğer kurumsal sistemlerle (ERP, CRM vb.) veri senkronizasyonunu kolaylaştırdığı ve verimliliği artırdığı; ölçeklenebilirliğin şirketlerin büyüme süreçlerine uyum sağlamak açısından önemli olduğu belirtilir. Ayrıca, yazılımın veri güvenliğinin ve etkili raporlama ile analiz araçlarının iş süreçlerini iyileştirdiği vurgulanmıştır.

Williams ve Green	2023	Maliyet, Kullanım Kolaylığı, Entegrasyon Kabiliyeti, Raporlama ve Analiz, Referanslar ve İncelemeler	Yazılımın satın alma, kurulum ve bakım maliyetlerinin açıkça anlaşılması gerektiği; kullanıcı dostu arayüzlerin ve basit kullanımın kullanıcı verimliliğini artırdığı; entegrasyon yeteneğinin verimliliği artırdığı belirtilir. Ayrıca, etkili raporlama ve analiz araçlarının karar alma süreçlerini desteklediği ve kullanıcı geri bildirimlerinin yazılımın güvenilirliği hakkında önemli bilgiler sağladığı vurgulanmıştır.
Clark ve Adams	2021	Güvenlik, Entegrasyon Kabiliyeti, Fonksiyonellik, Raporlama ve Analiz, Güncelleme ve Bakım	Veri güvenliğinin ve güvenlik standartlarına uyumun yazılım seçiminde kritik olduğu; entegrasyonun veri tutarlılığını sağladığı ve verimliliği artırdığı belirtilir. Ayrıca, geniş işlevselliğin ve etkili raporlama ile analiz araçlarının iş süreçlerini iyileştirdiği, düzenli güncellemeler ve bakım süreçlerinin yazılımın performansını sürdürülebilir kıldığı vurgulanmıştır.

Tablo 3.1.'de verilen üretim planlama yazılımlarının seçim kriterleri bu çalışma için örnek olmuştur. Çalışmada yukarıda bulunan kriterlerden farklı olarak Yapay Zeka kriteri ve Geleceğe Uyum kriteri belirlenmiştir. Tablo 8'de bulunan araştırmacıların yaptıkları seçim kriterlerin de genel olarak güvenlik, maliyet ve güncelleme bakım kriterleri seçilmiş bulunmaktadır.

3.2. Üretim Planlama Yazılım Seçiminde Kullanılan Kriterler

Literatürden elden edilen uzman karar vericilerden elde edilen kriterlerle ilgili açıklamalara aşağıda yer verilmiştir.

Uyumluluk Kriteri (U)

Planlama yazılım programının önceki sistemlere veya işletme içindeki süreçlere göre uygun olup olmadığına, şirket içindeki her personelin rahat ve uyumlu olup olmadığına bakılan kriter olarak belirlenmiştir.

Maliyet Kriteri (M)

İşletmenin üretim planlamaları yapabilmesi için yazılım programını uygulamaya koyması, şirket bünyesine getirmesi gerekmektedir. Bunun için genellikle daha düşük maliyet dikkate alınır ve en önemli kriterlerden biridir.

Erişilebilirlik Kriteri (E)

Yazılım programlarında oluşabilecek herhangi bir problemde yetkili olan kişilere ulaşım kolaylığı istenilen an erişilebilmesi şirket için önemli bir kriterdir.

Yapay Zeka Kriteri (YZ)

Günümüzde önemi hızla artan yapay zeka üretim planlama yazılım programları için de çok büyük önem içermektedir. Şirketler yazılım programı seçerken yapay zeka desteği olup olmadığını tercih sebebi olarak sunmaktadır.

Sistem Güvenilirliği Kriteri (SG)

Sistem güvenilirliği, yazılımın sürekli, doğru ve tutarlı bir şekilde çalışmasını ifade etmektedir. Üretim süreçlerinin planlanmasında kritik bir öneme sahiptir. Kesintisiz ve tutarlı olabilmesi sistem güvenilirliğini arttırmaktadır.

Geleceğe Yönelik Uyum Kriteri (GYU)

Yazılımın düzenli olarak güncellemeler ve teknolojik yenilikler sunması karar verici için önemli bir kriterdir. Pazarda trendlere uyum sağlayabilmesi geleceğe yönelik uyum kriterinin önemi arttırmaktadır.

3.3. İvpf-Ahp Yönteminin Uygulanması

Karar vericilerden kriterleri Tablo 6’da verilen dilsel ifadeler kullanılarak ikili karşılaştırma yapması istenmiştir. Karar vericilerin cevapladığı yanıtlardan oluşan karşılaştırma matrisleri Tablo 3.2., Tablo 3.3., Tablo 3.4. ve Tablo 3.5.’ de verilmiştir.

Tablo 3. 2. Karar Verici 1 İçin AHP Kriter Karşılaştırma Matrisi

		U	M	E	YZ	SG	GYU
Uyumluluk	U	EE	C	NZ	CC	BZ	NZ
Maliyet	M	CZ	EE	E	E	C	BZ
Erişilebilirlik	E	O	E	EE	C	B	O
Yapay Zeka	YZ	CCZ	E	CZ	EE	O	C
Sistem Güvenilirliği	SG	B	CZ	BZ	NZ	EE	C
Geleceğe Yönelik Uyum	GYU	O	B	NZ	CZ	CZ	EE

Tablo 3. 3. Karar Verici 2 İçin AHP Kriter Karşılaştırma Matrisi

		1	2	3	4	5	6
Uyumluluk	1	EE	C	O	CC	NZ	CZ
Maliyet	2	CZ	EE	E	E	CC	O
Erişilebilirlik	3	NZ	E	EE	C	B	O
Yapay Zeka	4	CCZ	E	CZ	EE	B	BZ
Sistem Güvenilirliği	5	O	CCZ	BZ	BZ	EE	CC
Geleceğe Yönelik Uyum	6	C	NZ	NZ	B	CCZ	EE

Tablo 3. 4. Karar Verici 3 İçin AHP Kriter Karşılaştırma Matrisi

		1	2	3	4	5	6
Uyumluluk	1	EE	C	B	O	C	BZ
Maliyet	2	CZ	EE	E	E	CC	O
Erişilebilirlik	3	BZ	E	EE	C	E	E
Yapay Zeka	4	NZ	E	CZ	EE	B	NZ
Sistem Güvenilirliği	5	CZ	CCZ	E	BZ	EE	B
Geleceğe Yönelik Uyum	6	B	NZ	E	O	BZ	EE

Tablo 3. 5. Karar Verici 4 İçin AHP Kriter Karşılaştırma Matrisi

		1	2	3	4	5	6
Uyumluluk	1	EE	C	O	CC	C	O
Maliyet	2	CZ	EE	E	E	CC	O
Erişilebilirlik	3	NZ	E	EE	C	B	NZ
Yapay Zeka	4	CCZ	E	CZ	EE	B	BZ
Sistem Güvenilirliği	5	CZ	CCZ	BZ	BZ	EE	C
Geleceğe Yönelik Uyum	6	NZ	NZ	O	B	CZ	EE

Karar vericilerin dilsel ifadeleri kullanarak cevapladıkları değerlendirmelere IVPF-AHP adımları uygulanmıştır.

Adım 1 : Her karar vericiden toplanan dilsel ifadeler Tablo 6 yardımıyla IVPF sayılarına dönüştürülmüştür. Yapılan dilsel ifade değerlendirilmelerin aralık değerli pisagor bulanık sayılara dönüştürülmüş hali Tablo 3.6., Tablo 3.7., Tablo 3.8. ve Tablo 3.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 3. 6. Karar Verici 1 İçin Kriterlere Ait IVPF Değerleri

Uyumluluk	Maliyet	Erişilebilirlik	Yapay Zeka	Sistem Güvenirliği	Geleceğe Yönelik Uyum
0,1965	0,8	0,2	0,9	0,35	0,2
0,1965	0,9	0,35	1	0,45	0,35
0,1965	0,1	0,65	0	0,55	0,65
0,1965	0,2	0,8	0	0,65	0,8
0,1	0,1965	0,45	0,45	0,8	0,35
0,2	0,1965	0,55	0,55	0,9	0,45
0,8	0,1965	0,45	0,45	0,1	0,55
0,9	0,1965	0,55	0,55	0,2	0,65
0,65	0,45	0,1965	0,8	0,55	0,65
0,8	0,55	0,1965	0,9	0,65	0,8
0,2	0,45	0,1965	0,1	0,35	0,2
0,35	0,55	0,1965	0,2	0,45	0,35
0	0,45	0,1	0,1965	0,65	0,8
0	0,55	0,2	0,1965	0,8	0,9
0,9	0,45	0,8	0,1965	0,2	0,1
1	0,55	0,9	0,1965	0,35	0,2
0,55	0,1	0,35	0,2	0,1965	0,8
0,65	0,2	0,45	0,35	0,1965	0,9
0,35	0,8	0,55	0,65	0,1965	0,1
0,45	0,9	0,65	0,8	0,1965	0,2
0,65	0,55	0,2	0,1	0,1	0,1965
0,8	0,65	0,35	0,2	0,2	0,1965
0,2	0,35	0,65	0,8	0,8	0,1965
0,35	0,45	0,8	0,9	0,9	0,1965

Tablo 3. 7. Karar Verici 2 İçin Kriterlere Ait IVPF Değerleri

Uyumluluk	Maliyet	Erişilebilirlik	Yapay Zeka	Sistem Güvenirliği	Geleceğe Yönelik Uyum
0,1965	0,8	0,65	0,9	0,2	0,1
0,1965	0,9	0,8	1	0,35	0,2
0,1965	0,1	0,2	0	0,65	0,8
0,1965	0,2	0,35	0	0,8	0,9
0,1	0,1965	0,45	0,45	0,9	0,65
0,2	0,1965	0,55	0,55	1	0,8
0,8	0,1965	0,45	0,45	0	0,2

0,9	0,1965	0,55	0,55	0	0,35
0,2	0,45	0,1965	0,8	0,55	0,65
0,35	0,55	0,1965	0,9	0,65	0,8
0,65	0,45	0,1965	0,1	0,35	0,2
0,8	0,55	0,1965	0,2	0,45	0,35
0	0,45	0,1	0,1965	0,55	0,35
0	0,55	0,2	0,1965	0,65	0,45
0,9	0,45	0,8	0,1965	0,35	0,55
1	0,55	0,9	0,1965	0,45	0,65
0,65	0	0,35	0,35	0,1965	0,9
0,8	0	0,45	0,45	0,1965	1
0,2	0,9	0,55	0,55	0,1965	0
0,35	1	0,65	0,65	0,1965	0
0,8	0,2	0,2	0,55	0	0,1965
0,9	0,35	0,35	0,65	0	0,1965
0,1	0,65	0,65	0,35	0,9	0,1965
0,2	0,8	0,8	0,45	1	0,1965

Tablo 3. 8. Karar Verici 3 İçin Kriterlere Ait IVPF Değerleri

Uyumluluk	Maliyet	Erişilebilirlik	Yapay Zeka	Sistem Güvenirliği	Geleceğe Yönelik Uyum
0,1965	0,8	0,55	0,65	0,8	0,35
0,1965	0,9	0,65	0,8	0,9	0,45
0,1965	0,1	0,35	0,2	0,1	0,55
0,1965	0,2	0,45	0,35	0,2	0,65
0,1	0,1965	0,45	0,45	0,9	0,65
0,2	0,1965	0,55	0,55	1	0,8
0,8	0,1965	0,45	0,45	0	0,2
0,9	0,1965	0,55	0,55	0	0,35
0,35	0,45	0,1965	0,8	0,45	0,45
0,45	0,55	0,1965	0,9	0,55	0,55
0,55	0,45	0,1965	0,1	0,45	0,45
0,65	0,55	0,1965	0,2	0,55	0,55
0,2	0,45	0,1	0,1965	0,55	0,2
0,35	0,55	0,2	0,1965	0,65	0,35
0,65	0,45	0,8	0,1965	0,35	0,65
0,8	0,55	0,9	0,1965	0,45	0,8
0,1	0	0,45	0,35	0,1965	0,55
0,2	0	0,55	0,45	0,1965	0,65
0,8	0,9	0,45	0,55	0,1965	0,35
0,9	1	0,55	0,65	0,1965	0,45
0,55	0,2	0,45	0,65	0,35	0,1965
0,65	0,35	0,55	0,8	0,45	0,1965
0,35	0,65	0,45	0,2	0,55	0,1965
0,45	0,8	0,55	0,35	0,65	0,1965

Tablo 3. 9. Karar Verici 4 İçin Kriterlere Ait IVPF Değerleri

Uyumluluk	Maliyet	Erişilebilirlik	Yapay Zeka	Sistem Güvenirliği	Geleceğe Yönelik Uyum
0,1965	0,8	0,65	0,9	0,8	0,65
0,1965	0,9	0,8	1	0,9	0,8
0,1965	0,1	0,2	0	0,1	0,2
0,1965	0,2	0,35	0	0,2	0,35
0,1	0,1965	0,45	0,45	0,9	0,65
0,2	0,1965	0,55	0,55	1	0,8
0,8	0,1965	0,45	0,45	0	0,2
0,9	0,1965	0,55	0,55	0	0,35
0,2	0,45	0,1965	0,8	0,55	0,2
0,35	0,55	0,1965	0,9	0,65	0,35
0,65	0,45	0,1965	0,1	0,35	0,65
0,8	0,55	0,1965	0,2	0,45	0,8
0	0,45	0,1	0,1965	0,55	0,35
0	0,55	0,2	0,1965	0,65	0,45
0,9	0,45	0,8	0,1965	0,35	0,55
1	0,55	0,9	0,1965	0,45	0,65
0,1	0	0,35	0,35	0,1965	0,8
0,2	0	0,45	0,45	0,1965	0,9
0,8	0,9	0,55	0,55	0,1965	0,1
0,9	1	0,65	0,65	0,1965	0,2
0,2	0,2	0,65	0,55	0,1	0,1965
0,35	0,35	0,8	0,65	0,2	0,1965
0,65	0,65	0,2	0,35	0,8	0,1965
0,8	0,8	0,35	0,45	0,9	0,1965

Adım 2 : Tüm karar vericilerin değerlendirilmeleri birleştirilerek kriterlere ait $R = (r_{jt})_{m \times n}$ birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 3. 10. Kriterler İçin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi – R

	Uyumluluk				Maliyet				Erişilebilirlik			
	μL	μU	νL	νU	μL	μU	νL	νU	μL	μU	νL	νU
U	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965	0,8000	0,9000	0,1000	0,2000	0,4643	0,6177	0,3089	0,4583
M	0,1000	0,2000	0,8000	0,9000	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965	0,4500	0,5500	0,4500	0,5500
E	0,3089	0,4583	0,4643	0,6177	0,4500	0,5500	0,4500	0,5500	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965
YZ	0,0000	0,0000	0,8297	0,9457	0,4500	0,5500	0,4500	0,5500	0,1000	0,2000	0,8000	0,9000
SG	0,2445	0,3798	0,4601	0,5976	0,0000	0,0000	0,8739	0,9740	0,3727	0,4732	0,5231	0,6234
GYU	0,4890	0,6362	0,2597	0,3984	0,2576	0,4086	0,5568	0,6928	0,3289	0,4818	0,4416	0,5925

	Yapay Zeka				Sistem Güvenirliği				Geleceğe Yönelik Uyum			
	μL	μU	νL	νU	μL	μU	νL	νU	μL	μU	νL	νU
U	0,8297	0,9457	0,0000	0,0000	0,4601	0,5976	0,2445	0,3798	0,2597	0,3984	0,4890	0,6362
M	0,4500	0,5500	0,4500	0,5500	0,8739	0,9740	0,0000	0,0000	0,5568	0,6928	0,2576	0,4086
E	0,8000	0,9000	0,1000	0,2000	0,5231	0,6234	0,3727	0,4732	0,4416	0,5925	0,3289	0,4818

YZ	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965	0,5735	0,6846	0,3043	0,4226	0,3742	0,5026	0,3745	0,5099
SG	0,3043	0,4226	0,5735	0,6846	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965	0,7502	0,8518	0,0000	0,0000
GYU	0,3745	0,5099	0,3742	0,5026	0,0000	0,0000	0,7502	0,8518	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965

Adım 3 : Kriterlere ait $D = (d_{ij})_{m \times m}$ fark matrisi Tablo 3.11.'de hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 3. 11. Kriterler İçin Fark Matrisi – D

	d^L	d^U	d^L	d^U	d^L	d^U	d^L	d^U	d^L	d^U	d^L	d^U
U	0,000	0,000	0,600	0,800	0,006	0,286	0,688	0,894	0,06744	0,297	-0,34	-0,08
M	-0,800	-0,600	0,000	0,000	-0,100	0,100	-0,100	0,100	0,76368	0,949	0,143	0,414
E	-0,286	-0,006	-0,100	0,100	0,000	0,000	0,600	0,800	0,04975	0,25	-0,04	0,243
YZ	-0,894	-0,688	-0,100	0,100	-0,800	-0,600	0,000	0,000	0,15026	0,376	-0,12	0,112
SG	-0,297	-0,067	-0,949	-0,764	-0,250	-0,050	-0,376	-0,150	0	0	0,563	0,726
GYU	0,080	0,337	-0,414	-0,143	-0,243	0,037	-0,112	0,120	-0,7256	-0,563	0	0

Adım 4 : Kriterlere ait $S = (s_{ij})_{m \times m}$ aralıklı çarpım matrisi Tablo 3.12.'de hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 3. 12. Kriterler İçin Aralıklı Çarpım Matrisi – S

	s^L	s^U	s^L	s^U	s^L	s^U	s^L	s^U	s^L	s^U	s^L	s^U
U	1,000	1,000	7,943	15,849	1,019	2,687	10,778	21,960	1,262	2,793	0,312	0,757
M	0,063	0,126	1,000	1,000	0,708	1,413	0,708	1,413	13,980	26,487	1,639	4,174
E	0,372	0,981	0,708	1,413	1,000	1,000	7,943	15,849	1,187	2,369	0,880	2,313
YZ	0,046	0,093	0,708	1,413	0,063	0,126	1,000	1,000	1,680	3,666	0,661	1,474
SG	0,358	0,792	0,038	0,072	0,422	0,842	0,273	0,595	1,000	1,000	6,987	12,258
GYU	1,320	3,206	0,240	0,610	0,432	1,137	0,678	1,514	0,082	0,143	1,000	1,000

Adım 5 : Kriterlere ait $H = (h_{ij})_{m \times m}$ belirsizlik değerleri matrisi Tablo 3.13.'de hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 3. 13. Kriterler İçin Belirsizlik Değerleri Matrisi – H

	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>
U	1,000	0,800	0,719	0,794	0,770	0,743
M	0,800	1,000	0,800	0,800	0,815	0,729
E	0,719	0,800	1,000	0,800	0,800	0,720
YZ	0,794	0,800	0,800	1,000	0,774	0,768
SG	0,770	0,815	0,800	0,774	1,000	0,837
GYU	0,743	0,729	0,720	0,768	0,837	1,000

Adım 6 : Kriterlere ait $T = (t_{ij})_{m \times m}$ normalleştirilmemiş ağırlık matrisleri Tablo 3.14.'de hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 3. 14. Kriterler İçin Normalleştirilmemiş Ağırlık Matrisi –T

	τ	τ	τ	τ	τ	τ
U	1,000	9,517	1,333	12,996	1,561	0,397
M	0,076	1,000	0,848	0,848	16,490	2,120
E	0,487	0,848	1,000	9,517	1,423	1,149
YZ	0,055	0,848	0,076	1,000	2,069	0,819
SG	0,443	0,045	0,506	0,336	1,000	8,056
GYU	1,682	0,310	0,565	0,841	0,094	1,000

Adım 7 : Kriterlerin w_i değerleri Tablo 3.15.'de hesaplanmıştır.

Tablo 3. 15. Normalize Kriter Ağırlıkları – w

W	
U	0,325
M	0,260
E	0,175
YZ	0,059
SG	0,126
GYU	0,055

Bu sonuçlara göre Uyumluluk kriteri %33 önem derecesiyle en önemli kriter seçilmiştir. Önem sıralamasına göre ikinci sırada %26 ile Maliyet, üçüncü sırada %18 ile Erişilebilirlik kriteri, dördüncü sırada Sistem Güvenirliği kriteri %13, beşinci sırada Yapay Zeka kriteri %0,6 ve son sırada %0,5 ile Geleceğe Yönelik Uyum kriteri yer almaktadır.

3.4. İvpf-Waspas Yönteminin Uygulanması

Üretim planlama yazılım programları hakkında uzman olan 4 karar vericiye Tablo 7’de bulunan dilsel ifadeleri kullanarak alternatifleri değerlendirme yapmaları istenmiştir. Karar vericilerin yaptığı değerlendirme matrisleri Tablo 3.16., Tablo 3.17., Tablo 3.18. ve Tablo 3.19.’da gösterilmiştir.

Tablo 3. 16. Karar Verici 1 İçin Alternatiflerin Kriter Açısından Değerlendirilmesi

	1	2	3	4
U	O	I	O	K
M	O	CI	K	I
E	K	I	CI	K
YZ	O	CK	K	O
SG	CI	CCK	I	CCI
GYU	CK	K	CI	I

Tablo 3. 17. Karar Verici 2 İçin Alternatiflerin Kriter Açısından Değerlendirilmesi

	1	2	3	4
U	O	CK	I	CI
M	O	CI	CCI	O
E	CCI	CI	CCI	O
YZ	CCK	CK	O	CI
SG	K	O	CI	I
GYU	CK	I	I	O

Tablo 3. 18. Karar Verici 3 İçin Alternatiflerin Kriter Açısından Değerlendirilmesi

	1	2	3	4
--	---	---	---	---

U	CI	I	O	K
M	CK	K	I	CI
E	CK	CI	CCK	K
YZ	O	I	K	CK
SG	CCK	O	O	I
GYU	O	I	CK	K

Tablo 3. 19. Karar Verici 4 İçin Alternatiflerin Kriter Açısından Değerlendirilmesi

	1	2	3	4
U	K	I	O	I
M	O	O	CK	O
E	I	K	CCK	K
YZ	CI	I	O	I
SG	CCK	O	CCI	O
GYU	K	CK	O	O

Adım 1 : Dilsel ifadeler olarak girilen veriler Tablo 7 den bakılarak IVPF sayılara çevrilmiştir.

Adım 2 : Karar vericiler tarafından toplanan dilsel ifadelerin değerlendirilmeleri birleştirilmesiyle oluşan $\tilde{x}_{ij}$ karar matrisi Tablo 3.20.'de verilmiştir.

Tablo 3. 20. WASPAS Karar Matrisi

	μL	μU	vL	vU	μL	μU	vL	vU	μL	μU	vL	vU	μL	μU	vL	vU
U	0,50	0,60	0,40	0,50	0,50	0,60	0,40	0,50	0,53	0,63	0,38	0,48	0,48	0,58	0,43	0,53
M	0,43	0,53	0,48	0,58	0,55	0,65	0,35	0,45	0,48	0,58	0,43	0,53	0,58	0,68	0,33	0,43
E	0,48	0,58	0,43	0,53	0,58	0,68	0,33	0,43	0,43	0,53	0,48	0,58	0,35	0,45	0,55	0,65
YZ	0,45	0,55	0,45	0,55	0,40	0,50	0,50	0,60	0,40	0,50	0,50	0,60	0,50	0,60	0,40	0,50
SG	0,30	0,40	0,60	0,70	0,40	0,50	0,50	0,60	0,65	0,75	0,25	0,35	0,63	0,73	0,28	0,38
GYU	0,30	0,40	0,60	0,70	0,43	0,53	0,48	0,58	0,50	0,60	0,40	0,50	0,48	0,58	0,43	0,53

Adım 3 : $\tilde{x}_{ij}$ karar matrisini normalize değerleri bize verirken kullanılacak $max_{ij}\tilde{x}_{ij}$ değerini hesaplayabilmek için yapılan durulaştırma ve hesaplanan değerler Tablo 3.21.'de gösterilmiştir. Normalize edilmiş değerler ise normalize karar matrisi olan $\tilde{\tilde{x}}_{ij}$ ise Tablo 3.22'de gösterilmiştir.

Tablo 3. 21. Durulaştırılmış WASPAS Karar Matrisi

	A1	A2	A3	A4
U	0,573	0,573	0,595	0,550
M	0,506	0,618	0,550	0,641
E	0,550	0,641	0,506	0,439
YZ	0,528	0,483	0,483	0,573
SG	0,395	0,483	0,710	0,687
GYU	0,395	0,506	0,573	0,550

Tablo 3. 22. WASPAS Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	A1				A2				A3				A4			
	μL	μU	$v L$	$v U$	μL	μU	$v L$	$v U$	μL	μU	$v L$	$v U$	μL	μU	$v L$	$v U$
U	0,62	0,73	0,21	0,31	0,62	0,73	0,21	0,31	0,65	0,75	0,19	0,29	0,59	0,70	0,24	0,34
M	0,52	0,63	0,31	0,42	0,66	0,76	0,19	0,29	0,57	0,68	0,26	0,37	0,68	0,78	0,17	0,26
E	0,57	0,68	0,26	0,37	0,68	0,78	0,17	0,26	0,52	0,63	0,31	0,42	0,43	0,55	0,39	0,51
YZ	0,57	0,68	0,25	0,35	0,51	0,63	0,30	0,41	0,51	0,63	0,30	0,41	0,63	0,74	0,20	0,30
SG	0,35	0,47	0,49	0,61	0,47	0,58	0,38	0,49	0,73	0,83	0,14	0,23	0,71	0,81	0,16	0,25
GYU	0,39	0,51	0,41	0,54	0,54	0,66	0,27	0,38	0,63	0,74	0,20	0,30	0,60	0,71	0,22	0,32

Adım 4 : Bulanan Ağırlık Toplam Matrisi değerleri $\check{Q}_i^{(1)}$ Tablo 3.23.'de gösterilmiştir.

Tablo 3. 23. Ağırlıklı Toplam Matrisi

A1				A2				A3				A4			
μL	μU	vL	vU	μL	μU	vL	vU	μL	μU	vL	vU	μL	μU	vL	vU
0,760	0,864	0,468	0,610	0,828	0,913	0,366	0,505	0,827	0,912	0,365	0,505	0,828	0,913	0,381	0,520
0,477	0,581	0,267	0,361	0,542	0,645	0,206	0,290	0,540	0,644	0,205	0,291	0,542	0,645	0,214	0,301

Adım 5 : Bulunan ağırlık çarpım matrisi değerleri $\check{Q}_i^{(2)}$ Tablo 3.24.'de verilmiştir.

Tablo 3. 24. Ağırlıklı Çarpım Matrisi

A1				A2				A3				A4			
μ^L	μ^U	v^L	v^U	μ^L	μ^U	v^L	v^U	μ^L	μ^U	v^L	v^U	μ^L	μ^U	v^L	v^U
0,213	0,341	0,000	0,000	0,298	0,442	0,000	0,000	0,296	0,439	0,000	0,000	0,287	0,431	0,000	0,000
0,1792	0,2877	0,0000	0,0002	0,2514	0,3760	0,0000	0,0001	0,2490	0,3733	0,0000	0,0000	0,2420	0,3656	0,0000	0,0000

Adım 6 : $\lambda = 0.5$ değeri için hesaplanarak bulunan sonuçlar aşağıda sonuç matrisi Tablo 3.25.'de gösterilmiştir.

Tablo 3. 25. Sonuç Matrisi

A1				A2				A3				A4			
μ^L	μ^U	v^L	v^U	μ^L	μ^U	v^L	v^U	μ^L	μ^U	v^L	v^U	μ^L	μ^U	v^L	v^U
0,502	0,626	0,267	0,361	0,582	0,706	0,206	0,290	0,579	0,704	0,205	0,291	0,579	0,703	0,214	0,301

Adım 7 : Sonuç matrisinde durulaştırma yapıldıktan sonra alternatiflerin WASPAS değerleri Tablo 3.26.'da gösterilmiştir.

Tablo 3. 26. Durulaştırılmış Sonuç Matrisi

A1	Üretim Planlama Yazılım Programı 1	0,598
A2	Üretim Planlama Yazılım Programı 2	0,667
A3	Üretim Planlama Yazılım Programı 3	0,665
A4	Üretim Planlama Yazılım Programı 4	0,663

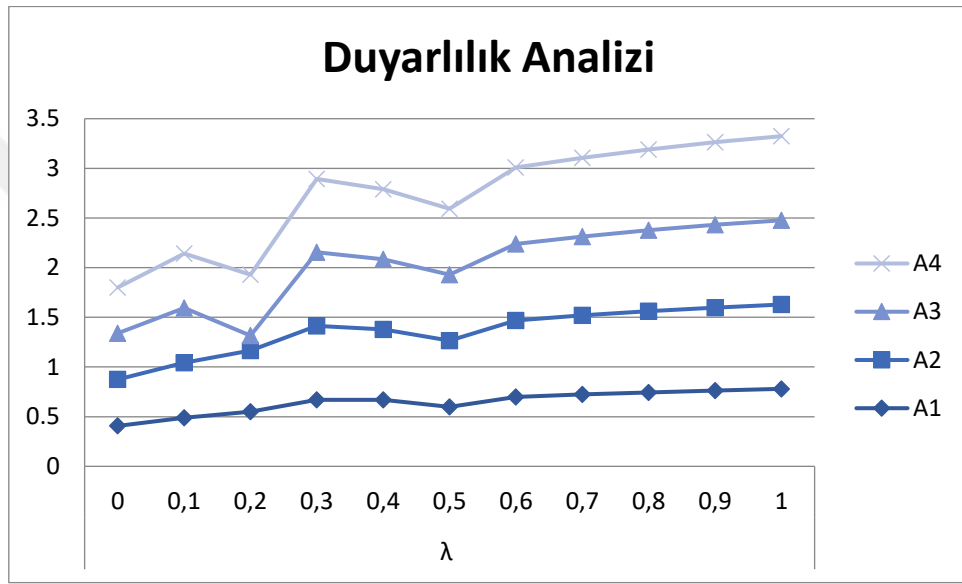
En yüksek skora sahip alternatif en uygun alternatif olmaktadır. Yukarıda ki sonuçlara göre üretim yazılım programlarının içinde en uygun alternatif A2 alternatifi seçilmektedir. A3 alternatifi ikinci sırada, A4 alternatifi üçüncü sırada, A1 alternatifi ise son sırada yer almaktadır.

3.5. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi veri girişlerindeki değişikliğe bağlı olarak yapılan etkinliğin ölçülme işlemidir. Pisagor Bulanık WASPAS sonuçlarının duyarlılık analizinde λ

katsayısına farklı değerlendirilmesi açısından analizler tekrarlanmaktadır (İlbahar ve Kahraman, 2008; Karasan vd.,2019).

Şekil 3.1 de kriter ağırlıkları değiştirilmeden λ katsayısına farklı değerler verilerek analiz yapıp, alternatif sıralamasının λ katsayısından etkilenmediği ve sıralamanın aynı kaldığı görülmüştür. Tablo 3.27.'de ise λ için verilen değerlerin ve alternatiflerin aldığı skorlar gösterilmiştir.



Şekil 3.1. λ Sayısı Değiştirilmiş Alternatiflerin Sıralanma Grafiği

Tablo 3. 27. λ Sayısı Değiştirilmiş Alternatiflerin Skorları

λ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
A1	0,407	0,49	0,55	0,671	0,67	0,598	0,699	0,724	0,745	0,764	0,78
A2	0,468	0,553	0,616	0,742	0,708	0,667	0,771	0,795	0,816	0,834	0,849
A3	0,466	0,551	0,15	0,741	0,706	0,665	0,77	0,794	0,815	0,833	0,848
A4	0,46	0,548	0,612	0,74	0,705	0,663	0,769	0,793	0,814	0,832	0,847

Duyarlılık analizi sonucunda test edilen farklı λ değerleri sonucunda alternatiflerin WASPAS skorlarında değişiklikler olmasına rağmen sıralamalarında herhangi bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan duyarlılık analizi, bu çalışmadaki sonuçların duyarlılık seviyelerinin doğru ve iyi olduğunu bize sunmaktadır.

SONUÇ

İşletmeler planlamalarını bilgisayar ortamında yapabilmek ve kontrol edebilmek için yaygın olarak üretim planlama yazılımlarına ihtiyaç duymaktadır. Bu yazılımların teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle beraber şirketler için yeni seçenekler sunması beklenmektedir. Bu çalışmada literatürden belirlenen seçim kriterleri doğrultusunda yazılımların şirket içindeki diğer programlara uyumluluğu, maliyeti, herhangi bir problem karşısında yazılımı yapan şirkete erişilebilirliği, kullanılan yapay zekanın yazılımlara etkisi, sistem güvenilirliği, yazılımın alt yapısının güvenilirliği ve son olarak yazılımların geleceğe yönelik uyum kriteriyle alternatifler değerlendirilmiştir.

Bu araştırma bir analiz çalışması olup, alternatifler arasından en uygun üretim planlama yazılımını değerlendirmeyi hedeflemektedir. Analizin problem çözümünde Pisagor Bulanık AHP yöntemi ve Pisagor Bulanık WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Üretim planlama yazılımlarının değerlendirilmesi yönetici ve alanındaki uzman kişilerin cevaplama gereken bir karar problemi olup, matematiksel değerler ile ifade edilemeyen dilsel ifadelerinde kullanıldığı bulanık bir süreci de göstermektedir. Probleme yapı olarak bakıldığında, bulanık kümeleri ele aldığı için bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile ele alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Dilsel ifadeleri değerlendirmede güçlü ve doğru sonuçlar verdiği için sezgisel bulanık kümeler mantığı ile ilişkili olan pisagor bulanık kümeler tercih sebebi olmuştur.

Araştırma kısmında önce literatür taraması yapılmış olup, alanında uzman kişilerden gerekli bilgiler alınarak ve 6 kriter altında 4 adet olası alternatif belirlenmiştir. Araştırmanın birinci bölümünde kriterlerin önem derecelerinin ikili karşılaştırılma yapılabilmesi için Pisagor Bulanık AHP kullanılmıştır. Çıkan sonuçlara göre %33'lük 46 önem derecesiyle Uyumluluk kriteri en yüksek değere sahip kriter olarak bulunmuştur. Yine bu sonuçlara göre %26 ile Maliyet kriteri ikinci önem derecesine sahip kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. %18 ile Erişilebilirlik kriteri Maliyet kriterinden sonra gelmektedir. %13 ile Sistem Güvenilirliği kriteri, %0,6 ile Yapay Zeka Kriteri ve son olarak en son önem derecesine sahip %0,5 ile Geleceğe Yönelik Uyum kriteri belirlenmiştir.

Araştırmanın ikinci bölümünde alternatiflerin kriterler tarafından değerlendirilmesi için Pisagor Bulanık WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda Üretim Planlama Yazılım Programı 2 olarak adlandırdığımız yazılım programı en uygun alternatif seçilmiştir. Değerlendirme yapıldığında 3. alternatif ikinci sırada, 4. alternatif üçüncü sırada, 1. alternatif ise son sırada yer almaktadır. Yapılan duyarlılık analizi sonucunda da sıralamada bir değişiklik olmadığı göz önünde tutulduğunda, seçilip uygulanan Pisagor Bulanık AHP ve Pisagor Bulanık WASPAS yöntemlerinin doğru sonuçlar verdiği için güvenilebilir ve tercih edilebilir yöntemler olduğu söylenebilir.



KAYNAKÇA

- Adam, E. E. ve Ebert, R. J. (1992). Production and operations management: Concepts, models, and behavior. (No Title).
- Akram, M. (2020). Optimization of decision-making using Pythagorean fuzzy WASPAS
- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: bulanıklılık kavramı. Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, 62, 80-85.
- Aslan, D. (1981). Üretim Planlama ve Kontrol I-II , Ege Üniv. Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Atan, M. ve Şenol, A. (2020). Örnek Uygulamalarla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Büyükkeklik, M. (2007). Üretim planlama problemlerinde doğrusal programlama modellerinin kullanımı: bir üretim işletmesinde uygulama. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- Chankong, V. ve Haimes, Y. Y. (1983). Optimization-based methods for multiobjective decision-making-an overview. Large Scale Systems In Information And Decision Technologies.
- Chase R. B. ve diğerleri (2007). Operations and Supply Management The Core, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Irwin.
- Cebi, S. ve İlbarhar, E. (2021). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi: Buckley AHP ve Proje Risk Yönetimine Uygulanması. In M. Kabak ve B. Erdebilli (Eds.), Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel ve Software Çözümlü Uygulamaları Nobel Yayın, Ankara, 27-46.
- Dalalah, D., Hayajneh, M. ve Batieha, F. (2011). A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. Expert Systems with Applications, 38(7), 8384-8391.
- Erdal, C. (2008). Bulanık mantık ve firmaların başarı kriterlerinin tanımlanarak bulanık mantık ile ölçülmesinin bir uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırıkkale.
- Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., Lashgari, A., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2012). Maintenance Strategy Selection Using AHP and COPRAS under Fuzzy

- Environment. *International Journal of Strategic Property Management*, 16(1), 85-104.
- Gürdoğan, N. (1981). ‘‘Üretim planlamasında doğrusal programlama ve demir çelik endüstrisinde bir uygulama’’ Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi yayınları, 100. Doğum Yılında Atatürk'e Armağan dizisi, 473, 17-27.
- Henig, M. I. ve Buchanan, J. T. (1996). Solving MCDM Problems: Process Concepts. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 5(1), 3-21.
- Hwang, C. L. ve Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey*. Berlin: Springer Science and Business Media.
- İlbahar, E., Cebi, S. ve Kahraman, C. (2020). Assessment of Renewable Energy Alternatives with Pythagorean Fuzzy WASPAS Method: A Case Study of Turkey. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 888-895.
- İlbahar, E., Karaşan, A., Cebi, S. ve Kahraman, C. (2018). A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system. *Safety Science*, 103, 124-136.
- İlbahar, E. ve Kahraman, C. (2018). Retail store performance measurement using a novel interval-valued Pythagorean fuzzy WASPAS method. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 35(3), 3835-3846.
- Kabak, M. ve Erdebilli, B. (2021). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri - MS Excel ve Software Çözümlü Uygulamalar*. Ankara: Nobel Yayın.
- Karasan, A., Ilbahar, E. ve Kahraman, C. (2019). A novel pythagorean fuzzy AHP and its application to landfill site selection problem. *Soft Computing*, 23(21), 10953-10968.
- Kobu, B. (2003). *Üretim Yönetimi 10. Baskı*. İstanbul: Avcıol Basım Yayın.
- Kobu, B. (2006). *Üretim Yönetimi 13. Baskı*, İstanbul: Beta Basım.
- Kumar, S. A. ve Suresh, N. (2006). *Production and operations management*. New Age International.
- Kumar, S. A. ve Suresh, N. (2008). *Production and Operations Management*, 2nd Ed., New Delhi, New Age International Ltd. Publishers.
- Lai, Y. J. ve Hwang, C. L. (1994). Fuzzy multiple objective decision making. In *Fuzzy Multiple Objective Decision Making*, Berlin: Springer, Heidelberg, 139-262 .

- Menteş, A. (2010). Açık Deniz Yapıları Bağlama Sistemlerinin Dizaynında Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması , Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mukhopadhyay, S. K. (2015). Production planning and control: Text and cases. PHI Learning Pvt. Ltd..
- Örs, F. (2013). Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve bir uygulama: Ev satın alma problemi. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Özkan, M. (2006). Bir mobilya fabrikasında üretim planlama sisteminin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Öztürk, M. U. (2007). Üretim planlamasında çok hedefli doğrusal hedef programlama ve bir tekstil işletmesinde uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Parnell, G. S., Driscoll, P. J. ve Henderson, D. L. (2011). Decision Making in Systems Engineering and Management.
- Peng, X. ve Yang, Y. (2016). Fundamental Properties of Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Aggregation Operators. International Journal of Intelligent Systems, 31(5), 444-487.
- Peng, X. ve Selvachandran, G. (2019). Pythagorean fuzzy set: state of the art and future directions. Artificial Intelligence Review, 52(3), 1873-1927.
- Render, Barry ve Heizer, Jay (2006). Operations Management, 8th. Edition, New Jersey: Prentice Hall Upper Saddle River.
- Ross, T. J. (2005). Fuzzy logic with engineering applications. John Wiley & Sons.
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), 83-98.
- Saaty, T.L. (2000). Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with AHP. Pittsburg: RWS Publications.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G., Saaty, T. L. ve Vargas, L. G. (2001). How to make a decision. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process
- Tekin, M. (1996). Üretim Yönetimi-Cilt II. Arı Ofset, Konya.
- Top, A. (2001). Üretim sistemleri: analiz ve planlaması. Alfa Yayınları, İstanbul.
- Triantaphyllou, E. ve Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods, Springer, Boston, MA. 5-21.

- Üreten, S. (2006). Üretim/işlemler yönetimi: stratejik kararlar ve karar modelleri. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Vollmann, T., Berry, W., Whybark, D. C. ve Jacobs, F. R. (2004). Manufacturing planning and control systems for supply chain management: the definitive guide for professionals. McGraw-Hill Professional, 5.
- Yoon, K. P. ve Hwang, C. L. (1995). Multiple attribute decision making: an introduction . Sage Publications.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353.
- Xu, Z. (2015). Uncertain multi-attribute decision making: Methods and applications. Springer.



Ö Z G E Ç M İ Ş

Adı ve SOYADI	Gözde ÇELİK
EĞİTİM DURUMU	
Mezun Olduğu Lise	Gazipaşa Lisesi
Lisans Diploması	Akdeniz Üniversitesi Ekonometri Bölümü
Tezsiz Yüksek Lisans Diploması	
Dönem Proje Konusu	
Tezli Yüksek Lisans Diploması	
Yüksek Lisans Tez Konusu	Üretim Planlama Yazılımlarının Pisagor Bulanık Sayı Tabanlı AHP ve WASPAS Yöntemleri İle Seçimi
Doktora Diploması	
Doktora Tez Konusu	
Yabancı Dil / Diller	
BİLİMSEL FAALİYETLER	
İŞ DENEYİMİ	
Stajlar	
Projeler	
Çalıştığı Kurumlar	Alanya Aile ve Sosyal Hizmetler Müdürlüğü