

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİNİN KURUMSAL
KAYNAK PLANLAMA SİSTEMLERİNE
ENTEGRASYONUNDAKİ RİSKLERİN ANALİZİ:
KÜRESEL BULANIK TABANLI BİR KARAR DESTEK
SİSTEMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan
Caner ALBAYRAK

İstanbul, 2025

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİNİN KURUMSAL
KAYNAK PLANLAMA SİSTEMLERİNE
ENTEGRASYONUNDAKİ RİSKLERİN ANALİZİ:
KÜRESEL BULANIK TABANLI BİR KARAR DESTEK
SİSTEMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan
Caner ALBAYRAK

Öğrenci No
2220006016

ORCID ID
0009-0000-5855-758X

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Selin YALÇIN

İstanbul, 2025

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Kurumsal Kaynak Planlama Sistemlerine Entegrasyonundaki Risklerin Analizi: Küresel Bulanık Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi**” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını, patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 13/06/2025

Caner ALBAYRAK

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAĞI

13/06/2025

Enstitümüz *Endüstri Mühendisliği* Anabilim Dalı *Endüstri Mühendisliği* Programı Yüksek Lisans öğrencilerinden **2220006016** numaralı **Caner ALBAYRAK**'ın "İstanbul Beykent Üniversitesi Eğitim-Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddesine göre hazırlayarak Enstitümüze teslim ettiği "*Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Kurumsal Kaynak Planlama Sistemlerine Entegrasyonundaki Risklerin Analizi: Küresel Bulanık Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi*" konulu tezini, Yönetim Kurulumuzun 27/05/2025 tarih ve 2025/23 sayılı toplantısında seçilen ve On-Line toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, İstanbul Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 29. maddesinin 3. fıkrası gereğince Zoom programı aracılığıyla on-line olarak aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında "**OYBİRLİĞİ**" ile "**KABUL**" kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 2 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü'ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Se*** YA***
(İstanbul Beykent Üniversitesi)

ÜYE
Dr. Öğr. Üyesi Ay*** MA***
(İstanbul Beykent Üniversitesi)

ÜYE
Dr. Öğr. Üyesi Be*** ER***
(Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi)

Adı ve Soyadı : Caner ALBAYRAK
Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Selin YALÇIN
Derecesi ve Tarihi : Yüksek Lisans (Tezli), 2025
Alanı : Endüstri Mühendisliği
Anahtar Kelimeler : Endüstri 4.0, kurumsal kaynak planlama, sanal gerçeklik, çok kriterli karar verme, küresel bulanık kümeler, SWARA, DEMATEL, MULTIMOORA

ÖZ

SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİNİN KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA SİSTEMLERİNE ENTEGRASYONUNDAKİ RİSKLERİN ANALİZİ: KÜRESEL BULANIK TABANLI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ

Bu tez çalışmasında, Sanal Gerçeklik (SG) teknolojisinin Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) sistemlerine entegrasyonu sürecinde karşılaşılabilecek başlıca riskler sistematik bir yaklaşımla analiz edilmiştir. Çalışmanın temel amacı, bu riskleri belirlemek, önem derecelerine göre sıralamak ve söz konusu riskleri azaltmaya yönelik stratejilerin etkinliğini değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda literatür taraması ve uzman görüşlerine başvurularak on temel risk faktörü belirlenmiştir. Bu riskler için uygun yedi adet çözüm stratejisi geliştirilmiştir. Belirlenen risk ve stratejilerin analizi, belirsizliklerin ve öznel değerlendirmelerin yoğun olduğu bu alanda daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek amacıyla Küresel Bulanık Kümeler (KBK) yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir. Karar verme sürecinde, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden SWARA, DEMATEL ve MULTIMOORA teknikleri bütünleşik olarak kullanılmıştır. SWARA yöntemi ile her bir riskin önem düzeyi belirlenmiştir. DEMATEL yöntemi ile riskler arasındaki nedensel ilişki ağı ortaya konulmuştur. Son olarak MULTIMOORA yöntemi ise geliştirilen stratejileri belirlenen risklere göre sıralamıştır. Analiz sonuçları, SG-KKP entegrasyon projelerinde kritik risk unsurlarının öncelikli olarak dikkate alınması gerektiğini ve bu riskleri minimize edecek stratejilerin hedef odaklı olarak yapılandırılması gerektiğini göstermektedir.

Name and Surname : Caner ALBAYRAK
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Selin YALÇIN
Degree and Date : Master's (Thesis), 2025
Major : Industrial Engineering
Keywords : Industry 4.0, enterprise resource planning, virtual reality, multi-criteria decision making, global fuzzy sets, SWARA, DEMATEL, MULTIMOORA

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE RISKS IN THE INTEGRATION OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY INTO ENTERPRISE RESOURCE PLANNING SYSTEMS: A SPHERICAL FUZZY-BASED DECISION SUPPORT SYSTEM

In this thesis, the main risks that may arise during the integration of Virtual Reality (VR) technology into Enterprise Resource Planning (ERP) systems are systematically analyzed. The primary objective of the study is to identify these risks, rank them according to their significance, and evaluate the effectiveness of strategies aimed at mitigating them. To this end, a literature review and expert opinions were utilized to identify ten key risk factors. In response to these risks, seven appropriate solution strategies were developed. The analysis of the identified risks and strategies was conducted using the Global Fuzzy Sets (GFS) approach to obtain more reliable results in this domain, which is characterized by high levels of uncertainty and subjective judgment. In the decision-making process, an integrated approach incorporating Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods—SWARA, DEMATEL, and MULTIMOORA—was employed. The SWARA method was used to determine the importance level of each risk. The DEMATEL method revealed the causal relationship network among the risks. Finally, the MULTIMOORA method ranked the developed strategies based on the identified risks. The results of the analysis indicate that critical risk factors in VR-ERP integration projects should be prioritized and that the strategies designed to minimize these risks must be structured in a goal-oriented manner.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZ

ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR	vi
SÖZLÜK.....	viii
GİRİŞ	1
LİTERATÜR TARAMASI.....	5

1. KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA

1.1. Kurumsal Kaynak Planlamanın Tarihçesi.....	9
1.1.1. 1960'lar MRP'nin Doğuşu.....	10
1.1.2. 1970'ler KKP'nin Temelleri	11
1.1.3. 1990'lar KKP' nin doğuşu	11
1.1.4. 2000'ler Bulut KKP ve Mobil Çözümler	12
1.1.5. 2010'lar ve Günümüz.....	12
1.2. KKP'nin Dijital Dönüşümdeki Yeri.....	13
1.2.1. Dijital Dönüşüm.....	13
1.2.2. Dijital Dönüşümün Gelişimi	14
1.2.3. Dijital Dönüşümün Önemi	14
1.2.4. Dijital Dönüşümün Sağladığı Faydalar.....	15
1.2.5. Dijital Dönüşüm ve KKP	17
1.3. KKP'nin Modülleri.....	17
1.3.1. Finans Yönetimi	17
1.3.2. Muhasebe Yönetimi	18
1.3.3. Üretim Yönetimi	18
1.3.4. Stok Yönetimi	19
1.3.5. Satış Yönetimi.....	19
1.3.6. Satın Alma Yönetimi	19

1.3.7. Lojistik ve Dağıtım Yönetimi	20
1.3.8. Tedarik Zinciri Yönetimi	20
1.3.9. İnsan Kaynakları Yönetimi	20
1.3.10. Kalite Yönetimi	21
1.3.11. Müşteri İlişkileri Yönetimi	21
1.3.12. Sabit Kıymet Yönetimi	21
1.4. KKP'nin İşletmelere Sağladığı Faydalar	22
1.4.1. KKP Sistemlerinin Uyarlanması Kritik Başarı Faktörleri	24
1.4.2. KKP Sistemlerinin Uyarlanması Kritik Başarısızlık Faktörleri	27
1.5. KKP Proje Yönetimi	32
1.5.1. KKP Proje Yönetiminin Önemi	32
1.5.2. KKP Proje Yaşam Döngüsü	32
1.5.3. KKP Proje Yönetiminde Karşılaşılan Zorluklar	33
1.6. KKP Proje Uyarlama Süreçleri	33
1.6.1. Hazırlık ve Ön Değerlendirme Aşaması	34
1.6.2. Sistem Seçimi	34
1.6.3. Proje Planlaması	35
1.6.4. İş Süreçlerinin Analizi ve Uyumlandırılması	35
1.6.5. Sistem Tasarımı ve Konfigürasyonu	35
1.6.6. Veri Migrasyonu	35
1.6.7. Test Süreci	35
1.6.8. Eğitim ve Kullanıcı Hazırlığı	36
1.6.9. Canlıya Geçiş	36
1.6.10. Destek ve Sürekli İyileştirme	36
2.ENDÜSTRİ 4.0	
2.1. Endüstri 4.0'ın Tarihçesi	37
2.1.1. Endüstri 1.0	38
2.1.2. Endüstri 2.0	38
2.1.3. Endüstri 3.0	38
2.1.4. Endüstri 4.0	38
2.2. Endüstri 4.0'ın Önemi	39
2.3. Endüstri 4.0'ın Faydaları	40

2.4. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri.....	41
2.4.1. Siber Fiziksel Sistemler.....	42
2.4.2. Nesnelerin İnterneti.....	42
2.4.3. Büyük Veri ve Veri Analitiği.....	42
2.4.4. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi.....	42
2.4.5. Bulut Bilişim	43
2.4.6. Artırılmış Gerçeklik	43
2.4.7. Sanal Gerçeklik	43
2.4.8. Yatay ve Dikey Entegrasyon.....	44
2.4.9. Otonom Robotlar.....	44
2.4.10. Similasyon Teknolojileri.....	45
2.4.11. Üç Boyutlu Yazıcılar.....	45
2.4.12. Siber Güvenlik	45
3.SANAL GERÇEKLİK VE KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA	
3.1. Sanal Gerçeklik	46
3.2. Sanal Gerçekliğin Tarihçesi.....	46
3.3. Sanal Gerçekliğin Kullanıldığı Alanlar	47
3.4. Sanal Gerçekliğin Endüstriye Olan Faydası	47
4.YÖNTEM	
4.1. Küresel Bulanık Kümeler	49
4.2. KB-SWARA	51
4.3. Küresel Bulanık DEMATEL	53
4.4. Küresel Bulanık MULTIMOORA	56
5.UYGULAMA	
SONUÇ	81
KAYNAKÇA.....	84

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. Literatür Taraması	8
Tablo 2. Küresel Bulanık Sayılar ve Dilsel İfadeleri	52
Tablo 3. DEMATEL Dilsel İfadeler ve Küresel Bulanık Sayı Karşılıkları	54
Tablo 4. Kriterler ve Açıklamaları.....	60
Tablo 5. Uzman Bilgileri.....	61
Tablo 6. Uzman Değerlendirmeleri	62
Tablo 7. SWAM Operatörü İle Kriter Ağırlıkları	62
Tablo 8. KB-SWARA Sonuçları.....	62
Tablo 9. Uzmanların Kriterlere İlişkin Etki Değerlendirmesi.....	66
Tablo 10. Birleştirilmiş Doğrudan Etki Matrisi	66
Tablo 11. Toplam Etki Matrisi.....	68
Tablo 12. Kriterlerin Önem ve İlişki Değerleri	69
Tablo 13. Kriterlerin Birbirleri Arasındaki İlişki Düzeyleri.....	70
Tablo 14. Stratejiler ve Açıklamaları.....	72
Tablo 15. Uzmanların Kriterler Bazında Alternatifleri Değerlendirme Matrisleri.....	74
Tablo 16. Birleştirilmiş Küresel Bulanık Karar Matrisi	75
Tablo 17. Birleştirilmiş Ağırlıklı Küresel Bulanık Karar Matrisi	76
Tablo 18. Referans Noktaları	77
Tablo 19. KBO Yöntemine Göre Stratejilerin Sıralanması	78
Tablo 20. KBR Yöntemine Göre Stratejilerin Sıralanması	78
Tablo 21. KBTÇ Yöntemine Göre Stratejilerin Sıralanması.....	78
Tablo 22. SB Yöntemine Göre Stratejilerin Sıralanması.....	79

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. KKP'nin Tarihsel Gelişimi	13
Şekil 2. KKP Uyarlama Süreçleri	34
Şekil 3. Kronolojik Özet	39
Şekil 4. Kriter Ağırlıkları	64
Şekil 5. Etki Diyagramı	71



KISALTMALAR

AAS	: Analitik Ağ Süreci
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
AG	: Artırılmış Gerçeklik
AR	: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
BK	: Bulanık Kümler
BT	: Bilgi Teknolojileri
BVA	: Büyük Veri Analitiği
CRM	: Customer Relationship Management (Müşteri İlişkileri Yönetimi)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ERP	: Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
GBK	: Geleneksel Bulanık Kümeler
GKV	: Grup Karar Verme
HR	: Human Resources (İnsan Kaynakları)
İA	: İş Analitiği
İK	: İnsan Kaynakları
KB	: Küresel Bulanık
KBF	: Kritik Başarı Faktörleri
KBK	: Küresel Bulanık Küme
KBO	: Küresel Bulanık Oran
KBR	: Küresel Bulanık Referans Noktası
KBS	: Küresel Bulanık Sayı
KBTC	: Küresel Bulanık Tam Çarpım

KBRN	: Küresel Bulanık Referans Noktası
KKP	: Kurumsal Kaynak Planlama
KOBI	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
MİP	: Malzeme İhtiyaç Planlaması
MİY	: Müşteri İlişkileri Yönetimi
MÖ	: Makine Öğrenimi
NGT	: Nominal Grup Tekniği
NI	: Nesnelerin İnterneti
NK	: Nötrosofik Kümeler
PBK	: Pisagor Bulanık Kümeler
SB	: Sıra Baskınlık
SBK	: Sezgisel Bulanık Küme
SFS	: Siber Fiziksel Sistemler
SG	: Sanal Gerçeklik
TBV	: Türkiye Bilişim Vakfı
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
ÜKP	: Üretim Kaynak Planlaması
ÜYS	: Üretim Yürütme Sistemleri
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
YZ	: Yapay Zeka

SÖZLÜK

Belirsizlik: Karar sürecinde, bilgi eksikliği veya öngörülemez durumlar nedeniyle oluşan durum olarak ele alınmaktadır.

Çok Kriterli Karar Verme: Birden fazla alternatifin, çeşitli ölçütler doğrultusunda değerlendirilerek en uygun kararın verilmesini sağlayan yöntemler bütününe verilen isme denilmektedir.

DEMATEL Yöntemi: Kriterler arasındaki nedensel ilişkileri belirlemeye ve görselleştirmeye yarayan karar destek yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

Dijital Dönüşüm: İşletmelerin dijital teknolojileri stratejik olarak iş süreçlerine entegre ederek rekabet avantajı sağlaması sürecine verilen isim olarak adlandırılır.

Endüstri 4.0: Fiziksel ve dijital sistemlerin entegrasyonuna dayanan, otomasyon ve veri alışverişini esas alan sanayi devrimi olarak adlandırılmaktadır.

Entegrasyon: Farklı sistem, modül veya bileşenlerin birlikte çalışabilir şekilde bir araya getirilmesi sürecine verilen isim olarak adlandırılmaktadır.

Karar Destek Sistemi: Karmaşık karar problemlerinde kullanıcıya bilgi ve öneriler sunarak karar sürecini kolaylaştıran bilgisayar tabanlı sistem olarak ele alınmaktadır.

Kurumsal Kaynak Planlama: Bir işletmenin tüm iş süreçlerini (muasebe, üretim, insan kaynakları vb.) entegre eden yazılım sistemleri olarak adlandırılmaktadır.

Küresel Bulanık Sayılar: Belirsizlik içeren karar süreçlerinde kullanılan hem uzman görüşlerini hem de küresel belirsizlikleri dikkate alan matematiksel temsil biçimi olarak adlandırılmaktadır.

MULTIMOORA Yöntemi: Karmaşık karar problemlerini çözmek için kullanılan, üç farklı yöntem (Oran, Maksimin ve Tam Çarpan) kombinasyonuna dayanan bir değerlendirme yaklaşımı olarak ele alınmaktadır.

Risk Analizi: Bir sürecin, projenin veya sistemin karşılaşılabileceği olası tehlikeleri önceden belirleyip değerlendirme süreci olduğu söylenebilir.

Sanal Gerçeklik: Gerçek dünyadan tamamen kopuk bir dijital ortam oluşturarak kullanıcıya üç boyutlu etkileşim imkânı sunan teknoloji olarak adlandırılır.

Simülasyon: Gerçek dünya süreçlerinin veya sistemlerinin sanal ortamda modellenerek test edilmesi süreci olarak adlandırılmaktadır.

SWARA Yöntemi: Karar kriterlerinin ağırlıklarının uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenmesini sağlayan ÇKKV yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

Uzman Görüşü: Alanında yetkin kişilerin, değerlendirme ve karar süreçlerinde referans alınan bilgi ve önerileri olarak ele alınmaktadır.



GİRİŞ

Günümüzde teknolojik gelişmeler, işletmelerin iş yapış biçimlerini radikal biçimde dönüştürmekte; verimlilik, hız ve esneklik gibi unsurlar artık dijitalleşme ile doğrudan ilişkilendirilmektedir. Bu dönüşümün temel yapı taşlarından biri olan dijital dönüşüm, yalnızca teknoloji yatırımıyla sınırlı kalmayıp; işletme kültürü, iş süreçleri ve organizasyonel yapının bütüncül bir şekilde yeniden yapılandırılmasını kapsamaktadır. Dijital dönüşümün merkezinde ise Endüstri 4.0 yer almakta, bu kavram üretimden hizmet sektörüne kadar pek çok alanda akıllı teknolojilerin entegrasyonunu içeren bir paradigma değişimini ifade etmektedir.

Endüstri 4.0, nesnelerin interneti (NI), büyük veri analitiği (BVA), yapay zekâ (YZ), artırılmış gerçeklik (AG) ve sanal gerçeklik (SG) gibi ileri teknolojileri bünyesinde barındıran bir dönüşüm süreci olarak adlandırılabilir. Bu süreç, üretim sistemlerinin akıllanmasını, karar alma mekanizmalarının otonom hale gelmesini ve tüm değer zincirinin dijital olarak yönetilmesini mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda SG teknolojisi, kullanıcıların fiziksel dünyadan ayrılarak tamamen dijital bir ortamda bulunmalarını sağlayan, son derece etkileşimli ve üç boyutlu deneyim sunan bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Başlangıçta daha çok eğlence ve eğitim alanlarında kullanılan bu teknoloji, son yıllarda özellikle üretim, bakım, mimarlık, sağlık ve kurumsal uygulamalarda da yaygınlaşmaya başlamıştır.

Öte yandan, kurumsal kaynak planlama (KKP) sistemleri, işletmelerin finans, muhasebe, üretim, tedarik zinciri, insan kaynakları gibi temel iş süreçlerini bütünsel bir yapıda yöneten bilgi sistemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. KKP sistemlerinin temel amacı, işletme içi kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak, bilgi akışını hızlandırmak ve karar alma süreçlerini desteklemektir. Dijital dönüşüm sürecinde KKP sistemleri daha esnek, modüler ve akıllı hale gelirken; bu sistemlerin ileri teknolojilerle entegre çalışabilme yetkinliği, işletmelerin rekabet avantajını doğrudan etkilemektedir.

Bu noktada, SG teknolojilerinin KKP sistemlerine entegrasyonu, işletmelerin süreç görselleştirmesi, eğitim simülasyonları, kullanıcı arayüzlerinin yeniden tasarımı, bakım ve onarım süreçlerinin dijitalleştirilmesi gibi pek çok alanda önemli fırsatlar

sunmaktadır. Örneğin, karmaşık üretim süreçlerinin SG ortamında simüle edilmesi, çalışanlara gerçek zamanlı sanal eğitimler verilmesi veya iş süreçlerinin üç boyutlu modeller üzerinden analiz edilmesi, hem verimliliği artırmakta hem de hata oranlarını düşürmektedir. Ayrıca, uzaktan çalışma, uzaktan denetim ve sanal toplantı gibi uygulamalar, özellikle küresel ölçekte faaliyet gösteren işletmeler için büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Ancak, bu entegrasyon süreci yalnızca teknik bir geçişten ibaret olmayıp; beraberinde çeşitli riskleri, belirsizlikleri ve zorlukları da getirmektedir. Donanım maliyetlerinden veri güvenliğine, yazılım entegrasyon zorluklarından kullanıcı adaptasyonuna kadar birçok faktör bu dönüşüm sürecinin başarısını etkileyebilmektedir. Bu nedenle, SG teknolojisinin KKP sistemleri ile entegrasyonunda karşılaşılabilecek risklerin belirlenmesi, analiz edilmesi ve uygun stratejilerin geliştirilmesi, bu alanda yapılacak çalışmalar için kritik önem taşımaktadır.

Bu nedenle, SG teknolojileri gibi yenilikçi ve aynı zamanda yüksek maliyetli sistemlerin, tüm iş süreçlerini kapsayan ve kurum genelinde yaygın etkileşim gerektiren KKP sistemleriyle entegrasyonu, oldukça karmaşık ve zorlu bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Bu entegrasyon süreci, yalnızca teknik bir uyumdan ibaret olmayıp; kapsamı, kaynak ihtiyacı ve stratejik etkileri bakımından büyük ölçekli bir proje olarak ele alınmalıdır. Bu tür projelerin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için, sürecin başında potansiyel risklerin sistematik olarak tanımlanması, bu risklere yönelik etkili stratejilerin geliştirilmesi ve uygulamaya alınması gerekmektedir. Ayrıca, belirlenen risk ve stratejilerin bütüncül bir bakış açısıyla analiz edilmesi, önceliklendirilmesi ve uygun karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi, entegrasyonun başarısını doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, karar destek süreçlerinde kullanılacak analiz yöntemlerinin doğruluğu ve bilimsel geçerliliği, elde edilecek sonuçların etkinliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma, yenilikçi teknolojilerin kurumsal yapılara entegrasyonunda karşılaşılabilecek risklerin daha iyi yönetilebilmesi adına literatüre katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu çalışma, SG teknolojilerinin KKP sistemlerine entegrasyonunda

karar vericilere yol gösterecek, riskleri önleyici stratejik yaklaşımlar sunarak literatüre hem teorik hem de pratik katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonunda ortaya çıkan riskleri sistematik olarak analiz etmek ve bu risklerin önem derecelerine göre sıralanmasını sağlamaktır. Ayrıca, belirlenen risklere karşı geliştirilecek stratejilerin etkinliğini değerlendirmek ve en uygun stratejileri belirleyerek entegrasyon sürecindeki risklerin minimize edilmesine katkıda bulunmaktır. Bu amaç doğrultusunda, küresel bulanık kümeler (KBK) ile çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden SWARA, DEMATEL ve MULTIMOORA kullanılarak, SG-KKP entegrasyonuna ilişkin risk faktörlerinin önceliklendirilmesi, aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi ve çözüm stratejilerinin sıralanması hedeflenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, hem akademik literatüre özgün katkılar sağlamakta hem de pratik uygulamalar için yol gösterici nitelik taşımaktadır. Bu çalışmada, SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonunda ortaya çıkan risklerin analizinde KBK yönteminin tercih edilmesinin temel nedeni, risk faktörlerinin belirsiz, karmaşık ve subjektif doğasıdır. Kesin değerlerle çalışan yöntemler, uzman görüşlerindeki belirsizlikleri ve dilsel ifadelerin bulanıklığını yeterince yansıtamazken, KBK; bulanık ve kesin bilgiyi birlikte işleyebilme kapasitesi sayesinde daha gerçekçi ve güvenilir sonuçlar sunar. Ayrıca, bu yöntem farklı uzmanların görüşlerini etkili bir şekilde sentezleyerek, ÇKKV problemlerinde daha esnek ve doğru ağırlıklandırma sağlar. Böylece, SG-KKP entegrasyonundaki risklerin önem derecelerinin ve birbirleriyle olan ilişkilerinin daha hassas bir şekilde belirlenmesi mümkün olur. Bu nedenle, KBK tabanlı yöntemler, belirsizliklerin yoğun olduğu bu alanda karar destek sistemi oluşturmak için ideal bir araç olarak seçilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın temel amacı, SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonunda ortaya çıkan risk faktörlerini kapsamlı ve sistematik bir yaklaşımla analiz etmek, bu risklerin önem derecelerine göre önceliklendirilmesini sağlamaktır. Ayrıca, risklerin karşılanması için geliştirilen stratejilerin etkinliğinin değerlendirilmesi ve en uygun stratejilerin belirlenmesi ile entegrasyon sürecinde risklerin minimize edilmesine katkıda bulunmaktır. KBK ile ÇKKV yöntemlerinin kullanımı, belirsizlik ve karmaşıklık içeren bu alanda güvenilir ve esnek bir karar

destek sistemi oluşturulmasına olanak sağlamıştır. Çalışma sonuçları, SG-KKP entegrasyon projelerinin başarı şansını artırmak ve uygulayıcılara yol göstermek adına hem teorik hem de pratik açıdan değerli bilgiler sunmaktadır.

Bu tez çalışmasının birinci bölümünde, KKP sistemlerine dair kapsamlı bir çerçeve sunulmuştur. Bu kapsamda, KKP sistemlerinin genel işleyişi, tarihsel gelişimi, temel özellikleri, modüler yapısı ve sahip olduğu fonksiyonlar ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Ayrıca, dijital dönüşüm sürecindeki yeri ve önemi irdelenmiş, bu sistemlerin işletmelere sağladığı stratejik ve operasyonel faydalar açıklanmıştır. KKP projelerinin planlanması, uygulanması ve yönetimi gibi kritik süreçlere de değinilerek, bu sistemlerin başarılı bir şekilde entegre edilmesinin kurumsal performans üzerindeki etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Böylece, okuyucuya KKP sistemlerini daha yakından tanıma ve bu sistemlerin iş dünyasındaki rolünü kapsamlı bir şekilde kavrama imkânı sunulmuştur. Tezin ikinci bölümünde, SG teknolojisinin de içinde yer aldığı Endüstri 4.0 kavramı ele alınmıştır. Bu çerçevede, Endüstri 4.0'ın tarihsel gelişimi, temel bileşenleri, işletmeler açısından taşıdığı stratejik önem ve sağladığı başlıca faydalar hakkında bilgi sunulmuştur. Böylece, çalışmanın ana temalarından biri olan SG bağlamı daha net bir şekilde ortaya konulmak istenmiştir. Tezin üçüncü bölümünde, SG teknolojisi ile KKP sistemleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu bölümde, öncelikle SG teknolojisinin temel özellikleri ve kullanım alanları açıklanmış, ardından bu teknolojinin KKP sistemleriyle nasıl entegre edilebileceği ve bu entegrasyonun işletmelere sağlayabileceği katkılar değerlendirilmiştir. Tezin dördüncü bölümünde, SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonu sürecinde belirlenen risklerin ve bu risklere karşı geliştirilen stratejilerin analizinde kullanılacak yöntemlere yer verilmiştir. Bu kapsamda, veri toplama teknikleri, analiz araçları ve uygulanan yöntemsel çerçeve açıklanarak çalışmanın bilimsel temelleri ortaya konulmuştur. Tezin beşinci bölümünde ise, belirlenen risk ve stratejiler KBK kullanılarak ÇKKV yöntemlerinden SWARA, DEMATEL ve MULTIMOORA teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu bölüm, uygulama sürecine odaklanmakta olup, ilgili yöntemlerin uygulanışı, elde edilen bulgular ve değerlendirme sonuçlarına yer verilmiştir.

LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, SG teknolojilerinin KKP sistemlerine entegrasyonuna ilişkin literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan taramada, SG teknolojisinin işletmelerdeki çeşitli kullanım alanları, KKP sistemleriyle olası entegrasyon senaryoları ve bu süreçlerde karşılaşılan zorluklar üzerine odaklanan çalışmalara yer verilmiştir. Söz konusu çalışmalar, konunun farklı boyutlarını ele alsa da, doğrudan SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonu sürecinde oluşabilecek risklerin KBK temelli ÇKKV yöntemleri ile analiz edildiği bir yaklaşıma rastlanmamıştır. Bu yönüyle mevcut tez, alanında önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemekte ve özgün bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Tatić ve arkadaşları (2024) bu çalışmada, elektro-enerji sektöründe özellikle trafo istasyonlarında yapılan bakım ve onarım işleri sırasında iş güvenliğini artırmaya yönelik AG uygulaması geliştirmek için en uygun AG yazılım geliştirme kitinin seçimini, ISO/IEC 25010:2011 kalite modeli kriterlerini esas alarak AHP ve bulanık AHP yöntemleriyle gerçekleştirmiş ve özgül çalışma koşulları altında yapılan değerlendirmelerle en uygun yazılım geliştirme kitini belirlemişlerdir.

Siraj ve arkadaşları (2024) hazır giyim sektöründe güvenlik denetimi yapan şirketlerde KKP uygulama sürecindeki zorlukları, Aralık Tip-2 Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemiyle analiz ederek, karşılıklı etkileşimleri ve önceliklendirilmesi gereken temel faktörleri ortaya koymuşlardır.

Arsić ve arkadaşları (2024) Sırbistan'daki dört farklı sektörün ERP sistemlerini benimseme eğilimlerini BWM-EDAS-VIKOR tabanlı hibrit ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırmış ve sektörlerin KKP kullanım niyetlerinin farklılık gösterdiğini tespit ederek, KKP uygulamalarının nedenlerine yönelik daha derinlemesine analizler için temel oluşturmuşlardır.

Upadhyay ve arkadaşları (2023) Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesi için uygun stratejilerin önceliklendirilmesi amacıyla bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak 26 teknoloji ve 8 strateji değerlendirmiş; yapay zekâ, üst yönetim desteği, SG ve KKP sistemleri en etkili teknolojiler arasında yer alırken, yalın

üretim ve yeşil tedarik zinciri stratejileri en öncelikli uygulama yaklaşımları olarak belirlenmiştir.

Oztaysi ve arkadaşları (2023) çalışmasında, teknoloji alternatiflerinden birini seçmek amacıyla AHP ve WASPAS yöntemlerinde aralık tipi 2 bulanık z-ölçeklerini kullanarak Endüstri 4.0'a dair birçok alt teknoloji alternatifi bulunmasına rağmen, bu çalışmada en önemli altı tanesi ilgili kriterlere göre değerlendirilmiş ve en kritik kriterin “müşteri faydasına etkisi” olduğunu tespit etmişlerdir.

Martins ve arkadaşları (2023) yalın üretim ilkeleri doğrultusunda Endüstri 4.0 teknolojilerinin önceliklendirilmesini sağlamak amacıyla AHP, DEMATEL ve PROMETHEE II yöntemlerinin entegre edildiği çok kriterli bir karar modeli geliştirilmiş; metal-mekanik sektöründe uygulanan bu model sonucunda, KKP ile İş Analitiği (İA) entegrasyonu en öncelikli teknoloji olarak belirlenmişlerdir.

Noor ve Qureshi (2022) sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimini desteklemek amacıyla KKP uygulamalarına yönelik kritik başarı faktörleri belirlenmiş, bu faktörler ISM ve MICMAC yöntemleriyle modellenmiş ve IRP yöntemiyle önceliklendirilerek, “üst yönetim desteği”, “değişim yönetimi” ve “iş süreçlerinin yeniden yapılandırılması” en etkili faktörler olarak tanımlanmışlardır.

Naveed ve arkadaşları (2021) çalışmasında bulut tabanlı ERP sistemlerinin benimsenmesinde etkili olan kritik başarı faktörlerini (KBF), AHP, Bulanık AHP ve Grup Karar Verme (GKV) tabanlı ÇKKV yöntemleriyle analiz ederek önceliklendirmişlerdir.

Pakusadewa ve arkadaşları (2020) çalışmasında bilgi sistemleri ve BT stratejileri için öneriler belirlemeyi ve bilgi sistemi uygulamalarını şirket ihtiyaçlarına göre sıralamayı amaçlamaktadır. Araştırma verileri, anketler, görüşmeler ve resmi şirket belgelerinden elde edilmiştir. Sorunlar Ward ve Peppard'ın çerçevesi ile Analitik Ağ Süreci (AAS) ve Faydalar, Fırsatlar, Maliyetler, Riskler yöntemi kullanılarak bilgi sistemleri ve bilgi teknolojisi stratejileri için öneriler geliştirilmiştir.

Taghavi ve arkadaşları (2019) SWARA yöntemini kullanarak Mazandaran Üniversitesi'nin KKP uygulamasına hazırlık seviyesini değerlendirmişlerdir. Literatürden derlenen etkileyen faktörler hiyerarşik yapıda ağırlıklandırılmış ve nihai

sonuçlar doğrultusunda niversitenin KKP uygulamasına hazırlık durumu analiz edilmiştir. Sonuçlar, KKP kurulumu için gereken motivasyon ile süreçler ve BT altyapısının ortalama seviyede olduğunu, ancak kültürel faktörler, koruyucu faktörler ve organizasyonel yetkinliklerin zayıf olduğunu göstermiştir.

Nagpal ve arkadaşları (2017) KKP sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanmasında rol oynayan kritik başarı faktörlerinin birbirleriyle olan etkileşimlerini ve bağımlılık ilişkilerini incelemeyi amaçlayan bu çalışmada, yorumlayıcı yapısal modellemeyi kullanarak yararlanılmışlar ve TISM ile genişleterek MICMAC analiziyle desteklemişlerdir. Bu yöntemsel bütünlük sayesinde, KKP projelerinin başarısını doğrudan etkileyen yönlendirici kritik başarı faktörleri ile diğer kritik başarı faktörlerine bağlı olan ve dolaylı katkı sağlayan faktörler ayrıştırılmıştır. Hiyerarşik yapı içerisinde, hangi kritik başarı faktörlerin yüksek yönlendirme gücüne sahip olduğu belirlenmiş ve proje yöneticilerinin kaynaklarını daha etkili şekilde yönlendirebilmeleri için stratejik bilgiler sunulmuştur. Bu bütüncül analiz, KKP uygulamalarının başarısına etki eden faktörlerin sistematik bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlamıştır.

Mandic ve arkadaşları (2015) ÇKKV problemlerinde kriterler arasındaki bağımlılıkların geleneksel yöntemlerle yeterince temsil edilememesi nedeniyle, bu eksikliği gidermeyi amaçlayan çeşitli ileri yöntemler geliştirmişlerdir. Bu bağlamda, ANP, DEMATEL gibi kriterler arası etkileşimi modelleyebilen yöntemleri incelemişlerdir. Söz konusu yaklaşımlar, süpermatris yapıları, yapısal etki diyagramları, bulanık ölçüler ve mantıksal fonksiyonlar gibi farklı araçlar kullanarak kriterler ve alt kriterler arasındaki ilişkileri modellemekte; bu sayede karar vericilere daha gerçekçi ve etkili çözümler sunmayı hedeflemektedir. Çalışma, söz konusu yöntemleri karşılaştırmalı olarak ele alarak, ÇKKV süreçlerinde bağımlılıkların dikkate alınmasının karar modellerinin doğruluğu ve uygulanabilirliği üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır.

Chen ve Lee (2010) alışmasında sıralama yaklaşımı önererek, çalışanların sıralamasını belirlemek için Nominal Grup Tekniği (NGT), BK teorisi ve VIKOR yöntemini entegre etmiştir. ÇKKV teorisine dayanarak, yöneticiler ve çalışanlar için

kazan-kazan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, karar vericilerin çalışan performansını daha rasyonel bir yapıda değerlendirmesine yardımcı olmaktadır.

Yukarıdaki çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonu bağlamında çeşitli çalışmaların mevcut olduğu, ancak bu çalışmaların çoğunlukla teknolojik altyapı, kullanıcı deneyimi ya da genel entegrasyon süreçleri üzerine odaklandığı görülmüştür. Risk analizi ve strateji geliştirme konularına değinen bazı çalışmalar yapılmış olsa da, bu risklerin KBK kullanılarak ve ÇKKV yöntemleriyle sistematik biçimde analiz edildiği özgün bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda, mevcut tez çalışması, hem metodolojik yaklaşımı hem de ele aldığı özgül problem alanı ile literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmakta ve konuya yenilikçi bir bakış açısı sunmaktadır.

Tablo 1. Literatür Taraması

Yıl	Yazar(lar)	Küme Türleri	Yöntem(ler)
2024	Tatić, Simjanović ve Vesić	-	AHP
2024	Siraj, Haque, Islam, Biswas, ve Chowdhury	Tip-2	DEMATEL
2024	Arsić, Nikolić ve Radić	Tip-1	BWM-EDAS-VIKOR
2023	Upadhyay, Talib, Zaheen ve Ansari	-	AHP-TOPSİS
2023	Martins, Luiz FP Ramos, Santos, Amaral, ve Deschamps	-	AHP-DEMATEL-PROMETHEE II
2023	Oztaysi, Dogan ve Sarı	Tip-2	AHP-WASPAS
2022	Noor ve Qureshi	-	ISM-MICMAC
2021	Naveed ve diğ.	-	AHP
2020	Pakusedewa, Suryani, Ambarwati ve Bintang	-	ISM-MICMAC
2019	Taghavi, Antucheviciene, ve Yaghobian	-	SWARA
2017	Nagpal, Kumar, ve Khatri	-	TISM-MICMAC-ISM
2015	Mandic, Bobar, ve Delibašić	-	ANP-DEMATEL-ISM-IBA
2010	Chen ve Lee	Tip-1	VIKOR

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

1. KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA

KKP sistemleri, bir kurumun tüm iş süreçlerini merkezi bir yazılım altyapısı altında bütünleştirerek yönetilmesini sağlayan entegre bilgi sistemleridir. Bu sistemler; muhasebe, finans, malzeme ve stok yönetimi, insan kaynakları, müşteri ilişkileri gibi temel kurumsal işlevleri tek bir çatı altında toplayarak süreçler arası koordinasyonu güçlendirmekte ve eş zamanlı veri akışını mümkün kılmaktadır. KKP, kurumların operasyonel süreçlerini daha etkin ve verimli bir şekilde yürütmesine katkı sağlamaktadır. Bu sistemler, sadece günlük operasyonların yönetimi ile sınırlı kalmayıp; geçmiş kayıtların düzenli biçimde arşivlenmesi, karar alma süreçlerinin hızlandırılması, kaynak kullanımının optimize edilmesi ve stratejik hedeflerin gerçekleştirilmesi gibi pek çok alanda işletmelere değer katmaktadır. Ayrıca, süreç odaklı yapıları sayesinde işletmelerin rekabet gücünü artırarak yeni iş fırsatlarının değerlendirilmesine de zemin hazırlamaktadır (Dredde ve Bergdolt, 2007). Bu yönüyle KKP sistemleri, işletmelerin sürdürülebilirlik ve dijital dönüşüm hedeflerine ulaşmalarında kritik bir rol oynamaktadır (Heijkoop, 2005). KKP, işletmelerin standart iş süreçlerini desteklemek amacıyla geliştirilen kapsamlı ve çok bileşenli yazılım paketleri olarak da adlandırılabilir. Bu sistemler, işletme bünyesindeki farklı iş fonksiyonlarını birbirine entegre ederek, kurum genelinde bütünsel bir yönetim yapısı oluşturmaktadır. KKP, muhasebeden üretime, tedarik zincirinden insan kaynaklarına kadar pek çok iş sürecini ortak bir veri tabanı ve kullanıcı arayüzü üzerinden yönetmeyi mümkün kılar. Ayrıca bu yazılımlar, yalnızca mevcut süreçleri yönetmekle kalmaz, aynı zamanda işletmenin ihtiyaçları doğrultusunda özelleştirilebilir yapıları sayesinde, organizasyonel gereksinimlere göre şekillenebilir. Bu yönüyle KKP, hem operasyonel verimliliği artırmakta hem de stratejik yönetim süreçlerine katkı sağlayarak, kurumların değişen çevresel koşullara daha esnek ve etkin biçimde yanıt vermelerine imkân tanımaktadır (Sadagopan, 2003).

1.1. Kurumsal Kaynak Planlamanın Tarihçesi

Sanayi Devrimi sonrasında artan üretim ihtiyacı, üretim hatlarının daha büyük, karmaşık ve verimli sistemler hâline getirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, yüksek hacimli üretime olanak sağlayan imalat hatları kurulmuş; ancak bu sistemlerin yönetimi başlangıçta sınırlı teknolojik imkânlarla yürütülmüştür. Verilerin kaybolması,

kayıtların izlenememesi, hataların tespit ve giderilmesindeki güçlükler, kayıp-kaçak oranlarının artması ile insan kaynaklı hataların üretim süreçlerini aksatması, karar alma ve planlama süreçlerinde önemli aksamalara yol açmıştır. 20.yüzyılın başlarında bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, bu sorunlara çözüm sunabilecek yeni imkânlar ortaya çıkmıştır. İlk olarak askeri ve savunma sanayiinde kullanılan bilgisayarlar, II. Dünya Savaşı'nın sona ermesi, küreselleşmenin hız kazanması ve liberal ekonomi politikalarının yaygınlaşmasıyla özel sektörün kullanımına açılmıştır. Bu gelişmeler, imalat sektöründe yeni arayışları beraberinde getirmiş ve bilgisayarların işletme süreçlerinde etkin şekilde kullanılmasına yönelik araştırmalar başlamıştır. Bu dönemde ortaya atılan yaklaşımlar, üretim yönetimi ile bilgi sistemlerinin entegrasyonunun temelini oluşturmuş ve KKP sistemlerinin gelişimine öncülük etmiştir (Keskinçilik ve İpkin, 2023).

1.1.1. 1960'lar MRP'nin Doğuşu

KKP sistemlerinin temelini oluşturan ilk yapı, Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) olarak adlandırılan sistemlerdir. İngilizce karşılığı "Material Requirements Planning" olan bu yaklaşım, literatürde yaygın olarak MRP kısaltması ile anılmaktadır. MRP sistemleri, 1960'lı yıllarda sanayi kuruluşlarının üretim süreçlerini daha verimli bir şekilde yönetme ihtiyacından doğmuştur. Bu dönemde bilgisayarların işletme süreçlerinde kullanılmaya başlanması, üretim planlamasına yönelik sistemlerin de bilgisayar destekli hale getirilmesine zemin hazırlamıştır. Sürecin öncülerinden biri olan IBM ve dönemin diğer büyük yazılım firmaları, bilgisayar tabanlı üretim yönetimi sistemleri geliştirmek üzere çeşitli araştırma ve geliştirme faaliyetlerine başlamışlardır. Bu çabalar sonucunda ilk nesil MRP sistemleri ortaya çıkmıştır. Özellikle Ford ve General Electric gibi büyük ölçekli şirketler, MRP sistemlerini erken benimseyen ve bu sistemlerden yarar sağlayan öncü firmalar arasında yer almıştır. Bu gelişmeler, daha sonra kapsamı genişletilen ve farklı işlevleri entegre eden KKP sistemlerinin temelini oluşturmuştur (Orlicky, 1975).

1.1.2. 1970'ler KKP'nin Temelleri

1970'li yıllarda geliştirilen Üretim Kaynak Planlaması (ÜPK) sistemlerinin temel amacı; stokların kontrol edilmesi, stok yönetiminin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi, stok maliyetlerinin hesaplanması ve stok değerlerinin belirlenerek yönetiminin sağlanması olarak tanımlanmıştır. Bu bağlamda, ÜPK sistemleri başlangıçta yalnızca stok ve envanter yönetimi ile sınırlı bir işlevselliğe sahipken, 1970'li yılların sonlarına doğru, söz konusu sistemlerin kapsamı genişletilmiş ve üretim süreçleri de bu yapıya entegre edilmiştir. Böylece, ÜPK yalnızca stok yönetimiyle sınırlı kalmayıp üretim planlaması ve kontrolünü de içeren daha kapsamlı bir yapıya dönüşmüş; bu yeni sistem İngilizce "Manufacturing Resource Planning" (MRP II) olarak adlandırılmıştır. Bu süreçle eş zamanlı olarak, işletmelere yönelik entegre çözümler geliştiren yazılım firmaları da ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu doğrultuda, SAP 1972 yılında, Oracle ise 1977 yılında ilk kurumsal yazılım çözümlerini sunarak işletme yönetim sistemleri alanında önemli birer aktör hâline gelmiştir (Monk & Wagner, 2012). Bu gelişmelerin ardından, Oliver Wight tarafından Üretim Kaynak Planlaması II (ÜKP II) konsepti geliştirilmeye başlanmıştır. ÜKP II, yalnızca üretim ve stok yönetimini incelememektedir, aynı zamanda finansal yönetim, insan kaynakları ve tedarik zinciri yönetimi gibi işletmenin diğer temel fonksiyonlarını da kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu sayede ÜKP II, işletme kaynaklarının bütüncül bir yaklaşımla planlanmasına ve koordinasyonuna olanak tanıyan entegre bir sistem hâline gelmiştir (Wight, 1984).

1.1.3. 1990'lar KKP'nin doğuşu

1990'lı yılların sonlarına gelindiğinde, işletmelerin ihtiyaçları yalnızca stok ve üretim yönetimiyle sınırlı kalmamış; finans, insan kaynakları ve müşteri ilişkileri gibi işlevsel alanların da önemi giderek artmıştır. Bu durum, kurumsal yazılımların kapsamının genişletilmesini zorunlu kılmıştır. Tüm iş süreçlerini kapsayacak şekilde geliştirilen bu yeni yazılım anlayışı, KKP kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu terim, ilk kez Gartner Group tarafından söz konusu bütünlüklü yaklaşımı tanımlamak amacıyla kullanılmıştır (Klaus vd., 2000). SAP, Oracle gibi önde gelen yazılım firmaları bu alandaki öncü konumlarını güçlendirerek KKP çözümleri geliştirmiştir. Başlangıçta yalnızca üretim sektörüne odaklanan KKP sistemleri, zamanla hizmet, perakende ve

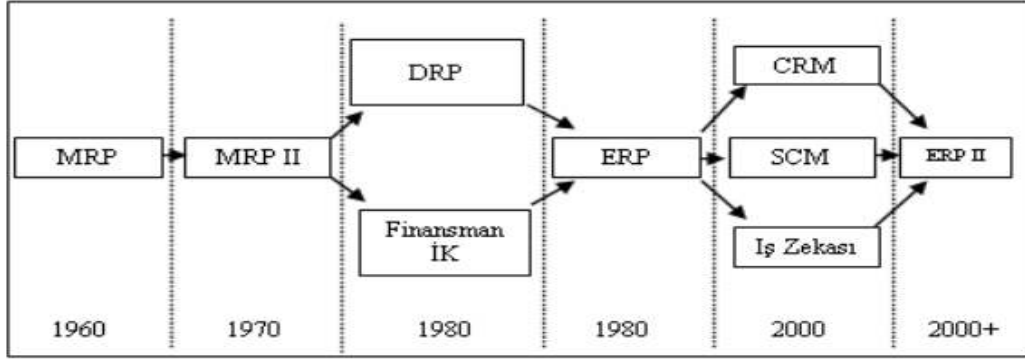
kamu gibi üretim dışı sektörlerde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Davenport, 1998).

1.1.4. 2000'ler Bulut KKP ve Mobil Çözümler

21. yüzyılın başlarında internet teknolojilerinin ve bulut bilişim altyapılarının hızla gelişmesi, KKP yazılımlarının yapısında önemli dönüşümlere yol açmıştır. Bu dönemde, KKP sistemleri şirket içi sunuculara bağımlı olmaktan çıkarılarak ağ tabanlı yapılara taşınmış; böylece sistemlerin daha esnek, ölçeklenebilir ve erişilebilir hale gelmesi sağlanmıştır. Mobil cihazların yaygınlaşması ile birlikte, KKP sistemlerine coğrafi kısıtlamalardan bağımsız olarak erişim mümkün hâle gelmiştir. Bu teknolojik gelişmeler doğrultusunda, SAP, Oracle ve Microsoft gibi önde gelen yazılım firmaları, bulut tabanlı KKP çözümleri geliştirmeye yönelmiştir (Rashid vd. 2002).

1.1.5. 2010'lar ve Günümüz

Günümüzde KKP sistemlerinin, gelişen teknolojiyle birlikte daha akıllı ve verimli hâle getirilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, KKP yazılımları; YZ, BVA, NI, AR ve SG gibi ileri teknolojilerle entegre edilerek daha etkili ve öngörüye dayalı çözümler sunmaktadır. Makine Öğrenmesi (MÖ) algoritmaları sayesinde, özellikle talep tahminleme ve süreç otomasyonu gibi işlevlerde önemli iyileşmeler sağlanmıştır. Ayrıca, üretim hatlarındaki makinelerin doğrudan KKP sistemlerine entegre edilmesiyle birlikte, gerçek zamanlı veri akışı mümkün hâle gelmiştir. Öte yandan, bakım ve onarım süreçlerinde artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımı, operasyonel etkinliği ve kullanıcı deneyimini artıran bir unsur olarak öne çıkmaktadır (Zhao ve Fan, 2020).



Şekil 1. KKP'nin Tarihsel Gelişimi

Kaynak: Yıldız ve Akaydın. (2012). Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemine Geçiş Yapan Endüstriyel Bir İşletmede Yazılımın Kurulum Süreci ve Yaşanılan Değişimler. *Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi*, 1-20.

1.2. KKP'nin Dijital Dönüşümdeki Yeri

Bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle süreçlerin otomatikleştirilmesi, verilerin elektronik ortamda yönetilmesi ve işlerin ağlar üzerinden paylaşılması talebi ortaya çıkmıştır. İnternetin yaygınlaşması ile birlikte bu dönüşüm süreci hız kazanmış bu bağlamda, KKP sistemlerinde meydana gelen yenilikler ve gelişmeler, işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerine önemli katkılar sağlamış; kurumların otomatikleşme ve karmaşık iş süreçlerini düzenleme kapasitelerini artırmıştır (Keskinçiliç ve İpkin, 2023). Tüm bu gelişmeler ışığında, günümüzde dijital dönüşüm sürecini benimseyen kurumların sürdürülebilirliği açısından KKP yazılımlarının büyük öneme sahip olduğu söylenebilir (Asprion vd., 2018).

1.2.1. Dijital Dönüşüm

Dijital dönüşüm, tüm iş süreçlerinin, kaynakların ve insan faktörünün dijital ortamlarda bağlantılı ve uyumlu hale getirilerek, kurumların performansını ve rekabet gücünü artırmayı amaçlayan kapsamlı bir stratejidir. Dijital dönüşüm, kurumların ve toplulukların gelişen teknolojileri kullanarak iş süreçlerini ve mesleki bilgi birikimlerini dijital verilere dönüştürme sürecidir. Bu dönüşüm, geleneksel sistemlerden dijital teknolojilere geçişi ve teknolojik araçların ile verilerin

benimsenmesini kapsamaktadır (Kocaman ve Karoğlu, 2020). Benzer şekilde, dijital dönüşüm birçok sektörde çeşitli faydalar sağlamaktadır. Ancak, dijital dönüşümün etkisinin tam anlamıyla gerçekleşebilmesi için çalışanların eğitimi ve araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerinin artırılması gerekmektedir. Bu sayede, dönüşümden maksimum verim alınması mümkün olacaktır (Kökhan ve Serhan, 2021).

1.2.2. Dijital Dönüşümün Gelişimi

İnsanın bulunduğu her ortam, değişim ve gelişim potansiyeli taşımaktadır. İnsanlık tarihinin erken dönemlerinde yaşanan tarım devrimi, sosyal yapının ve iş yaşamının dönüşümünde önemli bir kırılma noktası olmuştur. Başlangıçta üretim faaliyetleri büyük ölçüde insan gücüne dayalıyken, nüfus artışı ve şehirleşme gibi dinamiklerin etkisiyle insan gücünün yetersiz kalmaya başlaması, yeni arayışları beraberinde getirmiştir. Bu gereksinimlerin sonucu olarak makineleşme süreci başlamış; sonrasında ise doğada bulunmayan ürünlerin üretilmesiyle birlikte sanayileşme dönemi ortaya çıkmıştır (Aköz, 2023). Sanayileşme süreciyle birlikte, üretim yapısında insan gücünden makine gücüne doğru önemli bir dönüşüm yaşanmıştır. Bu dönüşüm, tarım toplumlarına özgü olan kölelik ve köle sahipliği temelli üretim ilişkilerinin, yerini ücretli emek üzerine kurulu işçi-işveren ilişkilerine bırakmasına neden olmuştur. Bu yeni üretim düzeninde emek sömürüsü ve çalışma koşulları gibi sorunlar, işçi sınıfının hak taleplerini gündeme getirmiş; bu talepler zamanla sendikal hareketlerin doğmasına ve endüstri ilişkileri kavramının şekillenmesine zemin hazırlamıştır (Yankın, 2019).

1.2.3. Dijital Dönüşümün Önemi

Dijital dönüşüm, günümüz kurumlarının sürdürülebilirliğini sağlamak ve rekabet koşullarına uyum gösterebilmek adına stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu dönüşüm yalnızca teknolojik araçların benimsenmesini incelemeyi, aynı zamanda kurum kültürünün, iş süreçlerinin ve yönetim anlayışının bütüncül bir biçimde yeniden yapılandırılmasını da içermektedir (Vial, 2019). KKP yazılımlarının gelişimi ve yaygınlaşması, dijital dönüşüm süreçlerinin daha sistematik ve etkin bir şekilde yönetilmesini mümkün kılmış; bu yazılımlar dönüşümün temel bileşenlerinden biri

haline gelmiştir. Türkiye Bilişim Vakfı tarafından yayımlanan bir rapora göre, küresel rekabetin artması, maliyet baskılarının yoğunlaşması ve müşteri beklentilerinin çeşitlenmesi dijital dönüşüm sürecini daha da kritik bir noktaya taşımaktadır. Raporda, dijital dönüşüme adapte olamayan işletmelerin %60'ının önümüzdeki beş yıl içinde rekabet avantajını kaybetme riskiyle karşı karşıya kalacağı belirtilmektedir. Bu durum, dijital dönüşümün yalnızca büyük ölçekli işletmeleri ilgilendirmemektedir, aynı zamanda küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) açısından da hayati bir öneme sahip olduğunu göstermektedir (Türkiye Bilişim Vakfı, 2020). Bu nedenle dijitalleşme, yalnızca büyük ölçekli işletmeler için stratejik bir zorunluluk haline gelmemiştir, KOBİ'ler açısından da stratejik bir zorunluluk hâline gelmiştir. Dijital dönüşüm, birçok alanda yüksek düzeyde verimlilik sağlamak; işletmelerin rekabet gücünü artırmaktadır. Bu süreçte KKP sistemleri, veri tabanlı karar alma, muhasebe, finans, tedarik zinciri yönetimi gibi temel iş alanlarında devreye girerek, farklı birimlerin tek bir platform üzerinden entegre bir şekilde yönetilmesini mümkün kılmaktadır. Entegrasyon sayesinde kurumsal şeffaflık artmakta, bilgiye erişim hızlanmakta ve operasyonel hatalarda önemli ölçüde azalma sağlanmaktadır (Monk ve Wagner, 2013). Dijital dönüşümün hayati öneminin en fazla hissedildiği dönem, şüphesiz COVID-19 pandemisi'dir. Bu süreç, uzaktan erişim, esnek çalışma modelleri ve bulut bilişim gibi dijital çözümlerin kritik rolünü tüm dünyaya açık bir şekilde göstermiştir. Pandemi sürecinde KKP yazılımları, işletmelerin dijital reflekslerini hızlandırmış ve iş sürekliliğini sağlamada önemli bir rol üstlenmiştir. Fiziksel olarak iş yerinde bulunmadan, birçok sürecin uzaktan yönetilebilir hâle gelmesi, KKP sistemlerinin kurumlar için ne denli kritik olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur (McKinsey ve Company, 2020).

1.2.4. Dijital Dönüşümün Sağladığı Faydalar

Birbirinden farklı birçok sektörde ve alanda dijital dönüşümün önemli avantajlar sağladığı görülmektedir. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Yücel ve Şakir, 2018).

Verimlilik Artışı: Dijital dönüşüm, sunduğu teknolojik kolaylıklarla kurumların operasyonel verimliliğini artırmaktadır.

İnovasyon ve Rekabet Avantajı: Yeni teknolojilere hızlı entegrasyon imkânı sunması, kurumların yeniliklere daha çabuk adapte olmasını sağlamakta ve bu da rekabet avantajı kazandırmaktadır.

Müşteri Memnuniyetinin Geliştirilmesi: Dijital araçlar sayesinde daha kaliteli mal ve hizmet sunumu mümkün hale gelmekte, bu durum müşteri memnuniyetini ve dolayısıyla kârlılığını artırmaktadır.

Veri Odaklı Karar Alma: Verilerin daha etkin şekilde toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesi sayesinde sağlıklı ve eş zamanlı karar alma süreçleri geliştirilebilmektedir. KKP yazılımları bu süreçte kilit rol oynamaktadır.

İletişim ve İş Birliği Kolaylığı: KKP sistemleri sayesinde insan kaynağı arasındaki iletişim güçlenmekte, ekipler daha etkin biçimde bilgi ve belge paylaşımı yapabilmektedir.

Sürekli Öğrenme ve Gelişim: Dijital dönüşüm, bilgiye erişimi kolaylaştırarak ekiplerin daha hızlı öğrenmesini ve gelişmesini teşvik etmektedir.

Sürdürülebilirlik: Dijital çözümler, kâğıt gibi doğal kaynakların tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Özellikle satış ve pazarlama alanlarında dijital çözümler, müşteri deneyimini iyileştirmekte ve müşteri memnuniyetini artırarak kurumlara rekabet avantajı sağlamaktadır (Türkel ve Yeşilkuş, 2020). Dijital dönüşümün sağladığı birçok avantajın yanı sıra bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Bu sınırlılıklar, dijital dönüşüm sürecini özellikle bazı kurumlar açısından zorlaştırabilmektedir. Öncelikle, dijital dönüşümün yüksek maliyetli olması, özellikle KOBİ'ler için önemli bir engel teşkil etmektedir. Ayrıca, veri güvenliği ve gizliliği konusundaki kaygılar da dönüşüm sürecinde kurumları tereddütte bırakabilmektedir (Eşki ve Tarhan, 2022). Bununla birlikte, dijital dönüşümün farklı seviyelerde benimsenmesi kurumlar arasında dijital bir uçurumun oluşmasına yol açabilir. Bu durum, bazı kesimlerin dijital dönüşümün dışında kalmasına neden olabilir. Bu tür eşitsizliklerin önlenmesi için politika yapıcılar, kamu otoriteleri ve ilgili paydaşlar tarafından gerekli destek mekanizmalarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır (Ay ve Kılıç, 2023).

1.2.5. Dijital Dönüşüm ve KKP

Dijital dönüşüm, kurumların iş süreçlerini dijital teknolojiler aracılığıyla yeniden yapılandırma sürecidir. Bu süreç, sadece dijital verilerin yönetilmesini kapsamamaktadır, aynı zamanda teknolojinin iş süreçlerine entegrasyonunu da kapsamaktadır. KKP sistemleri, tüm iş süreçlerini dijital olarak birleştirerek kurumların dijital dönüşümlerine önemli katkılar sağlamaktadır (Monk ve Wagner, 2013). Dijital dönüşüm yalnızca teknolojik değişikliklerle sınırlı olmayıp, stratejik karar alma süreçlerinin hızlanmasını, veriye dayalı yönetim anlayışının gelişmesini ve organizasyonel esnekliğin artmasını da beraberinde getirmektedir (Vial, 2019). Bu süreçlerin etkin yönetimi, en çok gelişmiş KKP sistemleri ile mümkün olmaktadır. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın yayınladığı bir rapora göre, KKP sistemleri dijital dönüşüm süreçlerinde verimlilik ve çevikliği artıran temel araçlardır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, Türkiye örneğinde olduğu gibi, KKP yazılımları dijital dönüşümün tamamlanmasında kritik bir rol oynamakta, hem kamu hem de özel sektörde dijital rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlamaktadır (Bakanlık Yayınları, 2021).

1.3. KKP'nin Modülleri

KKP programları birçok modülden oluşmaktadır. Bu modüllerden bir kısmı standart modüller bir kısmı ise kurumlardan gelen talepler doğrultusunda oluşturulan özel modüllerdir. KKP yazılımları fonksiyonel olarak farklılıklar gösterse de kurumların ihtiyaçları doğrultusunda tüm KKP yazılımlarında ortak modüller bulunmaktadır. Bu modüllerin başlıcaları temel olarak tasarım, satış ve müşteri ilişkileri, satın alma yönetimi, malzeme yönetimi, üretim yönetimi, finans ve muhasebe, insan kaynakları ve temel uygulama modülleri gibi ana başlıklar altında toplanmış olan modüllerdir. Bu ana başlık modüllerinin altında da çeşitli alt modüller bulunmaktadır (Aydoğan, 2008).

1.3.1. Finans Yönetimi

Kurumlar mali hesaplamalarını üç temel unsur üzerine kurmaktadır: varlık yönetimi, kontrol ve finans yönetimi. Bu fonksiyonlar sayesinde kurumlar, maliyet

analizleri, kâr-zarar raporları ve alacak-borç hesaplarını etkin bir şekilde raporlayabilirler. Bu raporlar, mali işlerin kurumsal hedeflere uygun şekilde yönetilmesini sağlamaktadır (Sebetci vd., 2014).

1.3.2. Muhasebe Yönetimi

Muhasebe yönetimi, verilerin sadece kayıt altına alınması ve resmi beyan edilmesinin ötesinde; bu verilerin analiz edilerek karar alma süreçlerine katkıda bulunacak şekilde yorumlanmasını da içermektedir (Horngren, 2013). Muhasebe yönetimi, işletmelerin yasal yükümlülüklerini eksiksiz bir şekilde yerine getirmesini sağlamaktadır. Ayrıca, mali kaynakların etkin ve verimli kullanılabilmesi için gerekli kararların alınmasına katkıda bulunmaktadır. Bu yönetim alanı, mali tabloların hazırlanması, bütçe planlaması ve risk yönetimi gibi önemli süreçleri de kapsamaktadır (Drury, 2015). Giderek artan küreselleşme ve yoğun rekabet ortamında muhasebe yönetiminin önemi sürekli olarak artmaktadır. Bu nedenle muhasebe, sadece geçmişe ait verilerin raporlanması içermemektedir, aynı zamanda geleceğin analiz edilmesi ve stratejik planlamaların yapılmasında da etkin bir yönetim aracı haline gelmiştir (Kaplan ve Atkinson, 2014). Muhasebe yönetimi, dijital dönüşüm süreciyle birlikte muhasebe yazılımlarının entegrasyonu, BVA ve YZ destekli raporlama araçlarının kullanımıyla evrimleşmiştir (Granlund, 2011).

1.3.3. Üretim Yönetimi

İşletmelerin rekabetçi bir avantaj elde edebilmeleri için üretim faktörlerini optimum düzeyde kullanmaları, müşteri taleplerine uygun ürün ve hizmetleri istenilen sürede sunmaları gerekmektedir. Bu bağlamda üretim yönetimi, yalnızca operasyonel verimliliği dikkate almaz, aynı zamanda müşteri memnuniyetini ve sürdürülebilir kârlılığı da doğrudan etkileyen kritik bir fonksiyon olarak değerlendirilmektedir (Stevenson, 2020). Üretim yönetimi, yalnızca üretim sürecini yönetmekle kalmamakta aynı zamanda kapasite planlaması, envanter yönetimi, iş gücü organizasyonu ve malzeme ihtiyaç planlaması gibi birçok alt başlığı da içeren kapsamlı bir yönetim alanı oluşturmaktadır (Heizer, 2020).

1.3.4.Stok Yönetimi

İşletmeler, faaliyet alanlarına ve ihtiyaçlarına bağlı olarak işletme içerisinde ya da dışında çeşitli depo alanları oluşturmaktadır. Bu depoların koordineli ve entegre bir şekilde yönetilmesi, etkin stok yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Stok yönetimi fonksiyonu, işletmelerin stoklarını tedarik sürecinden başlayarak üretim, depolama, dağıtım ve nihai tüketiciye ulaştırma süreçlerine kadar kapsamlı bir şekilde izleyip yönetmelerini mümkün kılmaktadır (Ural, 2004). Bu kapsamda, KKP sistemleri stok gibi stratejik öneme sahip bir kaynağın kontrolünü ve yönetimini sistematik hâle getirerek süreci daha verimli bir düzeye taşımaktadır. Söz konusu verimlilik, yalnızca stok maliyetlerinin azaltılmasıyla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda üretim planlaması, tedarik zinciri yönetimi ve müşteri memnuniyetine yönelik süreçlerde de işletmelere önemli avantajlar sunmaktadır.

1.3.5.Satış Yönetimi

İşletmelerin temel amacı kâr elde etmek ve bu doğrultuda faaliyetlerini sürdürülebilir kılmaktır. Bu amacı gerçekleştirebilmenin en temel koşulu ise ürün veya hizmet satışının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesidir. Satış performansının artırılması ve kârlılığın sağlanması için pazar analizi, rakip değerlendirmesi, müşteri taleplerinin analizi ve etkili kampanya yönetimi gibi süreçlerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. KKP sistemleri, bu bağlamda satış süreçlerini dijitalleştirerek işletmelere önemli avantajlar sunmaktadır. Söz konusu sistemler, siparişin alınmasından üretime, üretimden sevkiyata ve nihai aşamada faturalandırmaya kadar tüm değer zincirini entegre bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Bu entegrasyon sayesinde işletmeler, satış süreçlerine dair detaylı analiz ve raporlamalar gerçekleştirebilmekte; böylece stratejik karar alma süreçleri daha sağlıklı yürütülebilmektedir (Şaylan, 2011).

1.3.6.Satın Alma Yönetimi

KKP sistemleri dâhilinde yer alan satın alma yönetimi fonksiyonu; işletmelerin birlikte çalıştığı tedarikçi firmalar ve bu firmalardan temin edilen ürünler hakkında

anlık fiyat değişimleri ile satın alınabilecek miktar bilgilerine hızlı ve kolay erişim sağlayarak, satın alma sürecinin etkinliğini artırmaktadır (Yeşildağ, 2010).

1.3.7.Lojistik ve Dağıtım Yönetimi

Etkin bir lojistik ve dağıtım yönetimi, firmalara rekabet avantajı sağlayabilir. Özellikle entegre lojistik sistemleri, KKP yazılımlarıyla desteklenerek süreçlerin bütünsel olarak yönetilmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede lojistik maliyetler azaltılırken, müşteri hizmet seviyeleri artırılabilir (Mentzer, 2001)

1.3.8.Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik Zinciri, işletmenin amacına uygun olarak ürettiği ya da sattığı mal ve hizmetlerin modellemesi, üretimi, satın alması, dağıtım ve sevkiyatına kadar tüm iş süreçlerinin, maliyet verimliliği açısından piyasa şartlarına en uygun şekilde, yönetilmesi, düzenlenmesi, kontrol edilmesi, planlanması ve denetlenmesi faaliyetleri olarak sıralanmaktadır. Tedarik zinciri tedarik zinciri bütünü aşamalarını otomatik hale getirmek ve sağlıklı bir şekilde yönetebilmek için planlanmıştır. Firmaların mallarına olan talebin en optimum şekilde karşılanması ve maliyetlerin azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Tedarik zinciri hammadde tedariki, mal üretimi, dağıtım ve sevkiyatın bütünü aşamalarını kapsamaktadır (Cox, 1999).

1.3.9.İnsan Kaynakları Yönetimi

İnsan Kaynakları Yönetimi, kurumların amaçlarına ulaşmasını sağlayacak olan insan gücünü, planlama, temin etme, organize etme, iyileştirme, eğitme, geliştirme, motive etme ve verimli olanları elde tutma süreçlerini kapsayan bir yönetim alanı olarak karşımıza çıkmaktadır (Sabuncuoğlu ve Tokol, 2014). İnsan kaynakları yönetimi fonksiyonu, işletmenin insan sermayesini stratejik bir şekilde planlamasını ve yönetmesini sağlayan temel süreçleri kapsamaktadır. Bu fonksiyon, çalışanların işe alımından eğitimine, performans değerlendirmesinden ücretlendirme ve kariyer planlamasına kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir. Aynı zamanda, organizasyonun mevcut ve gelecekteki insan gücü ihtiyacını analiz ederek uygun zamanlarda gerekli iş gücü miktarının belirlenmesine yardımcı olur. KKP sistemleri aracılığıyla entegre

biçimde yürütülen insan kaynakları yönetimi, işletmelerin verimliliğini artırmakta ve çalışan bağlılığını güçlendirmektedir (Kocağa, 2012).

1.3.10. Kalite Yönetimi

İşletmelerin ürün ve hizmetlerinin farklı piyasalarda kabul görebilmesi, belirli kalite standartlarına uygun olarak üretilmesine bağlıdır. Kalite yönetimi fonksiyonu, üretilen ürünlerin kalite kriterlerine uygunluğunu sistematik bir şekilde denetleyen ve bu uygunluğun belgelenmesini sağlayan süreçleri kapsamaktadır (Demirtaş, 2010).

1.3.11. Müşteri İlişkileri Yönetimi

MİY bir işletmenin var olan ve potansiyel müşterileriyle olan ilişkilerinin yönetilmesine verilen isim olarak değerlendirilmektedir. MİY müşteri ihtiyaç, talep ve arzularını anlamak, müşteri memnuniyetini artırmak, düzenli bir bağ yani sadakat oluşturmak amacıyla KKP ile desteklenen birbirine entegre süreçlerden oluşmaktadır. MİY süreçleri sadece bir yazılım sistemi olarak değerlendirilmemektedir, işletmenin pazarlama, satış ve hizmet gibi bölümlerini bütünleştiren müşteri odaklılığı amaç edinen bir yönetim stratejisi olarak görülmektedir (Peppers ve Rogers, 2004). MİY, işletmelerin müşterileriyle olan iletişim süreçlerini planlı, stratejik ve dijital araçlar kullanarak etkin bir şekilde yönetmesini sağlayan bir sistemdir. MİY'nin temel amaçları arasında müşteri memnuniyetini artırmak, müşteri taleplerini karşılamak ve müşteri bağlılığını güçlendirmek yer almaktadır. Bu kapsamda MİY, işletmelerin müşteri verilerini analiz ederek daha kişiselleştirilmiş hizmet sunmasına ve rekabet avantajı elde etmesine olanak tanımaktadır (Efil, 2014).

1.3.12. Sabit Kıymet Yönetimi

KKP sistemleri, işletmelerin kaynaklarını entegre biçimde planlamasını ve yönetmesini sağlayan bütünleşik bilgi sistemleridir. KKP sistemlerinin modüler yapısı, farklı işlevsel alanlarda etkin veri yönetimini mümkün kılmaktadır. Bu modüllerden biri olan Sabit Kıymet Yönetimi, işletmenin uzun vadeli varlıklarını izleme, değerlendirme ve raporlama işlevlerini yerine getirmektedir (Monk, 2017). Sabit kıymetler, işletmelerin üretim faaliyetlerinde kullanılan, uzun süreli fayda

sağlayan ve genellikle yüksek maliyetli varlıkları kapsamaktadır. Bunlara örnek olarak makineler, binalar, araçlar ve demirbaşlar verilebilir. Sabit kıymet yönetimi; bu varlıkların edinilmesinden elden çıkarılmasına kadar geçen tüm sürecin izlenmesini ve muhasebeleştirilmesini içermektedir (Wahlen, 2017).

1.4. KKP'nin İşletmelere Sağladığı Faydalar

İşletmeler, müşterilerinin ihtiyaçlarına göre ürettikleri mal ve hizmetleri zamanında ve eksiksiz bir şekilde teslim etmek, kalite standartlarına uygun üretim gerçekleştirmek ve üstün hizmet sunmak amacındadır. Bu hedeflere ulaşabilmek için müşteri ihtiyaçlarının doğru analiz edilmesi gerekmektedir. Müşteri ihtiyaçları, büyük ölçüde insan arzularına dayandığından, sürekli bir değişim süreci içerisinde. Bu nedenle işletmelerin, değişen koşullara hızlı ve etkin bir şekilde uyum sağlamaları zorunludur. Böylece rekabet ortamında avantajlarını koruyabilirler. Bu süreçlerin etkin yönetilebilmesi için sistematik ve entegre bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. İşletmelerin bu hedefleri gerçekleştirebilmesi için teknoloji ile sağlam ve sürdürülebilir bir ilişki kurmaları gerekmektedir. Söz konusu teknolojik üstünlüğün sağlanması, işletmelerin rekabet gücünü artırarak hedeflerine ulaşmalarını kolaylaştıran en önemli araçlardan biri, KKP sistemleridir. KKP sistemlerinin işletmelere sağladığı faydalar, işletmenin büyüklüğü, faaliyet alanı ve yapısı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, genel olarak aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir (Graham, 2009).

İş süreçleri arasındaki bağlantı ve iletişimi güçlendirerek iş akışının etkin ve kesintisiz ilerlemesini sağlamaktadır.

İşletme maliyetlerinin etkin yönetimi ve raporlanmasını kolaylaştırarak maliyetlerin azalmasına katkıda bulunmaktadır.

Birimler arası iş birliğini destekleyerek hata risklerini minimize etmektedir.

İşletmelerin farklı piyasalara giriş yapabilmelerine olanak tanır ve pazarlama alanında esneklik sağlamaktadır.

İşletme ihtiyaçlarına uygun niteliklerdeki personelin organizasyona katılımını mümkün kılmaktadır.

Veri arşivleme süreçleriyle güncel verilere hızlı ve kolay erişim imkânı sunmaktadır.

Güncel verilere erişim kolaylığı, verinin doğru kullanılmasını destekleyerek hızlı ve isabetli karar alınmasını sağlamaktadır.

İş akışı içinde işlevsiz kalan süreçlerin tespit edilmesi ve yeniden tasarlanması sürecine katkı sağlamaktadır.

Firmaların küresel pazarlardaki rekabet gücünü artırır ve marka değerini yükseltmektedir.

İşletmelerde maliyet optimizasyonunu destekleyerek kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

Graham çalışmasında, yukarıda belirtilen on faydayı ayrıntılı olarak açıklamıştır. Bu faydalar özetlendiğinde, KKP sistemlerinin sağladığı başlıca katkılar şunlardır: iş akışının kolaylaştırılması, maliyetlerin düşürülmesi, hata riskinin azaltılması, yeni piyasalara erişim sağlanması, doğru personelin belirlenmesi, veri erişiminin kolaylaştırılması, hızlı ve isabetli karar alınması, iş süreçlerinin yeniden tasarlanması, küresel pazarlarda değer artışı ve maliyet optimizasyonu.

Ülkemizde yayınlanan bir başka kaynağa göre ise KKP'nin sağladığı faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Bayraktar ve Efe, 2006).

Kurum içindeki birimler arasında entegrasyonu sağlayarak veri akışını ve iletişimi kolaylaştırmaktadır.

Karlılık ve zarar analizlerinin hızlı ve doğru biçimde yapılmasına olanak tanımaktadır.

Üretilen mal ve hizmetlerin izlenebilirliğini artırmaktadır.

Uluslararası faaliyet gösteren işletmelerde dil ve zaman farklarından kaynaklanan problemleri minimize etmektedir.

Tekin, Soba, Altınay, Akyüz ve Baş'ın yazmış olduğu makaleye göre de KKP sisteminin firmalara sağladığı faydalar aşağıdaki gibi maddelendirilmiştir (Tekin vd., 2017).

İşletme maliyetlerinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

Satış süreçlerinin başarısını artırmaktadır.

Talep karşılama gücünü artırmaktadır.

Nakit Akışını verimli yönetmeyi sağlamaktadır.

Mağazaların iyileştirmesini sağlamaktadır.

Üretim Faaliyetlerinin etkin bir biçimde yönetilmesini sağlamaktadır.

Karar almayı kolaylaştırmaktadır.

1.4.1.KKP Sistemlerinin Uyarlanmasında Kritik Başarı Faktörleri

KKP uyarlama süreçlerinde kritik başarı faktörleri, bir KKP sisteminin kuruma başarılı bir şekilde entegre edilmesi ve kurum içerisinde etkin ve verimli bir biçimde kullanılmaya başlanması için gerekli olan unsurları ifade etmektedir. Bu faktörlerin temel amacı, KKP geçiş sürecinde minimum maliyetle maksimum verim elde edilmesini sağlamaktır. Bu nedenle, kritik başarı faktörlerinin doğru şekilde belirlenmesi ve uygulanması büyük önem taşımaktadır. KKP sisteminin başarılı olabilmesi için süreç yönetiminin titizlikle planlanması, kullanıcıların psikolojik olarak hazır bulunması ve ayrılan kaynakların yeterli ve doğru şekilde planlanması gerekmektedir. Bu bağlamda, KKP uyarlama süreçlerinin başarıyla tamamlanabilmesi için kritik başarı faktörleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir: üst yönetim desteği, doğru KKP sisteminin seçimi, kullanıcı eğitimlerinin verilmesi, iş süreçlerinin yapılandırılması, kaynakların etkin planlanması, proje ekibinin yetkinliği, amaç ve hedeflerin net olarak belirlenmesi, KKP sağlayıcısından alınan destek ile birimler arası sağlıklı iletişimin sağlanması (Tandoğan, 2007).

Üst yönetimin sürece desteği: Üst yönetim, kurum içindeki önemli kararların alındığı ve bu kararların uygulanmasının sağlandığı en üst düzey yönetim organlarıdır. KKP sisteminin seçim ve onay süreci, mutlaka üst yönetimin yetki ve sorumluluğunda gerçekleştirilmelidir. Ayrıca, üst yönetim verilen kararların etkin bir şekilde uygulanmasını yakından takip etmeli, proje ekibine süreç boyunca destek sağlayarak motivasyonlarını yüksek tutmalıdır. Sürecin ilerleyişinde ortaya çıkabilecek engelleri

zamanında tespit edip ortadan kaldırmak da üst yönetimin kritik görevleri arasında yer almaktadır.

Doğru, etkin ve verimli proje yönetimi: Her bir KKP uyarlama süreci, bir proje olarak ele alınmalı ve bu çerçevede yönetilmelidir. Başarılı bir uyarlama için uygun proje yönetim metodolojilerinin benimsenmesi ve alanında yetkin kişilerle çalışılması gerekmektedir. Ayrıca, işletmenin iç kaynakları ile KKP sağlayıcı firma arasında sağlıklı ve etkin bir iletişim kurulması, projenin başarıyla yürütülmesi açısından kritik öneme sahip bir kriterdir.

Doğru KKP seçimi: Her ne kadar süreçlerin standartlaştırılması ve evrenselleştirilmesi hedefleniyor olsa da, her kurumun kendine özgü iş süreçleri bulunmaktadır. Bu süreçler, kurumun iş yapış şekli, müşteri talepleri, faaliyet gösterdiği sektör ve yasal düzenlemeler gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu nedenle, işletmenin kendi süreçlerini detaylı bir şekilde tespit etmesi ve kurumsal yapısının farkında olması önem arz etmektedir. İşletme, KKP sağlayıcıları ile iş birliği yaparak hem kendi süreçlerini hem de KKP sistemlerinin kapsadığı süreçleri kapsamlı bir şekilde analiz etmelidir. Elde edilmiş olan analiz sonuçlarına dayanarak, işletmeye en uygun KKP yazılımının belirlenmesi ve tercih edilmesi gerekmektedir.

Kullanıcıların sağlıklı eğitilmesi: Kullanıcı eğitimleri, KKP sistemlerinin başarısı açısından kritik bir öneme sahiptir. Kullanıcıların, süreçlerin etkin ve verimli bir şekilde yürütülmesi için doğru kişiler tarafından, uygun yöntemlerle eğitilmemesi durumunda, uygulama sürecinde aksaklıklar ve tıkanmalar yaşanabilir. Bu nedenle işletmeler, uygun danışmanlık hizmeti alarak tüm kullanıcılarının eksiksiz ve doğru biçimde eğitildiğinden emin olmalıdırlar.

İş süreçlerinin yeniden yapılandırılması: İşletme içindeki iş süreçlerinde tıkanmalar, darboğazlar, hatalı uygulamalar veya verimsizlik gibi sorunlar yaşanabilmektedir. Ayrıca, gereksiz ve aşırı karmaşık süreçler de bulunabilir. Bu nedenle, tercih edilen KKP sisteminin süreçleri detaylı bir şekilde incelenmeli ve etkin bir süreç yönetimi yaklaşımı benimsenmelidir. Süreçlerini yeniden yapılandıramayan işletmeler ise ihtiyaçları doğrultusunda özel yazılım çözümleri entegre ederek bu eksiklikleri giderebilirler.

Kaynakların doğru planlanması: Bir projede finansal kaynaklar, zaman ve insan kaynağının doğru ve etkin bir şekilde planlanması gerekmektedir. Kaynakların yetersiz veya hatalı planlanması, hesaplanan bütçenin aşılmasına ve maliyetlerin artmasına neden olabileceği gibi, projenin süresinde tamamlanamamasına ve dolayısıyla gecikmelere yol açabilmektedir.

Seçilen proje ekibinin yetkin olması: Proje ekibinin, KKP yazılımı ve ilgili süreçler konusunda yeterli bilgiye sahip olması gerekmektedir. Birçok işletme, KKP sistemlerinin bir yazılım olması nedeniyle bu tür projeleri yalnızca yazılım veya BT ekiplerine devretmektedir. Ancak bu yaklaşım doğru değildir. KKP uyarlama projelerinde, proje ekibinde işletmeyi iyi tanıyan, işletme faaliyetlerini, süreçlerini bilen ve yönetebilen personelin yer alması önem arz etmektedir. KKP projeleri, salt bir yazılım geliştirme projesi olmaktan ziyade, iş süreci yönetimi, dijital dönüşüm ve organizasyon yönetimini kapsayan kapsamlı projelerdir. Bu nedenle ekip oluşturulurken söz konusu kriterlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Düzelten, 2024).

Amaç ve hedeflerin belirlenmesi: KKP uyarlama süreci, bir proje olarak ele alınmalıdır. Her projenin belirli bir amacı ve ulaşılması gereken hedefleri bulunmaktadır. Bu nedenle, amaç ve hedeflerin açık, net ve gerçekçi bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Proje yönetimi, bu doğrultuda şekillendirilmeli ve proje süreci bu hedeflere uygun olarak yürütülmelidir.

KKP sağlayıcının desteği: KKP yazılımının entegrasyonu, yazılımın kurulacağı ve işletme süreçlerine entegre edileceği ortamı ifade etmektedir. Hangi yazılımın tercih edildiği kadar, yazılım sağlayıcısından alınan destek hizmetinin niteliği de kritik öneme sahiptir. Destek hizmetlerinin anlık, çözüm odaklı ve doğru olması, entegrasyon sürecinin başarısını doğrudan etkileyen temel unsurlardır.

Birimler arası sağlıklı iletişim: KKP sistemlerinin temel amaçlarından biri, işletme içindeki birimler arasındaki iletişimi sağlamak ve bu iletişim süreçlerini dijital ortamda kolaylaştırmaktır. Ancak mevcut durumda işletme bünyesindeki iletişim eksiklikleri veya kopukluklar aşırı düzeyde ise, KKP sistemlerinin bu sorunu tek başına çözmesi mümkün olmayabilir. Hatta bu tür iletişim problemleri, KKP uygulamasının başarısını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, kurum kültürü ve iç

iletişim dinamiklerinin güçlendirilmesi, KKP projelerinin başarısı açısından kritik öneme sahiptir.

1.4.2. KKP Sistemlerinin Uyarlanmasında Kritik Başarısızlık Faktörleri

KKP sistemlerinde başarı kritik başarı faktörleri olduğu gibi kritik başarısızlık faktörleri de bulunmaktadır. Bunlar KKP sistemlerinin oluşturulmasında olumsuzluklar çıkarmakta ve projenin başarısız olmasına yol açabilmektedir. KKP projeleri büyük, fazla zaman alan, karmaşık ve zor sistemler olarak adlandırılmaktadır. Bu yüzden iş performansları üzerinde başarısız uygulamalar görülebilmektedir (Yağar, 2021). KKP sistemleri ile işletmeler arasındaki uyumsuzluklar, önemli düzeyde çatışmalara yol açabilmektedir. Bu tür durumlarda, sistemde daha fazla özelleştirme gereksinimi ortaya çıkmakta ve uygulama ile ilgili riskler artmaktadır. Uyarlanabilirlik risklerinin minimize edilmesi ise dikkatli bir sistem seçimi ile mümkün olmaktadır. Teknoloji, sistem ve kullanıcılar arasındaki uyumsuzlukları azaltmak amacıyla iş süreçlerinin yeniden tasarımı, KKP sisteminin özelleştirilmesi ve kullanıcı eğitimleri gibi faaliyetler, proje ekibi tarafından etkin bir şekilde yönetilmelidir (Basoglu, 2007). KKP uyarlama süreçleri zorlu ve karmaşık bir yapıya sahip olup, bu süreçte başarısızlıkların yaşanması muhtemel görülmektedir.

Bir KKP projesinin başarısızlığı, işletme ve yazılım koşullarına bağılı olarak değışiklik göstermekle birlikte, başlıca başarısızlık faktörleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Peci, 2014):

Danışmanın etki ve yetkisinin zayıflığı: Danışmanın proje sürecinde yeterli yetki ve etkinliğe sahip olmaması, karar alma mekanizmalarında gecikmelere ve uyumsuzluklara neden olarak projenin başarısını olumsuz etkileyebilmektedir.

KKP yazılımının işletmeye uygunsuzluğu: Seçilen KKP yazılımının işletmenin ihtiyaçlarına ve iş süreçlerine uygun olmaması, sistemin işlevselliğini düşürür ve kullanıcı memnuniyetsizliğine yol açmaktadır.

Proje ekip üyelerinin değışmesi: Proje sürecinde ekip üyelerinin sık sık değıştirilmesi, bilgi sürekliliğinin kesintiye uğramasına ve projenin koordinasyonunun zayıflamasına neden olmaktadır.

Bilgi teknolojileri altyapısının boşta kalması: İşletmenin mevcut bilgi teknolojileri altyapısının KKP sistemine entegre edilmemesi veya etkin kullanılmaması, sistemin potansiyel faydalarının tam olarak gerçekleşmesini engellemektedir.

Bilgi aktarımının gereksiz veya eksik olması: Proje surecinde bilgi paylaşımının ya gereksiz yere fazla ya da yetersiz yapılması, iletişim sorunlarına ve yanlış anlamalara yol açarak uygulama surecini aksatmaktadır.

Kullanıcı algısının yanlış anlaşılması: Kullanıcıların ihtiyaçları, beklentileri ve direncinin doğru analiz edilmemesi, sistemin benimsenmesini zorlaştırır ve adaptasyon surecini olumsuz etkilemektedir.

KKP sistemlerinin kullanıcı net algılarının yanlış anlaşılması: Kullanıcıların KKP sistemlerine yonelik algılarının ve beklentilerinin yanlış yorumlanması, sistem kullanımında motivasyon dklne ve etkinlik kaybına sebep olmaktadır.

Proje programının dar olması: Proje için ayrılan zamanın yetersiz olması, uygulama surecinde aceleci kararlar alınmasına ve kalite standartlarının düşmesine neden olabilmektedir.

Kullanıcıların değişime direnci: Çalışanların yeni sistemlere ve surelere uyum sağlama konusunda direnç göstermesi, KKP projelerinin uygulanmasını zorlaştırır ve başarı oranını düşrmektedir.

Yetersiz kullanıcı eğitimi: Kullanıcılara yonelik eğitimlerin eksik veya yetersiz olması, sistemin doğru ve etkin kullanılmamasına yol açar, bu da proje başarısını olumsuz etkilemektedir.

Fazla yazılım zelleştirme: Ařırđ zelleştirme talepleri, sistemin karmaşıklaşmasına ve güncelleme maliyetlerinin artmasına sebep olarak projenin srdrlebilirliğini tehlikeye atmaktadır.

Testlerin yetersizliği: Uygulama öncesinde gerçekleştirilen testlerin eksik veya yzeyssel yapılması, sistem hatalarının üretim ortamında ortaya çıkmasına ve sorunların büyümesine neden olmaktadır.

Kaynak yetersizliği: Proje için ayrılan finansal, insan gücü ve teknolojik kaynakların yetersiz kalması, süreçlerin aksamasına ve hedeflerin gerçekleştirilememesine yol açmaktadır.

KKP uygulamalarında başarı ve başarısızlık faktörleri birlikte ele alınarak bütüncül bir değerlendirme yapılmalıdır. Başarısızlık faktörleri çeşitli gruplar halinde sınıflandırıldığında, ortaya çıkan temel nedenler şu şekilde sıralanabilir: Amaç ve hedeflerin net olarak anlaşılamaması, üst yönetimin değişim sürecine aktif katılım göstermemesi, projeye yetersiz kaynak tahsis edilmesi, kullanıcıların değişime direnç göstermesi, seçilen KKP yazılımının işletmenin ihtiyaçlarına uygun olmaması, yetersiz ve eksik kullanıcı eğitimleri, beklentilerin gerçekçi olmayan seviyelere çıkarılması, sistem kurulumunda işletme içi kaynakların yetersizliği veya hatalı kullanımı ve kullanıcı dostu olmayan KKP sistemlerinin tercih edilmesidir. Bu faktörlerin her biri, KKP projelerinin başarısını olumsuz yönde etkileyerek, uygulama süreçlerinde aksamalara ve verimsizliklere yol açabilmektedir (Gulmammadov, 2023).

Amaç ve Hedeflerin Anlaşılamaması: KKP yazılımlarının işletmelere uyarlanması bir projedir ve proje yönetimi olarak ele alınmalıdır. Bir projede amaç ve hedefler projenin başarısı için kritik bir öneme sahip olmaktadır. Bu yüzden amaç ve hedeflerin tam olarak anlaşılamaması bir projenin başarısızlığa uğrama ihtimalini arttırmaktadır.

Üst Yönetimin Değişimde Yer Almaması: Üst yönetimin aldığı kararlar, doğrudan alt yönetim ve diğer birimler üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Üst yönetim, aldığı kararların alt birimler tarafından olumlu karşılanmasını ve iş süreçlerinin etkin bir şekilde yönetilmesini arzu etmekte ise, öncelikle işletme içinde bu kararları ve değişiklikleri örnek olarak benimsemeli ve uygulamalıdır. Ancak bazı yönetim kademeleri, işletmede KKP sisteminin kurulmasını talep etmelerine rağmen, kendileri bu sisteme uyum sağlamaktan kaçınabilir; bu durum genellikle alışkanlıklardan veya kolaycı yaklaşımlardan kaynaklanmaktadır. Üst yönetimin değişim sürecine aktif katılım göstermemesi, ancak işletmenin değişmesini beklemesi mantıksal açıdan tutarsızdır ve KKP projeleri açısından ciddi bir risk unsuru oluşturmaktadır. Bu nedenle, üst yönetimin değişim sürecindeki pasifliği, kritik başarısızlık faktörleri arasında önemli bir yer tutmaktadır.

Yetersiz Kaynak Ataması: Proje yönetiminin etkinliği açısından, doğru kaynakların doğru miktarda tahsis edilmesi hayati bir öneme sahiptir. KKP projesinin başarıyla sonuçlanabilmesi için kaynakların etkin, verimli ve yeterli düzeyde sağlanması gerekmektedir. Kaynak yetersizliği ise proje sürecinde aksamalara yol açarak, doğrudan projenin başarısız olmasına neden olabilmektedir.

Kullanıcı Dirençleri: İnsanlar, alışmış oldukları düzeni değiştirmekte genellikle direnç gösterirler; çoğu birey değişimden korkar. Ancak içinde bulunduğumuz çağda değişim kaçınılmaz bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda, kullanıcılar eski sistemdeki alışkanlıklarından vazgeçmek istemeyebilir, kendilerinin sürekli izlenip kontrol edildiği algısına kapılabilir ya da KKP sistemine veri girişini gereksiz bir iş yükü olarak değerlendirebilirler. Bu tür durumlarda kullanıcı direnci ortaya çıkmaktadır. Kullanıcı direncinin önlenmesi için, kullanıcılara sistemin amaç ve hedefleri açıkça anlatılmalı, sistemin sağlayacağı faydalar detaylı şekilde paylaşılmalı, kullanıcıların motivasyonu artırılmalı ve sistemle ilgili eğitimler düzenlenip gelişmeleri sürekli takip edilmelidir. Bu adımların ardından elde edilen sonuçlar değerlendirilmelidir. Buna rağmen kullanıcı direncinin devam etmesi durumunda, organizasyonun genel başarısını korumak adına ilgili kişilerin organizasyondan uzaklaştırılması gerekebilmektedir.

KKP Yazılımının İşletmeye Olan Uyumsuzluğu: KKP yazılımının işletmeye uyumsuzluğu, süreçlerde tıkanmalara ve gerçekleştirilen işlerin KKP sistemine sağlıklı veri girişinin yapılamamasına yol açmaktadır. Bu durum, projenin zaman ve maliyet açısından kayıplara uğramasına sebep olabilir. Ayrıca, uyumsuzluk gereğinden fazla özelleştirme ihtiyacını doğurarak, projede ek süre ve maliyet artışlarına neden olabilmektedir. Bu nedenle, KKP yazılımı seçimi aşamasında kapsamlı analizlerin yapılması, işletmenin iş süreçleri ile yazılım modüllerinin dikkatlice incelenmesi ve sektördeki referansların değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Eğitim Yetersizliği: Projede yer alan ve KKP kullanacak olan tüm kişilerin gerekli eğitimleri alması ve bilinçli bir şekilde yazılım donanım kullanması gerekmektedir. Eğitim yetersizliği yazılımın kullanılamamasına veya yanlış kullanılmasına sebep olarak proje başarısızlığını getirebilmektedir.

Beklentilerde Aşırıya Kaçılması: KKP yazılımları temelinde birer yazılım olmasına rağmen, süreçler ve kullanıcıların uygun olmadığı durumlarda başarısızlık riski yüksek görülmektedir. İşletmelerin KKP sistemlerine yaptıkları yatırımların yüksek maliyeti nedeniyle üst yönetim, bu maliyetlerin kısa sürede geri dönmesini beklemekte ve bu konuda yüksek beklentilere sahip olmaktadır. Ancak, bu tür büyük ölçekli projelerde taşınan risklerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Beklentilerin karşılanamaması durumunda, hem çalışanlar hem de yönetim arasında motivasyon kaybı yaşanabilir ve bu durum projenin başarısızlığına yol açabilmektedir (Aydın, 2007).

Sistemin Kuruluşunu Gerçekleştiren İşletme Kaynaklı Sorunlar: KKP yazılımının işletmede başarılı bir şekilde uyarlanmasını etkileyen en önemli kriterlerden biri uyarılama yapan işletmenin bu konuda ki tutumudur. Bu açıdan ortaya çıkacak olan olası sorunları önlemek için seçim kriteri olarak kurulumu gerçekleştirecek olan işletmenin özellikleri dikkate alınmalıdır (Markus, 2000). Sistemin kuruluşunu gerçekleştirecek olan işletme kaynaklı sorunlar işletmeye ve projeye göre değişiklik gösterebilmektedir. Ancak bu sorunların başında danışman ve uyarılamanın yapılacağı işletme arasındaki iletişim sorunları yer almaktadır. KKP gibi büyük projelerin yürütülmesinde danışman ve uyarılama yapılan işletme arasındaki iletişim kuvvetli olmalıdır. Eğer bu ikisi arasındaki iletişim zayıf olursa işletmeler istenen hedeflere istenilen zamanda ulaşamamaktadırlar (Ehie ve Madsen, 2005).

Kullanıcı Dostu Olmayan KKP Yazılımları: KKP yazılımlarında görev alacak kullanıcılar, işlerini kolay ve anlaşılır bir şekilde gerçekleştirmek istemektedirler. Bu nedenle, KKP yazılımlarının arayüz tasarımı, görsel düzeni ve işlevselliği açısından kullanıcı dostu olması gerekmektedir. Aksi takdirde, kullanıcı motivasyonunun düşmesi, işlerine karşı ilgisizlik ve memnuniyetsizlik yaşanabilir. Bu durum, işlerin yavaş ilerlemesine ve kalifiye personelin istifasına yol açabilir; istifa eden personelin yerine uzun süre yeni eleman bulunamaması ise işletmenin projeyi iptal etmesine ve alternatif çözümler aramasına sebep olabilir. Bu olumsuz sonuçların önüne geçebilmek için KKP yazılımlarının sade, anlaşılır ve kullanıcı odaklı tasarlanması gerekmektedir.

1.5. KKP Proje Yönetimi

KKP sistemleri, işletmelerin finans, üretim, insan kaynakları, tedarik zinciri gibi temel iş süreçlerini bütünleşik bir yapıda yönetmelerini sağlayan yazılımsal çözümlerdir. KKP sistemlerinin uygulanması, doğası gereği yüksek maliyetli, karmaşık ve zaman alıcı bir süreç olup, bu sistemlerin başarıyla devreye alınabilmesi etkili bir proje yönetimini zorunlu kılmaktadır (Esteves ve Pastor, 2001).

1.5.1. KKP Proje Yönetiminin Önemi

KKP projeleri genellikle geniş kapsamlı, çok paydaşlı ve yüksek risk içeren projelerdir. Literatürde bu projelerin başarısızlık oranlarının yüksek olması, proje yönetiminin kritik rolünü ortaya koymaktadır. Bir KKP projesinin başarısını belirleyen en önemli faktörlerden birinin "üst yönetim desteği" olduğunu vurgulamış, bunu "iyi tanımlanmış proje hedefleri", "etkili proje yönetimi" ve "değişim yönetimi stratejilerinin takip ettiğini belirtmiştir (Somers ve Nelson, 2004).

1.5.2. KKP Proje Yaşam Döngüsü

Bir KKP projesi genel olarak aşağıdaki yaşam döngüsü adımlarını içerir (Markus ve Tanis, 2000):

Başlatma: Kurumun ihtiyaçlarının kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi ve buna uygun KKP sisteminin seçilmesi aşaması olarak adlandırılmaktadır.

Planlama: Proje takviminin belirlenmesi, kaynakların planlanması ve olası risklerin analiz edilmesi süreçlerini içermektedir.

Tasarım ve Konfigürasyon: Seçilen sistemin, kurumun özel gereksinimlerine göre yapılandırılması ve modifikasyonlarının yapılması aşamasıdır.

Uygulama ve Entegrasyon: Modüllerin devreye alınması, veri migrasyonlarının gerçekleştirilmesi ve sistem testlerinin yapılmasını kapsamaktadır.

Kullanıma Alma: Sistemin aktif olarak faaliyete geçirilmesi ve günlük iş süreçlerinde kullanılmaya başlanmasıdır.

Destek ve İyileştirme: Sistem kullanıma alındıktan sonra bakım, destek hizmetlerinin verilmesi ve sistem performansının optimize edilmesi sürecini belirtmektedir.

1.5.3. KKP Proje Yönetiminde Karşılaşılan Zorluklar

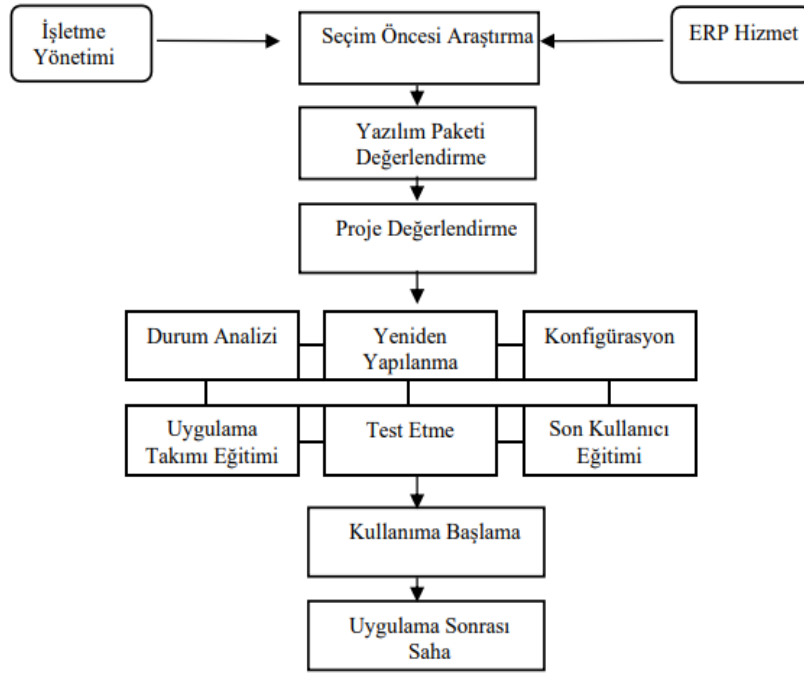
KKP projeleri sırasında sıklıkla karşılaşılan sorunlar arasında kullanıcı direnci, süreç uyumsuzluğu, veri kalitesinin yetersizliği, bütçe aşımı ve zaman gecikmeleri yer almaktadır (Davenport, 1998). Ayrıca, "teknik başarı" ile "örgütsel başarı" arasındaki fark göz ardı edildiğinde, sistemin teknik olarak çalışsa bile kullanıcılar tarafından benimsenmemesi gibi durumlar ortaya çıkabilmektedir (Bingi, Sharma ve Godla, 1999).

Başarı Faktörleri: Araştırmalar, KKP proje yönetiminde başarıyı artıran bazı temel faktörleri şöyle sıralamaktadır (Nah vd., 2001):

- Üst yönetimin aktif desteği,
- Net proje hedeflerinin belirlenmesi,
- Deneyimli ve çok disiplinli bir proje ekibi,
- Detaylı ihtiyaç analizi ve süreç haritalandırması,
- Kapsamlı kullanıcı eğitimi ve değişim yönetimi.

1.6. KKP Proje Uyarlama Süreçleri

KKP sistemlerinin kuruma entegre edilmesi, yalnızca teknik bir yazılım kurulumu olarak adlandırılmamakta, aynı zamanda organizasyonel dönüşüm gerektiren çok aşamalı, stratejik bir süreç olarak ele alınmaktadır (Davenport, 1998). Bu stratejik sürecin sağlıklı bir şekilde tamamlanabilmesi için aşağıdaki aşamalar sistematik bir biçimde ele alınmalıdır.



Şekil 2. KKP Uyarlama Süreçleri

Kaynak: Chen, B., ve Zeng, Z. (2012). Understanding Endusers 'Acceptance Of ERP Systems in Chinese Large Companies By Applying UTAUT Model. *Jönköping University International Business School*.

1.6.1. Hazırlık ve Ön Değerlendirme Aşaması

İlk aşamada işletmenin KKP sistemine geçişe hazır olup olmadığı değerlendirilir. Bu süreçte kurumun mevcut bilgi sistemleri, iş süreçleri, altyapısı ve insan kaynakları detaylı bir şekilde analiz edilir. Ayrıca, bu KKP sistemine ihtiyaç duyulmasının temel nedenlerini de ortaya koymaktadır (Holland ve Light, 1999).

1.6.2. Sistem Seçimi

Piyasada mevcut olan KKP yazılımları arasından, kurumun sektörel ihtiyaçları, ölçeği ve stratejik hedefleri doğrultusunda en uygun yazılım belirlenir. Bu seçim süreci genellikle dış danışmanlık hizmetleri ile desteklenir ve ÇKKV yöntemlerini içermektedir (Esteves ve Pastor, 2001). Sistem seçimindeki kriterler maliyet, teknik uyumluluk, ölçeklenebilirlik, destek hizmetleri, sektörel uyum olarak sıralanmaktadır.

1.6.3. Proje Planlaması

Seçilen sistem doğrultusunda detaylı bir proje planı hazırlanmakta, bu plan, zaman çizelgesi, bütçe, proje ekibi, görev dağılımı ve risk yönetimi unsurlarını kapsamaktadır. Ayrıca iletişim planı ve değişim yönetimi stratejileri de bu aşamada belirlenmektedir (Somers ve Nelson, 2004).

1.6.4. İş Süreçlerinin Analizi ve Uyumlandırılması

Mevcut iş süreçleri analiz edilir ve sistemin sunduğu standart süreçlerle karşılaştırılır. Gerekirse iş süreçleri yeniden yapılandırılır. Bu aşama, KKP sistemine “kurumu uydurmak” ya da KKP’yi “kuruma uyarlamak” arasındaki dengenin kurulduğu kritik bir aşama olarak ele alınmaktadır (Davenport, 1998).

1.6.5. Sistem Tasarımı ve Konfigürasyonu

KKP sisteminin kurumun işleyişine göre yapılandırılması bu aşamada yapılır. Sistem içindeki kullanıcı rolleri, organizasyon yapısı, süreç akışları, rapor şablonları gibi öğeler kuruma göre düzenlenir. Gerekirse minimal düzeyde özelleştirme gerçekleştirilir (Nah vd., 2001).

1.6.6. Veri Migrasyonu

Eski sistemlerden yeni KKP sistemine veri aktarımı gerçekleştirilir. Bu süreçte veri temizliği büyük önem taşımaktadır. Zira hatalı veriler sistemin sağlıklı işlemlerini engellemektedir. Ana veri ve işlem verileri ayrı ayrı değerlendirilmelidir (Saddaique, 2019).

1.6.7. Test Süreci

Sistem, gerçek kullanım senaryolarına göre test edilir. Fonksiyonel testler, kullanıcı kabul testleri ve entegrasyon testleri bu aşamada gerçekleştirilir. Tüm modüllerin doğru çalışıp çalışmadığı kontrol edilmektedir (Markus ve Tanis, 2000).

1.6.8. Eğitim ve Kullanıcı Hazırlığı

Kullanıcıların sisteme adaptasyonunu sağlamak amacıyla eğitimler düzenlenmektedir. Eğitim süreci, farklı kullanıcı gruplarına yönelik modüler bir yaklaşımla planlanmaktadır. Ayrıca, değişim yönetimi kapsamında çalışanların dirençlerinin azaltılması hedeflenmektedir (Kotter, 1996). Eğitimler yalnızca yazılımın kullanımına yönelik olmayıp, aynı zamanda yeni iş süreçlerinin anlaşılmasını da sağlamaktadır.

1.6.9. Canlıya Geçiş

Sistem, gerçek iş ortamında aktif olarak devreye alınmaktadır. Bu aşamada, veri, işlem ve süreçlerin canlı ortamda sürekli izlenmesi gerekmektedir. İlk haftalarda ortaya çıkabilecek hatalara hızlı müdahale edilebilmesi için bir “canlı destek ekibi” hazır bulundurulur (Somers ve Nelson, 2004).

1.6.10. Destek ve Sürekli İyileştirme

Canlıya geçiş sonrasında sistem performansı düzenli olarak izlenmiş ve kullanıcı geri bildirimleri doğrultusunda gerekli güncellemeler yapılmıştır. Ayrıca, sistemin etkin kullanımını artırmak amacıyla periyodik analizler gerçekleştirilmiş ve süreç iyileştirmeleri uygulanmıştır (Yusuf vd., 2004)

2. ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0, üretim teknolojilerinin dijitalleşmesini, bilişim sistemlerinin üretim süreçlerine entegre edilmesini ve bu entegrasyonla ortaya çıkan siber-fiziksel sistemler (SFS) aracılığıyla akıllı üretim süreçlerinin gerçekleştirilmesini ifade eden çağdaş bir sanayi dönüşümüdür (Kagerman vd., 2013). Bu kavram, ilk olarak 2011 yılında Almanya'da düzenlenen Hannover Sanayi Fuarı'nda dile getirilmiş ve Almanya hükümetinin yüksek teknoloji stratejisinin bir parçası olarak konumlandırılmıştır. Endüstri 4.0, klasik otomasyonun ötesinde; NI, YZ, bulut bilişim, BVA, MÖ ve SFS gibi teknolojilerin entegre biçimde kullanıldığı üretim ortamlarını tanımlamaktadır (Hermann vd., 2016). Bu bağlamda, üretim sistemleri yalnızca veri toplayan ve ileten yapılar olarak tanımlanamamaktadır. Aynı zamanda bu veriler üzerinden karar verebilen ve kendi kendini optimize edebilen yapılar hâline gelmektedir. Endüstri 4.0'ın temel amacı, üretim süreçlerinde verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek, esnekliği sağlamak ve müşteri odaklı, özelleştirilmiş ürünlerin seri üretimini mümkün kılmak olarak sıralanabilmektedir. Bu doğrultuda, fiziksel üretim sistemleri ile dijital teknolojiler arasındaki sınır giderek belirsizleşmekte, makineler ve sistemler birbiriyle gerçek zamanlı iletişim kurarak koordineli bir biçimde çalışabilmektedir (Lasi, 2014). Ayrıca Endüstri 4.0 yalnızca teknolojik bir dönüşüm olmamakla birlikte, aynı zamanda iş modellerini, insan-makine etkileşimini ve organizasyonel yapıları da yeniden şekillendiren sosyoteknik bir paradigma değişimidir (Morrar vd., 2017).

2.1. Endüstri 4.0'ın Tarihçesi

Endüstri 4.0, sanayinin dijitalleşmesi ve otomasyonun evriminde dördüncü büyük aşamayı temsil etmektedir. Bu kavramın tarihsel temelleri, sanayi devrimlerinin kronolojik sıralanışı içinde değerlendirilmelidir. İlk olarak Almanya'da ortaya atılan Endüstri 4.0, öncüllerine kıyasla hem üretim teknolojilerinde hem de bilgi sistemlerinde köklü bir dönüşüm vaat etmektedir. Sanayi devrimi ile başlayan endüstriyel dönüşümler ve bu dönüşümlerin devirleri aşağıdaki gibi ele alınabilmektedir (Schwab, 2017).

2.1.1. Endüstri 1.0

18.yüzyılın sonlarında başlayan bu ilk sanayi devrimi, buhar gücüyle çalışan makinelerin üretime entegre edilmesiyle karakterize edilmiştir. Mekanik üretim sistemleri bu dönemde gelişmiş, dokuma ve demir-çelik sanayilerinde köklü değişiklikler yaşanmıştır (Schwab, 2017).

2.1.2. Endüstri 2.0

19.yüzyılın sonlarında başlayan bu aşamada elektrik enerjisinin üretimde yaygınlaşması ve montaj hattı sistemlerinin kullanımıyla seri üretim kavramı gelişmiştir. Bu dönem, Fordizm ve Taylorizm gibi üretim yaklaşımlarının doğduğu çağa verilen isim olarak ele alınmaktadır (Morrar vd., 2017).

2.1.3. Endüstri 3.0

1970'li yıllardan itibaren bilgisayarların ve programlanabilir mantıksal denetleyicilerin üretim sistemlerine entegre edilmesiyle otomasyon dönemi başlamıştır. Elektronik sistemler, bilgi teknolojileri ve yazılımlar üretim süreçlerini kontrol etmeye başlamıştır (Lasi, 2014).

2.1.4. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 kavramı ilk kez 2011 yılında Almanya'daki Hannover Sanayi Fuarı'nda dile getirilmiş ve 2013 yılında Almanya Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi tarafından resmî bir raporla desteklenmiştir (Wahsler vd., 2013). Bu kavram, Almanya'nın "Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020" programının bir parçası olarak küresel sanayi politikalarına yön vermeyi amaçlamıştır.

Endüstri 4.0, yalnızca üretim süreçlerinde dijitalleşmeyi amaçlamamaktadır. Aynı zamanda bu dijitalleşmenin bilişsel, otonom ve kendini yöneten sistemlerle desteklenmesini hedeflemektedir. YZ, BVA, NI ve bulut bilişim gibi teknolojiler bu devrimin yapı taşlarını oluşturmaktadır (Hermann vd., 2016).

	Başlıca Teknoloji	Temel Özellik
Endüstri 1.0	Buhar Makinesi	Mekanik Üretim
Endüstri 2.0	Elektrik, Montaj Hattı	Seri Üretim
Endüstri 3.0	Bilgisayar	Otomasyon ve Dijital Kontrol
Endüstri 4.0	IoT, AI, CPS, AR, VR	Akıllı, otonom Üretim

Şekil 3. Kronolojik Özet

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

2.2. Endüstri 4.0'ın Önemi

Endüstri 4.0, yalnızca teknolojik bir dönüşüm süreci olarak ele alınamamaktadır, aynı zamanda ekonomik, toplumsal ve kurumsal düzeyde yapısal bir paradigma değişimi anlamına gelmektedir. Bu dönüşüm, üretim süreçlerinden tedarik zinciri yönetimine, müşteri ilişkilerinden ürün yaşam döngüsüne kadar geniş bir etki alanını kapsamaktadır (Lasi, 2014).

Rekabet Gücünü Artırması: Küreselleşen piyasalarda rekabetin yoğunlaşması, şirketleri daha verimli, esnek ve hızlı üretim modellerine yönlendirmiştir. Endüstri 4.0 sayesinde üretim süreçleri otomatikleştirilerek insan hataları minimize edilmekte; yapay zekâ ve veri analitiği ile karar verme süreçleri hızlanmakta ve optimizasyon sağlanmaktadır (Helbig vd., 2013).

Veriye Dayalı Karar Verme ve Şeffaflık: Endüstri 4.0'ın getirdiği sensör teknolojileri, NI ve BVA sayesinde tüm üretim süreci boyunca gerçek zamanlı veri toplanabilir ve analiz edilebilir. Bu veriler sayesinde işletmeler operasyonel riskleri daha önceden öngörebilmekte ve daha sağlıklı stratejik kararlar alabilmesini sağlamaktadır (Hermann vd., 2016).

Kaynak Verimliliği ve Sürdürülebilirlik: Endüstri 4.0 uygulamaları, kaynak kullanımını optimize ederek enerji ve malzeme israfını azaltmaktadır. Bu durum hem çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamakta hem de maliyet avantajı yaratmaktadır. Karbon ayak izinin azaltılması ve çevreci üretim politikaları açısından da Endüstri 4.0'ın kritik bir role sahip olduğu söylenebilir (Mousa vd., 2017).

Yeni İş Modelleri ve Değer Zinciri Dönüşümü: Endüstri 4.0, yalnızca üretimi baz almamaktadır, ayrıca ürün tasarımı, satış sonrası hizmetler ve müşteri deneyimini de dönüştürmektedir. “Servis olarak ürün” gibi yenilikçi iş modelleri, firmaların müşteriye özel çözümler sunmasını mümkün kılmaktadır (Schwab, 2017).

İnsan-Makine İş Birliği ve Dijital İş Gücü: Endüstri 4.0 ile birlikte insan gücünün rolü fiziksel üretimden bilişsel işlere kaymakta, nitelikli dijital iş gücü ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu dönüşüm, iş gücü piyasalarında yeni becerilerin ve mesleklerin doğmasına yol açmakta; eğitim politikalarını ve mesleki gelişim stratejilerini yeniden şekillendirmektedir (Arman ve Morrar, 2017).

2.3. Endüstri 4.0’ın Faydaları

Endüstri 4.0, dijital teknolojilerin üretim ve hizmet süreçlerine entegre edilmesiyle işletmelere ve ekonomilere çok boyutlu faydalar sağlayan stratejik bir dönüşüm süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu dönüşüm yalnızca üretim teknolojileri ile sınırlı kalmamaktadır, aynı zamanda organizasyonel yapı, tedarik zinciri, müşteri ilişkileri ve iş gücü gibi alanlarda da köklü etkiler yaratmaktadır. Aşağıda Endüstri 4.0’ın sunduğu başlıca faydalar sistematik biçimde ele alınmıştır.

Artan Üretkenlik ve Verimlilik: Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde makineler, sistemler ve insanlar arasında yüksek düzeyde senkronizasyon sağlanarak üretim süreçleri optimize edilebilmekte ve çevrim süreleri kısaltılabilmektedir (Hermann vd., 2016). Otomasyon sistemleri ile birlikte hata oranlarının düşmesi, işçilik maliyetlerinin azalması ve makinelerin sürekli çalışabilmesi gibi faktörler toplam üretkenliği artırmaktadır.

Gerçek Zamanlı İzleme ve Karar Alma: Sensör teknolojileri, NI ve BVA sayesinde üretim süreçleri gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte, olası arızalar veya kalite sorunları önceden tahmin edilerek müdahale edilebilmektedir (Lasi, 2014). Bu sayede hem operasyonel etkinlik artmakta hem de karar alma süreçleri daha sağlıklı ilerlemektedir.

Esnek ve Kişiselleştirilmiş Üretim: Endüstri 4.0 teknolojileri, esnek üretim sistemleri aracılığıyla aynı üretim hattında farklı ürünlerin hızlı biçimde üretilmesine olanak tanır. Bu durum, bireyselleştirilmiş ürünlerin seri üretimle

birlikte mümkün hâle gelmesini sağlamaktadır (Helbig vd., 2013). Özellikle talebe duyarlı sektörlerde bu özellik rekabet avantajı sağlamaktadır.

Tedarik Zinciri Entegrasyonu ve Verimliliği: Dijital sistemler aracılığıyla üretici, tedarikçi ve müşteri arasında tam zamanlı bilgi paylaşımı mümkün hale gelmiştir. Bu durum, tedarik zincirinde görünürlüğü artırmakta; stok maliyetlerini azaltmakta ve teslimat sürelerinin kısalmasına katkı sağlamaktadır (Morrar vd., 2017).

Kalite ve Ürün Güvencesi: Üretim sürecinde kullanılan sensörler ve YZ tabanlı analizler, ürün kalitesinin sürekli izlenmesini ve sapmaların anlık olarak düzeltilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece üretim hataları en aza indirgenirken, müşteri memnuniyeti ve ürün güvenilirliği artırılmış olmaktadır (Schwab, 2017).

Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik: Enerji kullanımının izlenmesi ve otomatik kontrol sistemleriyle optimize edilmesi, kaynak tüketiminin azaltılmasını sağlamaktadır. Bu durum çevresel sürdürülebilirliği desteklemekte ve yeşil üretim hedeflerine katkıda bulunmaktadır (Zhou ve Liu, 2015).

Yeni İş Alanları ve Dijital Beceriler: Endüstri 4.0, bazı geleneksel meslekleri ortadan kaldırırsa da aynı zamanda yeni mesleklerin ve iş alanlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu dönüşüm, özellikle bilişim, yazılım geliştirme, veri bilimi ve yapay zekâ mühendisliği gibi alanlarda nitelikli iş gücü ihtiyacını artırmaktadır (Morrar vd., 2017).

2.4. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Endüstri 4.0, üretim sistemlerinin dijitalleşmesi sürecini ifade eden ve SFS, NI, BVA, YZ, AG ve üç boyutlu yazıcılar gibi teknolojilerin entegrasyonuna dayalı bir dönüşümdür. Bu dönüşüm, yalnızca üretim süreçlerinde karşımıza çıkmamaktadır. Aynı zamanda karar verme mekanizmalarında, tedarik zinciri yönetiminde ve müşteri etkileşimlerinde de radikal değişiklikleri beraberinde getirmektedir (Kaygın, 2019). Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri olan NI, makinelerin ve cihazların birbiriyle iletişim kurarak gerçek zamanlı veri üretmesini sağlamaktadır. SFS, fiziksel dünyadaki süreçlerle dijital sistemler arasında bir köprü kurarken; büyük veri ve analitik sistemleri ise bu verileri işleyerek işletmelere stratejik öngörüler kazandırmaktadır (Meindl, 2021).

2.4.1. Siber Fiziksel Sistemler

SFS, fiziksel süreçlerin dijital kontrol sistemleriyle entegrasyonunu ifade eder. Bu sistemlerde makineler, sensörler ve yazılımlar birlikte çalışarak fiziksel dünyadaki değişimleri algılayarak, analiz ederek ve otonom kararlar alabilmektedirler (Lee vd., 2015). Bu yapı, sadece üretimi otomatikleştirmekle kalmayıp; aynı zamanda sistemi kendi kendini yöneten bir hale getirmektedirler. Bu sistemler sayesinde üretim hattı, insan müdahalesine gerek kalmadan kendini düzenleyebilir. Örneğin, bir makinedeki titreşim artışı, SFS aracılığıyla tespit edilip bakım uyarısı oluşturulabilir. Bu, arıza öncesi müdahale imkânı doğurmaktadır.

2.4.2. Nesnelerin İnterneti

NI, fiziksel nesnelerin internet üzerinden birbirleriyle iletişim kurmasını sağlar. Makineler, araçlar, ürünler ve çalışanlar üzerindeki sensörler aracılığıyla veri sürekli olarak toplanmakta ve işlenmektedir (Xu ve Li, 2018). NI, üretimde görünürlüğü artırarak ürünlerin üretimden teslimata kadar her aşamasının izlenebilir olmasını sağlar. Bu durum, hem kalite kontrol süreçlerini kolaylaştırmakta hem de müşteri güvenini artırmaktadır.

2.4.3. Büyük Veri ve Veri Analitiği

Endüstri 4.0 ortamlarında NI ve SFS tarafından sürekli olarak üretilen veriler, büyük veri altyapıları aracılığıyla işlenmektedir. Bu verilerden anlamlı bilgilerin elde edilmesi, üretim süreçlerinin optimize edilmesine katkı sağlamaktadır (Wamba, 2017). Veri analizine dayalı karar alma mekanizmaları, sezgiye dayalı yönetim anlayışının yerini alarak işletmelerin daha öngörülebilir ve esnek bir yapıya kavuşmasını mümkün kılmaktadır.

2.4.4. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi

YZ sistemleri, makinelerin öğrenme, çıkarım yapma ve problem çözme yeteneklerini taklit etmeye yönelik teknolojilerdir. Bu bağlamda, makine öğrenmesi algoritmaları; geçmiş verilere dayalı örüntüleri analiz ederek karar alma süreçlerini sürekli olarak iyileştirmeye olanak tanımaktadır (Jordan ve Mitchell, 2015). YZ

teknolojilerinin özellikle talep tahmini, üretim planlaması ve bakım süreçlerinde kullanımı; israfın azaltılmasına ve kaynak kullanımının optimize edilmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

2.4.5. Bulut Bilişim

Bulut bilişim teknolojisi, verilerin merkezi sunucularda depolanarak coğrafi bağımsız erişim imkânı sunmaktadır. Bu yapı, işletmelere hem maliyetlerin azaltılması hem de iş süreçlerinin daha esnek yönetilebilmesi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır (Marston, 2011) Bulut bilişim teknolojileri, KOBİ yüksek sermaye yatırımları yapmaksızın gelişmiş dijital altyapılara erişimini mümkün kılmaktadır. Bu sayede KOBİ'ler, ileri düzey üretim teknolojilerini kullanarak rekabet güçlerini artırmaktadır.

2.4.6. Artırılmış Gerçeklik

AG, dijital bilgilerin fiziksel çevre üzerine katmanlı biçimde yansıtılmasını sağlayan bir teknolojidir. Özellikle eğitim, bakım ve montaj gibi operasyonel süreçlerde çalışanlara adım adım rehberlik ederek operasyonel verimliliği ve doğruluk oranını artırmaktadır (Zhu, 2014). AG gözlükleri kullanan bir teknisyen, bakım yapılacak makinenin talimatlarını gerçek zamanlı olarak görsel arayüz üzerinden takip edebilmektedir. Bu durum, bakım sürecinde zaman tasarrufu sağlamak ve insan hatası riskini önemli ölçüde azaltmaktadır.

2.4.7. Sanal Gerçeklik

SG, kullanıcıyı dijital olarak kurgulanmış bir ortamın içine alarak gerçek dünya ile etkileşimini sınırlayan ve tam anlamıyla sanal deneyime odaklanmasını sağlayan bir teknolojidir (Slater ve Sanchez, 2016). Özellikle üretim, eğitim ve tasarım süreçlerinde kullanım alanı bulan SG sistemleri, kullanıcıya maliyetli ya da riskli süreçleri sanal olarak deneyimleme olanağı sunmaktadır (Jerald, 2015). Üretim endüstrisinde SG teknolojisi, işçi eğitimlerinde, prototipleme ve ergonomi testlerinde yoğun olarak kullanılmakta; bu sayede fiziksel kaynak kullanımını azaltmakta ve hata oranlarını düşürmektedir (Mujber vd., 2004). Ayrıca, SG'nin birey üzerindeki

psikolojik etkileri ve öğrenme süreçlerini iyileştirici rolü de yapılan deneysel çalışmalarla ortaya konmuştur (Freeman, 2017). Tüm bu gelişmeler, SG'nin Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmesini sağlamış, işletmelerin dijitalleşme stratejilerinde bu teknolojiye daha fazla yer vermesine neden olmuştur. SG teknolojisi, kullanıcıyı dijital olarak oluşturulmuş etkileşimli bir ortamın içine dâhil ederek gerçek dünya ile sanal dünya arasında köprü kurar. Bu teknoloji, özellikle eğitim, tasarım ve prototipleme gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sanal üretim hatları üzerinde gerçekleştirilen simülasyonlar, fiziksel sistem kurulmadan önce süreçlerin test edilmesine olanak tanımakta, böylece zaman ve maliyet açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca, SG destekli eğitim uygulamaları sayesinde yeni işe başlayan çalışanlar, fiziksel risklere maruz kalmadan tehlikeli makinelerin kullanımını güvenli bir şekilde öğrenebilmektedir. Bununla birlikte, ürün tasarımlarının üretim öncesinde dijital ortamda değerlendirilmesi, tasarım sürecinde meydana gelebilecek hataların erken aşamada tespit edilmesini ve gerekli iyileştirmelerin önceden yapılmasını mümkün kılmaktadır.

2.4.8. Yatay ve Dikey Entegrasyon

Yatay entegrasyon, tedarikçi, dağıtıcı ve müşteri gibi farklı işletmelerin dijital platformlar aracılığıyla birbirine bağlanmasını ifade ederken; dikey entegrasyon, bir işletme bünyesindeki tüm katmanları saha düzeyi, Üretim Yürütme Sistemleri (ÜYS), KKP ve yönetim seviyeleri birbiriyle entegre şekilde çalışmasını ifade etmektedir (Helbig vd., 2013).

2.4.9. Otonom Robotlar

Endüstri 4.0'ın gelişimiyle birlikte robot teknolojileri, yalnızca önceden belirlenmiş görevleri yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda çevresel koşulları algılayarak bağımsız karar alma yeteneği kazanmıştır (Vaidya, 2018). Bu otonom robotlar, özellikle tehlikeli ve hassas üretim süreçlerinde insan faktörünün yerini alarak iş güvenliğinin artırılmasına katkıda bulunmakta ve üretim süreçlerinde yüksek doğruluk ve hassasiyet sağlamaktadır.

2.4.10. Simülasyon Teknolojileri

Simülasyon teknolojileri, üretim hatlarının dijital ikizlerinin oluşturulmasına imkân tanımaktadır. Bu sayede, çeşitli senaryolar üretim sürecine başlanmadan önce dijital ortamda test edilerek, en uygun ve verimli yöntem belirlenebilmektedir (Negri, 2017). Yeni bir üretim hattının kurulumu öncesinde dijital simülasyonlar kullanılması, olası hataların önceden tespit edilmesini sağlayarak hem üretim süreçlerinde aksaklıkların önüne geçmekte hem de yatırım maliyetlerinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

2.4.11. Üç Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcılar, dijital tasarım verilerini doğrudan fiziksel nesnelere dönüştürme imkânı sağlamaktadır. Özellikle prototipleme ve özelleştirilmiş üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bu teknoloji, geleneksel kalıp ve takım üretim süreçlerine olan ihtiyacı ortadan kaldırarak hızlı üretim yapılmasına olanak tanımaktadır (Gebhardt, 2012). Bu yaklaşım, üretim sürecinde hem zaman tasarrufu hem de maliyet avantajı sağlayarak rekabet gücünün artırılmasına katkıda bulunmaktadır.

2.4.12. Siber Güvenlik

Dijitalleşmenin artması, siber saldırı risklerini beraberinde getirmiştir. Güçlü siber güvenlik sistemleri, veri bütünlüğünü, operasyonel sürekliliği ve ticari gizliliği korumuştur (He ve Da, 2015). Üretim süreçlerinin durması durumunda ciddi maddi kayıpların yaşanabileceği göz önüne alındığında, siber güvenlik sistemleri artık yalnızca bilgi teknolojileri departmanının konusu olmaktan çıkmıştır, tüm işletmenin önceliği haline gelmiştir.

3. SANAL GERÇEKLİK VE KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA

3.1. Sanal Gerçeklik

SG, kullanıcıların fiziksel dünyadan izole edilerek dijital olarak oluşturulmuş, üç boyutlu ve etkileşimli bir ortama dâhil olmalarını sağlayan bilgisayar tabanlı bir teknoloji olarak tanımlanır. Bu teknoloji, görsel, işitsel ve zaman zaman dokunsal geri bildirimler aracılığıyla kullanıcıların kendilerini sanal ortamda gerçekmiş gibi deneyimlemelerine imkân tanımaktadır (Sanchez ve Slater, 2016). SG sistemleri, kullanıcıyı tamamen çevreleyen bir deneyim sunmak amacıyla başa takılan ekranlar, hareket algılayıcılar ve kontrol cihazları gibi ekipmanlarla desteklenmektedir (Jerald, 2015). Bu bağlamda SG, geleneksel iki boyutlu ekranların ötesine geçerek kullanıcı ile dijital içerik arasında derin bir etkileşim kurar. Eğitim, sağlık, savunma, mühendislik ve özellikle üretim gibi birçok alanda kullanılan SG teknolojileri, hem süreç simülasyonlarında hem de karar verme süreçlerinde önemli katkılar sağlamaktadır (Szecsi vd., 2004). Son yıllarda Endüstri 4.0 ile birlikte SG'nin önemi daha da artmış; dijital ikizler, sanal eğitim platformları ve üretim simülasyonları gibi alanlarda kritik rol üstlenmiştir.

3.2. Sanal Gerçekliğin Tarihçesi

SG teknolojisinin kökeni, 20. yüzyılın ortalarına kadar uzanmaktadır. İlk olarak 1960'lı yıllarda Morton Heilig'in geliştirdiği "Sensorama" adlı çoklu duyuşal sinema sistemi ve Ivan Sutherland'ın 1968'de tasarladığı "The Sword of Damocles" isimli başa takılan ekran cihazı, sanal gerçekliğin öncülleri olarak kabul edilmektedir (Jerald, 2015). 1980'li yıllarda Jaron Lanier, "sanal gerçeklik" terimini popülerleştirmiş ve ilk ticari SG sistemlerini geliştiren VPL Research şirketini kurmuştur (Mazuryk ve Gervautz, 1996). 1990'lı yıllarda SG, özellikle savunma, havacılık ve tıp alanlarında simülasyon sistemleriyle entegre edilerek daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır. 2000'li yılların başından itibaren grafik işleme gücündeki ilerlemeler, donanım maliyetlerinin düşmesi ve yazılım altyapısındaki gelişmeler sayesinde SG sistemleri eğitim, üretim, oyun ve tasarım gibi birçok sektörde erişilebilir hâle gelmiştir (Slater ve Sanchez, 2016). Günümüzde SG, Endüstri 4.0'ın

önemli bir bileşeni olarak dijital ikiz, uzaktan bakım, sanal eğitim ve üretim simülasyonları gibi pek çok alanda etkin şekilde kullanılmaktadır.

3.3. Sanal Gerçekliğin Kullanıldığı Alanlar

SG teknolojisi, son yıllarda yalnızca eğlence sektörü ile sınırlı kalmayıp eğitimden sağlığa, savunmadan mühendisliğe kadar birçok sektörde etkili biçimde kullanılmaktadır. Eğitim alanında SG, özellikle tehlikeli veya erişimi sınırlı ortamlarda gerçekçi ve güvenli bir öğrenme ortamı sunarak deneyimsel öğrenmeyi desteklemektedir (Radianti vd., 2020). Sağlık sektöründe ise cerrahi simülasyonlar, fobilerin tedavisi ve rehabilitasyon süreçleri gibi uygulamalarda SG' den yararlanılmakta, böylece hem hekim hem de hasta açısından başarı oranı artırılmaktadır (Freeman, 2017). Endüstriyel alanda, üretim hatlarının sanal ortamda modellenmesi, bakım-onarım senaryolarının simülasyonu ve işçi eğitimi gibi uygulamalarda SG teknolojisi önemli avantajlar sunmaktadır (Mujber, Szecsi ve Hashmi, 2004). Mimarlık ve inşaat alanında ise yapıların inşa edilmeden önce sanal olarak deneyimlenmesi sayesinde tasarım hataları azaltılmakta ve müşteri memnuniyeti artırılmaktadır. Ayrıca, savunma sanayinde askeri eğitim simülasyonlarında, havacılıkta pilot eğitimi ve uzay araştırmalarında astronot hazırlıklarında da SG aktif biçimde kullanılmaktadır (Jerald, 2015). Bu çeşitlilik, SG'nin çok disiplinli ve yüksek potansiyelli bir teknoloji olduğunu göstermektedir.

3.4. Sanal Gerçekliğin Endüstriye Olan Faydası

SG, endüstriyel alanlarda hem üretim verimliliğini hem de çalışan eğitimi ve güvenliğini artıran yenilikçi bir araç olarak öne çıkmaktadır. Özellikle üretim öncesi prototipleme, hat tasarımı ve süreç simülasyonları gibi alanlarda SG kullanımı, fiziksel prototip ihtiyacını azaltarak maliyet ve zaman tasarrufu sağlamaktadır (Mujber, Szecsi, ve Hashmi, 2004). Çalışan eğitimi açısından ise, SG teknolojisi tehlikeli veya karmaşık görevlerin sanal ortamda risksiz bir şekilde uygulanmasını mümkün kılmakta ve iş gücü niteliklerinin gelişmesine katkı sunmaktadır (Freeman, 2017). Ayrıca, SG destekli bakım-onarım simülasyonları, teknik personelin problem çözme becerilerini artırmakta; bu da arıza sürelerini ve üretim kayıplarını azaltmaktadır.

(Jerald, 2015). Giderek daha fazla dijitalleşen üretim ortamlarında SG, Endüstri 4.0 çerçevesinde dijital ikiz sistemleri, insan-makine etkileşimi ve üretim hattı optimizasyonu gibi alanlarda da stratejik bir rol üstlenmektedir (Sanchez ve Slater 2016). Böylece, hem üretkenliği hem de inovasyon yeteneğini destekleyerek sanayi işletmeleri için rekabet avantajı yaratmaktadır.



4. YÖNTEM

ÇKKV, karar vericinin birden fazla ve genellikle birbiriyle çelişen kriteri göz önünde bulundurarak en uygun alternatifi seçmeye çalıştığı sistematik bir karar verme yaklaşımıdır. Bu yöntem, nicel ve nitel verilerin birlikte değerlendirilebildiği, alternatiflerin çok boyutlu yapılarının dikkate alındığı, rasyonel ve analitik bir süreci ifade eder. ÇKKV, karar problemlerinin yapılandırılması, kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması, alternatiflerin bu kriterlere göre değerlendirilmesi ve sonuçların yorumlanması gibi aşamaları içermektedir (Keeney ve Raiffa, 1993). Özellikle karmaşık ve belirsizlik içeren karar problemlerinde, karar vericilere daha tutarlı, şeffaf ve savunulabilir sonuçlar sunmaktadır (Saaty, 2008).

4.1. Küresel Bulanık Kümeler

Zadeh, (1965) BK teorisini literatüre kazandırmasının ardından, belirsizlik içeren karar problemlerini daha etkili şekilde ele alabilmek amacıyla çeşitli bulanık küme uzantıları geliştirilmiştir. Geleneksel bulanık kümeler bazı belirsiz ve karmaşık problemlerin çözümünde yetersiz kalabilmektedir. Bu durum, literatürde farklı özelliklere sahip yeni bulanık küme uzantılarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Geleneksel bulanık küme teorisi, yalnızca üyelik fonksiyonuna sahip bir fonksiyondur. Atanassov, (1986) üyelik olmama fonksiyonunu da ekleyerek Sezgisel Bulanık Kümeleri (SBK) geliştirmiştir. SBK’de üyelik ve üye olmama derecelerinin toplamı 1’ den küçük olmak zorundadır. Yager, (2013) tarafından geliştirilen Pisagor Bulanık Sayılar (PBK), üyelik ve üyelik olmama derecelerinin toplamının 1’den büyük olmasına izin verirken, karelerinin toplamı 1’i aşmaması gerekmektedir. Smarandache, (1998) insan düşüncesindeki karmaşıklığı daha gerçekçi yansıtabilmek için Nötrosifik Kümeleri (NK) geliştirmiştir. NK, üyelik, üye olmama ve kararsızlık fonksiyonlarından oluşmaktadır. Bu fonksiyonların her biri bağımsız olarak $[0,1]$ aralığında değer alabilmektedir. Kahraman ve Gündoğdu, (2018) PBK ve NK’nin bir uzantısı olarak Küresel Bulanık Kümeleri (KBK) geliştirmişlerdir. KBK, karar vericilerin kararsızlık derecesini üye ve üye olmama derecelerinden bağımsız olarak ifade edebilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda, üyelik dereceleri küresel bir düzlem üzerinde daha geniş tanımlanabilmektedir. KBK’de üyelik, üye olmama ve kararsızlık derecelerinin karelerinin toplamı 1’i geçemez. Bu da, diğer bulanık küme uzantılarına

göre karar vericiye daha esnek tanımlama yapma imkânı sağlamaktadır. Diğer bulanık küme uzantılarıyla çözülmesi güç olan problemler çözülebilmektedir (Kahraman ve Gündoğdu, 2021).

KBK'nin bazı temel özellikleri ve aritmetik işlemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Gündoğdu ve Kahraman, 2019):

Tanım 1: Evrensel küme U üzerinde tanımlı bir KBK $\tilde{A}_S$ aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\tilde{A}_S = \left\{ \left\langle u, \left(\mu_{\tilde{A}_S}(u), v_{\tilde{A}_S}(u), \pi_{\tilde{A}_S}(u) \right) \right\rangle \mid u \in U \right\} \quad (1)$$

$\forall u \in U$ için $\mu_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1]$ üyelik derecesi, $v_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1]$ üye olmama derecesi ve $\pi_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1]$ kararsızlık derecesidir. $0 \leq \mu_{\tilde{A}_S}^2(u) + v_{\tilde{A}_S}^2(u) + \pi_{\tilde{A}_S}^2(u) \leq 1$ koşulunun sağlanması gerekir.

Tanım 2. $\tilde{A}_S = (\mu_{\tilde{A}_S}, v_{\tilde{A}_S}, \pi_{\tilde{A}_S})$ ve $\tilde{B}_S = (\mu_{\tilde{B}_S}, v_{\tilde{B}_S}, \pi_{\tilde{B}_S})$ iki KBK olsun. $\tilde{A}_S$ ve $\tilde{B}_S$ arasındaki aritmetik işlemler aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \tilde{A}_S \oplus \tilde{B}_S = & \left\{ \left(\mu_{\tilde{A}_S}^2 + \mu_{\tilde{B}_S}^2 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 \mu_{\tilde{B}_S}^2 \right)^{1/2}, v_{\tilde{A}_S} v_{\tilde{B}_S}, \left((1 - \mu_{\tilde{B}_S}^2) \pi_{\tilde{A}_S}^2 \right. \right. \\ & \left. \left. + (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2) \pi_{\tilde{B}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2 \right)^{1/2} \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A}_S \otimes \tilde{B}_S = & \left\{ \mu_{\tilde{A}_S} \mu_{\tilde{B}_S}, \left(v_{\tilde{A}_S}^2 + v_{\tilde{B}_S}^2 - v_{\tilde{A}_S}^2 v_{\tilde{B}_S}^2 \right)^{1/2}, \left((1 - v_{\tilde{B}_S}^2) \pi_{\tilde{A}_S}^2 \right. \right. \\ & \left. \left. + (1 - v_{\tilde{A}_S}^2) \pi_{\tilde{B}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2 \right)^{1/2} \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \lambda \tilde{A}_S = & \left\{ \left(\left(1 - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda \right)^{1/2}, v_{\tilde{A}_S}^\lambda, \left((1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda \right. \right. \right. \\ & \left. \left. - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda \right)^{1/2} \right\}, \quad \lambda > 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A}_S^\lambda = & \left\{ \mu_{\tilde{A}_S}^\lambda, \left(1 - (1 - v_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda \right)^{1/2}, \left((1 - v_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda - (1 - v_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda \right)^{1/2} \right\}, \\ & \lambda > 0 \end{aligned} \quad (5)$$

4.2. Küresel Bulanık SWARA

Küresel Bulanık SWARA, klasik SWARA yönteminin belirsizlik ve bilgi eksikliği içeren ortamlarda daha etkin kullanılmasını sağlamak amacıyla geliştirilen bir uzantısı olarak adlandırılabilir. Bu yöntem, karar vericilerin değerlendirmelerinde yer alan belirsizlikleri daha esnek ve kapsayıcı biçimde modelleyebilmek için KBK teorisini SWARA yapısına entegre etmektedir. KBK, klasik ve SBK'ye göre daha geniş bir ifade alanı sunarak her bir değerlendirmeyi üçlü parametre ile tanımlamaktadır: üyelik derecesi (μ), karşıtlık derecesi (v) ve belirsizlik derecesi (π). Bu üç değerın karelerinin toplamı birden küçük ya da eşit olmak zorundadır ($\mu^2 + v^2 + \pi^2 \leq 1$). Bu yapı sayesinde uzmanların değerlendirmeleri sadece "ne kadar önemli" değil, aynı zamanda "ne kadar az önemli" ve "ne kadar emin olmadıkları" ile birlikte ele alınabilmektedir. KB-SWARA yöntemi, öncelikle kriterlerin uzmanlar tarafından önem sırasına göre dizilmesini, ardından her bir kriterin önceki kriterle göre önem derecesinin KBK ile ifade edilmesini içermektedir. Sonraki adımlarda, bu değerler matematiksel olarak işlenerek kriter ağırlıkları hesaplanmakta ve normalize edilmektedir. Bu yaklaşım, klasik SWARA'ya göre daha güçlü bir ifade yeteneği sunmakta ve belirsizliklerin yüksek olduğu karar problemlerinde daha güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu yöntem; sürdürülebilirlik değerlendirmeleri, risk analizleri, stratejik planlama gibi karar vericilerin hem bilgi eksikliği hem de kişisel yargı farklılıklarıyla karşılaştığı alanlarda oldukça işlevseldir (Gündoğdu ve Kahraman, 2020).

KB-SWARA yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Ghoush vd., 2023):

Adım 1: Tablo 2'de verilen dilsel ifadeler kullanarak her bir kriter hakkında uzmanlardan görüş alınır. Kriterlerin önemini değerlendirmek üzere her bir uzman için bir karar matrisi oluşturulur. Uzman k tarafından kriter j 'nin dilsel değerlendirilmesi $\tilde{A}_{jk} = (\mu_{jk}, v_{jk}, \pi_{jk})$ şekline dönüştürülür. $\tilde{A}_{jk}$, bir küresel bulanık sayıyı temsil eder.

Tablo 2. Küresel Bulanık Sayılar ve Dilsel İfadeleri

Dilsel İfadeler	Küresel Bulanık Sayılar		
	μ	ν	π
Kesinlikle Yüksek Önemli (KYÖ)	0,90	0,10	0,10
Çok Yüksek Önemli (ÇYÖ)	0,80	0,20	0,20
Yüksek Önemli (YÖ)	0,70	0,30	0,30
Orta Yüksek Önemli (OYÖ)	0,60	0,40	0,40
Orta Önemli (OÖ)	0,50	0,50	0,50
Orta Düşük Önemli (ODÖ)	0,40	0,60	0,40
Düşük Önemli (DÖ)	0,30	0,70	0,30
Çok Düşük Önemli (ÇDÖ)	0,20	0,80	0,20
Kesinlikle Düşük Önemli (KDÖ)	0,10	0,90	0,10

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Adım 2: Her bir uzmanın görüşü, Eşitlik (6)'daki Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (SWAM) operatörü kullanılarak birleştirilir.

$$\tilde{z}_j = (\mu_j, \nu_j, \pi_j) = \left\{ \left[1 - \prod_{k=1}^t (1 - \mu_{\tilde{A}_{jk}}^2)^{\omega_k} \right]^{\frac{1}{2}}, \prod_{k=1}^t \nu_{\tilde{A}_{jk}}^{\omega_k}, \left[\prod_{k=1}^t (1 - \mu_{\tilde{A}_{jk}}^2)^{\omega_k} - \prod_{k=1}^t (1 - \mu_{\tilde{A}_{jk}}^2 - \pi_{\tilde{A}_{jk}}^2)^{\omega_k} \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (6)$$

burada w_k , uzman k 'nın önemini, t ise toplam uzman sayısını temsil etmektedir. Kriter j için birleştirilmiş değer z_j ile gösterilir.

Adım 3: Her bir kriterin puan değeri hesaplanır.

$$\text{Skor}(\tilde{z}_j) = (\mu_j - \pi_j)^2 - (\nu_j - \pi_j)^2 \quad (7)$$

Adım 4: Kriterler, puan değerlerine göre en büyükten en küçüğe doğru sıralanır.

Adım 5: İkinci kriterden başlanarak, skor değerinin karşılaştırmalı önemi (s_j) kriter j ile kriter $j - 1$ arasındaki puan değerleri farkı hesaplanarak bulunur.

Adım 6: Karşılaştırma katsayısı (k_j) Eşitlik (8) ile elde edilir:

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ s_j + 1, & j > 1 \end{cases} \quad (8)$$

Adım 7: Küresel bulanık ağırlık (p_j) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$p_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{p_{(j-1)}}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \quad (9)$$

Adım 8: Kriterlerinin önem ağırlıkları Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanır:

$$w_j = \frac{p_j}{\sum_{j=1}^n p_j} \quad (10)$$

burada w_j , kriter j 'nin önem ağırlığını, n ise kriter sayısını temsil etmektedir.

4.3. Küresel Bulanık DEMATEL

Geleneksel DEMATEL yöntemi, uzmanların değerlendirmelerindeki kararsızlığı dikkate almamaktadır. Ancak, uzmanlar, değerlendirme yaptıkları konuya ilişkin sınırlı bilgiye veya deneyime sahip olabilirler. Bu durumun üstesinden gelebilmek amacıyla, KB-DEMATEL yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem, uzmanların değerlendirmelerindeki kararsızlığı daha esnek bir şekilde ifade edebilmesine olanak tanımaktadır. KBK, NK ile benzer bir yapıya sahip olmakla birlikte, üye, üye olmama ve kararsızlık derecelerinin karelerinin toplamının 1'i aşmaması gerekir. Bu da, uzman değerlendirmelerinin daha tutarlı ve gerçekçi olmasını sağlamaktadır. Bu yönüyle KB-DEMATEL yöntemi, özellikle belirsizliğin yüksek olduğu karar problemlerinde uzman görüşlerini daha güvenilir biçimde temsil ederek daha doğru ve uygulanabilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır (Gül, 2020).

KB-DEMATEL yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Gül, 2020):

Adım 1: Karar problemine yönelik m adet karar verici ve değerlendirmeye alınacak n adet kriter belirlenir.

Adım 2: Karar vericilerden Tablo 3'de verilen dilsel ifadeleri kullanarak kriterler arasındaki etki düzeylerini içeren ikili karşılaştırma matrisi oluşturmaları istenir.

Tablo 3. DEMATEL Dilsel İfadeler ve Küresel Bulanık Sayı Karşılıkları

Dilsel İfadeler	Küresel Bulanık Sayılar		
	μ	ν	π
Yüksek Etki (YE)	0,85	0,15	0,45
Orta Etki (OE)	0,60	0,20	0,35
Düşük Etki (DE)	0,35	0,25	0,25
Etkisiz (EE)	0,00	0,30	0,15

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Karar verici e 'nin i kriterinin j kriteri üzerindeki etkisine ilişkin değerlendirmesi, $d_{ij}^e = (\mu_{ij}^e, \nu_{ij}^e, \pi_{ij}^e)$ şeklinde tanımlanır. Burada, $i, j = 1, \dots, n$ ve $e = 1, \dots, m$ 'dir. Karar verici e 'ye ait doğrudan etki değerlendirme matrisi $D^e = [d_{ij}^e]_{n \times n} = [(\mu_{ij}^e, \nu_{ij}^e, \pi_{ij}^e)]_{n \times n}$ şeklinde tanımlanan bir küresel bulanık matristir.

Adım 3: Her bir karar vericinin ağırlığı Eşitlik (11) kullanılarak hesaplanır. $E_e = (\mu_e, \nu_e, \pi_e)$ şeklinde ifade edilir.

$$\omega_e = \frac{1 - \sqrt{\{(1 - \mu_e)^2 + \nu_e^2 + \pi_e^2\}/3}}{\sum_e (1 - \sqrt{\{(1 - \mu_e)^2 + \nu_e^2 + \pi_e^2\}/3})} \quad (11)$$

burada, $\sum_{e=1}^m \omega_e = 1$ ve $0 \leq \mu_e^2 + \nu_e^2 + \pi_e^2 \leq 1$.

Adım 4: Karar vericilerin doğrudan etki değerlendirme matrislerinin birleştirilmesi için SWAM operatörü kullanılır. Bu işlem sonucunda elde edilen matris, birleştirilmiş doğrudan etki matrisi olarak adlandırılır ve D^{agg} ile gösterilir. D^{agg} matrisinin yapısı Eşitlik (13) ile ifade edilir.

$$D^{agg} = veSWAM_{\omega}(D^1, D^2, \dots, D^m) = \omega_1 D^1 + \dots + \omega_m D^m = \left(\mu_{ij}^{agg}, \nu_{ij}^{agg}, \pi_{ij}^{agg} \right) \\ = \left(\left[1 - \prod_{e=1}^m (1 - (\mu_{ij}^e)^2)^{\omega_e} \right]^{\frac{1}{2}}, \left[\prod_{e=1}^m (\nu_{ij}^e)^{\omega_e} \right]^{\frac{1}{2}}, \left[\prod_{e=1}^m (1 - (\mu_{ij}^e)^2)^{\omega_e} - \prod_{e=1}^m (1 - (\mu_{ij}^e)^2 - (\pi_{ij}^e)^2)^{\omega_e} \right]^{\frac{1}{2}} \right) \quad (12)$$

$$D^{agg} = \begin{bmatrix} 0 & \langle \mu_{12}^{agg}, v_{12}^{agg}, \pi_{12}^{agg} \rangle & \cdots & \langle \mu_{1n}^{agg}, v_{1n}^{agg}, \pi_{1n}^{agg} \rangle \\ \langle \mu_{21}^{agg}, v_{21}^{agg}, \pi_{21}^{agg} \rangle & 0 & \cdots & \langle \mu_{2n}^{agg}, v_{2n}^{agg}, \pi_{2n}^{agg} \rangle \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \langle \mu_{n1}^{agg}, v_{n1}^{agg}, \pi_{n1}^{agg} \rangle & \langle \mu_{n2}^{agg}, v_{n2}^{agg}, \pi_{n2}^{agg} \rangle & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Adım 5: Birleştirilmiş doğrudan etki matrisi D^{agg} , üyelik, üyeli olmama ve kararsızlık derecelerine karşılık gelen üç alt matrise ayrılır. Her alt bir matris Eşitlik (14) ile normalize edildikten sonra tekrar birleştirilerek başlangıç doğrudan etki matrisi X elde edilir. Başlangıç doğrudan etki matrisi Eşitlik (15)'te gösterilen matris formlarında ifade edilir.

$$X = sD, \text{ where } s = \min \left[\frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^n |d_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^n |d_{ij}|} \right] \quad (14)$$

burada s , normalizasyon indeksidir.

$$X^\mu = \begin{bmatrix} 0 & \mu_{12} & \cdots & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & 0 & \cdots & \mu_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{n1} & \mu_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}; X^v = \begin{bmatrix} 0 & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & 0 & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}; X^\pi = \begin{bmatrix} 0 & \pi_{12} & \cdots & \pi_{1n} \\ \pi_{21} & 0 & \cdots & \pi_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_{n1} & \pi_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Adım 6: Başlangıç doğrudan etki matrisi X , toplam etki matrisinin T 'nin temelini oluşturur. X matrisinin alt matrisleri, Denklem (16) kullanılarak T 'nin alt matrislerine dönüştürülür. Bulanık sayılar üzerindeki matris işlemleri bazen bulanık olmayan sonuçlar verebileceğinden, bu alt matrisler, bulanık mantığın doğasına uygun hale getirmek için Öklid normalizasyonu yapılır. Denklem (17) birleştirilmiş T matrisini göstermektedir.

$$X = X + X' = X(I - X)^{-1} = \begin{bmatrix} t_{11} & \cdots & t_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & \cdots & t_{nn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$T = \begin{bmatrix} \langle \mu_{11}^T, v_{11}^T, \pi_{11}^T \rangle & \langle \mu_{12}^T, v_{12}^T, \pi_{12}^T \rangle & \cdots & \langle \mu_{1n}^T, v_{1n}^T, \pi_{1n}^T \rangle \\ \langle \mu_{21}^T, v_{21}^T, \pi_{21}^T \rangle & \langle \mu_{22}^T, v_{22}^T, \pi_{22}^T \rangle & \cdots & \langle \mu_{2n}^T, v_{2n}^T, \pi_{2n}^T \rangle \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \langle \mu_{n1}^T, v_{n1}^T, \pi_{n1}^T \rangle & \langle \mu_{n2}^T, v_{n2}^T, \pi_{n2}^T \rangle & \cdots & \langle \mu_{nn}^T, v_{nn}^T, \pi_{nn}^T \rangle \end{bmatrix} \quad (17)$$

Adım 7: Satır (r_i) ve sütun (c_i) toplamaları Denklem (2) kullanılarak hesaplanır.

$$r_i = \sum_{j=1}^n (\mu_{ij}^T, v_{ij}^T, \pi_{ij}^T) \quad (18)$$

$$c_j = \sum_{i=1}^n (\mu_{ij}^T, v_{ij}^T, \pi_{ij}^T) \quad (19)$$

Her bir kriterin genel güç (r_i) ve genel zayıflık (c_i) değerleri KBS olarak elde edilir. Kriterlerin önem ve ilişki değerlerinin hesaplanabilmesi için KBS Denklem (20)'de verilen skor fonksiyonu kullanılarak durulaştırılır.

$$\text{Skor} = (2\mu - \pi)^2 - (v - \pi)^2 \quad (20)$$

Adım 8: Her bir kriterin önem ve ilişki değerleri $r_i + c_i$ ve $r_i - c_i$ hesaplanarak bulunur. $r_i + c_i$ kriter i 'nin önem değerini, $r_i - c_i$ ise ilişki değerini ifade eder. Kriterler ilişki değerlerinin işaretine göre, “neden” (etkileyen) grubuna ya da “sonuç” (etkilenen) grubuna atanır.

Adım 9: Kriterler arası ilişkileri gösteren neden-sonuç diyagramı oluşturulur. Diyagramın yatay eksenini kriterlerin önem değerlerini, dikey eksenini ise ilişki değerlerini gösterir. Karar vericiler tarafından belirlenen bir eşik değerine (α) dikkate alınarak toplam etki matrisi T filtrelenir ve kriterler arasındaki önemli etkiler gösterilir. T matrisindeki KBS, Denklem (20)'de verilen skor fonksiyonu ile durulanır.

4.4. Küresel Bulanık MULTIMOORA

KB-MULTIMOORA yöntemi, ÇKKV süreçlerinde, belirsiz ve dilsel verilerin değerlendirilmesini mümkün kılan bulanık mantıkla, MULTIMOORA yönteminin

üçlü analiz yapısını birleştirerek daha esnek ve güvenilir kararlar sunmaya yardımcı olan bir karar verme yönetimidir (Gündoğdu ve Kahraman, 2019).

KB-MULTIMOORA yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Deniz ve Aydın, 2024):

Adım 1: Uzmanlar, Tablo 2’de yer alan dilsel terimleri kullanarak alternatifleri kriterler bazında değerlendirirler.

Adım 2: Her bir uzman için, Eşitlik (21) aracılığıyla küresel bulanık önem ağırlıkları atanarak bireysel küresel bulanık karar matrisi ($\tilde{M}_k$) oluşturulur.

$$\tilde{M}_k = (\tilde{X}_{ijk})_{m \times n} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ \tilde{x}_{11k} & \dots & \tilde{x}_{1nk} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1k} & \dots & \tilde{x}_{mnk} \end{pmatrix}_{m \times n} \quad (21)$$

Burada $\tilde{x}_{ijk} = (\mu_{ijk}, \nu_{ijk}, \pi_{ijk})$, uzman E_k tarafından, alternatif A_i ’nin kriter C_j ’ye göre önem düzeyini temsil eden bir KBS’dir.

Adım 3: Bireysel küresel bulanık karar matrisleri Eşitlik (22)’de gösterilen Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (SWAM) operatörü kullanılarak birleştirilir. Eşitlik (23) aracılığıyla birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi $\tilde{E}$ elde edilir.

$$= \tilde{S} \left\{ \begin{matrix} veSWAMw(\tilde{x}_{ij1}, \dots, \tilde{x}_{ijp}) \\ \sqrt{1 - \prod_{k=1}^p (1 - \mu_{\tilde{x}_{ijk}}^2)^{\Theta_k}}, \\ \prod_{k=1}^p \nu_{\tilde{x}_{ijk}}^{\Theta_k} \sqrt{\prod_{k=1}^p (1 - \mu_{\tilde{x}_{ijk}}^2)^{\Theta_k} - \prod_{k=1}^p (1 - \mu_{\tilde{x}_{ijk}}^2 - \pi_{\tilde{x}_{ijk}}^2)^{\Theta_k}} \end{matrix} \right\} \quad (22)$$

$$\tilde{M} = (\tilde{X}_{ij})_{m \times n} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{pmatrix}_{m \times n} \quad (23)$$

Burada $\tilde{x}_{ijk} = (\mu_{ij}, \nu_{ij}, \pi_{ij})$, A_i ’nin kriter C_j ’ye göre birleştirilmiş değerlendirmesini ifade eden bir KBS’dir.

Adım 4: Eşitlik (24)’deki çarpma işlemi kullanılarak Eşitlik (25)’deki ağırlıklı birleştirilmiş ağırlıklı küresel bulanık karar matrisi elde edilir.

$$\begin{aligned}\tilde{X}_{ijW^*} &= W_j^* \tilde{X}_{ij} = \tilde{S} \left\{ \sqrt{1 - (1 - \mu_{\tilde{x}_i}^2)^{W_j^*}}, \right. \\ &\left. V_{\tilde{x}_{ij}}^{W_j^*}, \sqrt{(1 - \mu_{\tilde{x}_{ij}}^2)^{W_j^*} - (1 - \mu_{\tilde{x}_{ij}}^2 - \pi_{\tilde{x}_{ij}}^2)^{W_j^*}} \right\}\end{aligned}\quad (24)$$

$$\tilde{M}_{W^*} = (\tilde{X}_{ijW^*})_{m \times n} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ \tilde{x}_{11W_1^*} & \dots & \tilde{x}_{1nW_n^*} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1W_1^*} & \dots & \tilde{x}_{mnW_n^*} \end{pmatrix}_{m \times n} \quad (25)$$

Adım 5: Küresel Bulanık Oran (KBO) Yöntemi

Adım 5.1: Alternatiflerin göreceli önem değerleri ($\tilde{U}_i$), Eşitlik (26) kullanılarak SWAM operatörü aracılığıyla hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned}\tilde{U}_i &= \tilde{S} \left\{ \sqrt{1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_{\tilde{x}_{ijW^*}}^2)^{\frac{1}{n}}}, \prod_{j=1}^n v_{\tilde{x}_{ijW^*}}^{\frac{1}{n}}, \right. \\ &\left. \sqrt{\prod_{j=1}^n (1 - \mu_{\tilde{x}_{ijW^*}}^2)^{\frac{1}{n}} - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_{\tilde{x}_{ijW^*}}^2 - \pi_{\tilde{x}_{ijW^*}}^2)^{\frac{1}{n}}} \right\}\end{aligned}\quad (26)$$

Burada n , toplam kriter sayısını ifade eder.

Adım 5.2: $\tilde{U}_i$ değerleri, Eşitlik (27)'de verilen skor fonksiyonu kullanılarak u_i skor derecelerini elde etmek için bulanıklaştırılır.

$$u_i = \text{Score}(\tilde{U}_i) = \tilde{S} \left\{ \left(3\mu_{\tilde{U}_i} - \frac{\pi_{\tilde{U}_i}}{2} \right)^2 - \left(v_{\tilde{U}_i} - \frac{\pi_{\tilde{U}_i}}{2} \right)^2 \right\} \quad (27)$$

Adım 5.3: Alternatifler, elde edilen u_i değerlerine göre sıralanır. En yüksek u_i değerine sahip alternatif en iyi seçenektir.

Adım 6: Küresel Bulanık Referans Noktası (KBRN) Yöntemi

Adım 6.1: Referans noktaları ($\tilde{X}_j^*$), Eşitlik (28) kullanılarak belirlenir.

$$\tilde{X}_j^* = \tilde{S} \left\{ C_j \left(\begin{matrix} \mu \\ imax_{x_{ijW^*}} \\ imin_{x_{ijW^*}} \end{matrix}, \begin{matrix} v \\ imin_{x_{ijW^*}} \\ imin_{x_{ijW^*}} \end{matrix}, \begin{matrix} \pi \\ imin_{x_{ijW^*}} \\ imin_{x_{ijW^*}} \end{matrix} \right) \left\langle \tilde{M}_{W^*} = (\tilde{X}_{ijW^*})_{m \times n} \right\rangle \right\} \quad (28)$$

Adım 6.2: Her bir alternatif ile referans noktası arasındaki mesafe, Eşitlik (29) yardımıyla hesaplanır.

$$d(\tilde{X}_{ijw*}, \tilde{X}_j^*) = \tilde{S} \left\{ \frac{1}{2} \left(\left| \mu_{\tilde{X}_{ijw*}}^2 - \mu_{\tilde{X}_j^*}^2 \right| + \left| v_{\tilde{X}_{ijw*}}^2 - v_{\tilde{X}_j^*}^2 \right| + \left| \pi_{\tilde{X}_{ijw*}}^2 - \pi_{\tilde{X}_j^*}^2 \right| \right) \right\} \quad (29)$$

Adım 6.3: Her bir alternatif için sapma değerleri y_i , Eşitlik (30) kullanılarak belirlenir.

$$y_i = \sum_{j=1}^n \frac{d(\tilde{X}_{ijw*}, \tilde{X}_j^*)}{n} \quad (30)$$

Adım 6.4: Alternatifler, y_i değerlerine göre sıralanarak en düşük y_i orana sahip alternatif en üst sırada kabul edilir.

Adım 7: Küresel Bulanık Tam Çarpım (KBTÇ) Yöntemi

Adım 7.1: $\tilde{Z}_i$ oran değerleri, Eşitlik (31) kullanılarak Küresel Ağırlıklı Geometrik Ortalama (SWGM) operatörü ile hesaplanır.

$$\tilde{Z}_i = \tilde{S} \left\{ \prod_{j=1}^n \mu_{\tilde{X}_{ijw*}}^{\frac{1}{n}}, \sqrt{1 - \prod_{j=1}^n (1 - v_{\tilde{X}_{ijw*}}^2)^{\frac{1}{n}}}, \sqrt{\prod_{j=1}^n (1 - v_{\tilde{X}_{ijw*}}^2)^{\frac{1}{n}} - \prod_{j=1}^n (1 - v_{\tilde{X}_{ijw*}}^2 - \pi_{\tilde{X}_{ijw*}}^2)^{\frac{1}{n}}} \right\} \quad (31)$$

Burada n , toplam kriter sayısını ifade eder.

Adım 7.2: $\tilde{Z}_i$ oranları, Eşitlik (32) kullanılarak z_i skor değerlerini elde etmek için bulanıklaştırılır.

$$z_i = Score(\tilde{Z}_i) = \tilde{S} \left\{ \left(3\mu_{\tilde{Z}_i} - \frac{\pi_{\tilde{Z}_i}}{2} \right)^2 - \left(v_{\tilde{Z}_i} - \frac{\pi_{\tilde{Z}_i}}{2} \right)^2 \right\} \quad (32)$$

Adım 7.3: Alternatifler, z_i değerlerine göre önceliklendirilerek en yüksek, z_i skoruna sahip alternatif en iyi seçenek olarak belirlenir.

5. UYGULAMA

Bu çalışmada, SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonu sürecinde ortaya çıkabilecek risk faktörleri değerlendirilmiştir. Literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen risk faktörleri Tablo 4'te verilmiştir. Risk faktörlerinin önem ağırlıkları KB-SWARA yöntemiyle belirlenmiştir. Risk faktörleri birbirlerini etkileyen karmaşık ve dinamik bir yapıdadır. Bu sebeple, risk faktörleri arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarabilmek için KB-DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, entegrasyon sürecinde oluşabilecek risklerin üstesinden gelebilmek amacıyla stratejiler geliştirilmiş ve bu stratejiler KB-MULTIMOORA yöntemiyle sıralanmıştır.

Tablo 4. Kriterler ve Açıklamaları

Kriterler	Açıklamalar	Kaynaklar
Veri güvenliği (K1)	KKP sistemleri büyük miktarda hassas veriyi işlediğinden, veri sızıntısı ve siber saldırılar ciddi riskler olarak karşımıza çıkmaktadır.	
Yazılım entegrasyonu (K2)	Farklı yazılım sistemlerinin KKP ile entegrasyonu, veri tutarlılığı ve sistem verimliliği açısından kritik önem taşımaktadır.	(Nelson ve Somers, 2004)
Kullanıcı uyumsuzluğu (K3)	Kullanıcılar yeni sistemlere karşı direnç gösterebilir. Bu durum sistemin etkinliğini azaltabilmektedir.	(Klaus, 2000)
Kullanıcı eğitim zorlukları (K4)	Yetersiz eğitim, KKP sistemlerinin yanlış veya eksik kullanımına yol açabilir. Bu da verimliliği düşürebilmektedir.	(Nah , 2001)
Yüksek donanım maliyetleri (K5)	Özellikle büyük ölçekli KKP sistemleri için güçlü sunucular, ağ altyapısı ve veri merkezleri gerekebilmektedir.	(Wagner ve Monk, 2012)
İş süreçlerinin uyumsuzluğu (K6)	KKP sistemleri genellikle önceden tanımlı süreçlere göre çalışmaktadır. Bu da mevcut iş süreçleriyle çakışmalara neden olabilmektedir.	(Çelebi ve Bulut, 2016)
Yatırım getirisinin belirsizliği (K7)	KKP yatırımları yüksek maliyetlidir, ancak kısa vadede net bir getiri sağlanması garanti olamamaktadır.	(Shang ve Seddon, 2002)
VR kaynaklı iş hastalıkları (K8)	SG teknolojisinin uzun süreli kullanımı göz yorgunluğu, baş dönmesi ve kas-iskelet sorunları gibi sağlık problemleri doğurabilmektedir.	(LaViola, 2000)
Hukuki riskler (K9)	Kişisel verilerin korunması ve fikri mülkiyet hakları gibi konular, KKP sistemlerinin kullanımı sırasında hukuki sorumluluk doğurabilir.	(Cavoikan, 2012)
Teknolojinin kabulü (K10)	Yeni teknolojilerin benimsenmesi, çalışanların tutumları ve kurum kültürüyle doğrudan ilişkilidir.	(Venkatesh ve Davids, 2000)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Risk faktörlerini değerlendirmek üzere altı uzman (E-1-E-6) belirlenmiştir. Uzmanlara ilişkin detaylı bilgiler Tablo 5’te verilmiştir. Uzmanların farklı deneyim ve bilgi düzeylerine sahip olması sonuçların daha kapsamlı ve gerçekçi bir şekilde elde edilmesine katkı sağlamaktadır.

Tablo 5. Uzman Bilgileri

Uzman	Tecrübe (yıl)	Eğitim Seviyesi	Bölüm	Unvan
E-1	4	Lisans	Ekonomi	KKP Danışmanı
E-2	12	Lisans	Endüstri Mühendisliği	KKP Danışmanı
E-3	7	Lisans	Endüstri Mühendisliği	İş Analisti
E-4	5	Lisans	İktisat	KKP Satış Uzmanı
E-5	4	Lisans	Endüstri Mühendisliği	Proje Yöneticisi
E-6	13	Lisans	Bilgisayar Mühendisliği	Yazılım Uzmanı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Her bir kriterin önemini belirlemek amacıyla uzman değerlendirmelerine başvurulmuştur. Uzmanlar, kriterlerin önem düzeylerini Tablo 1’deki dilsel ifadeleri kullanarak belirlemişlerdir. Uzmanlardan elde edilen değerlendirmeler Tablo 6’te sunulmuştur. Daha sonra, bu dilsel ifadeler KBS’ye dönüştürülmüştür. Uzman ağırlıkları eşit kabul edilerek, SWAM operatörü yardımıyla uzman görüşleri birleştirilmiştir. Birleştirilmiş uzman görüşleri Tablo 7’da gösterilmiştir. Her bir kriterin skor değeri Eşitlik (7) kullanılarak hesaplanmış ve skor değerlerine göre kriterler sıralanmıştır. Ardından, S_j , k_j ve p_j değerleri Eşitlik (8) ve Eşitlik (9) kullanılarak bulunmuştur. Son olarak, kriterlerin ağırlıkları Eşitlik (10) yardımıyla belirlenmiş ve Şekil 1’de gösterilmiştir.

Tablo 6. Uzman Değerlendirmeleri

	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
K1	OÖ	DÖ	KYÖ	DÖ	ODÖ	KDÖ
K2	KYÖ	OÖ	OÖÖ	ODÖ	ODÖ	ODÖ
K3	YÖ	OÖ	OÖ	OYÖ	OÖ	OYÖ
K4	DÖ	OÖ	DÖ	OYÖ	OYÖ	OYÖ
K5	ÇYÖ	ÇYÖ	KYÖ	OYÖ	YÖ	ODÖ
K6	ÇDÖ	YÖ	YÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	KYÖ
K7	ODÖ	OYÖ	YÖ	YÖ	ODÖ	OYÖ
K8	OÖ	OÖ	DÖ	ODÖ	ODÖ	OYÖ
K9	KDÖ	DÖ	OYÖ	ÇDÖ	OÖ	ÇDÖ
K10	OÖ	OÖ	ODÖ	OÖ	OYÖ	OÖ

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 7. SWAM Operatörü ile Kriter Ağırlıkları

	Kriter Ağırlıkları		
	μ	ν	π
K1	0,5664	0,4863	0,2385
K2	0,6071	0,4189	0,3028
K3	0,5770	0,4263	0,3376
K4	0,5109	0,5003	0,2819
K5	0,7518	0,2570	0,2903
K6	0,7563	0,2570	0,2746
K7	0,5919	0,4160	0,2904
K8	0,4654	0,5415	0,2876
K9	0,3770	0,6573	0,1869
K10	0,5056	0,4966	0,3400

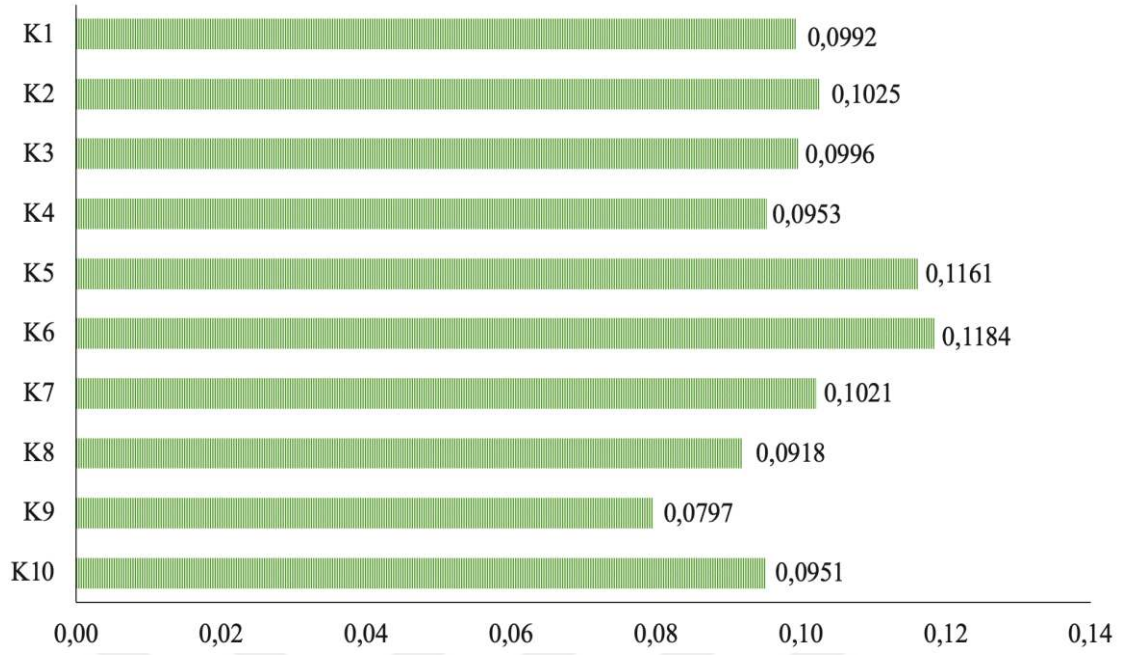
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 8. KB-SWARA Sonuçları

	Skor Değerleri	S_j	k_j	p_j
K6	0,2317		1,0000	1,0000
K5	0,2119	0,0198	1,0198	0,9806
K2	0,0792	0,1328	1,1328	0,8657
K7	0,0751	0,0040	1,0040	0,8622
K3	0,0494	0,0257	1,0257	0,8406
K1	0,0461	0,0033	1,0033	0,8378
K4	0,0048	0,0414	1,0414	0,8046
K10	0,0029	0,0019	1,0019	0,8031
K8	-0,0328	0,0357	1,0357	0,7754
K9	-0,1851	0,1523	1,1523	0,6729

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 15'deki sonuçlara göre, "iş süreçlerinin uyumsuzluğu" (K6) kriteri en yüksek ağırlık değeriyle (%11,84) en kritik risk faktörü olarak belirlenmiştir. Bu durum, SG entegrasyonunun mevcut kurumsal işleyişle uyumlu hale getirilmesinde ciddi zorluklar yaşanabileceğini göstermektedir. "Yüksek donanım maliyetleri" (K5) %11,61 ile ikinci sırada yer almıştır. Bu da teknolojik altyapının kurumlara önemli bir mali yük getirme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. "Yazılım entegrasyonu" (K2) ve "yatırım getirisinin belirsizliği" (K7) kriterleri sırasıyla %10,25 ve %10,21 ile öne çıkan diğer önemli teknik ve finansal risklerdir. Bu bulgu, hem entegrasyonun teknik başarıyla tamamlanmasının hem de bu yatırımın geri dönüşünün belirsizliğinin dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. "Kullanıcı uyumsuzluğu" (K3), "veri güvenliği" (K1) ve "kullanıcı eğitim zorlukları" (K4) gibi insan ve bilgi güvenliği ile ilişkili riskler yaklaşık %9,5 ile %9,9 arasında değişen ağırlıklara sahip olup, orta düzeyde önemli risk faktörleri olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, SG tabanlı KKP sistemlerinin kullanıcılar tarafından benimsenmesi ve güvenli kullanımının sağlanması açısından dikkatli planlamaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır. "Teknolojinin kabulü" (K10) ve "SG kaynaklı iş hastalıkları" (K8) da benzer şekilde önemli ancak biraz daha düşük ağırlıklarla değerlendirilmiştir. İnsan kaynaklı dirençler ve fiziksel/ergonomik risklerin uzun vadeli etkileri göz ardı edilmemelidir. Son olarak, "hukuki riskler" (K9) %7,97 ile en düşük ağırlığa sahip olsa da, özellikle veri kullanımı, çalışan sağlığı ve iş güvenliği bağlamında yasal yükümlülükler göz önünde bulundurulmalıdır. Ağırlıkların birbirine görece yakın olması, tüm risk faktörlerinin sanal gerçeklik entegrasyon sürecinde dikkate alınması gerektiğini ve bütüncül bir risk yönetimi yaklaşımının gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Kriter Ağırlıkları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonu sırasında ortaya çıkabilecek riskler, birbirini etkileyen karmaşık bir yapıdadır. Bu nedenle, riskler arasındaki etkileşimi ortaya çıkarmak amacıyla KB-DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. KB-DEMATEL yöntemiyle risk faktörleri arasındaki neden-sonuç ilişkileri belirlenerek hangi risklerin diğerlerini etkilediği ve hangilerinin diğer risklerden daha fazla etkilendiği ortaya konmuştur. İlk aşamada, KB-SWARA yönteminde görüşlerine başvuru alan altı uzmandan, her bir risk faktörünün diğer riskler üzerindeki etkisini Tablo 3’de yer alan dilsel ifadeleri kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir. Uzmanlardan elde edilen doğrudan etki matrisleri, KBS’ye dönüştürülmüştür. Her bir uzmanın ağırlığı eşit alınmıştır. Tüm matrisler, Eşitlik (12)’deki SWAM operatörü aracılığıyla birleştirilmiş ve birleştirilmiş doğrudan etki matrisi Tablo 10’da sunulmuştur. Elde edilen matris, üyelik, üye olmama ve tereddüt değerlerine göre ayrı ayrı normalize edilerek başlangıç etki matrisi oluşturulmuştur. Ardından, toplam etki matrisi hesaplanmış ve Tablo 11’de gösterilmiştir. Toplam etki matrisinin satır ve sütun toplamaları kullanılarak, her bir risk faktörüne ait (r_i) ve (c_i) değerleri elde edilmiştir. Her bir risk faktörünün $r_i + c_i$ değerleri hesaplanarak risk faktörleri arasındaki ilişki bakımından önem düzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca, her bir riskin net etkisini gösteren

$r_i - c_i$ değerleri aracılığıyla, hangi risklerin etkileyen (neden) ve hangilerinin etkilenen (sonuç) olduğu belirlenmiştir. Pozitif $r_i - c_i$ değerine sahip risk faktörleri diğer risk faktörleri üzerinde yüksek etkiye sahip olup “etkileyen” olarak adlandırılmaktadır. Negatif değere sahip olanlar ise diğer risk faktörlerinden daha fazla “etkilenen” kriterlerdir. Bu değerlendirmeler doğrultusunda risk faktörleri arasındaki ilişkiler şekil 16’daki etki diyagramı ile göstermiştir.



Tablo 9. Uzmanların Kriterlere İlişkin Etki Değerlendirmesi

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10			K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
E1	K1	EE	OE	OE	EE	OE	DE	YE	EE	YE	OE	E2	K1	EE	EE	OE	EE	EE	EE	EE	EE	YE	OE
	K2	OE	EE	YE	YE	YE	YE	YE	EE	EE	OE		K2	DE	EE	YE	YE	YE	OE	OE	EE	DE	OE
	K3	EE	OE	EE	YE	OE	OE	OE	DE	DE	OE		K3	EE	DE	EE	YE	DE	OE	OE	DE	DE	OE
	K4	EE	OE	OE	EE	OE	DE	OE	EE	EE	OE		K4	EE	OE	OE	EE	DE	OE	OE	OE	DE	OE
	K5	EE	YE	OE	OE	EE	DE	OE	EE	EE	OE		K5	EE	YE	OE	OE	EE	DE	OE	DE	DE	OE
	K6	DE	OE	OE	OE	OE	EE	OE	DE	EE	DE		K6	DE	OE	YE	YE	OE	EE	OE	DE	EE	OE
	K7	EE	YE	EE	DE	YE	DE	EE	EE	EE	EE		K7	DE	OE	EE	DE	OE	DE	EE	EE	EE	EE
	K8	EE	EE	DE	EE	OE	EE	OE	EE	OE	OE		K8	EE	EE	OE	DE	OE	DE	OE	EE	OE	OE
	K9	YE	OE	EE	EE	DE	DE	OE	EE	EE	OE		K9	YE	DE	DE	EE	DE	DE	OE	EE	EE	OE
	K10	EE	YE	OE	OE	OE	OE	DE	EE	OE	EE		K10	DE	OE	OE	OE	OE	OE	DE	EE	OE	EE
E3	K1	EE	EE	EE	EE	OE	EE	OE	EE	G	EE	E4	K1	EE	DE	OE	EE	DE	EE	EE	EE	YE	OE
	K2	DE	EE	DE	DE	OE	OE	OE	EE	DE	DE		K2	DE	EE	DE	OE	YE	DE	DE	OE	EE	DE
	K3	EE	OE	EE	YE	DE	OE	DE	DE	DE	OE		K3	DE	DE	EE	OE	DE	EE	EE	OE	DE	DE
	K4	EE	EE	YE	EE	EE	OE	OE	DE	DE	YE		K4	EE	DE	DE	EE	DE	OE	DE	DE	EE	OE
	K5	YE	YE	DE	DE	EE	DE	DE	DE	DE	OE		K5	DE	YE	OE	OE	EE	DE	DE	DE	EE	DE
	K6	EE	YE	YE	YE	OE	EE	DE	EE	EE	YE		K6	EE	EE	OE	OE	EE	EE	DE	EE	EE	OE
	K7	DE	OE	EE	EE	YE	EE	EE	EE	DE	OE		K7	EE	DE	EE	EE	DE	DE	EE	EE	EE	DE
	K8	EE	EE	OE	EE	OE	EE	DE	EE	OE	YE		K8	EE	DE	DE	EE	OE	EE	DE	EE	OE	OE
	K9	YE	DE	DE	EE	DE	EE	DE	YE	EE	DE		K9	YE	EE	EE	DE	DE	EE	DE	EE	EE	DE
	K10	EE	OE	YE	YE	DE	OE	EE	EE	EE	EE		K10	DE	DE	EE	DE	DE	DE	EE	EE	DE	EE
E5	K1	EE	EE	OE	DE	YE	EE	EE	EE	YE	DE	E6	K1	EE	EE	EE	EE	DE	EE	EE	EE	YE	DE
	K2	EE	EE	DE	YE	YE	DE	OE	EE	EE	DE		K2	DE	EE	DE	DE	YE	EE	YE	OE	OE	OE
	K3	DE	EE	EE	YE	OE	DE	DE	EE	DE	OE		K3	OE	DE	EE	YE	YE	EE	YE	OE	DE	OE
	K4	DE	EE	YE	EE	YE	EE	OE	DE	DE	DE		K4	DE	EE	DE	EE	DE	EE	OE	EE	EE	OE
	K5	DE	YE	EE	EE	EE	EE	OE	EE	EE	YE		K5	YE	OE	OE	OE	EE	DE	OE	DE	DE	YE
	K6	EE	EE	OE	DE	EE	EE	OE	DE	DE	OE		K6	EE	OE	OE	DE	DE	EE	YE	EE	DE	YE
	K7	EE	DE	EE	EE	YE	OE	EE	EE	EE	YE		K7	DE	DE	DE	DE	DE	OE	EE	EE	DE	YE
	K8	EE	OE	EE	DE	YE	EE	EE	EE	YE	DE		K8	EE	EE	YE	DE	YE	EE	YE	EE	YE	OE
	K9	YE	EE	DE	DE	DE	EE	DE	EE	EE	OE		K9	YE	EE	DE	EE	OE	EE	DE	DE	EE	YE
	K10	DE	OE	OE	YE	DE	OE	EE	EE	EE	EE		K10	DE	DE	OE	OE	DE	EE	YE	EE	DE	EE

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 10. Birleştirilmiş Doğrudan Etki Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
K1	0,0000	0,0000	0,0000	0,3028	0,2720	0,2353	0,5073	0,2289	0,3209	0,1468	0,2910	0,1736	0,5776	0,2197	0,4256
K2	0,3862	0,2483	0,2684	0,0000	0,0000	0,0000	0,6342	0,2109	0,4795	0,7293	0,1866	0,4888	0,8252	0,1574	0,4642
K3	0,3335	0,2639	0,2475	0,4390	0,2392	0,2919	0,0000	0,0000	0,0000	0,8252	0,1574	0,4642	0,5899	0,2131	0,4258
K4	0,2065	0,2823	0,1933	0,3960	0,2542	0,2758	0,6796	0,1957	0,4710	0,0000	0,0000	0,0000	0,5456	0,2280	0,4231
K5	0,6128	0,2241	0,4832	0,8252	0,1574	0,4642	0,5228	0,2221	0,3256	0,5228	0,2221	0,3256	0,0000	0,0000	0,0000
K6	0,2065	0,2823	0,1933	0,5949	0,2182	0,4272	0,7181	0,1817	0,4611	0,6796	0,1957	0,4710	0,4661	0,2376	0,3046
K7	0,2515	0,2739	0,2102	0,5899	0,2131	0,4258	0,1468	0,2910	0,1736	0,2515	0,2739	0,2102	0,7293	0,1866	0,4888
K8	0,0000	0,3000	0,1500	0,3028	0,2720	0,2353	0,5776	0,2197	0,4256	0,2515	0,2739	0,2102	0,7181	0,1817	0,4611
K9	0,8500	0,1500	0,4500	0,3335	0,2639	0,2475	0,2888	0,2657	0,2251	0,2065	0,2823	0,1933	0,4092	0,2409	0,2774
K10	0,2888	0,2657	0,2251	0,6176	0,2054	0,4268	0,6326	0,2040	0,4275	0,6996	0,1886	0,4662	0,4584	0,2321	0,2990
	K6			K7			K8			K9			K10		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
K1	0,1468	0,2910	0,1736	0,5003	0,2804	0,2167	0,0000	0,3000	0,1500	0,8500	0,1500	0,4500	0,4838	0,2305	0,3106
K2	0,5776	0,2197	0,4256	0,6996	0,1979	0,4239	0,3718	0,2621	0,2665	0,3335	0,2639	0,2475	0,5006	0,2236	0,3162
K3	0,4661	0,2376	0,3046	0,5776	0,2197	0,4256	0,4390	0,2392	0,2919	0,3500	0,2500	0,2500	0,5705	0,2076	0,3411
K4	0,4661	0,2376	0,3046	0,5705	0,2076	0,3411	0,3611	0,2560	0,2585	0,2515	0,2739	0,2102	0,6428	0,1979	0,4270
K5	0,3212	0,2577	0,2382	0,5376	0,2154	0,3300	0,2888	0,2657	0,2251	0,2515	0,2739	0,2102	0,6996	0,1886	0,4662
K6	0,0000	0,0000	0,0000	0,6176	0,2054	0,4268	0,2515	0,2739	0,2102	0,2065	0,2823	0,1933	0,6996	0,1886	0,4662
K7	0,4390	0,2392	0,2919	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3000	0,1500	0,2065	0,2823	0,1933	0,6384	0,2159	0,4796
K8	0,1468	0,2910	0,1736	0,5776	0,2197	0,4256	0,0000	0,0000	0,0000	0,7181	0,1817	0,4611	0,6428	0,1979	0,4270
K9	0,2065	0,2823	0,1933	0,4584	0,2321	0,2990	0,4580	0,2593	0,4148	0,0000	0,0000	0,0000	0,6176	0,2054	0,4268
K10	0,5228	0,2221	0,3256	0,4762	0,2515	0,4165	0,0000	0,3000	0,1500	0,4183	0,2466	0,2842	0,0000	0,0000	0,0000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 11. Toplam Etki Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
K1	0,2199	0,2944	0,2218	0,2555	0,3430	0,2621	0,2746	0,3371	0,2703	0,2267	0,3467	0,2493	0,2801	0,3381	0,2836
K2	0,3719	0,3015	0,3553	0,2983	0,2591	0,2967	0,3859	0,2998	0,3750	0,4020	0,2947	0,3825	0,4007	0,2921	0,3683
K3	0,3334	0,3105	0,3229	0,3370	0,3097	0,3221	0,2677	0,2654	0,2659	0,3881	0,2962	0,3486	0,3454	0,3093	0,3344
K4	0,2848	0,3260	0,3020	0,3090	0,3251	0,3105	0,3427	0,3164	0,3359	0,2470	0,2784	0,2585	0,3165	0,3248	0,3240
K5	0,3922	0,3044	0,3745	0,3919	0,2960	0,3518	0,3466	0,3087	0,3245	0,3486	0,3078	0,3278	0,2709	0,2658	0,2690
K6	0,3018	0,3181	0,3205	0,3557	0,3112	0,3567	0,3680	0,3063	0,3562	0,3695	0,3083	0,3648	0,3263	0,3189	0,3281
K7	0,2563	0,3422	0,2860	0,2949	0,3356	0,3157	0,2252	0,3506	0,2678	0,2430	0,3463	0,2775	0,2938	0,3343	0,3114
K8	0,2426	0,3299	0,2992	0,2832	0,3285	0,3059	0,3115	0,3206	0,3286	0,2704	0,3291	0,2981	0,3244	0,3164	0,3319
K9	0,3961	0,3103	0,3381	0,2713	0,3308	0,2839	0,2622	0,3331	0,2769	0,2457	0,3342	0,2716	0,2757	0,3317	0,2837
K10	0,3079	0,3221	0,3171	0,3403	0,3150	0,3440	0,3384	0,3165	0,3381	0,3533	0,3131	0,3508	0,3067	0,3239	0,3154
	K6			K7			K8			K9			K10		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
K1	0,2199	0,2944	0,2218	0,2555	0,3430	0,2621	0,2746	0,3371	0,2703	0,2267	0,3467	0,2493	0,2801	0,3381	0,2836
K2	0,3719	0,3015	0,3553	0,2983	0,2591	0,2967	0,3859	0,2998	0,3750	0,4020	0,2947	0,3825	0,4007	0,2921	0,3683
K3	0,3334	0,3105	0,3229	0,3370	0,3097	0,3221	0,2677	0,2654	0,2659	0,3881	0,2962	0,3486	0,3454	0,3093	0,3344
K4	0,2848	0,3260	0,3020	0,3090	0,3251	0,3105	0,3427	0,3164	0,3359	0,2470	0,2784	0,2585	0,3165	0,3248	0,3240
K5	0,3922	0,3044	0,3745	0,3919	0,2960	0,3518	0,3466	0,3087	0,3245	0,3486	0,3078	0,3278	0,2709	0,2658	0,2690
K6	0,3018	0,3181	0,3205	0,3557	0,3112	0,3567	0,3680	0,3063	0,3562	0,3695	0,3083	0,3648	0,3263	0,3189	0,3281
K7	0,2563	0,3422	0,2860	0,2949	0,3356	0,3157	0,2252	0,3506	0,2678	0,2430	0,3463	0,2775	0,2938	0,3343	0,3114
K8	0,2426	0,3299	0,2992	0,2832	0,3285	0,3059	0,3115	0,3206	0,3286	0,2704	0,3291	0,2981	0,3244	0,3164	0,3319
K9	0,3961	0,3103	0,3381	0,2713	0,3308	0,2839	0,2622	0,3331	0,2769	0,2457	0,3342	0,2716	0,2757	0,3317	0,2837
K10	0,3079	0,3221	0,3171	0,3403	0,3150	0,3440	0,3384	0,3165	0,3381	0,3533	0,3131	0,3508	0,3067	0,3239	0,3154

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 12. Kriterlerin Önem ve İlişki Değerleri

	r			Skor	c			Skor	Önem	İlişki	Etki grubu
	μ	v	π		μ	v	π		r+c	r-c	
K1	0,7210	0,0000	0,5132	0,5994	0,8089	0,0000	0,4912	1,0279	1,63	-0,43	Etkilenen
K2	0,8878	0,0000	0,4189	1,6650	0,8079	0,0000	0,4913	1,0232	2,69	0,64	Etkileyen
K3	0,8505	0,0000	0,4481	1,3691	0,8083	0,0000	0,4917	1,0237	2,39	0,35	Etkileyen
K4	0,8046	0,0000	0,4918	1,0066	0,8093	0,0000	0,4916	1,0283	2,03	-0,02	Etkilenen
K5	0,8511	0,0000	0,4495	1,3675	0,8079	0,0000	0,4914	1,0227	2,39	0,34	Etkileyen
K6	0,8335	0,0000	0,4776	1,1863	0,8086	0,0000	0,4915	1,0255	2,21	0,16	Etkileyen
K7	0,6980	0,0000	0,5564	0,3953	0,8082	0,0000	0,4916	1,0233	1,42	-0,63	Etkilenen
K8	0,7733	0,0000	0,5258	0,7654	0,8096	0,0000	0,4905	1,0337	1,80	-0,27	Etkilenen
K9	0,7667	0,0000	0,5095	0,7887	0,8081	0,0000	0,4913	1,0244	1,81	-0,24	Etkilenen
K10	0,8058	0,0000	0,5009	0,9826	0,8078	0,0000	0,4914	1,0223	2,00	-0,04	Etkilenen

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

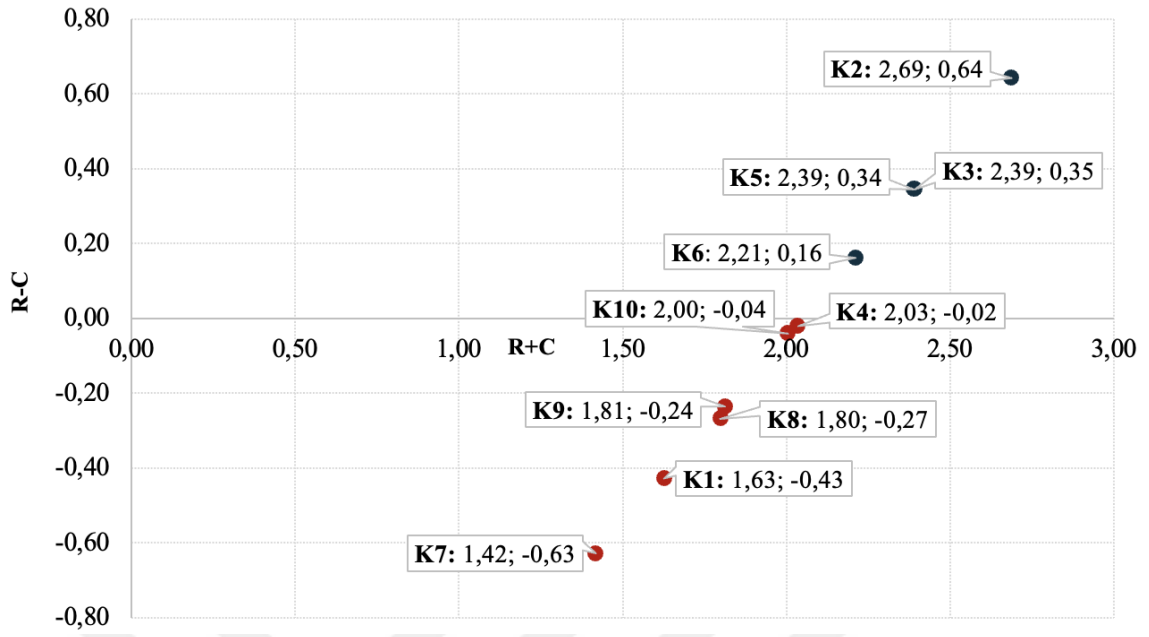
KB-DEMATEL sonucundan elde edilen verilere göre, en yüksek etkileşim düzeyine sahip kriterin “yazılım entegrasyonu” (K2) olduğu görülmektedir. Bu kriterin hem yüksek önem değeri ($R + C$) hem de pozitif ilişki değeri ($R - C$) ile dikkat çekmesi, diğer birçok riski tetikleyici bir konumda bulunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, “kullanıcı uyumsuzluğu” (K3), “yüksek donanım maliyetleri” (K5) ve “iş süreçlerinin uyumsuzluğu” (K6) da sistemin yapısını etkileyen temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, entegrasyon sürecinde yalnızca teknik altyapının dikkate alındığı bir durum olmaktan çıkmıştır, aynı zamanda kullanıcı ve süreç odaklı faktörlerin de dikkatle ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Diğer yandan, “yatırım getirisinin belirsizliği” (K7), “SG kaynaklı iş hastalıkları” (K8) ve “hukuki riskler” (K9) gibi kriterlerin daha düşük önem düzeyine ve negatif ilişki değerine sahip olması, bu risklerin sistemde daha çok etkilenen yani “sonuç” niteliğinde olduğunu göstermektedir. Bu tür risklerin ortaya çıkması büyük ölçüde diğer risklerin yönetilip yönetilememesine bağlıdır. Örneğin, yazılım entegrasyonundaki aksaklıklar ya da kullanıcı uyumsuzluğu gibi “neden” riskleri, doğrudan veri güvenliği açıklarına ya da yatırım getirisi üzerindeki belirsizliklere yol açabilmektedir. Sonuç olarak, etkileyici risk faktörlerine öncelik verilmesi, sistemde domino etkisi yaratarak diğer risklerin de

kontrol altına alınmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle stratejik önceliklerin, sadece en çok etkilenen değil, aynı zamanda diğerlerini etkileyen risk faktörlerine odaklanarak belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Risk faktörleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi için eşik değeri $\alpha = 0,09$ olarak alınmıştır. Tablo 13’de eşik değerinin üzerinde kalan değerler, kalın ve kırmızı olarak gösterilmiştir. Buna göre, “yazılım entegrasyonu” (K2) riskinin diğer bütün riskleri etkilediği görülmektedir. Buda, SG tabanlı KKP sistemlerinde yazılım entegrasyonunun yüksek derecede önemlidir. “Kullanıcı uyumsuzluğu” (K3) ve “yüksek donanım maliyetleri” (K5) de birçok risk faktörünü etkileyen riskler arasında yer almakta ve sistemdeki diğer riskleri tetikleyici bir yapıya sahiptir. “Yatırım getirisinin belirsizliği” (K7), “SG kaynaklı iş hastalıkları” (K8) ve “Hukuki riskler” (K9) faktörlerinin diğer risk faktörleri ile etkileşimlerinin düşük olduğu görülmektedir. Buda, diğer risklerden etkilendiğini açıkça göstermektedir. Özellikle, “hukuki riskler” (K9) faktörünün “Veri güvenliği” (K1) üzerinde belirgin bir etki yaratması, bu iki kriter arasında kritik bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir. Veri güvenliğinin sağlanamamasının hukuki risklerin ortaya çıkmasında doğrudan etkili olabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 13. Kriterlerin Birbirleri Arasındaki İlişki Düzeyleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
K1	0,0422	0,0554	0,0734	0,0322	0,0736	0,0391	0,0766	0,0175	0,1828	0,0673
K2	0,1480	0,0885	0,1518	0,1699	0,1819	0,1733	0,1647	0,1922	0,1279	0,1383
K3	0,1181	0,1237	0,0727	0,1801	0,1264	0,1484	0,1256	0,2038	0,1190	0,1308
K4	0,0710	0,0944	0,1217	0,0550	0,0954	0,1236	0,1080	0,1422	0,0759	0,1082
K5	0,1632	0,1836	0,1357	0,1361	0,0744	0,1228	0,1315	0,1400	0,1047	0,1378
K6	0,0801	0,1237	0,1418	0,1368	0,1052	0,0669	0,1175	0,1174	0,0758	0,1231
K7	0,0482	0,0747	0,0265	0,0387	0,0757	0,0757	0,0224	0,0088	0,0325	0,0620
K8	0,0337	0,0674	0,0867	0,0579	0,1001	0,0511	0,0825	0,0395	0,1387	0,0910
K9	0,2055	0,0647	0,0581	0,0444	0,0694	0,0529	0,0748	0,1210	0,0452	0,0844
K10	0,0892	0,1124	0,1142	0,1252	0,0887	0,1321	0,0829	0,0377	0,0981	0,0503

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 5. Etki Diyagramı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

KB-DEMATEL yöntemi risk faktörleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, risk faktörlerinin ilişkileri ve birbirleri üzerindeki etkileri temel alınarak stratejik çözüm önerileri geliştirilmiş ve KB-MULTIMOORA yöntemiyle sıralanmıştır.

Tablo 14. Stratejiler ve Açıklamaları

Stratejiler	Açıklamalar
S1. SG sistemleriyle entegre çalışacak yazılım altyapısının geliştirilmesi	SG teknolojilerinin KKP sistemleriyle sorunsuz biçimde çalışabilmesi için, veri uyumluluğu ve gerçek zamanlı işlem kabiliyeti sağlayacak özel yazılım altyapısının geliştirilmesi gereklidir.
S2. SG-KKP entegrasyonuna uygun kullanıcı arayüzlerinin oluşturulması	Kullanıcıların SG sistemleri ile KKP arasındaki geçişleri kolaylıkla yönetebilmesi için sade, işlevsel ve entegrasyona uygun arayüzlerin tasarlanması gerekmektedir.
S3. Kullanıcıların SG sistemine adaptasyonu için ön eğitim verilmesi	Çalışanların SG sistemlerini etkin kullanabilmeleri ve entegrasyon sürecine uyum sağlayabilmeleri için kapsamlı ve uygulamalı eğitimlerin önceden sunulması gerekmektedir.
S4. SG entegrasyonu için donanım yatırımlarının kademeli planlanması ve maliyet analizi	Entegrasyonun sürdürülebilirliği açısından gerekli donanım yatırımlarının bütçeye uygun şekilde aşamalı olarak gerçekleştirilmesi ve maliyet-fayda analizinin yapılması gerekmektedir.
S5. İş süreçlerinin SG entegrasyonuna uygun şekilde yeniden yapılandırılması	Mevcut iş süreçlerinin SG teknolojilerinin gerektirdiği veri akışı ve otomasyon özelliklerine uyumlu olacak şekilde yeniden tasarlanması gerekmektedir.
S6. Kurum içi dijital dönüşüm, dijital okuryazarlık ve farkındalık eğitimleri verilmesi	SG entegrasyonunun başarısı için çalışanların dijital yeterliliklerinin artırılması ve teknolojik farkındalığın kurumsal düzeyde geliştirilmesi gerekmektedir.
S7. SG ortamına özel veri güvenlik sistemlerinin kurulması	SG sistemleriyle KKP entegrasyonunda oluşabilecek siber tehditlere karşı, veri bütünlüğü ve gizliliğini sağlayacak güvenlik altyapısının oluşturulması gerekmektedir.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Stratejilerin değerlendirmesi aşamasında, uzmanlara her bir stratejinin her bir risk faktörünü azaltma veya önleme açısından ne derece etkili olduğunu Tablo 2’de verilen dilsel ifadelerle değerlendirmeleri istenmiştir. Uzman değerlendirmeleri, stratejilerin yalnızca hangi riskleri hedeflediğini değil, bu riskleri azaltmadaki uygulanabilirliğini de ortaya koymuştur. Tablo 15’te uzmanların risk faktörlerine göre stratejileri değerlendirme matrisleri verilmiştir. Uzmanlardan elde edilen değerlendirme matrislerindeki dilsel ifadeler daha sonra KBS’lere dönüştürülmüş ve Eşitlik (22) kullanılarak birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Birleştirilmiş küresel bulanık karar matrisi Tablo 16’te gösterilmiştir. Ardından, Eşitlik

(24) kullanılarak birleştirilmiş ağırlıklı küresel bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Elde edilen birleştirilmiş ağırlıklı küresel bulanık karar matrisi üzerinden Küresel Bulanık Oran (KBO) yöntemi, Küresel Bulanık Referans (KBR) yöntemi ve Küresel Bulanık Tam Çarpım (KBTÇ) yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemlerden elde edilen sıralamalar Sıra Baskınlık (SB) yöntemi değerlendirilerek nihai sıralama elde edilmiştir.



Tablo 15. Uzmanların Kriterler Bazında Alternatifleri Değerlendirme Matrisleri

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10			K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
E1	S1	OYÖ	KYÖ	ÇDÖ	ÇDÖ	KDÖ	KDÖ	OÖ	KDÖ	ÇDÖ	KDÖ	E2	S1	DÖ	KYÖ	DÖ	KDÖ	ODÖ	ODÖ	OYÖ	KDÖ	KDÖ	OÖ
	S2	KDÖ	ÇDÖ	KYÖ	KYÖ	ÇDÖ	DÖ	KDÖ	DÖ	KDÖ	ÇYÖ		S2	KDÖ	KDÖ	ÇYÖ	KYÖ	KDÖ	OYÖ	ODÖ	YÖ	DÖ	YÖ
	S3	KDÖ	KDÖ	KYÖ	KYÖ	KDÖ	YÖ	OYÖ	OYÖ	ÇDÖ	OYÖ		S3	ODÖ	KDÖ	YÖ	ÇYÖ	KDÖ	ODÖ	OÖ	ODÖ	DÖ	OÖ
	S4	KDÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ	KYÖ	ÇDÖ	KYÖ	ÇDÖ	KDÖ	YÖ		S4	ÇDÖ	ODÖ	ODÖ	OÖ	KYÖ	ODÖ	ÇYÖ	ODÖ	DÖ	ÇYÖ
	S5	KDÖ	KDÖ	OYÖ	OYÖ	ÇDÖ	KYÖ	YÖ	KDÖ	KDÖ	ODÖ		S5	KDÖ	KDÖ	YÖ	ÇYÖ	DÖ	KYÖ	ODÖ	ÇDÖ	DÖ	OYÖ
	S6	ODÖ	DÖ	YÖ	ÇYÖ	ODÖ	ODÖ	DÖ	ODÖ	ÇDÖ	OYÖ		S6	OYÖ	KDÖ	KYÖ	KYÖ	KDÖ	KYÖ	YÖ	ÇDÖ	ODÖ	YÖ
	S7	KYÖ	KDÖ	OÖ	ODÖ	KDÖ	ÇDÖ	ODÖ	KDÖ	KYÖ	OÖ		S7	KYÖ	KDÖ	ODÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ	KYÖ	OÖ	
E3	S1	OÖ	KYÖ	OÖ	ODÖ	OÖ	DÖ	ODÖ	ODÖ	ODÖ	OYÖ	E4	S1	ÇDÖ	ÇYÖ	YÖ	YÖ	DÖ	YÖ	DÖ	ODÖ	KDÖ	OÖ
	S2	KDÖ	KDÖ	YÖ	KYÖ	KDÖ	ÇYÖ	OÖ	ÇDÖ	ÇDÖ	ÇYÖ		S2	KDÖ	KDÖ	YÖ	ÇYÖ	ÇDÖ	OYÖ	OÖ	ODÖ	ÇDÖ	OYÖ
	S3	YÖ	KDÖ	KYÖ	YÖ	DÖ	ÇYÖ	YÖ	ÇYÖ	OYÖ	YÖ		S3	OÖ	ÇDÖ	ÇYÖ	KYÖ	ÇDÖ	ÇYÖ	OÖ	OÖ	OÖ	YÖ
	S4	DÖ	ODÖ	ÇDÖ	ÇDÖ	KYÖ	DÖ	KYÖ	ÇDÖ	OÖ	OYÖ		S4	DÖ	KDÖ	ÇDÖ	ÇDÖ	ÇYÖ	ODÖ	ÇYÖ	ODÖ	OÖ	OYÖ
	S5	KDÖ	KDÖ	ODÖ	YÖ	ODÖ	ÇYÖ	OYÖ	OÖ	ÇDÖ	YÖ		S5	DÖ	KDÖ	ÇYÖ	YÖ	KDÖ	KYÖ	YÖ	DÖ	DÖ	YÖ
	S6	YÖ	KDÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	ÇDÖ	YÖ	OÖ	OYÖ	OÖ	YÖ		S6	OÖ	ÇDÖ	YÖ	ÇYÖ	KDÖ	ÇYÖ	OYÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	ÇYÖ
	S7	KYÖ	KDÖ	DÖ	ÇDÖ	KDÖ	ODÖ	ODÖ	KDÖ	YÖ	YÖ		S7	KYÖ	KDÖ	ÇDÖ	ÇDÖ	KDÖ	KDÖ	OÖ	KDÖ	KYÖ	YÖ
E5	S1	OYÖ	KYÖ	DÖ	DÖ	ÇDÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ	ODÖ	OYÖ	E6	S1	DÖ	ÇYÖ	ÇDÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ	OÖ	KDÖ	KDÖ	ODÖ
	S2	ODÖ	KDÖ	KYÖ	KYÖ	OÖ	ODÖ	ODÖ	KYÖ	DÖ	OYÖ		S2	KDÖ	KDÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	KDÖ	OYÖ	YÖ	ÇYÖ	OÖ	ÇYÖ
	S3	YÖ	KDÖ	YÖ	KYÖ	KDÖ	YÖ	OYÖ	KYÖ	OÖ	YÖ		S3	ÇDÖ	KDÖ	YÖ	ÇYÖ	DÖ	ÇYÖ	DÖ	OÖ	ODÖ	OYÖ
	S4	KDÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ	KYÖ	KDÖ	KYÖ	KDÖ	KDÖ	YÖ		S4	KDÖ	KDÖ	DÖ	ODÖ	ÇYÖ	DÖ	ÇYÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ
	S5	ODÖ	KDÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	KYÖ	ÇYÖ	ÇDÖ	DÖ	ÇYÖ		S5	KDÖ	KDÖ	YÖ	OYÖ	ODÖ	KYÖ	OÖ	DÖ	DÖ	ÇYÖ
	S6	YÖ	KDÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	KDÖ	ÇYÖ	OYÖ	ÇYÖ	YÖ	YÖ		S6	OÖ	ÇDÖ	KYÖ	ÇYÖ	KDÖ	ÇYÖ	YÖ	ÇDÖ	ÇDÖ	OÖ
	S7	KYÖ	KDÖ	ODÖ	ODÖ	KDÖ	ODÖ	DÖ	KDÖ	KYÖ	YÖ		S7	KYÖ	ÇDÖ	ÇDÖ	ÇDÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ	KDÖ	ÇYÖ	OÖ

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 16. Birleştirilmiş Küresel Bulanık Karar Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
S1	0,4576	0,5616	0,3830	0,8746	0,1260	0,1306	0,4307	0,6008	0,3356	0,3923	0,6587	0,2775	0,4576	0,5616	0,3830
S2	0,1917	0,8412	0,2029	0,1227	0,8825	0,1233	0,8205	0,1817	0,1937	0,8746	0,1260	0,1306	0,1917	0,8412	0,2029
S3	0,5162	0,5185	0,3443	0,1227	0,8825	0,1233	0,8085	0,1944	0,2089	0,8502	0,1513	0,1614	0,5162	0,5185	0,3443
S4	0,2058	0,8116	0,2094	0,2505	0,7862	0,2639	0,2447	0,7756	0,2524	0,2995	0,7333	0,3213	0,2058	0,8116	0,2094
S5	0,2240	0,8067	0,2339	0,1000	0,9000	0,1000	0,6982	0,3086	0,2958	0,7143	0,2884	0,2979	0,2240	0,8067	0,2339
S6	0,5877	0,4189	0,4017	0,1838	0,8299	0,1864	0,8205	0,1817	0,1937	0,8224	0,1782	0,1813	0,5877	0,4189	0,4017
S7	0,9000	0,1000	0,1000	0,1227	0,8825	0,1233	0,3558	0,6573	0,3691	0,2776	0,7413	0,2869	0,9000	0,1000	0,1000
	K6			K7			K8			K9			K10		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
S1	0,3127	0,7172	0,3324	0,3868	0,6717	0,2706	0,4414	0,5793	0,4125	0,2505	0,7862	0,2639	0,2599	0,7709	0,2719
S2	0,2538	0,7846	0,2790	0,5957	0,4185	0,3541	0,4848	0,5382	0,4037	0,6761	0,3554	0,2484	0,3005	0,7215	0,3184
S3	0,2058	0,8116	0,2094	0,7310	0,2749	0,2615	0,5577	0,4509	0,4107	0,6900	0,3260	0,3386	0,4461	0,5681	0,4155
S4	0,8746	0,1260	0,1306	0,3056	0,7090	0,3125	0,8593	0,1414	0,1467	0,2689	0,7560	0,2796	0,3318	0,7095	0,3602
S5	0,4725	0,5754	0,2919	0,8881	0,1122	0,1151	0,6487	0,3595	0,3483	0,3005	0,7215	0,3184	0,2624	0,7464	0,2647
S6	0,2041	0,8248	0,2142	0,7778	0,2289	0,2237	0,5949	0,4141	0,3750	0,6060	0,4280	0,2843	0,5580	0,4752	0,3272
S7	0,1000	0,9000	0,1000	0,2599	0,7709	0,2719	0,3430	0,6836	0,3599	0,1000	0,9000	0,1000	0,8665	0,1348	0,1449

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 17. Birleştirilmiş Ağırlıklı Küresel Bulanık Karar Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
S1	0,1518	0,0557	0,1403	0,3714	0,0129	0,0814	0,1422	0,0598	0,1201	0,1257	0,0628	0,0944	0,1090	0,0833	0,1220
S2	0,0609	0,0834	0,0656	0,0394	0,0905	0,0399	0,3247	0,0181	0,1039	0,3590	0,0120	0,0789	0,0878	0,0911	0,0998
S3	0,1740	0,0514	0,1297	0,0394	0,0905	0,0399	0,3166	0,0194	0,1095	0,3393	0,0144	0,0910	0,0708	0,0942	0,0735
S4	0,0654	0,0805	0,0680	0,0814	0,0806	0,0885	0,0783	0,0773	0,0832	0,0944	0,0699	0,1063	0,3933	0,0146	0,0858
S5	0,0714	0,0800	0,0764	0,0321	0,0923	0,0322	0,2538	0,0307	0,1314	0,2564	0,0275	0,1328	0,1700	0,0668	0,1141
S6	0,2029	0,0416	0,1629	0,0593	0,0851	0,0611	0,3247	0,0181	0,1039	0,3193	0,0170	0,0955	0,0702	0,0958	0,0752
S7	0,3897	0,0099	0,0674	0,0394	0,0905	0,0399	0,1157	0,0655	0,1285	0,0873	0,0706	0,0938	0,0341	0,1045	0,0343
	K6			K7			K8			K9			K10		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
S1	0,1378	0,0795	0,1020	0,1479	0,0591	0,1530	0,0770	0,0722	0,0838	0,0746	0,0614	0,0808	0,1608	0,0502	0,1566
S2	0,2249	0,0496	0,1549	0,1643	0,0549	0,1534	0,2335	0,0326	0,1021	0,0867	0,0575	0,0965	0,2660	0,0256	0,1280
S3	0,2941	0,0326	0,1305	0,1932	0,0460	0,1649	0,2400	0,0299	0,1453	0,1324	0,0453	0,1372	0,2224	0,0342	0,1525
S4	0,1074	0,0839	0,1151	0,3577	0,0144	0,0873	0,0829	0,0694	0,0894	0,0962	0,0565	0,1112	0,2248	0,0352	0,1276
S5	0,4100	0,0133	0,0797	0,2329	0,0367	0,1498	0,0930	0,0662	0,1034	0,0753	0,0595	0,0786	0,2482	0,0293	0,1287
S6	0,3227	0,0271	0,1194	0,2089	0,0423	0,1539	0,2028	0,0393	0,1093	0,1712	0,0379	0,1140	0,2410	0,0305	0,1434
S7	0,0908	0,0913	0,0982	0,1127	0,0698	0,1260	0,0304	0,0826	0,0305	0,3238	0,0107	0,0791	0,2113	0,0368	0,1639

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 18. Referans Noktaları

	K1				K2				K3				K4				K5			
$\tilde{X}_j^*$	0,3897	0,0099	0,0656	0,3714	0,0129	0,0322	0,3247	0,0181	0,0832	0,3590	0,0120	0,0789	0,3933	0,0146	0,0343					
	K6				K7				K8				K9				K10			
$\tilde{X}_j^*$	0,4100	0,0133	0,0797	0,3577	0,0144	0,0873	0,2400	0,0299	0,0305	0,3238	0,0107	0,0786	0,2660	0,0256	0,1276					

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 19. KBO Yöntemine Göre Stratejilerin Sıralanması

	$\tilde{U}_i$ değerleri			Skor ($\tilde{U}_i$)	Sıralama
S1	0,1716	0,0546	0,1057	0,2135	7
S2	0,2162	0,0426	0,1002	0,3581	4
S3	0,2254	0,0392	0,1136	0,3834	2
S4	0,2006	0,0494	0,0889	0,3106	5
S5	0,2182	0,0434	0,1006	0,3651	3
S6	0,2325	0,0374	0,1093	0,4129	1
S7	0,1898	0,0496	0,0807	0,2799	6

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 20. KBR Yöntemine Göre Stratejilerin Sıralanması

	$d(\tilde{X}_{1j}, \tilde{X}_j^*)$	$d(\tilde{X}_{2j}, \tilde{X}_j^*)$	$d(\tilde{X}_{3j}, \tilde{X}_j^*)$	$d(\tilde{X}_{4j}, \tilde{X}_j^*)$	$d(\tilde{X}_{5j}, \tilde{X}_j^*)$	$d(\tilde{X}_{6j}, \tilde{X}_j^*)$
S1	0,0736	0,0028	0,0480	0,0598	0,0816	0,0796
S2	0,0775	0,0725	0,0019	0,0000	0,0819	0,0687
S3	0,0683	0,0725	0,0052	0,0079	0,0813	0,0466
S4	0,0772	0,0722	0,0525	0,0649	0,0031	0,0852
S5	0,0773	0,0726	0,0260	0,0376	0,0709	0,0000
S6	0,0673	0,0721	0,0019	0,0150	0,0816	0,0362
S7	0,0001	0,0725	0,0528	0,0643	0,0821	0,0856
	$d(\tilde{X}_{7j}, \tilde{X}_j^*)$	$d(\tilde{X}_{8j}, \tilde{X}_j^*)$	$d(\tilde{X}_{9j}, \tilde{X}_j^*)$	$d(\tilde{X}_{10j}, \tilde{X}_j^*)$	$\max_j d(\tilde{X}_{ij}, \tilde{X}_j^*)$	Sıralama
S1	0,0626	0,0310	0,0516	0,0275	0,0518	7
S2	0,0599	0,0064	0,0518	0,0001	0,0421	4
S3	0,0561	0,0101	0,0509	0,0144	0,0413	2
S4	0,0000	0,0309	0,0524	0,0104	0,0449	5
S5	0,0448	0,0311	0,0513	0,0048	0,0417	3
S6	0,0510	0,0141	0,0418	0,0086	0,0390	1
S7	0,0641	0,0313	0,0000	0,0187	0,0472	6

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 21. KBTÇ Yöntemine Göre Stratejilerin Sıralanması

	$\tilde{Z}_i$ değerleri			Skor ($\tilde{Z}_i$)	Sıralama
S1	0,1354	0,0625	0,1071	0,1243	5
S2	0,1475	0,0587	0,1005	0,1539	3
S3	0,1707	0,0526	0,1139	0,2070	2
S4	0,1267	0,0637	0,0898	0,1120	6
S5	0,1453	0,0561	0,1007	0,1487	4
S6	0,1859	0,0502	0,1095	0,2530	1
S7	0,1012	0,0707	0,0817	0,0681	7

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 22. SB Yöntemine Göre Stratejilerin Sıralanması

	KBO sıralama	KBRN sıralama	KBTC sıralama	Final Sıralama
S1	7	7	5	7
S2	4	4	3	4
S3	2	2	2	2
S4	5	5	6	5
S5	3	3	4	3
S6	1	1	1	1
S7	6	6	7	6

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

KB-MULTIMOORA yönteminden elde edilen değerlendirmeler sonucunda, kurum içi dijital dönüşüm, dijital okuryazarlık ve farkındalık eğitimleri verilmesi (S6) stratejisi uzmanlar tarafından en yaygın ve sürdürülebilir etkiye sahip strateji olarak değerlendirilmiştir. Bu stratejinin kullanıcı uyumsuzluğu (K3), eğitim zorlukları (K4), iş süreci uyumsuzluğu (K6) ve teknoloji kabulü (K10) gibi birden fazla önemli kriter üzerinde yüksek düzeyde etkili olması ilk sırada yer almasını sağlamıştır. İkinci sırada yer alan kullanıcıların SG sistemine adaptasyonu için ön eğitim verilmesi (S3) stratejisi, kullanıcı uyumsuzluğu (K3) ve eğitim zorlukları (K4) gibi insan odaklı riskleri azaltma açısından oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. İş süreçlerinin SG entegrasyonuna uygun şekilde yeniden yapılandırılması (S5) stratejisi, özellikle iş süreçlerinin uyumsuzluğu (K6) kriteri üzerinde maksimum etki göstermiştir. Ancak sınırlı etki alanı nedeniyle genel toplamda üçüncü sırada yer almıştır. Bu strateji, bir kriterde son derece başarılı olsa da etkisini risklerin geneline yayamamıştır. Kullanıcıların SG sistemine adaptasyonu için ön eğitim verilmesi (S2) stratejisi ise kullanıcı deneyimi ile ilgili kriterlerde güçlü bulunmuş, ancak yaygın etki bakımından S6 kadar güçlü değerlendirilmemiştir. SG entegrasyonu için donanım yatırımlarının kademeli planlanması ve maliyet analizi (S4) stratejisi, maliyet (K5) ve yatırım belirsizliği (K7) gibi maliyet-tabanlı riskler üzerinde güçlü etki gösterse de, diğer kriterlerde etkisiz kalmıştır. Bu da, bu stratejinin önemli ama dar kapsamlı bir çözüm sunduğunu göstermektedir. SG sistemleriyle entegre çalışacak yazılım altyapısının geliştirilmesi (S1) stratejisi, özellikle yazılım entegrasyonu (K2) kriterinde neredeyse tüm uzmanlarca maksimum düzeyde etkili olarak değerlendirilmiştir. Bu durum stratejinin teknik olarak doğru bir hedefi olduğunu göstermektedir. Ancak S1'in yalnızca tek bir risk faktörüne güçlü katkı sağlaması, diğer 9 riskte ise neredeyse hiç

etkili bulunmaması nedeniyle sıralamada alt sıralarda yer almıştır. Bu sonuç, stratejinin önemsiz olduğu anlamına gelmemektedir. Aksine, strateji nokta atışı olarak çok kritik bir alanı çözmektedir. Fakat ÇKKV bağlamında model, yaygınlık ve çoklu risk azaltma etkisini önceliklendirdiği için S1 stratejisi sistem genelinde sıralamada geride kalmaktadır. Benzer biçimde, SG ortamına özel veri güvenlik sistemlerinin kurulması (S7) stratejisi de yalnızca veri güvenliği (K1) ve hukuki riskler (K9) üzerinde etkili bulunmuş ancak diğer kriterlerde düşük puan aldığı için toplamda son sıralarda yer almıştır.

Stratejiler, yalnızca hedefledikleri riskin ağırlığına göre sıralanmamıştır, aynı zamanda bu riskleri gerçekten ne ölçüde azaltabildiklerine dair uzman görüşlerine göre sıralanmıştır. Bu yönüyle çalışma, salt teorik önceliklere odaklanmamaktadır, uygulanabilirlik ve yaygın etki potansiyeline dayalı bir karar destek sistemi sunmaktadır. Dolayısıyla, bazı stratejilerin alt sıralarda yer alması, hedefledikleri riskin önemsizliğinden değil, etki alanının darlığından kaynaklanmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonu sürecinde karşılaşılabilecek riskleri sistematik bir yaklaşımla analiz etmeyi ve bu risklere yönelik etkili stratejiler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın temel hedefi; SG ve KKP sistemlerinin entegrasyonuna ilişkin risklerin tanımlanması, sistematik biçimde analiz edilmesi ve bu riskleri minimize etmeye yönelik karar destek stratejilerinin geliştirilmesidir. Elde edilen bulgular, dijital dönüşüm süreçlerinde SG teknolojilerinin etkin ve sürdürülebilir biçimde KKP sistemlerine entegre edilmesine katkı sağlayacak öneriler sunmaktadır.

Çalışmada ilk olarak literatür taraması ve uzman görüşlerinin değerlendirilmesiyle SG–KKP entegrasyon sürecine ilişkin, veri güvenliği (K1), yazılım entegrasyonu (K2), kullanıcı uyumsuzluğu (K3), kullanıcı eğitim zorlukları (K4), yüksek donanım maliyetleri (K5), iş süreçlerinin uyumsuzluğu (K6), yatırım getirisinin belirsizliği (K7), VR kaynaklı iş hastalıkları (K8), hukuki riskler (K9) ve teknolojinin kabulü (K10) şeklinde on temel risk faktörü belirlenmiştir. Bu riskler karar vericilerin değerlendirmelerinde yer alan belirsizlikleri daha esnek ve kapsayıcı şekilde modelleyebilmek için KBK'yı SWARA yapısına entegre eden KB-SWARA yöntemi ile analiz edilmiş ve risklerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Yapılan analizin sonuçlarına göre iş süreçlerinin uyumsuzluğu (K6) riski en kritik risk faktörü olarak belirlenmiştir. Ardından sırasıyla riskler ağırlık derecelerine göre yüksek donanım maliyetleri (K5), yazılım entegrasyonu (K2), yatırım getirisinin belirsizliği (K7), kullanıcı uyumsuzluğu (K3), veri güvenliği (K1), kullanıcı eğitim zorlukları (K4), teknolojinin kabulü (K10), SG kaynaklı iş hastalıkları (K8) ve hukuki riskler (K9) olarak sıralanmıştır. Bu yöntem sayesinde, risk faktörlerinin göreceli önem düzeyleri sayısal olarak ifade edilmiş ve strateji belirleme süreci için sağlam bir temel oluşturulmuştur.

Bir sonraki aşamada SG teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonu sırasında ortaya çıkabilecek riskler, birbirini etkileyen karmaşık bir yapıda olduğundan riskler arasındaki etkileşimi ortaya çıkarmak için KB-DEMATEL yöntemi kullanılmış, risk faktörleri arasındaki neden-sonuç ilişkileri belirlenerek hangi risklerin diğerlerini etkilediği ve hangilerinin diğer risklerden daha fazla etkilendiği ortaya konulmuştur. Elde edilen verilere göre en yüksek etkileşim düzeyine sahip riskin

yazılım entegrasyonu (K2) olduğu tespit edilmiştir. Bu aşamada yalnızca etkilenen değil etkileyen riskte aynı şekilde değerlendirilmiş ve sonuç olarak yine yazılım entegrasyonu (K2) riskinin diğer bütün riskleri en fazla etkileyen risk olduğu tespit edilmiştir.

KB-DEMATEL yöntemi risk faktörleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymuş, bu doğrultuda risk faktörlerinin ilişkileri ve birbirleri üzerindeki etkileri temel alınarak, SG sistemleriyle entegre çalışacak yazılım altyapısının geliştirilmesi (S1), SG-KKP entegrasyonuna uygun kullanıcı arayüzlerinin oluşturulması (S2), Kullanıcıların SG sistemine adaptasyonu için ön eğitim verilmesi (S3), SG entegrasyonu için donanım yatırımlarının kademeli planlanması ve maliyet analizi (S4), İş süreçlerinin SG entegrasyonuna uygun şekilde yeniden yapılandırılması (S5), Kurum içi dijital dönüşüm, dijital okuryazarlık ve farkındalık eğitimleri verilmesi (S6), SG ortamına özel veri güvenlik sistemlerinin kurulması (S7) şeklinde yedi adet stratejik çözüm önerisi geliştirilmiş ve bu stratejik çözüm önerileri KB-MULTIMOORA yöntemi ile önem derecelerine göre sıralanmıştır. Bu stratejiler, yalnızca teknik altyapının iyileştirilmesini hedeflememektedir, aynı zamanda kullanıcı, süreç ve organizasyonel boyutların da entegrasyon sürecine dâhil edilmesini hedeflemektedir. KB-MULTIMOORA yönteminden elde edilen değerlendirmeler sonucunda, kurum içi dijital dönüşüm, dijital okuryazarlık ve farkındalık eğitimleri verilmesi (S6) stratejisi uzmanlar tarafından en yaygın ve sürdürülebilir etkiye sahip strateji olarak değerlendirilmiştir. Bu stratejinin birden fazla önemli risk üzerinde yüksek düzeyde etkili olması ilk sırada yer almasını sağlamıştır. Ayrıca diğer stratejilerinde sıralamadaki yerleri çalışmada detaylı olarak verilmiştir.

Sonuç olarak, kurumların SG teknolojilerini KKP sistemlerine entegre etmeye yönelik projelerinde, dijital dönüşüm süreçlerinin etkin şekilde yürütülmesi, dijital okuryazarlığın geliştirilmesi ve farkındalık eğitimlerinin sağlanması, bu projelerin başarı olasılığını önemli ölçüde artırmaktadır. Bu kapsamda, SG teknolojilerinin KKP sistemleriyle bütünleştirilmesinden önce, kurum içi farkındalık düzeyinin yükseltilmesi ve projede görev alacak personele gerekli bilgi, beceri ve yetkinliklerin kazandırılması kritik öneme sahip bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında, SG ve KKP entegrasyonu sırasında meydana gelebilecek riskler ve stratejiler değerlendirilmiş ve alanında ilk kez uygulanan bütüncül bir karar destek modeli sunulmuştur. Yapılan kapsamlı literatür taramaları sonucunda, daha önce sanal gerçeklik teknolojisinin kurumsal kaynak planlama sistemlerine entegrasyonunu ve bu sürece özgü riskleri ve stratejileri tespit eden, çalışmada yer alan yöntemlerle bunları analiz eden ve stratejiler geliştiren herhangi bir akademik çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönüyle tez, alanında öncü bir çalışma olma özelliği taşımaktadır. Geliştirilen bu stratejik yaklaşım, yalnızca teorik bir model sunmakla kalmayıp, uygulayıcılara da doğrudan rehberlik edecek niteliktedir.

Bununla birlikte, araştırmanın bazı sınırlılıkları da dikkate alınmalıdır. Çalışmada yer alan uzman görüşleri belirli sektörlerden elde edilmiş olup, farklı sektör ve organizasyonel bağlamlarda yapılacak benzer çalışmalar, modelin genellenebilirliğini artıracaktır. Ayrıca, stratejilerin etkililiği uygulama bazlı olarak test edilmemiştir. Gelecekte, bu stratejilerin pilot projelerde veya simülasyon ortamlarında uygulanarak sonuçlarının ölçülmesi, çalışmanın ampirik gücünü pekiştirecektir. Yine de, bu çalışma SG teknolojilerinin KKP sistemlerine entegrasyonunda karşılaşılan riskleri belirleyip, bu risklere yönelik etkili çözüm yolları sunarak hem akademik dünyaya hem de sektör uygulayıcılarına somut katkılar sağlayan bir model önermektedir.

KAYNAKÇA

- Aköz, M. (2023). *Dijital Hizmetlerin Vergilendirilmesi ve Türkiye açısından değerlendirilmesi* [Yüksel Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Morarr, R., Arman, H., ve Mousa, S. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11), 12–20. <http://doi.org/10.22215/timreview/1117>
- Arsić, S., Nikolić, Đ., ve Radić, A. (2024, 29 Kasım). *Application of a hybrid BWM-EDAS-VIKOR method for analyzing ERP system adoption across different industries* [Bildiri Sunumu]. Proceedings of the XIX. FIKUSZ 2024 International Conference. Óbuda University.
- Asprion, P. M., Schneider, B., ve Grimberg, F. (2018), *Business Information Systems and Technology 4.0: New trends in the age of digital change*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74322-6_2
- Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87–96. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(86\)80034-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(86)80034-3)
- Ay, S., & Kılıç, T. (2023). Coğrafi dijital uçurum: Türkiye’de dijital dönüşümün kentsel-kırsal, bölgesel ve cinsiyet eşitsizlikleri. *Coğrafya Dergisi* 46, 111–122. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2023-1169477>
- Aydın, S. (2007). *ERP ve başarısızlık nedenleri* [Yüksek Lisans Tezi]. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydoğan, E. (2008). Kurumsal kaynak planlaması. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(2), 107–118.
- Bakanlık Yayınları. (2021). Dijital Dönüşüm Yol Haritası. *T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı*.
- Basoglu, N., Daim, T., & Kerimoğlu, O. (2007). Organizational adoption of enterprise resource planning systems: A conceptual framework. *The Journal of High*

Technology Management Research, 18(1), 73–97.
<https://doi.org/10.1016/j.hitech.2007.03.005>

- Bayraktar, E., & Efe, M. (2006). Kurumsal kaynak planlaması (ERP) ve yazılım seçim süreci. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (15), 689–709.
- Bingi, P., Sharma, M. K., & Godla, J. K. (1999). Critical issues affecting an ERP implementation. *Information Systems Management*, 16(3), 7–14.
<https://doi.org/10.1201/1078/43197.16.3.19990601/31310>
- Büyüközkan, G., & Çifçi, G. (2011). A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. *Computers in Industry*, 62(2), 164–174. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2010.10.009>
- Cavoukian, A. (2012). *Privacy by Design: The 7 foundational principles*. Information and Privacy Commissioner of Ontario. <https://privacy.ipc.on.ca/wp-content/uploads/Resources/7foundationalprinciples.pdf>
- Chen, B., & Zeng, Z. (2012). *Understanding end-users' acceptance of ERP systems in Chinese large companies by applying UTAUT model* [Yüksek Lisans Tezi]. Jönköping University International Business School.
- Chen, S.-C., & Lee, A. H. I. (2010, May). Performance measurement of SMEs' employees by fuzzy multi-criteria decision theory. In *Proceedings of the International Symposium on Computer, Communication, Control and Automation 3* (2) 110–113. <https://doi.org/10.1109/3CA.2010.5533661>
- Cox, A. (1999). Power, value and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 4(4), 167–175.
<https://doi.org/10.1108/13598549910284480>
- Çelik, E. (2022). Kurumsal kaynak planlama (KKP) sistemlerinin bulut bilişim ortamındaki uygulamaları. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, (–), 302–317.
- Davenport, T. H. (1998). Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Business Review*, 76(4), 121–131.

- Demirtaş, M. F. (2010). *Kurumsal kaynak planlamasının küçük ve orta boy işletmelerde yeri ve önemi: Erzurum Organize Sanayi Bölgesinde bir uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Deniz, R., & Aydın, N. (2024). Sustainable and smart electric bus charging station deployment via hybrid spherical fuzzy BWM and MULTIMOORA framework. *Neural Computing and Applications*, 36(25), 15685–15703. <https://doi.org/10.1007/s00521-024-09788-7>
- Doğan, O., Ucal Sarı, İ., & Öztayşı, B. (2023). Interval Type 2 Fuzzy Z-AHP and Interval Type 2 Fuzzy-Z WASPAS: Selection of Industry 4.0 Sub-Technologies. In *Analytic Hierarchy Process with Fuzzy Sets Extensions Studies in Fuzziness and Soft Computing* (428)71–99. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39438-6_4
- Dredde, G., & Bergdolt, J. C. (2007, Summer). Enterprise resource planning. *Air Force Journal of Logistics*, 31(2), 48–52.
- Drury, C. (2015). *Management and cost accounting*. Cengage Learning EMEA.
- Efil, İ. (2014). *Stratejik yönetim ve işletme politikası*. Alfa Aktüel.
- Ehie, I. C., & Madsen, M. (2005). Identifying critical issues in enterprise resource planning (ERP) implementation. *Computers in Industry*, 56(6), 545–557. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2005.02.006>
- Esteves, J., & Pastor, J. (2001). Enterprise resource planning systems research: An annotated bibliography. *Communications of the Association for Information Systems*, 7(8), 1–52. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.00708>
- Eşki, B., & Tarhan, Ç. (2022). Türkiye’de eğitimde dijital dönüşüm: CBS tabanlı bir analiz. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(Özel Sayı), 322–336.
- Freeman, D., Reeve, S., Robinson, A., Ehlers, A., Clark, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2017). Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of

- mental health disorders. *Psychological Medicine*, 47(14), 2393–2400.
<https://doi.org/10.1017/S003329171700040X>
- Gebhardt, A. (2012). *Understanding additive manufacturing: Rapid prototyping – rapid tooling – rapid manufacturing*. Hanser Publications.
- Ghoushchi, S. J., Shaffiee Haghshenas, S., Memarpour Ghiaci, A., & Vitale, G. (2023). Road safety assessment and risks prioritization using an integrated SWARA and MARCOS approach under spherical fuzzy environment. *Neural Computing and Applications*, 35(6), 4549–4567.
<https://doi.org/10.1007/s00521-022-07929-4>
- Graham, J. F. (2009). *Enterprise resource planning implementation in higher education* [Doktora Tezi] University of Missouri–Columbia.
- Granlund, M. (2011). Extending AIS research to management accounting and control issues: A research note. *International Journal of Accounting Information Systems*, 12(1), 3–19. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2010.11.001>
- Gulmammadov, E. (2023). *Azerbaycan'daki işletmelerin ERP uygulamalarının ERP kullanıcıları üzerinden incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi] Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Gündoğdu, F. K., & Kahraman, C. (2019). Spherical fuzzy sets and spherical fuzzy TOPSIS method. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 36(1), 337–352.
<https://doi.org/10.3233/JIFS-181401>
- Gül, S. (2020). Spherical fuzzy extension of DEMATEL (SF-DEMATEL). *International Journal of Intelligent Systems*, 35(9), 1329–1353.
<https://doi.org/10.1002/int.22255>
- Gündoğdu, F. K., & Kahraman, C. (2020). A novel spherical fuzzy SWARA method and its application to the prioritization of the COVID-19 vaccination criteria. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 34(9), 1847–1867.
- He, W., & Xu, L. D. (2015). A state-of-the-art survey of cloud manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(3), 239–250.
<https://doi.org/10.1080/0951192X.2013.874595>

- Heijkoop, G. (2005). *Enterprise Resource Planning Systems: Turning Promises Into.* [Yüksek Lisans Tezi] Delft University of Technology.
- Heizer. (2020). *Operations Management.* Pearson Education.
- Helbig, Kagermann ve Wahlster. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final report of the Industrie 4.0 Working Group* [Bildiri Sunumu]. Acatech – National Academy of Science and Engineering.
- Hermann, Pentek, ve Otto. (2016). *Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A literature review.* Procedia CIRP.
- Holland, C. P., & Light, B. A. (1999). *A critical success factors model for ERP implementation.* *IEEE Software*, 16(3), 30–36.
<https://doi.org/10.1109/52.765784>
- Horngren. (2013). *Cost Accounting: A Managerial Emphasis.* Pearson Education.
- Islam, M. M., Rahman, M., & Arakawa, M. (2024). *A hybrid MCDM approach for addressing challenges and strategies for Industry 4.0 adaptation in electronic industries of Bangladesh.* SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4806467>
- Jerald, J. (2015). *The VR book: Human-centered design for virtual reality.* Morgan & Claypool Publishers.
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). *Machine Learning: Trends, Perspectives, and Prospects.* *Science*, 349(6245), 255–260.
<https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
- Kahraman, C., & Kutlu Gündoğdu, F. (2018, Eylül). *From 1D to 3D membership: Spherical fuzzy sets.* BOS/SOR 2018 Conference, Warsaw, Poland.
- Kutlu Gündoğdu, F., & Kahraman, C. (2021). *Properties and arithmetic operations of spherical fuzzy sets.* (392) 3–25. *Studies in Fuzziness and Soft Computing.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45461-6_1
- Kaplan ve Atkinson. (2014). *Advanced Management Accounting.* Pearson Education.

- Kaygın, E., Zengin, Y., ve Topçuoğlu, E. (2019, October 25). Endüstri 4.0’a akademik bakış. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4), 1065–1081.
- Keeney, R. L., ve Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value trade-offs*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174084>.
- Keskinkılıç, M., ve İpkin, M. (2023, June 20). İşletmelerde ERP uygulamalarının dijital dönüşüm sürecine katkıları. *Aurum Journal of Social Sciences*, 8(1), 49–74.
- Klaus, H., Rosemann, M., ve Gable, G. G. (2000, August). What is ERP? *Information Systems Frontiers*, 2(2), 141–162. <https://doi.org/10.1023/A:1026543906354>
- Kocağa, A. S. (2012). *Enterprise resource planning implementation in Turkish SMEs* [Yüksek Lisans Tezi] Fatih Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kocaman Karoğlu, A., Bal-Çetinkaya, K., ve Çimşir, E. (2020, December 30). Toplum 5.0 sürecinde Türkiye’de eğitimde dijital dönüşüm. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 3(3), 147–158. <https://doi.org/10.32329/uad.815428>
- Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Harvard Business School Press.
- Kökhan, S. (2021). Dijital dönüşüm sürecinde yaşanabilecek olası zorluklar. İ. Erdoğan Tarakçı ve B. Gökteş, *Dijital Gelecek – Dijital Dönüşüm* 93. Efe Akademi Yayınları.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., ve Hoffmann, M. (2014). *Industry 4.0. Business ve Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- LaViola Jr., J. J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32(1), 47–56. <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- Lee, J., Bagheri, B., ve Kao, H.-A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3(1), 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

- Mandic, K., Bobar, V., ve Delibašić, B. (2015). Modeling interactions among criteria in MCDM methods: A review. In *Decision Support Systems V – Big Data Analytics for Decision Making* (216) 98–109. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18533-0_9
- Markus, M. L., Axline, S., Petrie, D., ve Tanis, C. (2000). Learning from adopters' experiences with ERP: Problems encountered and success achieved. *Journal of Information Technology*, 15(4), 245–265. <https://doi.org/10.1177/02683960010008944>
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., ve Ghalsasi, A. (2011). Cloud computing – The business perspective. *Decision Support Systems*, 51(1), 176–189. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.006>
- Mazuryk, T., ve Gervautz, M. (1996, February). *Virtual reality – History, applications, technology and future*. Bilgisayar Grafikleri Enstitüsü, Viyana Teknoloji Üniversitesi.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., ve Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- Monk, E. F., ve Wagner, B. J. (2012). *Concepts in enterprise resource planning*. Cengage Learning..
- Morrar, R., Arman, H., ve Mousa, S. (2017, November). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11), 12–20. <http://doi.org/10.22215/timreview/1117>
- Mujber, T. S., Szecsi, T., ve Hashmi, M. S. J. (2004). Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology*, 155–156 (Özel Sayı), 1834–1838. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.401>
- Nagpal, S., Kumar, A., ve Khatri, S. K. (2017). Modeling interrelationships between CSF in ERP implementations: Total ISM and MICMAC approach.

- International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8(4), 782–798. <https://doi.org/10.1007/s13198-017-0647-z>
- Nah, F. F.-H., Lau, J. L.-S., ve Kuang, J. (2001). Critical factors for successful implementation of enterprise systems. *Business Process Management Journal*, 7(3), 285–296. <https://doi.org/10.1108/14637150110392782>
- Naveed, Q. N., Islam, S., Mohamed, M. R., Aseere, A. M., Rasheed, M. A., ve Fatima, S. (2021). Evaluating and ranking of critical success factors of cloud enterprise resource planning adoption using MCDM approach. *IEEE Access*, 9, 156880–156893. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3129523>
- Negri, E., Fumagalli, L., ve Macchi, M. (2017). A review of the roles of Digital Twin in CPS-based production systems. *Procedia Manufacturing*, 11, 939–948. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.198>
- Somers, T. M., ve Nelson, K. G. (2004). A taxonomy of players and activities across the ERP project life cycle. *Information & Management*, 41(3), 257–278. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(03\)00023-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(03)00023-5)
- Qureshi, M. R. N. M. (2022). Evaluating Enterprise Resource Planning (ERP) implementation for sustainable supply chain management. *Sustainability*, 14(22), 14779. <https://doi.org/10.3390/su142214779>
- Orlicky, J. (1975). *Material requirements planning: The new way of life in production and inventory management*. McGraw-Hill.
- Doğan, O., Uçal Sarı, İ., ve Öztayşi, B. (2023). Interval Type 2 Fuzzy Z-AHP and Interval Type 2 Fuzzy-Z WASPAS: Selection of Industry 4.0 sub-technologies. In *Analytic Hierarchy Process with Fuzzy Sets Extensions* (428), 71–99. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39438-6_4
- Pakusadewa, P. G., Suryani, E., Ambarwati, R., ve Bintang, M. R. (2021, May 10). Selection of information system strategy recommendations in information technology company. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Business and Management of Technology (ICONBMT 2020)* (Advances in Economics, Business and Management Research (175)184–194. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.210510.032>

- Peci, M., ve Vaşan, P. (2014). The biggest critical failure factors in ERP implementation. *Applied Mechanics and Materials*, 519–520, 1478–1482. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.519-520.1478>
- Peppers, D., ve Rogers, M. (2004). *Müşteri ilişkileri yönetimi* (M. Yıldız, Çev.). MediaCat.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., ve Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rashid, M. A., Hossain, L., & Patrick, J. D. (2002). The evolution of ERP systems: A historical perspective. In *Enterprise resource planning: Global opportunities and challenges* 1–16. Idea Group Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-930708-36-5.ch001>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Sabuncuoğlu, Z., & Tokol, T. (2008). *İnsan kaynakları yönetimi*. Alfa Aktüel Yayınları.
- Sadagopan, S. (2003). Enterprise resource planning. In H. Bidgoli (Ed.), *Encyclopedia of information systems* (2), 169–184. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227240-4/00060-1>
- Slater, M., & Sánchez-Vives, M. V. (2016). *Enhancing our lives with immersive virtual reality*. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, Article 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Schwab. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Publishing Group.
- Sebetci, Ö., Bircan, K., Demir, N. ve Acayıp, E. (2014). *İşletmelerin ERP sistemlerini kullanım düzeylerinin ölçülmesi: Aydın ili örneği*. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 125–147.

- Shang, S. C. ve Seddon, P. B. (2002). *Assessing and managing the benefits of enterprise systems: the business manager's perspective*. *Information Systems Journal*, 12(4), 271–299. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2575.2002.00132.x>
- Siraj, T., Haque, R., Islam, S. C., Biswas, B., ve Chowdhury, K. H. (2024). *Analyzing Challenges in Enterprise Resource Planning (ERP) Implementation in a Safety Inspection Company: an IVT2IF DEMATEL Approach*. 1(2), 205–223. <https://doi.org/10.22105/opt.v1i2.50>
- Slater, M. ve Sanchez-Vives, M. V. (2016). *Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality*. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Smarandache, F. (1998). *A unifying field in logics: Neutrosophy, neutrosophic logic, neutrosophic set, neutrosophic probability and statistics*. Rehoboth, NM: American Research Press.
- Somers, T. M., ve Nelson, K. G. (2004). *A taxonomy of players and activities across the ERP project life cycle*. *Information & Management*, 41(3), 257–278. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(03\)00023-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(03)00023-5)
- Stevenson, W. J. (2020). *Operations Management*. McGraw-Hill Education.
- Şaylan, O. (2011). *Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) Sisteminde Kritik Başarı Faktörlerinin ve Kullanıcı Memnuniyetinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma* [Yüksek Lisans Tezi]. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Taghavi, F., Antucheviciene, J., ve Yaghobian, S. A. (2019). *Assessment of Universities' and Higher Education Centres' Preparedness for Successful Establishment of Enterprise Resource Planning Based on SWARA Method*. *Inžinerinė ekonomika – Engineering Economics*, 30(4), 496–506. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.30.4.16379>
- Tandoğan, S. N. (2007). *Kurumsal Kaynak Planlaması Uygulamasını Etkileyen Temel Başarı Faktörlerinin Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Türkiye Bilişim Vakfı. (2020). *Türkiye’de Dijital Dönüşüm ve ERP Sistemleri Raporu*. İstanbul: TBV.
- Türkel, S., ve Yeşilkuş, F. (2020). *Dijital dönüşüm paradigması: Endüstri 4.0. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(5), 332–346.
- Upadhyay, Y., Talib, F., Zaheen, S. A., ve Ansari, M. S. (2023). *Industry 4.0 adoption framework in MSMEs using a hybrid fuzzy AHP-TOPSIS approach. Proceedings on Engineering Sciences*, 5(3), 453–474. <https://doi.org/10.24874/PES05.03.010>
- Ural, Ö. (2004). *Orta ve büyük ölçekli hazır giyim işletmelerinde kurumsal kaynak planlama (ERP) yazılımlarının kullanımı üzerine bir araştırma* [Yüksek Lisans Tezi] Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Vaidya, S., Ambad, P., ve Bhosle, S. (2018). *Industry 4.0 – A Glimpse. Procedia Manufacturing*, 20, 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>
- Venkatesh, V., ve Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.10294>
- Monk, E. F., ve Wagner, B. J. (2012). *Concepts in enterprise resource planning*. Cengage Learning.
- Wahlen, J. M., Baginski, S. P., ve Bradshaw, M. (2017). *Financial Reporting, Financial Statement Analysis and Valuation* (9th ed.). Cengage Learning.
- Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J.-F., Dubey, R., & Childe, S. J. (2017). *Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities. Journal of Business Research*, 70, 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.009>
- Wight, O. W. (1984). *Manufacturing Resource Planning: MRP II– Unlocking America’s Productivity Potential*. John Wiley & Sons.
- Xu, L. D., Xu, E. L., ve Li, L. (2018). *Industry 4.0: State of the Art and Future Trends. International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>

- Yager, R. R. (2013, June). *Pythagorean fuzzy subsets*. In *Proceedings of the 2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting* (pp.57–61). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/IFSA-NAFIPS.2013.6608375>
- Yağar, F. (2021). *Sağlık kuruluşlarındaki kurumsal kaynak planlama sürecinin değerlendirilmesi*. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 14(14) , 420–435. <https://doi.org/10.38079/igusabder.940543>
- Yankın, F. B. (2019). *Dijital dönüşüm sürecinde çalışma yaşamı*. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, 7(2), 1–38.
- Yeşildağ, B. (2010). *Muğla ilinde küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde kurumsal kaynak planlama (ERP) yazılımlarının kullanım düzeyi ve verimliliğinin araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Muğla Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yıldız, M. S., ve Akaydın, A. (2012). *Kurumsal kaynak planlaması sistemine geçiş yapan endüstriyel bir işletmede yazılımın kurulum süreci ve yaşanan değişimler*. *Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi*, 5(1), 1–20.
- Yusuf, Y., Gunasekaran, A., ve Abthorpe, M. S. (2004). *Enterprise information systems project implementation: A case study of ERP in Rolls-Royce*. *International Journal of Production Economics*, 87(3), 251–266.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.004>
- Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy sets*. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
[https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015, August). *Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges*. [Bildiri Sunumu] In 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery.
<https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>
- Zhu, W., Vader, A. M., Chadda, A., Leu, M. C., Liu, X. F., & Vance, J. B. (2014). *Wii Remote-Based Low-Cost Motion Capture for Automated Assembly Simulation*. *ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 136(6).
<https://doi.org/10.1115/1.4027853>

TOPLUMSAL KATKI

Bu çalışma, sanal gerçeklik teknolojisinin KKP sistemlerine entegrasyonu sürecinde karşılaşılabilecek risklerin analizine odaklanarak, işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerine bilimsel bir bakış açısı kazandırmaktadır. Geliştirilen küresel bulanık tabanlı karar destek modeli sayesinde, şirketler daha bilinçli, planlı ve sürdürülebilir teknolojik yatırımlar yapma imkânı bulacaktır. Bu durum, yalnızca ekonomik verimliliği artırmakla kalmayıp aynı zamanda nitelikli iş gücü ihtiyacını tetikleyerek istihdama katkı sağlamakta ve ülke genelinde dijital okuryazarlığın gelişimine destek olmaktadır. Ayrıca, bu tür teknolojik entegrasyonların daha güvenli ve öngörülebilir hale gelmesi, toplumun teknolojik gelişmelere olan güvenini artırarak dijitalleşme sürecinin sağlıklı ilerlemesine katkıda bulunmaktadır.