



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



TEDARİK ZİNCİRİ PERFORMANS
ÖLÇÜMÜNDE SCOR MODELİ VE
OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Halit Selman ÇALKAR

YÜKSEK LİSANS

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Halit Selman ÇALKAR tarafından hazırlanan “Tedarik Zinciri Performans Ölçümünde SCOR Modeli ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama” adlı tez çalışması 26/06/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Yakup ATASAGUN
Konya Teknik Üniversitesi

.....

Danışman

Prof. Dr. Yakup KARA
Konya Teknik Üniversitesi

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ALAYKIRAN
Necmettin Erbakan Üniversitesi

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Halit Selman ÇALKAR

Tarih: 26.06.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

TEDARİK ZİNCİRİ PERFORMANS ÖLÇÜMÜNDE SCOR MODELİ VE OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Halit Selman ÇALKAR

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Yakup KARA

2025, 97 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Yakup KARA
Dr. Öğr. Üyesi Yakup ATASAGUN
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ALAYKIRAN**

Küresel rekabet ortamında sürdürülebilir işletmeler için tedarik zinciri performansının finansal ve finansal olmayan göstergelerle kapsamlı ve bütüncül ölçümü hayati öneme sahiptir; ancak veri belirsizliği ve entegrasyon zorlukları geleneksel yöntemleri yetersiz kılmaktadır. Bu çalışma, tedarik zinciri yönetiminde öncü olmayı hedefleyen ve ticari performans ölçümünü bir araya getiren yedi adımlı bir metodoloji sunmaktadır. Özellikle veri eksikliği ve belirsizlikle başa çıkmak üzere geliştirilen gri tabanlı komşuluk kaba küme metodu, SCOR Modeli'nin güvenilirlik, cevap verebilirlik ve çeviklik gibi dayanıklılık odaklı özneliliklerine ait metriklerle entegre edilerek, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren çok lokasyonlu (12 tesis) bir şirketin tedarik zinciri faaliyetlerine uygulanmış ve SCOR Model'deki pek çok metrik arasında tedarik zinciri performans ölçümünde asıl faydalı olan metriklerle odaklanmayı hedeflemiştir. ERP verileriyle birlikte Likert ölçeği ile elde edilen subjektif verilerin gri sayılar teorisi ile işlenmesi ve harici performans göstergelerinin dahil edilmesi, bu entegre yaklaşımın karmaşıklıkların üstesinden gelerek güvenilir ve esnek değerlendirmeler sağladığını göstermiştir. Elde edilen bulgular, gri tabanlı sayıların esnekliğini ve parametre duyarlılığını ortaya koyarken, bu çalışma gri sistem teorisini dayanıklılık fonksiyonunun belirsiz verileriyle birleştirerek literatüre önemli katkı sağlamakta ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için önemli bir yaklaşım sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tedarik zinciri, SCOR Modeli, performans ölçüm, gri tabanlı komşuluk kaba küme, dayanıklılık.

ABSTRACT

MS THESIS

PERFORMANCE MEASUREMENT IN SUPPLY CHAIN USING THE SCOR MODEL AND AN APPLICATION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Halit Selman ÇALKAR

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Industrial Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Yakup KARA

2025, 97 Pages

**Jury
Prof.Dr. Yakup KARA
Asst.Prof.Dr. Yakup ATASAGUN
Asst.Prof.Dr. Kemal ALAYKIRAN**

In the context of global competition, the comprehensive measurement of supply chain performance using both financial and non-financial indicators is critically important for sustainable businesses. However, data uncertainty and integration challenges render traditional methods insufficient. This study presents a seven-step methodology aiming to be a pioneer in supply chain management by integrating commercial performance measurement. Specifically, a grey-based neighborhood rough clustering method, developed to handle data scarcity and uncertainty, was integrated with resilience-focused attributes such as reliability, responsiveness, and agility from the SCOR Model's metrics. This integrated approach was then applied to the supply chain activities of a multi-site (12 facilities) company operating in the automotive sector and focuses on metrics that are fundamental to supply chain performance among the many metrics in the SCOR Model. The processing of subjective data obtained via a Likert scale, alongside ERP data using grey system theory, and the inclusion of external performance indicators, demonstrated that this integrated approach overcomes complexities, providing reliable and flexible evaluations. The findings highlight the flexibility and parameter sensitivity of grey-based numbers. This study significantly contributes to the literature by combining grey system theory with uncertain data of the resilience function, offering a crucial approach for sustainable supply chain management.

Keywords: Supply chain, SCOR Model, performance measurement, grey based rough neighborhood set, resilience

ÖNSÖZ

Lisans eğitimimden bugüne akademik ve kişisel gelişimimde büyük emeği olan, yüksek lisans tez çalışmam sürecinde de engin bilgi birikimi ve değerli tecrübeleriyle desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Yakup Kara'ya en içten şükranlarımı sunarım. Ayrıca, bu süreçte sabırları, anlayışları ve kesintisiz destekleriyle her zaman yanımda olan sevgili eşim ve biricik kızıma da en kalbi teşekkürlerimi ifade ederim.

Halit Selman ÇALKAR
KONYA-2025



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi	3
1.2. Tedarik Zincirinde Performans Ölçümü	8
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	24
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	43
3.1. Materyal	43
3.2. Yöntem.....	45
3.2.1. SCOR Modeli	45
3.2.2 Gri sistem teorisi	54
3.2.3 Kaba küme teorisi	58
3.2.3.1 Komşuluk kaba küme teorisi	61
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	64
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
5.1 Sonuçlar	82
5.2 Öneriler	83
KAYNAKLAR	84

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

δ	: Delta
α	: Eşik değeri
μ	: Grilik derecesi
k	: Kaba küme dahil olma eşik değeri
ε	: Döngüyü bitirmeyi sağlayan çok küçük bir pozitif reel sayı
$g()$	: Sayının grilik derecesi
R	: Ayırt edilemezlik ölçütü
N	: Evrensel küme üzerindeki komşuluk ilişkisi alt nesne kümesi
U	: Evrensel küme
Ω	: Gri sayının bulunduğu evren küme
$\otimes$	: Gri sayılar

Kısaltmalar

AHP	: Analitik hiyerarşik proses
BSC	: Dengeli skor kartı
B2B	: Şirketler arası ilişki
ÇKKV	: Çok kriterli karar verme
EFQM	: Avrupa Kalite Yönetim Vakfı
ERP	: Kurumsal kaynak planlama
GSCF	: Global Tedarik Zinciri Forumu
GST	: Gri sistem teorisi
KPI	: Anahtar performans göstergesi
MRP	: Malzeme ihtiyaç planlama
MTS	: Stoğa üretim
MTO	: Siparişe göre üretim
OEM	: Orijinal ekipman üreticisi
PMS	: Performans ölçüm sistemi
SC	: Tedarik zinciri
SCC	: Tedarik Zinciri Konseyi
SCM	: Tedarik zinciri yönetimi
SCP	: Tedarik zinciri performansı
SCPMS	: Tedarik zinciri performans ölçüm sistemi
S&OP	: Satış ve operasyonlar
TPÖ	: Temel performans ölçüm seti

1. GİRİŞ

Artan küresel rekabet ortamında, işletmelerin tekil başarı elde etmeleri giderek zorlaşmaktadır. Bu durum, rekabetin yalnızca bireysel şirketler arasında değil, aynı zamanda tedarik zincirleri aracılığıyla gerçekleştiği bir pazar dinamiği yaratmıştır. Dolayısıyla, tedarik zinciri yönetimi, organizasyonel etkinlik ve finansal karlılık hedeflerine ulaşmada kritik bir rekabet stratejisi olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde, küresel pazarlardaki yoğun rekabet koşulları, işletmeleri bireysel rekabet anlayışından uzaklaştırarak, tedarik zinciri bazında rekabet etmeye yönlendirmiştir. Bu bağlamda, tedarik zinciri yönetimi, organizasyonların genel performansını ve sürdürülebilir kârlılığını artıran temel rekabet stratejileri arasında merkezi bir konum işgal etmektedir.

Tedarik zincirleri yapısının karmaşıklığı, sağlıklı bir performans değerlendirmesi için uygun performans ölçüm tekniklerinin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Rekabetçi piyasa koşullarında işletmelerin sürdürülebilirliğini sağlamak adına tedarik zinciri performansının değerlendirilmesi kritik bir öneme sahiptir (Uslu, 2023). Son yıllarda organizasyonel performans ölçümü ilgi çeken bir araştırma alanı haline gelmiş olsa da tedarik zinciri performans ölçümüne yönelik çalışmaların sınırlı kaldığı görülmektedir. Geleneksel olarak bu ölçüm sistemleri, 1980'lerden itibaren maliyet odaklı rekabetin etkisiyle şirketlerin fiyat düşürme stratejilerine yönelmesi nedeniyle finansal göstergeleri ön plana çıkarmıştır. Ancak, bu modellerin yalnızca geçmiş performansı açıklamakla sınırlı kalması ve geleceğe yönelik stratejik yönlendirmelerde yetersiz kalması performans ölçüm yaklaşımlarının uzun süredir tartışma konusu olmasına yol açmıştır (Kaplan ve Norton, 1992).

Tedarik zinciri performans ölçümünde (SCPMS) karşılaşılan bir diğer önemli güçlük, genel performans ölçüm sistemlerinin (PMS) ve tedarik zinciriyle ilişkili pratik uygulamaların, ölçümlerin ve metriklerin dinamik doğasını etkin bir şekilde yönetme ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ölçülebilir ve ölçülemeyen kavramların entegrasyonu, SCPMS' deki karmaşıklığı artıran bir diğer unsurdur. Çok çeşitli metrik ve ölçüm kategorilerinin yanı sıra, sürekli olarak sisteme yeni boyutların eklenmesi, SCPMS' nin ve yönetiminin oldukça zorlu bir hale gelmesine neden olmaktadır (Giannakis, 2007; Wickramatillake ve diğ., 2007).

Operasyon yönetimi literatüründe performans ölçümü tarihsel olarak makine kullanımı, makine güvenilirliği, çalışanların verimliliği, envanter devir hızı vb. gibi iç süreçlerin değerlendirilmesine odaklanmıştır. İşletme ve yönetim çalışmalarındaki her

akademik disiplin gibi, operasyon yönetimi de son 50 yılda ekonomik ve iş ortamındaki değişiklikleri yansıtan büyük değişimler yaşamıştır. İşletmeler arasında daha etkili iletişimi mümkün kılan bilgi teknolojisindeki hızlı değişimler ve yeni örgütler arası ilişki biçimlerinin ortaya çıkmasına neden olan rekabetçi küreselleşmiş ortam tarafından yönlendirilmiştir (Giannakis, 2007).

PMS'nin ilk uygulamalarından dengeli skor kartı (BSC) Kaplan ve Norton (1992) tarafından kurgulanmış olup operasyonel, finansal ve müşteri memnuniyeti gibi ölçümlerin entegrasyonu içeren bir çerçeve oluşturmuşlardır (Giannakis, 2007). Ayrıca BSC diğer çalışmalara iyi bir zemin hazırlamış ve sonrasında oluşturulan pek çok çerçevelerden en önemlisi Avrupa Kalite Yönetim Vakfı'nın (EFQM) modeli olan dengeli yaklaşımı finansal performansın yanında dikkate almıştır. Bu modelin en büyük gücü performansı etkileyecek tüm olası faktör entegrasyonudur. Ancak tüm başarısına rağmen dış ögelerin sürece dahil olmasına yönelik bir yapısı yoktur. Bu sebeple SCPMS açısından yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada, SCPMS kapsamında, gri tabanlı komşuluk kaba küme metodu kullanılarak otomotiv sektöründe uygulamalı bir SCPMS yöntemi geliştirilmiştir. Metrik seçimi konusunda, Tedarik Zinciri Konseyi tarafından kabul görmüş SCOR Modeli V13.0 esas alınmıştır. Bu yaklaşım sayesinde hem performans kriteri seçimindeki zorlukların üstesinden gelinmeye çalışılmış, hem de ölçülemeyen metriklerin gri tabanlı komşuluk kaba küme metodu ile elde edilecek sonuçlar aracılığıyla SCPMS literatüründeki zorlukların üstesinden gelinmesi hedeflenmiştir. Komşuluk kaba küme metodunun sunduğu avantajlar arasında, geniş bir ölçüm yelpazesini etkili bir şekilde sonuçlandırma yeteneği bulunmaktadır. Ayrıca, Analitik hiyerarşi süreci (AHP) gibi diğer tekniklerin aksine, nispeten az yönetimsel girdi gerektirmesi ve regresyon ile diğer istatistiksel yaklaşımlardan farklı olarak parametrik varsayımlara ihtiyaç duymaması, yani parametrik olmayan bir veri değerlendirme metodolojisi olması önemli avantajlarıdır.

Tedarik Zinciri Konseyi (SCC) tarafından 1996 yılında geliştirilen ve tanıtılan tedarik zinciri operasyonları referans modeli (SCOR Modeli), tedarik zinciri yönetiminde kritik bir rol oynayan ve endüstri standardı olma özelliği taşıyan bir referans modelidir. Bu model, sektörler arasında standart olarak kabul gören ilk referans modelidir. İşletmelerin tedarik zinciri faaliyetlerini ölçmelerine, analiz etmelerine ve iyi uygulama örneklerini referans alarak iyileştirmeler yapmalarına olanak tanıyan bu model, tedarik zincirlerinin karmaşıklığını yönetmek, süreçleri standartlaştırmak ve

performansı ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sektörler içerisinde daha etkin ve kolay bir şekilde uygulamaya alınabilmesi adına sürekli olarak güncellenerek ve detaylı bir şekilde irdelenerek SCOR Modeli'nin en güncel versiyonu olan V13.0'a ulaşılmıştır. Bu çalışmada, SCOR Modeli'nin performans metrikleri kullanılacaktır.

Çalışmada kullanılan gri tabanlı komşuluk kaba küme metodu ile SCPMS, literatürde kullanılan ender çalışmalardan biri olup, seçilen SCOR Modeli V13.0 metrikleri bağlamında literatürde bir ilk olma özelliği taşımaktadır. SCPMS'nin, SCOR Modeli metriklerinin dayanıklılık (resilience), ekonomiklik (economic) ve sürdürülebilirlik (sustainability) gibi üç ana başlık altında toplandığını belirtmek gerekir. Bu çalışmada, sürdürülebilirlik başlığı altında yer alan güvenilirlik (reliability), cevap verebilirlik (responsiveness) ve esneklik (agility) gibi alt başlıklar ele alınacak ve buradaki metrikler kullanılarak çok lokasyonlu bir otomotiv yan sanayi şirketine SCPMS değerlendirilecektir.

1.1. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi

Küreselleşme sürecinde mal, hizmet ve bilginin yer değiştirmesi lojistik kavramıyla ifade edilir. Buna ek olarak, tedarik zinciri ise lojistiği de kapsayarak, bilgi akışı ile uçtan uca malzeme ve hizmet entegrasyonunun sistematik birleşimi olarak tanımlanabilir.

Lojistik kavramı, insanlık tarihi kadar köklü bir geçmişe sahiptir. İnsanların temel ihtiyaçlarını karşılama ve güvenliklerini sağlama çabaları, tarih boyunca çeşitli lojistik süreçleri zorunlu kılmıştır. Başlangıçta ağırlıklı olarak askeri amaçlara hizmet eden lojistik faaliyetler, zamanla ekonomik ve teknolojik gelişmelerle evrilerek, özellikle 1950'li yıllardan itibaren işletme lojistiği şeklinde yeni bir boyut kazanmıştır. Bu kavram, temel olarak ihtiyaç duyulan ürün ve hizmetlerin doğru zamanda, doğru yerde ve istenilen koşullarda bulundurulmasıyla ilgili tüm faaliyetleri kapsar. Lojistik, ham maddelerin kaynağından başlayıp son tüketiciye ulaşana kadar olan süreçte; taşıma, depolama, elleçleme, paketleme ve envanter yönetimi gibi fiziksel akışın etkin ve verimli bir şekilde organize edilmesini içerir. Lojistiğin birincil amacı, müşteri taleplerini en iyi şekilde karşılayarak, maliyet etkin ve zamanında teslimat sağlamaktır. Başarılı bir lojistik operasyon, işletmelerin rekabet gücünü artırmanın yanı sıra, müşteri memnuniyetini yükseltir ve operasyonel verimliliği önemli ölçüde iyileştirir.

Lojistik teriminin kökenine dair farklı görüşler bulunsu da bu görüşler bir bütünlük içinde birbirini tamamlayıcı unsurlar olarak değerlendirilebilir (Koçak, 2020). Terimin kökeni, Orta Çağ Latincesindeki "logisticus" ve Antik Yunanca'daki "logistikos" kelimelerine dayanmaktadır. Bu sözcükler, sırasıyla mantık anlamına gelen "logic" ve "istatistik" anlamındaki "statics" ile ilişkilidir. Bu bağlamda, kelimenin temel anlamı "mantıklı hesaplama" veya "hesap yapma bilimi" şeklinde yorumlanabilir (Wassenhove, 2006).

Türk Dil Kurumu (TDK, 2025), lojistiği; bireylerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik her türlü ürün, hizmet ve bilginin çıkış noktasından varış noktasına kadar olan süreçte etkin ve verimli bir şekilde taşınmasının planlanması ve uygulanması olarak tanımlamaktadır.

Lojistik, yalnızca fiziksel taşıma süreçlerinden ibaret olmayıp aynı zamanda ürün ve hizmetlerin ihtiyaç duyulan zamanda ve yerde hazır bulundurulmasını da kapsayan stratejik bir disiplindir. Bu bağlamda, lojistik; hammaddelerin, yarı mamullerin ve nihai ürünlerin yanı sıra bu ürünlere ilişkin bilgilerin kaynağından nihai tüketiciye kadar etkin, verimli ve ekonomik bir şekilde depolanması, akışının sağlanması ve bu sürecin yönetilmesi faaliyetlerini içermektedir (Acar, 2010).

TDK (2025), lojistiği bireylerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik her türlü ürün, hizmet ve bilginin çıkış noktasından varış noktasına kadar olan süreçte etkin ve verimli bir şekilde taşınmasının planlanması ve uygulanması olarak tanımlamaktadır. Bu tanım, lojistiğin sadece fiziksel taşıma süreçlerinden ibaret olmadığını, aynı zamanda ürün ve hizmetlerin doğru zamanda ve yerde hazır bulunmasını da kapsayan stratejik bir disiplin olduğunu vurgular. Bu bağlamda lojistik; hammaddelerin, yarı mamullerin ve nihai ürünlerin yanı sıra bu ürünlere ilişkin bilgilerin kaynağından nihai tüketiciye kadar etkin, verimli ve ekonomik bir şekilde depolanması, akışının sağlanması ve bu sürecin yönetilmesi faaliyetlerini içermektedir (Acar, 2010).

Lojistik yönetimi malzeme akışının etkin bir şekilde planlanmasıyla birlikte lojistik yönetimi kavramı ön plana çıkmıştır. Temel amaç, müşterilerin ihtiyaç duyduğu ürünü doğru zamanda, doğru yerde ve doğru miktarda temin ederken, bu sürecin her aşamasındaki maliyetleri en düşük seviyede tutmaktır. Ulaştırma, dağıtım, hammadde, yarı mamul ve nihai ürünlerin stoklanması gibi faaliyetleri içeren lojistik yönetimi, ürün, hizmet ve bilgi akışının üretim noktasından nihai tüketiciye veya ters yönde yönetilmesi anlamına gelir. Bu disiplin hem ekonomik dönüşümlerin hem de işletmecilik alanındaki ilerlemelerin bir sonucu olarak gelişmiş ve lojistik faaliyetler

daha sistematik ve uygulanabilir hale gelmiştir. Koçak (2020)'ın da belirttiği gibi, lojistik yönetimi yalnızca fiziksel akışı değil, aynı zamanda bu akışla ilgili bilgi akışını, envanter seviyelerini ve depo operasyonlarını da kapsar.

1980 ve 1990'lı yıllarda ise lojistik yönetimi, tedarik zinciri yönetimi (SCM) kavramıyla birlikte daha geniş bir çerçeveye oturmuştur. Bu dönemde lojistik, yalnızca fiziksel taşıma faaliyetlerini değil; aynı zamanda satın alma, üretim planlama, depolama, envanter yönetimi, taşıma süreçleri ve müşteri ilişkilerini içeren çok boyutlu ve entegre bir yönetim alanına dönüşmüştür.

Tedarik kavramı, ilk kez Forrester (1958) tarafından yönetim kuramı çerçevesinde ortaya atılmış ve örgüt içi ilişkilerin yapısını açıklamak amacıyla kullanılmıştır. Forrester, bu kavramı tanımlarken tedarik sistemlerinin yalnızca bireysel süreçlerden ibaret olmadığını, aksine tüm bileşenlerin entegre şekilde ele alınması gerektiğini vurgulamıştır. Industrial Dynamics adlı eserinde tedarik konusunu ele alırken, sistem düşüncesi, geri bildirim kontrolü ve dinamiklerin mühendislik ve fiziksel alanlardan yönetim ve işletme tasarımına uygulanmasında kendi döneminde ve sonrası için çığır açmıştır. Forrester, karmaşık sistemlerin sezgiye aykırı davranışlarının temelinde yapıdan kaynaklandığını, bu yapının doğrusal olmayan ilişkiler içerdiğini ve bu davranışın ancak bilgisayar simülasyonları ile anlaşılabilceğini savunmuştur. Ayrıca, etkili modellemenin karar alıcıların sınırlı rasyonelliğini ve gerçek karar süreçlerini yansıtmaması gerektiğini vurgulayarak, yöneticilere örgüt tasarımlarını iyileştirmek için pratik ve titiz bir yöntem sunmuştur. Eser, fiziksel yapılar, bilgi akışları ve karar süreçlerinin etkileşimiyle oluşan geri bildirim döngülerinin sistem dinamiklerini nasıl yarattığını detaylı bir şekilde açıklamaktadır (Forrester, 1958). TDK, ise tedarik kelimesini; araştırarak bulma, sağlama, elde etme şeklinde tanımlamaktadır. Bu bağlamda tedarik, bir işletmenin ihtiyaç duyduğu ürün veya hizmeti pazardan temin etme sürecini ifade etmektedir.

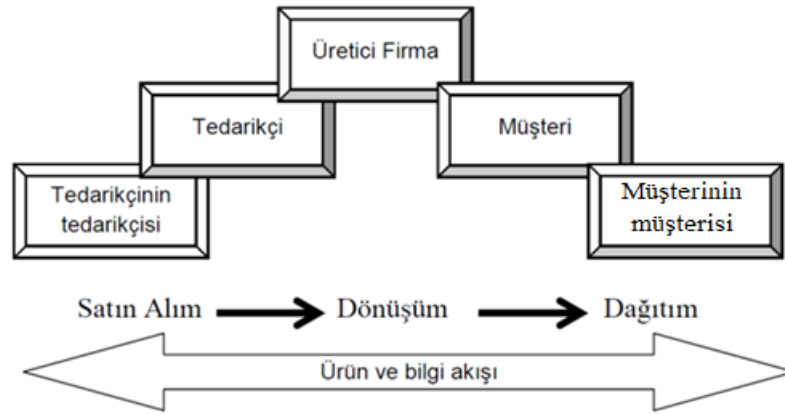
Tedarik zinciri kavramı ise özellikle 1980'li yıllardan sonra akademik çevrelerde ve iş dünyasında artan bir ilgiyle ele alınmaya başlanmıştır. Bu kavram; planlama, kaynak temini, üretim, teslimat ve geri dönüş aşamalarını kapsayan, bütüncül bir yaklaşımı temsil etmektedir (Ağar, 2010). Kısaca tedarik zinciri; işletmelerin ihtiyaç duyduğu hammadde ve malzemelerin temin edilmesi, bu girdilerin yarı mamul ve nihai ürünlere dönüştürülmesi, ürünlerin dağıtım kanalları aracılığıyla son kullanıcıya ulaştırılması ve bu süreç boyunca bilgi akışının yönetilmesi olarak özetlenebilir.

Kopczak (1997) tedarik zincirini; tedarikçiler, lojistik hizmet sağlayıcıları, üreticiler, dağıtıcılar ve perakendecileri içeren, bu aktörler arasında gerçekleşen ürün, malzeme ve bilgi akışlarının yer aldığı bir sistemler bütünü olarak tanımlamaktadır.

Acar ve Ateş (2011) tedarik zinciri sürecini aşağıdaki temel aşamalar çerçevesinde değerlendirmiştir:

- Hammadde ve gerekli araçların temin edilmesi,
- Bu girdilerin nihai ürün haline dönüştürülmesi,
- Ürünlere katma değer sağlanması,
- Nihai ürünlerin bayilere ya da müşterilere ulaştırılması.

Bu çok aşamalı yapı, tedarik zincirini sadece fiziksel malzeme hareketlerinin değil, aynı zamanda stratejik planlama ve bilgi yönetiminin de merkezi bir bileşeni haline getirmektedir.



Şekil 1.1 Tedarik zinciri kapsamı (Uslu, 2023)

Tedarik zinciri yönetimi ise, zincir içerisinde yer alan tedarikçi, üretici, dağıtıcı ve müşteriler başta olmak üzere tüm paydaşların uzun vadeli performanslarını artırmak amacıyla, işletme fonksiyonlarının, süreçlerinin ve planlarının zincirdeki tüm aktörleri kapsayacak şekilde stratejik ve bütünlüklü biçimde yönetilmesini ifade eder (Acar, 2010). Bu yaklaşım, geleneksel işletme yönetimi anlayışının ötesine geçerek, tüm tedarik zinciri boyunca sistematik iş birliklerinin kurulmasına odaklanmaktadır.

Teknolojinin işletme süreçlerine daha fazla entegre olmasıyla birlikte, SCM kavramı; işletmelerin sadece kendi karar merkezleriyle sınırlı kalmayıp müşterilerini de bu süreçlere dahil ettikleri, müşteri memnuniyetini önceliklendiren stratejiler geliştirdikleri bir yapı haline gelmiştir. Bu bağlamda, zincirin tüm halkaları

(tedarikçiler, üreticiler, perakendeciler vb.) ile iş birliğini esas alan bu yaklaşım, Houlihan (1985) tarafından literatürde ilk kez "tedarik zinciri yönetimi" ifadesiyle anılmıştır. Houlihan, bu kapsamda lojistik ortaklıkları (logistics partnerships) ve tedarik zinciri yeniden yapılandırması (supply chain restructuring) gibi konulara da değinmiştir (Houlihan, 1985).

1970'lerde geliştirilen Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) sistemleri, yöneticilerin üretim süreçlerinin maliyet, kalite, teslimat süresi ve yeni ürün geliştirme gibi birçok değişken üzerindeki etkisini fark etmelerini sağlamıştır. Bu farkındalık, firmaların dağıtım işlevlerini merkezi bir fiziksel dağıtım birimi altında toplamaya yol açmış ve böylece lojistik faaliyetlerin bütüncül olarak optimize edilmesi yönünde önemli bir adım atılmıştır. Bu dönemde gelişen yaklaşım, bireysel faaliyetlerin maliyetlerini düşürmekten ziyade, tüm lojistik sistemin toplam maliyetini azaltmaya odaklanan tüm lojistik maliyet yönetimi anlayışını doğurmuştur (Özdemir, 2004).

1980'li yıllardan itibaren, tedarik zinciri konusu akademik camiada daha yoğun bir şekilde ele alınmış ve birçok araştırmacı bu alana yönelik çeşitli model ve çerçeveler sunmuştur (Acar ve Ateş, 2011).

1985 yılında geliştirilen ve tekstil sektöründe uygulamaya konulan hızlı cevap (Quick Response – QR) sistemi, tedarik zinciri alanındaki ilk yenilikçi modellerden biri olarak kabul edilir. Bu sistemi takiben, 1990'larda perakende sektörüne yönelik etkin müşteri cevabı (Efficient Consumer Response – ECR) programı ve Sürekli İkmal Planlaması (Continuous Replenishment Planning – CRP) geliştirilmiştir. 1990'ların ortasından sonra ise yöneticiler, tedarik süreçlerinin yalnızca içsel verimlilikle değil, dışsal tedarikçilerle kurulan iş birlikleriyle de doğrudan ilişkili olduğunu anlamaya başlamışlardır.

Bu gelişmelerin sonucunda firmalar, rekabet avantajı elde etmenin yalnızca kaliteli ürün üretmekle sınırlı olmadığını, aynı zamanda ürünlerin doğru zaman, yer, miktar ve maliyetle müşteriye ulaştırılmasının da başarı için kritik olduğunu fark etmişlerdir. Böylece, sadece kendi iç süreçlerini yönetmekle yetinmeyen firmalar, hem yukarı yönlü (upstream) hem de aşağı yönlü (downstream) tedarik zinciri ağının tümünü kapsayan bir yönetim yaklaşımı benimsemişlerdir (Özdemir, 2004).

Tedarik Zinciri Konseyi (SCC), SCM'ni organizasyonel sınırların ötesinde nihai müşteri taleplerini karşılamak amacıyla kesintisiz katma değer akışını tasarlama ve yönetme süreci olarak tanımlamakta ve bu süreçte insan kaynağı ile teknolojik altyapının entegrasyonunun kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır.

Derman (2006) ise SCM'nin, artan rekabet koşulları altında kişiye özel ürün geliştirme ve bireyselleştirilmiş hizmet anlayışıyla stratejik önem kazandığını ifade eder. SCM, zincirde yer alan tüm paydaşlar arasında doğal bir stratejik koordinasyon sağlayarak, tüm sistemin performansını artırmayı hedefleyen bir yapıdır. Araştırmacı, çağdaş tedarik zinciri yönetimini, yalnızca lojistik faaliyetlerin eş güdümünden öte, tüm değer zinciri boyunca kesintisiz ve senkronize bir akış yaratma amacı güden stratejik bir orkestrasyon olarak nitelendirmektedir. Bu yaklaşımın temel amacı, tedarikçilerden nihai tüketiciye uzanan karmaşık ağda operasyonel pürüzleri gidermek, bilgi ve malzeme akışını bütünleştirmek ve özellikle talep belirsizliğinin tetiklediği kırbaç etkisi gibi irrasyonel davranışları kontrol altına almaktır. Bu yönetim felsefesi, yalnızca maliyet odaklı bir bakış açısını aşarak, çeviklik, yanıt verebilirlik ve müşteri odaklılığı gibi dinamik yetenekleri merkeze yerleştirmektedir.

Ağar (2010) tarafından yapılan bir başka tanımda ise SCM, tedarik zinciri içinde yer alan tüm firmaların işletme işlevlerinin ve süreçlerinin entegrasyon yoluyla yönetilmesini ve uzun vadeli verimlilik artışının sağlanmasını amaçlayan stratejik bir yönetim biçimi olarak tanımlanmaktadır.

Bu çerçevede Global Tedarik Zinciri Forumu (GSCF), tedarik zinciri yönetiminin temel süreçlerini sekiz başlık altında toplamıştır:

- Müşteri ilişkileri yönetimi
- Müşteri hizmet yönetimi
- Talep yönetimi
- Sipariş işleme
- Üretim akış yönetimi
- Tedarikçi ilişkileri yönetimi
- Ürün geliştirme
- İade süreçlerinin yönetimi

Bu süreçler, yalnızca mal ve hizmet akışının değil, aynı zamanda bilgi ve değer akışının da entegre bir biçimde yönetilmesini zorunlu kılarak, modern tedarik zinciri yönetiminin stratejik doğasını ortaya koymaktadır.

1.2. Tedarik Zincirinde Performans Ölçümü

Bu bölümde performans ve performans ölçümü kavramları ile tedarik zinciri performans ölçüm metotları detaylı olarak incelenecektir.

Performans kavramının, ilk olarak 1900'lü yılların başında ABD'de kamu hizmeti kuruluşlarında kullanıldığı bilinmektedir. Akabinde F. Taylor'ın iş ölçümlemelerinin sonuçları, başta ABD olmak üzere tüm dünyada yaygınlaşarak iş dünyasında sıklıkla kullanıma girmiştir.

Performans kavramı, farklı kurum ve sektörler için değişkenlik gösterse de, tüm işletmeler açısından değerlendirildiğinde; kârlılığı artırmak ve kurumsal hedeflere ulaşmak açısından temel bir unsur olarak kabul edilmektedir. Performansın ölçülmesi ise işletmelerin belirlemiş olduğu stratejik hedeflere ne ölçüde yaklaştıklarının değerlendirilmesine olanak tanır. Bu süreçte genellikle anahtar performans göstergeleri (KPI) olarak adlandırılan metrikler üzerinden işletme faaliyetlerinin girdi, çıktı ve etkileri kıyaslanmakta; toplanan veriler analiz edilerek sonuçlar raporlanmaktadır. Bu raporlar, işletmenin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesine katkı sağlarken, geleceğe yönelik stratejik önceliklerin de belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ancak, performans ölçüm sonuçları yalnızca "ne oldu?" sorusuna cevap verebilirken, "neden oldu?" sorusunu açıklamada yetersiz kalmakta ve işletmenin başarısına dair mutlak bir yargıya varmak çoğu zaman mümkün olmamaktadır (Yenice, 2006).

Performansın ölçümü, her dönemde işletme yönetiminin temel gündemlerinden biri olmuştur. Tarihsel açıdan bakıldığında, performans ölçümüne yönelik sistematik çalışmalar 1970'li yıllarda başlamış, bu dönemde işletmelerin birim bazında performansları ölçülmeye çalışılmıştır. 1980 öncesi dönemde performans, büyük oranda finansal göstergelerle sınırlandırılmışken; 1980'li yıllardan sonra müşteri memnuniyeti gibi finansal olmayan unsurlar da değerlendirme kriterleri arasına girmeye başlamıştır. 1990'ların başında ise performans ölçüm sistemlerinin yetersizlikleri fark edilerek daha dengeli ve çok yönlü yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu gelişmelerle birlikte toplam kalite yönetimi ve tam zamanında üretim gibi sistemlerin uygulanması yaygınlaşmış ve işletmeler üretim süreçlerini dijitalleştirerek daha bütünsel performans ölçüm yöntemlerine yönelmiştir (Uslu, 2023).

Bu kapsamda performans ölçümünün tasarımı çeşitli kriterler ve sistemler geliştirilmiştir. Günümüzde araştırmacıların büyük bölümü, yalnızca finansal verilerle sınırlı kalmayan, aynı zamanda finansal olmayan göstergeleri de dikkate alan performans sistemlerini savunmaktadır. Bu sistemler arasında dengeli puan kartı (balanced scorecard), performans prizması, performans ölçüm matrisi ve kuantum performans ölçüm modeli gibi yapılar örnek olarak verilebilir (Demir ve Taşkın, 2008).

Öte yandan, performans ölçümüne yönelik eleştiriler de gündeme gelmektedir. Performans verilerinin mevcut olmasına karşın, bu bulguların karar alma süreçlerinde etkin şekilde kullanılmadığını ve bu durumun performans ölçümünün bir yönetim aracı olarak işlevselliğini sorgulattığını belirtmiştir. Bu bağlamda performans ölçümünün yalnızca teknik bir uygulama değil, aynı zamanda organizasyonel kültür ve yönetim anlayışlarıyla da ilişkili olduğu görülmektedir (Carman, 2011).

Benzer şekilde Patton (2008) performans ölçümünün karar alma süreçlerindeki belirsizliği azaltma potansiyeline sahip olduğunu kabul etmekle birlikte, kaynak mevcudiyeti ve siyasi ortam gibi dışsal faktörlerin de kararları önemli ölçüde etkilediğini ileri sürmüştür. Bu durum, performans verilerinin varlığının tek başına yeterli olmadığını; bu verilerin stratejik yönetim bağlamında anlamlandırılması ve kullanılabilir hale getirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, performans ölçümü günümüz işletmeleri için vazgeçilmez bir yönetim aracı olmasına karşın, bu sürecin etkili bir şekilde tasarlanması, uygulanması ve elde edilen verilerin karar mekanizmalarına entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Başarılı bir performans yönetimi hem finansal hem de finansal olmayan göstergeleri dikkate alan çok boyutlu bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır.

Tedarik zinciri performans ölçüm sistemleri ise, sektörden sektöre ve hatta şirketten şirkete farklılık göstermektedir. Örneğin, otomotiv sektöründeki şirketler genellikle tam zamanında teslimat performansını önceliklendirirken, yapı sektöründeki firmalar teslimatta karlılığı ön planda tutmaktadır.

Lee ve Billington (1992), tedarik zincirindeki birbirinden ayrık bölümlerin, her birinin kendi hedeflerini bağımsız olarak takip etmesi durumunda, ki bu geleneksel bir uygulama olmuştur, bütünsel bir verimliliği desteklemediğini savunmaktadır. Ancak, ölçümlerin ve metriklerin incelenmesi gerekliliği özellikle iki ana nedenden kaynaklanmaktadır:

a. Dengeli bir bütünsel yaklaşım eksikliği: Birçok şirket finansal ve finansal olmayan performans ölçümlerinin önemini kavramış olsa da bunları dengeli bir çerçevede entegre etmekte zorlanmaktadır.

b. Stratejik, taktiksel ve operasyonel düzeylerde ölçümler arasında net bir ayrımın olmaması: Performans ölçümünde kullanılan metrikler, stratejik, taktik ve operasyonel düzeylerde alınacak kararları doğrudan etkiler. Ancak tedarik zinciri yönetimi için bu tür bir sınıflandırma yaygın değildir. Üç seviyeye dayalı bir sınıflandırma yapılması durumunda her metrik, en uygun olacağı seviyeye atanabilir.

Örneğin, envanterle uğraşırken, günlük envanter seviyesinin ölçülebileceği ve izlenebileceği operasyonel bir bakış açısından değerlendirmek en uygunu olacaktır. Araştırmacılara göre, tüm tedarik zinciri için toplu bir performans ölçütleri seti bulunmamaktadır ve birçok şirket bu sorunla karşı karşıyadır. Bu tür ölçütlere sahip olanlar ise genellikle bunları düzenli olarak izlememekte veya bu ölçütler doğrudan müşteri memnuniyetiyle ilişkili değildir. Başarılı bir envanter yönetimi, hammaddeden nihai tüketiciye uzanan tüm süreçlerin senkronize bir orkestrasyonunu gerektirir. Ancak, birçok organizasyon bu senkronizasyonu sağlamakta zorlanır. Sıklıkla karşılaşılan yanılgılardan biri, her bir tedarik zinciri halkasının kendi performans hedeflerine odaklanmasıdır. Bu segment yaklaşımı, toplam tedarik zinciri verimliliğini göz ardı ederek, gereksiz stok birikimlerine, artan maliyetlere ve nihayetinde müşteri memnuniyetsizliğine yol açabilir. Tedarik zinciri envanter yönetimindeki temel zorluklardan biri de bilgi akışının yetersizliğidir. Farklı aşamalardaki paydaşlar arasındaki kopuk iletişim, talep tahminlerinin doğruluğunu azaltır ve reaktif, maliyetli kararlara neden olur. Ayrıca, piyasadaki dalgalanmalar, tedarikçi performansındaki değişkenlikler ve lojistik aksaklıklar gibi öngörülemeyen faktörler, etkin bir envanter yönetimini daha da karmaşık hale getirir. Oysa, bütünsel bir bakış açısıyla, teknolojik altyapıyı güçlendirerek, şeffaflığı artırarak ve tüm paydaşlar arasında iş birliğini teşvik ederek, bu tuzakların üstesinden gelmek ve tedarik zincirini rekabet avantajı sağlayacak çevik ve verimli bir yapıya dönüştürmek mümkündür.

Stewart (1995), tedarik zincirindeki üye organizasyonların performans gereksinimlerini dikkate alan pratik bir çerçeve sunmuştur. Bu model, tedarik zinciri faaliyetlerini, tüm karar mekanizmalarında ortak bir süreç odaklı dil üzerinden iletişim kuran, birbirine bağlı organizasyonlar arası süreçler bütünü olarak ele almaktadır. Sipariş giriş yöntemi, müşteri özelliklerinin ne ölçüde ve nasıl yararlı bilgilere dönüştürüleceğini ve bu bilgilerin tedarik zinciri boyunca nasıl aktarılacağını belirlemektedir. Entegre tedarik zinciri; planla, kaynak sağla, üret, teslim et başlığı altında, geleneksel tedarik zinciri yapılarının doğasında var olan sorunları ve entegre bir yaklaşımın potansiyel faydalarını derinlemesine incelemektedir. Araştırmacı, geleneksel, fonksiyonel bölümlere ayrılmış tedarik zincirlerinin, bilgi akışında bozulmalara, gereksiz maliyetlere, pazar değişimlerine karşı yavaş tepkilere ve stratejik kararların etkin olmayan seviyelerde alınmasına yol açtığını savunmaktadır. Bu durum, şirketlerin rekabetçi konumunu zayıflatmaktadır. Stewart'a göre, bu sorunların üstesinden gelmek için tedarik zincirinin felsefi, operasyonel ve sistemsel bir dönüşüme

ihtiyacı vardır. Entegre bir tedarik zinciri yapısı, katma değer yaratmayan faaliyetleri en aza indirerek, maliyetleri düşürmeyi, müşteri duyarlılığını ve esnekliği artırmayı amaçlar. Bu entegrasyon; politika ve prosedürlerin yeniden tanımlanması, fonksiyonlar arası iş birliğini teşvik eden organizasyonel değişiklikler, malzeme ve bilgi akışının optimize edildiği yapısal düzenlemeler ve en iyi uygulamaları destekleyen bilgi sistemlerinin etkin kullanımı gibi dört temel operasyonel değişim kategorisini içerir. Araştırmacının vurguladığı gibi, başarılı bir entegrasyon, sadece iç süreçleri değil, tedarikçiler ve müşterilerle olan ilişkileri de kapsayan bütünsel bir yaklaşımı gerektirir ve bu da önemli ölçüde çapraz fonksiyonel ve hatta coğrafi koordinasyonu zorunlu kılar. Bilgi sistemlerinin mimarisi ise, ihtiyaç duyulan bilginin, kullanım noktasına en hızlı ve doğru şekilde ulaştırılmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Mason-Jones ve diğ. (1997), sipariş giriş yönteminin tedarik zincirinin tüm seviyelerini birbirine bağladığını ve tüm faaliyetlerin planlanmasını etkilediğini ifade etmektedir. Siparişin uygun şekilde kontrol edilebilmesi, bu yöntemin çeşitli seviyelerde zamanında, doğru ve kullanılabilir veri sağlayabilme kapasitesine bağlıdır. Böylece bu yöntem, bir performans göstergesi olarak değerlendirilebilir. Tedarik zinciri yönetimi, zincirin her halkasındaki oyuncunun, sanki tek bir organizasyonmuş gibi hareket ettiği, kusursuz tedarik zinciri idealine ulaşmayı hedeflemelidir. Bu ideal, bilgi, malzeme, kaynak ve nakit akışının minimum karmaşa ile bir araya geldiği, yüksek düzeyde güven ve bağlılık gerektiren bir genişletilmiş işletme anlayışını temsil eder. Ancak yazarlar, gerçek dünyada bilgi paylaşımının sıklıkla engellendiğini ve hatta kasıtlı olarak çarpıtıldığını, bunun da tedarik zinciri verimliliğini olumsuz etkilediğini belirtmektedir. Bu nedenle, tedarik zinciri yönetiminin temel zorluklarından biri, her işletmenin kendi özel koşullarına en uygun sistemleri tasarlamak ve işletmektir. Performans ölçümü açısından, tedarik zinciri dinamiklerini anlamak için yapım modeli gibi araçların kullanılmasını ve tedarik zinciri içindeki her kademede akış (pipeline) kontrolünün uygulanmasını savunmaktadırlar. Akış (pipeline) kontrolü, siparişin verilmesi ile stoğa alınması arasındaki gecikme olarak tanımlanan akış (pipeline) içindeki malzeme akışını düzenlemeyi amaçlar. Bu yaklaşım, talep dalgalanmalarının yukarı yönlü zincirde artarak yayılmasını azaltır ve daha istikrarlı bir işletme performansı sağlar. Çalışmada ayrıca, tedarik zinciri performansını değerlendirmek için, sipariş karşılama süresi ve nakit döngüsü süresi gibi belirli metriklerin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır.

Christopher (2000), tarafından yapılan tanıma göre, SCPMS pazarın değişen gereksinimlerine ve rekabet koşullarına uyum sağlamak amacıyla tedarik zincirinin

etkinliğini ve verimliliğini değerlendirme sürecidir. Bu ölçüm, sadece maliyet odaklı yalın yaklaşımların değil, aynı zamanda müşteri değeri ve hızlı yanıt verme yeteneği üzerine kurulu çevik yaklaşımların da dikkate alınmasını gerektirir. Yazar, pazar liderlerinin (market winners) maliyetten ziyade bulunabilirlik ve müşteri hizmetleri gibi faktörler haline geldiği durumlarda, çevik tedarik zincirlerinin önemini vurgular. Bu bağlamda, performans ölçümü, tedarik zincirinin pazar hassasiyetini, bilgi paylaşımını, süreç entegrasyonunu ve iş ortaklarıyla olan ilişkilerini kapsayacak şekilde geniş bir perspektife sahip olmalıdır. Christopher, toplam sipariş çevrim süresini şu şekilde tanımlamıştır: Toplam sipariş çevrim süresi = sipariş giriş süresi + sipariş planlama süresi + sipariş temin süresi + mamül teslim süresi. Bu bileşenlerin her birinde sürelerin azaltılması, rekabet avantajı sağlama potansiyeli taşımaktadır. Çevrim süresi (lead time), yazarın tedarik zinciri performansını değerlendirmede kritik bir etmen olarak öne sürdüğü unsurlardan biridir. Hem yalın hem de çevik tedarik zincirleri için toplam çevrim süresinin minimize edilmesi gerekliliği vurgulanır. Yalın üretimde, fazla zaman israf olarak görülürken, çevik tedarik zincirlerinde talepteki yüksek oynaklığa hızlı yanıt verebilmek için kısa çevrim süreleri hayati önem taşır. Araştırmacı, çevrim süresinin kısaltılmasının sadece maliyet ve verimlilik açısından değil, aynı zamanda müşteri memnuniyeti ve pazar rekabet gücü açısından da önemli olduğunu belirtir. Bununla birlikte, çevrim süresi tek başına yeterli bir performans ölçütü değildir; kalite, hizmet seviyesi ve maliyet gibi diğer etmenlerle birlikte dengeli bir şekilde değerlendirilmelidir.

Beamon (1998), çeşitli bireysel tedarik zinciri performans ölçütlerini tanımlamış ve bu ölçütleri kapsayıcılık, evrensellik, ölçülebilirlik ve tutarlılık gibi kriterlere göre değerlendirmiştir. Ancak her ölçümde önemli zayıflıklar tespit edilmiştir. En tutarlı zayıflık ise kapsayıcılıktır. Örneğin, yalnızca maliyet odaklı bir performans ölçümü, müşteri yanıt süresi veya sistem esnekliği gibi kritik unsurları göz ardı edebilir. Bu durum, bütüncül bir yaklaşımın gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Tedarik zinciri performansı; verimlilik ve etkinlik düzeyini belirlemek, diğer sistemlerle kıyaslama yapmak amacıyla kullanılmakta olup hem nitel hem de nicel ölçütler içermektedir. Nitel ölçütler doğrudan sayısal veri içermeyen; müşteri memnuniyeti, esneklik, bilgi ve malzeme akışı, risk yönetimi ve tedarikçi performansı gibi unsurları kapsarken; nicel ölçütler ise maliyet ve müşteri yanıt süresi gibi sayısal göstergelere dayanmaktadır.

Gunasekaran ve diğ. (2004)'e göre, tedarik zinciri performansı; zincir elemanlarının güvene ve iş birliğine dayalı ilişkileriyle birlikte, her birinin verimlilik ve

etkinliğini yansıtan göstergelerle ölçülmektedir. Bu ölçümler ve metrikler, stratejik, taktiksel ve operasyonel planlama ile kontrolü etkiledikleri için bir organizasyonun başarısında yadsınamaz bir role sahiptirler. Performans ölçümü ve metrikleri, hedeflerin belirlenmesi, performansın değerlendirilmesi ve gelecekteki eylem planlarının oluşturulmasında önemli bir işleve sahiptir. Ancak, tedarik zinciri yönetimine özgü performans ölçümü ve metrikleri, araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından yeterince ele alınmamıştır. Bu nedenle, yazarlar, tedarik zinciri performans ölçümünün ve metriklerinin önemini daha iyi anlaşılması için bir çerçeve geliştirmiştir. Mevcut literatür ve seçilmiş İngiliz şirketleri üzerinde yapılan ampirik bir çalışmanın sonuçlarına dayanarak oluşturulan bu çerçeve, bu önemli alana daha fazla ilgi uyandırmayı amaçlamaktadır. Araştırmacılar, tedarik zinciri performansının ölçülmesinin, işletmelerin sürekli iyileştirme çabaları için hayati olduğunu belirtmektedir. Birçok şirket, tedarik zincirlerini tam olarak bütünleştirmek ve etkinliği ile verimliliği en üst düzeye çıkarmak için gerekli performans ölçümlerini ve metriklerini geliştirmede başarısız oldukları için tedarik zincirlerinin potansiyelini tam olarak kullanamamıştır. Tedarik zincirindeki farklı noktaların bağımsız hedefler peşinde koşması durumunda verimliliğin en üst düzeye çıkmayacağını gözlemleyen yazarlar, tüm tedarik zincirinin değerlendirilmesi için eksik performans ölçümlerinin varlığına dikkat çekmektedirler. Performans ölçümleri, tüm tedarik zinciri üyeleri tarafından anlaşılır olmalı ve manipülasyona en az fırsat tanınmalıdır. Örgütsel hedeflerin ve bu hedeflere ulaşmanın ölçülebilmesini sağlayacak performans çalışmaları ve modelleri oluşturulmalı, böylece uygulanan strateji veya tekniklerin etkinliği değerlendirilebilmelidir. Çoğu şirket, finansal ve finansal olmayan performans ölçümlerinin önemini fark etmekle birlikte, bunları dengeli bir çerçevede temsil etmekte başarısız olmaktadır. Dengeli bir yaklaşım için, finansal performans ölçümleri stratejik kararlar ve dış raporlama için önemli olmakla birlikte, üretim ve dağıtım operasyonlarının günlük kontrolünün genellikle finansal olmayan ölçümlerle daha iyi ele alındığı anlaşılmalıdır. Etkili performans ölçümü ve iyileştirme için, ölçüm hedefleri örgütsel hedefleri temsil etmeli ve seçilen metrikler, stratejik, taktiksel ve operasyonel karar alma ve kontrol seviyeleriyle ilişkili olabilecek finansal ve finansal olmayan ölçümler arasında bir dengeyi yansıtmalıdır. Finansal performans göstergeleri (satış, kâr, hisse senedi değeri artışı) ile operasyonel performans göstergeleri (maliyet, teslimat hızı, güvenilirlik, kalite, esneklik) birlikte değerlendirilmelidir.

Maestrini ve diğ. (2017), tedarik zinciri performans ölçüm sistemini; zincir süreç ve ilişkilerinin verimlilik ve etkinliğini değerlendirmek üzere birden fazla organizasyonel işlevi içeren bir gösterge seti olarak tanımlamaktadır. Ancak pek çok işletme, uygulamada çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemler arasında merkezi olmayan raporlama geçmişi, ölçütler arasındaki ilişkilere dair yetersiz anlayış, ölçütlerin belirsizliği, raporlayıcılar ile kullanıcılar arasındaki iletişim eksikliği ve dağınık bilgi teknolojileri altyapısı yer almaktadır.

Tedarik zinciri performans ölçümü literatürde iki aşamalı olarak incelenmiştir. İlk aşama, 1880'lerden 1980'lerin sonuna kadar olan dönemdir ve finansal ölçütler (kâr, verimlilik) ön plandadır. İkinci aşamada ise; işletmeler rekabet gücü elde etmek adına düşük maliyetli, kaliteli ve çeşitli ürünlerin yanı sıra kalite, esneklik, teslimat gibi stratejik performans faktörlerine de önem vermeye başlamışlardır (Gürbüz ve Demirer, 2018).

Gopal ve Thakkar (2012) tedarik zinciri performans ölçüm sistemlerinin hedef belirleme ve gelecekteki eğilimlerin öngörülmesinde önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Bu alandaki son on yıllık (2000-2011) akademik literatürü kapsamlı bir şekilde inceleyerek mevcut durumu ve gelecekteki araştırma yönlerini ortaya koymuşlardır. Yazarlar, çeşitli veri tabanlarını kullanarak seçtikleri uluslararası hakemli dergilerdeki yayınları analiz etmişlerdir. İnceleme, tedarik zinciri ölçütleri ve performansını artırma odaklı makaleler üzerine yoğunlaşmıştır. Makalenin temel argümanı, son yıllarda tedarik zinciri performans ölçümü konusunda önemli sayıda yayın olmasına rağmen, bu alanda hala ele alınması gereken birçok araştırma boşluğu olduğudur. Bu boşluklar, ölçütlerin özellikleri, karşılaştırmalı değerlendirme (benchmarking), yönetim uygulamalarının kullanımı, entegrasyon ve ortaklıklar ile sosyo-çevresel faktörlerin dikkate alınması gibi çeşitli konuları kapsamaktadır. Yazarlar, bu incelemeyle hem akademisyenlere hem de uygulayıcılara alandaki eksiklikleri ve potansiyel araştırma fırsatlarını göstermeyi amaçlamışlardır.

Günümüzde tedarik zinciri performansının değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemler; Dengeli Skor Kart (BSC), Tedarik Zinciri Operasyonları Referans Modeli (SCOR Modeli), Anahtar Performans Göstergeleri (KPI) ve Kıyaslama (Benchmarking) yöntemleridir. Özkanlısoy ve Bulutlar (2023), SCPMS ile ölçüm yapmak, doğrulamak ve yapısını ve öngörülebilirliğini oluşturmak için yedi aşamalı bir model tasarlamışlardır.

Reddy ve diğ. (2019) yaklaşık SCPMS 450 çalışmanın analizini yaparak, bu alanda %35 oranında BSC, %16 oranında SCOR Modeli, %15 AHP, %12 hiyerarşik tabanlı, %9 simülasyon ve %5 veri zarflama yöntemlerinin kullanıldığını belirtmiştir. Teknik bazlı çalışmalar genellikle AHP, simülasyon ve veri zarflama yöntemlerini kullanırken; süreç ve yaklaşım temelli çalışmalar BSC, SCOR ve hiyerarşik sistemlere dayanmaktadır.

SCOR ve BSC dışındaki çeşitli yaklaşımlar da literatürde önemli bir yer tutmaktadır (yüzde 51'lik bir oranla). Bu kapsamda, Neely ve diğ. (1995) ile Shepherd ve Günter (2006) gibi araştırmacılar, yaptıkları kalite, zaman, maliyet ve esneklik boyutlarını temel alan literatür incelemeleriyle alana katkıda bulunmuşlardır. Beamon (1998, 1999) ise nicel ve nitel kriterleri içeren farklı performans ölçüm çerçeveleri önermiştir. Yavuz ve Ersoy (2013) ise Beamon'ın çalışmalarından ilham alarak kaynak, çıktı ve esneklik kriterlerini yapay sinir ağları yöntemiyle perakende sektöründe incelemişlerdir.

Performans değerlendirme kriterleri incelendiğinde, maliyet (cost), esneklik (flexibility), finansal/ekonomik (financial/economic), müşteri memnuniyeti/geri dönüş (customer satisfaction/return) ve inovasyon (innovation) gibi kriterlerin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Kaplan ve Norton (1997), finansal, müşteri memnuniyeti, inovasyon ve iç süreçler perspektiflerini vurgulamıştır. Ancak, rekabetçilik (competitiveness), teslim süresi (lead time) ve teslim süresi değişkenliği (lead-time variability) gibi 28 farklı kriterin ise literatürde daha az sayıda çalışmada yer aldığı tespit edilmiştir. Çıkarım olarak SCPMS literatürü, SCOR ve BSC gibi yapılandırılmış modellerin yanı sıra çeşitli analitik yöntem ve kriterleri içeren geniş bir yelpazeye sahiptir.

Yaygın yaklaşım olan BSC, Kaplan ve Norton (1992) tarafından kurumsal performansı dört farklı perspektiften değerlendirmek üzere önerilmiştir. BSC performans ölçütlerini dengeleyerek farklı boyutlar arasında uyum sağlamayı hedeflemekte; stratejik hedeflerin belirlenmesi, uygulama planlarının oluşturulması ve sonuçların değerlendirilmesinde etkili olmaktadır. BSC şirketin kompakt yapısından aldığı dinamikleri bir denge halinde stratejik planlarına yayararak dengeli bir sistem ve ölçüm metodu kurmaya çalışır. KPI kapalı bir döngüde pek çok önemli kriter altında değerlendirir ve genellikle periyodik gözden geçirmelerle performansları ortaya konur. Buradaki temel işleyiş bir şirketin fonksiyonel performansını ölçmek olsa da tedarik zincirini ölçmek için çok uygun bir metot değildir. Yine burada bütünsellik kavramına

değınmemız gerekli. Bütünsellik yaklaşımı şirketin varmak istediğı hedefin yanında birden fazla çatışan veya ağırlıklarının bilinemeyeceğı hedeflerin tekbir paydada buluşturulması ile sağlanabilir. Performans ölçüm sistemlerinin yönetsel ve organizasyonel davranışlar üzerindeki etkisi büyüktür. Geleneksel finansal göstergeler, günümüzün dinamik rekabet koşullarında önem kazanan sürekli iyileştirme ve yenilikçilik süreçlerini yansıtmakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, sadece finansal ya da operasyonel göstergelere odaklanmak yerine, her iki boyutu dengeli bir biçimde ele alan ölçüm sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen BSC, finansal çıktılarla birlikte müşteri memnuniyeti, iç süreçler ve kurumsal öğrenme gibi gelecekteki performansa yön veren unsurları da kapsamaktadır. Böylece, kurumsal performansın daha kapsamlı ve stratejik bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanınmaktadır. BSC, işletmelerin rekabetçi gündeminin çeşitli unsurlarını (müşteri odaklılık, yanıt süresini kısaltma, kaliteyi iyileştirme, ekip çalışması, yeni ürün lansman süresini azaltma, uzun vadeli yönetim) bütünleşik bir yönetim raporunda bir araya getirir. Ayrıca, farklı operasyonel alanlardaki iyileştirmelerin birbirini olumsuz etkilemesi riskini engelleyerek stratejik hedeflere bütünsel bir bakış açısıyla ulaşmayı destekler. BSC' nin temelini oluşturan dört perspektif, tedarik zinciri performans değerlendirmesi açısından da kritik öneme sahiptir:

1. Müşteri Perspektifi: Tedarik zincirinin müşterilere ne kadar değer sunduğı (teslimat süresi, kalite, performans, hizmet, maliyet) müşteri beklentileri doğrultusunda ölçülmelidir.
2. İç Süreçler Perspektifi: Müşteri beklentilerini karşılamak için tedarik zincirindeki hangi temel süreçlerde (cycle time, kalite, çalışan becerileri, verimlilik, temel yetkinlikler) mükemmelleşmesi gerektiğı belirlenmeli ve ölçülmelidir.
3. Öğrenme ve Büyüme Perspektifi: Tedarik zincirinin sürekli iyileşme, inovasyon ve değer yaratma kapasitesi değerlendirilmelidir.
4. Finansal Perspektif: Tedarik zinciri stratejilerinin ve uygulamalarının finansal sonuçlara (kârlılık, büyüme, hissedar değeri) etkisi ölçülmelidir. Finansal başarı, operasyonel mükemmelliğın bir sonucu olarak görülmeli ve operasyonel iyileştirmelerin finansal kazanımlara dönüştürülmesi için stratejik bağlantılar kurulmalıdır. Çizelge 1.1.'de göstergeler detaylı olarak listelenmiştir.

BSC, geleneksel finans odaklı performans ölçüm sistemlerinden farklı olarak stratejiyi merkeze alır ve kontrol yerine vizyona ulaşmayı teşvik eder. Belirlenen hedeflere

ulaşmak için gerekli davranış ve eylemlerin çalışanlar tarafından belirleneceği varsayılır. Bu yaklaşım, çapraz fonksiyonel entegrasyon, müşteri-tedarikçi ortaklıkları, küresel ölçek, sürekli iyileştirme ve ekip sorumluluğu gibi modern yönetim anlayışlarıyla uyumludur. Sonuç olarak, BSC, tedarik zinciri performansının çok boyutlu ve stratejik bir çerçevede değerlendirilmesine olanak tanıyan güçlü bir araçtır. Finansal ve operasyonel ölçütleri bütünleştirerek, stratejik hedeflere ulaşma yolunda kapsamlı bir performans yönetimi sistemi sunar. Ancak, iyi tasarlanmış bir BSC' nin bile başarılı bir stratejiyi garanti etmediği ve operasyonel iyileştirmelerin finansal sonuçlara dönüştürülmesinde stratejik planlama ve uygulama süreçlerinin kritik rol oynadığı unutulmamalıdır (Kaplan ve Norton, 1992).

Maloni ve Benton (1997) ve benzeri birçok araştırmacı, tedarik zinciri operasyonlarının iyileştirilmesi için güçlü bir iş birliği ve ortaklık yapısının önemini vurgulamaktadır.

Li ve O'Brien (1999) tarafından ileri sürülen model, tedarik zinciri etkinlik ve verimliliğini artırmaya yönelik dört temel kritere odaklanarak yalın ve etkili bir çerçeve sunmaktadır. Bu modelin merkezinde, teslim süresi performansı, teslimat çabukluğu ve israfın önlenmesi gibi doğrudan operasyonel çıktıları etkileyen ve dolayısıyla müşteri memnuniyeti ile maliyet verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olan ölçütler yer almaktadır. Teslim süresi performansı, siparişin alınmasından müşteriye teslim edilmesine kadar geçen toplam süreyi ifade ederken, bu sürenin kısaltılması müşteri beklentilerini karşılama ve rekabet avantajı sağlama açısından kritik bir faktördür. Teslimat çabukluğu ise, müşterinin acil veya beklenmedik taleplerine verilen yanıtın hızı ve etkinliği anlamına gelir. Hızlı ve esnek teslimat yeteneği, tedarik zincirinin dinamik pazar koşullarına adaptasyonunu kolaylaştırır. Modelin üçüncü kritik unsuru olan israfın önlenmesi, tedarik zincirinin tüm aşamalarında (üretim, taşıma, depolama vb.) değer yaratmayan her türlü faaliyetin ve kaynağın minimize edilmesini hedefler. Bu, maliyetleri düşürmenin ve operasyonel verimliliği artırmanın temel yoludur. Li ve O'Brien' ın bu dört kriteri temel alan modeli, tedarik zinciri performansını bütüncül bir yaklaşımla ele almak yerine, doğrudan ve ölçülebilir faktörlere odaklanarak pratik bir değerlendirme ve iyileştirme aracı sunmaktadır. Bu yaklaşım, işletmelerin kaynaklarını daha etkin bir şekilde yönetmelerine, müşteri beklentilerini daha iyi karşılamalarına ve genel olarak tedarik zinciri etkinlik ve verimliliklerini önemli ölçüde artırmalarına olanak tanıyabilir.

Çizelge 1.1. BSC Ölçü Göstergeleri

Performans Madde		Gösterge
Finansal Perspektif	Gelir Büyümesi	Satışlar ve pazar payı
		Yeni ürün sayısı
		Yeni müşteri ve pazar sayısı
		Mevcut müşteriye sunulan özelleştirilmiş hizmet sayısı
	Maliyet Yönetimi	Birim düşük maliyetli iş süreçleri
		Bilgi işlem maliyeti
		Hurda veya ıskarta nedeniyle iş merkezi başına kaybedilen maliyet
		Ortalama envanter devir hızı
		Ortalama kurulum süresi
		Ortalama güvenlik stok seviyeleri
		Müşteri teslim tarihlerini karşılamak için gereken acele sipariş sayısı
		Makine arızaları nedeniyle duruş süresi
		Pazardaki tedarikçi fiyatlandırması
	Varlık Kullanımı	Sermaye getirisi
		Varlık devir hızı
		Nakit-nakit döngüsü
		Envanter azaltma
		Nakit akışı verimliliği
	Bütçe	Bütçe ile sapmalar
		Net kar ve verimlilik oranı
		Tahmin doğruluğu
Müşteri	Pazar Payı	Kuruluşumuz tarafından ele geçirilen pazar segmentinin yüzdesi
	Müşteri Memnuniyeti	Şirketimiz tarafından karşılanan her müşterinin toplam gereksiniminin yüzdesi
		Şirketimizden memnun müşteri sayısı
		Müşterilerimizin ürünlerimizden duyduğu memnuniyetin yüzdesi
		Müşterilerimizin hizmetlerimizden duyduğu memnuniyetin yüzdesi
		Müşterilerimizin kalitemizden duyduğu memnuniyetin yüzdesi
		Şikayet sayısı
	Müşteri Karlılığı	Müşteri başına toplam kar
İç süreçler	Teslimat	Müşteri veya işlem başına toplam maliyet
		Zamanında teslimat yüzdesi
		Stoksuz kalma durumu
		Hata oranı
		Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için esnek hizmet sistemi
		Etkili dağıtım planlama çizelgesi
		Etkili teslimat faturalandırma süreci
		Sevkiyatta hasar gören bitmiş ürünlerin yüzdesi
		Teslimat güvenilirliği endeksi
		Transit halindeyken kaybolan ürünlerin yüzdesi
	Tasarım	Pazara sunma süresi
		Başa baş noktası
		Ar-Ge'ye yapılan yıllık yatırım
		Ürün başına gereken süreç adımı sayısı
	Üretim	Hata sayısı
		Kapasite kullanımı
		Süreç çevrim zamanı
		Ortalama hizmet yanıt süresi veya ürün teslim süresi
		Ekonomik sipariş miktarı kullanımı
	Kaynak	Tedarikçi teslim süresine karşı toplam tedarik süresi
		Satın alma siparişi çevrim zamanı
		Tedarikçi rezervasyon prosedürlerindeki etkinlik
	Kalite	Üretilen ve satın alınan birim başına düşen kusur sayısı
		Satılan birim başına düşen ürün iade sayısı
		Satılan birim başına düşen garanti talebi sayısı
		Kullanılan tedarikçi sayısı
		Kusurların istatistiksel süreç kontrolü ile düzeltilmesine kadar geçen süre
		Kalite sertifikasına sahip tedarikçi sayısı
Öğrenen ve Gelişen Ekip	Çalışan Yetenekleri	Alınan kalite ödülü sayısı
		Çalışan memnuniyeti
		Çalışan bağlılığı
		Çalışan devir hızı
		Kilit pozisyonlar için nitelikli çalışan sayısı
		Beklenen emeklilik oranı
	Motivasyon ve Uyum	İnsan Kaynakları Verimlilik Endeksi
		Ortalama işgücü maliyeti
		Çalışan öneri sistemi uygulandı mı?
		Uygulanan çalışan öneri sayısı
		Verilen ödüller
		Hedefleri temel BSC ölçütleriyle uyumlu çalışanların yüzdesi

Kaynak: (Gunasekaran, 2004)

Li ve diğerleri (2007) tarafından yapılan çalışmada, tedarik zinciri performansına yönelik yapısal ve operasyonel düzeyler olmak üzere iki temel katmanı içeren özgün bir bakış açısı sunulmaktadır. Araştırmacılar, bir tedarik zincirinin temel mimarisinin, yani doğru yapıda olup olmamasının, maliyet etkinliği merceğinden değerlendirilmesi gerektiğini savunmuşlardır. Bu durum, zincirin tasarımının, kaynak tahsisinin ve genel konfigürasyonunun ekonomik açıdan ne kadar rasyonel ve verimli olduğunu sorgulamak anlamına gelmektedir. Operasyonel düzeye inildiğinde ise araştırmacılar, tedarik zincirinin günlük işleyişinin ve çıktı odaklı performansının üç temel ayağı üzerinde yükseldiğini ileri sürmektedirler: katma değer, esneklik ve müşteri memnuniyeti. Katma değer, zincirin her bir halkasında yaratılan ek faydayı ve müşteriye sunulan nihai değer artışını ifade ederken, esneklik, değişen pazar koşullarına ve müşteri taleplerine hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlama yeteneğini temsil etmektedir. Müşteri memnuniyeti ise, zincirin nihai hedefi olan müşteri beklentilerini karşılama düzeyini ve müşteri sadakatini ölçmektedir. Araştırmacılar, kaynak kullanımının maliyet ölçütünün önemli bir boyutunu oluşturduğunu belirtirken, müşteri performansının değerlendirilmesinde kullanılan geniş bir yelpazeye dikkat çekmektedirler. Zamanında teslim oranı, siparişin karşılanma oranı, sipariş kayıp oranı, teslimatın güvenilirliği ve süresi ile müşteri yanıt verme süresi gibi metrikler, zincirin müşteriye yönelik taahhütlerini ne ölçüde yerine getirdiğini ve müşteri beklentilerini ne kadar başarılı bir şekilde karşıladığını anlamak için kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, Li ve diğ. (2007)'nin modeli, tedarik zinciri performansını sadece çıktı odaklı metriklerle değil, aynı zamanda zincirin temel yapısının maliyet etkinliğiyle de ilişkilendirerek bütüncül bir perspektif sunmaktadır. Bu yaklaşım, işletmelere tedarik zincirlerinin hem stratejik tasarımını hem de operasyonel süreçlerini eş zamanlı olarak değerlendirme ve iyileştirme imkânı tanımaktadır.

Sen ve diğ. (2004), tarafından önerilen matematiksel model, işletmelere siparişe göre üretim (make-to-order- MTO) ve stoğa göre üretim (make-to-stock- MTS) gibi iki temel tedarik zinciri stratejisinin entegrasyonu temelinde, karma bir zincir stratejisinin geliştirilmesinde yol göstermeyi amaçlamaktadır. Bu model, farklı entegrasyon oranları için tedarik zinciri performans göstergelerindeki değişimi analiz ederek, özellikle karlılık ve müşteri hizmet seviyesi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Araştırmacılar, işletmelere siparişe göre üretim (make-to-order- MTO) ve stoğa göre üretim (make-to-stock- MTS) stratejilerinin farklı oranlardaki kombinasyonlarının, tedarik zinciri performansını nasıl etkilediğini matematiksel olarak modelleyerek,

işletmelere hangi strateji bileşiminin optimum performansı sağlayabileceği konusunda analitik bir çerçeve sunmuşlardır. Çalışmanın temel bulgusu, bu iki temel üretim stratejisinin akılcı bir şekilde birleştirilmesiyle hem karlılık hedeflerine ulaşmanın hem de yüksek müşteri hizmet seviyelerini sürdürmenin mümkün olduğudur. Bu yaklaşım, işletmelerin pazar taleplerinin çeşitliliğine ve ürün özelliklerine göre farklı stratejileri entegre ederek daha esnek ve verimli tedarik zincirleri oluşturmalarına olanak tanımaktadır.

Kamble ve diğerleri (2020) tarafından yapılan çalışmada, tedarik zinciri performansının değerlendirilmesinde kapsamlı bir bakış açısı sunularak çok çeşitli ölçütler ele alınmıştır. Bu araştırmacılar, tedarik zincirinin başarısını ve etkinliğini analiz etmek için pazar performansı, iş birliği kalitesi, yenilikçilik, müşteriye cevap verebilirlik, tedarik zinciri kalitesi ve kaynakların esnekliği gibi boyutları dikkate almıştır. Buna göre pazar performansı, tedarik zincirinin pazar payı, büyüme oranı ve karlılık gibi ticari başarı göstergelerini ifade ederken; iş birliği kalitesi, tedarik zinciri ortakları arasındaki bilgi paylaşımı, güven düzeyi ve ortak karar alma süreçlerinin etkinliğini ölçmektedir. Ayrıca yenilikçilik, tedarik zincirinin yeni ürünler, süreçler veya iş modelleri geliştirme ve uygulama yeteneğini gösterirken; müşteriye cevap verebilirlik, müşteri taleplerine hızlı ve etkili bir şekilde yanıt verme kapasitesini değerlendirir. Tedarik zinciri kalitesi, ürün ve hizmetlerin standartlara uygunluğu, süreçlerdeki hata oranları ve genel kalite kontrol mekanizmalarının etkinliğini kapsamakta ve kaynakların esnekliği ise tedarik zincirinin değişen talep ve koşullara uyum sağlama ile kaynaklarını yeniden tahsis etme yeteneğini ifade etmektedir. Çalışma, bu geniş kapsamlı yaklaşımın, tedarik zinciri performansının yalnızca tek bir boyuta odaklanmak yerine, farklı paydaşların beklentilerini ve rekabet avantajı yaratma potansiyelini dikkate alan çok yönlü bir değerlendirme gerektirdiğini vurgulamaktadır. Bu çeşitli ölçütlerin analizi, işletmelere tedarik zincirlerinin güçlü ve zayıf yönlerini daha derinlemesine anlama ve iyileştirme alanlarını belirleme imkânı sunabilir.

Yazgan (2017), tarafından gerçekleştirilen araştırma, tedarik zinciri stratejileri ile bilgi sistemleri stratejilerinin etkileşimini ve bu etkileşimin tedarik zinciri performansı üzerindeki sonuçlarını incelemeye odaklanmıştır. Çalışmada, veri toplama yöntemi olarak anket kullanılmış ve elde edilen veriler SPSS ve Yapısal Eşitlik Modeli gibi istatistiksel analiz teknikleriyle değerlendirilmiştir. Araştırmanın temel bulguları, hem tedarik zinciri stratejilerinin tek başına tedarik zinciri performansı üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu, hem de bilgi sistemleri stratejilerinin benzer şekilde tedarik

zinciri performansını etkilediğini göstermiştir. Ayrıca, bilgi sistemleri stratejilerinin tedarik zinciri performansının çeşitli boyutlarına genellikle pozitif yönde katkı sağladığı tespit edilmiştir. Çalışmanın en önemli sonuçlarından biri ise, tedarik zinciri stratejileri ile bilgi sistemleri stratejilerinin birbirleriyle uyumlu bir şekilde entegre olması durumunda, tedarik zinciri performansının önemli ölçüde artacağı yönündeki bulgudur. Bu durum, bilgi teknolojilerinin tedarik zinciri operasyonlarını destekleyici ve güçlendirici bir rol oynadığını ve stratejik uyumun rekabet avantajı yaratmada kritik bir faktör olduğunu vurgulamaktadır.

Gülaslan (2022) tarafından yürütülen bu araştırma, bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımı ile tedarik zinciri entegrasyonu ve performansı arasındaki karmaşık ilişkiyi alt boyutlarıyla birlikte derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma, nitel ve nicel olmak üzere iki aşamalı bir metodoloji benimsemiştir. İlk aşamada, tedarik zinciri yönetiminde kullanılan bilgi iletişim teknolojilerinin belirlenmesi hedeflenirken, ikinci aşamada ise bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımının tedarik zinciri entegrasyonu ve performansı üzerindeki etkisinin ampirik olarak saptanması amaçlanmıştır. Çalışmanın temel bulgusu, tedarik zinciri entegrasyonunun tedarik zinciri performansı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğudur. Bu sonuç, tedarik zinciri ortakları arasındaki bilgi ve süreç paylaşımının, genel performansı artırmada kritik bir rol oynadığını desteklemektedir. Ancak özet metinde bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımının entegrasyon ve performansa etkisi hakkında doğrudan bir sonuç belirtilmemektedir. Bu durum, çalışmanın bu yönünün daha detaylı incelenmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Chan ve Qi (2003), modern işletme yönetimi ve araştırmalarında artan bir öneme sahip olan tedarik zinciri yönetiminin (TZY) devrim niteliğindeki felsefesini ve rekabet avantajı sağlama yaklaşımını ele almıştır. Ancak, mevcut performans ölçüm teorilerinin strateji geliştirme, karar alma ve performans iyileştirme süreçlerinde yetersiz kaldığını belirtmişlerdir. Bu yetersizliği gidermek amacıyla, karmaşık tedarik zincirlerinin bütünsel performansını ölçmek için süreç tabanlı sistematik bir perspektif benimseyen yenilikçi bir performans ölçüm metodu önermişlerdir. Araştırmacılar, yargılama ve değerlendirme süreçlerindeki gerçek dünya koşullarını ele almak üzere bulanık küme teorisini bu metoda entegre etmişlerdir. Çalışmanın temel amacı, sistem düşüncesi perspektifinden, kuruluşlar arası bir metotla TZY için bir SCPMS ana hatlarını çizmektir. Tedarik zincirini, bağımsız ve benmerkezci işletmelerin bir araya gelmesinden öte, işlevsel olarak koordine olmuş genişletilmiş bir işletme olarak

değerlendirmişlerdir. İç odaklı bir bakış açısının tedarik zincirlerinin mükemmel yönetimini teşvik etmediğini ve tatmin edici performans ölçümleriyle sonuçlanmadığını vurgulayarak, Tedarik zinciri yönetiminin gerçek inisiyatiflerine uygun bütünsel bir sistem düşüncesi perspektifinin benimsenmesini önermişlerdir. Buna göre, tedarik zinciri performansları yerel odaklanmadan ziyade örgütsel sınırların ötesinde ölçülmeli ve PMS, tedarik zincirinde yer alan tüm iş süreçlerini kapsamalıdır. Önerilen bu süreç tabanlı model, tedarik zinciri performanslarının bir bütün olarak nesnel bir şekilde anlaşılmasını kolaylaştırarak, kusursuz entegrasyonu ve global optimizasyonu teşvik etmektedir. Model, bir tedarik zincirindeki tüm süreçleri, orijinal tedarikçilerden son müşterilere kadar değer katan faaliyetler bütünü olarak ele almaktadır. Bu modelde, tedarikçi, gelen lojistik, üretim, giden lojistik, pazarlama ve satış ile son müşteriler olmak üzere altı temel bağlantılı süreç tanımlanmıştır. Bu temel süreçler ve onların alt süreçleri, SCPMS'nin çerçevesini oluşturan bir tedarik zinciri modeli hiyerarşisi sunar. Bu süreç tabanlı yaklaşım, SCPMS'nin sorunları kolayca tespit etmesini ve süreç yeniden mühendisliğini kolaylaştırmasının yanı sıra, tedarik zinciri entegrasyonunu da teşvik etmektedir.

Bu araştırmalardan görüleceği üzere, sunulan çeşitli SCPMS çalışmalarına bakıldığında, bu yaklaşımların ortak bir bütüncül bir perspektiften uzak olmaları eksikliğine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Her ne kadar literatür, performans ölçümünün maliyet etkinliklerinden müşteri memnuniyetine, hatta çeviklik ve güvenilirliğe kadar geniş bir yelpazede ele alınması gerektiğini vurgulasa da, çoğu model tekil yönlere odaklanma eğilimindedir. Örneğin, geleneksel olarak finansal göstergelerin ön planda tutulması, tedarik zinciri dinamiklerinin karmaşıklığını ve dışsal faktörlerin etkileşimini tam anlamıyla yansıtmada yetersiz kalmaktadır. Bu durum, Lee ve Billington (1992)'ın belirttiği gibi, dengeli bir bütünsel yaklaşımın eksikliğini ve stratejik, taktiksel, operasyonel düzeylerde ölçümler arasında net bir ayrımın olmamasını beraberinde getirmektedir.

Bu parçalı yapı, tedarik zinciri halkalarının kendi bireysel hedeflerine odaklanmasına yol açarak, tüm zincirin optimum performansına ulaşmasını engellemektedir. Birçok çalışmanın, tedarik zinciri performansını artırma potansiyeline rağmen tam entegrasyonu sağlayamamasının temelinde bu eksiklik yatmaktadır. SCPMS'nin dinamik doğası ve ölçülebilir-ölçülemeyen kavramların entegrasyonu gibi zorluklar mevcut modellerin sınırlılıklarını daha da belirginleştirmektedir. Dolayısıyla, sunulan çalışmalar, tedarik zinciri performansının karmaşık ve çok boyutlu yapısını ele

alırken, her bir yaklaşımın kendi içinde değerli katkılar sunmasına rağmen, bu çalışmaların bir araya geldiğinde dahi tam bir bütüncül entegrasyonu sağlayamadığını göstermektedir. Bu da tedarik zinciri performansını tüm yönleriyle ele alacak, kapsamlı ve entegre bir ölçüm çerçevesine duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır (Gopal ve Thakkar, 2012).

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Tedarik zincirindeki geleneksel ölçüm yöntemlerinin veri belirsizliği ve entegrasyon zorlukları karşısındaki yetersizliğini gidermek, bu amacın odak noktasını oluşturmaktadır. Bu doğrultuda ticari performans ölçümünü entegre eden yedi adımlı bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu sayede, tedarik zinciri yönetiminde öncü olmayı hedefleyen ve dayanıklılığı artırmaya yönelik güvenilir ve esnek değerlendirmeler yapabilen bir sistem ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu çalışma, tedarik zinciri stratejilerinin operasyonel mükemmellik ile entegrasyonunu sağlamak amacıyla, SCOR Modeli'nin bütüncül bir çerçevesini, özellikle veri belirsizliğini etkin bir şekilde yönetmek üzere geliştirilmiş gri tabanlı komşuluk kaba küme metodolojisi ile birleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, araştırma, küresel rekabet ortamında sürdürülebilir işletmeler için tedarik zinciri performansını kapsamlı bir perspektifle değerlendirebilecek yenilikçi bir metodolojinin otomotiv endüstrisindeki potansiyel uygulanabilirliğini irdelemeyi hedeflemektedir.

Bu çalışma, veri eksikliği ve belirsizlikle başa çıkmak üzere geliştirilen gri tabanlı komşuluk kaba küme metodunu, SCOR Modeli'nin güvenilirlik, cevap verebilirlik ve çeviklik gibi dayanıklılık odaklı metrikleriyle entegre ederek kapsamlı bir metodolojik çerçeve sunmaktadır. Kapsam dahilinde, ERP verileri ve Likert ölçeği ile elde edilen sübjektif verilerin gri sayılar teorisi ile işlenmesi ve harici performans göstergelerinin değerlendirme sürecine dahil edilmesi bulunmaktadır. Geliştirilen bu entegre yaklaşım, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren çok lokasyonlu (12 tesis) bir şirketin tedarik zinciri faaliyetlerine uygulanarak gerçek dünya geçerliliği test edilmiş; bu uygulama, metodolojinin karmaşıklıkların üstesinden gelerek güvenilir ve esnek değerlendirmeler sağladığını göstermiştir. Çalışma, elde edilen bulgular ışığında gri tabanlı sayıların esnekliğini ve parametre duyarlılığını ortaya koyarak, gri sistem teorisini dayanıklılık fonksiyonunun belirsiz verileriyle birleştirerek literatüre önemli

katkı sağlamak ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için pratik bir yol sunmaktadır.

Sonraki bölümlerde sırasıyla literatür çalışması, materyal ve yöntem konuları araştırma ve tartışma konuları, sonuç ve öneriler kısmı yer alacaktır. Çalışmamızın ikinci bölümünde, literatür taraması yapılmış olup, gri sayılar, komşuluk kaba küme teorisi ve SCOR Modeli ile ilgili literatürde yer alan çalışmalara değinilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde materyal ve yöntem bölümünde, otomotiv sektöründe çok lokasyonlu bir sanayi şirketinin tedarik zinciri performansını değerlendirmek amacıyla gri tabanlı komşuluk kaba küme metodu kullanıldığı belirtilmiştir. Performans metriklerinin seçiminde ise SCC'nin SCOR Modeli V13.0 versiyonundan sürdürülebilirlik başlığı altındaki güvenilirlik, cevap verebilirlik ve esneklik metriklerinin ele alındığı açıklanmıştır. Dördüncü bölümünde, bir grup şirketinin üretim tesislerindeki performans değerlendirme çalışmasının sonuçları özetlenmekte ve bu sonuçların yönetsel etkileri tartışılmaktadır. Bu tezin sonuç bölümünde tedarik zinciri performans ölçümünü birleştiren yeni bir metodoloji sunulduğu ve gri tabanlı komşuluk kaba küme metodunun tedarik zinciri yönetici ve profesyonellerine performans ölçülerini optimize etmede yardımcı olduğu belirtilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde SCOR Modeli, gri sayılar teorisi ve kaba küme teoremi hakkında literatürdeki çalışmalara yer verilmiştir.

Dissanayake ve Cross (2018) çalışmalarında, bir asfalt üretim tesisinde SCPMS regresyon denkleminin nasıl türetilebileceğini vaka çalışması yöntemiyle incelemişlerdir. SCOR çerçevesi kullanılarak bir SCPMS modeli geliştirilmiş ve bu modelin inşası için kuruluşun sayısal verileri yapısal eşitlik modellemesi ile doğrulayıcı faktör analizi uygulanarak analiz edilmiştir. Çalışma, veri eksikliği nedeniyle tek katmanlı bir tedarik zincirine odaklanmış ve genel SCPMS'yi etkileyen birinci düzey latent yapılar olarak güvenilirlik, duyarlılık, varlık yönetimi ve çeviklik performans ölçüm alanlarını dikkate almıştır. Kâr ve teslim süresi, organizasyonel operasyonlar ve yönetimle yapılan istişareler sonucunda genel SCPMS'nin yansıtıcı ölçüleri olarak belirlenmiştir. Metodoloji kapsamında, öncelikle literatür taraması ve SCOR Modeli çerçevesi temel alınarak bir kavramsal SCPMS modeli geliştirilmiştir. Ardından, Batı Teksas'taki bir asfalt üretim tesisinden son iki yıllık dönemine ait üretim ve tedarik verileri elde edilmiş, eksik verilerin temizlenmesinin ardından, örneklem büyüklüğünün yeterliliği ve verilerin faktör analizine uygunluğu için testler kullanılmış ve bir regresyon denklemi elde edilmiştir.

Ganga ve Carpinetti (2011), SCOR Modeli metrikleri arasındaki nedensel ilişkilere dayanarak performansı tahmin etmek amacıyla bulanık mantığa dayalı bir tedarik zinciri performans modeli önermişlerdir. Bu önerinin temel katkısı ve özgünlüğü, SCOR Modeli'nin 1. ve 2. seviye performans metriklerine dayanarak performansı tahmin etmek için bulanık mantığın uygulanmasıyla ilgilidir. Bulanık mantık, belirsizlik ve öznelikle başa çıkmak için uygun bir teknik olup, bu da tedarik zincirlerinin performansını yönetmek için ilgi çekici bir yardımcı yaklaşım haline gelmektedir. Araştırma yöntemi olarak tahmin modeline dayalı tanımlayıcı nicel bir yaklaşım benimsenmiştir. Bulgular, bulanık mantığa ve SCOR modeli metriklerine dayalı bir tahmin modelinin benimsenmesinin, tedarik zincirlerinin performansını yönetme karar verme sürecinde yöneticilere yardımcı olmak için uygulanabilir bir teknik olduğu önermesini güçlendirmektedir. Araştırmalarında önerilen metodoloji, SCOR Modeli'nde tanımlanan performans değişkenleri arasındaki nedensel ilişkileri bulanık mantık kullanarak kurmayı ve böylece bir tedarik zincirinin süreçlerinin

performansını tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Model geliştirme süreci beş adımdan oluşmaktadır:

1. SCOR Modeli'nin 1. ve 2. seviye metrikleri arasındaki nedensel ilişkilerin belirlenmesi.
2. Her girdi ve çıktı değişkeni için evrensel kümenin, minimum ve maksimum değerlerin tanımlanması ve bulanık üyelik fonksiyonlarının çoğunlukla üçgensel olarak belirlenmesi.
3. Girdi metriklerinin dilsel terimlerine göre çıktı metriklerinin dilsel terimlerini tanımlayan bulanık çıkarım kurallarının oluşturulması.
4. Bulanıklaştırma yöntemlerinin tanımlanması.
5. Modelin rastgele sayılar kullanılarak test edilmesi ve performans kategorilerinin SCOR Modeli'ne göre değerlendirilmesi.

Modelin tepki davranışını analiz etmek için, SCOR Modeli'nin 2. seviye öncü metrikleri için rastgele değerler üretilerek deneysel veriler simüle edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, SCOR Modeli'nin kıyaslama kaynaklarından elde edilen performans göstergeleriyle tutarlı bulunmuştur, bu da bulanık modelin tedarik zincirindeki performansı tahmin etmede tatmin edici olduğunu göstermektedir. Ayrıca, varyans analizi çoğu öncü metriğin tepkiler üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ($p < 0.05$) göstermiş ve modele gömülü nedensel ilişkilerin önemini doğrulamıştır. Genel olarak, bulgular, bulanık mantığa ve SCOR modeli metriklerine dayalı bir tahmin modelinin benimsenmesinin, tedarik zincirlerinin performansını tahmin etmek ve yöneticilere karar verme sürecinde yardımcı olmak için uygulanabilir bir yaklaşım olduğunu desteklemektedir.

Lockamy ve McCormack (2004) yaptıkları çalışmada bir sürecin ne ölçüde açıkça tanımlandığı, yönetildiği, ölçüldüğü ve kontrol edildiği ile değerlendirilen bir yaşam döngüsüne sahip olduğunu öne süren süreç olgunluğu kavramını ele almaktadır. Bir olgunluk modeli, hedef başarısına doğru ilerlemenin aşamalar halinde gerçekleştiğini varsayar. Bu makalede sunulan tedarik zinciri olgunluk modeli, son yirmi yılda araştırmacılar tarafından geliştirilen kavramlara dayanmaktadır. Yazılım Mühendisliği Enstitüsü de süreç olgunluğu kavramını yetenek olgunluk modeli biçiminde yazılım geliştirme sürecine uygulamıştır. Bu çalışma, tedarik zinciri yönetimi süreç olgunluğu ile performansı arasındaki ilişkiyi incelemekte ve gelişmiş tedarik zinciri performansı için bir tedarik zinciri yönetimi süreç olgunluk modeli sunmaktadır.

Çalışmada, SCOR Modeli temel alınarak bir tedarik zinciri yönetimi olgunluk modeli geliştirilmiştir. Süreç odaklı yapısı ve tedarik zinciri akademisyenleri ve uygulayıcıları tarafından geniş çapta benimsenmesi nedeniyle SCOR Modelinin tedarik zinciri süreç olgunluğu ile nasıl ilişkili olduğunu kavramsal olarak açıklamaktadır. Tedarik zinciri süreç olgunluğu ile performansı arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla Tedarik Zinciri Konseyi üyelerinden seçilen katılımcılarla bir anket yapılmıştır. Katılımcılardan SCOR Modeli'nin her alanı için performanslarını 1 ile 5 arasında bir ölçekte değerlendirmeleri istenmiş ve bu değerlendirmeler toplanarak genel bir performans puanı oluşturulmuştur. Ayrıca, katılımcılara diğer genel performans soruları da sorulmuştur. Elde edilen veriler regresyon analizi ile incelenerek tedarik zinciri süreç olgunluğu ile performans arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Beta ve R^2 katsayıları, ilişkilerin gücünü ve açıklayıcı gücünü göstermek için kullanılmıştır. Sonuçlar, SCOR Modeli alanı tarafından ölçülen performansın tedarik zinciri süreç olgunluğu ile en güçlü ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, döngü süreleri ve envanter seviyeleri gibi doğrudan süreç performans ölçümleri de tedarik zinciri olgunluğu ile anlamlı ilişkiler göstermiştir.

Lai ve diğ. (2002) tarafından ortaya konulan tedarik zinciri performansının kavramsal çerçevesi, bu olguyu üç temel boyutta SCOR Modeli ile analiz etmektedir: hizmet etkinliği, operasyonel etkinlik ve alıcılar için hizmet etkinliği. Bu boyutlar, tedarik zincirinin farklı paydaşlar üzerindeki etkisini ve genel performansını kapsamlı bir şekilde değerlendirme amacını taşımaktadır. Hizmet etkinliği, tedarik zincirinin müşterilere sunduğu hizmetin kalitesini ve etkinliğini ifade ederken, müşteri memnuniyeti ve sadakati üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Operasyonel etkinlik, tedarik zincirindeki temel süreçlerin (üretim, lojistik, vb.) verimliliği, hızı ve maliyet etkinliği ile ilgilidir. Bu boyut, kaynakların ne kadar iyi kullanıldığını ve süreçlerin ne kadar optimize edildiğini ölçmeyi amaçlar. Alıcılar için hizmet etkinliği ise, tedarik zincirinin son kullanıcılar veya perakendeciler gibi alıcıların ihtiyaçlarını karşılama düzeyini ve onlara sağladığı değeri değerlendirir. Araştırmacılar, bu üç temel boyutu daha somut performans göstergeleri aracılığıyla ölçmek amacıyla dört ana faktör tanımlamışlardır: cevap verebilirlik, güvenilirlik, maliyet ve varlıklar. Cevap verebilirlik, tedarik zincirinin müşteri taleplerine ve pazar değişikliklerine ne kadar hızlı ve esnek bir şekilde uyum sağlayabildiğini ölçerken, güvenilirlik, söz verilen teslimat tarihlerine uyum, ürün kalitesi ve bilgi doğruluğu gibi unsurları içerir. Maliyet, tedarik zincirinin işletilmesiyle ilgili tüm harcamaları kapsarken, varlıklar, envanter, tesisler ve

ekipman gibi kullanılan kaynakların etkinliğini ve getirisini ifade eder. Yaptıkları çalışmanın bu çok boyutlu yaklaşımı, tedarik zinciri performansının yalnızca finansal metriklerle değil, aynı zamanda hizmet kalitesi, operasyonel verimlilik ve müşteri odaklılık gibi kritik faktörlerle de değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu çerçevede, işletmelere tedarik zincirlerini kapsamlı bir şekilde analiz etme ve iyileştirme stratejileri geliştirme imkânı sunabilir.

Sellitto ve diğ. (2015), yaptıkları çalışmada tedarik zinciri performans değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılan Tedarik Zinciri Operasyonları Referans SCOR Modeli'ni temel alarak, tedarik zincirleri için özgün bir performans ölçüm modeli sunmakta ve bu modeli Brezilya ayakkabı endüstrisi bağlamında uygulamaktadır. Önerilen model, iki temel boyuttan oluşmaktadır: SCOR süreçleri (kaynak, üretim, teslimat ve iade) ve orijinal SCOR Modeli'nden uyarlanan performans standartları (maliyet, kalite, teslimat ve esneklik). Bu yapı, 4×4 'lük bir matris oluşturmakta ve matrisin her bir bileşeni analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemiyle değerlendirilmektedir. Çalışmada, odak grupları aracılığıyla tedarik zinciri uzmanları, matrisin her bir bileşeninin önem düzeyine göre ağırlıklandırmıştır. Ardından, tedarik zinciri yöneticileri ilgili performans sonuçlarını belirtmişlerdir. Tedarik zincirinin genel performansı, tüm performans göstergelerinin ağırlıklı performanslarının toplanmasıyla elde edilmiştir. Modelin uygulaması, bir odak ayakkabı üreticisi, dört tedarikçi, üç dağıtım kanalı ve bir iade kanalı olmak üzere toplam 85 göstergenin değerlendirildiği bir tedarik zincirini kapsamaktadır. Uygulama sonucunda, bütünleşik tedarik zincirinin genel performansı %75,29 olarak hesaplanmıştır. Temel performans boşlukları, teslimat sürecinde (%12,78'lik önem ve gerçekleşen oranlar arasındaki fark) ve esneklik performansında (%9,82'lik fark) tespit edilmiştir. Konsolide sonuçlar elde etmek amacıyla modelin daha geniş kapsamlı uygulamalarının yapılması önerilmektedir.

Wang ve diğ. (2018), petrol ve doğal gaz sektöründe tedarikçi değerlendirme ve seçimini daha sistematik ve nesnel bir yaklaşımla gerçekleştirmek amacıyla çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanmaktadır. Çalışmada; ürün maliyetlerini düşürmek, rekabetçiliği artırmak, üretim planlamasını esnek hale getirmek ve yüksek ekonomik değere sahip ürünlerin üretimine odaklanmak gibi stratejik hedefler doğrultusunda uygun tedarikçinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tedarikçi seçimi süreci; hem niteliksel (güvenilirlik, esneklik vb.) hem de niceliksel (maliyet, teslim süresi vb.) kriterleri içeren çok boyutlu ve karmaşık bir karar problemidir.

Araştırmada önerilen model üç temel bileşenden oluşmaktadır:

1. SCOR Modeli: Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
2. AHP: Belirlenen kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak amacıyla uzman görüşlerine dayalı olarak uygulanmıştır.
3. Veri Zarflama Analizi: Tedarikçilerin performanslarının ölçülmesi ve sıralanmasında kullanılmıştır.

Modelin uygulandığı saha çalışması Vietnam'daki bir petrol şirketinde gerçekleştirilmiş, satın alma departmanı yöneticilerinin de yer aldığı uzman grubu tarafından 10 potansiyel tedarikçi değerlendirmeye alınmıştır. SCOR tabanlı kriter seti ile AHP üzerinden elde edilen ağırlıklar veri zarflama analizi modeline entegre edilerek nihai tedarikçi sıralaması yapılmıştır. Sonuçlar, 3 adet tedarikçinin en etkin tedarikçiler olduğunu göstermektedir. Araştırma, özellikle yüksek risk ve sermaye yoğun sektörlerden biri olan petrol endüstrisinde tedarikçi seçiminin daha hesap verebilir, sistematik ve sürdürülebilir şekilde yapılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca çalışma, sürdürülebilirlik kriterlerinin gelecekteki değerlendirme modellerine entegrasyonu konusunda da öneriler sunmaktadır.

Lima-Junior ve Carpinetti (2019), tedarik zinciri performansını tahmin etmek amacıyla, SCOR Modeli metriklerini temel alarak yapay sinir ağları kullanan yeni bir sistem önermişlerdir. Literatürdeki bulanık mantık tabanlı sistemlerin aksine, bu yeni yaklaşım, geçmiş performans verileri aracılığıyla belirli bir kullanım ortamına uyum sağlayabilme avantajı sunmaktadır. Önerilen sistem, SCOR Modeli'nin hiyerarşik yapısını takip eden yedi adet çok katmanlı algılayıcı sinir ağı modelinden oluşturmuştur. Bu modeller, SCOR Modeli seviye 1 ve 2 metrikleri arasındaki nedensel ilişkileri öğrenerek gecikmeli performans metriklerinin tahminini gerçekleştirmektedir. Sistemin geliştirilmesinde, öncelikle şirketin stratejisi ve hedefleriyle uyumlu SCOR Modeli metrikleri seçilmiş ve bu metrikler için veri toplanmıştır. Yapay sinir ağı modellerinin eğitimi ve doğrulanması için rastgele alt örnekleme çapraz doğrulama yöntemi kullanılmış ve farklı ağ topolojileri test edilmiştir. MATLAB ortamında gerçekleştirilen hesaplamalı uygulamalar sonucunda, hiperbolik tanjant fonksiyonunun çoğu modelde en iyi sonuçları verdiği ve girdi değişkeni sayısından daha az sayıda gizli katman nöronunun daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen yapay sinir ağı modellerinin SCOR Modeli seviye 1 metrikleri için beklenen ve tahmin edilen performans değerleri arasında yüksek pozitif korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. İstatistiksel testler, çok katmanlı algılayıcı sinir ağlarının tedarik zinciri performans

tahmininde etkili bir araç olduğunu desteklemektedir. Bu sistem, yöneticilere geleceğe yönelik performans teşhisi sunarak rasyonel karar alma süreçlerini desteklemekte ve iyileştirme alanlarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Atsan (2019) artan rekabet ortamında işletmeler, müşteri beklentilerine esnek cevap verebilmek için müşteri odaklılık benimsemekte ve rekabet avantajı ile müşteri memnuniyetini artırmak amacıyla tedarik zinciri yönetimi yaklaşımını geliştirmektedirler. Tedarik zinciri yönetimi, zincirin yönetim ve performans değerlendirme faaliyetlerinin bütünleşik ve sürekli geliştirilen bir anlayışıdır. Bu bağlamda, Tedarik Zinciri Konseyi tarafından geliştirilen SCOR Modeli, endüstri standardı olarak tedarik zinciri süreçlerinin tanımlanması, ölçülmesi ve sürekli iyileştirilmesine odaklanmaktadır. Bu araştırma, bisiklet sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarik zinciri faaliyetlerinin özelliklerini belirleyen değişkenler arasındaki ilişkileri istatistiksel yöntemlerle incelemektedir. SCOR Modeli V12.0 metrikleri temel alınarak hazırlanan değerlendirme soruları, tedarik zinciri çalışanlarına yöneltilerek işletmenin tedarikçileriyle kurduğu ilişkilerde SCOR Modeli metriklerinin uygulanma düzeyi ve tedarik zinciri performansı değerlendirilmeye çalışılmıştır. Tedarikçi seçim kriterlerini etkileyen faktörler ve tedarikçi performansını değerlendirmeye yönelik sorular Likert ölçeği ile derecelendirilmiş, verilerin analizi için faktör analizi, t-testi, tek yönlü anova ve korelasyon analizi gibi istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, bisiklet sektöründe faaliyet gösteren işletmenin tedarik zinciri yönetiminde paydaşlarıyla uzun vadeli ve sağlam ilişkiler kurmayı benimsediği tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler, tedarikçi seçim kriterlerini etkileyen faktörlerin ve tedarikçi performans kriterlerinin normal dağılıma sahip olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, SCOR Modeli'nin bisiklet sektöründeki bir işletmenin tedarik zinciri yönetimindeki yerini kapsamlı bir şekilde inceleyerek, tedarikçi ilişkileri ve performans değerlendirmesi açısından önemli bulgular sunmaktadır.

Huang ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmada tedarik zinciri yönetimi araştırmalarını operasyonel, tasarım ve stratejik olmak üzere üç ana kategoriye ayırmışlardır. Operasyonel ve tasarım sorunlarının ele alınmasında birçok analitik ve sayısal model önerilmiş olmasına rağmen, stratejik planlama için formel modellerin yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Tedarik Zinciri Konseyi tarafından geliştirilen SCOR Modeli, üst düzey yöneticilere tedarik zinciri yönetiminin karmaşıklığını basitleştirmelerinde yardımcı olan stratejik bir planlama aracı olarak görmüşlerdir. Endüstriyel uygulamalara sıkı sıkıya bağlı olan SCOR Modeli' nin, yeni nesil tedarik

zinciri yönetiminin endüstri standardı haline gelme potansiyeli vurgulamışlardır. Çalışmaları, SCOR Modeli'ne kısa bir giriş yaparak, güçlü ve zayıf yönlerini analiz etmekte ve yöneticilere stratejik karar almada nasıl yardımcı olabileceğini tartışmaktadır. Çalışmada SCOR Modeli'nin temel amacının, pazar yeri ile tedarik zincirinin stratejik yanıtı arasındaki uyumu geliştirmek olduğu ifade edilmektedir. Geçmişte farklı seviyelerde performans ölçümü için farklı metriklerin kullanılması sorun teşkil etmiş ve özgün bir çalışma ortaya koymak istemişlerdir. SCOR Modeli, standart bir format sağlayarak iletişimi kolaylaştırması açısından güçlü bir araç olarak değerlendirildiği için metotları anlaması ve uygulaması kolay bir yol olmuştur. Makalede, SCOR Modeli'nin zayıf yönleri ve değişen ortamda yönetim karar alma süreçlerini kolaylaştırmak için nasıl geliştirilebileceği üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda, değişim yönetimi, ağ optimizasyonu ve AHP ile karar alma konuları ele alınmıştır. Sonuç olarak, SCOR Modeli'nin ortak bir tedarik zinciri çerçevesi, standart terminoloji, ilişkili kıyaslamalarla ortak metrikler ve en iyi uygulamalar sunduğu belirtilmektedir. Tedarik zinciri uygulama yazılımlarını değerlendirmek, konumlandırmak ve uygulamak için ortak bir model olarak kullanılabileceği ifade edilmektedir. Makale, SCOR Modeli'nin değişim yönetimini dikkate alması gerektiğini ve karar alma süreçlerinde SCOR Modeli performans metriklerinin kullanımına ilişkin konuları tartışarak, Tedarik Zinciri Konseyi'ne modeli daha da geliştirme ve endüstri standardı haline getirme yolunda bir katalizör olmayı amaçlamaktadır.

Bai ve diğ. (2012) çalışmalarında PMS'ye entegre edilebilecek sürdürülebilir tedarik zinciri performans ölçümlemesinin değerlendirilmesi, seçimi ve izlenmesi amacıyla özgün bir metodoloji sunmayı amaçlamıştır. Çalışmanın temel mottosu, kuruluşların sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşırken operasyonel verimliliklerini de artıracakları, yönetilebilir ve anlamlı bir performans ölçümleme sistemi oluşturmalarına rehberlik etmektir. Bu düşünce doğrultusunda, sürdürülebilir tedarik zincirleri için temel teşkil eden önemli iş ve çevresel performans ölçütlerinin belirlenmesinde gri tabanlı komşuluk kaba küme teorisi metodundan yararlanılmıştır. Bu metot, belirsizlik ve eksik bilgi içeren karmaşık veri setlerinin analizinde etkinliğiyle öne çıkmakta ve karar alma süreçlerinde daha esnek ve gerçekçi sonuçlar sunmaktadır. Tedarik zinciri kaynak süreçlerine yönelik iş ve çevresel ölçütlerin geliştirilmesinde ise yaygın kabul gören SCOR Modeli kullanılmıştır. Çalışmanın metodolojik yaklaşımı, öncelikle sürdürülebilir tedarik zinciri performansını etkileyen geniş bir iş ve çevresel ölçüt yelpazesini kapsamaktadır. Gri sistem teorisi, gerçek dünya durumlarındaki

belirsizlikleri ve muğlaklıkları modellemeye olanak tanırken, komşuluk kaba küme teorisi ise veri setlerindeki karmaşık ilişkileri ve bağımlılıkları ortaya çıkarmada güçlü bir araç sunmaktadır. Bu iki teorinin entegrasyonu, sürdürülebilir tedarik zinciri performansının bütüncül bir şekilde değerlendirilmesine imkân tanımıştır. Önerilen metot, AHP gibi yoğun uzman girdisi gerektiren diğer tekniklerden farklı olarak, nispeten daha az yönetsel girdiyle sonuç üretme potansiyeline sahiptir. Ayrıca, regresyon ve diğer istatistiksel yaklaşımların aksine, parametrik varsayımlara ihtiyaç duymamaktadır. Gerçekleştirilen bir örnek olay uygulaması, önerilen metodolojinin uygulanabilirliğini göstermiştir. Uygulama neticesinde elde edilen bir duyarlılık analizi, çıktı değerlendirmelerindeki farklılıkların sürdürülebilir bir tedarik zinciri PMS' si için kilit performans ölçütleri kümesini önemli ölçüde etkileyebileceğini ortaya koymuştur. Bu metodoloji ve sunumun kavramsal bir çerçeve sunduğu belirtilmiş olsa da geliştirilen aracın hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar için kıymetli yorumlamalar sağlayabileceği düşünülmektedir. Uygulamada ise bu araç, tedarik zincirleri için temel çevresel ve iş performans ölçütlerini saptamaya çalışan şirketler açısından değerli olabilecektir. Yükümlülük getiren ve karmaşık bir performans ölçütleri kümesinin yönetimini gerektirmeyerek kaynak tasarrufuna yardımcı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, bu çalışma, sürdürülebilir tedarik zincirleri için performans ölçütleri kümesini net bir biçimde tanımlamaya ve daraltmaya yardımcı olan sınırlı sayıdaki yaklaşımdan biri olarak özgünlük sunmaktadır. Aynı zamanda, gri tekniklerin komşuluk kaba küme metodolojisi ile ilk kez bütünleştirildiği bir çalışma olmuştur. Önerilen metot, sürdürülebilir tedarik zinciri performansının değerlendirilmesi, seçimi ve izlenmesi süreçlerinde karar vericilere değerli fikirler sunarak, daha etkin ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi uygulamalarına katkıda bulunma potansiyeline sahiptir.

Huang ve diğ. (2005) SCOR Modeli'nin faydaları örnek bir uygulama ile özetlenmekte ve SCOR özelliklerini taşıyan diyagramla tedarik zincirini yapılandıran bilgisayar destekli bir araç tanımlanmaktadır. Sevkiyat güvenilirlik, sevkiyat performans, karşılama oranı, mükemmel sipariş karşılama oranı, cevap verebilirlik gibi metriklerle bilgisayar yardımıyla çözümler sunmuş ve 1. rekabeti analiz etme 2. tedarik zincirini düzenleme 3. performans seviyesi, uygulama ve sistem birleştirme 4. tedarik zinciri süreç uygulama şeklinde dört adımlı bir algoritma çalıştırmışlardır.

Theeranuphattana ve diğ. (2008), SCOR Modeli' nin beş temel plan, temin etme, üretme, teslimat ve iade süreci üzerinde yüzlerce metriği içeren modeli savunur. Burada SCOR Modeli seviye 1 metriklerinden Chan ve Qi (2003) kendine has ölçüm

algoritması ile bir sentez yaparak birleşik bir model oluşturmuşlardır. Yaptıkları bu çalışmada, tedarik zinciri yönetimi için yenilikçi bir performans ölçüm metodu öneren Chan ve Qi'nin yakın tarihli çalışmalarını yeniden ele almıştır. Söz konusu ölçüm metodunun birçok avantajı bulunmasına rağmen, uygulamada karmaşık bir yapı sergilemiştir. Bu makale, bu sınırlılıkları gidermeyi ve daha kullanıcı dostu alternatif bir performans ölçüm modeli önermeyi hedeflemiştir. Önerilen performans ölçüm modeli, mevcut iki metodun, yani Chan ve Qi' nin modeli ile SCOR Modeli' nin bir kombinasyonunu teşkil etmiştir. Bu birleşik yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermek amacıyla, gerçek SCOR seviye 1 performans verileri ve bir örnek tedarik zincirinden elde edilen ölçüm bilgileri toplanmış ve Chan ve Qi' nin ölçüm algoritması aracılığıyla işlenmiştir. Elde edilen bulgular, bu iki metodun TZ performansının ölçülmesinde birbirini tamamladığını göstermiştir. Bu çalışma, farklı iki ölçüm modelinin güçlü yönlerini sinerjik bir biçimde birleştirerek TZ performans sorunlarını çözebilecek pratik ve etkin bir ölçüm modeli geliştirmiştir. Çalışmanın temel gerekçesi, SCOR Modeli' nin SCC tarafından geliştirilmiş standartlaştırılmış metrikleri ve performans niteliklerini sunması ve bu özelliklerin Chan ve Qi'nin performans odaklı aktivite konseptiyle uyumluluk göstermesidir. Her iki yaklaşım da tedarik zincirini süreç odaklı bir bakış açısıyla ele almakta ve sistem düşüncesini benimsemiştir. SCOR Modeli' nin süreç ve metrik çerçevesi, uygulayıcıların performans ölçütleri hiyerarşisi' ni yapılandırmasını kolaylaştırmış ve kapsamlı bir metrik listesi sunarak önemli ölçütlerin gözden kaçırılma riskini azaltmıştır. Ayrıca, SCOR Modeli' nin sunduğu net tanımlar ve ortak terminoloji, tedarik zinciri metriklerinin belirsizliği ve tutarsızlığı sorunlarını hafifletmeye yardımcı olmuştur. Son olarak, Chan ve Qi'nin nicel ağırlıklandırma metodu, SCOR Modeli metriklerinin tedarik zinciri stratejileriyle olan ilişkisini sayısal olarak belirlemeye olanak tanıyarak strateji odaklı bir performans ölçümü sağlamıştır. Bu nedenlerle, iki modelin birleştirilmesi, tek başlarına kullanımından daha ideal bir alternatif sunmuştur. Önerilen model, SCOR Modeli' nin tedarik zinciri sistemini temsil etmesi ve performans ölçütlerini belirlemesi prensibine dayanmıştır. Yöneticilerin SCOR Modeli'nden önceden belirlenmiş süreç, metrik ve ilişkileri seçerek TZ ölçüm sistemini normalleştirmesi gerekmiştir. SCOR Modeli genel yapısı üç hiyerarşik seviyeden oluşmuştur: üst seviye, yapılandırma seviyesi ve süreç elemanı seviyesi. Bu hiyerarşik yapı, farklı operasyonel ve yönetim seviyelerinin performansının analiz edilmesine olanak tanımıştır. Önerilen model, SCOR seviye 1 metriklerini kullanarak operasyonel detaylardan ziyade stratejik hususlara odaklanmış ve politika yapıcılar için

performans indeksini oluşturmada daha etkin bir yol sunmuştur. Model, sistem düşüncesinin temel prensipleri doğrultusunda geliştirilmiş olup, tedarik zincirini bütünleşik bir varlık olarak ele almış ve çok boyutlu performans bilgisini dengeli ve kapsamlı bir şekilde sunmuştur. SCOR performans nitelikleri ve seviye 1 metriklerinin Chan ve Qi'nin modeline entegrasyonu, performans ölçümünde stratejik bir perspektife geçişi sağlamıştır.

Chae (2009), Satış ve operasyon planlama (S&OP) eksenli SCOR Modeli metriklerini kullanarak tedarik zinciri sürecinin tamamında akış eksikliklerini planlama ölçümleriyle kapatmayı hedefleyen bir model geliştirmiştir. Bu makalenin temel amacı, tedarik zinciri performansının ölçülmesinin ve izlenmesinin planlama ile uygulama arasındaki farklılıkları açığa çıkararak işletmelerin olası sorunları ve iyileştirme alanlarını saptamasına yardımcı olduğu gerçeğinden hareketle, performans ölçümü için pratik bir yaklaşım sunmak ve bir KPI listesini sunmaktır. Özellikle işletmeler ve tedarik zinciri yönetimi uygulayıcıları için pratik rehberlik eksikliği göz önünde bulundurularak, bu boşluğun doldurulması hedeflenmiştir. SCPMS alanındaki endüstri dinamik ve performans metrikleri geliştirmeye yönelik pratik bir yaklaşımdan yararlanmıştır. Elde edilen bulgular, tedarik zinciri performans ölçümünde endüstri standartları ve en iyi uygulamaların incelenmesi neticesinde, performans metrikleri geliştirme konusunda azın çok olduğu prensibinin geçerli olduğunu göstermiştir. İşletmeler, operasyonel yönetimleri, müşteri hizmetleri ve finansal sürdürülebilirlikleri açısından kritik öneme sahip yalnızca sınırlı sayıda KPI' ya odaklanmalıdır. Potansiyel KPI' lar, SCOR Modeli'nin dört temel süreci (planlama, kaynak, üretim ve teslimat) için geliştirilmeli ve birincil ve ikincil metrikler gibi hiyerarşik bir yapıda gruplandırılmalıdır. Çalışma, Tedarik zinciri yönetimi başarısı için performans ölçümünün gerekliliğine dair bir arka plan sunmanın yanı sıra, performans metriklerinin tasarlanması ve uygulanmasına yönelik pragmatik yönergeler ve tanım, örnekler ve hesaplama mekanizması ile kritik KPI' lar sunmuştur. Başarılı tedarik zinciri yönetimi için performans ölçümünün önemine rağmen, birçok işletme performans metriklerini nasıl uygulamaya koyacağını ve pratikte nasıl işleteceğini merak etmiştir. Bu çalışma, tedarik zinciri yönetimi bağlamlarında performans ölçümüne yönelik endüstri odaklı, pratik bir yaklaşım sunmakta ve farklı işletmelere kolayca uyarlanabilecek temel performans metrikleri önermiştir.

Thakkar ve Deshmukh (2009), yaptıkları çalışmada tedarik zinciri performans ölçüm çerçevesini, vaka çalışması analizi vasıtasıyla açığa çıkan olgular, Hindistan'daki

muhtelif küçük ve orta ölçekli işletme (KOBİ) kümelerine münhasır ikincil veriler ve KOBİ'lerde tedarik zinciri yönetimi üzerine rapor edilen detaylı çağdaş çalışmalar aracılığıyla geliştirmiştir. KOBİ'ler için şümulü bir performans ölçüm çerçevesi sunmak maksadıyla BSC ve tedarik zinciri operasyonları referans SCOR Modeli' nin belirgin vasıflarını bütünleştirmiştir. Çalışmada, KOBİ'lerde kaynak, üretim ve teslimat gibi tedarik zinciri süreçlerine yönelik bir takım performans göstergesi raporlamıştır. Aynı zamanda, ölçütleri tedarik, üretim, yenileme ve müşteri siparişi gibi çeşitli tedarik zinciri döngüleriyle ilişkilendirmiştir. Netice itibarıyla, makale KOBİ'lerde tedarik zinciri değerlendirmesi ve planlaması için bütünleşik bir performans ölçüm çerçevesi sunmuştur.

Özkanlısoy ve Bulutlar (2023) SCOR Modeli V13.0 performans ölçümlerine dayalı olarak geliştirdikleri modelde oluşturulan çalışmayı yedi aşamada gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında, pilot veriler için 227, ana veriler için ise 452 işletme örneklem büyüklüğüne ulaşılmıştır. Modelin aşamaları; madde oluşturma ve saflaştırma, pilot çalışma ve ana çalışma için keşfedici faktör analizi, ana çalışma için doğrulayıcı faktör analizi, yakınsak, ayırıcı geçerlik değerlendirmesi ve önyargı etkisinin araştırılmasından oluşmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, ölçek beş faktörlü ve otuz bir maddeden oluşan bir yapı olarak geliştirilmiş ve geçerliliği kanıtlanmıştır. Sonuçlar, gelecekteki tedarik zincirlerinin manzarasını algılayabilmek için günümüzde bazı temel eğilimleri ve göstergeleri takip etmenin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Parkouhi ve diğerleri (2018) çalışmalarında, tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi seçimi ve geliştirilmesinin önemini vurgulamış ve bu süreçleri tedarik zinciri direnci kavramıyla bütünleştiren özgün bir çerçeve önermiştir. Küreselleşme ve artan aksaklık riskleri göz önüne alındığında, tedarikçilerin direnç özelliklerinin değerlendirilmesinin kritik hale geldiği belirtilmiştir. Bu amaçla, çalışmada tedarikçi direncinin arttırıcı ve azaltıcı boyutları belirlenmiş ve bu boyutlara göre kriterler sınıflandırılmıştır. Metodolojik olarak, gri dematel tekniği kullanılarak belirlenen kriterlerin önem dereceleri hesaplanmış ve gri basit toplamsal ağırlıklandırma tekniği ile tedarikçilerin her bir direnç boyutuna göre skorları elde edilmiştir. Bulgular, özelleştirmenin en önemli direnç arttırıcı kriter olduğunu ve tedarikçinin kapasite limitinin en önemli direnç azaltıcı faktör olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen skora dayanarak, tedarikçiler kırılğan, hassas, değişken ve dirençli olmak üzere farklı segmentlere ayrılmış ve her segment için özel tedarikçi geliştirme stratejileri sunulmuştur. Sonuç olarak, bu araştırma, özellikle KOBİ'ler özelinde dirençli tedarikçi

yönetimini ele alan nadir çalışmalardan biri olarak literatüre önemli bir katkı sunmuştur. Geliştirilen entegrasyon, tedarikçi seçimi ve geliştirilmesi süreçlerini sistematik bir şekilde ele alarak işletmelere pratik bir rehber sunmaktadır. Ayrıca, tedarikçilerin direnç özelliklerini dikkate alarak yapılan bu segmentasyon ve stratejiler, tedarik zincirlerinin aksaklıklara karşı daha dayanıklı hale gelmesine yardımcı olacaktır.

Karimi ve Hojati (2021), tarafından yapılan çalışmanın temel amacı, kurumsal sürdürülebilirlik denetim süreci başlamadan önce her bankanın hazır olma düzeyini ölçmek için geçerli bir çıkarım algoritması tasarlamaktır. Tasarlanan bu algoritmanın sunacağı veriler ışığında, denetim takımının ayıracağı denetim kaynakları ve uygulayacağı denetim süreci hakkında daha bilinçli kararlar alabilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada, bankaların sürdürülebilirlik düzeyini ölçmek amacıyla bir kural grubu sistemi kurmak ve oluşturmak için melez kaba küme ve gri küme teoremi kullanılmıştır. İlk olarak, kaba küme teoremi aracılığıyla on altı kural grubu çıkarılmış ve her bir grubun çapraz geçerliliği sınanmıştır. Ardından, eş koşul niteleyicilerini bir araya getirmek ve son grup geçerliliğini artırmak için gri kümeleme uygulanmıştır. Azaltılmış koşul niteleyicilerine dayalı olarak toplamda on altı yeni kural grubu oluşturulmuş ve çapraz geçerlilik sonuçlarına göre en uygun grubu seçilmiştir. Kaba-gri grupların doğruluk oranları karşılaştırıldığında ve koşul niteleyicilerinin azaltılması sonucunda, tüm grup doğruluk düzeyinde belirgin bir artış görülmüştür. Sonuç olarak, yeni bankaların hazır olma düzeyini ölçmek için yüzde 95,6 doğruluk oranıyla nesne bağıntılı indirgeme grubu geçerli bir çıkarım olarak belirlenmiştir. Bu araştırma, bankaların sürdürülebilirlik ölçümünde kaba küme teorisini kullanan özgün bir yaklaşım sunmakta ve grup doğruluk düzeyini yükseltmek için gri kümelemeyi koşul niteleyicilerini birleştirmede yenilikçi bir çözüm olarak uygulamaktadır.

Jiang ve diğ. (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tedarik zinciri alanında gri sistem teoremi üzerine yapılan araştırmaların mevcut durumu ve bilgi yapısı bibliyometrik analiz yöntemiyle sistematik bir şekilde özetlenmiştir. Veri tabanından elde edilen 1617 makalenin analizi sonucunda, alanın önde gelen araştırma kurumları, iş birlikleri ve en çok atıfta bulunulan yazarlar belirlenmiştir. Araştırmanın bulguları, gri sistem teoreminin tedarik zinciri uygulamalarını yönlendirmede uluslararası düzeyde önemli bir ilgi ve etki yarattığını göstermiştir. Güncel araştırma odak noktaları arasında karmaşık donanım tedarik zincirleri, tedarik zinciri yönetimindeki itici güçler ve zorluklar, risk yönetimi, kapalı devre tedarik zinciri ve büyük veri çağında tedarik zinciri işletimi yer almıştır. Gelecekteki olası odak noktalar

ise sayısal ve akıllı lojistik teknolojileri, sürdürülebilir tedarikçi yönetimi, tedarik zinciri sözleşmeleri, strateji, satın alma yönetimi, talep ve tüketimin gri kestirimi, gri öngörü ve ekonomi verimliliği, Çin'e özgü konular ve gri model kurulumunu kapsamıştır. Bu çalışma, özgünlük ve stratejik bir çizelgeyi destekleyerek, araştırmanın daha nesnel ve güvenilir bir analizini sunmuştur. Önceki çalışmaların genellikle öznel yargılara dayandığı göz önüne alındığında, bu yaklaşım alandaki araştırmaların mevcut durumu ve gelecekteki yönelimleri hakkında daha kapsamlı bir bakış açısı sağlamıştır.

Javanmardi ve diğ. (2020), sürdürülebilirlik kavramının ülkelerin ekonomileri ve çeşitli işletmeler nezdinde kazandığı önemi vurgulamış ve sürdürülebilirliğin ekonomik olmayan hedeflere ulaşmada toplumsal ilerlemeyi hızlandırabileceğini belirtmiştir. Sanayi devriminin olumlu kazanımlarına rağmen, tek boyutlu ekonomik kalkınmanın çevresel yıkıma yol açtığı ve insan onurunu göz ardı ettiği eleştirel bir bakış açısıyla sunulmuştur. Yirminci yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkan olumsuz sonuçlar, sürdürülebilirlik kavramının doğmasına zemin hazırlamış ve sosyal, çevresel ve ekonomik sorunları bütüncül bir yaklaşımla ele almayı hedeflemiştir. Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan mevcut ihtiyaçları karşılama çabası olarak tanımlanmış ve ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç temel boyutta incelenmiştir. Sistem teorisi prensiplerine göre işleyen bu kavram, farklı tanımlara sahip olsa da temelinde gezegenin taşıma kapasitesi ile insan faaliyetleri arasındaki dinamik dengeyi kurmayı amaçlamıştır. Sürdürülebilirliğe yönelik küresel hareket, toplumun çeşitli kesimlerinde tartışmalara yol açmış ve bugünün ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesillere zarar vermeyecek yöntem, uygulama ve teknolojilerin geliştirilmesini teşvik etmiştir. Disiplinler arası bir konu olan sürdürülebilirlik, sistemik bir bakış açısıyla sürekli değişen koşullar karşısında sistemlerin ilerleme, uyumluluk ve dönüşümü sağlama yeteneğini ifade etmiştir. Karmaşık ve belirsiz sistemlerin analizi için önemli bir araç olan gri sistem teoremi, sürdürülebilirlik çalışmalarının etkinliğini artırma potansiyeli taşımaktadır. Bu bağlamda, mevcut çalışma, gri sistem teoreminin tabanlı yöntemlerin sürdürülebilirlik araştırmalarındaki rolünü ve etkilerini sistematik bir literatür taraması yoluyla incelemeyi hedeflemiştir. Seçilen 40 makalenin derinlemesine içerik analizi, bu incelemenin temel metodolojisini oluşturmuştur. Bu yaklaşım, gri sistem teoreminin sürdürülebilirlik alanındaki uygulamalarına dair kapsamlı ve sistematik bir genel bakış sunmayı amaçlamıştır.

Debnath ve diğ. (2023) yaptıkları çalışmanın amacı, Bangladeş plastik imalat endüstrisinde sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarını engelleyen, daha önce

yeterince incelenmemiş faktörleri ortaya koymaktır. Gelişmekte olan ülkelerde artan katı plastik atık miktarına rağmen, bu endüstrilerin henüz etkin sürdürülebilir atık yönetimi sistemleri kuramadığı gözlemlenmektedir. Çalışma, bu engeller arasındaki karşılıklı ilişkileri derinlemesine analiz ederek, ilgili politika boşluklarını ve stratejik eksiklikleri anlamayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, araştırmacılar, sürdürülebilir atık yönetiminin önündeki engelleri belirlemek ve bunların önem derecelerini ve birbirlerini nasıl etkilediklerini ortaya koymak için üç temel araştırma sorusu ve iki araştırma hedefi belirlemiştir. Bu hedeflere ulaşmak için, çalışma Delphi yöntemi ve gri dematel yöntemini entegre eden bir metodoloji kullanmıştır. İlk olarak, literatür taraması ve uzman görüşleri aracılığıyla sürdürülebilir atık yönetimine ilişkin en önemli 16 engel Delphi yöntemiyle tanımlanmıştır. Ardından, bu engellerin birbirleriyle olan ilişkilerini geliştirmekte olan ekonomiler bağlamında değerlendirmek üzere entegre gri teori ve dematel yöntemine dayalı bir çerçeve kullanılmıştır. Bu metot, uzman yargılarındaki belirsizlikleri yönetebilme ve neden-sonuç ilişkilerini açıkça modelleyebilme kapasitesiyle öne çıkmaktadır. Elde edilen bulgular, plastik atık bertarafı konusunda farkındalık ve bilgi eksikliği, uyumlu atık yönetimi eksikliği, üreticilerin çevresel sorumluluk duygusunun yetersizliği, sistematik atık toplama ve etkili depolama alanı kullanımının eksikliği ile uygun çevre politikaları, yasalar ve düzenlemelerin olmayışı gibi beş kritik engelin altını çizmiştir.

Sümer ve diğ. (2022), gri sistem dayanan eksik bilgiye sahip sistemlerin davranışlarını tahmin etmek için gri sistem teoremini kullanmıştır. Gri modelleme, bu teorinin temelini oluşturur ve belirsiz sistemlerdeki verileri analiz etmek için kullanılır. Gri modelleme gri fark denklemlerini gri diferansiyel denklemlere dönüştürerek ve gri ilişki eşitlikleri oluşturarak tahmin yapmayı mümkün kılmıştır. Çalışmada özellikle Gri modelleme (1,1) modeli kullanılmıştır. Bu model, birinci dereceden tek değişkenli bir gri modeldir ve zaman serisi tahminlerinde etkin olmuştur. Sınırlı sayıda veriyle (tipik olarak 4 veri noktası) çalışabilir ve bu verileri gelecekteki değerleri tahmin etmek için uygun hale getirebilir. Uygulama aşamasında, bitcoin, ethereum ve litecoin kripto para birimlerinin geçmiş fiyat verileri kısıtlı bir zaman aralığında baz alınarak, bu model aracılığıyla gelecekteki fiyatları tahmin edilmiştir. Analizler microsoft excell yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Sertel (2020), çalışmalarında gıda sektöründeki üretici firmaların faaliyetlerini inceleyerek dikkate aldıkları kalite ve performans göstergelerini belirlemeyi ve tedarik zincirleri ile kalite yönetimi kavramlarını birleştirerek bu uygulamaların firma

performansı üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır ve belirsizlik durumlarında maliyetleme sorununa çözüm olabilecek bir yaklaşım geliştirilmesi istenmiştir. Çalışmada, tedarik zinciri yönetiminde kalite göstergeleri ve faaliyet tabanlı maliyetleme konuları ele alınmaktadır. Belirsizlik ortamında bu iki alanın entegrasyonu temel amaçtır. Yetersiz veri durumlarında matematiksel maliyet modeli için gerekli eksik veriler, gri sistem teorisi ve yuvarlamalı GM (1,1) tahmin yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Gri sistem teorisi, belirsizlik ve eksik bilgi durumlarında anlamlı sonuçlar elde etmeye ve karar vermeye yardımcı olan bir yaklaşım olarak yer almıştır. Bu kapsamda, öncelikle tedarik zinciri kalite yönetiminde kalite göstergelerinin belirlenmesi çalışmaları yapılmış ve bu göstergelere dayalı bilgilerle kalite yönetimi mevcut durumu analiz edilerek iyileştirme olanakları araştırılmıştır. Araştırma, süt ve süt ürünleri sektöründe faaliyet gösteren dört firma ile yürütülmüş nitel bir çalışmadır. Veri toplamak için bilgi toplama formları kullanılmış ve firmaların yetkilileriyle yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Elde edilen veriler analiz edilerek sektördeki kalite ve performans göstergeleri belirlenmiş ve KOBİ'ler için basitleştirilmiş bir faaliyet tabanlı maliyetleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Belirsizlik durumlarında maliyet tahminlemesi için gri tahmin yöntemi kullanılarak eğitilmiş tahmin yaklaşımıyla elde edilen maliyetler karşılaştırılmıştır. Çalışma, çabuk bozulan gıda ürünlerine odaklanan tedarik zincirlerinin karmaşıklığını ve kalite odaklı yaklaşımların önemini vurgulamaktadır.

Bai ve diğ. (2010), Temelde üç farklı yeşil tedarik zinciri yönetimi aşaması için özgün kaba küme teorisi uygulamaları geliştirilmiştir: yeşil tedarikçi seçimi, yeşil tedarikçi geliştirme ve tedarikçilerin yeşil performans ölçümü. Her bir aşama için farklı bir kaba küme teorisi varyasyonu ve uygulama yaklaşımı benimsenmiştir. Yeşil tedarikçi seçimi aşamasında temel kaba küme teorisi kullanılarak potansiyel tedarikçiler arasından tercih edilebilir olanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Metot, öncelikle tedarikçilere ait çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik faktörleri ile geçmiş seçim kararlarını içeren bir karar tablosu oluşturmayı içermiştir. Ardından, kaba küme teorisinin ayırt edilebilirlik matrisi ve alt-üst yaklaşımları kullanılarak, geçmiş kararlarla tutarlı ve sürdürülebilirlik kriterlerini sağlayan tercih edilebilir tedarikçilerin bir alt kümesi elde edilmiştir. Bu süreçte, geçmiş organizasyonel bilgi ve öğrenme süreci karar verme mekanizmasına entegre edilerek daha bilinçli ve tutarlı seçimler yapılması hedeflenmiştir. Son olarak, tercih edilen tedarikçiler arasından en uygun olanı belirlemek için gri-ilişki tabanlı TOPSIS gibi çok kriterli karar verme teknikleri kaba

küme teorisi ile entegre edilmiştir. Eksik bilgi içeren kaba küme teorisi kullanılarak tedarikçi geliştirme programlarının etkinliği değerlendirilmiştir. Metot, çeşitli yeşil bilgi transferi, yatırım ve kaynak transferi, yönetim ve organizasyonel uygulamalar gibi koşullu öznitelikler ile çevresel ve ticari performans gibi karar özniteliklerini içeren bir bilgi sistemi tablosu oluşturmayı içermiştir. Eksik verilerin de dikkate alınabildiği bu yaklaşımda, özniteliklerin bilgi anlamlılığı belirlenerek performans sonuçlarıyla güçlü ilişkilere sahip olan programlar ve organizasyonel özellikler tespit edilmiştir. Ardından, bir dizi kural çıkarılarak yüksek çevresel ve ticari performansa yol açan koşullar belirlenmiş ve bu kurallar, tedarikçi geliştirme stratejileri için rehberlik sağlamıştır.

Hu ve diğ. (2008), yaptıkları çalışmada desen tanıma, makine öğrenimi ve veri madenciliği için önemli bir önileme adımı olarak görülen heterojen özellik alt kümesi seçimi problemine odaklanılmıştır. Çalışmada heterojen özellik alt kümesi seçimi sorununu ele almak için bir komşuluk kaba küme modeli sunmuştur. Klasik kaba küme modeli yalnızca kategorize edilmiş özellikleri değerlendirebildiğinden, bu model komşuluk ilişkileriyle genelleştirilerek bir komşuluk kaba küme modeli tanıtılmıştır. Model, komşuluk büyüklüğünün sıfır olarak belirlenmesi durumunda klasik kaba küme modeline indirgenmiştir. Bu komşuluk modeli, farklı türdeki özellikler için farklı eşikler atanarak sayısal ve kategorik özellikleri azaltmak için kullanılmıştır. Heterojen veri kümelerinden özellik seçimi konusundaki yaklaşımların sınırlılıkları ve klasik yöntemlerin bilgi kaybına yol açabilmesi nedeniyle, bu çalışma komşuluk ilişkilerini temel alan yeni bir çerçeve sunmaktadır. Klasik kaba küme teorisi yalnızca nominal verilerle çalışabilirken, sayısal özniteliklerin ayrıklaştırılması komşuluk ve sıralama bilgilerinin kaybına neden olmaktadır. Çalışmanın temel katkıları iki yönlüdür. İlk olarak, komşuluk kaba küme modeli heterojen özellikli verileri ele alacak şekilde genişletilmiş ve tutarlılık, komşuluk büyüklükleri ve özellikler açısından iki tür tartışılmıştır. İkinci olarak, etkili bir özellik alt kümesi aramak için iki verimli algoritma tasarlanmıştır. Önerilen komşuluk bağımlılığı fonksiyonunun özellik alt kümesiyle düzenli olarak arttığına dair teori sunulmuştur, bu da bu fonksiyonun çeşitli arama stratejisi için önemlidir.

Bai ve Sarkis (2014), yaptıkları çalışmada tedarikçilerin sürdürülebilirlik performans değerlendirmesi için kullanılabilecek sürdürülebilir tedarik zinciri temel performans göstergelerini belirlemeye yönelik bir metodoloji sunmaktır. Bu amaçla, öncelikle sürdürülebilir tedarik zinciri performans ölçümünün karmaşıklığı ele alınmıştır. Ardından, KPI belirlemek için komşuluk kaba küme teorisini ve bu KPI' ları

kullanarak göreceli performansı kıyaslamak ve değerlendirmek için veri zarflama analizini kullanan iki aşamalı bir yöntem tamamlanmıştır. Ayrıca, KPI kümesi oluşumunun ve performans sonuçlarının hassasiyetini belirlemek için ek analizler yapılmıştır. Bulgular, KPI'ların komşuluk kaba kümesi kullanılarak belirlenebildiğini ve veri zarflama analizini performans sonuçlarının tedarikçilerin göreceli performansına dair fikirler sağladığını göstermiştir. Ancak, tedarik zinciri sürdürülebilirlik performans sonuçları hem komşuluk kaba kümesi hem de veri zarflama analizinden seçilen parametrelere ve belirlenen sürdürülebilirlik KPI kümelerine oldukça duyarlı olmuştur. Araştırmanın sınırlamaları arasında kullanılan verilerin örnekleyici ve simüle edilmiş olması bulunmuştur. Ayrıca, komşuluk kaba kümesi ve veri zarflama analizini için yalnızca bir model kullanılmıştır. Kaba küme ve veri zarflama analizi modellerinin farklı varyasyonları kullanılarak ek araştırmalar yapılabilecektir. Uygulamaya yönelik çıkarımlar açısından, bu araç seti yöneticiler için yüzlerce potansiyel ölçü arasından sürdürülebilir tedarik zinciri KPI'larını belirlemede ve tedarik zincirleri içindeki çeşitli birimlerin sürdürülebilirlik performansını değerlendirmede değerli bir araç olmuştur. Sosyal etkileri bağlamında, sürdürülebilirlik birçok ticari, ekonomik ve sosyal etkiyi içermiştir. Bu makalede sunulan yöntemler, kuruluşların ve tedarik zincirlerinin daha stratejik ve operasyonel olarak sürdürülebilir hale gelmesine yardımcı olmuştur. Bu çalışmanın özgün değeri, sürdürülebilir tedarik zinciri literatüründe KPI geliştirmeye ve tedarikçilerin ve tedarik zincirinin sürdürülebilirlik performansını değerlendirmeye yardımcı olacak az sayıda araç ve tekniğin bulunmasından kaynaklanmıştır. Bu makale, bu önemli sürdürülebilir tedarik zinciri performans ölçümü sorununu ele almak için komşuluk kaba kümesi ve veri zarflama analizinden entegre eden ilk çalışmalardan biri olmuştur. Tedarik zinciri yönetimi programının değerlendirilmesi ve izlenmesi, performans ölçülerinin geliştirilmesine ve uygulanmasına bağlıdır. Çevresel ve sosyal sorumluluk boyutlarının eklenmesiyle tedarik zinciri sürdürülebilirliği dikkate alındığında bu değerlendirme ve performans boyutları kümesi daha karmaşık hale gelmiştir. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi performans ölçümü, tedarikçi seçimi, performans izleme ve geliştirme gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Günümüzün yoğun rekabet ortamında, tedarik zincirlerinin performansını sürekli olarak değerlendirme ve iyileştirme zorunluluğu, SCPMS'ye olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Mevcut performans ölçüm modellerinin, tedarik zincirlerinin içsel karmaşıklığını ve dinamik yapısını tam anlamıyla yansıtabilmesi için adaptasyonları elzemdir. Bu bağlamda SCOR Modeli hem akademik literatürde hem de endüstriyel uygulamalarda SCPMS için temel bir yapı taşı olarak kabul görmektedir. Bu çalışma, modern tedarik zincirlerinin kritik rekabet unsurlarından biri olan dayanıklılık (resilience) olgusunu SCOR Modeli üzerinden incelemeyi hedeflemektedir. Özellikle, tedarik zincirindeki doğrudan bağlantı etkileşimlerinde ortaya çıkan dayanıklılık fonksiyonu, bu analizin odak noktasını oluşturmaktadır. Bu çerçevede, tedarik zinciri yönetiminin etkinliğini artırmak amacıyla KPI belirlenmesi stratejik bir öneme sahiptir.

3.1. Materyal

Uygulama yapılan işletme, otomotiv sektöründe önemli bir küresel tedarikçi konumundadır. Temel olarak, araç trim sistemleri gibi parçaların tasarımı ve üretiminde uzmanlaşmıştır. Şirketin faaliyetleri, binek otomobillerden hafif ticari araçlara kadar geniş bir yelpazedeki araç tiplerini kapsamaktadır. Türkiye merkezli olmakla birlikte, Avrupa ve Kuzey Afrika gibi bölgelerde 12 adet üretim tesisi bulunmaktadır. Veriler şirketin global otomotiv sektörünün önde gelen Orijinal Ekipman Üreticilerine (OEM) entegre bir şekilde hizmet verdiğini göstermektedir. Şirket, sürekli yeni yatırımlarla üretim kapasitesini ve teknolojik yeteneklerini geliştirmeye odaklanarak, otomotiv tedarik zincirindeki konumunu güçlendirmektedir.

Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren incelenen bu şirketin 12 üretim tesisindeki tedarik zinciri faaliyetlerine ilişkin verilerin büyük çoğunluğu, kurumsal kaynak planlama (ERP) sistemi olan SAP'den sağlanmıştır. Şirketin bünyesinde kullanılan SAP ERP programı aracılığıyla çeşitli operasyonel değerler sistematik olarak izlenmektedir. Değerlendirme sürecinde, şirketin tüm tesislerindeki müşteri seri siparişleri veri seti temel son 12 aylık periyodu göz önünde bulundurularak alınmıştır. SAP sisteminde doğrudan bulunmayan tedarik çevrim süresi, üretim çevrim süresi, sevkiyat çevrim süresi ve iade çevrim süresi gibi performans metrikleri ise, ilgili tesislerin lojistik yöneticileri tarafından, belirli bir ölçüt çerçevesinde beşli Likert ölçeği

(bkz. Çizelge 3.1) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu subjektif değerlendirmeler, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde detaylıca incelenecek ve gri sayılar teorisi yardımıyla sisteme veri girdisi olarak entegre edilecektir.

Çizelge 3.1. Likert ölçeği değerlendirmesi

Ölçüt	Açıklama	Gri Sayı
ÇY	Çok Yüksek	[0.8,1.0]
Y	Yüksek	[0.6,0.8]
O	Orta	[0.4,0.6]
D	Düşük	[0.2,0.4]
ÇD	Çok Düşük	[0.0,0.2]

Ayrıca, bu çalışmada kullanılan SCPMS metodolojisine iki adet harici performans göstergesi dahil edilmiştir:

- 1- D1: 17 adet performans metriğine ek olarak, geçmiş dönemlerde grup şirket bünyesinde tutulan aylık tedarik zinciri KPI değerlerinin genel ortalamasını yansıtan bir değerlendirmedir. Bu göstergede 2 değeri hedefin tutturulduğunu, 1 değeri ise hedefin altında kaldığını ifade etmektedir.
- 2- D2: Yine on yedi adet performans metriğine ek olarak, müşterilerin tedarikçi değerlendirme portallarındaki Tier1 tedarikçi performans skorlarını temsil etmektedir. Bu göstergede 2 değeri "çok iyi performans" olarak nitelendirilirken, 1 değeri daha "düşük performans" işaret etmektedir. (bkz. Çizelge 3.2)

Çizelge 3.2. Harici Performans Göstergeleri

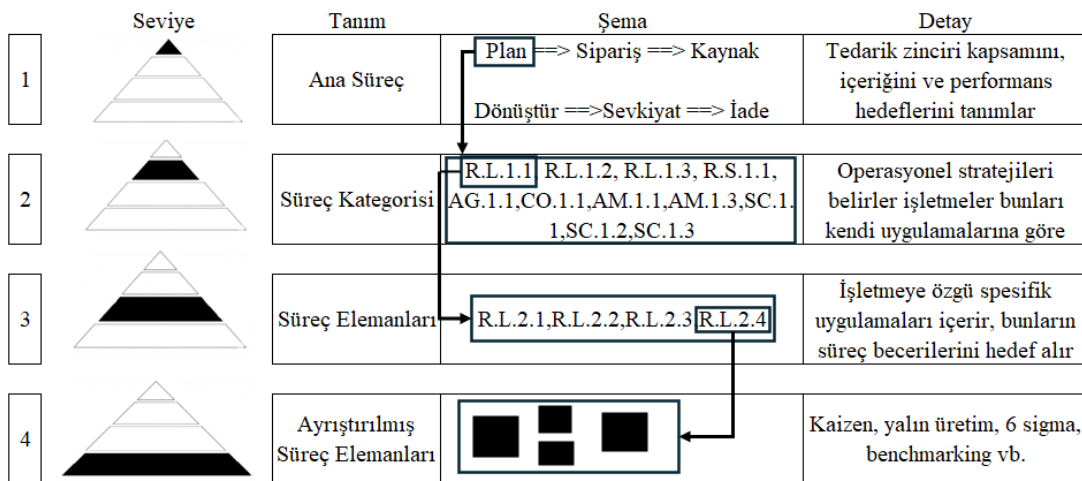
Tesis	D1	D2
	KPI verileri	Müşteri Portal Perf. Göstergesi
1	2,00	2,00
2	2,00	2,00
3	1,00	2,00
4	1,00	1,00
5	2,00	2,00
6	1,00	1,00
7	2,00	2,00
8	2,00	1,00
9	1,00	2,00
10	2,00	2,00
11	1,00	1,00
12	2,00	1,00

3.2. Yöntem

Bu bölümde, elde edilen materyal veriler, SCOR Modeli metrikleri kullanılarak oluşturulan bir model üzerinde değerlendirilecektir. Bu değerlendirme sürecinde, komşuluk kaba küme teorisi metodolojisi uygulanarak, modelimize en uygun performans metriklerinin hangileri olduğu belirlenmeye çalışılacaktır. Bu yaklaşım, mevcut veri setinden en anlamlı bilgiyi çıkararak tedarik zinciri performansının daha rafine bir ölçümünü sağlamayı hedeflemektedir.

3.2.1. SCOR Modeli

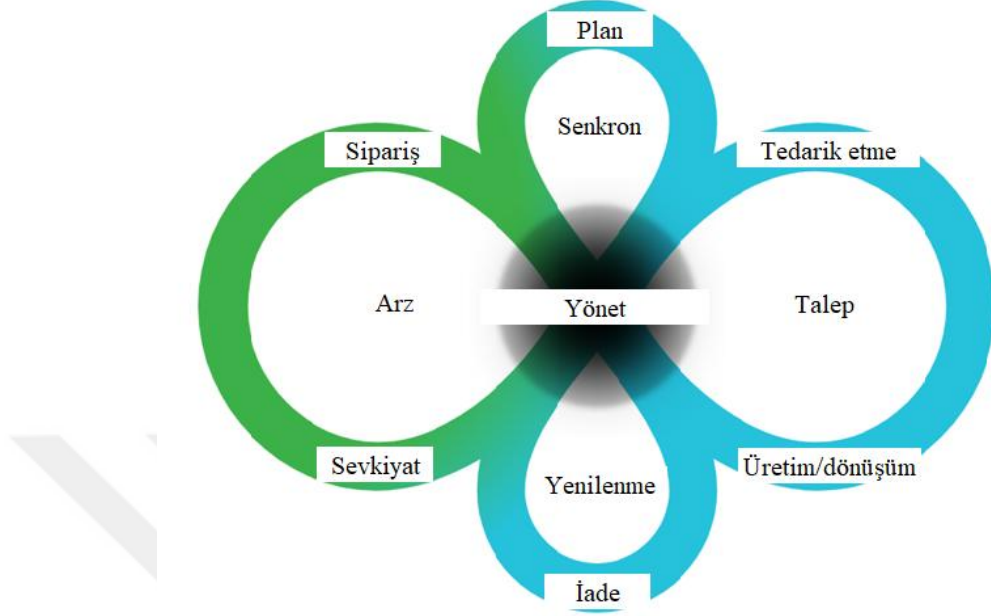
Tedarik zinciri performansı değerlendirme ve geliştirme alanında bir dönüm noktası olan SCOR Modeli, 1996 yılında SCC tarafından geliştirilmiş, süreç merkezli bir referans çerçevesidir. SCOR Modeli, salt bir model olmanın ötesinde, iş süreçlerini, performans ölçümünü, yazılım gereksinimlerini ve teknolojik gelişmeleri bütünsel bir mimari içerisinde ele alarak, küresel ölçekte birçok işletme tarafından benimsenmiş ve uygulamaya konulmuş dinamik bir araçtır. Etkileşimli bir iş modeli olarak tanımlanan SCOR, iş süreçlerini, performans ölçümlerini, iş uygulamalarını ve bireysel yetkinlikleri hiyerarşik bir yapı dahilinde entegre etmektedir.



Şekil 3.1. SCOR Modeli Süreç Hiyerarşisi (APICS SCC, 2025)

SCOR Modeli, modern tedarik zinciri yönetiminin karmaşık yapısını anlamak, analiz etmek ve optimize etmek amacıyla geliştirilmiş, devrim niteliğinde bir referans

çerçevesidir. Teknik bir kılavuz niteliği taşıyan bu model, tedarik zinciri operasyonlarını dört temel yapı taşı üzerine inşa etmektedir: Süreçler, performans, uygulamalar ve insanlar.



Şekil 3.2. SCOR Modeli Süreçler Boyutu (APICS SCC, 2025)

SCOR Modeli süreçler boyutu, bir tedarik zincirinin temel varoluş amacı olan müşteri taleplerini eksiksiz karşılama hedefine yönelik atılması gereken temel adımlardır. SCOR Modeli, bu adımların her birini evrensel bir terminoloji ile tanımlamayı amaçlamaktadır. SCOR Modeli'nin süreçler hiyerarşisinin en üstünde, tüm yapıyı stratejik düzeyde yöneten yönet (orchestrate) süreci bulunmaktadır. Bu süreç, alt seviyelerdeki tüm fonksiyonları yönlendiren ve şekillendiren stratejik bir çekirdektir. Yönet sürecinin altında ise altı temel fonksiyonel alan yer almaktadır: planlama (plan), sipariş (order), kaynak sağlama (source), dönüştürme (transform), sevkiyat (fulfill) ve iade (return).

Tedarik Zincirinin Orkestrasyonu (Orchestration), stratejilerin hayata geçirilmesi ve uyumlu bir şekilde işlemesi için gerekli olan tüm faaliyetleri kapsamaktadır. İş kurallarının belirlenmesi ve yönetimi, sürekli iyileştirme prensibiyle performansın yönetilmesi, veri, bilgi ve teknolojinin etkin kullanımı, insan kaynaklarının yönetimi, sözleşme ve anlaşma süreçleri, ağ tasarımı, yasal düzenlemelere uyum, risk yönetimi, çevresel, sosyal ve yönetsel sorumlulukların yerine getirilmesi, kurumsal iş planlaması, pazar ve müşteri segmentasyonunun oluşturulması ve yönetilmesi ile döngüsel tedarik zinciri prensiplerinin benimsenmesi bu orkestrasyonun temel bileşenleridir. Planlama

(Plan), tedarik zincirinin her adımı için stratejik ve operasyonel yol haritalarının çizilmesini ifade eder. Siparişten tedarike, üretimden teslimata ve iade süreçlerine kadar her aşama için gereksinimlerin belirlenmesi, mevcut kaynakların analiz edilmesi, talep ve kaynak dengesinin kurulması, potansiyel darboğazların tespiti ve çözüm odaklı eylem planlarının geliştirilmesi bu aşamada gerçekleştirilir. Sipariş (Order) süreci, müşterinin satın alma talebinin sisteme girişini ve ilgili tüm bilgileri (konum, ödeme şekli, fiyatlandırma, sipariş durumu vb.) kapsar. Kaynak sağlama (Source), ihtiyaç duyulan ürün ve hizmetlerin temin edilmesine yönelik araştırma, sipariş verme, sipariş zamanlaması, teslim alma ve ilgili noktalara transfer gibi faaliyetleri içerir. Dönüştürme (Transform), hammaddelerin katma değerli ürünlere dönüştürülme sürecini ifade eder ve üretim, montaj/demontaj ile bakım, onarım ve operasyonel faaliyetlerin planlanması ve uygulanmasını kapsar. Sevkiyat (Fulfill), müşteri taleplerinin fiziksel olarak karşılandığı, sipariş teslimatının planlanması, ürünlerin hazırlanması, paketlenmesi, sevk edilmesi, montajı, kurulumu, devreye alınması ve faturalandırılması gibi adımları içerir. İade (Return) süreci ise, müşteriden geri gelen ürünlerin, hizmetlerin veya ilgili bileşenlerin durumunun teşhis edilmesi, garanti ve iade koşullarının değerlendirilmesi ve bu ürünlerin yeniden değerlendirilerek sisteme tekrar kazandırılması veya diğer uygun süreçlere yönlendirilmesini kapsar. Sonuç olarak, SCOR Modeli, tedarik zincirinin karmaşık yapısını anlaşılır ve yönetilebilir adımlara indirgeyen, her bir adımı evrensel bir dil aracılığıyla tanımlayan ve işletmelere bu adımları daha uyumlu ve verimli bir şekilde yönetme imkânı sunan stratejik bir rehberdir (APICS SCC, 2025).

SCOR Modeli performans boyutu, tedarik zinciri süreçlerinin çıktılarını ölçmek ve stratejik hedeflerle uyumunu sağlamak için standart ölçütleri içermektedir. Bu kapsamda, performansın anlaşılması, değerlendirilmesi ve teşhis edilmesi için üç temel unsur tanımlanmıştır: tedarik zincirinin stratejik önceliklerini belirleyen performans nitelikleri, bu niteliklerin ölçülmesini sağlayan hiyerarşik yapıdaki metrikler ve süreçlerin en iyi uygulamaları ne kadar iyi entegre ettiğini değerlendiren süreç veya uygulama olgunluğu. SCOR, güvenilirlik, cevap verebilirlik, çeviklik, maliyet, kâr, varlıklar ve sürdürülebilirlik (çevresel ve sosyal boyutlarıyla) olmak üzere sekiz temel performans niteliği tanımlamaktadır. Bu nitelikler, stratejik hedeflere ulaşma yeteneğini ölçen farklı seviyelerdeki metriklerle somutlaştırılmaktadır. Uygulamalar boyutu, tedarik zinciri performansını artırmaya yönelik mevcut, yapılandırılmış, kanıtlanmış ve tekrarlanabilir yönetim uygulamalarını ve performans kıyaslamalarını içermektedir. Bu uygulamalar, süreçlerin otomasyonu, uygulanan teknolojiler, kullanılan özel beceriler,

süreçlerin benzersiz sıralaması veya kuruluşlar arası süreçlerin dağıtımı ve bağlantısı gibi farklı özelliklere sahip olabilir. SCOR Modeli'ndeki tüm uygulamalar best practice (en iyi uygulamalar) olarak kabul edilir ve belirli süreçler, metrikler ve becerilerle ilişkilendirilir. İnsanlar boyutu ise, daha etkin tedarik zinciri süreçleri gerçekleştirmek için gerekli olan insan becerilerine yönelik standartları tanımlamaktadır. Bu boyut, genel süreç alanları ve bireysel süreçler için gerekli temel becerileri, liderleri diğerlerinden ayıran kritik becerileri, iş performansının sürekli değerlendirilmesine yönelik SCOR Model metriklerini ve üstün iş performansı gösteren belirli süreç alanlarıyla ilgili eğitim veya sertifikasyon programları aracılığıyla tedarik zinciri becerilerinin belgelendirilmesini kapsamaktadır. Temel unsurları beceriler, deneyimler ve eğitimidir (APICS SCC, 2025).

SCOR Modeli, mevcut iş süreçlerinin tanımlanmasının yanı sıra, en iyi uygulamaların sentezini sunarak süreçlerin yeniden yapılandırılmasına yönelik yapısal bir çerçeve sunmaktadır. Sektörel adaptasyonun etkinliğini ve kolaylığını artırmak amacıyla sürekli güncellenen ve derinlemesine incelenen bu model, sektörler arasında evrensel bir referans standardı olarak kabul gören ilk örnektir. SCOR Modeli vasıtasıyla bir tedarik zinciri başlangıçta beş temel boyutta karakterize edilebilmekteydi: Güvenilirlik (reliability), cevap verebilirlik (responsiveness), çeviklik (agility), maliyet (cost) ve varlık kullanımında verimlilik (asset utilization). Sonraki revizyonlarla bu boyutlara kâr (profit) boyutu da eklenerek modelin kapsamı altı boyuta genişletilmiştir. En güncel versiyonda ise çevre (environment) ve sosyal (social) boyutları da eklenerek modelin kapsamı daha da genişletilmiştir. Her bir performans niteliği, bir veya daha fazla stratejik ölçüte (seviye 1 metrikleri) sahiptir. Bu seviye 1 metrikleri, bir işletmenin rekabet ortamında arzu ettiği konuma erişme başarısının temel göstergeleridir. Model içerisinde her bir süreç, kendine özgü performans ölçütlerine sahip olup, bu ölçütler de süreç yapısı gibi hiyerarşik bir düzen içerisinde (seviye 1, 2 ve 3 metrikleri olarak) tanımlanmaktadır. Her seviyedeki metrikler, kendinden üst seviyedeki metrikler için tanımlayıcı ve açıklayıcı bir işlev görmektedir (APICS SCC, 2025).

SCOR Modeli, müşteri memnuniyetini sağlayarak taleplerin karşılanmasına yönelik tedarik zinciri aşamalarını sistematik bir biçimde açıklayan entegre bir çerçevedir. Model, farklı süreç türlerini tanımlayarak tedarik zincirinin genel kapsamını belirlemekte ve iş süreçlerinin toplam tedarik zinciri sistemi stratejisiyle uyumunu sorgulamaktadır. Bu bağlamda, süreçlerin tasarlanması ve uygulanması için yol gösterici bir rol üstlenmektedir. Özetle, SCOR Modeli, tedarik zinciri yönetiminde

stratejik hedeflerin belirlenmesinden operasyonel süreçlerin yönetimine, en iyi uygulamaların benimsenmesinden insan kaynaklarının geliştirilmesine kadar geniş bir yelpazede kapsamlı ve dinamik bir rehberlik sunmaktadır.

Çizelge 3.3. SCOR Modeli Seviye.1 Metrikleri

Özellik (Attribute)	Seviye-1 Metrikleri
Güvenilirlik	RL.1.1 Mükemmel Sipariş Karşılama
Güvenilirlik	RL.1.2 Mükemmel Tedarikçi Siparişi
Güvenilirlik	RL.1.3 Mükemmel İade Siparişi Karşılama
Cevap Verebilirlik	RS.1.1 Sipariş Karşılama Çevrim Süresi
Çeviklik	AG.1.1 Tedarik Zinciri Çevikliği
Maliyet	CO.1.1 Toplam Tedarik Zinciri Yönetim Maliyeti
Maliyet	CO.1.2 Satılan Malın Maliyeti (COGS)
Kârlılık	PR.1.1 Faiz ve Vergi Öncesi Kârın Gelire Oranı (EBIT)
Kârlılık	PR.1.2 Etkili Vergi Oranı
Varlıklar	AM.1.1 Nakit-Nakit Çevrim Süresi
Varlıklar	AM.1.2 Sabit Varlıkların Getirisi
Varlıklar	AM.1.3 İşletme Sermayesinin Getirisi
Çevresel	EV.1.1 Kullanılan Malzemeler
Çevresel	EV.1.2 Tüketilen Enerji
Çevresel	EV.1.3 Tüketilen Su
Çevresel	EV.1.4 Sera Gazı Emisyonları
Çevresel	EV.1.5 Oluşturulan Atık
Sosyal	SC.1.1 Çeşitlilik ve Kapsayıcılık
Sosyal	SC.1.2 Ücret Seviyesi
Sosyal	SC.1.3 Eğitim

Kaynak: (APICS SCC, 2025)

Çizelge 3.4 'te, çalışılan şirketin 12 farklı tesisinin tedarik zinciri dayanıklılığını ölçmek üzere kullanılacak temel kriter metrikleri sunulmaktadır. Değerlendirme dışında bırakılan SCOR Modeli metrikleri, Çizelge 3.4'te "*" ile işaretlenmiştir. Bu metriklerin değerlendirmede kullanılamamasının temel nedeni, şirketin genel tedarik zincirinde karşılaşılan veri kısıtlılıkları ve ölçüm zorluklarından kaynaklanmaktadır. Listeyi kısa tutmak adına yalnızca dayanıklılık performans özelliği kümesi listelenmiştir.

Bu çalışmamızda SCOR Modeli 'nin performans metriklerini üç ayrı ana fonksiyona böldüğü dayanıklılık (resilience), ekonomik (economic), sürdürülebilirlik (sustainability), tedarik zinciri performans ölçümleri literatürünün en büyük eksikliği olan bütünselliğe yoksunluğuna karşı yapılmış bir yöntem kullanılacaktır. SCOR Modeli'nin performans metrikleri bölümü, tedarik zinciri süreçlerinin sonuçlarının ölçülmesine ve değerlendirilmesine odaklanır. Tedarik zinciri performansını anlama,

değerlendirme ve teşhis etmeye yönelik bütüncül bir yaklaşım üç temel unsur içerir: performans öznitelikleri, metrikler ve süreç-uygulama olgunluğu şeklindedir. Süreç ve metrik hiyerarşilerindeki seviyelerden ayrı olan bu unsurlar, performansın farklı boyutlarını veya açılımlarını tanımlar.

Çizelge 3.4. SCOR Modeli Dayanıklılık 1.-2. Seviye performans metrik çizelgesi

Temel Kriter	1. Seviye Metrikler	Kısaltma	2. Seviye Metrikler
Güvenilirlik	Mükemmel Müşteri Sipariş Karşılama Oranı	RL.2.1	Müşteri Sipariş Tam Karşılama Oranı
		RL.2.2	Müşteri Orijinal Termine Uyum Oranı
		RL.2.3	Müşteri Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı
		RL.2.4	Müşteri Sipariş Mükemmel Kondisyon Oranı
	Mükemmel Tedarikçi Sipariş Karşılama Oranı	RL.2.5	Tedarikçi Sipariş Tam Karşılama Oranı
		RL.2.6	Tedarikçi Orijinal Termine Uyum Oranı
		RL.2.7	Tedarikçi Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı
		RL.2.8	Tedarikçi Sipariş Mükemmel kondisyon Oranı
	Mükemmel İade Sipariş Karşılama Oranı	RL.2.9	İade Sipariş Tam Zamanında Karşılama Oranı
		RL.2.10	İade Sipariş Tam Karşılama Oranı
		*RL.2.11	İade Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı
		*RL.2.12	İade Sipariş Mükemmel kondisyon Oranı
Cevap Verebilirlik	Müşteri Sipariş Karşılama Çevrim Süresi	RS.2.1	Sipariş Çevrim Süresi
		RS.2.2	Temin Çevrim Süresi
		RS.2.3	Üretim/Dönüşüm Çevrim Süresi
		RS.2.4	Sevkiyat Çevrim Süresi
		RS.2.5	İade Çevrim Süresi
Çeviklik	Tedarik Zinciri Çeviklik	AG.2.1	Sipariş Çevikliği
		AG.2.2	Temin Çevikliği
		*AG.2.3	Üretim/Dönüşüm Çevikliği
		*AG.2.4	Sevkiyat Çevikliği
		*AG.2.5	İade Çevikliği

Kaynak: (APICS SCC, 2025)

SCOR Modeli'nin performans metrikleri bölümü, tedarik zinciri süreçlerinin sonuçlarının ölçülmesine ve değerlendirilmesine odaklanır. Tedarik zinciri performansını anlama, değerlendirme ve teşhis etmeye yönelik bütüncül bir yaklaşım üç temel unsur içerir: performans öznitelikleri, metrikler ve süreç-uygulama olgunluğu şeklindedir. Süreç ve metrik hiyerarşilerindeki seviyelerden ayrı olan bu unsurlar, performansın farklı boyutlarını veya açılımlarını tanımlar.

Performans öznitelikleri, tedarik zincirinin performansının işletme stratejisiyle uyumunu sağlamak ve önceliklendirmek için kullanılan stratejik niteliklerdir. Bir özniteliğin kendisi doğrudan ölçülemez; stratejik bir rota çizmek için kullanılır. Örneğin: Bir Alfa ürünü, güvenilirlikte sektör lideri olmalı veya Beta pazarı, en iyi beş esnek üretici arasında yer almamızı zorunlu kılmaktadır vb. (APICS SCC, 2025).

Performans öznitelikleri temel performans kriterleri olarak güvenilirlik, cevap verebilirlik ve çeviklik olarak üç başlık altında incelenebilir.

a. Güvenilirlik özniteliği (RL): Güvenilirlik özniteliği, görevleri gerektiği gibi yerine getirme yeteneğini ele alır ve bir sürecin sonuçlarına odaklanır. Bu özniteliğe ait ölçütler arasında bir ürün veya hizmetin zamanında, doğru miktarda ve doğru belgelerle teslim edilmesi yer alır. SCOR Modeli'nin temel performans göstergeleri (seviye-1 metrikleri) mükemmel sipariş tamamlama, mükemmel tedarikçi siparişi ve mükemmel iade sipariş tamamlamadır. Çizelge 3.5 'de çalışmamızda kullanılan SCOR Modeli 1. ve 2. seviye metrikleri mevcuttur.

Çizelge 3.5. Güvenilirlik özniteliği performans hesaplama formülasyonu

1. Seviye Metrikler	2. Seviye Metrikler	Formülasyon
Mükemmel Müşteri Sipariş Karşılama Oranı	Müşteri Sipariş Tam Karşılama Oranı	% Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	Müşteri Orijinal Termine Uyum Oranı	% Zamanında Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	Müşteri Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı	% Doğru evrakla Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	Müşteri Sipariş Mükemmel Kondisyon Oranı	% Uygun teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
Mükemmel Tedarikçi Sipariş Karşılama Oranı	Tedarikçi Sipariş Tam Karşılama Oranı	% Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	Tedarikçi Orijinal Termine Uyum Oranı	% Zamanında Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	Tedarikçi Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı	% Doğru evrakla Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	Tedarikçi Sipariş Mükemmel kondisyon Oranı	% Uygun teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
Mükemmel İade Sipariş Karşılama Oranı	İade Sipariş Tam Zamanında Karşılama Oranı	% Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	İade Sipariş Tam Karşılama Oranı	% Zamanında Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	İade Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı	% Doğru evrakla Teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı
	İade Sipariş Mükemmel kondisyon Oranı	% Uygun teslim edilen sipariş / Toplam sipariş miktarı

Kaynak: (APICS SCC, 2025)

Güvenilirlik özniteliği üç adet 1. seviye SCOR Modeli metriği ile sınıflandırılır:

a.1. Mükemmel müşteri siparişi tamamlama (RL.1.1): Mükemmel sipariş tamamlama, bir siparişin müşterinin beklentilerini tam olarak karşılayıp karşılamadığını ölçen kritik bir tedarik zinciri performans göstergesidir. Bu metrik, yalnızca ürünün doğru zamanda ve doğru miktarda teslim edilmesini değil, aynı zamanda eksiksiz ve doğru belgelendirme ile hasarsız teslimatı da kapsar. APICS sözlüğüne göre, mükemmel bir sipariş; doğru ürün/hizmet, doğru miktar, doğru durum, doğru yer, doğru zaman, doğru müşteri ve doğru maliyet olmak üzere tüm doğru adımları sağlamalıdır. Mükemmel Sipariş Tamamlama, tüm doğru adımların yanı sıra, irsaliye, konşimento, fatura gibi tüm gerekli belgelerin eksiksizliğini de değerlendirir (APICS SCC, 2025).

Mükemmel sipariş tamamlama hesaplaması, bir sipariş kaleminin dört temel bileşeninin performansına dayanır: ürün ve miktar doğruluğu, teslimatın zamanında,

doğru yere ve doğru müşteriye yapılması, belgelemenin eksiksiz ve doğru olması ve ürünün hasarsız ve müşteri spesifikasyonlarına uygun olması. Bir sipariş kaleminin mükemmel olabilmesi için bu dört bileşenin tamamının mükemmel olması gerekir. Her bir bileşen, mükemmel olarak değerlendirildiğinde bir puan, aksi takdirde sıfır puan alır. Eğer bu dört bileşenin toplam puanı dört ise, o sipariş kalemi mükemmel bir şekilde tamamlanmış demektir. O sebeple çalışmamızda her bir bileşenin ayrı ayrı hesabını sürece dahil ettik.

Bu metriğin temel veri kaynağı siparişlerdir. Tedarik zincirinin performansının mükemmel kabul edilmesi, müşteriye verilen ilk taahhüdün tedarik zinciri boyunca eksiksiz olarak yerine getirilmesi anlamına gelir. Bir sipariş, belirli miktarlarda malın teslim edilmesi veya belirli hizmetlerin sunulması talebini temsil eden bir veya daha fazla sipariş satırından oluşur. Müşteriye verilen taahhütler sipariş satırı düzeyindedir. Müşteri tarafından iptal edilen siparişler bu metriğe dahil edilmezken, müşteri tarafından başlatılan ve tedarikçi tarafından kabul edilen değişiklikler, ilk taahhütlerin yerini alarak yeni bir karşılaştırma temeli oluşturur (APICS SCC, 2025).

a.2. Mükemmel tedarikçi siparişi tamamlama (RL.1.2): Mükemmel Tedarikçi Siparişi Tamamlama, tedarikçiden gelen siparişlerin, eksiksiz ve doğru belgelendirme ile hasarsız teslimat dahil olmak üzere, belirlenen teslimat performans beklentilerini ne ölçüde karşıladığını gösteren kritik bir tedarik zinciri performans metriğidir. APICS sözlüğüne göre, mükemmel bir sipariş; doğru ürün, doğru miktar, doğru durum, doğru yer, doğru zaman, doğru müşteri ve doğru maliyet olmak üzere tüm doğruları sağlamalıdır. Mükemmel tedarikçi siparişi tamamlama, tedarikçi perspektifinden değerlendirilmesini kapsar ve sevk irsaliyesi, konşimento, fatura gibi tüm gerekli belgelerin eksiksizliğini de dikkate alır (APICS SCC, 2025).

a.3. Mükemmel iade siparişi tamamlama (RL.1.2): Mükemmel İade Siparişi Tamamlama, iade edilen siparişlerin, eksiksiz ve hatasız evrak işleri ile herhangi bir hasar olmaksızın, belirlenen teslimat performansı beklentilerini karşılama oranını ölçen kritik bir lojistik performans göstergesidir. APICS sözlüğünün tanımladığı üzere, ideal bir sipariş; doğru ürün, doğru miktar, doğru kondisyon, doğru lokasyon, doğru zaman, doğru alıcı ve doğru maliyet unsurlarını bünyesinde barındırmalıdır. Mükemmel İade Siparişi Tamamlama tüm bu unsurları iade süreci bağlamında değerlendirir ve sevk fişleri, taşıma belgeleri, faturalar gibi tüm ilgili belgelerin eksiksizliğini de hesaba katar.

SAP üzerinde veya herhangi bir kayıtlarda veriye ulaşılamaması sebebiyle çalışmamızda iade sipariş belge doğruluğu ve iade mükemmel kondisyon oranını sürece dahil etmedik (APICS SCC, 2025).

b. Cevap verebilirlik (RL): Cevap verebilirlik özneliği, müşteri siparişinden teslimata kadar olan görevlerin gerçekleştirilme hızını tanımlar. Cevap verebilirlik, iş yapma hızının sürekliliğine odaklanır. Kaynak sağlama, dönüştürme ve bir ürün veya hizmeti teslim etme hızına ilişkin çevrim süresi metrikleri, cevap verebilirlik örnekleridir. SCOR Modeli'nin cevap verebilirlik için temel performans göstergesi sipariş tamamlama çevrim süresidir.

Çizelge 3.6. Cevap Verebilirlik özneliği performans hesaplama formülasyonu

1. Seviye Metrikler	2. Seviye Metrikler	Formülasyon
Müşteri Sipariş Karşılama Çevrim Süresi	Sipariş Çevrim Süresi	Ortalama Müşteri Sipariş Yönetim Çevrim Süresidir
	Temin Çevrim Süresi	Ortalama Tedarikçi Sipariş Yönetim Çevrim Süresidir
	Üretim/Dönüşüm Çevrim Süresi	Ortalama Üretim/Dönüşüm Çevrim Süresidir
	Sevkiyat Çevrim Süresi	Ortalama Sevkiyat Çevrim Süresidir
	İade Çevrim Süresi	Ortalama İade Çevrim Süresidir

Kaynak: (APICS SCC, 2025)

b.1. Müşteri sipariş karşılama çevrim süresi (RS.1.1): Müşteri siparişi tamamlama çevrim süresi, müşterinin sipariş vermesiyle siparişi kabul etmesi arasındaki ortalama süredir. Hesaplama, tüm teslim edilen siparişlerin gerçek çevrim sürelerinin toplamının, toplam teslim edilen sipariş sayısına bölünmesiyle yapılır.

Brüt çevrim süresi, siparişin verilmesiyle tamamlanması arasındaki toplam süreyi kapsarken, kuruluşun gerçek cevap verebilirliğini yansıtmaz. Cevap verebilirlik, siparişi tamamlamak için gereken faaliyetlerin kümülatif süresidir ve bekleme süreleri hariç tutulmalıdır. Bu nedenle, müşteri siparişi tamamlama çevrim süresi, süreç zamanı ve bekleme süresinin toplamıdır. Bekleme süresi, müşterinin neden olduğu ve hiçbir faaliyetin gerçekleşmediği teslim süresidir.

c. Çeviklik (RL): Çeviklik özneliği, planlanmamış dış etkilere, aksaklıklara ve olaylara tepki/yanıt verme yeteneğini tanımlar. Dış etkiler şunları içerir:

- Öngörülemeyen talep artışları veya azalışları
- Tedarikçilerin veya ortakların işlerini bırakması
- Doğal afetler

- Siber terörizm ve fiziksel terörizm eylemleri
- Ekonominin durumuna bağlı olabilen finansal kaynakların mevcudiyeti
- İşgücü sorunları

SCOR Modeli'nin çeviklik için temel performans göstergesi tedarik zinciri çevikliğidir (APICS SCC, 2025).

Çizelge 3.7. Cevap Verebilirlik özneteliği performans hesaplama formülasyonu

1. Seviye Metrikler	2. Seviye Metrikler	Formülasyon
Tedarik Zinciri Çeviklik	Sipariş Çevikliği	Siparişin Tamamlanma Gün sayısı (%25 'lik değişikliğe karşın)
	Temin Çevikliği	Teminin Tamamlanma Gün sayısı (%25 'lik değişikliğe karşın)
	Üretim/Dönüşüm Çevikliği	Üretim/Dönüşüm Tamamlanma Gün sayısı (%25 'lik değişikliğe karşın)
	Sevkiyat Çevikliği	Sevkiyat Tamamlanma Gün sayısı (%25 'lik değişikliğe karşın)
	İade Çevikliği	İade Tamamlanma Gün sayısı (%25 'lik değişikliğe karşın)

Kaynak: (APICS SCC, 2025)

c.1. Tedarik zinciri çevikliği (AG.1.1): Tedarik zinciri çevikliği, kuruluşun talep veya tedarik kaynaklı beklenmedik büyük değişimlere karşı stratejik ve operasyonel tedarik zinciri yönetimini ne kadar hızlı uyarlayabildiğini ölçen bir yetenektir. Stratejik tedarik zinciri çevikliği, öngörülemeyen %25'lik bir talep artışını karşılamak için gereken süreyi (gün) ifade ederken, operasyonel tedarik zinciri çevikliği, genellikle 30 ila 60 günlük operasyonel planlama dönemi içinde sürdürülebilir üretim veya sevkiyat miktarındaki artış veya azalış oranını gösterir.

Stratejik tedarik zinciri çevikliği, tedarik etme, dönüştürme, sipariş oluşturma, tamamlama ve planlama süreçlerine ait öngörülen tedarik sürelerinin toplamı alınarak belirlenir. Operasyonel tedarik zinciri çevikliği ise, yeni öngörülen üretim veya sevkiyat hacminin, başlangıçta planlanan hacme oranlanmasıyla hesaplanır. Bu hesaplamaların her ikisinde de olası hızlandırma maliyetleri dikkate alınmaz (APICS SCC, 2025).

3.2.2 Gri sistem teorisi

Sistem düşüncesi, kökenleri derin tarihe uzanan bir anlayış olmakla birlikte, modern anlamda sistem teorisi, 20. yüzyılın başlarında Ludwig von Bertalanffy tarafından temellendirilmiştir. Bertalanffy, bir sistemi, karşılıklı etkileşim ve ilişki içinde bulunan ve bir bütün teşkil eden unsurların bir araya gelmesi olarak tanımlamıştır. Bu teorem, karmaşık yapıların, kendi içinde daha küçük ve birbirleriyle etkileşim halinde olan alt sistemlerden meydana geldiğini ileri sürmüştür. Dolayısıyla, daha küçük ölçekteki yapıların dahi, aralarında dinamik bir etkileşim ağı barındırdığı

savunulmuştur. Modern bilimin çeşitli alanlarında gözlemlenen mekanistik ve indirgemeci yaklaşımların yetersizliğini ele alarak, genel sistem teorisinin bütüncül bir perspektif sunma gerekliliğini ortaya koymaktadır. Fizik, biyoloji, psikoloji ve sosyal bilimlerdeki gelişmelerin, izole edilmiş parçalardan ziyade sistemlerin bir bütün olarak incelenmesi gerektiği yönündeki ortak eğilimi vurgulayan yazar, kendi geliştirdiği genel sistem teorisi fikrinin sibernetik gibi diğer sistem yaklaşımlarından önce ortaya çıktığını belirtmektedir. Modern bilimin ilerlemesiyle birlikte, çeşitli disiplinlerdeki teknik ve teorik yapıların artan karmaşıklığı, uzmanlaşmanın derinleşmesine ve dolayısıyla alt disiplinlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak bu yeni alt disiplinler arasındaki bağlantıların zayıf kalması, karmaşık olguların bütüncül bir şekilde anlaşılmasını zorlaştırmıştır. Bertalanffy' nin vurguladığı üzere, sistem yaklaşımı, bu disiplinler arası kopukluğun üstesinden gelmeyi ve farklı ölçeklerdeki yapıların etkileşimini anlamayı amaçlamıştır (Bertalanffy, 1968).

Gri sistem teorisi, temellerini JuLong' un 1982 tarihli Control Problems of Grey System adlı öncü makalesiyle atmıştır. Bu teorem, sosyal, ekonomik, biyolojik ve endüstriyel sistemler gibi çeşitli alanlardaki sistemleri temsil etmek üzere adlandırılırken, gri sistemler nitelemesini ise bilginin açıklık derecesini ifade eden renk metaforundan almıştır. Burada sözü edilen bilginin rengi, bilginin kesinliğine bağlı olarak beyaz, gri ve siyah spektrumunda konumlanmasını simgelemektedir. Gri sistem, kökenlerini kara kutu kavramından alarak hem bilinenleri hem de bilinmeyenleri bünyesinde barındıran bir yapı olarak tanımlanmıştır. Bu bağlamda kara kutu, iç işleyişi bilinmeyen bir sistemi temsil etmektedir (Liu ve Lin, 2006)

Yirminci yüzyıldan günümüze sistem teorileri arasında yerini alan Gri Sistem Teorisi (GST), özellikle belirsizlik içeren, sınırlı veya eksik bilgiye sahip sistemlerin analizinde alternatif bir yaklaşım sunmuştur. Bilgiyi siyah (bilinmeyen), gri (kısmi bilinen) ve beyaz (tam bilinen) olarak kategorize eden GST, küçük örneklem boyutlarıyla ve dağılım varsayımı olmaksızın çalışabilme yeteneği sayesinde, endüstriyel sistemlerden ekonomik analizlere kadar geniş bir yelpazede uygulama alanı bulmuştur. Gri üretim, gri tahmin, gri ilişki analizi, gri karar verme, gri modelleme ve gri kontrol gibi alt metodolojileri barındıran GST, değeri kesin olarak bilinmeyen ancak sınırları tanımlanabilen gri sayılar ve bunların beyazlaştırılması süreçleriyle karmaşık sistemleri daha anlaşılır kılmayı hedeflemektedir (Liu ve Lin, 2006).

Bir sistemde eksik bilgi durumundan bahsedilmesi için aşağıdaki durumlardan birinin oluşması gerekir:

- 1- Sistem içindeki parametreler ile ilgili bilgilerde eksiklik olması,
- 2- Sistemin yapısı ile ilgili bilgilerde eksiklik olması,
- 3- Sistemin sınırları ile ilgili bilgilerde eksiklik olması,
- 4- Sistem içindeki hareketlerin davranışları ile ilgili bilgilerde eksiklik olması (Liu ve Lin, 2006).

Gri sistem teorisinde, bir sistemin iç yapısı tümüyle biliniyorsa beyaz sistem, kısmen bilinip kısmen bilinmiyorsa gri sistem, tümüyle bilinmeyenler ise siyah sistem olarak adlandırılmıştır. Belirsizliklerin hâkim olduğu durumlarda kullanımının öncelikli olduğu bu yöntemin matematiksel işlemleri, işlevleri ve uygulama alanları ise Ju-Long'un 1989 tarihli Introductions to Grey System adlı eserinde ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır (Julong, 1982).

	Beyaz Sistem	Gri Sistem	Siyah Sistem
Bilgi	Biliniyor	Eksik	Bilinmiyor
Görünüm	Açık	Bulanık (gri)	Koyu
Süreç	Eski	Değişiyor	Yeni
Özellik	Düzen	Karmaşık	Kaos
Yöntem	Olumlu	Değişiyor	Olumsuz
Davranış	Net	Tolerans	Hoşgörü
Sonuç	Benzersiz çözüm	Çoklu çözüm	Çözüm yok

Şekil 3.3. Sistem Karşılaştırmaları (Liu ve Lin, 2006)

Gri sistem teorisinin iki ögesinden bahsetmek gerekirse bunlar a. gri sayı, b. grilik derecesidir.

a. Gri Sayı: Gri sistem teorisinde bilgi eksikliği nedeniyle değeri kesin olarak belirlenemeyen, ancak alabileceği değerler için sınırları bilinen sayılar gri sayı olarak tanımlanmıştır. Tanım: $\alpha \in \mathbb{R}$ olmak üzere α , alt sınırı α^- , üst sınırı, t bilgiyi ve $\otimes$ bilgi değerine ait gri sayıyı temsil etmek üzere;

$$\otimes \in [\underline{\alpha}, \alpha^-] = \{t \in \otimes \mid \underline{\alpha} < t < \alpha^-\} \quad (1)$$

Alt sınırları olan ancak üst sınırları olmayan gri sayılar, $\otimes \in [\underline{\alpha}, \infty]$ ile gösterilmektedir. Üst sınırları olan ancak alt sınırları olmayan gri sayılar ise, $\otimes \in [-\infty, \alpha^-]$ ile gösterilmektedir. Hem alt hem de üst sınırları bulunan gri sayılar ise, aralıklı gri sayı olarak ifade edilirken, $\otimes \in [\underline{\alpha}, \alpha^-]$ ile gösterilmektedir. Sınırların durumuna göre yukarıda üç şekilde sınıflandırılan gri sayılar, sınırların durumuna göre beyaz sayı veya siyah sayı olarak da sınıflandırılabilir. Siyah sayılar açısından hiçbir bilgiye ulaşamazken, beyaz sayılar açısından bir kesinlik söz konusudur. Ne üst ne alt sınırı

olan sayılar veya $\otimes \in [\otimes_1, \otimes_2]$ şeklinde ifade edilen sayılar siyah sayı olarak ifade edilir ve $\otimes \in [-\infty, +\infty]$ ile gösterilmektedir (Liu ve diğ., 2017).

b. Grilik derecesi ise, bilgi eksikliği olan gri bir sayı için belirsizliğin ölçümüdür ve gri bir sayı ile temsil edilen bilinmeyen aralığın önemini ifade etmektedir (Yang ve John, 2012).

Tanım 3.1: Ω gri sayının bulunduğu evreni ve $\mu(\otimes)$ gri sayının alan ölçüsünü ifade etmek üzere grilik derecesi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$g(0) = \mu(\otimes) / \mu(\Omega) \quad (2)$$

Gri sayıların beyaz sayılara dönüştürülmesi işlemine gri sayıların beyazlaştırılması denilmektedir. Beyazlaştırma işlemi iki türde yapılır.

İlk beyazlaştırma yöntemi, belirli bir sabit sayı civarında temsil edilebilen bir gri sayı grubunun, sabit değeri α ve etrafındaki titreşim değeri (vibration) $\delta\alpha$ olmak üzere;

Tanım 3.2: Gri sayının beyazlatma değerini aşağıdaki gibi ifade edilir

$$\otimes(a) = a + \delta a \quad (3)$$

$\otimes(a) = a$, gri sayının beyazlatma değerini ifade etmektedir. Buradaki δa terimi ise, gri sayının belirsizliğinden dolayı sabit değer α 'ya kesin olarak eşit olmamasından kaynaklı eklenen veya çıkartılan düzeltme değeri olarak tanımlanmıştır. $\delta a = 0$ olarak alınması durumunda $\otimes(a)$ beyaz sayı olarak ifade edilmektedir. İkinci tür beyazlaştırma yöntemi hem alt ve hem de üst sınıra sahip olan aralıklı gri sayılar için uygulanan beyazlaştırma işlemidir.

$\otimes \in [a, b]$ aralıklı bir gri sayıyı, α ağırlık değerini ve $\tilde{\otimes}$ beyazlatma değerini ifade etmek üzere;

Tanım 3.3: Gri sayı beyazlaştırma

$$\tilde{\otimes} = \alpha a + (1 - \alpha) b, \alpha \in [0, 1] \quad (4)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Eğer ağırlık değeri, $\alpha = 0.5$ ise, beyazlaştırma değeri eşit ağırlıklı ortalama beyazlaştırma olarak ifade edilir. Bu özellikle, aralıklı gri sayıların dağılımının bilinmediği durumlarda kullanılır. Beyazlaştırma işlemine bir örnek olarak, bir kişinin yaşının 36-40 aralığında olduğunun bilindiği ve buna dair başka bir bilginin bilinmediği varsayıldığında, bu durum gri sayı olarak $\otimes 1 \in [32, 40]$ şeklinde

gösterilmektedir. Ve bu gri sayının beyazlaştırma değeri ise, eşit ağırlıklı ortalama beyazlaştırma kullanılarak $\tilde{\otimes} = 0.5 \cdot 32 + (1 - 0.5) \cdot 40 = 36$ (Liu ve Lin, 2006).

SAP sisteminde yer almayan tedarik çevrim süresi, üretim çevrim süresi, sevkiyat çevrim süresi, iade çevrim süresi tüm tesislerin sorumluluğunda olan lojistik yöneticilerinden aşağıdaki çizelgedeki ölçüt çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.8. Gri Sistem $\otimes v_j$ yardımıyla öznitelik değerlendirme

Ölçüt	Açıklama	Değer
ÇY	Çok Yüksek	[0,8;1,0]
Y	Yüksek	[0,6;0,8]
O	Orta	[0,4;0,6]
D	Düşük	[0,2;0,4]
ÇD	Çok Düşük	[0,0;0,2]

Burada metodolojik uygulama çerçevesinde çok adımlı bir prosedür izlenilecektir. Bu örnek uygulamada, SCOR Modeli'nin üç temel performans kategorisi olan güvenilirlik, cevap verebilirlik ve çeviklikten, 12 adet otomotiv tesisin performansını değerlendirmek üzere performans metrikleri kullanılacaktır. Performans kategorisinden yukarıda belirtilen kriterlerde, belirli sayıda süreç performans ölçüsü seçilecektir. Bu örneklerle ait ham veriler ve metrikler bir tabloda sunulacaktır. Her bir tesis için, yeterli sayısal veri olmadığı metriklerde dışsal bir değerlendirmeyi lojistik yöneticilerinin Çizelge 3.8 'deki skalada yapmaları sonucu olarak genel iş performans skorları olarak kabul edilecektir.

3.2.3 Kaba küme teorisi

Kaba Küme teorisi, temelleri 1982 yılında Z. Pawlak tarafından atılmış bir yaklaşımdır. Bu teori, kesin olmayan bilginin muğlaklığı ve anlaşılma zorluğuna odaklanan bir metottur. Kaba Küme teorisinde, nesnelerin sınıflandırılmasının esası denklik sınıflarına dayanmaktadır. Bu teorenin gayesi, bir evrensel kümenin herhangi bir alt kümesi verildiğinde, alt yaklaşım ve üst yaklaşım vasıtasıyla bu alt kümenin nitelendirilmesidir. Kaba Küme teorisi, mevcut bilgiyle tam olarak belirlenemeyen kümelerin yaklaşımlar yardımıyla tanımlanmasına ve eksik bilgiye dayalı çıkarım gibi çeşitli sorunların çözümünde bir araç olmuştur. Kesin olmayan bilgiler için yeni bir

matematiksel metot olan bu teori, yapay zekâ, tıp, makine öğrenmesi ve veri madenciliği gibi pek çok uygulama sahası bulmuştur.

Tanım 3.4 U sonlu sayıda nesnenin evrensel kümesi ve $U \times U$ kartezyen çarpımının herhangi bir R alt kümesi U üzerinde bir bağıntıya karşılık gelir. Eğer R bağıntısı yansımali, simetrik ve geçişli olma özelliklerini sağlıyorsa, bu bağıntıya denklik bağıntısı denir. Burada U evrensel küme, R ise ayırt edilemezlik bağıntısı olarak adlandırılır. R 'nin U üzerinde bir denklik bağıntısı olması durumunda (U, R) ikilisine yaklaşım uzayı denir (Suraj, 2004).

Tanım 3.5 U boş olmayan sonlu sayıda nesnenin evrensel kümesi R , U üzerinde bir denklik bağıntısı ve $x \in U$ olsun. U üzerinde R yardımıyla x ' in denklik sınıfı şu şekilde tanımlanır (Suraj, 2004).

$$R(x)=[x]_R= \{y \in U : xRy\} \quad (5)$$

Bu denklik sınıfları, verilen bilgilerin tam olarak anlaşılması için bilgi parçalarını oluşturur.

Tanım 3.6 (U,R) bir yaklaşım uzayı ve $\emptyset \neq X \subseteq U$ olsun.

$$R(x)=\{x \mid [x] \cap R \subseteq X\} \quad (6)$$

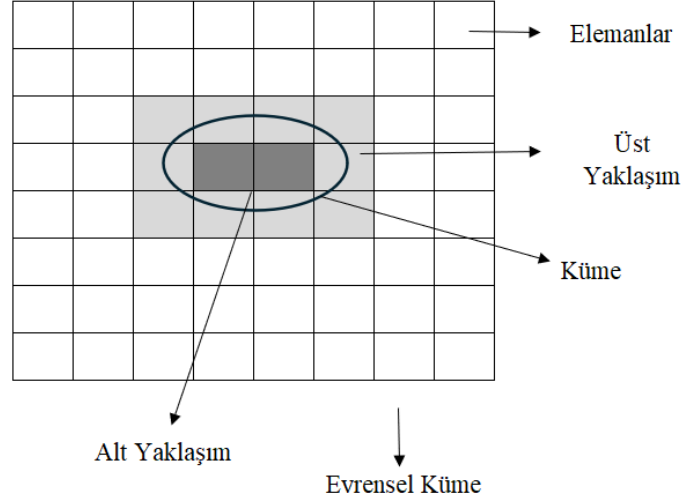
$R(x)$ kümesine (U,R) yaklaşım uzayında X kümesinin alt yaklaşımı denir. Buna göre, X 'in alt yaklaşımı, X tarafından tamamen kapsanan denklik sınıflarının birleşiminden oluşur. Başka bir deyişle, denklik sınıfı X 'in içinde olan elemanların oluşturduğu kümedir.

Tanım 3.7 (U,R) bir yaklaşım uzayı ve $\emptyset \neq X \subseteq U$ olsun.

$$R(x)=\{x \mid [x] \cap R \cap X \neq \emptyset\} \quad (7)$$

$R(x)$ kümesine (U,R) yaklaşım uzayında X kümesinin üst yaklaşımı denir. X in üst yaklaşımı, denklik sınıfı ile X in kesişimi boş olmayan elemanların oluşturduğu kümedir. $R(X)$, X kümesinde olması muhtemel elemanlardan oluşur. Burada $x \in X$ için $[x] \cap R \cap X \neq \emptyset$ olabilir. Yani X kümesinin üst yaklaşımında olan bir eleman, X kümesinin elemanı olmayabilir (Suraj, 2004).

Bir küme üzerindeki denklik bağıntısına göre belirlenen denklik sınıfları yardımıyla verilen kümenin alt ve üst yaklaşımları, aşağıdaki şekilden daha kolay anlaşılabilir.



Şekil 3.4. Bir evrensel kümenin alt ve üst yaklaşımları (Pawlak, 1982).

Kaba küme teorisinin temel kavramlarını veri analizi bağlamında, yani doğrudan veri tabloları üzerinden açıklamıştır. Bu yaklaşım, teorisinin daha genel ve soyut tanımlarından farklılık göstermiş ve pratik uygulamalar için önem taşımıştır.

Çizelge 3.9 'de gösterilen çok basit bir bilgi sistemini ele alalım. Nesne kümesi U , yedi nesneden oluşmaktadır ve öznitelik kümesi iki özniteliği içermektedir: Yaş ve minimum motor beceri skorunu. Öncelikle, bir bilgi sistemi bir tablo olarak ele alınmıştır. Bu tabloda satırlar nesneleri sütunlar ise bu nesnelere ait ölçülebilir yaş, motor becerisi gibi özellikleri temsil etmiştir. Eğer bu sisteme bir de karar niteliği eklenirse (örneğin yürüme yeteneği), bu artık bir karar sistemi olarak adlandırılmıştır ve denetimli öğrenme süreçlerinde kullanılmıştır. Çizelgedeki bazı nesnelerin aynı özellik değerlerine sahip olması durumunda ise bu nesneler, kullanılan özellikler açısından ayırt edilemez olarak kabul edilmiştir (Pawlak, 1982).

Çizelge 3.9. Ayırt Edilemezlik Bilgi Sistemi

Değişken	Yaş	Min Motor Beceri Skor	Yürüme
X1	16-30	50	Evet
X2	16-30	40	Evet
X3	20-35	15-20	Evet
X4	30-45	26-49	Hayır
X5	45-60	26-49	Evet
X6	20-30	26-49	Evet
X7	50-60	26-49	Hayır

Kaynak: (Pawlak, 1982)

Kaba küme teorisinin temelinde küme yaklaştırması yatmaktadır. Belirli bir nesne kümesini örneğin yürüyeabilen hastalar elimizdeki özellikler aracılığıyla tam olarak tanımlamak her zaman mümkün olmamıştır. İşte bu noktada alt yaklaştırma ve üst yaklaştırma kavramları devreye girmiştir. Bu iki küme arasındaki fark ise sınır bölgesi olarak adlandırılmıştır ve nesnelerin hangi kümeye ait olduğuna dair kesin bir karar verilemeyen belirsizliği temsil etmiştir. Sınır bölgesi boş olmayan kümeler kaba küme olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, bir kümenin ne kadar kaba olduğunu sayısal olarak ifade eden bir yaklaşım doğruluğu katsayısı da tanımlanmıştır. Son olarak, metin nitelik indirgeme ve karar kuralı sentezi konularına değinmiştir. Nitelik indirgeme, karar verme sürecini etkilemeden veri setindeki gereksiz veya tekrarlayan özellikleri eleyerek veri setini basitleştirmeyi amaçlamıştır. Bu süreçte indirgemeler (orijinal özellik kümesiyle aynı ayırt ediciliği sağlayan en küçük alt kümeler) ve çekirdek (bütün indirgemelerde ortak bulunan en önemli özellikler) gibi kavramlar tanımlanmıştır. Elde edilen indirgenmiş veri setleri üzerinden ise karar kuralları örneğin eğer baş ağrısı yoksa ve sıcaklık yüksekse, grip çıkarılmıştır. Bu kurallar, veri setindeki örüntüleri ve ilişkileri anlamamıza yardımcı olmuş ve gelecekteki durumlar için tahminlerde bulunmamızı sağlamıştır (Pawlak, 1982).

3.2.3.1 Komşuluk kaba küme teorisi

Komşuluk kaba kümeler (neighborhood rough sets), geleneksel kaba kümeler teorisinin bir genişlemesidir. Geleneksel kaba kümelerde, bir kümenin alt ve üst sınırları kesin eşitlik ilişkilerine dayanır. Yani, bir nesnenin bir kümeye kesin olarak ait olup olmadığına karar verilir. Ancak gerçek dünya problemlerinde, verilerde belirsizlikler ve toleranslar olabilir. İşte tam bu noktada komşuluk tabanlı kaba kümeler devreye girer. Bu yaklaşımda, bir nesnenin bir kümeye ait olup olmadığına karar verirken, sadece kesin eşitlik değil, aynı zamanda bir mesafe ilişkisi de dikkate alınır (Bai ve diğ., 2012)

Mesafe İlişkisinin Rolü:

1. Öznitelikler arasındaki benzerliği veya farklılığı ölçmek için bir mesafe fonksiyonu kullanılır. Örneğin, sayısal öznitelikler için Öklid mesafesi, kategorik öznitelikler için Hamming mesafesi gibi farklı mesafe ölçüleri kullanılabilir.
2. Belirli bir eşik değerine (komşuluk yarıçapı) göre, bir nesnenin komşuları belirlenir. Bu komşular, o nesneye belirli bir mesafede olan diğer nesnelerdir.

3. Bir kümenin alt ve üst sınırları belirlenirken, sadece kesin olarak kümeye ait olan veya kesin olarak küme dışında olan nesneler değil, aynı zamanda bu komşuluk ilişkisi de hesaba katılır.

Sonuç olarak: Komşuluk tabanlı kaba kümeler, geleneksel kaba kümelerin katı sınırlarını esnetir. Bir kümenin sınırları daha bulanık hale gelir, çünkü nesnelerin kümeye ait olma olasılığı, komşularının küme üyeliğine göre de değerlendirilir. Bu esneklik, gürültülü veya belirsiz verilerle çalışırken daha anlamlı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir (Bai ve diğ., 2012).

Verilen herhangi bir $x_i \in U$ ve $B \subseteq C$ için, x_i 'nin b öznitelik uzayındaki komşuluğu $\delta_B(x_i)$ aşağıdaki şekilde tanımlanır. Komşuluk, x_i 'ye belirli bir δ eşik değerinden daha yakın olan tüm nesneleri (x_j) içerir. Yakınlık, Δ ile gösterilen bir uzaklık fonksiyonu ile ölçülür.

$$\delta_B(x_i) = \{x_j | x_j \in U, \Delta_B(x_i, x_j) \leq \delta\} \quad (8)$$

Aşağıdaki denklem p -normuna dayalı mesafeyi hesaplar. Bu hesaplama, nesnelerin her bir özniteliğindeki gri tabanlı alt ve üst değerlerinin farklarını dikkate alır. p değeri 1 ise Manhattan mesafesi, 2 ise Öklid mesafesi ve sonsuz ise Chebychev mesafesi elde edilir.

$$\Delta_p(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_k) = \left(\sum_{j=1}^N \left| (\underline{\mathbf{v}}_{ij} - \underline{\mathbf{v}}_{kj})^2 + (\overline{\mathbf{v}}_{ij} - \overline{\mathbf{v}}_{kj})^2 \right|^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{p}} \quad (9)$$

Aşağıdaki denklem gri ölçekli veriler için özel olarak tanımlanmış Chebychev mesafesini gösterir. Bu mesafe, iki nesnenin tüm özniteliklerindeki gri değerlerinin alt ve üst sınırları arasındaki en büyük farkın karekökünü alır.

$$\Delta_p(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_k) = \max_j \left| (\underline{\mathbf{v}}_{ij} - \underline{\mathbf{v}}_{kj})^2 + (\overline{\mathbf{v}}_{ij} - \overline{\mathbf{v}}_{kj})^2 \right|^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Tanım 3.8 komşuluk kaba kümeleri, bir A kümesinin B kümesi içindeki dahil olma derecesi ($I(A, B)$) kullanılarak da tanımlanabilir ve genelleştirilebilir. Bu dahil olma derecesi, A ve B 'nin kesişiminin eleman sayısının ($|A \cap B|$), A 'nın eleman sayısına ($|A|$) oranı olarak hesaplanır. Burada A 'nın boş küme olmaması gerekmektedir. Bu dahil olma derecesi, bir komşuluk kaba kümesinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak kullanılabilir. Denklem aşağıdaki gibi gösterilir.

$$I(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A|}, \quad A \neq \emptyset \quad (11)$$

Tanım 3.9 Bu tanıma göre ,komşuluk karar sisteminde $(\langle U, C \cup D, N \rangle)$ verilen herhangi bir $X \subseteq U$ alt kümesi için, X 'in alt ve üst kümeleri şu şekilde tanımlanır:

$$\begin{aligned}\underline{N^k}X &= \{x_i | I(\delta(x_i), X) \geq k, x_i \in U\}, \\ \overline{N^k}X &= \{x_i | I(\delta(x_i), X) \geq 1 - k, x_i \in U\},\end{aligned}\tag{12}$$

burada $1 \geq k \geq 0.5$ 'tir.

Koşullu öznitelik önem belirlemesi şimdi tanımlanmıştır ve komşuluk kümesini azaltmamıza yardımcı olacaktır.

Tanım 3.10 bir komşuluk karar tablosu $\langle U, C \cup D, N \rangle$, uzaklık fonksiyonu Δ ve komşuluk büyüklüğü δ için, D (karar öznitelikleri) kümesinin B 'ye olan bağımlılık derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$\gamma_B(C) = \frac{|POS_B(C)|}{|U|}\tag{13}$$

$POS_B(D)$, karar D' nin alt yaklaşımıdır ve her bir karar sınıfının alt yaklaşımlarının birleşimi olarak tanımlanır. Bu nedenle, $\gamma_B(D)$, B kümesinin D' yi yaklaşık olarak ifade etme yeteneğini yansıtır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu komşuluk karar sistemindeki ögeler, on iki üretim tesisini temsil etmektedir. Seçilen performans ölçüsü sayısına bağlı olarak, ilgili tablodan belirli sayıda koşullu öznitelik performans ölçüsü alınacak ve her bir performans ölçüsünün değer aralığı tablonun altında özetlenecektir. Bu ham verilerin bir kısmı kesin değerler, bir kısmı aralık değerleri ve bir kısmı da nitel yargılara dayanmaktadır. Bu farklı türdeki değerlendirmelerin her biri normalize edilecek ve gri tabanlı sayılara dönüştürülecektir. Çalışma esnasında microsoft excel programında macro yardımıyla iterasyonlar oluşturulmuş ve model başına 121 adet iterasyon yapılmış, sonuçlar kaydedilmiştir.

Özetle, bu adımda, 12 tesisten oluşan bir evren tanımlanmaktadır. Koşullu öznitelikler, belirlenen üç temel performans kategorisinden alınan iş süreç odaklı performans ölçüleridir. Karar öznitelikleri ise, tesislerin genel iş süreç performansını temsil eden ayrık değerlerdir. Ham veriler farklı formatlarda sunulmakta olup, yukarıda bahsedilen formülasyona göre yapılacak hesaplamaların ardından gri tabanlı sayılara dönüştürülecektir. Komşuluk kaba küme teorisinin uygulamasında takip edilecek yedi adım, literatürde tek olan Bai ve diğ. (2012) çalışmalarından esinlenilmiştir. Bu çalışma ile Bai ve diğ. (2012) çalışması arasında, komşuluk kaba küme teorisinin belirsizlik içeren performans değerlendirme problemlerine uygulanması noktasında temel bir entegrasyon mevcuttur. Her iki çalışma da bu entegre yaklaşımı benimserken, belirli noktalarda önemli farklılıklar göstermektedir:

1. Veri Evreni ve Gerçekçilik; Bu çalışma, 12 adet gerçek üretim tesisinin performans ölçümünü hedeflerken, veri kısıtlılığı altında gerçek bir uygulama sunmaktadır. Buna karşılık, Bai ve diğ. (2012) çalışması 30 adet gerçek olmayan tedarikçi verisi üzerinden ilerlemekte ve yalnızca tedarikçi alt başlığı altında performans ölçümüne odaklanmaktadır. Dolayısıyla, veri toplama şekilleri ve verilerin gerçekliği açısından çalışmalar tamamen farklıdır.
2. Tedarik Zinciri Kapsamı; Her iki çalışma da geleneksel tedarik zinciri performans ölçüm sistemlerinde veri madenciliği yaklaşımlarının sınırlılıklarına dikkat çekmektedir. Ancak, bu çalışmada SCOR Modeli'nin lojistik faaliyetler kapsamında, ekonomik ve çevresel faktörlerin dışında tedarik zincirinde dayanıklılık bütünselliği araştırılırken; Bai ve diğ. (2012) çalışmasında çok değişkenli varsayımların kısıtlayıcı olabileceği belirtilmiş ve çevresel-

sürdürülebilirlik gibi performans ölçüm metodlarıyla daha geniş bir alanda daha az ve gerçek dışı veriyle çalışılmıştır.

3. Karar Öznitelikleri; Her iki çalışmada da ayırık değerler kullanılmaktadır. Bu çalışmada tesislerin genel iş süreç performansını temsil eden ayırık değerler karar öznitelikleri olarak tanımlanırken, örnek alınan çalışmada tedarikçilerin genel iş ve çevre değerlendirme skorları karar öznitelikleri olarak kullanılmıştır.
4. Mesafe Metriği ve Parametreler; Mesafelerin hesaplanmasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmada Chebyshev mesafesi olasılığından bahsedilirken, Bai ve diğ. (2012) çalışmasında Minkowski mesafesi ve özellikle Öklid mesafesi vurgulanmaktadır. Ayrıca, komşuluk parametresi olarak bu çalışmada $\delta=0,35$ belirlenmişken, örnek çalışmada $d=0,4$ kullanılmıştır.
5. Performans Metriği Sayısı: Performans metriği sayısı açısından da farklılıklar vardır; bu çalışmada 17 adet performans metriği kullanılırken, örnek çalışmada 15 adet performans metriği mevcuttur.

Özetle, her iki çalışma da belirsizlik içeren performans değerlendirme problemlerine çözüm sunmak için gri sistem teorisi ve kaba küme teorisinin entegrasyonunu temel almakta ve komşuluk ilişkileri üzerinden analizler yapmaktadır.

Adım 1: Komşuluk Karar Sisteminin Oluşturulması

Bu komşuluk karar sistemindeki ögeler 12 tesis temsil ederken, 19 adet koşullu ve performans ölçüleri ve sonuçlar bulunmaktadır. Performans ölçüleri Çizelge 3.4' ten alınmıştır ve her bir performans ölçüsünün değer aralığı Çizelge 4.1' in altında özetlenmiştir. Her bir tesis için harici genel iş değerlendirme skorlarının sırasıyla D_1 ve D_2 karar öznitelikleri olarak kabul edildiği varsayılmaktadır. Bu iki değer ilerleyen sayfalarda detaylıca açıklanacaktır. Dikkat edilmelidir ki, bu ham değerlerin bir kısmı kesin değerler, bir kısmı aralık değerleri ve bir kısmı da nitel yargılara dayanmaktadır. Bu farklı türdeki değerlendirmelerin her biri normalize edilecek ve gri tabanlı sayılara dönüştürülecektir.

Adım 2: Uyarlanmış Komşuluk Karar Sistem Geliştirmesi

Değerlendirmelerde tutarlılık sağlamak amacıyla, her bir koşullu performans ölçümü için metrik değerlerinin ve sonraki tüm hesaplamalarını benzer ölçekler kullanmasını sağlayacak bir normalizasyon prosedürü uygulanmıştır. Bu normalizasyon

işlemi, tüm koşullu performans ölçümü değerlerini $[0,0] \leq \otimes v_j \leq [1,1]$ aralığında gri tabanlı sayılara dönüştürecektir.

Veri setimizde üç tür değerlendirme bulunmaktadır: kesin sayılar, aralık sayıları ve nitel değerlendirmeler. Bu değerler iki alt adımda normalize edilecektir. İlk alt adım, sayıları alt ve üst değer olarak genel bir gri sayıya dönüştürmektir. İkinci alt adım ise normalize edilmiş gri sayıya ulaşmaktır (Bai ve diğ., 2012).

Farklı formatlardaki performans ölçüsü verilerini kesin sayılar, aralıklar, nitel yargılar olarak tutarlı bir şekilde işlemek için bir normalizasyon sürecinden bahsedilmektedir. Amaç, tüm bu farklı veri türlerini $[0,1]$ aralığında gri sayılara dönüştürerek, sonraki analizlerde aynı ölçeği kullanmaktır. Bu normalizasyon işlemi iki aşamada gerçekleştirilecektir:

1. Genel Gri Sayıya Dönüştürme: İlk olarak, her bir veri noktası (kesin sayı, aralık veya nitel değerlendirme), bir alt ve bir üst sınıra sahip bir gri sayı formatına çevrilecektir.
2. Normalize Edilmiş Gri Sayıya Ulaşma: İkinci olarak, elde edilen bu genel gri sayılar, $[0,1]$ aralığına ölçeklenerek normalize edilmiş gri sayılar elde edilecektir.

Bu iki alt adıma dair her bir veri türü için örneklerin verileceği belirtilmektedir. Bu normalizasyon prosedürü, farklı türdeki verilerin karşılaştırılabilir hale gelmesini ve sonraki analizlerin anlamlı bir şekilde yapılabilmesini sağlayacaktır.

Alt Adım 1: Tüm Sayıları Gri Sayılara Dönüştürme

Bu alt adımda tüm bu gri sistem dönüşümleri bahsedilen üç ayrı formda tamamlanır. Bunlar; kesin sayıları bir gri sayıya dönüştürmek, aralıktaki olan değerleri gri sayılara dönüştürmek, likert ölçeği değerlendirme sonuçlarını gri sayılara dönüştürmektir.

İlk örnek, kesin sayıları bir gri sayıya dönüştürmedir. Bu sayıları gri sayılara çevirmek için numaralı ifadeyi kullanırız:

$$\otimes v_{ij} = \{[\underline{v}_{ij}, \overline{v}_{ij}] | \underline{v}_{ij} = v_{ij} = \overline{v}_{ij}\} \quad (14)$$

Bu denkleme göre RL.2.1 müşteri siparişi tam karşılama oranı tesis 1 için $[1,0]$ (%100)' dir. Dolayısıyla gri sayılardaki karşılığımız $[1;1]$ olacaktır.

Aynı durumda RS.2.1 sipariş çevrim süresi aralığında olacağı için $[0,5;1,2]$ gri sistemlere uygun olacaktır.

RS.2.4 sevkiyat çevrim süresi tesis 1 için “düşük” olarak betimlenmiştir. Çizelge 3.8’ e göre “düşük” [0,2;0,4] olarak değer alır.

Alt Adım 2: Tüm Gri Sayıları Normalize Etme

Bir önceki alt adımda tüm sayıları gri sayılara çevirmiştik. Şimdi ise tüm gri sayıların normalize edilmesini değerlendirir ve $\tilde{v}_{ij}$ i tesisi için j performans ölçüsünün normalize edilmiş değeridir. $v_j^{\max}$ j performans ölçüsünün maksimum (en iyi) tarihsel değeridir. $v_j^{\min}$ j performans ölçüsünün minimum (en kötü) tarihsel değeridir.

$$\underline{\tilde{v}_{ij}} = \frac{|v_{ij} - v_j^{\min}|}{|v_j^{\max} - v_j^{\min}|}, \quad \overline{\tilde{v}_{ij}} = \frac{|\overline{v_{ij}} - v_j^{\min}|}{|v_j^{\max} - v_j^{\min}|} \quad (15)$$

(15) ‘nolu ifade kullanılarak Tesis 1 için RL.2.1 değeri

($\underline{\tilde{v}_{ij}} = [1-0,95]/[1-0,95] = 1$ $\overline{\tilde{v}_{ij}} = [1-0,95]/[1-0,95] = 1$) ‘den dolayı [1,1] olacaktır.

Diğer ifadeleri de bu adımlarla normalize ederiz. Tüm normalize edilmiş değerleri Çizelge 4.2’ de listeleriz. Bu çizelgenin son iki sütununda harici değerlendirmeler yer almaktadır. 1 değeri daha zayıf bir değerlendirmeyi, 2 değeri ise daha iyi bir değerlendirmeyi temsil etmektedir. Bu değerler ayrıklaştırılmıştır ve değerlerin ayrıklaştırılması, gruplar arasında daha iyi ayırım yapılmasına yardımcı olur. Buradaki harici değerlendirme setleri D_1 ve D_2 öğelerinden materyal bölümünde bahsetmiştik.

Çizelge 4.1 Tesis Bazlı Performans Metrikleri ve Değer Aralığı matrisi

	RL.2.1	RL.2.2	RL.2.3	RL.2.4	RL.2.5	RL.2.6	RL.2.7	RL.2.8	RL.2.9	RL.2.10	RS.2.1	RS.2.2	RS.2.3	RS.2.4	RS.2.5	AG.2.1	AG.2.2	D1	D2
Fabrika	Müş. Sip. Tan Karşılama %	Müş. Orjinal Termine Uyum %	Müş. Sip. Doküman Doğruluğu %	Müş. Sip. Mükemmel Kondisyon %	ted. Sip. Tan Karşılama %	ted. Orjinal Termine Uyum %	Ted. Sip. Doküman Doğruluğu %	Ted. Sip. Mükemmel Kondisyon %	İade Sip. Tan Zamanında Karşılama %	İade Sip. Tan Karşılama %	Sipariş Çevrim Süresi (s)	Tedarik Çevrim Süresi	Üretim Çevrim Süresi	Sevkiyat Çevrim Süresi	İade Çevrim Süresi	Sipariş Çevrim Süresi (g)	Tedarik Çevrim Süresi (g)	D1 Genel dış değerlendirme	D2 Genel dış değerlendirme
1	1,00	0,99	1,00	1,00	0,96	0,96	0,96	0,94	0,92	1,00	[0,5,1,2]	O	O	D	O	5,26	3,30	2,00	2,00
2	0,97	0,92	0,99	0,95	0,98	0,93	0,93	0,92	0,94	0,97	[12,24]	Y	Y	O	Y	5,59	4,00	2,00	2,00
3	0,95	0,90	0,98	0,94	0,95	0,93	0,95	0,95	0,92	0,95	[8,24]	ÇY	O	D	ÇY	7,7	4,30	1,00	2,00
4	1,00	0,99	0,99	0,99	0,97	0,92	0,98	0,96	0,93	1,00	[1,2]	O	D	ÇD	D	5,74	5,00	1,00	1,00
5	0,98	0,98	0,98	0,98	0,96	0,92	0,94	0,96	0,94	0,98	[0,6,1,4]	D	O	D	O	2,7	5,50	2,00	2,00
6	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97	0,98	0,92	0,96	[8,16]	Y	O	O	O	7,66	6,00	1,00	1,00
7	0,97	0,95	0,96	0,96	0,96	0,92	0,97	0,97	0,91	0,97	[12,24]	ÇY	Y	O	D	9,64	4,50	2,00	2,00
8	0,98	0,97	0,98	0,98	0,97	0,95	0,96	0,94	0,90	0,98	[8,24]	ÇY	O	O	O	8,76	5,00	2,00	1,00
9	0,95	0,94	0,97	0,95	0,95	0,93	0,98	0,96	0,90	0,96	[12,24]	Y	Y	Y	Y	7,53	4,00	1,00	2,00
10	1,00	0,98	1,00	0,99	0,96	0,98	0,97	0,91	0,89	1,00	[0,5,1]	O	D	D	D	7,51	6,00	2,00	2,00
11	0,98	0,93	0,98	0,96	0,95	0,97	0,98	0,96	0,93	0,98	[8,12]	ÇY	Y	D	ÇY	7,24	5,00	1,00	1,00
12	1,00	0,96	0,98	0,98	0,96	0,94	0,96	0,96	0,92	1,00	[12,24]	Y	ÇY	O	Y	6,25	5,00	2,00	1,00

Çizelge 4.2 Tesis Bazlı Performans Metrikleri ve Normalize Değer Aralığı matrisi

	RL.2.1	RL.2.2	RL.2.3	RL.2.4	RL.2.5	RL.2.6	RL.2.7	RL.2.8	RL.2.9	RL.2.10	RS.2.1	RS.2.2	RS.2.3	RS.2.4	RS.2.5	AG.2.1	AG.2.2
Fabrika	Müş. Sip. Tam Karşılama %	Müş. Orjinal Termine Uyum %	Müş. Sip. Doküman Doğruluğu %	Müş. Sip. Mükemmel Kondisyon %	Ted. Sip. Tam Karşılama %	Ted. Orjinal Termine Uyum %	Ted. Sip. Doküman Doğruluğu %	Ted. Sip. Mükemmel kondisyon %	İade Sip. Tam Zamanında Karşılama %	İade Sip. Tam Karşılama %	Sip. Çevrim Süresi (s)	Tedarik Çevrim Süresi	Üretim Çevrim Süresi	Sevkiyat Çevrim Süresi	İade Çevrim Süresi	Sip. Çevikliği	Tedarik Çevikliği
1	[1.0.1.0]	[1.0.1.0]	[0.9.0.9]	[1.0.1.0]	[0.4.0.4]	[0.7.0.7]	[0.6.0.6]	[0.4.0.4]	[0.6.0.6]	[1.0.1.0]	[0.0.0.2]	[0.4.0.6]	[0.4.0.6]	[0.2.0.4]	[0.4.0.6]	[0.4.0.4]	[0.0.0.0]
2	[0.4.0.4]	[0.2.0.2]	[0.8.0.8]	[0.1.0.1]	[1.0.1.0]	[0.1.0.1]	[0.0.0.0]	[0.0.0.0]	[1.0.1.0]	[0.4.0.4]	[0.5.1.0]	[0.6.0.8]	[0.6.0.8]	[0.4.0.6]	[0.6.0.8]	[0.4.0.4]	[0.3.0.3]
3	[0.0.0.0]	[0.0.0.0]	[0.5.0.5]	[0.0.0.0]	[0.1.0.1]	[0.2.0.2]	[0.3.0.3]	[0.6.0.6]	[0.5.0.5]	[0.0.0.0]	[0.3.1.0]	[0.8.1.0]	[0.4.0.6]	[0.2.0.4]	[0.8.1.0]	[0.7.0.7]	[0.4.0.4]
4	[1.0.1.0]	[1.0.1.0]	[0.8.0.8]	[0.9.0.9]	[0.7.0.7]	[0.0.0.0]	[1.0.1.0]	[0.7.0.7]	[0.8.0.8]	[1.0.1.0]	[0.0.0.0]	[0.4.0.6]	[0.2.0.4]	[0.0.0.2]	[0.2.0.4]	[0.4.0.4]	[0.6.0.6]
5	[0.6.0.6]	[0.9.0.9]	[0.5.0.5]	[0.7.0.7]	[0.4.0.4]	[0.0.0.0]	[0.2.0.2]	[0.8.0.8]	[1.0.1.0]	[0.6.0.6]	[0.0.0.0]	[0.2.0.4]	[0.4.0.6]	[0.2.0.4]	[0.4.0.6]	[0.0.0.0]	[0.8.0.8]
6	[0.2.0.2]	[0.8.0.8]	[0.3.0.3]	[0.5.0.5]	[0.9.0.9]	[1.0.1.0]	[0.8.0.8]	[1.0.1.0]	[0.7.0.7]	[0.2.0.2]	[0.3.0.7]	[0.6.0.8]	[0.4.0.6]	[0.4.0.6]	[0.4.0.6]	[0.7.0.7]	[1.0.1.0]
7	[0.4.0.4]	[0.6.0.6]	[0.0.0.0]	[0.4.0.4]	[0.4.0.4]	[0.0.0.0]	[0.7.0.7]	[0.9.0.9]	[0.4.0.4]	[0.4.0.4]	[0.5.1.0]	[0.8.1.0]	[0.6.0.8]	[0.4.0.6]	[0.2.0.4]	[1.0.1.0]	[0.4.0.4]
8	[0.6.0.6]	[0.8.0.8]	[0.4.0.4]	[0.7.0.7]	[0.8.0.8]	[0.5.0.5]	[0.6.0.6]	[0.8.0.8]	[0.3.0.3]	[0.6.0.6]	[0.4.0.8]	[0.8.1.0]	[0.4.0.6]	[0.4.0.6]	[0.4.0.6]	[0.9.0.9]	[0.6.0.6]
9	[0.0.0.0]	[0.4.0.4]	[0.3.0.3]	[0.1.0.1]	[0.0.0.0]	[0.1.0.1]	[1.0.1.0]	[0.7.0.7]	[0.2.0.2]	[0.2.0.2]	[0.5.1.0]	[0.6.0.8]	[0.6.0.8]	[0.6.0.8]	[0.6.0.8]	[0.7.0.7]	[0.3.0.3]
10	[1.0.1.0]	[0.9.0.9]	[1.0.1.0]	[0.9.0.9]	[0.4.0.4]	[1.0.1.0]	[0.8.0.8]	[0.0.0.0]	[0.0.0.0]	[1.0.1.0]	[0.0.0.0]	[0.4.0.6]	[0.2.0.4]	[0.2.0.4]	[0.2.0.4]	[0.7.0.7]	[1.0.1.0]
11	[0.6.0.6]	[0.3.0.3]	[0.5.0.5]	[0.3.0.3]	[0.0.0.0]	[0.9.0.9]	[1.0.1.0]	[0.8.0.8]	[0.9.0.9]	[0.6.0.6]	[0.3.0.5]	[0.8.1.0]	[0.6.0.8]	[0.2.0.4]	[0.8.1.0]	[0.7.0.7]	[0.6.0.6]
12	[1.0.1.0]	[0.7.0.7]	[0.5.0.5]	[0.7.0.7]	[0.4.0.4]	[0.4.0.4]	[0.6.0.6]	[0.7.0.7]	[0.6.0.6]	[1.0.1.0]	[0.5.1.0]	[0.6.0.8]	[0.8.1.0]	[0.4.0.6]	[0.6.0.8]	[0.5.0.5]	[0.6.0.6]

Adım 3: Performans Ölçütlerine Göre Komşuluk İlişkilerini Temsil Eden Matrislerin Oluşturulması;

Bu adımda, tesisler arasındaki benzerlik ya da performans ölçütleri açısından ayırt edilemezlik durumları, aralarındaki mesafeler aracılığıyla belirlenerek gruplandırılır. Bu sürecin ilk alt adımı, her bir performans ölçütü için tüm 12 tesis çifti arasındaki mesafelerin hesaplanmasıdır. Bu hesaplamalar sonucunda, her bir performans ölçütü için birer tane olmak üzere, 12x12 boyutlarında çok sayıda mesafe matrisi elde edilir. Temel performans ölçüm kümesinde başlangıçta tek bir öznetelik olduğu için, iki tesis arasındaki mesafe yalnızca bu tekil ölçüte göre değerlendirilir. (İlerleyen aşamalarda, temel performans ölçütü kümesinde ($TP\tilde{O}$) birden fazla öznetelik bulunması halinde, (10) numaralı ifadeyle tanımlanan Chebyshev mesafesi gibi daha karmaşık mesafe hesaplama yöntemleri uygulanabilir.) Örneğin, mükemmel sipariş karşılama performans ölçütü için Tesis1 ve Tesis2 arasındaki mesafe ($\Delta(x_i, x_j)$), normalize edilmiş değerlerinin mutlak farkının maksimumu olarak ($\text{Maks}((1,0-1,0)^2+(1,0-1,0)^2)^{1/2}=0$) basitçe 0.0' dır. Çalışmayı sade tutmak açısından, tüm mesafe skorlarını içeren matris bu aşamada gösterilmeyecektir.

Bir sonraki alt adım, her bir performans ölçütü için komşuluk ilişkisinin tanımlanması ve bu ilişkileri temsil eden bir matrisin oluşturulmasıdır. Komşuluk ilişki matrisi, aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$M_B(N) = (r_{ij})_{n \times n}, \text{ burada } r_{ij} = \begin{cases} 1, & \Delta(x_i, x_j) \leq \delta, \\ 0, & \text{aksi takdirde.} \end{cases} \quad (16)$$

Bu ifadeye göre, eğer i. ve j. tesisler arasındaki mesafe ($\Delta(x_i, x_j)$), önceden belirlenmiş bir eşik değerinden (δ) küçük veya eşit ise, bu iki tesis ilgili performans ölçütü açısından komşu olarak kabul edilir ve ilişki matrisinin i ve j hücrelerine 1 değeri atanır. Aksi durumda, bu hücreye 0 değeri atanır. Bu şekilde, her bir performans ölçütü için, tesisler arasındaki komşuluk ilişkileri sayısal bir matris formatında temsil edilmiş olur. İlgili tesislerin tüm performans ölçütlerine göre 17 ayrı komşuluk ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bunlardan ilk performans ölçütü olan RL.2.1 müşteri sipariş tam karşılama oranı Çizelge 4.3' te gösterilmiştir. Matrisin köşegenleri 1 değerini almaktadır çünkü $\Delta_B(x_i, x_i) = 0 \leq \delta$ dir. δ değerini çalışmamızda $\delta = 0,35$ olarak belirledik.

$TP\tilde{O}$ çalışmamızın indirgenmiş temel performans metrikler listesini temsil eder ve başlangıçta $TP\tilde{O} = \emptyset$ 'dır.

Çizelge 4.3. RL2.1 müşteri sipariş tam karşılama oranı ölçütünün komşuluk ilişki matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\delta_{RL2.1}(X)$
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4
2	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	5
3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4
5	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	5
6	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	5
7	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	6
8	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	5
9	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4
11	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	5
12	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4

Adım 4: Her bir performans ölçüsü için dahil olma (kapsama) ölçüsünü ve alt kaba kümeleri belirleme

Bu adım, tesislerin belirli bir performans sonucuna ne kadar net bir şekilde ait olduğunu anlamamıza yardımcı olur.

Alt Adım 1: Bu süreçteki ilk alt adım, bir B performans ölçüleri kümesi için her bir tesisin komşuluk bilgi tanecikliğini ($\delta_B(x_i)$) hesaplamaktır. $\delta_{RL2.1}(TesisI)$ 'i, Tesis 1 satırındaki değerleri basitçe toplayarak hesaplayabiliriz. Tesis 1'in komşuluk bilgi tanecikli, komşuluk boyutu δ içinde yer alan tesis sayısını temsil eder. Çizelge 4.3'ün son sütunu, her bir tesis için komşuluk bilgi tanecikliğini göstermektedir ve $\delta_{RL2.1}(TesisI) = 4$ 'tür.

Alt Adım 2: Performans ölçütünün aynı D değerlendirmesine sahip olan komşu tesisler için bilgi tanecikli ilişki matrisini hesaplayarak devam edilecektir. Bu değerlendirmeyi aşağıdaki denkleme göre yapacağız. Bunu 17 numaralı denklem ile hesaplayabiliriz.

$$M_B^D(N) = (r_{ij})_{n \times n}, \text{ burada } r_{ij} = \begin{cases} 1, & \Delta(x_i, x_j) \leq \delta, D_i = D_j \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (17)$$

Çizelge 4.3' e göre RL2.1 metriği için 1. ve 4. tesis aynı $D_{1=4}$ değerine sahiptir. Bu sebeple müşteri sipariş tam karşılama oranı metriği için $\delta=0.0$ komşuluk mesafesi

içindedir bu da $M_{RL2.1}^D(Tesis_{1-12})$ matrisinde (RL2.1) $r_{14}=r_{41}=1$ olduğu anlamına gelir. Tam olarak ilişkisel matris Çizelge 4.4 'te gösterilmiştir.

Alt Adım 3: Bu alt adımda verilen belirli bir tesis i , performans ölçüsü kümesi B ve değerlendirme D için komşuluk bilgi taneciğini belirlemektir. Müşteri sipariş tam karşılama oranı performans ölçütünün, $M_{RL2.1}^D(Tesis_{1-12})$ matrisinde (Çizelge 4.3) satırların toplanmasıyla bu adım tamamlanır ve en soldaki ikinci sütununda görünür. Bu adım daha önceki bilgi taneciğini daha da özelleştirir sonuç olarak belirli bir tesis i için, onun komşuluk alanı içinde olan ve aynı zamanda belirli bir değerlendirme puanına D sahip olan tesis sayısını bulmuş oluruz.

Alt Adım 4: Her bir tesis için (18) numaralı denklemi kullanarak dahil olma (kapsama) ölçüsünü $(I(\delta(x_i), X))$ belirlemektir. Her bir tesis değeri denklem (18)'e göre belirlenirse

$$I(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A|}, \text{ burada } A \neq \emptyset. \quad (18)$$

RL2.1 performans metriğine göre bilgi taneciği ilişki matrisi Çizelge 4.4' e göre kurulur. $\delta_{RL1.2}^{D1=2}(Tesis_1)$ için =3 'tür. Çizelge 4.3' e göre $\delta_{RL1.2}(Tesis_1)=4$ 'tür. $(I(\delta(Tesis_1), X))=3/4=0,75$ 'tir. Her tesis için kapsama düzeyi Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. $M_{RL2.1}$ (12) ve her tesis için RL2.1 performans ölçüsü için bilgi taneciği ilişki ve D harici değer matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\delta_{RL1.2}^{D1=2}$	$(I(\delta(x_i), X))$
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0,75
2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0,6
3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	1
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,25
5	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4	0,8
6	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0,6
7	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4	0,67
8	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4	0,8
9	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	1
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0,75
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,2
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0,75

Alt Adım 5: Belirli bir değerlendirme puanı için alt komşuluk kaba kümesini belirleme alt adımdır. Bu alt adımın amacı kapsama ölçüsü belirli bir eşiği karşılayan tesislerden oluşan bir küme tanımlayarak alt komşuluk kaba kümesini $((N^k X)$ veya $POS_B(D))$ oluşturmaktır.

Bir komşuluk karar sistemi $\langle U, C, D, N \rangle$ içindeki herhangi bir $X \subseteq U$ alt kümesi verildiğinde U ; evren (tüm nesneler), C ; koşul nitelikleri kümesi, D ; karar nitelikleri kümesi ve N ; komşuluk ilişkisi. X in alt ve üst kümeleri Denklem (19)' a göre tanımlanır.

$$\begin{aligned} \underline{N^k X} &= \{x_i | I(\delta(x_i), X) \geq k, x_i \in U\}, \\ \overline{N^k X} &= \{x_i | I(\delta(x_i), X) \geq 1 - k, x_i \in U\}, \end{aligned} \quad (19)$$

burada $1 \geq k \geq 0.5$ 'tir.

X 'e kesin ait kümeler (alt komşuluk kaba kümesi) $\underline{N^k X} = \{x_i | I(\delta(x_i), X) \geq k; x_i \in U\}$ olarak gösterilirken bu küme, evren U 'dan, kapsama ölçüsü $(I(\delta(x_i), X))$ bir k eşik değerinden büyük veya ona eşit olan tüm nesneleri (x_i) içerir. Bu nesneler, verilen kriterlere göre X kümesine kesinlikle ait olan nesnelerdir.

X 'e muhtemelen ait olan nesneler (üst komşuluk kaba kümesi) ise eşik değerinden büyük veya ona eşit olan $\overline{N^k X} = \{x_i | I(\delta(x_i), X) \geq 1 - k; x_i \in U\}$ ile temsil edilir. Bu eşik, alt kümenin eşiğinden farklıdır. Bu küme, X 'e muhtemelen ait olan nesneleri temsil eder ve buna alt kümede kesinlikle bulunanlar ve sınırda olanlar dahildir.

$D_1 = POS_B(D)$ değerlendirme skoruna sahip olanlar için dahil olma ölçülerine ve seçilen dahil olma eşik değeri k 'ye dayanır. Burada $1 \geq k \geq 0.5$ 'tir. Biz çalışmamızda bu değeri $k=0,55$ olarak değerlendirdik ve $(I(\delta(x_i), X)) \geq 0,55$ 'lik bir dahil olma değeriyle birlikte $POS_{RL2.1}(D_1) = \{\text{Tesis 1, Tesis 2, Tesis 3, Tesis 5, Tesis 6, Tesis 7, Tesis 8, Tesis 9, Tesis 10, Tesis 12}\}$ 'dur. Bu da 10 adet Tesisin RL2.1 performans ölçüsüne göre alt komşuluk kaba kümesine ait olduğu anlamına gelir. Çalışmayı kısa tutmak adına tüm metriklerin kaba kümeleri burada gösterilmemiştir.

Adım 5: Bağlılık Derecesinin Hesaplanması

$a_i \in C - TPÖ$ olan her bir öznelik için numaralı ifadeyi kullanarak, bir temel performans ölçüleri kümesi ($TPÖ$) üzerine eklenen bir performans ölçüsü ile her bir sonuç değerlendirmesi tüm koşullu özneliklerin kümesi olan C üzerindeki bağımlılık derecesini bir eşitlik ile hesaplayacağız. Burada a_i , C 'ye dahildir fakat henüz temel performans ölçüleri kümesi ($TPÖ$)' ye dahil değildir. Bir başka ifade ile şu anda

değerlendirdiğimiz ve temel kümeye eklemeyi düşündüğümüz performans ölçülerinden biridir. Bu bağımlılık derecesi, bir sonraki adımda her bir eklenen performans ölçüsünün bilgi anlamlılığını belirlemek için kullanılacaktır. Bilgi anlamlılığı, C için sağladığı benzersiz bilgi veya etki miktarıdır.

Genel iş sonucu D üzerindeki bağımlılık derecesi, $RL2.1$ performans ölçüsünün $TPÖ$ kümesine (başlangıçta boş bir kümedir) eklenmesiyle 20. Denklem olarak şu şekilde hesaplanır:

$$\gamma_B(D) = \frac{|POS_B(D)|}{|U|} \quad (20)$$

Burada $POS_B(D)$, D karar özneliği için alt yaklaşımdır ve her bir karar sınıfının alt yaklaşımlarının birleşimi olarak tanımlanır. Bu nedenle, $\gamma_B(D)$, B kümesinin D' yi yaklaşık olarak tahmin etme yeteneğini yansıtır.

$$\gamma_{TPÖURL2.1}(D_1) = 10/12 = 0.83$$

$$RL2.2 \text{ için } 8/12 = 0,67$$

$$RL2.3 \text{ için } 8/12 = 0,67$$

..

$$AG2.2 \text{ için } 5/12 = 0,42 \text{ şeklinde sonuçlanır}$$

Adım 6: Bir Performans Ölçüsünün Bilgi Anlamlılığını Belirleme

Bu adımın amacı, bir performans ölçüsünün karar niteliği üzerindeki bağımlılık derecesini (veya kalitesini) nasıl etkilediğini bulmaya çalışıyoruz. Bu adım için öncelikle D_1 'in boş temel ölçüm kümesi üzerindeki bağımlılık derecesini tanımlayarak başlanır (başlangıçta çekirdek performans ölçüm kümesi $TPÖ$ 'ye ait herhangi bir ölçü atanmamıştır). Yani: $\gamma_{\emptyset}(D_1) = 0$.

Bir performans ölçüsü i (a_i)'nin bir B kümesi ve D değerlendirme skoru ile ilgili bilgi anlamlılığı hesaplamak için (21) numaralı denklemi kullanırız:

$$Sig_1(a_i, B, D) = \gamma_B(D) - \gamma_{B-a_i}(D) \quad (21)$$

(21) ifadesi, B kümesi için a_i performans ölçüsünün bilgi önemliliği, a_i dahil olduğunda elde edilen bağımlılık derecesi ile a_i hariç tutulduğunda elde edilen bağımlılık derecesi arasındaki farktır. Bu fark, a_i 'nin B kümesine eklenmesiyle sağlanan ek bilgi kazancını veya önemini gösterir.

Örneğin, RL2.1 performans ölçüsünün iş sonucu $D1$ için anlamlılığı şu şekilde hesaplanabilir: $Sig_I(RL2.1, RL2.1, D1) = \gamma_{RL2.1}(D1) - \gamma_{\emptyset}(D1) = 0.83$

Bu, RL2.1 performans ölçüsünün tek başına $D1$ hakkında 0.83 birimlik bilgi sağladığı anlamına gelir. Bu bilgi, hangi performans ölçülerinin daha önemli olduğunu belirlemek ve daha sonraki adımlarda en etkili ölçüleri seçmek için kullanılır. Yüksek bilgi önemliliğine sahip performans ölçüleri, karar özneliliği üzerindeki bağımlılığı daha fazla artırdığı için daha değerli kabul edilir.

Adım 7: Çekirdek Performans Ölçüm Kümesini ve İndirgemeyi Seçme ve Güncelleme

Bu metodoloji adımı, (22) numaralı denklemi sağlayan a_k performans ölçüsünü seçmemizi gerektirir:

$$SIG(a_k, B, D) = \max_i(SIG(a_i, B, D)) \quad (22)$$

Bu, mevcut tüm performans ölçütleri (a_i) arasından, daha önce Adım 6'da hesapladığımız bilgi önemi (SIG) en yüksek olan a_k performans ölçüsünü seçeceğimiz anlamına gelir. Yani, karar niteliği hakkında en fazla yeni ve benzersiz bilgiyi sağlayan ölçüyü buluruz.

Çalışmanın çıktıları bir sonraki bölümde sonuç olarak gösterilecektir.

Çizelge 4.5. Tüm Faktörler Komşuluk Kaba Küme Metodu Duyarlılık Analiz Sonucu($D=D_l$)

δ	k	ε	$TPÖ$	δ	k	ε	$TPÖ$
0	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,1	0,95	0,001	RL.2.5, RL.2.9
0	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,1	0,99	0,001	RL.2.5, RL.2.9
0	0,6	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,5	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0	0,65	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,55	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0	0,7	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,6	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,65	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,7	0,001	RS.2.1, AG.2.1
0	0,85	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0	0,9	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0	0,95	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,85	0,001	RL.2.5
0	0,99	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,9	0,001	RL.2.5
0,05	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,95	0,001	RL.2.5
0,05	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,99	0,001	RL.2.5
0,05	0,6	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,5	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,65	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,55	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,7	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,6	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,65	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,7	0,001	RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,85	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,05	0,9	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,05	0,95	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,85	0,001	RL.2.5
0,05	0,99	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,9	0,001	RL.2.5
0,1	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,95	0,001	RL.2.5
0,1	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,99	0,001	RL.2.5
0,1	0,6	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,5	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,65	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,55	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,7	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,6	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,65	0,001	RL.2.1, RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,7	0,001	RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,85	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,1	0,9	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,25	0,85	0,001	RL.2.5	0,4	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,25	0,9	0,001	RL.2.5	0,4	0,8	0,001	RL.2.5
0,25	0,95	0,001	RL.2.5	0,4	0,85	0,001	RL.2.5
0,25	0,99	0,001	RL.2.5	0,4	0,9	0,001	RL.2.5
0,3	0,5	0,001	RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,4	0,95	0,001	RL.2.5
0,3	0,55	0,001	RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,4	0,99	0,001	RL.2.5
0,3	0,6	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,45	0,5	0,001	RL.2.1, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1
0,3	0,65	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,45	0,55	0,001	RL.2.1, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1
0,3	0,7	0,001	RS.2.1	0,45	0,6	0,001	RS.2.1
0,3	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7	0,45	0,65	0,001	RS.2.1
0,3	0,8	0,001	RL.2.5	0,45	0,7	0,001	RS.2.1
0,3	0,85	0,001	RL.2.5	0,45	0,75	0,001	RL.2.1, RS.2.1
0,3	0,9	0,001	RL.2.5	0,45	0,8	0,001	RS.2.1
0,3	0,95	0,001	RL.2.5	0,45	0,85	0,001	RS.2.1
0,3	0,99	0,001	RL.2.5	0,45	0,9	0,001	RS.2.1
0,35	0,5	0,001	RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,45	0,95	0,001	RS.2.1
0,35	0,55	0,001	RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,45	0,99	0,001	RS.2.1
0,35	0,6	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,5	0,5	0,001	RL.2.1, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1
0,35	0,65	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,5	0,55	0,001	RL.2.1, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1
0,35	0,7	0,001	RS.2.1	0,5	0,6	0,001	RS.2.1
0,35	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7	0,5	0,65	0,001	RS.2.1
0,35	0,8	0,001	RL.2.5	0,5	0,7	0,001	RS.2.1
0,35	0,85	0,001	RL.2.5	0,5	0,75	0,001	RL.2.1, RS.2.1
0,35	0,9	0,001	RL.2.5	0,5	0,8	0,001	RS.2.1
0,35	0,95	0,001	RL.2.5	0,5	0,85	0,001	RS.2.1
0,35	0,99	0,001	RL.2.5	0,5	0,9	0,001	RS.2.1
0,4	0,5	0,001	RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,5	0,95	0,001	RS.2.1
0,4	0,55	0,001	RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,5	0,99	0,001	RS.2.1
0,4	0,6	0,001	RL.2.5, RS.2.1				
0,4	0,65	0,001	RL.2.5, RS.2.1				
0,4	0,7	0,001	RS.2.1				

Çizelge 4.6. Tüm Faktörler Komşuluk Kaba Küme Metodu Duyarlılık Analiz Sonucu($D=D_2$)

δ	k	ε	$TPÖ$	δ	k	ε	$TPÖ$
0	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,1	0,95	0,001	RL.2.5, RL.2.9
0	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,1	0,99	0,001	RL.2.5, RL.2.9
0	0,6	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,5	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0	0,65	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,55	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0	0,7	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,6	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,65	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,7	0,001	RS.2.1, AG.2.1
0	0,85	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0	0,9	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0	0,95	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,85	0,001	RL.2.5
0	0,99	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,9	0,001	RL.2.5
0,05	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,95	0,001	RL.2.5
0,05	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,15	0,99	0,001	RL.2.5
0,05	0,6	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,5	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,65	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,55	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,7	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,6	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,65	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,7	0,001	RS.2.1, AG.2.1
0,05	0,85	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,05	0,9	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,05	0,95	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,85	0,001	RL.2.5
0,05	0,99	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,9	0,001	RL.2.5
0,1	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,95	0,001	RL.2.5
0,1	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,2	0,99	0,001	RL.2.5
0,1	0,6	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,5	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,65	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,55	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,7	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,6	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,65	0,001	RL.2.10, RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,7	0,001	RS.2.1, AG.2.1
0,1	0,85	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,1	0,9	0,001	RL.2.5, RL.2.9	0,25	0,8	0,001	RL.2.5, RL.2.7
δ	k	ε	$TPÖ$	δ	k	ε	$TPÖ$
0,25	0,85	0,001	RL.2.5	0,4	0,7	0,001	RS.2.1
0,25	0,9	0,001	RL.2.5	0,4	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7
0,25	0,95	0,001	RL.2.5	0,4	0,8	0,001	RL.2.5
0,25	0,99	0,001	RL.2.5	0,4	0,85	0,001	RL.2.5
0,3	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,4	0,9	0,001	RL.2.5
0,3	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,4	0,95	0,001	RL.2.5
0,3	0,6	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,4	0,99	0,001	RL.2.5
0,3	0,65	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,45	0,5	0,001	RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1
0,3	0,7	0,001	RS.2.1	0,45	0,55	0,001	RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1
0,3	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7	0,45	0,6	0,001	RS.2.1
0,3	0,8	0,001	RL.2.5	0,45	0,65	0,001	RS.2.1
0,3	0,85	0,001	RL.2.5	0,45	0,7	0,001	RS.2.1
0,3	0,9	0,001	RL.2.5	0,45	0,75	0,001	RS.2.1
0,3	0,95	0,001	RL.2.5	0,45	0,8	0,001	RS.2.1
0,3	0,99	0,001	RL.2.5	0,45	0,85	0,001	RS.2.1
0,35	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,45	0,9	0,001	RS.2.1
0,35	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,45	0,95	0,001	RS.2.1
0,35	0,6	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,45	0,99	0,001	RS.2.1
0,35	0,65	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,5	0,5	0,001	RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1
0,35	0,7	0,001	RS.2.1	0,5	0,55	0,001	RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1
0,35	0,75	0,001	RL.2.5, RL.2.7	0,5	0,6	0,001	RS.2.1
0,35	0,8	0,001	RL.2.5	0,5	0,65	0,001	RS.2.1
0,35	0,85	0,001	RL.2.5	0,5	0,7	0,001	RS.2.1
0,35	0,9	0,001	RL.2.5	0,5	0,75	0,001	RS.2.1
0,35	0,95	0,001	RL.2.5	0,5	0,8	0,001	RS.2.1
0,35	0,99	0,001	RL.2.5	0,5	0,85	0,001	RS.2.1
0,4	0,5	0,001	RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,5	0,9	0,001	RS.2.1
0,4	0,55	0,001	RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1	0,5	0,95	0,001	RS.2.1
0,4	0,6	0,001	RL.2.5, RS.2.1	0,5	0,99	0,001	RS.2.1
0,4	0,65	0,001	RL.2.5, RS.2.1				

Adım.7 sonrası D_I için elde ettiğimiz en büyük önemliliğe sahip performans ölçüsü $a_k = \text{RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1}$ 'dir, burada: Eğer $\text{Sig}_1(a_k, B, D) > \varepsilon$ ise (burada ε , yakınsamayı kontrol etmek için kullanılan pozitif sonsuz küçük bir reel sayıdır), o zaman $TP\ddot{O} \cup a_k \rightarrow TP\ddot{O}$. Yeni bir çekirdek performans ölçüm kümesi $TP\ddot{O}$ ile Adım 3'e geri döneriz. Aksi takdirde, eğer $\text{Sig}_1(a_i, B, D) \leq \varepsilon$ ise dururuz ve nihai indirgenmiş ve çekirdek performans ölçüm kümesi $TP\ddot{O}$ olur. Bu çalışma için $\varepsilon = 0.0001$ olarak tanımlıyoruz.

D_I için birkaç iterasyondan sonra $\delta = 0,35$ ve $k = 0,55$ için nihai $TP\ddot{O}$ kümesini $\{\text{RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1}\}$ olarak

D_2 için ise birkaç iterasyondan sonra $\delta = 0,35$ ve $k = 0,55$ için nihai $TP\ddot{O}$ kümesini $\{\text{RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1}\}$ olarak buluruz.

Bu çalışma, bir otomotiv grup şirketindeki üretim tesislerinin performans değerlendirme çalışmasının sonuçlarını ve bu sonuçların yönetsel açıdan ne anlama geldiğini özetlemektedir. Başlangıçta kullanılan 17 farklı performans metriğinden sadece 5 adedinin genel iş başarısını izlemek ve değerlendirmek için yeterli olduğunu savunuyoruz. Bu önemli bir bulgu çünkü daha az ölçü kullanmak hem yöneticilerin hem de tedarik zinciri ögelerinin işini daha az veri toplamak ve takip etmekle kolaylaştırmaktadır.

Bir tedarik zinciri performans değerlendirme çalışmasının derinlemesine analizine odaklanmak ve elde edilen sonuçların profesyonel yöneticiler için yönetsel açıdan sunduğu fikirlere ışık tutmak için yapılan ilk duyarlılık analizi çalışmamızda $D = \{D_I\}$ değerlendirmek için uyarlandığında, daha küçük ve daha odaklanmış bir temel performans ölçüsü kümesinin yeterli olduğu görüldü. Ancak, profesyonel yöneticiler bu tür parametrelerin nasıl optimize edileceği konusunda başlangıçta net bir fikre sahip olmayabilir. İşte tam da bu noktada, bir duyarlılık analizi devreye girmektedir. Bu analiz, parametrelerdeki ufak değişikliklerin bile nihai değerlendirme sonuçlarını nasıl etkileyebileceğini anlamamıza olanak tanımaktadır. Bu alanda grup şirketinin tesis kırılımlı genel tedarik zinciri performans ölçütlerinin ve özel müşteri performans takip sonuçlarının nasıl bir etkileşim içinde olduğunu da inceliyoruz. Duyarlılık analizinin temel amacı, bulgularımızın ne kadar sağlam ve güvenilir olduğunu ortaya koymaktır. Bu amaçla, δ ve k parametreleri için belirli aralıklar ve artış değerleri seçilerek farklı senaryolar değerlendiriliyor. Bu analizlerin sonuçları ise detaylı olarak Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6' da sunulmuştur.

Elde edilen ilk önemli gözlem, temel performans ölçüsü kümesinin statik olmadığı, parametrelerdeki değişimlere paralel olarak bazen önemli ölçüde farklılaştığı yönündedir. Eğer yüzeysel bir kaba küme analizi yapılmış olsaydı, genel iş sonucunu belirlemek için tek bir ölçü (örneğin, RL.2.1 müşteri sipariş tam karşılama oranı) yeterli olabilirdi. Ancak bu yaklaşım, potansiyel olarak değerli bilgilerin göz ardı edilmesine yol açabilirdi. Buna ilave olarak parametrelerin daha uç değerlerinde bile, indirgenmiş ölçü kümesi hala anlamlı bir boyutta kalabilmekte ve yöneticilere tedarik zinciri performansı hakkında yol gösterici bilgiler sunabilmektedir.

Duyarlılık analizinin bir diğer kritik katkısı, performans ölçülerinin önceliklendirilmesine dair yönetsel yöntemler sunmasıdır. Örneğin, genel KPI performansı için geniş bir parametre aralığında sürekli olarak öne çıkan bir ölçü (RL.2.5 Ted. Sip. Tam Karşılama %), açıkça birincil önceliğe sahiptir. Bunu RL.2.7 Tedarikçi Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı, RL.2.10 İade Sipariş Tam Karşılama Oranı, RS.2.1 Sipariş Çevrim Süresi takip eder. Son olarak ise RL.2.1 Müşteri Sipariş Tam Karşılama oranının indirgenmiş kümede olduğunu görüyoruz.

Analizimizin bir sonraki aşaması, OEM müşterilerin grup şirketini tedarik zinciri performans değerlendirmelerini yaptıkları değerlendirmelerle hangi ölçütlerin gerçekten önemli olduğunu belirlemektir. Orijinal parametrelerle çevresel sonuç ($D=D_2$) analiz edildiğinde, belirli ölçüler $TPÖ = \{RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1\}$ temel kümeyi oluşturmuştur. Tüm 124x2 iterasyonu göz önüne aldığımızda hem KPI sonuçlarında hem de müşteri ölçümlerinde ortak olan en önemli ölçü Tedarikçi Sipariş Tam Karşılama Oranı olan RL.2.5'tir. Bunu RL.2.7 Tedarikçi Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı, RL.2.10 İade Sipariş Tam Karşılama Oranı, RS.2.1 Sipariş Çevrim Süresi takip eder. Son olarak ise RL.2.1 Müşteri Sipariş Tam Karşılama oranının indirgenmiş kümede olduğunu görüyoruz.

Bu sonuçlara göre başlangıçta kullanılan 17 farklı performans metriğinden sadece harici değerlendirmelerin durumuna göre $D=D_1$ ve $D=D_2$ için sırasıyla 4 ve 5 tanesinin genel iş başarısını izlemek ve değerlendirmek için yeterli olduğu gibi bu indirgenmiş metrik kümesinin de kendi içinde bir öncelik ve ağırlıklandırılma imkânı sunulmuştur.

Alınan sonuçlara göre indirgenmiş performans ölçüsü metriklerinin değerlendirilmesinde en iyi ve en kötü performansı gösteren tesisleri seçmek için birden fazla metrik olduğu durumda genellikle ÇKVV yöntemi kullanmak en doğru

yaklaşımlardan biridir. İşte en iyi performans gösteren fabrikayı seçmek için izlenebilecek adımlar şu şekilde izlenir:

Çizelge 4.7. İndirgenmiş performans metrik ve başlangıç değerleri

	RL.2.1	RL.2.5	RL.2.7	RL.2.10	RS.2.1
Fabrika	Müş. Sip. Tam Karşılama %	Ted. Sip. Tam Karşılama %	Ted. Sip. Doküman Doğruluğu %	İade Sip. Tam Karşılama %	Sipariş Çevrim Süresi (s)
1	1	0,96	0,96	1	[0,5,1,2]
2	0,97	0,98	0,93	0,97	[12,0,24,0]
3	0,95	0,95	0,95	0,95	[8,0,24,0]
4	1	0,97	0,98	1	[1,0,2,0]
5	0,98	0,96	0,94	0,98	[0,6,1,4]
6	0,96	0,97	0,97	0,96	[8,0,16,0]
7	0,97	0,96	0,97	0,97	[12,0,24,0]
8	0,98	0,97	0,96	0,98	[8,0,24,0]
9	0,95	0,95	0,98	0,96	[12,0,24,0]
10	1	0,96	0,97	1	[0,5,1,0]
11	0,98	0,95	0,98	0,98	[8,0,12,0]
12	1	0,96	0,96	1	[12,0,24,0]

Adım 1: Metriklerin yönünü ve önemini belirleme:

Maksimize edilecek metrikler (daha büyük daha iyi), RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10 (Müşteri Sipariş Tam Karşılama %, Tedarikçi Sipariş Tam Karşılama %, Tedarikçi Sipariş Doküman Doğruluğu %, İade Sipariş Tam Karşılama %). Bu metriklerde yüksek değerler istenir. Minimize edilecek metrikler (daha küçük daha iyi): RS.2.1 (sipariş çevrim süresi). Bu metrikte düşük değerler istenir. Önem düzeyi (ağırlık) ise ağırlıkların eşit olarak dağıldığını baz alan bir yöntem seçilebilir.

Adım 2: Verileri normalize etme:

Max metrikleri için;

$$\text{Normalize Değer} = \frac{\text{Mevcut Değer} - \text{Min. Değer}}{\text{Max Değer} - \text{Min Değer}}$$

Min metrikleri için;

$$\text{Normalize Değer} = \frac{\text{Max Değer} - \text{Mevcut Değer}}{\text{Max Değer} - \text{Min Değer}}$$

Çizelge 4.8. Normalize edilmiş indirgenmiş performans metrik ve başlangıç değerleri

	RL.2.1	RL.2.5	RL.2.7	RL.2.10	RS.2.1
Fabrika	Müş. Sip. Tam Karşılama %	Ted. Sip. Tam Karşılama %	Ted. Sip. Doküman Doğruluğu %	İade Sip. Tam Karşılama %	Sipariş Çevrim Süresi (s)
1	1	0,96	0,96	1	0.01
2	0,97	0,98	0,93	0,97	0.74
3	0,95	0,95	0,95	0,95	0.66
4	1	0,97	0,98	1	0.04
5	0,98	0,96	0,94	0,98	0.02
6	0,96	0,97	0,97	0,96	0.48
7	0,97	0,96	0,97	0,97	0.74
8	0,98	0,97	0,96	0,98	0.66
9	0,95	0,95	0,98	0,96	0.74
10	1	0,96	0,97	1	0.01
11	0,98	0,95	0,98	0,98	0.4
12	1	0,96	0,96	1	0.74

Adım 3: Format eşitleme ve ağırlıklı puan ortalama skorunu hesaplama:

RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10 metrikleri için 1' e yakınlık yüksek performansı, RS.2.1 metriği için 0' a yakınlık yüksek performansı göstermektedir. Bu durumda RS.2.1 diğerleriyle aynı (daha büyük daha iyi) formatına dönüştürmek için; RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10 aynı kalır, RS.2.1 dönüşümü sonrası (1-normalize değer) Çizelge 4.9 formunu alır. Aynı zamanda en sağdaki sütunda ise metriklerin eşit ağırlıklı (bu çalışmada eşit ağırlıklandırma yöntemini kullanacağız) puan ortalama skorunu da bu hesaplamayla elde etmiş oluruz.

Çizelge 4.9. Normalize edilmiş ve dönüştürülmüş metrikler eşit ağırlıklı puan ortalama skoru

	RL.2.1	RL.2.5	RL.2.7	RL.2.10	RS.2.1	Eşit Ağırlıklı Toplam Puan
Fabrika	Müş. Sip. Tam Karşılama %	Ted. Sip. Tam Karşılama %	Ted. Sip. Doküman Doğruluğu %	İade Sip. Tam Karşılama %	Sipariş Çevrim Süresi (s)	
1	1	0,96	0,96	1	0,99	0,98
2	0,97	0,98	0,93	0,97	0,26	0,82
3	0,95	0,95	0,95	0,95	0,34	0,83
4	1	0,97	0,98	1	0,96	0,98
5	0,98	0,96	0,94	0,98	0,98	0,97
6	0,96	0,97	0,97	0,96	0,52	0,88
7	0,97	0,96	0,97	0,97	0,26	0,83
8	0,98	0,97	0,96	0,98	0,34	0,85
9	0,95	0,95	0,98	0,96	0,26	0,82
10	1	0,96	0,97	1	0,99	0,98
11	0,98	0,95	0,98	0,98	0,6	0,90
12	1	0,96	0,96	1	0,26	0,84

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışma, tedarik zinciri performans ölçümünün entegrasyonunu sağlamayı hedefleyen yedi adımlı bir metodoloji sunarak, tedarik zinciri performans ölçümünde bu entegrasyon alandaki öncü çalışmalardan biri olmayı hedeflemektedir. Özellikle bu çalışma için uygulanan gri tabanlı komşuluk kaba küme metodu, tedarik zinciri yöneticilerine, faaliyetlerini yönetirken kullandıkları performans ölçüsü sayısını etkin bir şekilde kontrol etme ve optimize etme konusunda rehberlik etmektedir.

Şirket içi KPI skorlarına göre harici değerlendirmeler için {RL.2.1, RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1} yani sırasıyla; Müşteri Sipariş Tam Karşılama Oranı, Tedarikçi Sipariş Tam Karşılama Oranı, Tedarikçi Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı, İade Sipariş Tam Karşılama Oranı, Sipariş Çevrim Süresi metrikleri indirgenmiş temel performans ölçütü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Müşteri portal tedarikçi değerlendirme skorlarına göre ise {RL.2.5, RL.2.7, RL.2.10, RS.2.1} yani sırasıyla; Tedarikçi Sipariş Tam Karşılama Oranı, Tedarikçi Sipariş Doküman Doğruluğu Oranı, İade Sipariş Tam Karşılama Oranı, Sipariş Çevrim Süresi metrikleri indirgenmiş temel performans ölçütü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Aynı zamanda elde edilen indirgenmiş performans ölçütlerinin aynı tesislere uygulanmasıyla üzerinde çalışılan şirketin üst yönetimine tesislerin tedarik zinciri performans ölçümleri hakkında bir öngörü verebilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Tesis 1, Tesis 4, Tesis 10 en iyi performans göstergelerine sahip iken, Tesis 2 ve Tesis 9 en kötü performans göstergelerine sahip tesisler olarak öne çıkmaktadır.

Bu sonuçlarla SCOR Modeli performans ölçümü dayanıklılık bölümü bir uygulamada kullanarak hem şirketin tedarik zinciri KPI 'ları hem de müşteri portal performans ölçütlerini kapsayan mevcut ve yeni ölçüleri tanımlanmıştır. Metodoloji, bir örnek uygulama üzerinden detaylandırılmış ve duyarlılık analizinden elde edilen değerlendirmelerle zenginleştirilmiştir.

Gri tabanlı sayıların kullanımının ölçü birimlerindeki sağladığı esneklik bu çalışmada net bir şekilde görülmüştür. Mesafe ağırlıklandırmasının analizi esnasında kesin sayılar ve bunların gri sayılara dönüştürülmesi arasındaki mesafe hesaplamalarında küçük farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu farklılıklar, nihai çözümlerde değişikliklere neden olabilir. Ayrıca, komşuluk mesafe parametresi

değişiminin bir değerlendirmesini de tamamlamadık. Sonuçlar bu parametreye karşı hassas olabilir.

5.2 Öneriler

Bu çalışmanın sonuçları olarak ilgili araştırma yapılan şirketin Tesis 1, Tesis 4, Tesis 10 en iyi performans göstergelerine sahip iken, Tesis 2 ve Tesis 9 en kötü göstergelerine sahip olması ile özellikle kötü performans gösteren tesislerin RS.2.1 Sipariş Çevrim Süresi sonuçlarını iyileştirmesi en öncelikli konu olarak önerilmektedir. Ayrıca, RL.2.10 İade Sipariş Tam Karşılama Oranı sonuçlarını da ele alması tedarik zinciri performans iyileştirilmesi konusunda oldukça önemlidir.

Ayrıca, bu çalışmayla elde edilen sonuçlara göre ticari (B2B) anlamda sürdürülebilirlik ölçütlerinin geliştirilmesi yoluyla yapılacak ilave çalışmalar, tedarik zincirinde daha geniş bir kurumsal ticari sorumluluk ve genel iş birliğini sağlam tedarik zinciri fonksiyonları perspektifiyle elde etmeye yardımcı olabilir. Bu tekniği ek ölçütleri dahil edecek şekilde genelleştirmek zor değildir ve yönetici/araştırmacılar, vaka ve ampirik çalışmalar yoluyla bu ek ölçütlerin etkilerini kolayca belirleyebilirler. Genel olarak, bu teknik sürdürülebilir tedarik zincirleri perspektifinden SCPMS yönetimi için bazı faydalı yorumlar ve destek sağlamaktadır. Kaba küme ve gri tabanlı yaklaşımları kullanan önemli bir araştırma akımı oluşturmak için geniş bir fırsat bulunmaktadır. Bu makale, bu daha fazla araştırma için birçok fırsat sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Acar, D., ve Ateş, B., 2011, Tedarik zinciri faaliyetlerinin maliyetleri ve dış kaynak kullanımı ilişkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16, 9-27.
- Acar, Z., 2010, Lojistik yeteneklerin, strateji- performans ilişkisi üzerindeki rolü: kobi'ler üzerinde bir saha araştırması, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(4).
- Ağar, F., 2010, *Tedarik zinciri yönetiminde scor modeli, tedarik süreci performans değerlendirmesi ve scorcard uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Anonim, 2006, Tarım istatistikleri özeti, *DİE Yayınları*, No: 12, Ankara, 22-23.
- Anonymous, 1989, Farm accountancy data network, an A-Z of methodology, *Commission Report of the EC*, Brussels, 16-19.
- Atsan, B., 2019, Tedarik Zinciri Yönetiminde SCOR Modeli ve Bisiklet Firmasında Uygulaması [Yüksek Lisans Tezi], Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.
- Bai, C. ve Sarkis, J., 2014, Determining and applying sustainable supplier key performance indicators, *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(3), 275-291. doi.org/10.1108/SCM-12-2013-0441
- Bai, C., Sarkis, J., Wei, X. ve Koh, L., 2012, Evaluating ecological sustainable performance measures for supply chain management, *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(1), 78-92. doi.org/10.1108/13598541211212221
- Bai, C., Sarkis, J. ve Wei, X., 2010, Addressing key sustainable supply chain management issues using rough set methodology, *Management Research Review*, 33(12).
- Beamon, B. M., 1998, Supply chain design and analysis: Models and methods, *J. Production Economics*, 55, 281-294.
- Bertalanffy, L. von., 1968, *General System Theory*, GEORGE BRAZILLER, 45-52.
- Carman, J. G., 2011, Understanding Evaluation in Nonprofit Organizations, *Public Performance & Management Review*, 34(3), 350-377. doi.org/10.2753/PMR1530-9576340302
- Chan, F. T. S. ve Qi, H. J., 2003, An innovative performance measurement method for supply chain management, *Supply Chain Management: An International Journal*, 8(3), 209-223. doi.org/10.1108/13598540310484618
- Christopher, M., 2011, Logistics and supply chain management: creating value-adding networks (4. baskı), Pearson Education Limited, Harlow.
- Corliss, R., 1993, Pacific Overtures *Times*, 142 (11), 68-70.

- Dasgupta, D., 1998, *Artificial immune systems and their applications*, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg, 45-52.
- De Castro, L. N. ve Von Zuben, F. J., 2000, Artificial immune systems: Part I- Basic theory and applications, *DCA-RT 02/00*, Brasil, 23-28.
- Debnath, B., Bari, A. B. M. M., Ali, S. M., Ahmed, T., Ali, I. ve Kabir, G., 2023, Modelling the barriers to sustainable waste management in the plastic-manufacturing industry: An emerging economy perspective, *Sustainability Analytics and Modeling*, 3, 100017. doi.org/10.1016/j.samod.2023.100017
- Derman, İ., 2006, *Supply Chain Performance Measurement And A Case Study In Manufacturing Industry*, Yüksek lisans tezi, Marmara University, İstanbul.
- Dissanayake, C. K. ve Cross, J. A., 2018, Systematic mechanism for identifying the relative impact of supply chain performance areas on the overall supply chain performance using SCOR model and SEM, *International Journal of Production Economics*, 201, 102-115. doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.04.027
- Forrester, J. W., 1958, Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers, *Harvard Business Review*, 36, 37-66.
- Ganga, G. M. D. ve Carpinetti, L. C. R., 2011, A fuzzy logic approach to supply chain performance management, *International Journal of Production Economics*, 134(1), 177-187. doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.06.011
- Giannakis, M., 2007, Performance measurement of supplier relationships, *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(6), 400-411. doi.org/10.1108/13598540710826335
- Gopal, P. R. C. ve Thakkar, J., 2012, A review on supply chain performance measures and metrics: 2000-2011, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(5), 518-547. doi.org/10.1108/17410401211232957
- Gunasekaran, A., Patel, C. ve McGaughey, R. E., 2004, A framework for supply chain performance measurement, *International Journal of Production Economics*, 87(3), 333-347. doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.003
- Güneş, S. ve Polat, K., 2009, Elektrokardiyogram (EKG) aritmi teşhisinde en az kareli destek vektör makinaları kullanımına dayalı medikal teşhis destek sistemi, *13. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT-2009*, İstanbul, 170-173.
- Gürbüz, E. ve Demirer, Ö., 2018, Rekabetçi Öncelikler ve Firma Performansı Üzerinde İleri İmalat Teknolojilerinin Aracılık Etkisi, *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1681-1699, DOI: 10.17218/hititsosbil.482932.
- Holland, M., 2002, Guide to citing Internet sources [online], Poole, Bournemouth University, http://www.bournemouth.ac.uk/library/using/guide_to_citing_internet_sourc.html

- Houlihan, J. B., 1985, International Supply Chain Management, *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 15(1), 22-38. doi.org/10.1108/eb014601
- Hu, Q., Yu, D., Liu, J. ve Wu, C., 2008, Neighborhood rough set based heterogeneous feature subset selection, *Information Sciences*, 178(18), 3577-3594. doi.org/10.1016/j.ins.2008.05.024
- Huan, S. H., Sheoran, S. K. ve Wang, G., 2004, A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model, *Supply Chain Management: An International Journal*, 9(1), 23-29. doi.org/10.1108/13598540410517557
- Huang, S. H., Sheoran, S. K. ve Keskar, H., 2005, Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference (SCOR) model, *Computers & Industrial Engineering*, 48(2), 377-394. doi.org/10.1016/j.cie.2005.01.001
- Javanmardi, A., Liu, S. ve Xie, N., 2020, Exploring the Philosophical Foundations of Grey Systems Theory: Subjective Processes, Information Extraction and Knowledge Formation, *Foundation of Science*, 26(2).
- Jiang, P., Dong, Z., Sun, H., Song, Y. ve Zou, Q., 2025, Grey system theory in supply chain: Emerging hotspots and trends, *Grey Systems: Theory and Application*, 15(1), 124-144. doi.org/10.1108/GS-10-2024-0113
- Julong, D., 1982, *Introduction to Grey System*.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A. ve Gawankar, S. A., 2020, Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications, *International Journal of Production Economics*, 219, 179-194. doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.022
- Kaplan, R. S. ve Norton, D. P., 1992, The Balanced Scorecard—Measures That Drive Performance, *BALANCED SCORECARD*.
- Karaoglan, I. ve Altıparmak, F., 2015, A memetic algorithm for the capacitated location-routing problem with mixed backhauls, *Computers & Operations Research*, 55 (1), 200-216.
- Karimi, T. ve Hojati, A., 2021, Corporate sustainability assessment based on rough-grey set theory, *Journal of Modelling in Management*, 17(2), 440-455. doi.org/10.1108/JM2-08-2020-0224
- Koçak, R. D., 2020, Lojistiğin Tarihsel Gelişimi: Askeri Gereksinimden İşletme Lojistiğine ve Tedarik Zinciri Yönetimine Evrilme Süreci, *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, 15:58, 246-258, doi.org/10.19168/jyasar.647095
- Kopczak, L. R., 1997, Logistics Partnerships and Supply Chain Restructuring: Survey Results from the U.s. Computer Industry, *Production and Operations Management*, 6(3), 226-247. doi.org/10.1111/j.1937-5956.1997.tb00428.x

- Lai, K., Ngai, E. W. T. ve Cheng, T. C. E., 2002, Measures for evaluating supply chain performance in transport logistics, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38(6), 439-456. [doi.org/10.1016/S1366-5545\(02\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(02)00019-4)
- Lee, H. ve Billington, C., 1992, Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities, *Sloan Management Review*, 33(3), 65-73.
- Li, D. ve O'Brien, C., 1999, Integrated decision modelling of supply chain efficiency, *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 147-157. [doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00097-8)
- Lima-Junior, F. R. ve Carpinetti, L. C. R., 2019, Predicting supply chain performance based on SCOR® metrics and multilayer perceptron neural networks, *International Journal of Production Economics*, 212, 19-38. doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.02.001
- Liu, S. ve Lin, Y., 2006, *Grey information*, Springer-Verlag, Berlin.
- Lockamy, A. ve McCormack, K., 2004, Linking SCOR planning practices to supply chain performance, *International Journal of Operations & Production Management*, 24(12), 1192-1218. doi.org/10.1108/01443570410569010
- Maestrini, V., Luzzini, D., Maccarrone, P. ve Caniato, F., 2017, Supply chain performance measurement systems: A systematic review and research agenda, *International Journal of Production Economics*, 183, 299-315. doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.11.005
- Maloni, M. ve Benton, W. C., 1997, Supply Chain Partnerships: Opportunities for Operations Research, *European Journal of Operational Research*, 101, 419-429.
- Mason, J., 1832, Map of the countries lying between Spain and India, 1:8.000.000, London: Ordnance Survey.
- Mason-Jones, R., Naim, M. M. ve Towill, D. R., 1997, The Impact of Pipeline Control on Supply Chain Dynamics, *The International Journal of Logistics Management*, 8(2), 47-62. doi.org/10.1108/09574099710805664
- Neely, A., Mills, J., Platts, K., Richards, H., Gregory, M. ve Bourne, M., 1995, Performance measurement system design: Developing and testing a process-based approach, *System Design*.
- Özdemir, A. İ., 2004, Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 87-96.
- Özkanlısoy, Ö. ve Bulutlar, F., 2023, Measuring Supply Chain Performance as SCOR v13.0-Based in Disruptive Technology Era: Scale Development and Validation, *Logistics*, 7(3), 65. doi.org/10.3390/logistics7030075
- Reddy, J. M., Rao, A. N. ve Krishnanand, L., 2019, A review on supply chain performance measurement systems, *Procedia Manufacturing*, 30, 40-47. doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.007

- Sellitto, M. A., Pereira, G. M., Borchardt, M., da Silva, R. I. ve Viegas, C. V., 2015, A SCOR-based model for supply chain performance measurement: Application in the footwear industry, *International Journal of Production Research*, 53(16), 4917-4926. doi.org/10.1080/00207543.2015.1005251
- Sen, W., Pokharell, S. ve YuLei, W., 2004, Supply chain positioning strategy integration, evaluation, simulation, and optimization, *Computers & Industrial Engineering*, 46(4), 781-792. doi.org/10.1016/j.cie.2004.05.009
- Sertel, E., 2020, *Tedarik Zinciri Kalite Yönetiminde Faaliyet Tabanlı Maliyet Sisteminin Gri Sistem Teorisine Dayalı Çözümü: Süt Endüstrisinde Bir Uygulama*, Doktora Tezi, Ankara
- Shepherd, C. ve Günter, H., 2006, Measuring supply chain performance: Current research and future directions, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(3/4), 242-258. doi.org/10.1108/17410400610653219
- Stewart, G., 1995, Supply chain performance benchmarking study reveals keys to supply chain excellence chain excellence, *Logistics Information Management*, 8(2), 38-44. doi.org/10.1108/09576059510085000
- Suraj, Z., 2004, An Introduction to Rough Set Theory and Its Applications A tutorial, 01(01).
- Sümer, C., Atan, D. M., 2022, *gri sistem teorisi ve bir uygulama*.
- Thakkar, J., Kanda, A. ve Deshmukh, S. G., 2009, Supply chain performance measurement framework for small and medium scale enterprises, *Benchmarking: An International Journal*, 16(5), 702-723. doi.org/10.1108/14635770910987878
- Uslu, Z., 2023, *Scor Modeliyle Ölçülen Tedarik Zinciri Performansının İşletme Performansına Etkisi [Yüksek Lisans Tezi]*, Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Valipour Parkouhi, S., Safaei Ghadikolaie, A. ve Fallah Lajimi, H., 2019, Resilient supplier selection and segmentation in grey environment, *Journal of Cleaner Production*, 207, 1123-1137. doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.007
- Van Wassenhove, L. N., 2006, Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear, *Journal of Operational Research Society*, 57, 475-489, DOI: 10.1057/palgrave.jors.2602125
- Wang, B., Pan, Z., Cheng, H., Chen, Z. ve Cheng, F., 2018, High-yield synthesis of vaterite microparticles in gypsum suspension system via ultrasonic probe vibration/magnetic stirring, *Journal of Crystal Growth*, 492, 122-131. doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2018.02.021
- Wickramatillake, C., Lenny Koh, S. C., Gunasekaran, A. ve Arunachalam, S., 2007, Measuring performance within the supply chain of a large scale project, *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(1), 52-59. doi.org/10.1108/13598540710724338

- Yavuz, O. ve Ersoy, A., 2013, Tedarik Zinciri Performansının Değerlendirilmesinde Kullanılan Değişkenlerin Yapay Sinir Ağı Yöntemiyle Değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15:2, 209-256.
- Yazgan, H. İ., 2017, *Tedarik zinciri ve bilgi sistemleri stratejilerinin tedarik zinciri performansına etkisi: ihracat yapan işletmeler üzerine bir araştırma*, Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi, Düzce.
- Yenice, E., 2006, Kamu Kesiminde Performans Ölçümü ve Bütçe İlişkisi, *Sayıştay Dergisi*, 61, 1-12.

