

Araştırma Makalesi

İç Lojistik Sürecindeki Alternatif Rotaların Rekabet Önceliklerine Göre Oluşturulması

Creating Alternative Routes in the Domestic Logistics Process According to Competition Priorities

Şengül COŞKUN Sakarya Üniversitesi sengul.coskun1@ogr.sakarya.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-1185-7195	Kadir YILMAZ İstanbul Ticaret Üniversitesi dekartezyen@hotmail.com https://orcid.org/0000-0003-2568-3015	Kamil TAŞKIN Doç.Dr., Sakarya Üniversitesi ktaskin@sakarya.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-8081-7445
---	---	---

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
06.03.2024	04.06.2024

Öz

Bu araştırmada, talebe dayalı üretime yönelik olarak, üretim yönetiminde Kuzey Batı Köşe Yöntemi (KBKY), Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VOGEL), Minimum Maliyet Yöntemi (MMY), Atlama Taşı Yöntemi (AT) ve Değiştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ) ile karma modelleri kullanılarak, iç lojistik süreçlerine yönelik maliyet analizlerinin yapılması ve kıyaslanması amaçlanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre KBKY, MMY ve VOGEL yöntemlerinin ikili kıyaslamalarında da maliyet bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yoktur ($p>0.05$). Ana modellerin kendi hibrit modelleri dışındaki hibrit modeller ile kıyaslanması sonuçlarına göre MMY ile KBKY-AT arasındaki farklar, MMY ile VOGEL-AT arasındaki farklar ve VOGEL ile KBKY-AT arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Korelasyon analizi sonuçlarına göre maliyet ile talep ve yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki vardır. Genelleştirilmiş Lineer Model (GLM) analizi sonuçlarına göre maliyet üzerinde talebe dayalı olarak KBKY, KBKY-MODİ, MMY, MMY-AT ve MMY-MODİ parametrelerinin etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. Her ne kadar mevcut üretim sisteminin dışına çıkılarak, talebe yönelik sistem ek maliyete yol açsa da uygun iç lojistik seçimine dayalı üretim yönetimi sayesinde, bu maliyetler daha düşük ve katlanılabilir hale getirilebilir. Bu sayede işletmelerin hem rekabet bakımından hem de pazarlama bakımından avantaj sağlaması mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Üretim yönetimi, alternatif modeller, iç lojistik, talep, maliyet.

Abstract

In this research, for demand-based production, the North West Corner Method (NWCN), Vogel's Approach Method (VOGEL), Minimum Cost Method (MCM), Stepping Stone Method (SSM) and Modified Distribution Method (MODİ) were used in production management. It is aimed to make and compare cost analyzes for internal logistics processes using models. According to the results obtained in the study, there are no statistically significant differences in terms of cost in the pairwise comparisons of NWCN, MCM and VOGEL methods ($p>0.05$). According to the results of comparing the main models with hybrid models other than their own hybrid models, the differences between MCM and NWCN-SSM, the differences between MCM and VOGEL-SSM, and the differences between VOGEL and NWCN-SSM are statistically significant ($p < 0.05$). According to the results of the correlation analysis, there is a statistically significant relationship between cost, demand and method. According to the GLM analysis results, the parameters of NWCN, NWCN-MODİ, MCM, MCM-SSM and MCM-MODİ based on demand over cost. The effect is statistically significant. Although going beyond the current

Önerilen Atıf /Suggested Citation

Çoşkun Ş. & Yılmaz, K., Taşkın, K., 2024, İç Lojistik Sürecindeki Alternatif Rotaların Rekabet Önceliklerine Göre Oluşturulması, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 59(2), 962-976.

production system and a demand-oriented system causes additional costs, these costs can be made lower and bearable thanks to production management based on appropriate internal logistics selection. In this way, it is possible for businesses to gain advantages both in terms of competition and marketing.

Key Words: Production management, alternative models, internal logistics, demand, cost.

1. Giriş

Modern pazarlama yöntemleri, artan rekabet, ürün ve hizmetlerin daha hızlı şekilde taşınması ve erişilebilir olması, beraberinde işletme yönetiminin farklı alanlarının daha fazla iş birliği içerisinde olmasına ve işletme yönetimi konularının giderek daha fazla çok disiplinli bir hale gelmesine yol açmaktadır (Erkin ve Muborak, 2022; Jain ve Yadav, 2017; Latif ve ark., 2014; Rahnema ve Beiki, 2013). Bu süreçte, işletme yönetiminin en önemli iki alanı olan üretim yönetimi ve pazarlama yönetimi arasındaki ilişki de modern pazarlama yaklaşımları çerçevesinde, giderek daha dinamik ve çift taraflı etkileşimli hale gelmektedir (Nordin ve Ravald, 2023; Rosid ve ark., 2023). Geçmişte üretim ile ilgili süreçler mevcut teknoloji üzerinden yürürken, kullanılan üretim yöntemleri daha stabil ve ortaya çıkan ürünler de daha tekdüze bir şekilde piyasalara sunulmuştur (Bajjou ve ark., 2017; Bamber ve Dale, 2000). Ancak günümüzde hem üretim teknolojilerindeki ilerlemeler hem de alternatif üretim yöntemlerinin geliştirilmesi, pazarlama alanında sahadan gelen talep başta olmak üzere, müşteri taraflı verilerin üretim yönetimine daha fazla dahil olmasına yol açmıştır (Liu ve ark., 2021; Kück ve Freitag, 2021). Buna bağlı olarak, rekabet önceliklerinin üretim yönetim sürecine de dahil olduğu yeni bir üretim yönetim anlayışının hakim olduğunu ifade etmek mümkündür.

Bir ürünün üretim süreci en basit ifadeyle, hammaddenin belirli işlem basamaklarından geçerek, istenilen bir forma ya da biçime kavuşturulması, aynı zamanda belirli fonksiyonel özelliklerin verilmesi sürecidir (Lyu ve ark., 2023; Mahmood ve ark., 2020; Xonkeldiyeva ve Xo'Jamberdiyev, 2020). Bu süreçte girdi ile çıktı arasındaki işlem basamaklarının belirlenmesinde, ara ürünlerin bir üretim aşamasından diğer aşamaya taşınmasında belirli rota ve kurallara göre farklı alternatif rotalar geliştirmek mümkündür (Lyu ve ark., 2023). Bu rotaların her birisinin farklı düzenlemesiyle ortaya çıkan farklı topolojiler, üretim sürecindeki farklı düğüm noktaları, üretilen ürünün ve üretim biçiminin niteliği, üretim sürecindeki dahili işgücü ya da enerji gibi birçok farklı değişkenden etkilenmektedir (Guo ve ark., 2020; Kostrzewski ve ark., 2020; Novais ve ark., 2020). Geçmişte üretim süreçlerinde farklı alternatif rotaların denenmesi ve üretim sisteminin buna göre şekillenmesi oldukça uzun zaman alan, verimliliği nispeten düşük olan, faydasından ziyade, zaman maliyeti daha fazla olan bir süreci ifade etmiştir. Ancak günümüzde, özellikle bilgisayar sistemleri ve simülasyonlar sayesinde, bir üretim sürecindeki tüm aktörler ve düğüm noktalarıyla, tüm maliyetleri de dikkate alan optimizasyon çalışmaları kısa sürede yapılabilmektedir (Adeodu ve ark., 2021; Bardakci, 2020). Bunun neticesinde de yöneylem araştırmaları ve yeni topolojiler geliştirilmiş, yeni bilişsel ve değerlendirmeye açık nümerik sistemler ortaya koyulmuştur.

Aslında bir üretim işletmesinin ve daha genel ifadeyle bir işletmenin en önemli ve temel hedefi, en az maliyetle en yüksek karı elde etmektir. Bunun sağlanması için, özellikle üretim işletmelerinde, maliyetlerin düşürülmesi ciddi önem taşımaktadır (Gramani ve ark., 2011; Maria ve ark., 2003). Bunun için yapılan optimizasyon çalışmalarında, mevcut sınırlılıklar ve gerekliliklere bağlı kalmak şartıyla, olabilecek en düşük maliyet üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bunun daha geniş ve proje bazlı olan türü yalın üretim sürecidir (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017; Bamber ve Dale, 2000). Yalın üretimde, üretim için gerekli ve zorunlu olan her türlü gereksiz gider, atık olarak nitelendirilmektedir. Optimum ve en düşük maliyetli üretim ise atıklardan en yüksek düzeyde arınmış olan üretim sürecidir (Jasti ve Kodali, 2015). Dolayısıyla, üretim süreci içerisindeki olası kayıpları ya da atıkları en aza indirmek için, üretim sürecinin değerlendirilmesi ve en düşük kayıplara göre dizayn edilmesi gerekir.

Üretim süreçleri tipik olarak hammadde girişi ile ana ürün çıkışı arasındaki süreçlerde, belli taşıma işlemlerini içermektedir. İç lojistik olarak da nitelendirilen bu süreç, üretim sistemleri içerisinde en fazla kaybın yaşandığı alanlardan birisidir (Schmidtke ve ark., 2018; Negri ve ark., 2017). Bundan ötürü, en fazla yalın üretim ve optimizasyon çalışmalarına konu olan alanların başında da iç lojistik süreçleri gelmektedir. İç lojistik süreçleri sadece ürünlerin ya da süreçlerin somut maliyetlerini değil, aynı zamanda zaman maliyetini, ürünün gecikmesinin piyasa içerisindeki etkisini, rekabet üstünlüğü konusundaki maliyetleri de içermektedir. Bu sebeple, üretim işletmelerinde üretim yönetiminin ve

zaman maliyetinin en etkili yönetiminde, iç lojistik süreçlerinin en ideal şekilde tasarlanması ve optimize edilmesi gerekir.

Bir üretim süreci içerisinde, iç lojistik yönetiminde farklı modeller ve yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar arasından en fazla kullanılan ve araştırmalara konu olanların Kuzey Batı Köşe Yöntemi (KBKY), Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VOGEL), Minimum Maliyet Yöntemi (MMY), Atlama Taşı Yöntemi (AT) ve Değiştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ) olduğunu ifade etmek mümkündür. Her ne kadar bu yöntemlerin kendilerine göre artı ve eksi yönleri olsa da genel olarak birçok üretim işletmesi için, bu yöntemler etkili ve başarılı sonuç vermektedir. Ancak günümüzde değişen rekabet yapısı, ürün ve üretimlerin gerek nitelik gerekse nicelik açısından yaşamış olduğu değişimler, beraberinde bu yöntemlerde de karma modellerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Her ne kadar üretim süreçlerinde ve özellikle yöneylem araştırmalarında bu yöntemlerin etkinliğine yönelik çalışmalar yapılsa da talebe dayalı ve alternatif karma modelleri inceleyen yeterli çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle araştırmada, talebe dayalı üretime yönelik olarak, üretim yönetiminde Kuzey Batı Köşe Yöntemi (KBKY), Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VOGEL), Minimum Maliyet Yöntemi (MMY), Atlama Taşı Yöntemi (AT) ve Değiştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ) ile karma modelleri kullanılarak, iç lojistik süreçlerine yönelik maliyet analizlerinin yapılması ve kıyaslanması amaçlanmıştır.

Literatür Taraması

Her ne kadar iç lojistik süreçlerine yönelik literatürde çalışmalar olsa da, iç lojistik süreçlerini hibrit olarak değerlendiren çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Bu konuda öne çıkan bazı çalışmaları şu şekilde özetlemek mümkündür:

Uçar ve Şirin (2024) çalışmalarında, iç lojistik faaliyetlerinde en uygun optimizasyon için yalın üretim yöntemlerinin kullanılabileceğini bildirmiştir. Bir başka çalışmada, Kulaç ve Çağır (2019) çalışmalarında, bir iç lojistik sürecinin araç rotalama çözüm yöntemleriyle optimize edilebileceğini rapor etmiştir. Küçükoglu ve ark. (2018), iç lojistik süreçlerinde matematiksel hesaplamanın optimum sonuçlar vereceğini ortaya koymuştur. Bayraktutan ve Özbilgin (2015) ise çalışmalarında lojistik maliyetlerin iç lojistikte performans ölçütü olduğunu rapor etmişlerdir.

2. Amaç ve Yöntem

2.1. Araştırma Modeli

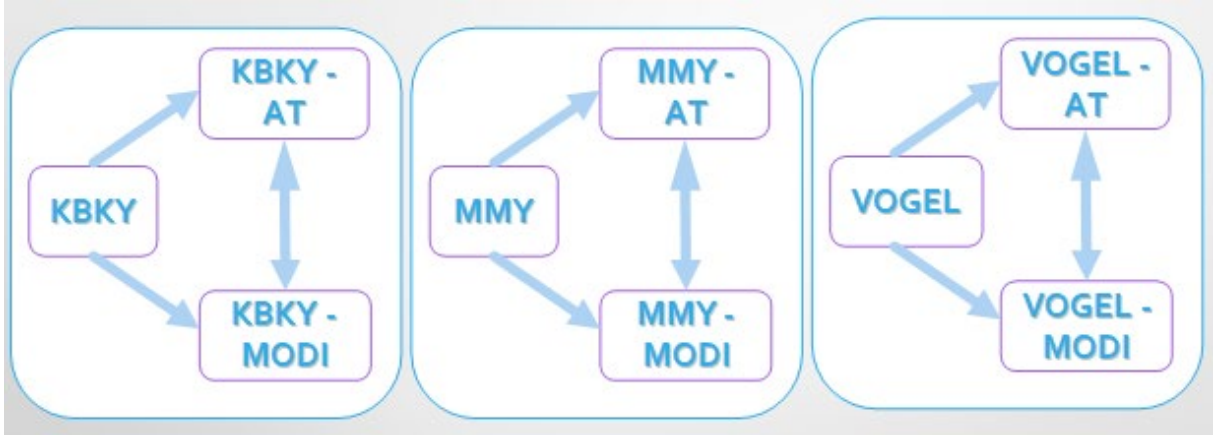
Yapılan araştırma deneysel tasarım ve betimsel tarama modelleri ile ilişkisel tarama modellerini içeren, karma modelde desenlenmiştir. Karma modellerde, birden fazla bilimsel araştırma yöntemi bir arada kullanılarak, söz konusu olgu ya da araştırma alanına yönelik bulgular sağlanmaktadır (Karasar, 2014). Araştırmada bu çerçevede, genel bir üretim süreci optimizasyonu içerisindeki iç lojistik süreçlerinin deneysel tasarım yöntemiyle tasarlanması yapılmış, elde edilen veriler betimsel tarama modeliyle açıklanmış ve ilişkisel tarama modeliyle, değişkenler arasındaki ilişkiler ortaya koyulmuştur. Araştırmada iç lojistik süreçlerine yönelik mevcut düzenin yerine olabilecek olan alternatifler için, simülasyon ile alternatif modeller değerlendirilmektedir. Bu nedenle, mevcut üretimin alternatif iç lojistik süreçlerini ortaya koymak için, deneysel tasarım modeli seçilmiştir. Diğer bir ifadeyle, optimize edilmiş yöntem üzerinde değişiklik yapmadan önce, olası yöntemlerin deneysel sonuçlarının ve ilişkilerinin kıyaslanması amacıyla deneysel tasarım, betimsel ve ilişkisel tarama modelleri bir arada kullanılmıştır. Araştırma iç lojistik süreçlerinin optimizasyonu ve minimum kaynak maliyeti üzerine odaklandığından, bir yalın üretim uygulama örneği olarak değerlendirilebilir. Ancak özünde araştırmanın iç lojistik optimizasyon örneklemini olduğunu ifade etmek mümkündür.

2.2. Kapsam ve Sınırlılıklar

Araştırmanın kapsamını üretim sürecinde iç lojistik alternatif rotaları, sınırlılıklarını ise iç lojistik süreçlerde kullanılan Kuzey Batı Köşe Yöntemi (KBKY), Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VOGEL), Minimum Maliyet Yöntemi (MMY), Atlama Taşı Yöntemi (AT) ve Değiştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ) ile karma modelleri oluşturmaktadır. Her bir yöntem ve bunların karma yöntemleri için alternatif rotalar geliştirilmiştir.

2.3. Problem Durumu

Üretim sürecinde iç lojistik aşaması, yöneylem ve üretim optimizasyonunda üzerinde en fazla durulan ve kayıpların en fazla yaşandığı alanların başında gelmektedir. Her ne kadar günümüzde birçok farklı üretim iç lojistik topolojisi ve çözüm yöntemi olsa da talebe dayalı üretim iç lojistik konusunda karma yöntemleri içeren alternatiflere yönelik yeterli çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle araştırmada, iç lojistik sürecinde alternatif karma modellerin, farklı rotalara göre maliyet üzerindeki etkilerinin ne olduğu sorusuna yanıt aranmıştır. Araştırmada deneysel tasarım unsurlarından lokasyon ve malzeme değişkenleri mevcut üretim tesisine ait üretim değişkenleri olup, talep değişkeni farklı senaryolara göre araştırmacı tarafından modellenmiş ve randomize yöntemle belirlenmiştir. Örnek olay olarak elektronik cihaz yedek parça üretim tesisi ve iç lojistik süreci alınmıştır.



Şekil 1. Sabit ve grup rotaların modellere göre düzenlenmesi

2.4. Veri Seti

Araştırmada kullanılan düğüm noktaları, lokasyon, malzeme ve talep ile ilgili değişkenler ve kodları Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1: Lokasyon, malzeme ve talep ile ilgili değişkenler ve kodları

Lokasyon Adı	Lokasyon Kodu	Talep Eden Lokasyon	Malzeme Türü
Sevk Depo	SD	-	-
Montaj	MK1	Sevk Depo	Bitmiş Ürün
	MK2	Sevk Depo	Bitmiş Ürün
Lojistik Depo	DK1	Montaj	Hammadde/ Satınalma / İmalat Parçası
	DK2		
	DK3		
İmalat Atölyeleri	AK1	Lojistik Depo	İmalat Parçası
	AK2		
	AK3		
	AK4		
	AK5		
Lojistik Depo	DK1	İmalat Atölyeleri	Hammadde
	DK2		
	DK3		

Tablo 1’de görüleceği gibi, lokasyon olarak temel üretim sürecinde sevk depo, montaj, lojistik depo, imalat atölyeleri ve lojistik depo bulunmaktadır. Montaj aşamasında bitmiş ürün ortaya koyulurken, temel üretim sürecinin lojistik depodan hammadde gelişi, imalat atölyelerine dağıtım, imalat sonrası sevk depodan yine montaj aşamasında bitmiş ürün talebidir. İç lojistik sürecindeki temel maliyet değişkenleri ve süreçlere göre dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: İç lojistik sürecindeki temel maliyet değişkenleri ve süreçlere göre dağılımı*

	Forklift	Transpalet	Malzeme Taşıma Arabası	Birim
Yakıt Tüketimi	0,0003	0,0002	0,0001	Litre/m
Litre Maliyeti	35,15	35,15	35,15	TL/L
Yakıt Tüketim Tutarı	0,011	0,007	0,004	TL
Taşıma Kapasitesi	2.000	1.000	300	Kg

*Elde edilen maliyetler, 06.08.2023 tarihli akaryakıt fiyatları ve söz konusu maliyetler baz alınarak hesaplanmıştır. Akaryakıt ve maliyet rakamları alınırken Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi kullanılmıştır.

Tasarlanan yeni modelde taşınacak malzemeler hammaddeler ve parçalar olarak iki kısımda değerlendirilmiştir. Lokasyonlara göre rotaların belirlenmesi için rota grupları oluşturulmuştur.

1. Grup Rota : Hammaddeler Lojistik Depo bölümünden İmalat Atölyesi 1’e taşınmaktadır. Burada işlem görüp parça haline gelmektedir.

1. Sabit Rota : Parçalar İmalat Atölyesi 1’den İmalat Atölyesi 2’ye taşınmaktadır.

2. Grup Rota : İmalat Atölyesi 2’deki işlemi biten bitmiş parçalar Lojistik Depo bölümüne gönderilmektedir.

3. Grup Rota : Lojistik Depo bölümündeki hammaddeler Montaj hattına taşınmaktadır.

4. Grup Rota : Lojistik Depo bölümündeki imalat parçaları ve satın alınan hazır parçalar Montaj hattına taşınmaktadır.

2. Sabit Rota : Montaj hattına gelen malzemeler uygun proseslerden geçirilerek bitmiş ürün haline getirilerek Sevk Depo bölümüne gönderilmektedir.

Grup rota alternatif rotaların araştırıldığı alanları temsil etmektedir. Sabit rota ise alternatif rotanın olmadığı, başlangıç ve bitiş lokasyonlarını bağlayan tek bir rotayı ifade etmektedir.

2.5. İstatistik Yöntem

Araştırmada elde edilen verilerin normallik dağılımlarına yönelik olarak Kolmogorov Smirnov Testi yapılmıştır. Verilerin standart normal dağılıma uymaması nedeniyle, nonparametrik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemler arasındaki çoklu maliyet ve talep farklılıklarının kıyaslanmasında Kruskal Wallis testi, ikili grupların Post Hoc olarak kıyaslanmasında Mann Whitney U testi kullanılmıştır. İlişkisel tarama modelinde, korelasyon analizleri için Spearman’s rho ve kontrollü kısmi korelasyon, lineerizasyon sapmalarından dolayı (Yılmaz ve Turanlı, 2023; Yılmaz ve Turanlı, 2022), Genelleştirilmiş Lineer Model kullanılmıştır. Optimizasyon ve yöneylem çalışmaları Microsoft Office Excel uygulamasında, ileri istatistiksel analizler ise SPSS 25.0 for Windows paket programında, %95 güven aralığı ve 0.05 anlamlılık düzeyi üst sınırında gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

Farklı iç lojistik modellerine göre talep ve maliyetlerin dağılımı ve fark analizi sonuçları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3: Farklı iç lojistik modellerine göre talep ve maliyetlerin dağılımı ve fark analizi sonuçları

	Talep (Adet)		Maliyet (TL/birim)	
	Ortalama±SS	Medyan (Min-Max)	Ortalama±SS	Medyan (Min-Max)
KBKY	5287.21±6044.00	1224.00 (84.00-24000.00)	0.67±0.53	0.57 (0.09-1.92)
KBKY-AT	5174.03±6467.58	1224.00 (84.00-27200.00)	0.39±0.28	0.35 (0.09-0.97)
KBKY-MODİ	5674.03±6922.21	1224.00 (84.00-27200.00)		
MMY	5062.92±6417.10	1224.00 (84.00-27200.00)	0.62±0.36	0.62 (0.09-1.31)
MMY-AT	5062.92±6417.19	1224.00 (84.00-27200.00)		
MMY-MODİ	5007.36±6084.36	1224.00 (84.00-27200.00)	0.64±0.46	0.61 (0.09-1.28)
VOGEL	5062.92±6417.17	1224.00 (84.00-27200.00)	0.86±0.26	0.80 (0.49-1.28)
VOGEL-AT	5062.92±6257.15	1224.00 (84.00-27200.00)	1.05±0.23	1.07 (0.77-1.28)
VOGEL-MODİ	5062.92±6302.01	1224.00 (84.00-27200.00)	0.70±0.18	0.65 (0.49-0.97)
X²	0.241		14.578	
p değeri	>0.05		0.024	

Tablo 3’te de görüleceği üzere, talep fonksiyonları arasında anlamlı bir fark olmamasına karşın ($p>0.05$), maliyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardır ($p<0.05$). Aslında bu durum, kullanılan farklı yöneylem yöntem ve yollarında elde edilen farklı sonuçlardan kaynaklanmakta olsa da hibrit modellerde, aynı rota ve düğüm noktalarına karşın, izlenen yöneme bağlı olarak maliyetler düşebilmektedir.

Yöntem grupları arasındaki Post Hoc kıyaslama amacıyla yapılan Mann Whitney U testi sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4: Yöntem grupları arasındaki Post Hoc kıyaslama amacıyla yapılan Mann Whitney U testi sonuçları

	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
KBKY vs KBKY-AT	0.28	0.13	0.069
KBKY vs KBKY-MODİ	-	-	-
KBKY-AT vs KBKY-MODİ	-	-	-
MMY vs MMY-AT	-	-	-
MMY vs MMY-MODİ	-0.01	0.16	0.935
MMY-AT vs MMY-MODİ	-	-	-

VOGEL vs VOGEL-AT	-0.19	0.26	0.330
VOGEL vs VOGEL-MODİ	0.15	0.24	0.364
VOGEL-AT vs VOGEL-MODİ	0.34	0.29	0.111
KBKY-MMY	0.04	0.10	0.766
KBKY-VOGEL	-0.19	0.15	0.055
MMY-VOGEL	-0.23	0.16	0.054
KBKY vs MMY-AT	-	-	-
KBKY vs MMY-MODİ	0.03	0.15	0.932
KBKY vs VOGEL-AT	-0.38	0.22	0.055
KBKY vs VOGEL-MODİ	-0.04	0.20	0.335
MMY vs KBKY-AT	0.24	0.14	0.044*
MMY vs KBKY-MODİ	-	-	-
MMY vs VOGEL-AT	-0.42	0.23	0.031*
MMY vs VOGEL-MODİ	-0.08	0.21	0.421
VOGEL vs KBKY-AT	0.47	0.18	0.002*
VOGEL vs KBKY-MODİ	-	-	-
VOGEL vs MMY-AT	-	-	-
VOGEL vs MMY-MODİ	0.22	0.20	0.258

Her ne kadar ana yöntemler arasında farklar anlamlı olmasa da, araştırmanın temel amacı olan hibrit modeller oluşturma konusunda, faktöriyel ve permütatif yöntemlerle, alternatifler oluşturulmuştur. Post Hoc test sonuçlarına göre hem KBKY hem de MMY ve VOGEL yöntemlerinin, kendi hibritleriyle aralarındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$). Diğer bir ifadeyle, tek başına bu üç yöntemin uygulanması ile bu üç yöntemin hibrit modellerine bağlı üretim sistemlerinde anlamlı farklılık görülmemektedir.

KBKY, MMY ve VOGEL yöntemlerinin ikili kıyaslamalarında da maliyet bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yoktur ($p>0.05$). Diğer bir ifadeyle, araştırma örneklemindeki üretim sistemi içerisinde iç lojistik sürecinde KBKY, MMY ya da VOGEL kullanılabilir. Bu üç model arasında farkın olmaması, seçim kriterlerinde üretim yönetiminde hangi modele daha fazla aşinalık ve deneyim varsa, o modelin kullanılabilmesine de işaret etmektedir.

Ana modellerin kendi hibrit modelleri dışındaki hibrit modeller ile kıyaslanması sonuçlarına göre MMY ile KBKY-AT arasındaki farklar, MMY ile VOGEL-AT arasındaki farklar ve VOGEL ile KBKY-AT arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Aradaki maliyet farklarına göre anlamlı olan farklar incelendiğinde, en fazla farkın VOGEL ile KBKY-AT arasında olduğu, bunu sırasıyla MMY ile VOGEL-AT ve MMY ile KBKY-AT farklarının izlediği görülmektedir.

Talep ile maliyet arasındaki ilişki için yapılan Spearman's Rho korelasyon analizi ve Yöntem kontrollü kısmi korelasyon analizi sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

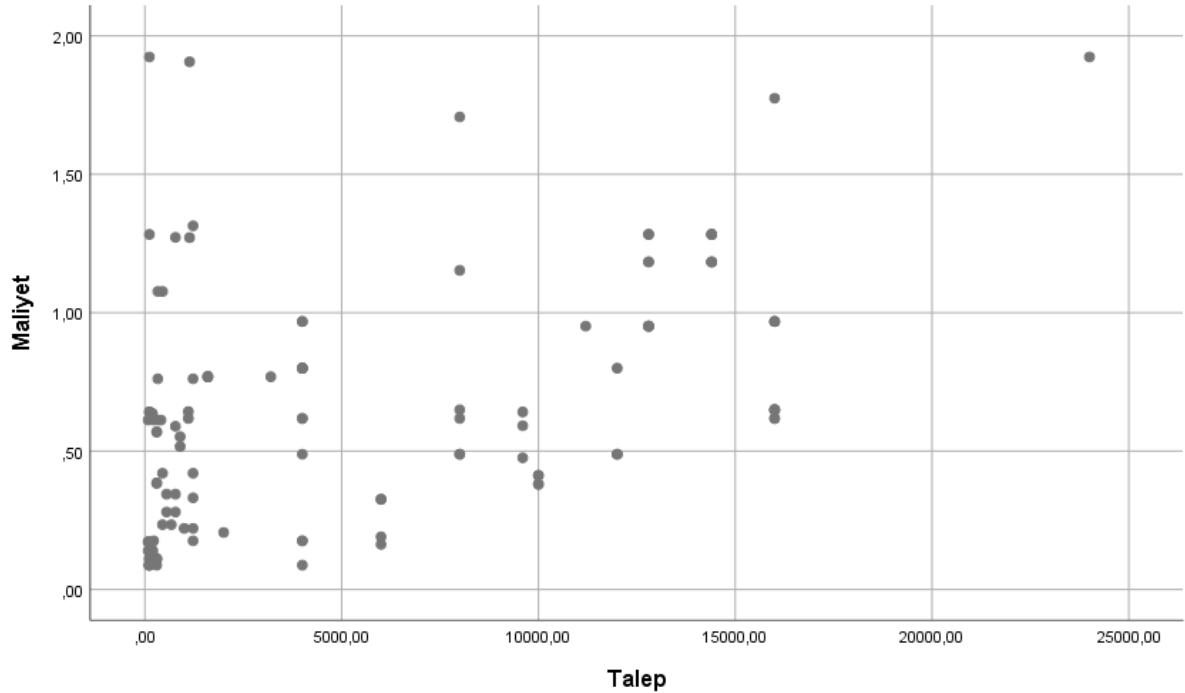
Tablo 5: Talep ile maliyet arasındaki ilişki için yapılan Spearman's rho korelasyon analizi ve Yöntem kontrollü kısmi korelasyon analizi sonuçları

	r	p
Talep	0.517	0.000**
Yöntem	0.181	0.048*
Yöntem kontrollü kısmi korelasyon	0.450	0.000**

**p<0.01

Hem Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları ($r=0.517$; $p<0.001$) hem de yöntem kontrollü kısmi korelasyon analizi sonuçları ($r=0.450$; $p<0.001$), talep ile maliyet arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Maliyet ile yöntem arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ($r=0.181$; $p<0.05$). Yöntemin ordinal veri olmamasından ötürü, korelasyonun yönü değil, anlamlılığı dikkate alınmıştır. Korelasyon katsayıları değerlendirildiğinde, yöntemin kontrol edilerek üretimin yapıldığı modellerde, talep ile maliyet arasında daha düşük düzeyde ilişki vardır. Bu bulgular, talebe dayalı özel üretim iç lojistik süreçlerinde, yöntem kontrollü yaklaşımın maliyetlerin artmasını engelleyici rolünün olabileceğine işaret etmektedir.

Talep ile maliyet arasındaki ilişkinin tüm modeller için genel dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 21: Talep ile maliyet arasındaki ilişkinin tüm modeller için genel dağılımı

Şekil 2'de de görüleceği üzere, talep ile maliyet arasındaki ilişki beklentilere uygun şekilde, talep arttıkça maliyetlerin de arttığını göstermektedir. Aslında bu durum, mevcut iç lojistikte meydana gelen değişimler sebebiyle ortaya çıkan bir maliyet artışıdır.

Maliyet üzerinde talep ile yöntem etkileşiminin etkisine yönelik yapılan Genelleştirilmiş Lineer Model (GLM) sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: Maliyet üzerinde talep ile yöntem etkileşiminin etkisine yönelik yapılan Genelleştirilmiş Lineer Model (GLM) sonuçları

Parametreler	B	Std. Hata	95% Wald Güven Aralığı		Hipotez Testi		
			En küçük	En büyük	Wald X ²	SD	p
(Kesişim)	0.467	0.0461	0.377	0.558	102.694	1	0.000
KBKY*Talep	4.042	82.618	2.423	5.661	23.933	1	0.000
KBKY-AT*Talep	99.31	1.2810	-1.518	3.504	0.601	1	0.438
KBKY-MODİ*Talep	3.238	1.1683	94.83	5.528	7.682	1	0.006
MMY*Talep	5.112	1.6473	1.883	8.341	9.631	1	0.002
MMY-AT*Talep	3.162	1.1581	89.25	5.432	7.456	1	0.006
MMY-MODİ*Talep	5.099	1.6456	1.874	8.325	9.603	1	0.002
VOGEL*Talep	2.265	1.4622	-60.11	5.130	2.399	1	0.121
(Ölçüm)	.139 ^a	0.0179	0.108	0.179			
Bağımlı Değişken: Maliyet							
Model: (Kesişim). Yöntem * Talep							
a. Maksimum Benzerlik Tahmini, OR: Odds Oranı, SD: Serbestlik Derecesi.							

GLM analizi sonuçlarına göre maliyet üzerinde talebe dayalı olarak KBKY (OR=4.042; p<0.01), KBKY-MODİ (OR=3.238; p<0.01), MMY (OR=5.112; p<0.01), MMY-AT (OR=3.162; p<0.01) ve MMY-MODİ (OR=5.099; p<0.01) parametrelerinin etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. Maliyete en fazla etki eden yöntem MMY olup, bunu sırasıyla MMY-MODİ, KBKY, KBKY-MODİ ve MMY-AT izlemektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmada, bir üretim sürecindeki iç lojistik aşamasında, farklı rotalara yönelik talebe dayalı üretimde, ana ve karma modellerin maliyet üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu çerçevede araştırmada, Kuzey Batı Köşe Yöntemi (KBKY), Vogel’in Yaklaşım Yöntemi (VOGEL), Minimum Maliyet Yöntemi (MMY), Atlama Taşı Yöntemi (AT) ve Değiştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ) ile karma modellerinin üretim optimizasyonunda maliyet üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Üretim iç lojistik süreçleri en fazla kayıp olan ve en fazla optimizasyon gereksinimi duyulan aşamalardan birisi olup, üretim tesislerinin ve daha genel ifadeyle üretim süreçlerinin temel alanlarından birisidir (Burganova ve ark., 2021; Negri ve ark., 2017; Granlund ve Wiktorsson, 2014). Her ne kadar üretilen ürüne ya da üretim sürecine göre farklılıklar gösterse de genel olarak her üretim sürecinin temel bileşenleri hammadde girişi, imalat ve hammadde çıkışıdır (Jasti and Kodali, 2015). Kapalı sistem bir üretim söz konusu olmadığı tüm üretim süreçlerinde, bu aşamalar arasında iç lojistik sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. İç lojistik ile ilgili geliştirilen programlar, simülasyonlar ve farklı algoritmalar, bu aşamalar arasındaki süreçlerin alternatiflerine yönelik çözümleri içermektedir.

Literatürde her ne kadar farklı optimizasyon ve yol alternatiflerine yönelik çalışmalar yapılsa da temel yöntemleri kıyaslayan çalışmaların sayısı nispete sınırlıdır (Fabri ve ark., 2022; Burganova ve ark., 2021; Olivares ve ark., 2015). Araştırmada elde edilen bulgular, birim maliyet ortalamasının en fazla VOGEL-AT yöntemiyle olduğunu, bunu sırasıyla VOGEL, VOGEL-MODİ, KBKY, MMY-MODİ, MMY şeklinde izlediğini göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar, temel modellere göre karma modellerin

maliyet düşürme konusunda anlamlı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Bunun için, üretim sistemi ve alternatif rotalara yönelik simülasyonların yapılması ve en uygun karma modelin, mevcut üretim sistemine uygun şekilde uyarlanması yarar vardır. İkili kıyaslamaların yapıldığı Post Hoc testi sonuçlarına göre temel modellerin arasındaki farkların anlamlı olmamasına rağmen karma modellerin anlamlı farklılık vermesi, maliyetleri düşürme açısından birden fazla alternatif modelin etkili sonuçlar verebileceğine işaret etmektedir.

Korelasyon analizinde elde edilen sonuçlar ise hem talebin hem de seçilen yöntemin maliyet üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Aslında aynı üretim sistemi içerisinde, aynı hammadde ve ürünlere ve maliyet girdilerine rağmen, seçilen iç lojistik alternatifine bağlı olarak, maliyetler değişebilmektedir. Yalın üretim yaklaşımına yönelik çalışmalar ile uyumlu olan bu bulgular, günümüzde rekabet ve talep odaklı olarak yapılacak olan optimizasyon ve üretim yönetimi planlamalarında, karma modellerin de dikkate alınması ve mevcut üretim sistemine en uygun seçeneğin bulunmasının önemini ortaya koymaktadır. GLM analizinde elde edilen bulgular da bunu desteklemekte olup, aynı talep düzeyine karşın, yöntem ve iç lojistik seçiminin maliyet üzerine etkilerini ve özellikle karma modellerin pozitif katkısını ortaya koymaktadır.

Araştırmanın Kısıtları

Yapılan araştırmanın en önemli kısıtlarından birisi, değişen maliyetlerin ekonomik sistem içerisindeki ortaya koymuş olduğu oynaklıklar ve dinamik maliyet analizidir. Araştırma verileri ve simülasyonlarının hazırlanma sürecinde dahi, enerji maliyetleri ve döviz kurlarına bağlı olarak maliyet hesaplamalarında önemli değişiklikler olmuştur. Özellikle enerjide dışa bağımlılık ve bunun sonucunda dövizin iç piyasalar üzerindeki etkisi, değişken maliyetlerin her alanda daha fazla etkili olmalarına yol açmaktadır.

Araştırmanın bir diğer önemli kısıtlılığı ise literatürde bu alanda yeterli ve kapsamlı çalışmaya rastlanmamış olmasıdır. Aslında bu durum araştırmayı alan öncü olarak önemli kılsa da elde edilen sonuçları kıyaslamak için yeterli çalışmaya rastlanmamıştır.

Araştırmanın Alana ve Literatüre Katkıları

Araştırmanın alana olan en önemli katkısı, üretim süreçlerinde birden fazla modelin karma olarak kullanımının, tek bir iç lojistik modeline göre daha düşük maliyete sebep olduğunu rakamsal olarak ortaya koymasındır. Bu sayede, daha fazla rekabete dayalı ve talep odaklı çalışma yapmak mümkündür. Buna ilave olarak araştırma, üretim süreçlerinde iç lojistik üzerinden daha yalın üretim ve daha düşük maliyetlerin mümkün olabirliğini ortaya koyması bakımından önemlidir.

Literatüre katkılarının başında alanında benzer çalışmaların yapılmaması ve çok disiplinli bir yaklaşımla, üretim yönetiminin hem finansal anlamda maliyet üzerinden hem de üretim mühendisliği anlamında yöneylem üzerinden, bir arada çalışmasının ortaya çıkaracağı pragmatik sonuçları göstermesi gelmektedir. Araştırma aynı zamanda, işletmelerin ve üretim tesislerinin daha modern ve daha dinamik bir üretim süreci için iç lojistik süreçlerine çok boyutlu bakış açısını getirmesi bakımından da önemlidir.

Araştırmada elde edilen sonuçlardan da görüleceği üzere, iç lojistik süreçlerinde karma modeller kullanılarak, maliyetlerin düşürülmesi ve talebe dayalı daha etkili üretim süreçlerinin elde edilmesi mümkündür. Günümüzde artan rekabet koşulları ve giderek küçülen pazarlarda, en etkili ve en verimli şekilde ürünlerin üretilmesi, talebe dayalı yönetim fonksiyonlarının artması ve maliyetlerin düşürülmesi önem arz etmektedir. Geçmişte de maliyetlerin düşürülmesi önemli olsa da günümüzde bunu yaparken, aynı zamanda dinamik bir işletme yapısının da ortaya koyulması ve bu çerçevede, piyasalara bağlı bir üretim sürecinin sağlanması giderek zorunlu hale gelmektedir.

Araştırma sonuçlarına göre ayrıca, üretim süreçlerinde iç lojistik aşamasındaki rotalar ve yöneylem çözümlerinin maliyet üzerindeki etkisinin anlamlı olduğunu da ortaya koymaktadır. Bu nedenle, üretim tesislerinde özellikle iç lojistik aşamalarında çok farklı düğüm olan işletmelerde, karma modeller daha etkili ve daha düşük maliyetli sonuçlar verebilir. Aslında bu durum, yalın üretim yaklaşımında belirtilen yöntemlerin tek başına değil, farklı varyasyonlarla kullanılmasında da yarar olacağını da ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, iç lojistik süreçlerinin maliyet bakımından anlamlı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durum, iç lojistik süreçleri üzerinden, maliyetlerin azaltılması ve rekabet açısından önemli bir unsur olan düşük maliyet stratejisinin kullanımının mümkün olabileceğini ortaya koymaktadır.

Araştırmada genel olarak ele alınan üretim yönetiminde iç lojistik süreçleri üzerinden maliyetlerin azaltılmasına ilave olarak daha geniş örneklem ve farklı yöntemler bir arada kullanılarak çözümler genişletilebilir, daha farklı sektörler üzerine, çapraz kıyaslamalara da izin verecek şekilde ileri araştırmalar yapılabilir. Mevcut işletme ve üretim tesisleri için ise en uygun üretim yöntem ve modeli ile iç lojistik süreçlerine yönelik optimizasyon, simülasyon ve yöneylem çalışmaları yapılarak, bunların sonuçları üretim yönetimi ve pazarlama yönetimiyle birleştirilebilir.

Kaynakça

- Adenomdu, A., Kanakana-Katumba, M. G., & Rendani, M. (2021). Implementation of Lean Six Sigma for production process optimization in a paper production company. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(3), 661-680.
- Bajjou, M. S., Chafi, A., & En-Nadi, A. (2017). A comparative study between lean construction and the traditional production system. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 118-132.
- Bamber, L., & Dale, B. G. (2000). Lean production: a study of application in a traditional manufacturing environment. *Production planning & control*, 11(3), 291-298.
- Bardakçi, H. (2020). Benefits of digitalization in international logistics sector. *International Journal of Social Science and Economic Research*, 5(06), 1476-1489.
- Bayraktutan, Y., & Özbilgin, M. (2015). Lojistik maliyetler ve lojistik performans ölçütleri. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 95-112.
- Burganova, N., Grznar, P., Gregor, M., & Mozol, Š. (2021). Optimisation of internal logistics transport time through warehouse management: Case study. *Transportation Research Procedia*, 55, 553-560.
- Erkin, G., & Muborak, R. (2022). Modern marketing concept. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(8), 60-66.
- Fabri, M., Ramalhinho, H., Oliver, M., & Muñoz, J. C. (2022). Internal logistics flow simulation: A case study in automotive industry. *Journal of simulation*, 16(2), 204-216.
- Gramani, M. C. N., França, P. M., & Arenales, M. N. (2011). A linear optimization approach to the combined production planning model. *Journal of the Franklin Institute*, 348(7), 1523-1536.
- Granlund, A., & Wiktorsson, M. (2014). Automation in internal logistics: strategic and operational challenges. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 18(4), 538-558.
- Guo, Z., Zhang, Y., Zhao, X., & Song, X. (2020). CPS-based self-adaptive collaborative control for smart production-logistics systems. *IEEE transactions on cybernetics*, 51(1), 188-198.
- Jain, E., & Yadav, A. (2017). Marketing and technology: role of technology in modern marketing. *IOSR Journal of Business and Management*, 19(5), 49-53.
- Jasti, N. V. K., & Kodali, R. (2015). Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867-885.
- Karasar, N. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemi*. (26.baskı). Ankara Nobel Yayınevi.
- Kostrzewski, M., Varjan, P., & Gnap, J. (2020). Solutions dedicated to internal logistics 4.0. *Sustainable Logistics and Production in Industry 4.0: New Opportunities and Challenges*, 243-262.
- Kulaç, S., & Çağıl, G. (2019). Bir iç lojistik sistem probleminin, araç rotalama çözüm yöntemleri ile iyileştirilmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11(2), 528-541.

- Küçüköğlu, İ., Yağmahan, B., Çağlıyan, M. S., Yıldız, A., & Aktokluk, D. (2018). İç Lojistik Sisteminde Malzeme Tedariği İçin Geliştirilmiş Matematiksel Modelleme Yaklaşımı: Bir Uygulama. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(4), 159-176.
- Kück, M., & Freitag, M. (2021). Forecasting of customer demands for production planning by local k-nearest neighbor models. *International Journal of Production Economics*, 231, 107837.
- Latif, W. B., Islam, M. A., & Noor, I. M. (2014). Building brand awareness in the modern marketing environment: A conceptual model. *International Journal of Business and Technopreneurship*, 4(1), 69-82.
- Liu, C., Gao, M., Zhu, G., Zhang, C., Zhang, P., Chen, J., & Cai, W. (2021). Data driven eco-efficiency evaluation and optimization in industrial production. *Energy*, 224, 120170.
- Lyu, R., Guo, H., Zheng, Y., Bai, Y., & Chen, Q. (2023). LSTN: a linear model of industrial production process for demand response. In *2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT EUROPE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Mahmood, M. T., Shahab, S., & Hafeez, M. (2020). Energy capacity, industrial production, and the environment: an empirical analysis from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(5), 4830-4839.
- Maria, A., Mattson, C., Ismail-Yahaya, A., & Messac, A. (2003). Linear physical programming for production planning optimization. *Engineering Optimization*, 35(1), 19-37.
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in industry 4.0. *Procedia engineering*, 182, 466-473.
- Negri, E., Perotti, S., Fumagalli, L., Marchet, G., & Garetti, M. (2017). Modelling internal logistics systems through ontologies. *Computers in Industry*, 88, 19-34.
- Nordin, F., & Ravald, A. (2023). The making of marketing decisions in modern marketing environments. *Journal of Business Research*, 162, 113872.
- Novais, L., Maqueira Marin, J. M., & Moyano-Fuentes, J. (2020). Lean production implementation, cloud-supported logistics and supply chain integration: interrelationships and effects on business performance. *The International Journal of Logistics Management*, 31(3), 629-663.
- Olivares, V., Cordova, F., Sepúlveda, J. M., & Derpich, I. (2015). Modeling internal logistics by using drones on the stage of assembly of products. *Procedia Computer Science*, 55, 1240-1249.
- Rahnama, R., & Beiki, A. H. (2013). Modern marketing, concepts and challenges. *Oman Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review*, 34(975), 1-13.
- Rosid, A., Judijanto, L., Stiadi, M., Rostini, R., & Mohamad, M. T. (2023). Contemporary marketing management strategies: navigating complexity and challenges in the dynamic industry era. *International Journal of Economic Literature*, 1(3), 271-284.
- Schmidtke, N., Behrendt, F., Thater, L., & Meixner, S. (2018). Technical potentials and challenges within internal logistics 4.0. In *2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)* (pp. 1-10). IEEE.
- Uçar, A., & Şirin, B. T. (2024). İç Lojistik Faaliyetlerinde Yalın Tekniklerin Kullanılması ve Bir Uygulama. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 7(3), 9-10.
- Xonkeldiyeva, K., & Xo'Jamberdiyev, J. (2020). Improving organizational effectiveness of industrial production. *Экономика и социум*, (3 (70)), 145-147.
- Yılmaz K, Turanlı M. (2023). A Multi-disciplinary Investigation of Linearization Deviations in Different Regression Models. *Asian Journal of Probability and Statistics*, Apr 29;22(3):15-9.
- Yılmaz K, Turanlı M. (2022). A Multi-Disciplinary Investigation on Minimizing Linearization Deviations in Different Regression Models. *Change & Shaping The Future*, IV. ASC-2022/Fall Congress ISBN 978-625-8048-99-5.

Research Article

İç Lojistik Sürecindeki Alternatif Rotaların Rekabet Önceliklerine Göre Oluşturulması

Creating Alternative Routes in the Domestic Logistics Process According to Competition Priorities

Şengül COŞKUN Sakarya Üniversitesi sengul.coskun1@ogr.sakarya.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-1185-7195	Kadir YILMAZ İstanbul Ticaret Üniversitesi dekartezyen@hotmail.com https://orcid.org/0000-0003-2568-3015	Kamil TAŞKIN Doç.Dr., Sakarya Üniversitesi ktaskin@sakarya.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-8081-7445
---	---	---

Extensive Summary

Although studies have been conducted on the effectiveness of these methods in production processes and especially in operations research, there have not been enough studies examining demand-based and alternative mixed models. For this reason, in the research, for demand-based production, North West Corner Method (NWCN), Vogel's Approach Method (VOGEL), Minimum Cost Method (MCM), Stepping Stone Method (SSM) and Modified Distribution Method (MODİ) were used in production management. It is aimed to make and compare cost analyzes for internal logistics processes using mixed models.

The production process of a product, in the simplest terms, is the process of transforming the raw material into a desired form or shape by passing through certain processing steps, as well as giving it certain functional properties (Lyu et al., 2023; Mahmood et al., 2020; Xonkeldiyeva and Xo'Jamberdiyev, 2020). In this process, it is possible to develop different alternative routes according to certain routes and rules in determining the process steps between input and output and in transporting intermediate products from one production stage to another (Lyu et al., 2023). The different topologies that emerge with the different arrangement of each of these routes are affected by many different variables, such as different nodes in the production process, the nature of the product produced and the mode of production, and the internal workforce or energy in the production process (Guo et al., 2020; Kostrzewski et al., 2020; Novais et al., 2020).

The most important and fundamental goal of a production enterprise, and more generally of a business, is to achieve the highest profit with the least cost. To achieve this, reducing costs is of great importance, especially in production enterprises (Gramani et al., 2011; Maria et al., 2003). In the optimization studies carried out for this purpose, studies are carried out on the lowest possible cost, provided that the current limitations and requirements are adhered to. The broader and project-based type of this is the lean production process (Mrugalska and Wyrwicka, 2017; Bamber and Dale, 2000). In lean production, all unnecessary expenses that are necessary and mandatory for production are considered waste. The optimum and lowest-cost production is the production process that is free from waste at the highest level (Jasti and Kodali, 2015).

Within a production process, different models and methods have been developed in internal logistics management. It is possible to state that the most used and researched among these are the North West Corner Method (NWCN), Vogel's Approximation Method (VOGEL), Minimum Cost Method (MCM), Stepping Stone Method (SSM) and Modified Distribution Method (MODİ). . Although these methods have their own pros and cons, in general, these methods provide effective and successful results for many production enterprises. However, today's changing competitive structure and changes in both

quality and quantity of products and production show that there is a need to develop mixed models in these methods.

The research was designed in a mixed model, including experimental design, descriptive survey models and relational survey models. In mixed models, more than one scientific research method is used together to provide findings for the phenomenon or research field in question (Karasar, 2014). In this context, in the research, internal logistics processes within a general production process optimization were designed with the experimental design method, the obtained data were explained with the descriptive scanning model, and the relationships between the variables were revealed with the relational scanning model.

In the production process, the internal logistics phase is one of the areas that is most emphasized in operation and production optimization and where losses occur the most. Although there are many different production intralogistics topologies and solution methods today, there are not enough studies on alternatives that include mixed methods in demand-based production intralogistics. For this reason, the research sought an answer to the question of what the effects of alternative mixed models on the cost of different routes are in the internal logistics process.

Kolmogorov Smirnov Test was performed to determine the normality distribution of the data obtained in the study. Since the data did not comply with the standard normal distribution, nonparametric analysis methods were used. Kruskal Wallis test was used to compare multiple cost and demand differences between methods, and Mann Whitney U test was used to compare paired groups Post Hoc. In the relational screening model, Spearman's rho and controlled partial correlation were used for correlation analyses, due to linearization deviations (Yılmaz and Turanlı, 2023; Yılmaz and Turanlı, 2022), Generalized Linear Model was used. Optimization and operational studies were carried out in Microsoft Office Excel application, and advanced statistical analyzes were carried out in SPSS 25.0 for Windows package program, with a 95% confidence interval and an upper limit of 0.05 significance level.

Although there is no significant difference between demand functions ($p>0.05$), there are statistically significant differences between costs ($p<0.05$). In fact, although this may be due to different results obtained in different operational methods and paths used, in hybrid models, despite the same route and node points, costs may decrease depending on the method followed.

The differences between both NWCM, MCM and VOGEL methods and their hybrids are not statistically significant ($p>0.05$). In other words, there is no significant difference between the application of these three methods alone and the production systems based on the hybrid models of these three methods.

In the pairwise comparisons of NWCM, MCM and VOGEL methods, there are no statistically significant differences in terms of cost ($p>0.05$). In other words, NWCM, MCM or VOGEL can be used in the internal logistics process within the production system in the research sample. The fact that there is no difference between these three models also indicates that whichever model has more familiarity and experience in production management can be used in the selection criteria.

According to the results of comparing the main models with hybrid models other than their own hybrid models, the differences between MCM and NWCM-SSM, the differences between MCM and VOGEL-SSM, and the differences between VOGEL and NWCM-SSM are statistically significant ($p < 0.05$). When the significant differences are examined according to the cost differences, it is seen that the biggest difference is between VOGEL and NWCM-SSM, followed by MCM and VOGEL-SSM and MCM and NWCM-SSM, respectively.

Spearman's rho correlation analysis results ($r=0.517$; $p<0.001$) and method-controlled partial correlation analysis results ($r=0.450$; $p<0.001$) reveal that there is a statistically significant and positive relationship between demand and cost. There is also a statistically significant relationship between cost and method ($r=0.181$; $p<0.05$). Since the method does not have ordinal data, the significance of the correlation, not its direction, was taken into account. When the correlation coefficients are evaluated, there is a lower level of relationship between demand and cost in models where production is controlled by the method. These findings indicate that the method-controlled approach may have a role in preventing the increase in costs in demand-based special production internal logistics processes.

The results obtained in the correlation analysis reveal that both demand and the chosen method have an impact on the cost. In fact, within the same production system, despite the same raw materials, products and cost inputs, costs may vary depending on the internal logistics alternative chosen. These findings, which are compatible with studies on the lean production approach, reveal the importance of considering mixed models and finding the most suitable option for the current production system in optimization and production management planning that will be made today with a focus on competition and demand. The findings obtained in the GLM analysis also support this and reveal the effects of method and internal logistics selection on cost, and especially the positive contribution of mixed models, despite the same demand level.