



TALEBE DAYALI MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMASI: KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ VE PARAMETRE OPTİMİZASYONU

Özlem UZUN ARAZ¹, Mehmet Ali ILGIN², Özgür ESKİ^{3*}, Ceyhun ARAZ⁴, Ayşenur SEYMEN GÜZEL⁵, Resmîye DALYAN⁶

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-5630-6170>

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-1765-2470>

³Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-5454-8029>

⁴Norm Holding, İzmir

ORCID No : <http://orcid.org/0009-0008-0931-3851>

⁵Standart Cıvata A.Ş., İzmir

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-6298-9852>

⁶Standart Cıvata A.Ş., İzmir

ORCID No : <http://orcid.org/0009-0003-3084-292X>

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Talebe dayalı malzeme ihtiyacı planlaması, Benzetim optimizasyonu, Envanter yönetimi.</i>	<i>Talebe Dayalı Malzeme İhtiyacı Planlaması (TDMİP), geleneksel Malzeme İhtiyacı Planlamasına (MİP) bir alternatif olarak ortaya çıkan, talep odaklı ve esnek bir planlama yaklaşımıdır. TDMİP, envanter seviyelerini etkin bir şekilde yöneterek dinamik ve değişken taleplere hızlı bir şekilde tepki vermeyi hedeflemektedir. Bu karakteristikleri sayesinde TDMİP, günümüz dinamik iş ortamında etkin bir malzeme yönetimi ve ihtiyacı planlaması yöntemi</i>

*Sorumlu yazar; e-posta : ozgur.eski@cbu.edu.tr

doi : <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.1433249>

olarak dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, TDMİP yaklaşımının, bağlantı elemanları satışı yapan bir firmada uygulanması ile ortaya çıkan performansı, geleneksel MİP ile karşılaştırılmıştır. Tedarik sürelerinin stokastik yapıda olması nedeniyle, karşılaştırmalar benzetim modellemesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmaların eşit koşullarda olması açısından hem TDMİP hem de MİP için parametrelerin en iyi değerleri benzetim optimizasyonu ile belirlenmiş ve karşılaştırmalarda bu parametre değerleri kullanılmıştır. Gerçek talep verileri kullanılarak yapılan karşılaştırmalarda TDMİP'in MİP'e göre hizmet düzeyinde %4.1 artış, toplam envanter maliyetinde %35.1 azalma ve ortalama stok seviyesinde ise % 64.8 azalma sağladığı görülmüştür.

DEMAND DRIVEN MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING: COMPARATIVE ANALYSIS AND PARAMETER OPTIMIZATION

Keywords	Abstract
<p><i>Demand driven material requirements planning, Simulation optimization, Inventory management.</i></p>	<p><i>Demand-Driven Material Requirements Planning (DDMRP) is a demand-focused and flexible planning approach that has emerged as an alternative to traditional Material Requirements Planning (MRP). DDMRP aims to respond rapidly to dynamic and variable demands by effectively managing inventory levels. Due to these characteristics, DDMRP stands out as an effective method for material management and demand planning in today's dynamic business environment. In this study, the performance of the DDMRP approach, implemented in a company specializing in the sale of fasteners, was compared with traditional MRP. Due to the stochastic nature of lead times, comparisons were conducted using simulation modeling. To ensure equal conditions for comparisons, the optimal values of parameters for both DDMRP and MRP were determined through simulation optimization, and these parameter values were used in the comparisons. The comparisons, based on real demand data, reveal that DDMRP achieves a 4.1% increase in service levels, a 35.1% reduction in total inventory costs,</i></p>

and a 64.8% reduction in average stock levels compared to MRP.

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 14.02.2024	Submission Date : 14.02.2024
Kabul Tarihi : 26.05.2024	Accepted Date : 26.05.2024

1. Giriş

Talebe Dayalı Malzeme İhtiyaç Planlaması (TDMİP), Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) gibi klasik yaklaşımlara alternatif olarak Ptak ve Smith (2011) tarafından geliştirilmiş bir üretim planlama ve kontrol tekniğidir. Günümüz üretim ortamlarında yaygın olan yüksek düzeydeki belirsizlikle baş edebilme yeteneği, bu tekniğin gerçek üretim ortamlarında kullanılma oranını her geçen gün arttırmaktadır.

TDMİP, yalın üretim ve kısıtlar teorisi gibi talebe dayalı yaklaşımları klasik MİP yaklaşımına entegre eder. MİP'teki güven stoğu yerine TDMİP'te farklı renklerle kodlanmış tampon bölgeleri bulunur. Bu bölgelerin sınırları, ortalama günlük kullanım (OGK), tedarik süresi ve talepteki değişkenlik dikkate alınarak belirlenir. Tamponlar (Buffers), net akış pozisyonu dikkate alınarak yenilenir. Net akış pozisyonu sarı bölgede ise büyüklüğü yeşil bölgenin üst sınırı ile net akış pozisyonu arasındaki farka eşit olan bir sipariş verilir (Ptak ve Smith, 2016).

Değişkenlik faktörü (DF) ve tedarik süresi faktörü (TSF) gibi TDMİP parametrelerine atanan değerler TDMİP sisteminin performansını doğrudan etkiler. Diğer bir deyişle, TDMİP sisteminin başarısı bu parametrelere ilişkin değerlerin doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır.

Bu çalışmada, bağlantı elemanları satışı yapan bir firmada, TDMİP uygulaması ile klasik MİP'in performansları bir benzetim çalışması ile karşılaştırılmıştır. Buna ilaveten TDMİP için DF ve TSF, MİP için de yeniden sipariş seviyesi (s) ve sipariş miktarlarının (S) optimum seviyeleri, OptQuest (Glover, Kelly ve Laguna, 1996) yazılımı kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışmanın devamı şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde, TDMİP çalışmalarına ilişkin bir yazın taraması sunulmaktadır. Üçüncü bölüm, TDMİP'in çalışma mekanizmasını açıklamaktadır. Vaka analizine ilişkin açıklamalar ve bu analizin sonuçları dördüncü bölümde verilmiştir. Son olarak, beşinci bölümde sonuçlar sunulmakta ve gelecekte yapılabilecek çalışmalara ilişkin bir dizi öneride bulunmaktadır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Bu bölümde, TDMİP konusunda 2011-2023 tarihleri arasında yapılmış çalışmalar sunulmuştur. El Marzougui, Messaoudi, Dachry, Sarir ve Bensassi (2020), Orue, Lizarralde ve Kortabarria (2020), Azzamouri, Baptiste, Dessevre

ve Pellerin (2021), Butturi, Giuseppina de Rosa, Baugani ve Gamberini. (2021) TDMİP konusundaki literatürü temel alarak yazın araştırmaları gerçekleştirmişlerdir. TDMİP'in yeni bir konu olması itibarıyla, mevcut literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu bölümde verilen çalışmalar, 3 kritere göre gruplandırılmıştır: Araştırma yöntemi, çözüm metodu, performans kriteri.

2.1 Araştırma Yöntemine Göre Sınıflandırma

Araştırma yöntemine göre mevcut çalışmalar "kavramsal çalışmalar", "karşılaştırmalı çalışmalar", "parametre optimizasyonu çalışmaları" ve "vaka analizi çalışmaları" olmak üzere dört grupta incelenmiştir.

2.1.1 Kavramsal Çalışmalar

Kavramsal çalışmalar, TDMİP konusundaki temel kavramları ve prensipleri ortaya koyan çalışmalardır. TDMİP'in yapısı ve temel prensipleri ilk kez Ptak ve Smith (2016) tarafından ortaya konmuştur. Al-Ammar (2018), TDMİP ve kanban sistemini bütünleşik şekilde kullanarak hibrit bir sistem geliştirmiştir. Lee ve Rim (2019) TDMİP için yeni bir güvenlik stoğu formülü geliştirmiş ve bunu TDMİP'in klasik yenileme mekanizması ile karşılaştırmıştır. Dessevre, Baptiste, Lamothe ve Pellerin (2021), TDMİP parametreleri ile hizmet düzeyi ve kaynak faydalı kullanım oranlarını bütünleştiren, benzetim tabanlı görsel şemalar geliştirmişlerdir. Achergui, Allaoui, ve Hsu (2022) tedarikçi seçim süreci ile TDMİP'nin tampon konumlandırma sürecini entegre etmiş ve problemi karışık tamsayılı doğrusal programlama ile çözmüşlerdir. Cuartas ve Aguilar (2022) belirli bir ürünün satın alma zamanını ve miktarını belirlemek üzere, TDMİP ve pekiştirmeli öğrenme metodolojisini birlikte kullanmıştır.

2.1.2 Karşılaştırmalı Çalışmalar

Karşılaştırmalı çalışmalar, TDMİP ile diğer metodolojilerin performanslarını karşılaştırarak TDMİP'in avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiş çalışmalardır. Bu gruptaki çalışmalar incelendiğinde, çözüm aracı olarak ağırlıklı şekilde kesikli olay benzetimi kullanıldığı gözle çarpmaktadır.

Ihme (2015) TDMİP ve MİP'in performanslarını karşılaştırarak TDMİP'in uygulanabilirliğini ortaya koymuştur. Miclo, Fontanilli, Lauras, Lamothe ve Milian (2015) kesikli olay benzetimi ile TDMİP ve MİP'i karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmada işletme sermayesi, zamanında teslimat performansı, envanter düzeyi kriterlerini kullanmış ve TDMİP'in özellikle talep değişkenliğinin yüksek olduğu ortamlarda daha iyi sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır. Shofa ve Widarto (2017) TDMİP ve MİP'in performanslarını, envanter düzeyini dikkate

olarak karşılaştırmışlar ve TDMİP'in stok düzeyini aşağı çekmede daha etkin olduğu sonucuna varmışlardır. Shofa, Mpeis ve Restina (2018), kesikli olay benzetimi kullanarak, uzun temin süreleri ve belirsiz talep durumunda TDMİP ve MİP'in performanslarını karşılaştırmışlar ve TDMİP'in envanter düzeyini, MİP'e göre %11 aşağı çektiğini vurgulamışlardır. Velasco, Patricia, Mascle ve Baptiste (2020) kesikli olay benzetimi ile TDMİP'in karmaşık bir üretim sistemindeki etkinliğini araştırmışlar ve temin sürelerini %41, envanter düzeyini %18 azalttığı sonucuna varmışlardır. Azzamouri, Baptiste, Pellerin ve Dessevre (2023) sürekli ve periyodik tampon yenileme politikalarının TDMİP performansı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçları, sürekli yenileme stratejisinin, gelişler arası sürenin büyük olduğu durumda, periyodik yenileme stratejisinin ise gelişler arası sürenin küçük olduğu durumda etkin olduğunu göstermiştir. Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde ve Amorrortu (2018) yaptıkları çalışmada, TDMİP'in bir imalat firmasında uygulanmasının kalitatif ve kantitatif sonuçlarını sunmuşlardır. Sonuçlar TDMİP'in hizmet düzeyini yukarı çekerken envanter düzeyini de azalttığını göstermiştir. Thüerer, Fernandes ve Stevenson (2022) gerçekleştirdikleri benzetim çalışmasıyla TDMİP, kanban sistemi, MİP ve optimize edilmiş üretim teknolojisinin performanslarını, faklı darboğaz seviyeleri için karşılaştırmış, darboğaz olması durumunda TDMİP'in daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Son olarak Dessevre, Lamothe, Pellerin, Ben Ali, Baptiste ve Ponponne (2023), aralarında klasik TDMİP'in ve hibrit stratejilerin de yer aldığı farklı metodolojilerin performansını kesikli olay benzetimi ile karşılaştırmışlar, TDMİP ve CONWIP'in bütünleştirilmesiyle oluşan hibrit stratejinin klasik TDMİP'e göre stok seviyesini %34 azalttığı sonucuna varmışlardır.

2.1.3 Parametre optimizasyonu çalışmaları

TDMİP'in performansı, DF, TSF, OGK vb. faktörlere bağlıdır. Metodolojinin etkin şekilde işlemesi için, bu faktörlerin seviyelerinin uygun şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde sunulan çalışmalar, TDMİP parametrelerinin uygun düzeylerini belirlemeye yöneliktir. Damand, Lahrichi ve Barth (2023) TDMİP'in performansını etkileyen sekiz parametre belirlemişlerdir. Sonrasında bu parametrelerin seviyelerini, zamanında teslim performansını ve envanter seviyesini en iyileyecek şekilde, benzetim tabanlı genetik algoritma kullanarak optimize etmişlerdir. Lahrichi, Damand ve Barth (2022) TDMİP için üç parametrenin (DF, TSF, sıçrama eşiği- spike threshold) optimum seviyelerini karışık tamsayılı doğrusal programlama ile belirlemişlerdir.

2.1.4 Vaka analizi çalışmaları

lhme (2015) TDMİP'i mürekkep üreten bir firmada uygulamıştır. Shofa ve diğ.(2017) TDMİP ve MİP'in performanslarını bir otomotiv firmasında yaptıkları gerçek uygulama ile karşılaştırmıştır. Shofa ve diğ.(2018), TDMİP'i

değerlendirmek üzere, Endonezya'daki bir imalat firmasında gerçek uygulamaya dayalı bir çalışma yapmışlardır. Al-Ammar (2018) kanban sistemi ile bütünleştirdiği TDMİP'in etkinliğini kablo imalatı yapan bir firmada yaptığı gerçek uygulama ile ortaya koymuştur. Cuartas ve Aguillar (2022), pekiştirmeli öğrenme metodolojisi ile bütünleşmiş şekilde kurguladığı TDMİP metodolojisini, bir lojistik firmasında uygulamıştır. Son olarak Dessevre ve diğ. (2023) içinde TDMİP'in de yer aldığı 9 farklı stratejinin performansını bir kozmetik firmasında yaptıkları gerçek uygulama ile değerlendirmiştir.

2.2. Çözüm Yöntemine Göre Sınıflandırma

Kullanılan çözüm yöntemlerine göre sınıflandırma yaptığımızda kesikli olay benzetiminin en sıklıkla kullanılan yöntem olduğu görülmektedir. Özellikle karşılaştırmalı çalışmaların büyük çoğunluğu benzetim modellemesi ile gerçekleştirilmiştir (Ihme, 2015; Miclo ve diğ., 2015; Shofa ve diğ., 2017; Shofa ve Widyarto, 2018; Lee ve Rim, 2019; Velasco ve diğ., 2020; Dessevre ve diğ., 2021; Azzamouri ve diğ., 2023; Thüerer ve diğ., 2022; Dessevre ve diğ., 2023). Parametre optimizasyonu çalışmalarında ise karışık model tamsayılı doğrusal programlama (Lahrichi ve diğ., 2022), genetik algoritma (Damand ve diğ., 2023) gibi çözüm yöntemleri kullanılmıştır. Sayılan yöntemlerden farklı olarak Cuartas ve Aguillar (2022) optimum sipariş sıklığı ve miktarını belirlemek için, popüler makine öğrenme algoritmalarından pekiştirmeli öğrenme metodunu kullanmıştır.

2.3 Performans Kriterlerine Göre Sınıflandırma

TDMİP ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, hizmet düzeyi ve ortalama envanter seviyesinin en sık kullanılan performans kriterleri olduğu göze çarpmaktadır (Ihme, 2015; Miclo ve diğ., 2015; Shofa ve diğ., 2017; Shofa ve Widyarto, 2018; Kortabarria ve diğ., 2018; Lee ve Rim, 2019; Thüerer ve diğ., 2022). Bunun dışında Miclo ve diğ. (2015) işletme sermayesi, Ihme (2015), Miclo ve diğ. (2019) ve Lee ve Rim (2019) geri dönen sipariş miktarı veya karşılanamayan sipariş miktarı kriterlerini de dikkate almışlardır. Dessevre ve diğ. (2023) ise çalışmalarında ortalama akış süresi ve birim zamandaki çıktı miktarı kriterlerini kullanmışlardır.

2.4 Genel Değerlendirmeler ve Çalışmanın Literatüre Katkısı

Mevcut literatür değerlendirildiğinde, TDMİP'in yeni bir konu olması nedeniyle sınırlı sayıda çalışma olduğu göze çarpmaktadır. Mevcut çalışmaların önemli bir kısmını, TDMİP'in performansını değerlendirmeye yönelik, karşılaştırma çalışmalarının oluşturduğu görülmektedir. Mevcut literatürde, aşağıdaki noktalarda eksiklikler olduğu gözlemlenmiştir:

- TDMİP yeni bir konu olduğu için, bu metodolojinin etkinliğini göstermeye yönelik daha fazla sayıda gerçek uygulamaya ihtiyaç bulunmaktadır. Mevcut literatürde, gerçek uygulamaya dayalı az sayıda çalışma bulunmaktadır.
- TDMİP'in performansı büyük oranda parametrelerin seviyelerinin uygun şekilde belirlenmesine bağlıdır. Bu noktada TDMİP'in parametrelerini belirlemeye yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Mevcut literatür incelendiğinde, bu konuda oldukça az sayıda çalışma olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada TDMİP ve klasik MİP yöntemlerinin performansı, bağlantı elemanları satışı yapan bir firmada, kesikli olay benzetimi kullanılarak karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Karşılaştırmaların daha etkin şekilde yapılabilmesi amacıyla hem TDMİP hem de MİP parametrelerinin değerleri, Arena OptQuest optimizasyon yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Böylelikle, yukarıda vurgulanan literatürdeki boşlukların doldurulması amaçlanmıştır.

3. Yöntem

TDMİP, malzeme akışının ve stok kontrolünün etkin bir şekilde yerine getirilmesi için belirli noktalara yerleştirilmiş tampon stoklar kullanan bir üretim planlama ve kontrol sistemidir. TDMİP'te kullanılan tamponlarda klasik yaklaşımlardan farklı olarak farklı renklerle kodlanmış bölgeler bulunmaktadır. Tamponların konumları ve tampon bölgelerinin büyüklükleri uygun bir şekilde belirlenerek, tedarik ve talepteki değişkenliklere dinamik olarak yanıt verilmesi sağlanmaktadır. Böylelikle müşteri memnuniyetinin artırılması hedeflenmektedir. TDMİP'in adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Ptak ve Smith, 2011; Ptak ve Smith, 2016):

- **Stratejik Tampon Konumlandırma (Strategic buffer positioning):** TDMİP, ürün ağacındaki tüm bileşenler yerine, tedarik zinciri performansı üzerinde daha etkili olan kritik bileşenlere yoğunlaşır. Bu bileşenler için stratejik tampon konumlandırması yaparak kritik bileşenlerle ilgili riskleri yönetir. Böylece tedarik zinciri dirençliliğini ve etkinliğini arttırmış olur.
- **Tampon Yapısını ve Büyüklüğünü Belirleme (Buffer sizing):** Tampon büyüklüğünün uygun bir şekilde belirlenmesi envanter seviyeleri ve hizmet seviyeleri arasındaki dengenin sağlanmasında kritik bir öneme sahiptir. TDMİP'te bir tampon Şekil 1'de gösterilen üç bölgeden oluşur:

Maksimum Envanter



Şekil 1. TDMİP Tampon Bölgeleri

Kırmızı bölge (KB), kırmızı taban (KT) ve kırmızı güvenlik (KG) olmak üzere iki parçadan oluşur:

$$KT = OGK * ATS * TSF \quad (1)$$

$$KG = OGK * ATS * TSF * DF \quad (2)$$

KB'nin büyüklüğü aşağıdaki formül kullanılarak bulunur:

$$KB = KT + KG \quad (3)$$

Eşitlik 1 ve 2'de, ATS ayrıştırılmış tedarik süresini ifade etmektedir. Kırmızı bölgenin üst sınırı (KBÜS), KB'ye eşittir.

Sarı Bölge (SB)'nin büyüklüğü aşağıdaki formül kullanılarak bulunur:

$$SB = ATS * OGK \quad (4)$$

Sarı bölgenin üst sınırı (SBÜS), KB ve SB toplanarak bulunur.

Yeşil Bölge (YB)'nin büyüklüğü aşağıdaki formül kullanılarak bulunur:

$$YB = \text{Maks} \{ATS * OGK * TSF; OGK * T; MSM\} \quad (5)$$

Eşitlik 5'te, T istenen sipariş döngüsünü, MSM minimum yenileme sipariş miktarını temsil etmektedir.

Yeşil bölgenin üst sınırı (YBÜS), SBÜS ve YB toplanarak bulunur.

• **Tampon Ayarlama (Buffer Adjustment):** Mevsimsel dalgalanmalar tedarik zinciri performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, tamponların

mevsimsel etkiler dikkate alınarak ayarlanması, talebin düşük veya yüksek olduğu dönemlerde tedarik zincirinin etkinliğinin korunmasını sağlar.

- **Sipariş Oluşturma (Order Generation):** Tamponlar, Eşitlik 6'de gösterilen net akış pozisyonu (NAP) eşitliğinden gelen işarete göre yenilenir.

$$NAP_i = EE_i + SE_i - D_i \quad (6)$$

Bu eşitlikte, i . gün için eldeki envanter miktarı EE_i , siparişteki envanter SE_i ve "Belirgin satış siparişleri" (qualified sales orders) D_i ile ifade edilmektedir. D_i , hali hazırdaki satış siparişlerinin, günü geçmiş satış siparişlerinin, teslim tarihi bugün olan satış siparişlerinin ve talep sıçramalarının (spikes) toplanmasıyla elde edilir. Talep sıçraması, belli bir zaman penceresi (talep sıçraması ufku-spike horizon) içinde gerçekleşen ve belirlenmiş bir eşik değeri (sıçrama eşiği-spike threshold) aşan talep miktarlarıdır. NAP değeri, SBÜS değerinden küçük olduğunda yenileme siparişi verilir. Bu siparişin büyüklüğü, YBÜS değeri ile NAP değeri arasındaki farka eşittir.

- **Uygulama (Execution):** Renk kodlarının ve sipariş önceliklendirme için uyarıların kullanımı, sınırlı kapasiteye sahip TDMİP ortamında talep aciliyeti ile kapasite kısıtlarının etkin bir şekilde yönetilmesini sağlar.

Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

4. Uygulama

Bu bölümde, bağlantı elemanları satışı yapan bir firmanın gerçek talep verileri kullanılarak, MİP ve TDMİP yöntemlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar, her iki yöntem için geliştirilen benzetim modelleri ile gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de, her iki yöntemde özgü parametreler ve karşılaştırmada kullanılacak performans ölçütleri verilmiştir. Çalışmada performans ölçütü olarak Toplam envanter Maliyeti (TEM) ve hizmet düzeyi (HD) kullanılmıştır. Bu ölçütlerin nasıl hesaplandığı Eşitlik 6 ve Eşitlik 7'de verilmiştir.

$$HD = \frac{\text{Zamanında karşılanan sipariş sayısı}}{\text{Toplam sipariş sayısı}} \quad (6)$$

$$TEM = SVM + EBM + SKM \quad (7)$$

Eşitlik 7'de, SVM sipariş verme maliyetini, EBM elde bulundurma maliyetini, SKM ise siparişi zamanında karşılayamama maliyetini (backorder cost) ifade etmektedir.

Tablo 1

MİP ve TDMİP için Kullanılacak Parametreler ve Performans Ölçütleri

Yöntem	Parametre	Performans Ölçütü
MİP	s, S	HD, TEM
TDMİP	DF, TSF	

Uygulama kapsamında öncelikle, talep miktarları en yüksek olan ürünlerden biri seçilmiştir. Seçilen ürüne ait 257 günlük talep miktarları dikkate alınmıştır. Talebin günlük ortalaması 19746 birim, standart sapması 38358.42 birim olarak hesaplanmıştır. Bu ürüne ait tedarik süresinin minimum değeri 30 gün, maksimum değeri 50 gün olan tekdüze (uniform) dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Mevcut durumda firma envanter yönetimi için MİP kullanmakta ancak TDMİP yöntemine geçiş için hazırlık çalışmaları yapmaktadır. Bu aşamada, TDMİP yönteminin sağlayacağı avantajları görebilmek amacıyla MİP ve TDMİP performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Karşılaştırmaların eşit koşullarda gerçekleştirilebilmesi için en iyi performansı veren MİP ve TDMİP parametre değerleri deney tasarımı ile belirlenmiştir. Parametre değerlerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar, izleyen bölümde anlatılmıştır.

4.1. MİP ve TDMİP parametre değerlerinin belirlenmesi

MİP parametre değerlerini (s,S) belirlemek üzere bir deney tasarımı çalışması yapılmış olup s için 3 seviye, S için 9 seviye olmak üzere 27 alternatif parametre değeri belirlenmiştir. s seviyeleri belirlenirken Tablo 2'de verilen 3 farklı hesaplama yöntemi dikkate alınmıştır. S seviyeleri ise s değerinin katları (k=2,3,4) alınarak belirlenmiştir. Deney tasarımında kullanılan s ve S seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Deney Düzenlemede Ele Alınan Faktörlerin Seviyeleri

s		S (k*s)
Hesaplama yöntemi	Değer	Değer
TS _{min} *OGT	472410	944820
		1889640
		2834460
TS _{mak} *OGT	629880	1259760
		2519520
		3779280
TS _{ort} *OGT	787350	1574700
		3149400
		4724100

TS_{min}: Minimum tedarik süresi **TS_{mak}**: Maksimum Tedarik süresi

TS_{ort}: Ortalama tedarik süresi **OGT**: Ortalama günlük talep

Bu 27 deney tasarım noktası, Arena 14'te geliştirilen benzetim modeli ile 257 gün ve 30 replikasyon olmak üzere çalıştırılmıştır. Varyans azaltma tekniği olarak Ortak Rastgele Sayılar Yöntemi (Common Random Numbers Method) kullanılmıştır. Yapılan benzetim çalışmalarının sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde, s ve S değerlerindeki değişimlerin, performans ölçütleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bu durum, s ve S parametrelerinin değerlerinin uygun şekilde belirlenmesinin sistem performansı açısından önemli olduğunu vurgulamaktadır. TEM performans ölçütü dikkate alındığında en iyi alternatifin s=787350 S=1574700 değerlerine sahip 25 No'lu tasarım noktası olduğu görülmektedir.

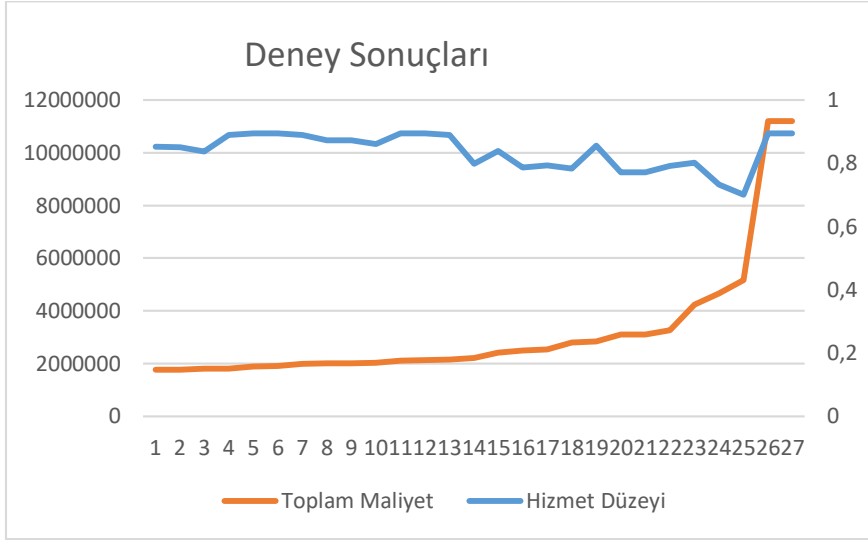
Tablo 3

MİP için Deney Tasarımı Sonuçları

#	s	S	HD	TEM	#	s	S	HD	TEM
1	472410	944820	0.732	4,667,726	15	629880	3779280	0.855	2,847,148
2	472410	1889640	0.89	1,807,893	16	629880	1574700	0.895	2,104,473
3	472410	2834460	0.772	3,108,421	17	629880	3149400	0.85	1,773,155
4	472410	1259760	0.701	5,162,714	18	629880	4724100	0.872	2,015,346
5	472410	2519520	0.802	4,245,468	19	787350	944820	0.798	2,207,999
6	472410	3779280	0.889	1,988,674	20	787350	1889640	0.895	1,918,217
7	472410	1574700	0.838	1,803,367	21	787350	2834460	0.794	2,529,996
8	472410	3149400	0.86	2,033,875	22	787350	1259760	0.839	2,413,491
9	472410	4724100	0.895	11,192,138	23	787350	2519520	0.889	2,161,002
10	629880	944820	0.772	3,108,371	24	787350	3779280	0.895	2,137,560
11	629880	1889640	0.787	2,503,889	25*	787350	1574700	0.853	1,771,676
12	629880	2834460	0.895	1,890,645	26	787350	3149400	0.872	2,015,346
13	629880	1259760	0.783	2,795,689	27	787350	4724100	0.895	11,192,138
14	629880	2519520	0.791	3,261,548					

*Minimum maliyeti veren çözüm

Şekil 2, artan maliyete göre sıralanmış deney tasarımı noktalarına karşılık gelen HD ve TEM değerlerini göstermektedir. Şekil incelendiğinde, hizmet düzeyinin azaldığı noktalarda toplam maliyetin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum, zamanında karşılanamayan siparişlerin yarattığı maliyetten kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. MİP için Toplam Maliyete Göre Küçükten Büyüğe Sıralanmış Deney Sonuçları

MİP yönteminin performansını iyileştirmek için en uygun parametre değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla MİP için bir parametre optimizasyon çalışması, OptQuest yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. OptQuest, Arena benzetim yazılımı için geliştirilmiş, Tabu arama algoritması ve dağınık arama yöntemi temelli bir optimizasyon aracıdır.

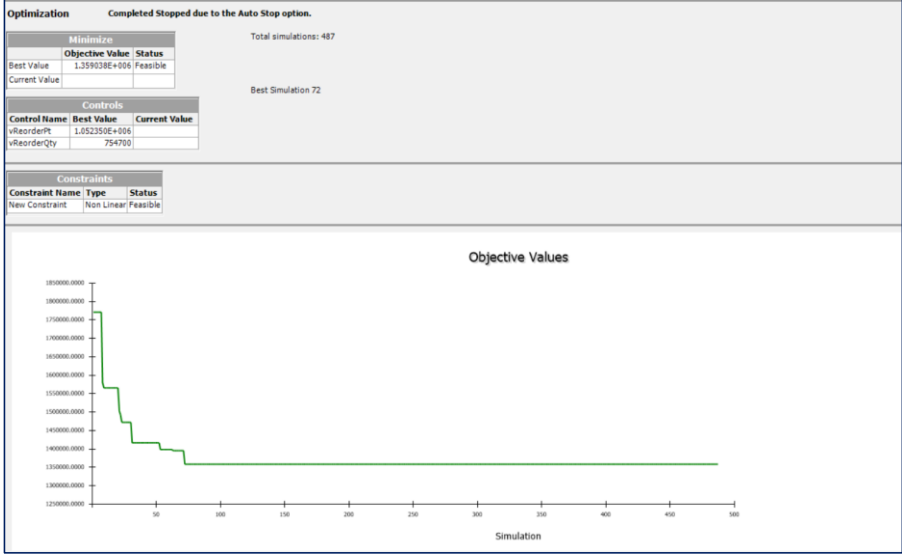
Elde edilen deney sonuçlarında minimum maliyeti veren 25 No'lu alternatif ile ilişkili (s,S) değerleri başlangıç noktası alınarak OptQuest programı ile parametre optimizasyonu yapılmıştır. OptQuest programında kullanılan değişkenler, kısıt fonksiyonu ve diğer parametreler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4

MİP için OptQuest Parametreleri

OptQuest Girdileri	Değerleri
Karar Değişkenleri	(s,S)
Amaç Fonksiyonu	Maliyet Minimasyonu
Kısıtlar	$HD \geq 0.85$
Parametre aralığı	$393675 < s < 1181025$ $787350 < S < 2362050$
Adım büyüklüğü	5000
Replikasyon sayısı	30
Optimizasyon algoritmasındaki tolerans değeri (iki çözümün eşit kabul edilmesi için belirlenen fark)	0.0001

Optimizasyon sırasında benzetim modelinin kaç replikasyon çalışacağı belirlenmiştir. Tolerans değeri girildikten sonra optimizasyon algoritması çalıştırılmış olup elde edilen sonuçların ekran görüntüsü Şekil 3'te verilmiştir. Optimizasyon sırasında toplam 487 alternatif denemiştir ve en düşük envanter maliyetini veren çözüm elde edilmiştir.



Şekil 3. MİP için OptQuest Sonuçları

Yapılan analizler sonucunda optimum maliyeti veren parametre değerleri Tablo 5'te gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, OptQuest ile elde edilen sonucun deney düzenleme ile elde edilen sonuca göre envanter maliyeti açısından daha iyi olduğu görülmüştür. Hizmet düzeyi performansını dikkate aldığımızda yine OptQuest ile elde edilen sonucun daha iyi olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum, deney düzenleme ile elde edilen en iyi tasarım noktasının ortalama stok miktarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmadaki temel amaç, minimum maliyeti veren deney tasarım noktasını belirlemek olduğu için yapılacak karşılaştırmalarda MİP için OptQuest ile belirlenen parametre değerleri dikkate alınacaktır.

Tablo 5

MİP için Deney Düzenleme ve OptQuest ile Elde Edilen En İyi Sonuçlar

Alternatif	s	S	HD	TEM	Ortalama Stok Miktarı	Toplam Sipariş Sayısı
OptQuest	1052350	754700	0.860	1359038	631475.150	7
Deney Düzenleme	787350	1574700	0.853	1771676	675822.500	4

*Tablodaki değerler 30 replikasyon için ortalama değerlerdir.

Bundan sonraki kısımda, TDMİP için en uygun parametre değerlerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. TDMİP yaklaşımında sistemi etkileyen iki ana faktör olan DF, TSF parametreleri dikkate alınarak bir deney düzenleme çalışması yapılmıştır. Tablo 6'da belirtildiği gibi, DF için 0 ile 1 aralığında 11 farklı seviye, TSF için ise 0.2 ile 1 arasında 9 seviye dikkate alınmıştır. TSF için 0.2'den küçük değerlerin kullanılması tavsiye edilmediği için (Ptak ve Smith, 2016) bu faktör için alt sınır 0.2 olarak belirlenmiştir.

Tablo 6

TDMİP için Kullanılacak Faktörler ve Faktör Seviyeleri

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
DF	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
TSF	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	-	-

Yapılan deney düzenleme sonucunda oluşan 99 (11x9) deney noktası, Arena 14.0 yazılımında geliştirilen benzetim modelinde 257 gün ve 30 replikasyon için çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7

TDMİP için Deney Tasarımı Sonuçları

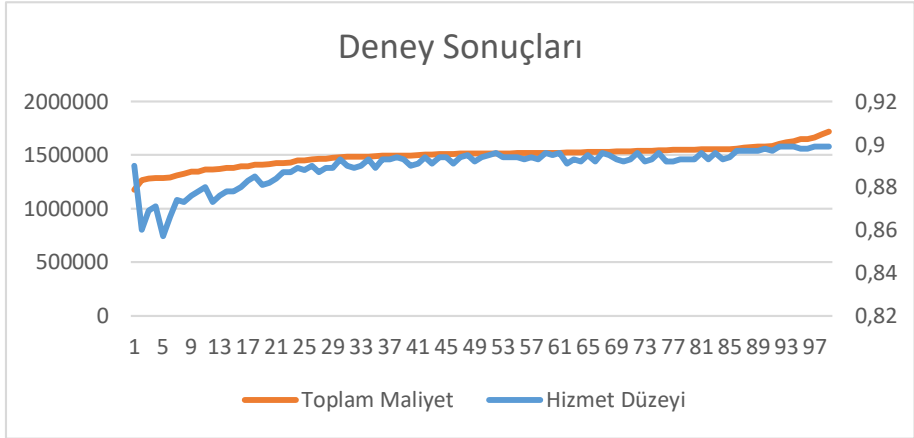
#	DF	TSF	HD	TEM	#	DF	TSF	HD	TEM
1	0	0.2	0.8570	1,285,207.69	18	0.6	0.3	0.8830	1,395,513.55
2*	0.1	0.2	0.8630	1,175,547.91	19	0.7	0.3	0.8850	1,408,317.10
3	0.2	0.2	0.8610	1,276,432.85	20	0.8	0.3	0.8870	1,425,421.82
4	0.3	0.2	0.8660	1,289,425.40	21	0.9	0.3	0.8890	1,447,217.99
5	0.4	0.2	0.8690	1,278,201.58	.	.	.	.	.
6	0.5	0.2	0.8710	1,283,423.17	.	.	.	.	.
7	0.6	0.2	0.8740	1,310,237.52	.	.	.	.	.
8	0.7	0.2	0.8730	1,322,398.29	90	0.1	1	0.8950	1,520,728.14
9	0.8	0.2	0.8760	1,342,726.42	91	0.2	1	0.8940	1,516,577.59
10	0.9	0.2	0.8780	1,346,923.19	92	0.3	1	0.8960	1,552,839.80
11	1	0.2	0.8800	1,363,517.70	93	0.4	1	0.8970	1,560,381.45
12	0	0.3	0.8730	1,364,083.21	94	0.5	1	0.8980	1,578,818.33
13	0.1	0.3	0.8760	1,368,471.37	95	0.6	1	0.8990	1,618,928.67
14	0.2	0.3	0.8780	1,380,580.70	96	0.7	1	0.8980	1,648,993.05
15	0.3	0.3	0.8780	1,379,022.38	97	0.8	1	0.8990	1,661,423.70
16	0.4	0.3	0.8800	1,393,915.57	98	0.9	1	0.8990	1,690,734.99
17	0.5	0.3	0.8810	1,410,294.80	99	1	1	0.8990	1,716,075.98

*Minimum maliyeti veren çözüm

Tablo incelendiğinde, DF ve TSF değerlerindeki değişimlerin, performans ölçütleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bu durum, DF ve TSF parametrelerinin değerlerinin uygun şekilde belirlenmesinin sistem performansı açısından önemli olduğunu vurgulamaktadır. TEM performans ölçütü dikkate alındığında en iyi alternatifin DF=0.1 ve TSF=0.2 değerlerine sahip 2 No'lu tasarım noktası olduğu görülmektedir.

Deney sonuçlarının maliyeti minimize edecek şekilde küçükten büyüğe doğru sıralanması ile elde edilen grafik Şekil 4'te verilmiştir. Grafik incelendiğinde hizmet düzeyinin MİP'e nazaran daha yüksek olduğu ve değerlerin daha küçük bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Maliyetin yüksek olduğu noktalarda hizmet düzeylerinin de yüksek olduğu gözlemlenmektedir.

Elde edilen deney sonuçlarında minimum maliyeti veren alternatife ait DF, TSF değerleri başlangıç noktası olarak alınmış ve OptQuest programı ile parametre optimizasyonu yapılmıştır. OptQuest programında kullanılan değişkenler ve diğer parametreler Tablo 8'de verilmiştir.



Şekil 4. TDMİP için Toplam Maliyete Göre Küçükten Büyüğe Sıralanmış Deney Sonuçları

Tablo 8

TDMİP için OptQuest Parametreleri

OptQuest Girdileri	Değerleri
Karar Değişkenleri	DF, TSF
Amaç Fonksiyonu	Maliyet Minimizasyonu
Kısıtlar	HD \geq 0.85
Parametre aralığı	0 \leq DF \leq 0.1
Adım büyüklüğü	0.2 \leq TSF \leq 1
Replikasyon sayısı	0.01
Optimizasyon algoritmasındaki tolerans değeri (iki çözümün eşit kabul edilmesi için belirlenen fark)	30
	0.0001

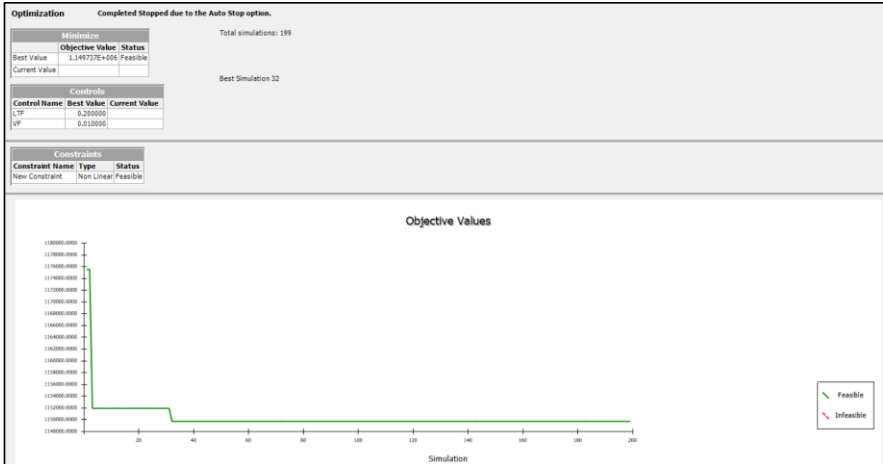
Gerçekleştirilen analizler sonucunda optimum maliyeti veren parametre değerleri Tablo 9'da, OptQuest ekran görüntüsü de Şekil 5'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, OptQuest ile elde edilen sonucun deney düzenleme ile elde edilen sonuca göre TEM açısından da HD açısından da daha iyi olduğu görülmüştür. Bu nedenle yapılacak karşılaştırmalarda TDMİP için OptQuest ile belirlenen parametre değerleri dikkate alınacaktır.

Tablo 9

TDMİP için Deney Düzenleme ve OptQuest ile Elde Edilen En İyi Sonuçlar

Alternatif	DF	TSF	HD	TEM	Ortalama Stok Miktarı	Toplam Sipariş Sayısı
OptQuest	0.2	0.01	0.888	1,149,737	222,487.877	17.067
Deney Düzenleme	0.2	0.10	0.863	1,175,548	234,635.450	17.000

*Tablodaki değerler 30 replikasyon için ortalama değerlerdir.



Şekil 5. TDMİP için OptQuest Sonuçları

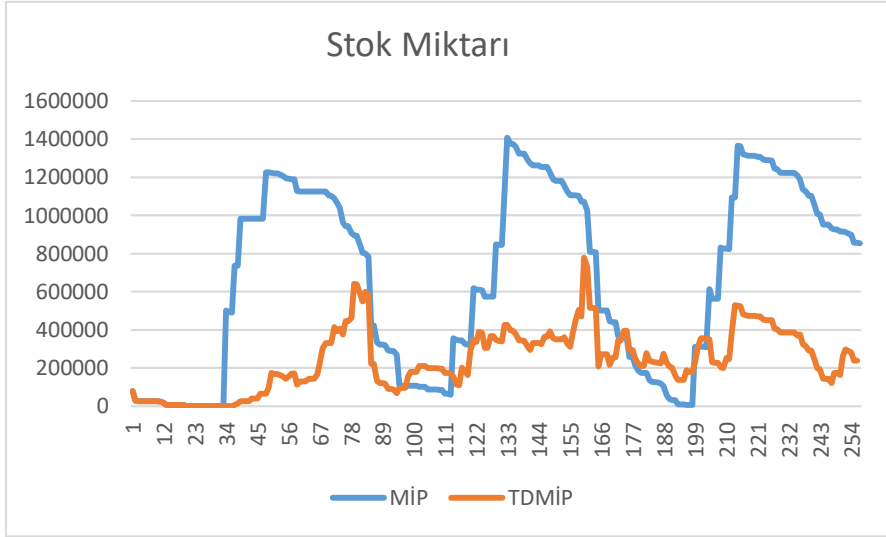
4.2. MİP ve TDMİP Performanslarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, TDMİP ve MİP için bir önceki bölümde elde edilen en iyi parametre değerleri benzetim modeline aktarılarak her iki yöntemin performansı karşılaştırılmıştır. Benzetim çalışmasının sonuçları Tablo 10'da özetlenmiştir. Tablo incelendiğinde, TDMİP'in HD, TEM ve OS açısından daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. TDMİP'in MİP'e göre TEM üzerinde %35,1, HD üzerinde %4,1, OS seviyesinde ise %64,7 iyileştirme sağladığı görülmektedir. Şekil 6'da TDMİP ve MİP için stok miktarları verilmiştir. Tablo 10'da ve Şekil 6'da verilen sonuçlardan görüldüğü üzere, TDMİP, MİP'e göre daha az stok tutarak daha iyi bir hizmet düzeyi sunmaktadır.

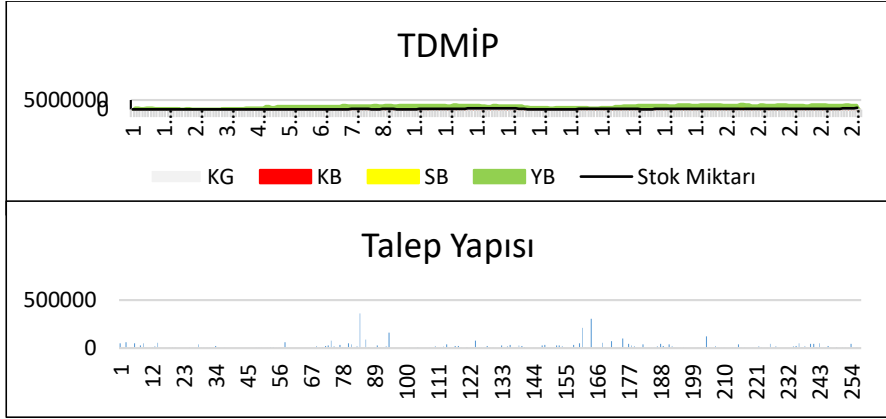
Tablo 10

MİP ve TDMİP'in En İyi Parametre Değerleri için Karşılaştırılması

Yöntem	HD	TEM	OS	% İyileştirme		
				HD	TEM	OS
TDMİP	0.888	1,149,737	222,487.877	4.1	35.1	64.7
MİP	0.853	1,771,676	631,475.150			



Şekil 6. MİP ve TDMİP'in Stok Miktarlarının Karşılaştırılması



Şekil 7. Talep Yapısı ve TDMİP Bölgeleri

En iyi parametre değerlerine göre belirlenmiş TDMİP bölgeleri ve stok seviyesi, Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, eldeki stok miktarının ilk 75 günde kırmızı bölge içinde seyrettiği görülmektedir. Bu durum, sistemin başlangıç koşullarından kaynaklanmaktadır. İlk dönemde gelen talepler başlangıç stoğu ile karşılanmaya çalışılmış ancak, tedarik süresi ortalama 40 gün olduğu için bu dönemde açılan siparişlerin etkisi daha sonraki dönemlerde görülmeye başlamıştır. Eldeki stok miktarı dikkate alındığında, sistemin 75. günden itibaren dengeye geldiği görülmektedir. İlk 75 günden sonraki dönem dikkate alındığında eldeki stok miktarının genellikle kırmızı bölgenin üzerinde seyrettiği, 81-97. ve 161-167. günler arasında gelen yüksek taleplerin TDMİP ile etkin şekilde karşılandığı ve TDMİP bölgelerinin dolayısıyla yeniden sipariş verme noktasının ve sipariş miktarının talep değişkenliğine yanıt verecek şekilde, dinamik olarak güncellendiği gözlemlenmektedir.

5. Sonuçlar ve Tartışma

TDMİP klasik MİP'e alternatif olarak geliştirilmiş ve son dönemde çeşitli sektörlerde uygulama alanı bulan bir üretim planlama ve kontrol yöntemidir. TDMİP, arz ve talebi eşzamanlı hale getirerek stok ve hizmet seviyelerini iyileştirmeyi hedeflemektedir. TDMİP'in önemli avantajlarından biri, yüksek talep değişkenliği ve uzun teslim süreleri ile başa çıkabilme yeteneğidir. TDMİP, gerçek talep ve arza dayalı olarak tampon stok seviyelerini dinamik bir şekilde ayarlayabilir, böylelikle daha etkin bir stok planlama ve kontrol imkanı sağlar. Öte yandan, yöntemin etkin şekilde işleyebilmesi için kullanılan parametrelerin uygun şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Gerçek uygulamalarda bu parametreler çoğu zaman deneme yanılma yoluyla belirlenmektedir. Bu durum, sistemin performansını olumsuz şekilde etkileyerek kimi zaman yüksek stoğa

kimi zaman da stok eksikliğine yol açmaktadır. Bu çalışmada, bağlantı elemanları satış ve pazarlaması yapan bir firmanın bir ürününe ilişkin gerçek talep değerleri kullanılarak, benzetim modellemesi ile TDMİP ve MİP'in performansları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmaların aynı şartlarda olması için hem TDMİP hem de MİP parametreleri deney düzenleme ve benzetim optimizasyonu ile belirlenmiştir. Yapılan karşılaştırmalarda TDMİP'in daha az stok tutarak daha yüksek bir hizmet düzeyine eriştiği görülmüştür. Bu konu ile ilgili olarak gelecekte yapılacak çalışmalarda aşağıdaki hususlar ele alınabilir:

- Bu çalışmada TDMİP'in performansını direkt olarak etkileyen iki temel parametre (DF ve TSF) ele alınmıştır. DF ve TSF dışındaki diğer faktörlerin en uygun seviyelerinin de belirlenmesi ile ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.
- Bu çalışmada ele alınan firmanın sadece satış fonksiyonuna sahip olması nedeniyle sadece son ürün üzerine odaklanılmıştır. Tedarik zincirinin tüm fonksiyonlarını içeren organizasyonlarda, daha karmaşık ürün ağaçlarına sahip ürünler üzerinde benzer çalışmaların yapılması gerekmektedir.
- OptQuest yerine farklı optimizasyon araçları kullanılabilir.
- TDMİP'in yeni bir yöntem olmasından dolayı, yöntemin avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koymak üzere, farklı sektörlerden daha fazla uygulama çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Karar vericilerin TDMİP parametrelerini daha sağlıklı ve kolay şekilde belirleyebilmesine imkan sağlayacak, kullanıcı dostu karar destek sistemleri kurgulanabilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Özlem UZUN ARAZ, problemin tanımlanması, benzetim modellerinin oluşturulması, makalenin yazımı ve sonuçların yorumlanması; Mehmet Ali ILGIN, problemin tanımlanması, sonuçların yorumlanması, yayın araştırması, makalenin yazımı; Özgür ESKİ, problemin tanımlanması, sonuçların yorumlanması, yayın araştırması, makalenin yazımı; Ceyhun ARAZ, problemin tanımlanması, verilerin sağlanması, sonuçların yorumlanması; Ayşenur SEYMEN GÜZEL, verilerin sağlanması, sonuçların yorumlanması; Resmîye DALYAN, verilerin sağlanması, sonuçların yorumlanması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Achergui, A., Allaoui, H. ve Hsu, T. (2022). Demand Driven MRP with Supplier Selection. *IFAC-PapersOnLine*, 55 (10), 257–262. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.398>.
- Al-Ammar, E. J. (2018). *Implementation of a Mix DDMRP-Kanban Supply Chain System within a Multi-Product Industrial Company: Case of Liban Cables SAL*. PhD thesis, Lebanon: Paris Dauphine University, France and Saint Joseph University.
- Azzamouri, A., Baptiste, P., Dessevre, G., ve Pellerin, R. (2021). Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP): A Systematic Review and Classification. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14 (3), 439–456. Doi:<https://doi.org/10.3926/jiem.3331>
- Azzamouri, A., Baptiste, P., Pellerin, R., ve Dessevre, G. (2023). Impact of the Continuous and Periodic Assessment of a Buffer Replenishment on the DDMRP Method. *International Journal of Production Research*, 61(16), 5637-5658. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2109219>
- Butturi, M., Giuseppina de Rosa, A., Balugani, E. ve Gamberini, R. (2021). Understanding the Demand Driven Material Requirements Planning Scope of Application: A Critical Literature Review. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*, 32, 462–471. Vienna, Austria. Doi:<https://doi.org/10.2507/32nd.daaam.proceedings.067>
- Cuartas, C., ve Aguilar, J. (2022). Hybrid Algorithm Based on Reinforcement Learning for Smart Inventory Management. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34, 124-149. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10845-022-01982-5>
- Damand, D., Lahrichi, Y., ve Barth, M. (2023) Parameterisation of Demand-Driven Material Requirements Planning: A Multi-Objective Genetic Algorithm, *International Journal of Production Research*. 61(15). 5134-5155. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2098074>
- Dessevre, G., Baptiste, P., Lamothe, J. ve Pellerin, R. (2021). Visual Charts Produced by Simulation to Correlate Service Rate, Resource Utilization and DDMRP Parameters. *International Journal of Production Research*, 61(3), 741-753. Doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2015808>
- Dessevre, G., Lamothe, J., Pellerin, R., Maha B., Baptiste, P. ve Pomponne, V. (2023). Comparison of Pull Management Policies for a Divergent Process with DDMRP Buffers: An Industrial Case Study. *International Journal of Production Research*, 61(23), 8022-8042. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2162997>
- El Marzougui, M., Messaoudi, N., Dachry, W., Sarir, H. ve Bensassi, B. (2020). Demand Driven MRP: Literature Review and Research Issues. *13ème*

Conference Internationale Demodelisation, Optimisation Et Simulation, Agadir, Maroc.

- Glover, F., Kelly, J.P. ve Laguna, M. (1996) New Advances and Applications of Combining Simulation and Optimization, *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference*, 144-152, Coronado, California, USA.
- Ihme, M. (2015). *Interpreting and Applying Demand Driven MRP: A Case Study*. PhD Thesis, Nottingham Trent University.
- Kortabarria, A., Apaolaza, U., Lizarralde, A. ve Amorrortu, I. (2018). Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11 (4).632–650. Doi: <https://doi.org/10.3926/jiem.2654>
- Lahrichi, Y., Damand, D. ve Barth M. (2022). A First MILP Model for the Parameterization of Demand-Driven MRP. *Computers & Industrial Engineering*. 174, 108769. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108769>
- Lee, C., ve Rim, S. (2019). A Mathematical Safety Stock Model for DDMRP Inventory Replenishment. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019 (September), 1–10. Doi: <https://doi.org/10.1155/2019/6496309>
- Miclo, R., Fontanili, F., Lauras, M., Lamothe, J. ve Milian, B. (2015). MRP vs. Demand-Driven MRP: Towards an Objective Comparison. *Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, 1072–1080, Seville, Spain. Doi: <https://doi.org/10.1109/IESM.2015.7380288>
- Miclo, R., Lauras, M., Fontanili, F., Lamothe, J. ve Melnyk, S.A. (2019). Demand Driven MRP: Assessment of a New Approach to Materials Management. *International Journal of Production Research*, 57 (1), 166–181. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1464230>
- Orue, A., Lizarralde, A. ve Kortabarria, A. (2020). Demand Driven MRP – the Need to Standardise an Implementation Process. *International Journal of Production Management and Engineering*, 8(2), 65–73. Doi: <https://doi.org/10.4995/ijpme.2020.12737>
- Ptak, C., ve Smith C. (2011). *Orlicky's Material Requirements Planning*. New-York: Mc Graw Hill Education.
- Ptak, C., ve Smith, C. (2016). *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)*. Connecticut: Industrial Press, Inc.
- Shofa, M. J., Moeis, A.O., ve Restiana, N. (2018). *Effective Production Planning for Purchased Part under Long Lead Time and Uncertain Demand: MRP vs Demand-Driven MRP*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 337. Institute of Physics Publishing. Doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/337/1/012055>

- Shofa, M.J., ve Widyarto, W. (2017). *Effective Production Control in an Automotive Industry: MRP vs. Demand-Driven MRP*. AIP Conference Proceedings, Vol.1855. American Institute of Physics Inc. Doi: <https://doi.org/10.1063/1.4985449>
- Thürer, M., Fernandes, N. ve Stevenson, M. (2022). Production Planning and Control in Multi-Stage Assembly Systems: An Assessment of Kanban, MRP, OPT (DBR) and DDMRP by Simulation. *International Journal of Production Research*, 60(3), 1036–1050. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1849847>
- Velasco A., Patricia, A., Mascle, C. ve Baptiste. P. (2020). Applicability of Demand-Driven MRP in a Complex Manufacturing Environment. *International Journal of Production Research*, 58 (14), 4233–4245. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650978>