

SİPARİŞ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME YÖNTEMLERİ

ile

YENİ BİR SEZGİSEL ALGORİTMANIN KARŞILAŞTIRILMASI

Ercan ŞENYİĞİT

Funda YILDIRIM

Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Literatürde, sipariş büyüklüğünün belirlenmesi ile ilgili geliştirilmiş yöntemlerden hangisinin veya hangilerinin daha iyi olduğuna ilişkin değerlendirmelerde genellikle deneysel veriler kullanılmıştır. Bu nedenle gerçek bir sistemde hangi yöntemin seçilmesinin gerektiğinin belirlenmesi önemlidir. Çalışmada Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) sistemi kurmaya çalışan bir işletme için sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri değerlendirilerek sistem için uygun yöntem ve/veya yöntemlerin belirlenmesi üzerinde durulmuştur.

MRP (Material Requirement Planning) sistemlerinde en çok kullanılan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri belirlenmiştir. QS (Quant Systems) paket programında yer alan ve aynı zamanda MRP sistemlerinde en çok kullanılan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinden 8 tanesi çalışmada kullanılmıştır. Yeni bir sezgisel sipariş büyüklüğü belirleme algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma diğer 8 yöntemlerle toplam maliyet, optimum sonuç verme sayısı ve performans indeksi kriterlerine göre karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim planlama, malzeme ihtiyaç planlaması, sipariş büyüklüğünün belirlenmesi.

GİRİŞ

Sipariş büyüklüğünün belirlenmesi (Lot Sizing), planlama dönemleri boyunca ortaya çıkan talepleri karşılamak için toplam maliyeti minimize edecek nihai ürün veya bileşenlerinin hesaplanmasıdır.

İşletmede bir malzeme için net ihtiyaçlar belli olduğunda o malzemelerden hangi miktarlarda sipariş verilmesi gerektiği kararının alınması gerekmektedir.

Sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri, sadece hazırlık ve elde bulundurma maliyetlerini kullanıyor ve kaynaklar ile ilgili herhangi bir kısıt içermiyorsa bu tür yöntemler kaynak kısıtlaması olmayan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri olarak adlandırılırlar. Sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri, hazırlık ve elde bulundurma maliyetleri ile birlikte kaynaklar ile ilgili kısıtları içeriyorsa bu tür yöntemler kaynak kısıtlaması olan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri olarak adlandırılırlar [20]. Düzey açısından sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri, ürünü oluşturan hammaddeler ve bileşenleri son ürünü oluşturan tek düzeyli bileşenler şeklinde kabul ederek çalışan tek düzeyli (Bağımsız Talepli) sipariş büyüklüğü belirleme yöntemleri ve ürünü oluşturan tüm düzeylerdeki hammadde ve bileşenleri dikkate alan çok düzeyli (Bağımlı Talepli) sipariş büyüklüğü belirleme problemi olarak ikiye ayrılırlar [21].

Sipariş büyüklüğünün belirlenmesi problemi geniş bir konudur. Literatürde problem dört alt konu olarak sınıflandırılmıştır. Bunlar :

1. SLUR (Single-Level Lot Sizing without Resource Constraints): Kaynak kısıtlaması olmaksızın tek düzeyli Sipariş Büyüklüğü Belirleme problemi.

2. **SLCR** (Single-Level Lot Sizing with Resource Constraints): Kaynak kısıtlaması olan tek düzeyli Sipariş Büyüklüğü Belirleme problemi.

3. **MLUR** (Multi-Level Lot Sizing without Resource Constraints): Kaynak kısıtlaması olmayan çok düzeyli Sipariş Büyüklüğü Belirleme problemi.

4. **MLCR** (Multi-Level Lot Sizing with Resource Constraints): Kaynak kısıtlaması olan çok düzeyli Sipariş Büyüklüğü Belirleme problemi [5]. Şekil-1'de sınıflandırma şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Üretim Planlama Problemlerinin Sınıflandırılması (Bahl, Ritzman, Gupta, 1986).

Günümüzde MRP sistemleri daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle imalat yapan işletmeler bu sistemi stok yatırımlarını minimize etmesi ve verimliliği artırması açısından çok yararlı bulmaktadırlar. MRP programının etkin bir şekilde çalışabilmesi için bu sistemde kullanılacak en uygun sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Kaynak kısıtlaması olmayan tek düzeyli sipariş büyüklüğü belirleme probleminin ana konusu, belirgin zaman dönemlerinde ortaya çıkan bilinen veya tahmin edilen talepleri karşılarken tek düzeyli (bağımsız talepli) tamamlanmış ürünler için planlama dönemleri boyunca elde bulundurma maliyetlerinin ve hazırlık maliyetlerinin toplamını minimum yapan sipariş miktarını belirlemektir. Tamamlanmış ürünler arasında bağımlılık ilişkisi yoktur. Sipariş büyüklüğü belirleme kararı herhangi bir zamanda herhangi bir tamamlanmış ürün için alınır. Tek düzeyli sipariş büyüklüğü belirleme problemlerinde W-W (Wagner-Whitin) yöntemi her zaman minimum maliyetle çözümü bulmaktadır [5, 11].

Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişimiyle birlikte işletmeler ihtiyaçlarını bilgisayarların kullanımı ile karşılamak amacıyla verimli, etkili ve pahalı olmayan yollar bulmak için uğraşmışlardır [7]. Literatürde sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerin karşılaştırılması ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur [8, 9, 11, 12, 13, 22, 23, 24].

Çalışma, MRP sistemini kurmaya çalışan bir işletmede ve bu sistemde hangi sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin kullanılması gerektiği sorusunun cevabını vermek üzere yapılmıştır. Bu kararın alınması amacıyla ürünlerin aylık gerçekleşmiş satış değerleri aylık talep olarak kabul edilmiş yöntemlerin karşılaştırılmasında bu veriler kullanılmıştır. Ürün sayısı çok fazla olduğundan çalışmada işletmenin mevcut 290 farklı yatak ürününden ABC analizi yardımı ile belirlenen A sınıfı 37 ürünün 2000 yılına ait 12 aylık talep ve maliyet bilgileri

kullanılmıştır. Bu veriler, kaynak kısıtlaması olmayan tek düzeyli sipariş büyüklüğü belirleme problemini çözen aynı zamanda MİP sistemlerinde en çok kullanılan yöntemleri içeren QS (Quant System) paket programında analiz edilmiştir. Bu yöntemlere alternatif olarak yeni bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen sipariş büyüklüğü belirleme yöntemi ile birlikte toplam 9 sipariş büyüklüğü belirleme yöntemi birbirleri ile toplam maliyet, optimum sonuç verme sayısı ve performans indeksi kriterlerine göre karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, işletme ile ilgili gerçek veriler kullanılarak MRP sistemine uyumlu işletme koşullarına en uygun sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Çalışma sonucunda belirlenen kriterlere göre en iyi performansı sağlayan yöntemlerin W-W yöntemi, geliştirilen çift katsayılı algoritma ve PPB yöntemleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci bölümde malzeme ihtiyaç planlaması sistemlerinde en çok kullanılan yöntemler belirtilmiştir.

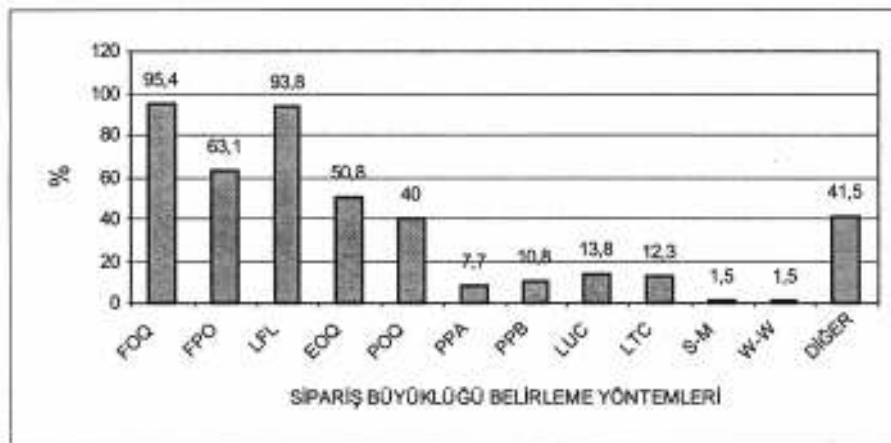
MALZEME İHTİYAÇ PLANLAMASI SİSTEMLERİNDE EN ÇOK KULLANILAN SİPARİŞ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Haddock ve Hubicki 1989 yılında yapmış oldukları çalışmada, MRP sistemlerinde en çok kullanılan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerini belirlemişlerdir. Bu yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

- 1- **EOQ:** (Economic Order Quantity) Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi
- 2- **POQ:** (Period Order Quantity) Periyodik Sipariş Miktarı Yöntemi
- 3- **PPA:** (Part Period Algorithm) Parçalı Dönem Algoritması
- 4- **PPB:** (Part Period Balancing) Parçalı Dönem Dengesi Yöntemi
- 5- **LUC:** (Least Unit Cost) En Düşük Birim Maliyet Yöntemi
- 6- **LTC:** (Least Total Cost) En Düşük Toplam Maliyet Yöntemi
- 7- **S-M:** (Silver-Meal) Silver-Meal Yöntemi
- 8- **W-W:** (Wagner-Whitin) Wagner-Whitin Yöntemi
- 9- **LFL:** (Lot For Lot) İhtiyaç Kadar Sipariş Verme Yöntemi
- 10- **FOQ:** (Fixed Order Quantity) Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi
- 11- **FPQ:** (Fixed Period Quantity) Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi

Şekil-2’de MRP sistemlerinde en çok kullanılan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin kullanım yüzdeleri gösterilmiştir.

MRP sistemlerinde sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinden, en çok kullanılan yöntem %95.4 kullanım yüzdesi ile **FOQ** yöntemidir. En çok kullanılan ikinci yöntem ise %93.8 kullanım yüzdesi ile **LFL** yöntemidir. Üçüncü en çok kullanılan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemi %63.1 kullanım yüzdesi ile **FPQ** yöntemidir [17].



Şekil 2 Malzeme İhtiyaç Planlaması Sisteminde En çok Kullanılan Sipariş Büyüklüğü

NOTASYON

Makalede aşağıdaki bilimsel adlandırma kullanılmıştır;

P	= Planlanan dönem sayısı $P=1,2,\dots,t$
A	= Dönem başı stok miktarı $A=1,2,\dots,x$
B	= Dönem sonu stok miktarı $B=1,2,\dots,y$
T	= Temin süresi
F	= Sipariş verme maliyeti/hazırlık maliyeti
G	= Elde bulundurma\ taşıma maliyeti
I	= İçinde bulunan dönem numarası $i=1,2,\dots,P$
D_i	=i. Dönemin talebi
D	= ortalama talep miktarı
X	= Sipariş verme sayısı $X=1,2,\dots,P$
Z	= Stokta tutulan toplam ürün miktarı
N	= Ceza katsayısı $N=1,2,\dots,P-1$
E	= Dönem taleplerinin aktarıldığı değişken
C	= Siparişin verildiği dönem numarası
K	= Siparişin verildiği bir sonraki dönem
L_i	= i.dönem verilen sipariş büyüklüğü miktarı
V_i	= i.dönem stokta tutulan ürün miktarı
THM	= Toplam hazırlık maliyeti
TEBM	= Toplam elde bulundurma maliyeti
TM	= Toplam maliyet
YSS	= Yıllık sipariş sayısı
YT	= Yıllık talep miktarı
SAA	= Siparişler arası süre
ESM	= Ekonomik sipariş miktarı
EPDF	= Ekonomik parça dönem faktörü
KBEÜM	= Kümülatif birim zamanda elde bulundurulan ürün miktarı
BM	= Birim maliyet
KTM	= Kümülatif talep miktarı
SBDS	= Stokta beklediği dönem sayısı

ÇALIŞMADA KULLANILAN SİPARİŞ BÜYÜKLÜĞÜ BELİRLEME YÖNTEMLERİNİN AÇIKLANMASI

Toplam elde bulundurma maliyeti, (TEBM); dönemler boyunca stokta tutulan ürün miktarının elde bulundurma maliyeti ile çarpılması ile elde edilir. Toplam hazırlık maliyeti (THM); sipariş verilme sayısı ile sipariş verme maliyetinin çarpılması ile elde edilir, toplam maliyet, (TM); TEBM ile THM toplanması ile bulunur.

$$TM= THM (\text{Toplam hazırlık maliyeti})+TEBM (\text{Toplam elde bulundurma maliyeti}) \quad (1)$$

$$TM=F*X+G*\sum_{i=1}^P V_i \quad (2)$$

Denklem (2)'de Denklem (1)'deki açıklamalar formülize edilmiştir.

QS (Quant System) paket programında, MRP sistemlerinde en çok kullanılan 11 sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinden 8 tanesi mevcuttur. Bunlar;

- 1-**EOQ** : Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi
- 2-**POQ** : Periyodik Sipariş Miktarı Yöntemi
- 3-**PPB** : Parçalı Dönem Dengesi Yöntemi
- 4-**LUC** : En Düşük Birim Maliyet Yöntemi
- 5-**LTC** : En Düşük Toplam Maliyet Yöntemi
- 6-**W-W** : Wagner-Whitin Yöntemi
- 7-**LFL** : İhtiyaç Kadar Sipariş Verme Yöntemi
- 8-**FOQ** : Sabit Sipariş Miktarı yöntemleridir.

Geliştirilen Çift Katsayılı Sipariş Büyüklüğü Belirleme Algoritması

AMAÇ= Toplam maliyetin minimize edilmesi.

ADIM 1: P, A, B, T, F, G, D, parametreleri girilir.

ADIM 2: Dönem başı stok miktarı, ilk dönemin talebinden büyük ise ilk dönemde sipariş verilmez dönem başı stok miktarından ilk dönemin talebi çıkarılarak 2. adıma dönülür. Eğer dönem başı stok miktarı, ilk dönemin talebinden küçük ise ilk dönemin talebinden dönem başı stok miktarı çıkarılır.

ADIM 3: Dönemin talebi pozitif ise X, 1'e N, 0'a eşitlenir. Dönemin talebi E değişkenine aktarılır içinde bulunan dönem numarası I, C'e aktarılır.

ADIM 4: İçinde bulunan dönem numarası I, temin süresi T'den büyük ise o sipariş gerçekleşmez, küçük ise bir sonraki adıma geçilir.

ADIM 5: İçinde bulunan dönem numarası I, 1 arttırılır, ceza katsayısı N'de bir arttırılır.

ADIM 6: $(1.625*D_i*N) > (F/G)$ ise 7.adıma geçilir, $(1.625*D_i*N) \leq (F/G)$ ise 8.adıma geçilir.

ADIM 7: I, K' ya aktarılır, C' nin değeri I' ya aktarılır, i.dönem E değişkeninde toplanan talep kadar sipariş verilir. i.dönem stokta tutulan miktar hesaplanır. X, sipariş verme sayısı 1 arttırılır. Siparişin verildiği dönemin talebi E'e aktarılır. İçinde bulunan dönem numarası I, C'e aktarılır. 9. adıma gidilir.

ADIM 8: i. dönem sipariş verilmez dönemin talebi E'e aktarılır, i. dönem stokta tutulan miktar hesaplanır 9. adıma gidilir.

ADIM 9: Planlanan dönem sayısı 1 arttırılarak içinde bulunan dönem numarasına eşit olup olmadığı karşılaştırılır eğer eşitse 10. adıma değilse 11. adıma geçilir.

ADIM 10: Bütün dönemler boyunca stokta tutulan ürün miktarı ve verilen sipariş sayısı belirlenir 12. adıma geçilir.

ADIM 11: P değeri 1 azaltılarak 5. adıma dönülür.

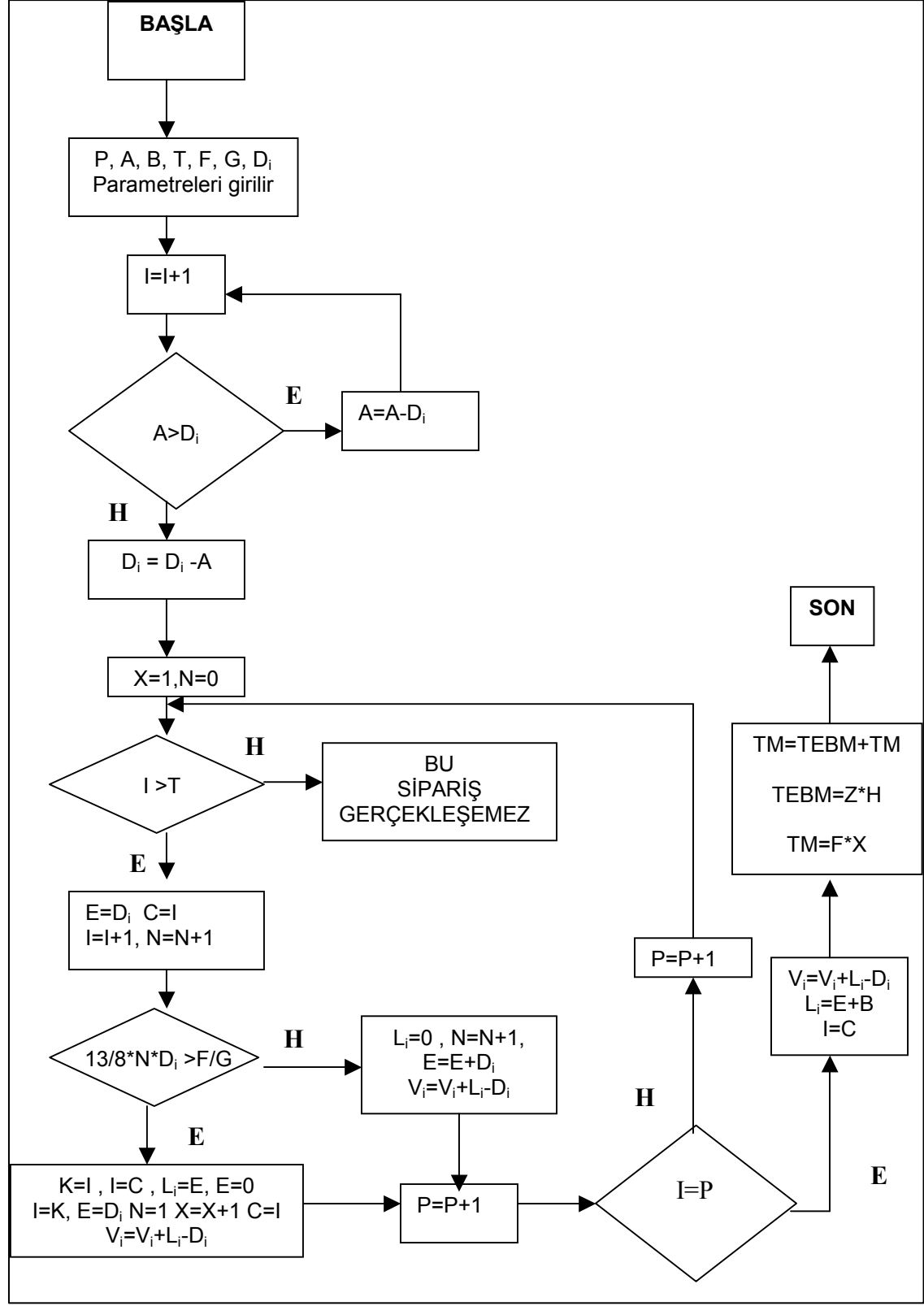
ADIM 12: Toplam elde bulundurma maliyeti, **TEBM**; dönemler boyunca stokta tutulan ürün miktarının elde bulundurma maliyeti ile çarpılması ile elde edilir, Toplam hazırlık maliyeti **THM**; sipariş verilme sayısı ile sipariş verme maliyetinin çarpılması ile elde edilir, toplam maliyet, **TM**; **TEBM** ile **THM** toplanması ile bulunur ve işlem sona erer.

Geliştirilen sipariş büyüklüğü belirleme algoritması toplam maliyeti minimize etmek için $(1.625*D_i*N) > (F/G)$ kriterini kullanmaktadır. $(1.625*D_i*N)$ çarpımının değeri F/G oranından büyükse o dönem sipariş verilebilir. Algoritma önce hangi dönemlerde sipariş verilmesi gerektiğini belirler. Daha sonra bu sipariş verilecek dönemlerde, bir sonraki sipariş verilecek dönemden bir önceki döneme kadar olan taleplerin toplamını verilecek siparişin büyüklüğü olarak belirler ve bu siparişin verilmesi gerektiği dönemden temin süresi kadar önce siparişi verir.

Algoritma, dönem başı stoğu ilgili dönemlerin talepleri ile karşılaştırır dönem başı stoğu, dönemin talebinden büyükse o dönem sipariş verilmesine gerek yoktur. Algoritma, dönem sonu stoğu son dönemin talebi

üzerine ekler. Her bir dönemde stokta tutulan ürün miktarı algoritma tarafından hesaplanır. Geliştirilen çift katsayılı algoritmanın akış diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir.

Geliştirilen algoritma sipariş büyüklüğünü belirlerken iki farklı katsayıdan yararlanmaktadır. Bu katsayılar; sabit olan (1.625) katsayısı diğeri de değişken olan N ceza katsayısıdır. N ceza katsayısının fonksiyonu, sipariş verilmeyen dönem sayısı arttıkça bir sonraki dönem sipariş verilme olasılığını arttırmaktır. Üst üste sipariş verilmeyen dönem sayısı arttıkça $(1.625 * D_i * N)$ çarpımının değeri N değerinin artmasından dolayı yükselmektedir. Bu çarpım değerinin yükselmesi sipariş verilme olasılığını arttırır. Çift katsayılı algoritmaya bu adın verilmesinin sebebi biri sabit (1.625) biri de değişken olmak üzere ($N=1, \dots, P-1$) iki farklı katsayının kullanılmasıdır [21].



Şekil 3. Geliştirilen Çift Katsayılı Algoritmanın Akış Diyagramının Gösterilmesi

Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi (Economic Order Quantity)

Denklem (3)'te yöntemin sipariş büyüklüğünü belirlemede kullanılan formül gösterilmiştir. Bu formül hazırlık veya sipariş verme maliyeti ile elde bulundurma maliyetini dengelemek amacıyla oluşturulmuştur [18].

Periyodik Sipariş Miktarı Yöntemi (Period Order Quantity)

Periyodik sipariş verme yöntemi, klasik EOQ yönteminin mantığına dayanır. Bu yöntemde, sipariş verme aralığını belirlemek için önce ekonomik sipariş miktarı hesaplanır. Daha sonra yıllık toplam maliyet, ESM ile bölünerek bir yılda verilecek sipariş sayısı bulunur. Bir yıldaki toplam dönem sayısının, yıllık sipariş sayısına bölünmesi ile sipariş verme aralığı hesaplanmış olur. Böylece hesaplanan sipariş verme aralığına düşen dönemlerin net ihtiyaçlarının toplanmasıyla sipariş miktarı hesaplanır. Diğer yöntemler içerisinde EOQ tabanlı olan en zayıf yaklaşımdır [18]. Denklem (4) ve (5) ile gösterilen formüllerle ilgili değerler hesaplanır [21].

$$YSS=YT/ESM \quad (4)$$

$$SAS=P/YSS \quad (5)$$

Parçalı Dönem Dengesi Yöntemi (Part Period Balancing)

Bu yöntem, sipariş büyüklüğünü belirlerken toplam sipariş verme maliyetini elde bulundurma maliyetine eşitlemeye çalışır. Bunun için denklem (6)'da hesaplanan ekonomik parça dönem faktörü kullanılır. Bu faktör ile denklem (7)'de hesaplanan kümülatif birim zamanda elde bulundurulan ürün miktarı ile karşılaştırılır.

$$EPDF= F/G \quad (6)$$

$$KBEÜM=SBD *D, \quad (7)$$

KBEÜM değeri EPDF değerini geçtiği dönemde, bu döneme kadar olan talep büyüklüğünde sipariş verilir [21]. Bu yöntemde planlanan dönemlerin talepleri EPDF değerine yaklaşıncaya kadar tek bir sipariş altında toplamaya çalışır [18].

En Düşük Birim Maliyet Yöntemi (Least Unit Cost)

Bu yöntem, birim başına sipariş verme ve elde bulundurma maliyetlerinin toplamından oluşan birim maliyeti minimum etmeye çalışır. Miyopik bir yapıya sahiptir [18]. Bu yöntem önce ilk dönemin net ihtiyacı kadar sipariş verilmesi durumunda birim maliyetin ne kadar olacağını hesaplar. Daha sonra bir sonraki dönemin net ihtiyacı sipariş miktarına ilave ederek birim maliyeti yeniden hesaplar. Birim maliyet düşmeye devam ettikçe bir sonraki dönemlerin net ihtiyaçları sipariş miktarına ilave edilir. Birim maliyet artmaya başladığında durulur. Birim maliyeti arttıran dönemden önceki dönemlerin net ihtiyaçlarının toplamı sipariş miktarını oluşturur. Birim maliyetin arttığı dönem başlangıç olarak alınarak daha önceki işlemler tekrarlanır. Bu yöntemde karar kriteri birim başına en düşük maliyettir. Birim maliyet denklem (8)'de belirtildiği gibi hesaplanır [3].

$$BM= (THM+TEBM)/KTM \quad (8)$$

En Düşük Toplam Maliyet (Least Total Cost)

Bu yöntem taşıma ve hazırlık maliyetlerini dengelemeye çalışır. Yöntem ilk dönemin talebini sipariş büyüklüğü olarak kabul eder. Bir sonraki dönemden başlamak üzere, kümülatif elde bulundurma maliyeti hazırlık maliyetini aşıncaya kadar ki dönemlerin talepleri sipariş büyüklüğüne eklenir [18].

Wagner-Whitin Yöntemi

Bu yöntem dinamik programlama modeline dayalı matematiksel bir optimizasyon işlemidir. Temel olarak Wagner-Whitin yöntemi, planlama döneminin her bir dönemindeki net ihtiyaçları karşılamak için mümkün olan tüm alternatifleri değerlendirir. Wagner – Whitin yöntemi de sipariş verme ve elde bulundurma maliyetlerinin toplamını minimize etmeye çalışır. Bu yöntem diğer sipariş büyüklüğü yöntemlerinin nispi etkinliğini ölçmede bir standart olarak kullanılabilir [18,21].

İhtiyaç Kadar Sipariş Verme Yöntemi (Lot For Lot)

İhtiyaç kadar sipariş verme yöntemi (Lot For Lot), her bir dönemin net ihtiyacı kadar sipariş verilmesini önerir. Bu yöntemde elde bulundurma durumu yoktur. Bu yöntemin kullanımı halinde elde bulundurma maliyetleri minimize edilmiş olur [18].

Sabit Sipariş Miktarı (Fixed Order Quantity)

Bu yöntemde net ihtiyaçları karşılayacak şekilde sabit sipariş büyüklükleri belirlenir. Gerekli hesaplamalar bu büyüklüğe göre yapılır [18].

MATERYAL ve METOT

Çalışmanın yapıldığı işletmenin yatak bölümünde 290 çeşit ürün üretilmektedir. Çalışmada kullanılacak ürün sayısını azaltmak için ABC analizi kullanılmıştır. Analiz sonucunda A sınıfı 37 ürün çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu 37 ürüne ait 2000 yılı verileri kullanılarak aylık talep miktarları, hazırlık ve elde bulundurma maliyetleri belirlenmiştir. Bu 37 ürünün her biri için 12 aylık talep bilgileri tespit edilmiştir.

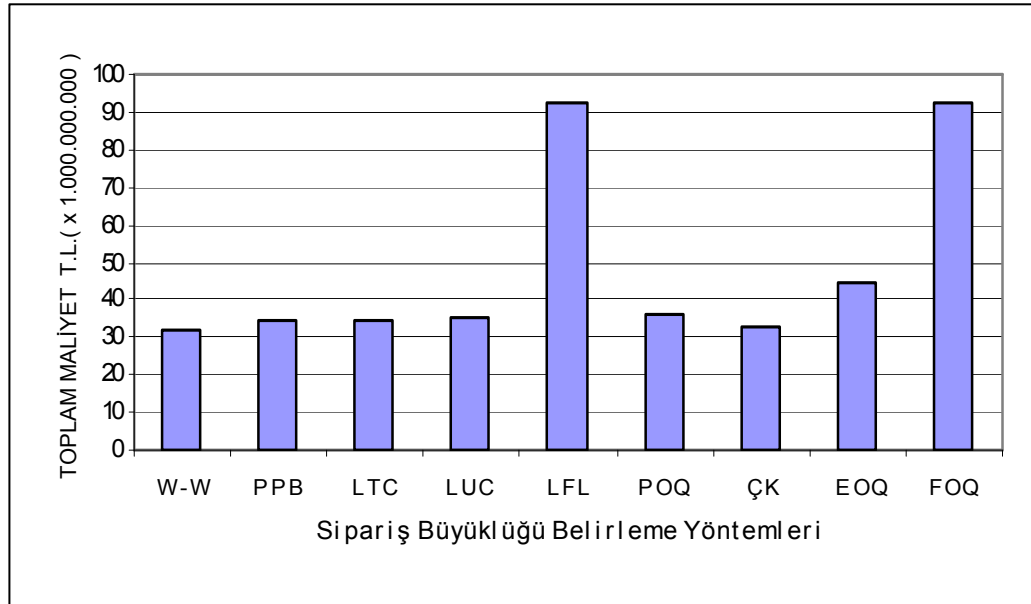
Bu bilgiler QS paket programına yüklenerek daha önceden belirtilen 8 farklı sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinden her biri için MRP sisteminde kullanılması durumunda neden olacağı toplam maliyetler belirlenmiştir. Aynı işlem yeni geliştirilen sipariş büyüklüğü belirleme yöntemi çift katsayılı algoritma için pascal programlama dilinde program yazılarak yapılmıştır.

Bu veriler kullanılarak geliştirilen çift katsayılı algoritma (ÇK) diğer 8 yöntemle toplam maliyet, optimum sonuç verme sayısı ve performans indeksi kriterlerine göre karşılaştırılmıştır.

SONUÇLAR

Toplam Maliyet Açısından Sonuçlar

Tablo 1'de 37 değişik ürün için sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin neden olduğu toplam maliyetler gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde en düşük toplam maliyeti veren yöntemlerin sırasıyla W-W yöntemi, geliştirilen çift katsayılı algoritma ve PPB yöntemlerinin olduğu görülmektedir. W-W yöntemi her zaman optimum sonucu verdiği için doğal olarak en düşük toplam maliyete neden olan yöntem olmuştur. W-W yönteminden sonra en düşük maliyete neden olan yöntem geliştirilen çift katsayılı algoritma olmuştur. PPB ve LTC yakın sonuçlar vermişlerdir. Bu yöntemlerin sonuçlarının yakın olmasının nedeni yöntemlerin çalışma sistemlerinin benzer olmasıdır.



Şekil 4. Sipariş Büyüklüğü Belirleme Yöntemlerinin Toplam Maliyetlerinin Şekilsel Gösterimi

Tablo 1. Sipariş Büyüklüğü Belirleme Yöntemlerinin Toplam Maliyetlerinin Gösterilmesi

SİPARİŞ BÜYÜKLÜĞÜ	TOPLAM MALİYETLER
BELİRLEME YÖNTEMLERİ	(T.L.)
W-W	31.913.956.880
PPB	34.331.830.880
LTC	34.367.890.280
LUC	35.379.702.950
LFL	92.455.881.000
POQ	36.199.224.930
ÇK	32.900.505.250
EOQ	44.303.557.780
FOQ	92.516.598.810

Performans İndeksi Açısından Sonuçlar

Yöntemlerin diğer bir değerlendirme kriteri, performans indeks değerlerinin küçük olmasıdır. Performans indeksi formülü denklem 9'da gösterilmiştir.

$$\text{Performans indeksi} = (\text{Yöntemin toplam maliyeti}) / (\text{W-W yönteminin toplam maliyeti}) \quad (9)$$

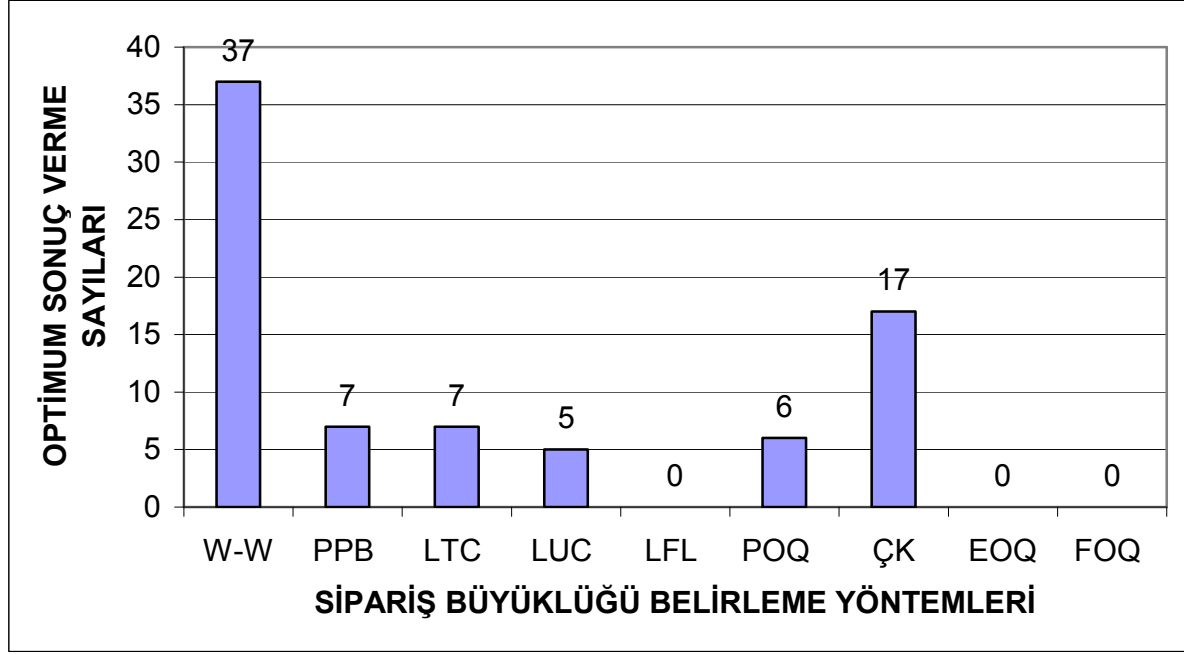
Tablo 2'de yöntemlerin performans indeksleri gösterilmiştir. Performans indeksi 1'e en yakın olan yöntem en iyi performansa sahip yöntemdir. Toplam maliyet açısından en iyi üç performans indeksine sahip yöntemler W-W, ÇK, PPB yöntemleridir.

Tablo 2 Sipariş Büyüklüğü Belirleme Yöntemlerinin Performans İndekslerinin Gösterilmesi

W-W	ÇK	PPB	LTC	LUC	POQ	EOQ	LFL	FOQ
1	1,030913	1,075762	1,076892	1,108597	1,134276	1,388219	2,897036	2,899939

Optimum Sonuç Verme Sayılarına Göre Sonuçlar

Herhangi bir talep yapısına göre çözümü, diğer yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırıldığında minimum toplam maliyetle bulan yöntem optimum sonuçla çözümü sağlamıştır. Birden fazla talep yapısının bulunduğu gruplarda kullanılan sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin performansları, optimum sonuç verdikleri talep yapısı sayıları ile doğru orantılıdır. Şekil 5'te optimum sonuç verme sayıları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. Sipariş Büyüklüğü Belirleme Yöntemlerinin Optimum Sonuç Verme Sayılarının Gösterilmesi

En çok kullanılan 3 sipariş büyüklüğü belirleme yöntemi LFL, FOQ, EOQ yöntemleri ise hiçbir talep yapısında optimum sonuç vermemişlerdir. W-W yöntemi, çalışılan problem türünde her zaman minimum maliyetle çözüm verdiği için 37 ürünün talep yapılarının hepsi için optimum sonuç vermiştir. Geliştirilen çift katsayılı algoritma toplam 17 optimum sonuç vererek diğer yöntemlere göre oldukça iyi bir performans sağlamıştır. PPB ve LTC yöntemleri 7 kez optimum sonuç vermişlerdir.

Çalışmanın yapıldığı işletmenin kuracağı MRP sistemine en uygun sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerini belirleme amacıyla QS paket programı kullanılarak yapılan analizler neticesinde karşılaştırmada kullanılan toplam maliyet, optimum sonuç verme sayısı ve performans indeksi kriterlerine göre W-W yöntemi en iyi performansı gösteren yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Geliştirilen çift katsayılı algoritma, aynı kriterlere göre W-W yönteminden sonra en iyi ikinci yöntem olmuştur.

Çalışmanın 2. bölümünde Haddock ve Hubicki 1989 yılında yapmış oldukları çalışma referans alınarak en çok kullanılan yöntemlerin sırasıyla FOQ, LFL ve EOQ yöntemleri olduğu belirtilmişti. Doğal olarak en çok tercih edilen bu yöntemlerin performanslarının iyi olması beklenir. Fakat MRP sistemlerinde en çok kullanılan FOQ, LFL ve EOQ yöntemleri, çalışmada en kötü performans sağlayan yöntemler olmuşlardır. Bu sonucun sebebi bu yöntemlerin talepteki değişimlere karşı yeterince hassas tepki verememelerinden kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak kullanılan verilere göre en iyi sipariş büyüklüğü belirleme yöntemlerinin W-W ve geliştirilen çift katsayılı algoritma yöntemleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Geliştirilen yöntemin diğer yöntemlere göre oldukça iyi performans gösterdiği belirtilmelidir. İşletmeye bu yöntemleri kuracağı MRP sisteminde kullanması tavsiye edilmiştir.

KAYNAKÇA

1. ACAR, N., 1985. Malzeme İhtiyaç Planlama Sistemi. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
2. ACAR, N., 1989. Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
3. ACAR, N., 1991. Malzeme İhtiyaç Planlaması Sistemi. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 2.Baskı, Ankara.
4. AXSATER, S., 1986. Evaluation of Lot Sizing Techniques. International Journal of Production Research, 24(1): 51-57.

5. BAHL, H.C.,RITZMAN, L.P.,GUPTA, J.N.D., 1986. Determining Lot Sizes and Resource Requirements: A Review. *Operation Research*, 34(3): 330-345.
6. BARUTÇUGİL, İ.S., 1988. Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri, Uludağ Üniversitesi yayınları, Bursa.
7. BAYHAN, G.M., 1999. Implementation and Evaluation of an MRP II Software Package in a Sanitaryware Company. *Production and Inventory Management*, (4): 41-47.
8. BREGMAN, R.L., 1991a. Selecting among MRP Lot-sizing Methods for Purchase Components when the Planning Horizon is Limited. *Production and Inventory Management*, (2): 32-39.
9. COSGROVE, W.J.,WESTERMAN, R.R., KNOX J.E., 1993. Optimal Discrete Lot Sizing: A convenient Approach. *Production and Inventory Management*, (3):14-18.
10. ÇETİNKAYA, T., 1988. Malzeme İhtiyaç Planlaması. Seri Üretimde Üretim Planlama Semineri, TÜSSİDE, Kocaeli.
11. DILTS, D.M., 1991. The Sensitivity of Set-up Cost Estimation on the Problem of Joint Lot Sizing and Scheduling. *International Journal of Production Research*, 29(1): 77-93.
12. DREXL, A., KIMMS, A., 1997. Lot Sizing and Scheduling- Survey and Extensions. *European Journal of Operational Research*, 221-235.
13. GARDINER, S.C., BLACKSTONE, J. H., 1993. Impact of Lot sizing on the Financial Performance of Dispatching Techniques in an MRP-planned Fabrication and Assembly Environment. *International Journal of Production Research*, 31(7):1595-1610.
14. GUPTA, S.M. & BRENNAN, L., 1992a. Lot Sizing and Backordering In Multi-Level Product Structures. *Production and Inventory Management*, (1): 27-34.
15. GUPTA, S.M., BRENNAN, L., 1992b. Heuristic and Optimal Approaches to Lot Sizing Incorporating Backorders: An Empirical Evaluation. *International Journal of Production Research*, 30(12): 2813-2824.
16. GUPTA Y.P., KEUNG, Y.K., GUPTA, M.C., 1992. Comparative Analysis of Lot Sizing Models for Multi-Stage Systems: A Simulation Study. *International Journal of Production Research*, 30(4):695-716.
17. HADDOCK, J., HUBICKI, D.E., 1989. Which Lot-Sizing Techniques are used in Material Requirements Planning?. *Production and Inventory Management Journal*, 30(3): 53- 56.
18. NARASIMHAN, S.L., McLEAVEY, D.W., BILLINGTON, P.J., 1995. *Production Planning and Inventory Control*, Prentice Hall International, New York.
19. ORLICKY, J. A., 1975. *Material Requirements Planning, The New Way of Life in Production and Inventory Management*, McGraw-Hill, New York.
20. SANCHEZ, S.D., TRIANTAPHYLLOU, E., WEBSTER, D.N., LIAO T.W., 2001. A Study of The Total Inventory Cost as a Function of The Reorder Interval of Some Lot Sizing Techniques Used in MRP Systems. *Computers&Industrial Engineering Journal* (Yayınlanmamış).
21. ŞENYİĞİT, E., 2001. Malzeme İhtiyaç Planlama Sistemlerinde (MRP) En Çok Kullanılan Sipariş Büyüklüğü Belirleme Yöntemleri ile Yeni Bir Sezgisel Algoritmanın Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
22. YEUNG, J.H.Y., WONG, W.C.K., MA, L., 1998. Parameters Affecting the Effectiveness of MRP Systems: A review. *International Journal of Production Economics*, 36, (2), 313-320.
23. ZHAO, X., GOODALE, J.C., LEE, T.S., 1995. Lot-sizing Rules and Freezing the MPS in Material Requirements Planning Systems under Deterministic Demand. *Production Planning and Control*, 7(2):144-161.
24. ZHAO, X., LAM, K., 1997. Lot sizing Rules and Freezing The Master Production schedule in Material Requirements Planning Systems. *International Journal of Production Economics*, 53, 281-305.