

ETKİN DEPO YERLEŞİMİNİN DÜZENLENMESİ İÇİN BİR MODEL: ELEKTRONİK FİRMADA UYGULANMASI

Bahar ÖZYÖRÜK^{1*}, Sevgi AK²,

^{1,2}Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. End. Müh. Böl. 06570 Maltepe/Ankara

Özet

Depolama, üretilen mamul ve yarı mamullerin stoklanması amacıyla yanında, üretim sürecinde kullanılan hammaddelerin kesintisiz akışını sağlamak, bu sayede üretimde zaman kaybını ve bundan doğacak zararları ortadan kaldırmak amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, MİKES Mikrodalga Elektronik Sistemler A.Ş.'nin depolama sistemi gözlemlenerek depo tasarımında ve depo alt sistemlerinde karşılaşılan problemler analiz edilmiştir. Depolama sistemi için farklı yaklaşımlarla etkinliğin artırılması ve sipariş toplama zamanının azaltılması amacıyla yerleşiminde tespit edilen problemler sezgisel olarak çözüm arayan, Yang tarafından geliştirilen model kullanılarak çözülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Raf alanı yerleşim problemleri, çok kriterli ABC analizi

A MODEL TO ARRANGE WAREHOUSE LAYOUT EFFECTIVELY: APPLICATION IN AN ELECTRONIC FIRM

Abstract

In this study, warehouse system of MİKES Microwave Electronic Systems Inc. is observed and problems encountered in the design and the sub-systems of the warehouse are analyzed. Firstly, the equipment in the warehouse is classified by using multi-criteria ABC classification method which facilitates tracking and efficient control of stocks. Moreover, to improve the effectiveness of shuttle system and to decrease the duration needed for the collection of orders, problems related to shelf space allocation are solved on the basis of a heuristic method.

Key Words : Shelf space allocation problems, ABC analysis

* E-posta: bahar@gazi.edu.tr

1. Giriş

Temel ihtiyaç maddelerinin çevre ve iklim koşullarından koruması amacıyla ortaya çıkan depolama, sanayinin gelişimiyle birlikte gerek kapsam ve amaç, gerekse de uygulama açısından değişmiş ve gelişmiştir. Günümüzde üretim sürecinde yaşanan aksaklıkları minimum düzeye indirmek, hammadde ve mamul malların kesintisiz akışını sağlamak, zaman kaybını ve bundan doğacak zararları ortadan kaldırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Depolama sistemlerinin iyi tanınması, depo dizaynının en iyi şekilde yapılması, uygun depolama politikası ve yöntemlerinin seçimi ve hangi ürünlerin nasıl depolanacağına bilinmesi depolama işleminden elde edilecek faydayı artıracaktır [2].

Üreticiler, üretimde kullandıkları hammaddeleri, hem maliyetleri hem hammadde tedarigi için harcanan zamanı minimuma indirmek maksadıyla büyük miktarlarda almakta ve daha sonra kullanmak amacıyla depolarında stoklamaktadır [3]. Üretim işletmelerinde bir ya da birkaç depo ve ambara ihtiyaç duyulabilir. Depolama sistemlerinin iyi tanınması, depo dizaynının en iyi şekilde yapılması, uygun depolama politikası ve yöntemlerinin seçimi ve hangi hammadde ve ürünlerin nasıl depolanacağına bilinmesi depolama işleminden elde edilecek faydayı artırır [4].

Bu çerçevede MİKES 'te malzemelerin sınıflandırılması ve lift yerleşimi ile ilgili problemler analiz edilmiştir. Tespit edilen problemlerin çözümüne kapsamında depolarda bulunan gereksiz malzemelerin liftlerden çıkarılması için çalışmalar yapılmıştır. Ardından malzemelerin sınıflandırılması ve liftlerdeki malzemelerin yeniden yerleştirilmesi sırasıyla, çalışma kapsamında çok kriterli ABC sınıflandırma yöntemi ve lift yerleşimiyle ilgili geliştirilen yöntemler temel alınarak gerçekleştirilmiştir.

2. Raf Alanı Yerleşim Modelleri İçin Literatür Araştırması

İyi dizayn edilmiş raf alanı, işletmelerin stok yatırımlarının getirisini yükseltir, stokların tükenmesi durumunu azaltarak müşteri memnuniyetini artırır ve satışların ve kar marjlarının artmasını sağlar [5]. Ürünlerin sergilendiği ve stokların depolandığı raflar işletmelerin temel kaynakları arasında sayılmaktadır. Bu nedenle raf yönetiminin ne şekilde yapılacağı işletmelerin önemli kararları arasında yer almaktadır. İşletmeler bu şekilde hem karlılıklarını artırabilir hem de maliyetlerini düşürebilirler [6].

Dreze ve ark. raf alanı yerleşiminin satışlar ve karlılık üzerine etkilerini iki tür raf alanı yerleşim tekniği kullanarak analiz etmiş ve yapılan deneylerle uygun yerleşim seçiminin özellikle çok katlı raflarda ürünün hangi kattaki rafta sergileneceği seçiminin satış ve karlılık üzerine büyük bir etkisinin olduğunu tespit etmiştir [7].

Raf alanı yerleşimi probleminin çözümüne yönelik birçok yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan ilki olan "alan esnekliği" yaklaşımı en çok tartışılan yaklaşımlardan biridir. Alan esnekliği birim satışlarındaki nispi değişikliğin raf alanındaki nispi değişikliğe oranıdır. Ancak alan esnekliği çok kolay bir yöntem değildir. Raf alanı yerleşimi çok sıklıkla yapılan bir işlem olduğu için kolay bir yöntem kullanılması gereklidir. Örneğin, her bir ürünün pazar payına göre raf alanına yerleşimi çoğu zaman daha kolay bir yöntem olarak ele alınmaktadır [5].

Raf alanı yerleşiminde kullanılacak olan metodun seçimi için kullanılan ticari modeller (commercial models) ve deneysel modellerin (experimental models) dezavantajları, raf yerleşim çözümlerinin deponun performansına etkilerinin test edilememesidir. Ticari modellerde, amaç en basit ve en kolay şekilde uygulanan tekniğin seçilmesidir. Burada uygulanabilirlik, rafların optimal şekilde yerleştirilmesi amacının önüne geçmektedir. Deneysel modellerde ise, birkaç parçanın yeri değiştirilerek belli bir ürün için elde edilen sonuçta bakılır ancak depodaki tüm ürünlerden elde edilen sonuç değerlendirilmez. Tüm bu eksikliklerin giderilmesi için optimizasyon modelleri geliştirilmiştir.

Corstjens ve Doyle (1981), talep ve maliyetleri kullanarak çok daha kapsamlı bir genişletilmiş geometrik programlama modeli geliştirmiştir. Modelin amaç fonksiyonu toplam karlılıktır. Zufryden (1986) alan esnekliği satışların maliyeti ve potansiyel talep bazlı pazarlama değişkenlerini dikkate alan bir dinamik programlama modeli geliştirmiş ve tam sayı çözümler elde etmiştir. Ancak bu modelde ürünler arası çapraz esnekliği dikkate alınmamıştır. Corstjens ve Doyle (1983) ise üretim ve dağıtım amaçları dışında, büyüme amacını da dikkate alan dinamik bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir [5].

Zufryden (1986) Corstjens ve Doyle (1981, 1983) tarafından geliştirilen optimizasyon modelleri literatüre önemli katkılar sağlamıştır. Ancak bu modellerin pratikte uygulanmasında birtakım sorunlar vardır. Örneğin, Corstjens ve Doyle (1981, 1983) raflarda sergilenen ürünlerin sayılarının tam sayı olması gerektiğini dikkate almamışlardır. Zufryden (1986) tarafından geliştirilen model ise her bir ürünün sergilendiği alanın birim değerinin katları şeklinde olmasını gerektirmekte, bu durum ise karar vericinin esnekliğini azaltmaktadır [5].

Borin ve ark. (1994) ve Borin ve Farris (1995), geliştirdikleri modelle ürün tasnifi ve raf alanı yerleşim problemlerini eş zamanlı olarak optimize etmişlerdir. Optimizasyon modelinde çapraz esneklikler dikkate alınmış olup, amaç fonksiyonu ise stok yatırımının karlılığıdır. Modelin kompleks olması ve amaç fonksiyonunun lineer olmaması nedeniyle, çözüm için meta-sezgisel yöntem kullanılmıştır [4].

Yang (2001), sırt çantası probleminin (knapsack problem) çözümünde kullanılan algoritmaya benzer bir algoritma geliştirerek raf alanı yerleşim problemini çözmüştür. Modelde, belli kısıtlar altında, önerilen sezgisel yöntem raf alanını her bir ürünün satış karlılığının rafta kapladıkları alana olan oranına göre azalan sırada dağıtmıştır [5].

Hwang ve ark. (2005), kar maksimizasyonu amacını gerçekleştirmek amacıyla, raf alanı yerleşim problemi ile stok kontrol problemini çözmek için entegre edilmiş bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Modelin çözümü için ise, genetik algoritma ve sezgisel yöntem kullanmışlardır. Yapılan çalışmada, her bir markadan kaç adet sipariş verilmesi gerektiği, her bir markaya ne kadar raf alanı tahsis edilmesi gerektiği, her bir markanın hangi raflara yerleştirilmesi gerektiği tespit edilmeye çalışılmıştır [6].

Saaty (1980) tarafından geliştirilen analitik hiyerarşi prosesi, ABC sınıflandırmasında birçok araştırmacı tarafından (Gajpal ve ark., 1994, Partovi ve Burton, 1993, Partovi ve Hopton, 1994) kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile stok sınıflandırmada birçok niteliksel ve niceliksel kriter kullanılabilir. [8].

Ng (2007), yaptığı çalışmada, çok kriterli ABC stok sınıflandırması modelinin çözümü için ağırlıklandırılmış lineer optimizasyon modeli geliştirmiştir. Modelde, tüm kriter ölçütleri tek skalar bir skora dönüştürülmüş, hesaplanan skor kullanılarak yapılan ABC yöntemi ile stok sınıflandırması yapılmıştır. Bu yöntemde uygun bir dönüşüm ile, lineer optimizasyon yapılmadan her stok parçasına ilişkin skor elde edilmiştir. Bu model anlaşılması kolay ve basitçe uygulanan bir yöntemdir. Kullanılan metod ayrıca, karar vericinin stok sınıflandırma ile ilgili diğer kararlarının da entegre edilmesine olanak sağlayacak şekilde esnek bir yöntemdir [9], [10], [11].

3. Depolama Problemleri

MİKES Mikrodalga Elektronik Sistemler A.Ş. 'in faaliyetleri elektronik harp ağırlıklı olmak üzere mikrodalga sistemler, askeri ve sivil uygulamalara yönelik muhtelif elektronik sistemler, veri iletişim ve ağ teknolojileri, bilgisayar sistemleri ve güvenlik sistemlerini içeren donanım ve yazılımı kapsayan tasarım, geliştirme, üretim ve test aktivitelerini içermektedir.

3.1. Malzemelerin Sınıflandırılması İle İlgili Problemler

MİKES'te malzemeleri sınıflandırırken sadece malzemelerin fiyatına bakılmaktadır, fiyatı bilinmeyen ve tanınmayan malzemelerin yanlış gruplandırılmaktadır. Bunun bir sonucu olarak, sayım işlemleri amacı doğrultusunda yapılamamakta, sık aralıklarla sayılması gerekmeyen malzemeler gereksiz yere sayılmakta ve bundan dolayı fazla zaman harcanmaktadır. Ayrıca önem arz eden ve sık sayılması gereken malzemelerin, sayımının doğru zaman aralıklarında yapılmamasından kaynaklı olarak malzeme kayıplarının önceden fark edilememesi ve üretim sürecinin malzeme yüzünden gecikmesi büyük bir sorun teşkil etmektedir. Söz konusu her iki problem de özellikle depoda çalışanların vakitlerinin boşa harcanması, bundan dolayı işlerin bir kısmının yetişmemesi ve gereksiz yere fazla mesai yapılması sonucunu doğurmaktadır.

3.2. Lift Yerleşimiyle İlgili Problemler

MİKES'te proje bazlı üretim yapıldığından her geçen gün satın alınan malzemelerin sayısı ve çeşidi artmaktadır. Özellikle son yıllarda, teslimatı uzun süren projeler nedeniyle, malzeme birim fiyatını, sevkiyat ve gümrük tutarlarını en aza indirmek için proje başlangıcında, proje bitimine kadar ihtiyaç duyulacak tüm malzemeler (metal parçalar ve çok yer kaplayan malzemeler hariç olmak üzere) satın alınmaya çalışılmaktadır. Sonuç itibarıyla, satın alınan malzemeler ve depolama süresi arttığından depo alanı yetersiz kalmaktadır. Özellikle son

birkaç yıldır, depodaki liftlerde ve raflarda yer olmamasından dolayı malzemelerin bir kısmı depoda boş bulunan yerlere rasgele konulmaktadır.

Malzeme çeşidi olarak bakıldığında depodaki malzemelerin büyük bir bölümü liftlerde depolanmaktadır. Malzemelerin liftlerde depolanmasının, liftlere erişim süresinin raflara kıyasla çok daha kısa olması, liftlerin depolama kapasitesinin daha büyük olması ve hassas malzemeler için daha güvenli saklama koşullarının bulunması gibi birtakım avantajları bulunmaktadır. Ancak son yıllarda lift alanın yetersiz olmasından dolayı küçük boyutlu malzemeler raflara konulmaya başlanmıştır. Bu nedenle depoda yer sıkıntısı en çok liftlerdeki malzemeler için yaşanmaktadır. Liftlerde yaşanan yer sıkıntısına ek olarak, lifte konulacak malzemelerin boyutuna ve kullanım sıklığına bakılmaksızın yapılan düzensiz ve etkin olmayan yerleşim sebebiyle de malzemelere erişebilirlik süresi artmakta, kit hazırlama ve sipariş toplama zamanı uzamakta ve sevkiyat işlemleri zamanında yapılamamaktadır.

4. MİKES'te Depolama Problemlerinin Çözümü İçin Uygulanan Yöntemler

Liftlerde yaşanan alan sıkıntısının giderilmesi için öncelikle gereksiz yere depolanan malzemelerin liftlerden çıkarılması planlanmıştır. Belirli miktarda boş alan elde edildikten sonra ise malzeme erişebilirlik sürelerinin en aza indirilebilmesi için malzemeler yeniden yerleştirilecektir.

4.1. Liftlerdeki Malzemelerin Yeniden Yerleştirilmesi

Malzeme erişebilirlik sürelerinin minimuma indirilmesi amacıyla malzeme yerleşimlerinin düzenlenmesi için Yang (2001) tarafından kurulan raf alanı yerleşim modeli ayrıntılı incelenmiş, çözüm yöntemi için ise yine aynı araştırmacının geliştirdiği sezgisel yöntem temel alınmıştır [5],

Raf alanı tahsis problemlerinde amaç fonksiyonunda birçok kriter kullanılabilir. En sıklıkla kullanılan kriterler üç şekilde kategorize edilebilir: Maliyet, verimlilik, satışlar veya kar. Yang (2001) tarafından geliştirilen modelin amaç fonksiyonunda depodaki tüm ürünlerin toplam karı kullanılmaktadır. Kar amacı üç kısıt denklemine göre maksimize edilmektedir. İlki, tüm ürünlere tahsis edilen toplam raf alanının depoda mevcut olan toplam raf alanını geçemeyeceği şeklindeki deponun kapasite kısıtıdır. İkinci kısıt olan kontrol kısıtları, rekabetin sağlanması için uygun bir ürün çeşitliliğini gerektirmektedir. Bu amaçla yeni ürünlerin sergilenme şansını artırma ya da daha fazla müşteri çekmek amacıyla kategori üstünlüğünü korumak için bir ürüne yönelik alt sınır belirlenebilir. Diğer taraftan, deponun ürün çeşitliliğini yenilemek veya devam ettirmek amacıyla daha fazla alan bırakmak için, daha sonraki bir süreçte bir ürün için üst sınır da belirlenebilir. Son olarak, tam sayı ve negatif olmama kısıtları, çözüm değerlerinin kabul edilebilir olmasını sağlamaktadır [5].

Yang (2001) tarafından geliştirilen model aşağıda gösterilmiştir. Modelde;

n = Ürün çeşidi

m = Raf sayısı

T_k = k rafının alanı

a_i = i ürününün toplam kapladığı alan

L_i ve U_i = i ürünü için alt ve üst sınır değeri

p_{ik} = i ürünün k rafına konulmasından elde edilen fayda ya da kar

x_{ik} = k rafına atanan toplam i ürünü miktarı

P = Toplam kar

N = Tamsayıları göstermektedir.

$$\text{Max } P = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m p_{ik} x_{ik} \quad (4.1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n a_i x_{ik} \leq T_k, \quad k=1, \dots, m, \quad (4.2)$$

$$L_i \leq \sum_{k=1}^m x_{ik} \leq U_i, \quad i=1, \dots, n, \quad (4.3)$$

$$x_{ik} \in N \cup \{0\}, \quad i=1, \dots, n, \quad k=1, \dots, m, \quad (4.4.)$$

Eğer depoda sadece bir tane raf bulunsaydı, yani eşitlik (4.2.) $m=1$ olsaydı ve eşitlik (4.3) dikkate alınmasaydı, önerilen bu model basit bir sırt çantası problemi olurdu [5].

Bu modelin çözümü için Yang (2001) tarafından bir sezgisel yöntem geliştirilmiştir. Sezgisel yöntemde belli bir raf üzerinde sergilenen her bir parça, parçanın karlılığının o parçanın raf üzerinde kapladığı alana bölünmesi ile elde edilen değere göre ağırlıklandırılır. Söz konusu ağırlık sıralaması alan tahsisi sürecinde öncelik endeksi olarak kullanılmaktadır. Geliştirilen sezgisel yöntem üç süreçten oluşmaktadır. İlk olarak, hazırlık sürecinde problemin fizibilitesi yapılır ve öncelik endeksleri oluşturulur. İkinci aşama olan tahsis aşamasında, mevcut alan öncelik sıralamasına göre teker teker parçalara tahsis edilir. Bu aşama iki alt aşamaya ayrılır. Bu aşamalarda sırasıyla, i ürününün kapladığı alan için getirilen alt ve üst kısıtlar sağlanır. Üçüncü aşama ise, sona erme sürecidir ve bu süreçte çözümün amaç değeri hesaplanır [5]. Algoritma aşağıda gösterilmiştir.

A. Hazırlık aşaması

A.1. Eğer mevcut toplam alan ihtiyaç duyulan minimum alandan daha küçük ise problem çözülemez. Değilse aşağıdaki çözüm işlemine devam edilir.

$$\sum_{k=1}^m T_k < \sum_{i=1}^n a_i L_i,$$

A.2. Elemanlar P_{ik}/a_i ağırlığına göre büyükten küçüğe sıralanır:

$$S = \{(i,k) \mid i=1,\dots,n, k=1,\dots,m\}$$

B. Atama aşaması

B.1. 1. Aşama: Her bir ardışık $(i,k) \in S$ için, k rafındaki mevcut alanın i ürün çeşidinin ihtiyaç duyduğu minimum alan gereksinimlerini karşılayacak şekilde atama işlemine başlanılır.

B.1.1. $R_i = L_i$ olarak kabul edilir.

B.1.2. $x_{ik} = \min(R_i, \lfloor T_k / a_i \rfloor)$, $R_i = R_i - x_{ik}$, $T_k = T_k - a_i x_{ik}$, hesaplanır.

B.1.3. Eğer S fonksiyonunda atama yapılmayan (i,k) çifti var ise B.1.2 adımı tekrarlanır. Tüm (i,k) çiftleri için atama işlemi gerçekleştirildi ise bir sonraki aşamaya geçilir.

B.1.4. Eğer herhangi bir i için $R_i > 0$ ise problem bu algoritma ile çözülemez, değilse tüm k 'lar için $T_k = 0$ olduktan sonra son aşamaya gidilir, değilse aşama 2 den devam edilir.

B.2. 2. Aşama: Bu aşamada ise ardışık $(i,k) \in S$ için i 'nin ihtiyaç duyduğu en büyük alan olan U_i 'ler dikkate alınarak atama yapılır.

B.2.1. $R_i = U_i - L_i$ kabul edilir.

B.2.2. Bu aşama B.1.2 ile aynıdır.

B.2.3. Eğer herhangi bir k için $T_k > 0$ ise ve S fonksiyonunun sonuna ulaşılmadı ise

B.2.2 aşaması tekrarlanır, değilse bir sonraki aşamaya geçilir.

C. Bitiş aşaması

C.1. $\{x_{ik}\}$ nihai çözümü için toplam kar şu şekilde hesaplanır:

$$P = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m p_{ik} x_{ik}$$

4.2. Modelin Uygulanması

Çalışmanın hedefi, daha önce de bahsedildiği gibi MİKES'te liftlerde depolanan malzemelere erişim sürelerinin azaltılması amacıyla liftlerin yeniden düzenlenmesidir. Yerleşim yapılırken amaç, iş emrine en çok aktarılan malzemelerin en yakın raflara konulmasıdır.

Uygun bulunan sezgisel yönteme başlamadan önce liftte yerleştirilecek malzemeler gruplandırılmıştır. Ancak yapılan sınıflandırma sonucunda belirlenen, 2004 yılı öncesi projelerde kullanılan malzemeler ve projeler için yedek tutulması gereken malzemelerden liftlerde depolanmalarına devam edilmesi kararı alınan malzemeler için kullanılacak sezgisel yöntem uygulanmayacağı için bu sınıftaki malzemeler için gruplandırma çalışması yapılmamıştır. Bu malzemeler, kullanıma olasılıkları çok az olduğundan dolayı liftlerin en üst raflarına atanacaktır.

Malzemelere parça numaralarının rasgele verildiğinden, malzemelerin gruplandırılması işlemi malzeme tanımları incelenerek yapılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılması planlanan raf alanı yerleşim probleminin çözümü için , Yang (2001) tarafından geliştirilen model temel alınmıştır. Bu model Firma için yeniden düzenlenmiştir. Modelin düzenlenmiş hali aşağıda verilmiştir.

$$\text{Max } P = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m p_{ik} y_{ik}$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n y_{ik} \leq T_k, \quad k=1, \dots, m, \quad (4.5.)$$

$$\sum_{k=1}^m y_{ik} = U_i, \quad i=1, \dots, n, \quad (4.6.)$$

$$y_{ik} \in \mathbb{N} \cup \{0\}, \quad i=1, \dots, n, \quad k=1, \dots, m, \quad (4.7.)$$

n = Malzeme grubu sayısı

m = Raf sayısı

T_k = k rafının alanı

U_i = i malzeme grubunun üst sınır değeri (kapladığı alan)

p_{ik} = i malzeme grubunun k rafına konulmasından elde edilen fayda ya da kar

y_{ik} = k rafına atanan toplam i malzeme grubunun alanı

P = Toplam kar

\mathbb{N} = Tamsayıları göstermektedir.

Geliştirilen modelde amaç fonksiyonu ile alandan elde edilen kar maksimize edilmektedir. Denklem 4.5. tüm malzeme gruplarına tahsis edilen toplam raf alanının lifte mevcut olan toplam raf alanını geçemeyeceği şeklindeki kapasite kısıttır. Denklem 4.6. da verilen kontrol kısıtı ise yerleşimi yapılacak i malzeme grubunun alanının o malzeme grubu için belirlenen maksimum alana (üst sınır değeri) eşit olmasını sağlayan kısıttır. Son olarak, tam sayı ve negatif olmama kısıtları bulunmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonrasında, liftlere yerleştirilecek toplam 164 malzeme grubu bulunmuştur ($i=1, \dots, 164$). Bu malzemelerin yerleşiminin yapılacağı 1. lifte toplam 89, 2. lifte toplam 69 ve 3. lifte ise toplam 70 adet raf bulunmaktadır ($k=1, \dots, 228$). Tüm rafların boyutları birbirine eşittir ($T_k = 75$ birim²). Liftlerdeki raf sayılarının birbirinden farklı olmasının nedeni raflar arasındaki boşluklardan kaynaklanmaktadır.

Alt sınır değeri olarak mevcut durumda malzemelerin kapladığı alan kullanılmıştır. Üst sınır değeri ise mevcut kullanım alanının % 30 genişleyeceği varsayımı ile hesaplanmıştır. Böylelikle her geçen gün büyüyen olan fabrikanın, henüz alımı yapılmamış parçaları için aynı grupta yer alan parçaların bulunduğu yerde alan rezerv edilmiş olacaktır.

Yapılan çalışmada 4 farklı kısıt altında yerleştirme yapılmıştır. Birinci yerleştirme şeklinde, sezgisel yöntemden farklı olarak malzeme gruplarının ağırlıkları (p_{ik}), malzemenin rafa konulmasından elde edilen faydanın o malzemenin kapladığı alana bölünmesiyle değil, her bir ürün çeşidinin iş emrine aktarım sıklığına göre belirlenmiştir. Bu yöntemin dezavantajı, aynı ürün grubunda bulunan malzemelerin farklı liftlerde depolanabilmesidir. Başka bir deyişle, bir ürün grubunda bulunan parçalar miktar itibarıyla birden fazla rafta depolanmayı gerektiriyorsa, ürün gruplarının aynı lifte yerleştirilmesi mümkün olmamaktadır. İkinci yerleştirme şeklinde, her bir ürün grubu aynı lifte depolanacak şekilde atama işlemi yapılmıştır. Böylelikle ürün gruplarının bütünlüğü bozulmadan aynı lifte depolanmaları sağlanmıştır. Üçüncü yerleştirme şeklinde, önerilen sezgisel yöntem uygun olarak, malzeme gruplarının ağırlıkları, o gruptaki malzemelerin iş emrine aktarım sıklığının, ürünlerin kapladığı alana bölünmesiyle elde edilmiştir. Dördüncü yerleştirme şeklinde ise, Malzemelerin sınıflandırılmasında Ng (2007) tarafından geliştirilen çok kriterli ABC analizi kullanılmıştır.

Ng (2007) tarafından kullanılan modelde, geleneksel yöntemde uygulandığı şekilde sadece yıllık kullanım tutarı ölçü alınmamış, malzemelerin temin süresini ve ortalama birim fiyatlarını da içeren bir sınıflandırma yöntemi de kullanılmıştır. Ng (2007) tarafından formüle edilen yöntemde, i tane parça içeren bir stok ve bu parçaların j kriterine göre sınıflandırıldığı varsayılmıştır [5]. Her bir bölüm için kısmi ortalama değerler Microsoft Excel

kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra her bir bölüm için hesaplanan kısmi ortalama değerlerin en büyüğü o malzeme grubunun skoruna eşitlenmiştir. Skorlar büyükten küçüğe sıralanmıştır, 1-0,70 arasındaki grup A, 0,70-0,30 arası grup B, 0,30-0 arasındaki grup C olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonrasında 3 malzeme grubu A sınıfına, 7 malzeme grubu B sınıfına, kalanlar ise C sınıfına dahil olmuştur. Uygulanan ABC analizine göre atama işlemi yapılmıştır. Burada öncelikle fiyatı düşük ve kullanımı diğer malzeme sınıflarına göre fazla olan C gurubundaki malzemeler, sonrasında B ve en son A sınıfındaki malzemeler atanmıştır.

Her bir sınıfta bulunan malzeme gruplarının ağırlıkları ise üçüncü yöntemde olduğu gibi o gruptaki malzemelerin iş emrine aktarım sıklığının, ürünlerin kapladığı alana bölünmesiyle elde edilmiştir. Ayrıca her dört yerleştirme şeklinde de, aynı grupta olan malzemelerin bir arada bulunması amacıyla alt sınır değerine göre değil sadece üst sınır değerine göre atama yapılmıştır. Çünkü sezgisel yöntem, ilk olarak ürünlerin ağırlıklarına göre alt sınır değeri kadar atama yapıldıktan sonra raflarda kalan boş alanlara yine ağırlıklarına göre üst sınır kadar atama yapılmasını sağlamaktadır. Bu yüzden ürün grupları aynı rafa tahsis edilmemiş olabilmektedir. Ancak sadece üst sınır değerine göre atama yapıldığında ürün grupları aynı raflara ya da bir sonraki rafa yerleştirilmektedir. Her dört yerleştirme şekli de Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır. 2004 yılı öncesine ait projelerin parça listelerinde geçen malzemelerin ve projeler için yedek tutulan malzemelerin kullanım olasılıklarının çok düşük olmasından dolayı, bu malzemeler sezgisel model ile yerleştirilmesi yerine, liftlerin en üst raflarına yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Sezgisel yöntemle göre yerleşimi yapılmayacak bu malzemelerin toplam alanı 1652 birim² olarak hesaplanmış olup, bu alan yaklaşık 23 rafa karşılık gelmektedir. Bu malzemeler gelişigüzel olarak liftlerin en üst raflarına atanmıştır.

Her bir yöntemin uygulanması ile elde edilen boş rafların 40 tanesi gereksiz malzemelerin liftlerden çıkarılması ile geri kalanı ise daha düzgün bir yerleşim yapılması sonucu elde edilmiştir. Tüm yöntemlerin uygulanması sonucu elde edilen boş raflara ise, depodaki diğer raflarda depolanan ve liftlere yerleşimi uygun bulunan malzemelerin yerleştirilmesi planlanmaktadır.

Lift yerleşiminin tamamlanmasından sonra, kit toplama süresinde yapılan iyileştirmeyi hesaplamak amacıyla, 2009 yılı üretim planından seçilen 13 adet ürünün üretilmesinde kullanılan malzemelerin hazırlanması esnasında harcanacak raf geliş süreleri dört ayrı yerleştirme şekline göre hesaplanmış olup elde edilen sonuçlar Çizelge 1 de gösterilmiştir. Her bir rafın gelişi için geçen toplam süre, asansörün yatay hareket süresi olan 12 saniye ve dikey hareketin raflar arasındaki geçiş süresi olan 0,5 saniyenin raf sayısı ile çarpılması suretiyle hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, tepsi geliş sürelerinde her bir yöntem ile yapılan iyileştirmeler sırasıyla Çizelge 1 den görüleceği gibi, % 27,94, % 28,13, % 39,68 ve % 22,06 dır.

Çizelge 1. Mevcut yerleşim ile yeni yerleşimin tepsi geliş sürelerine göre karşılaştırılması

İş Emri	Eski sistemde		Yüzde Azalış Oranı	2. Durumda		Yüzde Azalış Oranı	3. Durumda		Yüzde Azalış Oranı	4. Durumda		Yüzde Azalış Oranı
	Tepsi Geliş Süresi (dk)	Tepsi Geliş Süresi (dk)		Tepsi Geliş Süresi (dk)	Tepsi Geliş Süresi (dk)		Tepsi Geliş Süresi (dk)	Tepsi Geliş Süresi (dk)				
1	51,16	31,68	38,07	36,63	28,4	24,76	51,6	37,5	26,7			
2	45,48	35,05	22,93	34,48	24,19	31,08	31,66	36,36	20,05			
3	25,6	15,47	39,58	14,6	42,97	11,91	53,48	17,38	32,11			
4	18,1	14,66	19,01	13,76	23,98	12,48	31,05	16,16	10,72			
5	47,73	36,35	23,84	36,28	23,99	33,02	30,83	36,93	22,63			
6	27	18,9	30	18,48	31,56	14,78	45,26	18,71	30,7			
7	18,11	15,9	12,2	15,9	12,2	13,68	24,46	18,73	-3,42			
8	18,68	17,7	5,25	16,63	10,97	15,23	18,47	19,93	-6,69			
9	30,41	22,33	26,57	22,84	24,89	20,48	32,65	23,48	22,79			
10	9,81	5,45	44,44	5,16	47,4	5,51	43,83	5,98	39,04			
11	59,42	41,55	30,07	44,13	25,73	31,11	47,64	43,48	26,83			
12	64,63	42,16	34,77	41,13	36,36	30,91	52,17	44,03	31,87			
13	65,36	41,55	36,43	43,73	33,09	30,91	52,71	43,48	33,48			
Ortalama Yüzde Azalış Oranı			27,94	28,13	39,68	22,06						

Mevcut sistem ile uygulanan dört ayrı yeni yerleştirme şekli ile çağrılan toplam tepsi sayıları Çizelge 2. de gösterilmiştir

Çizelge 2. Mevcut yerleşim ile yeni yerleşimin çağrılan tepsi sayısına göre karşılaştırılması

İş Emri	Eski Sistemde Çağrılan Tepsi Sayısı	1. Durumda Çağrılan Tepsi Sayısı	Yüzde Azalış Oranı	2. Durumda Çağrılan Tepsi Sayısı	Yüzde Azalış Oranı	3. Durumda Çağrılan Tepsi Sayısı	Yüzde Azalış Oranı	4. Durumda Çağrılan Tepsi Sayısı	Yüzde Azalış Oranı
	1	68	45	33,82	53	22,06	46	32,35	48
2	59	57	3,39	56	5,08	55	6,78	55	6,78
3	34	24	29,41	23	32,35	24	29,41	24	29,41
4	26	21	19,23	21	19,23	24	7,69	24	7,69
5	64	59	7,81	59	7,81	59	7,81	58	9,38
6	36	27	25	30	16,67	27	25	28	22,22
7	29	26	10,34	27	6,9	26	10,34	33	-13,8
8	30	29	3,33	28	6,67	29	3,33	28	6,67
9	42	35	16,67	36	14,29	37	11,9	34	19,05
10	13	10	23,08	10	23,08	11	15,38	10	23,08
11	89	58	34,83	62	30,34	57	35,96	56	37,08
12	88	59	32,95	62	29,55	57	35,23	57	35,23
13	89	58	34,83	62	30,34	57	35,96	56	37,08
Ortalama Yüzde Azalış Oranı			21,13		18,8		19,78		19,18

Çizelge 2 incelendiğinde, Tepsi sayılarında ise her bir yöntem ile yapılan iyileştirmeler sırasıyla % 21,13, % 18,80, % 19,78 ve % 19,18'dir. İyileştirme yüzdeleri değerlendirildiğinde tepsi geliş süresi için en iyi sonucu üçüncü yöntemin, tepsi sayısı için ise birinci yöntemin verdiği anlaşılmıştır. Raf geliş sürelerinin azalmasının nedeni raf sayısındaki azalış ve en sık kullanılan malzemelerin en yakın raflara konulmasıdır. Çağrılan tepsi sayılarında azalma olmasının nedeni ise, aynı grupta bulunan malzemelerin birlikte depolanması ve ürün gruplarının, yeni alınacak malzemeler için ayrılan boş alan dışında tepsilerde boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilmesidir.

4. Sonuç

Depo yerleşiminin amacı stokta tutma maliyetlerini minimum düzeyde tutarak mevcut depo alanından maksimumu bir şekilde yararlanmaktır. İyi dizayn edilmiş raf alanları depodan elde edilen faydayı artırır ve stok yatırımlarını azaltır. Etkin bir stok kontrol ve planlama sisteminin amacı ise stokta bulunan malzeme ve ürünlerin tükenmesi sonucunda işletmenin uğrayacağı zararları önlemektir. Bu nedenle stok yönetiminin ne şekilde yapılacağı firmaların önemli kararları arasındadır.

Yapılan çalışmada MİKES A.Ş.'deki depo yerleşimi incelenmiş ve depoda meydana gelen gereksiz zaman kayıpları, siparişlerin gecikmesi, müşteri kayıpları, demode malzemelerin sayısındaki artış nedeniyle stok maliyetlerindeki artış gibi sorunları ortadan kaldırmak amacıyla depo yerleşimi ele alınmıştır. Depoda en çok yer sıkıntısına neden olan üç adet liftte boş yer elde edilebilmesi amacıyla depolanan malzemelerin kullanıldıkları projeler ve iş emrine çıkış hareketleri incelenerek kullanılma olasılığının olmadığı ya da çok düşük olduğu malzemelerin liftlerden çıkarılmaları planlanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonrasında seçilen bu malzemelerin liftlerden toplanmasıyla yaklaşık % 17 boş alan elde edilmiştir.

Yapılan çalışmanın diğer kısmında sadece parasal değerine bakılarak yapılan malzeme sınıflandırmasından kaynaklı olarak, amaçlandığı gibi yapılamayan sayım işlemlerinden dolayı ortaya çıkan sorunların giderilmesi amacıyla çok kriterli ABC yönetimi uygulanmıştır. Çok kriterli ABC analizinin uygulanma sebebi, stok kontrolde sadece yıllık kullanım değerinin yeterli bir kriter olmaması, birim fiyatın ve temin sürelerinin de malzemenin önem derecesini etkilemesidir. Uygulama her bir ürün grubunun ortalama birim fiyatı, yıllık ortalama kullanım tutarı ve temin sürelerinden yola çıkılarak yapılmıştır. Çalışmanın sonunda elde edilen sınıflandırma ile aynı ürün grubunda yer alan her bir ürün çeşidi aynı sınıfa dahil edilmiştir. Sınıflandırma sonrasında sayım işlemleri ile doğru malzemenin doğru zaman aralıklarında kontrolünün yapılması hedeflenmiştir. Böylelikle eksik malzemelerin sevkiyat ve üretim zamanlarından önce tespit edilerek önlem alınmış ve siparişlerin gecikme problemi ortadan kaldırılmıştır. Gerçekte önem derecesi düşük olan

malzemelerin ise sık sayım işlemlerinde harcanan gereksiz süreler ortadan kalkmış ve gereksiz yere fazla mesai yapılmasına ihtiyaç kalmamıştır.

Ayrıca liftlerdeki malzemelerin düzensiz yerleşiminden dolayı malzeme erişebilirlik süresinin artması problemini ortadan kaldırmak amacıyla matematiksel bir model ayrıntılı incelenmiş ve önerilen sezgisel yöntem temel alınarak raf yerleşimleri düzenlenmiştir. Yapılan çalışmada 4 farklı yöntem ile yerleştirme yapılmıştır. Birinci yöntemde, sezgisel yöntemden farklı olarak, yerleştirme işlemi ürün gruplarının iş emrine aktarım sıklığına göre belirlenmiştir. İkinci yöntemde, her bir ürün gurubunun aynı lifte depolanacak şekilde atama işlemi yapılmıştır. Üçüncü yöntemde önerilen sezgisel yöntem daha uygun olarak, malzeme gruplarının ağırlıkları o gruptaki malzemelerin iş emrine aktarım sıklığının kapladığı alan bölünmesiyle elde edilmiştir. Dördüncü yöntemde ise ABC sınıflarına bakılarak yerleştirme yapılmıştır. Her dört yöntem dikkate alınarak yerleşimin yapılması sonucunda kit hazırlama esnasında çağrılan raf sayısında yaklaşık sırası ile % 21,13, % 18,80, % 19,78 ve % 19,18 iyileştirme ve raf geliş sürelerinde yaklaşık % 27,94, % 28,13, % 39,68 ve % 22,06 iyileştirme sağlanmıştır.

Bu çalışma ile mevcut depolama sistemi iyileştirilerek mevcut alanların etkin şekilde kullanmak mümkün olmuştur.

Kaynaklar

- [1].Heragu, S.S., Du, L., Mantel, R.J., Schuur, P.C., “Mathematical model for warehouse design and product allocation”, *International Journal of Production Research*, 43 (2): 327–338 (2005).
- [2]. Le-Duc, T. “Design and control of efficient order picking processes”, *Doktora Tezi, Erasmus Research Institute of Management, Rotterdam*, 12-16 (2005).
- [3].İmrak, E. ve Gerdemeli, İ., “Endüstriyel depolama teknikleri” *Transport Tekniği Ders Notları*, <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-3.pdf> (2006).
- [4].Chen, M.C. ve Lin, C.P. “A data mining approach to product assortment and shelf space allocation” *Expert Systems with Applications*, 32: 976-986 (2007).
- [5].Yang, M.H., “An efficient algorithm to allocate shelf space” *European Journal of Operational Research*, 131: 107-118 (2001)
- [6].Hwang, H., Choi, B. Ve Lee, M.J., “A model for shelf space allocation and inventory control considering location and inventory level effects on demand” *International Journal of Production Economics*, 97: 185-195 (2005).
- [7].Dreze, X., Hoch, S.J., Purk, M. E., “Shelf management and space elasticity”, *Journal of Retailing*, 70(4):301-326 (1994).
- [8].Partovi, F.Y. ve Anadarajan, M: “Classifying inventory using an artificial neural network approach”, *Computers and Industrial Engineering*, 41: 389-404 (2002).
- [9].Chen, Y., Li, K.W., Kilgour, D. M., Hipel K. W. “A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis” *Computers and Operations Research*, 35:776-796 (2008).
- [10].Ng, W.L. “A simple classifier for multiple criteria ABC analysis” *European Journal of Operational Research*, 177: 344-353 (2007).
- [11]. Hadi-Vencheh, A. “An improvement to multiple criteria-ABC inventory classification” *European Journal of Operational Research*, doi:10.1016/j.ejor.2009.04.013 (2009).