



## DİNAMİK TESİS YERLEŞİM DÜZENLEME PROBLEMİNİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ OLARAK ELE ALINMASI

Onur GÜRGEN BİLİŞİK\* Murat Taha BİLİŞİK\*\*

### Özet

Bu çalışmada, 2 dönemli-3 departmanlı ve 3 konumlu teorik bir Tesis Yerleşim Düzenleme Problemi(TYDP) oluşturulmuş ve bu problem öncelikle dinamik programlama yaklaşımı ile ele alınarak sadece maliyet kriterine göre optimum yerleşim düzeni bulunmuştur. Daha sonra ise, en az maliyetli yerleşim düzeni alternatifleri, maliyet yanında başka ölçütlerle beraber TOPSIS yöntemi ile tekrar değerlendirilmiştir. Çünkü literatürdeki çalışmalar tesis yerleşim düzenleme problemini statik, statik ve çok ölçütlü, dinamik olarak ele almışlardır. Ancak dinamik çözümlerin çok ölçütlü olarak tekrar ele alındığı çalışmalar konusunda eksiklik olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, Tesis Yerleşim Düzenleme Problemi çalışmalarındaki bu eksiklik oluşturulan teorik örnek ile giderilmeye çalışılmıştır. Sonuç kısmında ise; sadece maliyet açısından ele alındığında uygun olan bir yerleşim düzeninin, maliyetin yanında başka ölçütlerle beraber incelendiğinde en iyi yerleşim düzeni olamayacağı gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Tesis Yerleşim Düzenleme Problemi, Dinamik Tesis Yerleşim Düzenleme Problemi, Çok Ölçütlü Karar Verme, TOPSIS.*

### IN MULTICRITERIA DYNAMIC FACILITY LAYOUT PROBLEM HANDLING REGULATION

#### Abstract

In this study, a theoretical plant layout problem with 2 periods, 3 departments and 3 locations have been constructed. For this problem, first of all, an optimum layout model has been obtained according to cost criteria. Then, minimum cost layout alternatives with additional other criteria have been considered by TOPSIS procedure. The reason for this is that the studies in the literature consider the plant layout problem being as static and static and multi criteria and dynamic. It has been observed that there is a lack of studies in both dynamic and multi criteria. Accordingly, a theoretical example has been formed to cover this lackness. In the end, it was shown that a layout alternative which was the most appropriate one according to just the cost-criteria is necessarily not the most appropriate one adding other criteria different than cost criteria.

**Keywords:** *Facility Layout Problem, Dynamic Facility Layout Problem, Multi Criteria Decision Making, TOPSIS.*

\* Arş.Gör. İstanbul Kültür Üniversitesi İktisadi ve İdaribilimler Fakültesi İşletme Bölümü; [o.gurgen@iku.edu.tr](mailto:o.gurgen@iku.edu.tr)

\*\* Arş.Gör. İstanbul Kültür Üniversitesi İktisadi ve İdaribilimler Fakültesi İşletme Bölümü; [m.bilisik@iku.edu.tr](mailto:m.bilisik@iku.edu.tr)

## 1.Giriş

Günümüzün hızlı değişim gösteren yapısı düşünüldüğünde firmaların bu değişime çabuk adapte olması gerektiği görülmektedir. Bu nedenle, değişen ürün karmasına, talep miktarlarına ve teknolojik değişikliklere çabuk tepki verebilecek düzenlemeler yapılmalıdır. Bu düzenlemelerden biri de tesis yerleşim düzenlemesidir. Tesis Yerleşim Düzenleme Probleminin (TYDP), bir tesis içindeki fiziki bölümlerin en etkin şekilde düzenlenmesinin belirlenmesiyle ilgilendiği belirtilmektedir. TYDP için iyi bir çözümle, üretimdeki verimlilik artırılabilirken, malzeme taşıma maliyetlerinde de düşüş sağlanması hedeflenmektedir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, tesis yerleşim düzenleme çalışmalarının iki ana bölüme ayrıldığı görülmektedir. Tesis içindeki departmanlar arasındaki malzeme taşıma miktarı zamanla değişmiyor ise statik tesis yerleşim düzeni, belirli dönemler içerisinde departmanlar arasındaki malzeme taşıma miktarı değişiyor ise dinamik tesis yerleşim düzeni olarak belirtilmektedir. Statik çalışmalar, önceleri sadece maliyet kriterine göre yapılan çalışmalarla başlamış daha sonra maliyetin dışında başka ölçütlerin de eklenmesi ile çalışmalar çok ölçütlü statik olarak devam etmiştir. Bir sonraki bölümde bu çalışmalardan bahsedilmiştir. Stevenson (1999), ürün tasarımıdaki değişiklikler, yeni ürün veya hizmetlerin, tesis yerleşim düzeninin değişmesine neden olacağını belirtmiştir. Tesis yerleşimdeki bu değişim sebepleri neticesinde tesis yerleşim düzeninin zamanla değişmesi gerektiği anlaşılmış ve dinamik tesis yerleşimi çalışmaları önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, teorik bir örnek üzerinde 2 dönemli, 3 departmanlı ve 3 konumlu bir tesis yerleşim problemi ele alınmıştır. Problem öncelikle dinamik programla yaklaşımıyla maliyet açısından en iyi yerleşim düzeni bulunmuştur. Bulunan sonuç daha sonra bir de belirlenen yeni iki ölçütün de eklenmesi ile TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi kullanılarak tekrar değerlendirilmiştir. Böylece literatürdeki dinamik tesis yerleşim düzeni probleminin çok ölçütlü değerlendirilmesi konusundaki eksikliğin giderilmesi amacı gerçekleştirilmiştir.

## 2. Teorik Çerçeve

Serpil (1994), tesis yerleşim düzenlemenin tanımını, bir üretim ya da hizmet organizasyonunda, kuruluşunda, kuruluşun en etkin şekilde işletilmesini sağlayacak ve verimliliği arttıracak şekilde, bölümlerin, makinelerin, yardımcı hizmet ve tesislerin yerlerinin belirlenmesi ve düzenlemesi olarak belirtmiştir.

Hammaddenin ürüne dönüşmesi için, bir dizi işlem görmesi gerekmektedir. Tesisler, bu işlemlerin gerçekleştirildiği yerlerdir. Tesis, bir tezgah, bir iş merkezi, bir atölye, vb. olabilir. Parça her tesiste bir veya birkaç işlem görür, tek başına veya kafiye halinde bir sonraki işlemi görmek üzere

sırası gelen tesise gider. İmalatta her parça kendine özgü bir işlem sırası izler. Üretilen parça çeşidi ve miktarı talebe bağlıdır ve bu veriler tesis planlamacısının kontrolü dışındadır. Malzeme aktarma maliyetlerinin hesabı, taşıma sayılarına dayanmaktadır. Bu sayılar da, ürün karması (hangi parçadan kaç adet üretildiği), rotalar ve kafiye büyüklüklerine bağlıdır. Taşıma (malzeme aktarma) maliyetleri, günlük, haftalık, aylık veya yıllık dönemlere göre hesaplanabilir. Bu maliyetler, taşıma sayıları dışında, (yükleme ve boşaltma işlemlerinden kaynaklanan) sabit maliyetlere, (bir yükü bir metre taşımanın maliyeti olan) birim taşıma maliyetlerine ve en önemlisi de tesisler arası uzaklıklara bağlıdır (İşler, 2000: 65). Sahni ve Gonzalez (1976), TYDP'nin, NP-tam bir problem olduğunu göstermiştir. Problemin karmaşıklığının nedeni, yerleşimdeki tesis ve alan sayısına bağlı olarak yerleşim seçeneği sayılarının bir başka deyişle çözüm uzayının üstel olarak artış göstermesidir. Bu karmaşıklıkla baş etmek amacıyla birçok model ve çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. TYDP'nin bazı özellikleri, problemin tanımlanmasını ve analitik yöntemlerle çözülmesini zorlaştırmaktadır. Her tesis her konum için aday olabildiğinden, tesislerin ve konumların tüm kombinasyonlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. N tesis ve N konum söz konusu olduğunda ele alınabilecek en fazla kombinasyon sayısı  $N!$  olmaktadır. Bu nedenle orta ve büyük ölçekli problemler için mümkün tüm kombinasyonların değerlendirilmesi çok fazla zaman alabilir. Tesis (N) ve konumların (M) sayıları eşit değilse, örneğin  $N < M$  için değerlendirilecek kombinasyon sayısı  $M! / (M-N)!$  olacaktır. Bu sayı bile,  $(N!)$ 'den küçük olmasına rağmen hala büyük bir değerdir (Sule, 1994:470).

TYDP, (yerine göre tezgah veya bölüm olarak da adlandırılabilen) tesislerin oturma alanlarını ve yerleşim sınırlarını göz önünde bulundurarak, sabit yatırımların ve ilgili malzeme taşıma maliyetlerinin en küçüklenmeye çalışıldığı N tesisi M konuma ( $N \leq M$ ) etkin bir şekilde atama işiyle ilgilenir (Tavakkoli ve Shayan, 1998:528).

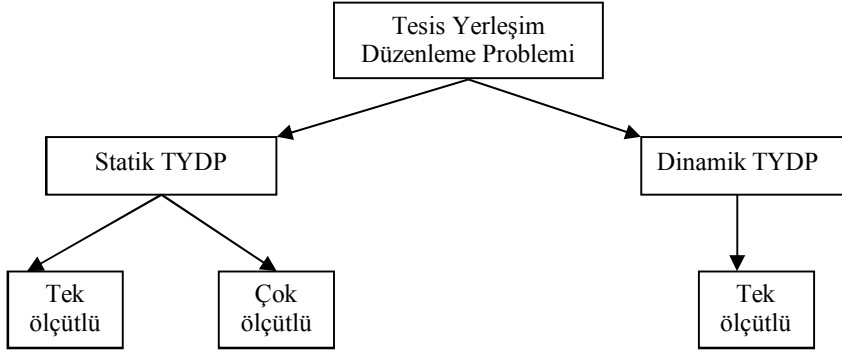
Rosenblatt (1979), birleştirilmiş niteliksel ve niceliksel yaklaşımı kullanarak tesis tasarımı problemini çözmüştür. Fortenberry ve Cox (1985), çalışmalarında niteliksel ve niceliksel ölçütleri birleştiren çok ölçütlü model önermişlerdir. Urban (1987), tesis yerleşim düzeni tasarımı problemi için çok kriterli bir model geliştirmiştir. Çalışmada Rosenblatt (1979), Dutta ve Sahu (1982) ve Fortenberry ve Cox (1985) tarafından geliştirilen çok ölçütlü modellerin matematiksel gösterimi belirtilmiştir. Malakooti ve Tsurushima (1989), çok ölçüt içeren tesis yerleşim problemini çözmek için bir uzman sistem geliştirmişlerdir. Raoot ve Rakshit (1993), ELECTRE yöntemini kullanarak çok ölçütlü tesis yerleşim düzenleme problemini çözmüşlerdir. Foulds ve Partovi (1998), çalışmalarında AHP yöntemi ile grafiksel yöntemi birleştirerek tesis yerleşim tasarımında çok kriterli model kullanmışlardır. Deb ve Bhattacharyya (2003), çok ölçütlü karar verme yöntemini kullanarak tesis yerleşiminin düzenlenmesinde insan dolaşım maliyetini, ölü alanları ve en az yer kullanılmasını dikkate alan bir çalışma yapmışlardır. Chen ve Sha (2005), nitel ve nicel kriterleri içeren tesis

yerleşim düzenleme problemi için sezgisel bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Ertay vd. (2006) tesis yerleşim probleminin sayılabilen ölçütleri için VisFactory programını kullanmışlardır. Yang ve Hung (2007), yaptıkları çalışmada var olan tesis yerleşim tasarımına alternatif tasarımlar geliştirmişlerdir. Peer ve Sharma (2008), kareli atama problemi modelinde hem nicel hem de nitel ölçütleri ele almışlardır.

Tesis yerleşim düzenleme çalışmaları, bölümler arasındaki malzeme taşıma verilerinin tipine göre Statik TYDP ve Dinamik TYDP olarak ikiye ayrılmaktadır. Bölümler arasındaki malzeme akış verileri planlama dönemi boyunca değişmediği durumlarda, düzenleme problemi Statik TYDP olarak adlandırılır. Genellikle Kareli Atama Problemi(KAP) olarak modellenmektedir. Statik TYDP çalışmaları çok ölçütlü ve tek ölçütlü olarak ele alınmıştır. Tek ölçütlü çalışmalarda problem sadece malzeme taşıma maliyetine bakılarak çözülmüştür. Malzeme taşıma maliyeti açısından en iyi olan yerleşim düzeni seçilmiştir. Öte yandan, daha sonraki çalışmalar çok ölçütlü olarak ele alınmıştır. Çok ölçütten kasıt, malzeme taşıma maliyeti yanında diğer faktörlerin de göz önüne alınarak problemin ele alınmasıdır. Bu faktörler, esneklik, komşuluk, malzeme taşıma maliyeti, vb. gibi nitel ve nicel faktörlerden oluşmaktadır (Maniya ve Bhatt, 2011:545).

Planlama dönemi boyunca tesisler arasındaki malzeme akışı değişiyorsa problem, Dinamik TYDP olarak belirtilmektedir. Bu yüzden Dinamik TYDP'nin çok dönemli planları ele aldığı ve malzeme taşıma ile yeniden yerleşim maliyetleri toplamını en küçükleme amaçladığı ifade edilebilir. Bir başka deyişle taşıma ve taşınma maliyetleri arasında bir ödünleşme arandığı belirtilmektedir. Dinamik yerleşim düzenleme çalışmaları son on yılda büyük gelişmeler göstermiştir. Firmaların talep yapısının değişkenliklerinin artması neticesinde dinamik çalışmalar önem kazanmıştır. Dinamik çalışmalarda malzeme taşıma maliyeti ve yeniden düzenleme maliyeti, problemin çözümünde etkilidir. Dinamik çalışmalar, maliyetler açısından en iyinin bulunmaya çalışılması konusunda yoğunlaşmıştır.

Literatür çalışmaları ilk olarak Statik problem üzerine araştırmalarla başlamıştır. Hala bu konudaki araştırmalar devam etmektedir. Bunun yanında Dinamik yaklaşımlar da geliştirilmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, tesis yerleşimi çalışmalarının aşağıdaki şekilde özetlenebileceği anlaşılmıştır.



**Şekil 1:** Literatürdeki Dinamik Tesis Yerleşim Düzenleme Problemi Çalışmalarının Sınıflandırılması.

### ***Dinamik Tesis Yerleşim Düzenleme Problemi***

Günümüz üretiminin en önemli özelliği sürekli değişkenlik göstermesidir. Değişken bir çevrede ya da dinamik üretim çevresinde talep sabit değildir. Talepteki bu değişimler firmaları ani değişikliklere çabuk cevap verecek çalışmalar yapmaya itmektedir. Ani değişikliklere uyum içinde üretim yapabilmek için değişime çabuk adapte olunması gerekmektedir. Dinamik TYDP de bu sorunun çözümüne hizmet etmektedir(Singh ve Sharma, 2006:425).

Dinamik TYDP, bir karmaşık kombinatoryel optimizasyon problemidir ve çözümü oldukça zordur. Optimuma yakın çözümler sağlayan sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır. DTDP, talepteki ve pazardaki değişimlere göre çok dönemli planlamadan oluşmaktadır(Singh ve Sharma, 2006:428).

Dinamik yerleşim, tesislerdeki zamanla meydana gelen değişimler neticesinde tesisin yeniden düzenlenmesi işlemini yapmaktadır. Balakrishnan and Cheng (1998:510), dinamik tesis yerleşim problemini aşağıdaki şekilde modellemektedir:

- $N$  : tesislerin ya da konumların sayısı,  
 $T$  : dönem sayısı,  
 $f_{tik}$  : t döneminde i tesisinden k tesisine malzeme akış miktarı,  
 $d_{jl}$  : j ve l konumları arasındaki uzaklık,  
 $A_{tijl}$  : t döneminde i tesisinin yerinin j konumundan l konumuna değiştirmenin sabit maliyeti,  
 $C_{tijkl}$  : t döneminde j konumundaki i tesisi ile, l konumundaki k tesisi arasındaki taşımaların maliyeti,  
 $x_{tij}$  : 1, eğer t döneminde i tesisi j konumuna atanmışsa, 0, diğer durumlarda,  
 $y_{tijl}$  : 1, eğer t döneminde i tesisi j konumundan l konumuna atanmışsa, 0, diğer durumlarda.  
 $i, k$  : tesisler,  
 $l, j$  : konumlar,

DİNAMİK TESİS YERLEŞİM DÜZENLEME PROBLEMİNİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ OLARAK  
ELE ALINMASI

$$C_{ijkl} = f_{ik} * d_{jl}$$

$$y_{tjil} = x_{(t-1)ij} * x_{til}$$

Yukarıda belirtilen değişkenler doğrultusunda,

$$\text{Min } z = \sum_{t=2}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{l=1}^N A_{tjil} * y_{tjil} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N C_{ijkl} * x_{tij} * x_{tkl} \quad (1)$$

kısıtlar

$$\sum_{i=1}^N x_{tij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, N, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{tij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (3)$$

$$x_{tij} \in \{0,1\} \quad i, j = 1, 2, \dots, N, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (4)$$

Yukarıda belirtilen modelde 1 numaralı bölüm modelin amaç fonksiyonudur. Amaç fonksiyonunun ilk terimi planlama dönemi boyunca gerçekleşen yeniden düzenleme maliyetini, ikinci terimi planlama dönemi boyunca oluşan malzeme taşıma maliyetini belirtmektedir. Amaç, planlama dönemi boyunca gerçekleşen yeniden düzenleme maliyeti ve malzeme taşıma maliyeti toplamını minimum yapmaktır. 2 numaralı kısıtta, her tesisin sadece bir konuma atanabileceği, 3 numaralı kısıtta her konumda sadece 1 tesisin yerleşebileceği belirtilmiştir. 4 numarada karar değişkeninin atama olması durumunda 1, atama olmaması durumunda 0 değer alabileceği ifade edilmiştir (Balakrishnan ve Cheng, 1998:515).

Yukarıda belirtilen modele göre, dinamik yerleşim modelinin çözümü ile her biri bir dönemle ilişkilendirilen bir dizi yerleşim planı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle Dinamik problemin amaç fonksiyonu genellikle bütün dönemlerdeki malzeme akış maliyetleri ile yeniden düzenleme maliyetlerinin toplamının en küçüklenmesinden oluşmaktadır. Gelecekte hangi malzeme akışının olacağı hesaplanabilirse tesisteki yerleşim düzeni de ona göre değiştirilebilmektedir. Bu değişim sonucunda tesis, tekrar düzenleme maliyetine maruz kalmaktadır. Tekrar düzenleme maliyeti, bir alana birbirini takip eden zaman döneminde farklı bölümler yerleştirilmiş ise ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda belirtilen model, her dönemin kendi içinde en iyisinin bulunması ve tesis yerleşiminde değişiklik var ise yeniden düzenleme maliyetinin eklenmesi ile problemi ele almaktadır. Rosenblatt (1986) çalışmasında, bu problemin dinamik programlama ile de yapılabileceğini öne sürmüştür. Bu bağlamda, bir sonraki bölümde tesis yerleşim düzeninin dinamik programlama yaklaşımı ile nasıl ele alındığını belirten bir problem önerilmiştir.

### 3. Yöntem ve Bulgular

#### 3.1. Tanımlayıcı Bir Örnek

Problem için oluşturulan örnek tesis, kesim(K), montaj (M), ambalajlama(A) olmak üzere 3 departmandan ve bu departmanların atanabileceği 3 konumdan(1, 2, 3) oluşmaktadır. Konumlar ve departmanlar eşit alanlıdır. Departmanların yer değiştirme maliyeti(ydm) dönemden ve konumdan bağımsız olarak gerçekleşmektedir.

$$Ydm_K = 10 \text{ pb}, \quad ydm_M = 15 \text{ pb}, \quad ydm_A = 5 \text{ pb}.$$

Her departman sadece bir konuma atanabilmekte ve her konumda sadece bir departman bulunmaktadır. Tesis, 2 planlama döneminden oluşmaktadır. Bu 2 dönem için departmanlar arası gerçekleşen ürün akış miktarları aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir:

1. Dönem departmanlar arası akış miktarları

	K	M	A
K	-	100	70
M	80	-	150
A	90	60	-

2. Dönem departmanlar arası akış miktarları

	K	M	A
K	-	50	90
M	140	-	30
A	150	60	-

Her 1 birim ürünü 1 metre taşımanın maliyeti 2 pbdir.

Konumlar arası uzaklıklar aşağıdaki gibidir:

	1	2	3
1	-	2	3
2	2	-	4
3	3	4	-

Problem dinamik yaklaşımı ile ele alındığında her dönemde 3 departman ve 3 konum olduğundan elimizde  $3! = 3*2 = 6$  tane farklı yerleşim düzeni bulunmaktadır. 2. döneme geçildiğinde 1. dönem oluşan her bir yerleşim düzenine karşılık 6 adet yeni yerleşim düzeni alternatifleri oluştuğu için toplamda  $(3!)^2 = 36$  tane yerleşim düzeni oluşmaktadır.

Problem dinamik programlama yaklaşımı ile ele alındığında her dönem problemin aşaması(stage), her bir oluşan yerleşim düzeni, problemin adımını(state) oluşturmaktadır. N tane departmanlı, N tane konumlu ve T dönemli

DİNAMİK TESİS YERLEŞİM DÜZENLEME PROBLEMİNİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ OLARAK  
ELE ALINMASI

bir problemde  $(N!)^T$  tane adım veya çözüm gerçekleşmektedir. Malzeme taşıma maliyeti açısından en küçük maliyete sahip yerleşim düzeni problemin optimum çözümünü oluşturacaktır.

Problemdeki tesisin başlangıç yerleşim düzeni KMA olarak belirlenmiştir. Bu ifade, K departmanının 1. konuma, M departmanının 2. konuma ve A departmanının 3. konuma atandığını belirtmektedir.

1. Dönem için gerçekleştirilecek yerleşim düzenleri ve maliyetleri aşağıda belirtilmiştir.

KMA = 3360

KAM = 3400

MKA = 3260

MAK = 3200

AKM = 3340

AMK = 3240

KMA yerleşim düzeni, başlangıç yerleşim düzeni ile aynı olduğundan yeniden düzenleme maliyeti eklenmesine gerek yoktur. Ancak diğer yerleşim düzenleri, mevcut yerleşim düzeninden farklı olduğundan bu yerleşim düzenleri maliyetlerine bir de yeniden düzenleme maliyetlerinin eklenmesi gerekir. Bu sonuca göre gerçekleştirilen yerleşim düzeni maliyetleri

KMA = 3360

KAM = 3420

MKA = 3285

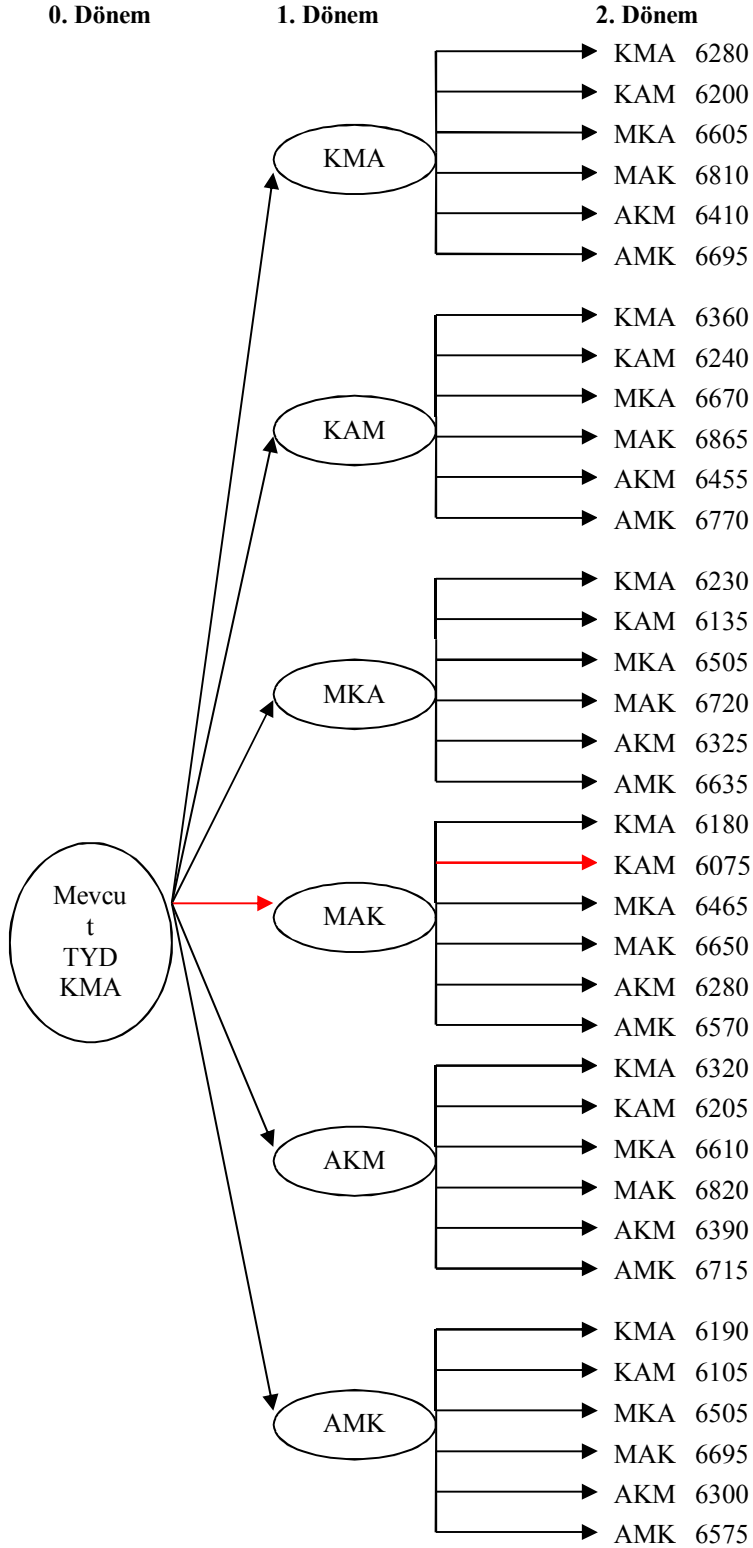
MAK = 3230

AKM = 3370

AMK = 3255 olarak gerçekleşir.

2. dönem gerçekleştirilen yerleşim düzenleri ve 2. dönemin sonunda ortaya çıkan toplam maliyetler şu şekildedir:





Şekil 2: Dönemlik gerçekleştirilecek yerleşim düzeni alternatifleri ve maliyetleri.

Yukarıda belirtilen maliyetler yeniden düzenleme maliyeti eklenmiş olarak belirtilmiş maliyetlerdir. Bu maliyetler neticesinde en az maliyetli yerleşim düzeni KMA-MAK-KAM olarak gerçekleşmiş ve maliyeti 6075 pbdır.

Yukarıda belirtilen örnek tesiste, eğer bütün dönemler boyunca aynı yerleşim düzeni ile devam edilseydi 2 dönem sonunda toplam malzeme taşıma maliyeti 6280 pb olacaktı. Firma gelen talepleri doğrultusunda yerleşim düzenini değiştirerek  $6280-6075 = 205$  pblik maliyetten kurtulmuştur. Toplamda 55 pblik yeniden düzenleme maliyetine katlanmıştır. Bu rakam statik yerleşim düzeni ile devam etmenin malzeme taşıma maliyetinden oldukça düşük olduğundan dinamik yaklaşımın kullanılması yerinde olmuştur. Ancak bu çözüm, problemin sadece maliyet kriteri açısından bakıldığında en iyi çözümdür. Probleme maliyetin yanında başka ölçütlerin eklenmesi ile dinamik olarak en iyi olan bir çözüm, tekrar değerlendirilecektir. Bu nedenle aşağıda, probleme eklenen yeni ölçütler ve bu ölçütlerle birlikte ele alındığında çözümün nasıl değişeceği araştırılmıştır. Böylece dinamik tesis yerleşim problemi çok ölçütlü ele alınarak literatürdeki eksiklik kapatılmaya çalışılmıştır.

### **3.2.Dinamik Tesis Yerleşim Probleminin Çok Ölçütlü Olarak Değerlendirilmesi**

Yukarıda belirtilen tesiste 2 dönem için maliyet açısından minimum olan sonucun maliyetin yanında başka ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi gerekebilmektedir. Pratik hayatta maliyet önemli bir ölçüt olsa da tesisin başka ölçütleri de sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle problemin, mevcut yerleşim düzeninin değişmesi neticesinde çalışanların bu değişime adaptasyonu ve tesisin değişimler sonucundaki görünümü, ölçütleri açısından da değerlendirilmesi uygun görülmüştür.

Adaptasyon ölçütü, çalışanların değişime karşı sağladıkları uyumu ifade etmektedir. Bu durum uygulamada önemli bir ölçüttür. Çünkü tesis içerisinde yapılan değişimler çalışanlar tarafından uygulanması zorluk yarattığı takdirde, çalışma verimi düşebilir, insanlar daha zor çalışma ortamına maruz kalabilirler, iş kazalarında ve hatalarda artış olabilir. Bu bağlamda, adaptasyon ölçütü, tesis yerleşim düzeninin oluşturulmasında önemli olmaktadır (Bilişik vd., 2011).

Görünüm ölçütü, tesis yerleşim düzenine göre tesisin dağınık mı yoksa derli toplu olup olmadığını ifade etmektedir. Bu ölçüt, tesisteki hareketin rahatlığı ve tesiste düzgün bir yerleşim düşüncesi oluşturması açısından önem teşkil etmektedir. Böylece yukarıda belirtilen problem maliyet, adaptasyon ve görünüm ölçütlerine göre tekrar değerlendirilecektir.

Yukarıdaki problemde, 2 dönem sonunda maliyet açısından en küçük olan 4 yerleşim düzeni seçilmiştir. Bu ilk 4 yerleşim düzeni belirtilen 2 yeni ölçüt açısından tekrar değerlendirilmiştir. Değerlendirme işlemi için TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem, pozitif ideal noktaya olan yakınlığı ve negatif ideal noktaya uzaklığı belirtmesi açısından tercih edilmiştir.

Belirlenen 4 tesis yerleşim düzeni alternatiflerinin belirlenen ölçütler için aldığı değerler aşağıdaki tabloda belirtildiği gibi varsayılmıştır:

**Tablo 1:** En düşük maliyetli dört tesis yerleşim düzeninin tüm ölçütlere göre aldıkları değerler.

	Maliyet	Adaptasyon	Görünüm
TYD1	6075	30	50
TYD2	6105	50	75
TYD3	6135	65	35
TYD4	6190	40	55

Belirlen ölçütlerin en önemliden en az önemliye göre sırası, maliyet, adaptasyon ve görünüm olarak belirlenmiştir.

Bu önem sırasına göre ağırlıklar, ağırlıkların karşılıklı derecelendirilmesi (Rank Reciprocal Weights) yöntemine göre belirlenmiştir(Stillwell vd., 1981:70). Yöntemin formülü aşağıda belirlenmiştir.

$$w_j = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{r_j}}, \quad j = 1, 2, 3.$$

$w_j$  : her bir ölçütün ağırlığı,  $r_j$  : j. ölçütün önem derecesi

Yukarıda belirtilen formüle göre ölçütlerin ağırlıkları,  $w_1 = 0.55$ ,  $w_2 = 0.27$ ,  $w_3 = 0.18$  olarak belirlenmiştir.

Ölçütlerden adaptasyon ve görünüm fayda ölçütü, diğeri ise maliyet ölçütü olduğundan onun da fayda ölçütüne dönüştürülerek vektör normalizasyonu yapılır. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir yöntemdir. Yöntemin aşamalarına göre problemin çözümü aşağıda belirtilmiştir.

#### **Adım 1:** Karar matrisinin oluşturulması

**Tablo 2:** Karar matrisi.

	Maliyet	Adaptasyon	Görünüm
TYD1	1/6075	30	50
TYD2	1/6105	50	75
TYD3	1/6135	65	35
TYD4	1/6190	40	55

DİNAMİK TESİS YERLEŞİM DÜZENLEME PROBLEMİNİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ OLARAK  
ELE ALINMASI

**Adım 2:** Standart karar matrisinin oluşturulması

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad j = 1, 2, 3.$$

**Tablo 3:** Standart karar matrisi.

	Maliyet	Adaptasyon	Görünüm
TYD1	0.508	0.312	0.449
TYD2	0.505	0.520	0.674
TYD3	0.503	0.677	0.315
TYD4	0.499	0.416	0.494

**Adım 3:** Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması

$$v_{ij} = w_j * r_{ij}, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad j = 1, 2, 3.$$

**Tablo 4:** Ağırlıklı standart karar matrisi.

	Maliyet	Adaptasyon	Görünüm
TYD1	0.279 <sup>+</sup>	0.084 <sup>-</sup>	0.081
TYD2	0.278	0.140	0.121 <sup>+</sup>
TYD3	0.277	0.183 <sup>+</sup>	0.057 <sup>-</sup>
TYD4	0.274 <sup>-</sup>	0.112	0.089

**Adım 4:** Pozitif ideal ( $A^+$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözümlerin bulunması

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

$$A^* = \{0.279, 0.183, 0.121\}$$

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

$$A^- = \{0.274, 0.084, 0.057\}$$

**Adım 5:** Ayrım ölçülerinin hesaplanması

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad j$$

= 1, 2, 3.

$$S_1^* = 0.107 \quad S_2^* = 0.043 \quad S_3^* = 0.064 \quad S_4^* = 0.078$$

$$S_1^- = 0.025 \quad S_2^- = 0.085 \quad S_3^- = 0.099 \quad S_4^- = 0.043$$

**Adım 6:** İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın hesaplanması

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

$$C_1^* = 0.189 \quad C_2^* = 0.664 \quad C_3^* = 0.607 \quad C_4^* = 0.355$$

Yukarıdaki sonuçlar neticesinde belirlenen ölçütlere göre en iyi yerleşim düzeni TYD2 olarak bulunmuştur. Halbuki dinamik programlama sonucunda sadece maliyete göre değerlendirmede TYD1 en iyi yerleşim düzeni olarak belirlenmişti.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

TYDP çalışmaları, önceki bölümlerde belirtildiği gibi sınıflandırıldığında Dinamik TYDP çalışmalarının sadece tek ölçütlü olarak ele alındığı gözlemlenmiştir. Ancak günümüzde tek ölçüt açısından bir problemin ele alınması yetersiz görülmektedir. Problemlerin çok yönlü olarak ele alınması ve her açıdan en uygun yerleşimin seçilmesine ihtiyaç vardır. Bu anlamda, dinamik yaklaşımların da çok ölçütlü olarak ele alınması gerekmektedir. Çünkü maliyet açısından uygun olan bir yerleşim, başka ölçütler de dikkate alındığında uygun olmayabilir(Bilişik vd., 2011:).

Bir önceki bölümde oluşturulan problemde, sadece maliyet açısından ele alındığında en iyi olan alternatif(TYD1), adaptasyon ve görünüm ölçütleri ile birlikte düşünüldüğünde en iyi yerleşim düzeni olmamıştır. TYD2 maliyet açısından 2. sırada yer almasına rağmen, adaptasyon ve görünüm ölçütleri dikkate alındığında en iyi çözüm olmuştur. Bu durum pratik hayat için çok daha uygulanabilir olmuştur. Çünkü günümüzde, tesislerin sadece maliyet kriterine göre düzenlenmesi yeterli olmamaktadır. Gelişen rekabet ortamında maliyetin yanında başka değerlendirme kriterlerinin de kullanılması gerekmektedir. Çünkü tesis içerisinde verilen hizmetin çeşitliliği, çalışanların uyumlu çalışması gibi özellikler de tesis yerleşim düzenleme yapanların dikkat etmesi gereken konular olarak görülmektedir. Araştırmacıların, dinamik yerleşim çalışmalarına yeni ölçütler ekleyerek tekrar değerlendirmesi literatürdeki dinamik tesis yerleşimi problemin çok yönlü değerlendirmesi eksikliğini giderilmesini sağlayacaktır.

#### Kaynakça

- Armour, Gordon C., BUFFA; Elwood S., 1963, A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Location of Facilities, *Management Science*, 9(2), 294-309.
- Azar, F.S., 2000, Multi-Attribute Decision Making Using of Three Scoring Methods to Compare the Performance of Imaging Techniques for Breast Cancer Detection. Dept. of BioEngineering VAST LAB, Dept. Of Computer Science. University of Pennsylvania, Philadelphia (PA).

DİNAMİK TESİS YERLEŞİM DÜZENLEME PROBLEMİNİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ OLARAK  
ELE ALINMASI

- Balakrishnan; J., Cheng; C.H., 1998, Dynamic Layout Algorithms: A State-of-the-art Survey, *OMEGA*, 26(4), 507-521.
- Benjaafar; Saif, Heragu; Sunderesh S., Iran; Shahruckh A., 2002, Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progresss, *Interfaces*, 32(6), 58-76.
- Bilişik; O.G., Özcan; T., Esnaf; Ş., “Tesis Yerleşim Düzenlemesi Alternatiflerinin TOPSIS ve GRİ İlişkisel Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi”, *11. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 23-24 Haziran 2011, İstanbul.
- Bozer;Y.A. ve Meller; R.D., 1997, A reexamination of the distance-based facility layout problem, *IIE Transaction*, 29(7), 549-560.
- Buffa; Elwood S., Armour; Gordon C., Vollmann; Thomas E., 1964, Allocating Facilities with CRAFT, *Harward Business Review*, 42(2), 136-158.
- Chen; C.W., Sha; D.Y., 2005, Heuristic Approach for Solving the Multi-Objective Facility Layout Problem, *International Journal of Production Research*, 43(21), 4493-4507.
- Deb; S.K., Bhattacharyya; B., 2003, Facilities Layout Planning Based on Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Methodology, *International Journal of Production Research*, 41(18), 4487-4504.
- Erkut; H. ve Baskak; M., (1996), *Stratejiden Uygulamaya Tesis Tasarımı*, İrfan Yayıncılık, İstanbul.
- Ertay; T., Ruan; D., Tuzkaya; U.R., 2006, Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Layout Design in Manufacturing Systems, *Information Sciences*, 176, 237-262.
- Farahani; R.Z., Drezner; Z., Asgari; N., 2009, Single facility location and relocation problem with time dependent weights and discrete planning horizon, *Annual Operation Research*, 167, 353-368.
- İşlier; A.A., 2000, *Dinamik Üretim için Dinamik Yerleşim 1.Bölüm*, Otomasyon, 2000/11, 64-68
- Jahanshahloo; G.R., Lotfi; F., Hosseinzadeh; I. M., 2006, Extension of the TOPSIS Method for Decision-Making Problems with Fuzzy Data, *Applied Mathematics and Computation*, 181, 1544-1551.
- Karasar; N., 2000, Bilimsel Araştırma Yöntemi, 11.Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Malakooti; B., Tsurushima; A., 1989, An Expert System Using Priorities for Solving Multiple Criteria Facility Layout Problems, *International Journal of Production Research*, 27(5), 793-808.
- Manıya; K.D., Bhatt; M.G., 2011, An Alternative Multiple Attribute Decision Making Methodology for Solving Optimal Facility Layout Design Selection Problems, *Computers and Industrial Engineering*, 61, 542-549.
- Peer; S.K., Sharma; D.K., 2008, Human-Computer Interaction Design with Multi Goal Facilities Layout Model, *Computers and Mathematics with Applications*, 56, 2164-2174.
- Raoot; A.D., Rakshit; A., 1993, A ‘Lingnistic Pattern’ Approach for Multiple Criteria Facility Layout Problems, *International Journal of Production Research*, 31(1), 203-222.
- Rosenblatt; M.J., 1979, The Facilities Layout Problem: A Multi-Goal Approach, *International Journal of Production Research*, 17(4), 323-332.
- Serpil; C., 1994, Tesis Planlaması, Makine Mühendisliği El Kitabı Cilt-1: Üretim ve Tasarım, MMO, Ankara.
- Singh; S.P., Sharma; R.R.K., 2006, A review of Different Approaches to the Facility Layout Problems, *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, 30, 425-433.

- Stillwell;W.G., Seaver; D.A., Edwards; W., 1981, A comparison of weight approximation techniques in multiattribute utility decision making, *Organizational Behavior and Human Performance*, 28, 62-77.
- Stevenson; W.J., 1999, *Production Operations Management*, McGraw Hill, NewYork.
- Sule; D.R., 1994, *Manufacturing Facilities Location, Planning and Design*, International Thomson Publishing, USA, 435-514.
- Tavakkoli-Moghaddam; R. ve Shayan; E., 1998, Facilities Layout Design by Genetic Algorithms, *Computers and Industrial Engineering*, 35(3-4), 527-530.
- Urban; T.L., 1987, A Multiple Criteria Model for the Facility Layout Problem, *International Journal of Production Research*, 25(12), 1805-1812.
- Yang; T., Hung; C-C., 2007, Multiple-Attribute Decision Making Methods for Plant Layout Design Problem, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 23, 126-137.