

İŞYERİ DÜZENLEMESİNDE FORTENBERRY- COX YÖNTEMİ İLE RAOOT-RAKSHIT YÖNTEMİNİN BİRLEŞTİRİLMESİ VE BİR UYGULAMA

Dr. Alp BARAY

*İ.Ü. İşletme Fakültesi
Üretim Anabilim Dalı*

Özet

Bu çalışmada yerleşim düzenlemesi probleminin çözümünde kullanılan belli başlı çok amaçlı yöntemler, formülasyonları, yapılan kabuller, girdiler ve aralarındaki yapısal farklılıklar açısından incelenmiş, daha sonra aralarından biri seçilerek, Bulanık Kümeler Kuramı'na dayalı Rao-ot ve Raksihit'in 1991'deki çalışması ile birleştirilmiş ve ÇABUKÇA adıyla geliştirilen bu birleşik yöntemle İstanbul'un en büyük hastanelerinden biri olan Şişli Etfal Hastanesinin kliniklerinin düzenlenmesi gözden geçirilerek daha iyi bir düzenleme elde edilmiştir.

1. Giriş ve Problemin Kısa Bir Tarihçesi

En basit şekli ile; *üretimin söz konusun olduğu sistemlerde, fiziksel bileşenlerin optimum yerleşimlerinin belirlenmesi* olarak tanımlayabileceğimiz tesis ya da yerleşim düzenlenmesi, endüstri devriminin ilk yıllarından beri yöneticilerin karşısına çıkan belli başlı problemlerden biridir. Önceleri deneyime ve tahmine dayalı olarak yapılan düzenleme çalışmaları, özellikle 1950'li yıllardan sonra giderek daha matematiğe dayalı, bi-

limsel bir nitelik kazanmaya başlamış, bilgisayar teknolojisindeki gelişmenin yardımı ile de, çok sayıda bölümün hızlı bir şekilde yerleştirilmesi mümkün olmuştur. 1950'li yıllardan bu yana yapılan yerleşim düzenlemesi çalışmaları bugün 1960'lı yıllarda ortaya atılan iki sezgisel temel analiz yöntemine dayanmaktadır. Problemin matematiksel formülasyonunun çözümündeki, kuadratik 0-1 tamsayılı atama problemi oluşundan doğan zorluk, araştırmacıları sezgisel yöntemler aramaya itmiş, bunun sonucunda da yukarıda sözü edilen iki temel yöntemden ilki olan bölümler arası toplam malzeme akış miktarını minimize eden yöntem ile, birbirine yakın olması istenen bölümleri bir araya getirecek toplam yakınlık oranını maksimize edecek ikinci yöntem en çok kullanılan yöntemler haline gelmişlerdir. Bunlardan toplam akış miktarının minimizasyonuna dayanan sezgisel alptimum arama temelli CRAFT Yöntemi 1964'te Buffa, Armour ve Vollmann tarafından önerilmiştir. Daha sonraları aynı temaya dayalı başka yöntemler de geliştirilmiştir. 1967 yılında ise Lee ve Moore tarafından geliştirilen CORELAP Yöntemi, CRAFT ve benzerlerinden daha farklı bir düşünceye dayanmaktaydı. Bu yönteme göre; uzmanlar tarafından, birbirine yakın olması istenen bölümler için yakınlık oranı yüksek, uzak olması istenen bölümler içinse yakınlık oranı düşük olmak üzere bir yakınlık oranı matrisi oluşturulur. Bu yakınlık oranlarının toplamını maksimum yapan düzenleme en uygun düzenlemedir. Söz konusu olan bu yöntemlerin temel düşüncelerine bir kez daha göz atacak olursak; toplam akış miktarının minimizasyonuna dayalı yöntemlerin niceliksel (kantitatif) özellik taşımalarına karşılık, toplam yakınlık oranının maksimizasyonuna dayalı yöntemlerin ise niteliksel (kalitatif) özelliklere sahip oldukları görülmektedir. 1980'li yılların ilk yarısında, niteliksel ve niceliksel yöntemlerin birleştirilmesi, dolayısı ile her iki düşünceyi aynı anda tatmin edecek yeni yöntemlerin geliştirilmesi çalışmaları yapılmıştır. Çok amaçlı, kuadratik, 0-1 tamsayılı bir atama problemi olarak formüle edilen yeni durumun matematiksel yöntemlerle çözülmesinin zorluğu nedeniyle sezgisel yöntemlerin geliştirilmesi düşüncesi burada da ortaya çıkmıştır. İlk olarak 1979'da Rosenblatt'ın geliştirdiği, yerleşim düzenlemesine çok amaçlı yaklaşımdan sonra (18), 1982'de Dutta ve Sahu (4), 1985'te ise Fortenberry ve Cox yerleşim düzenlemesi problemine çok amaçlı yaklaşımda yeni ve değişik yöntemler önermişlerdir. Daha sonra 1987'de önce Malakooti ve D'Souza (12), ardından Jacobs (8) ve onun ardından da Urban'ın (19) çalışmaları yayınlanmıştır. Bunları 1989'da Malakooti ve Tsurushima'nın çalışması (13) izlemiş, daha sonra Malakooti, Tsurushima ile yaptığı çalışmayı daha da geliştirmiştir. Ayrıca, 1984'te Anadolu Üniversitesi'nde Çınar'ın yaptığı

bir çalışmada (3) probleme fayda kuramı ile çözüm önerilmiştir. Son olarak, 1992'de Harmonosky ve Totho'yu (7) 1993'te yaptıkları son çalışma ile Rao ve Rakshit (16) izlemiştir.

Öte yandan 1960'lı yılların ilk yarısında Zadeh'in ortaya attığı Bulanık Kümeler Kuramı –The Fuzzy Set Theory– belirsiz ortamlarda karar vermede oldukça önemli adımlar atılmasını sağlamıştı. Daha sonraları gittikçe daha fazla kullanıma olanağı bulan bu kurama bağlı olarak yerleşim düzenlemesi çalışmaları da yapılmıştır. 1986'da Grobelny bu kuramdan yararlanarak, kuramın bünyesinde yer alan linguistik değişken kavramının yanısıra, Lukasiewicz Formülü ile gerçeklik değeri kriteri'ni kullanarak elde ettiği bölümler arası uzaklık ve bağlantı değerlerini Gavett ve Plyter'in önerdiği dal-sınır tekniği yardımı ile yerleşim düzenlemesi problemine uygulayarak, problemin çözümüne yeni bir öneri getirmiştir. 1991'de ise Rao ve Rakshit, yerleşim düzenlemesi problemine Bulanık Kümeler Kuramını kullanarak daha değişik, başka bir yaklaşım getirmişlerdir. Yerleşim düzenlemesi probleminin niteliksel açıdan ele alındığı bu yöntem, 1993'te tarafımdan geliştirilen ÇABUKÇA Yöntemi'nin de niteliksel kısmını oluşturmaktadır (15).

2. Yerleşim Düzenlemesi Problemi için Önerilen Çok Amaçlı Çözümler

2.1. Problemin Tanımı

2.1.1. Mevcut Tanımlar

İlgili literatürde fabrika ya da işyeri düzenlemesine ilişkin birçok tanım yer almaktadır. En basit şekli ile hangi bölümün nereye yerleştirileceğine ilişkin yerleşim kararı problemi;

Üretimin söz konusu olduğu sistemlerde, fiziksel bileşenlerin optimum yerleşimlerinin belirlenmesi olarak tanımlanabilir (2,154).

Burada fiziksel bileşenlerden kasıt; makinaların yanısıra, beslenme ambarları, raflar, elektrik ve sıhhi teçhizat cihazları, masalar,... v.b.'dir.

Geliştirdikleri CORELAP Yöntemi ile literatürde önemli bir yeri olan Lee ve Moore'a göre ise;

Sipariş türü üretimde yerleştirme problemi; birçok koldan gerçekleşen malzeme akışı sırasında, bu akış bünyesinde yer alan teçhizat ve makinaların en uygun şekilde yerleştirilmesini kapsar (10,195).

Diğer bir tanıma göre ise;

Birbirleriyle etkileşim halinde bulunan fiziksel bölümlerin sayısı kadar yer belirlenerek, bu yerlerin; bölümlerin birbirleri ile ilişkilerinin de dikkate alınmasıyla, aralarındaki toplam uzaklıkların minimize edilerek doldurulması işlemidir (14,622).

Ritzman da:

Yerleşim, düzenlemesi, çeşitli kısıtlar altında, iş merkezleri (bölümler) geometrik bakımdan en uygun şekilde düzenlenmesidir şeklinde bir tanım yapmıştır.

Bu tanımları genişleterek daha genel tanımlara gitmek mümkündür. Örneğin, *Üretim araçlarının, yardımcı tesislerin veya iş istasyonlarının ve taşıma, depolama, kalite kontrolü gibi üretimle ilgili faaliyetlerin fiziksel konumları açısından bütün olarak koordinasyonuna "fabrika düzenlemesi" denir. Bu tanımın bürolar gibi hizmet üretiminin yapıldığı yerleri de kapsamı halinde "işyeri düzenlemesi" deyiminin kullanılması daha uygundur (9,82). Veya,*

Aralarında karşılıklı ilişkiler bulunan fiziksel tesis bileşenlerin bileşenlerini düzenlenmesi, malzemelerin akışı, ilgili personelin işlemleri ve tüm bunların gerektirdiği bilgi akışlarının çözümlenmesi (analizi) veya birleştirilmesi (sentezi), planlaması ve tasarımı gerektiren bir fonksiyondur (3,7).

Tanımları bu şekilde çoğaltmak mümkün olmakla beraber, yapılan literatür araştırmalarında yukarıda yapılan tanımlardan ana hatları yönünden farklı daha başka tanıma rastlanmamıştır. Dolayısı ile, bundan sonra, tanımları arttırmakla kısır döngüye girileceği düşüncesi ile, mevcut tanımların ortak yönlerinin belirlenmesine çalışılıp, ortak ve tek bir tanımın yapılmasına gidilecektir.

2.1.2. Mevcut Tanımların Ortak Yönleri

Yukarıdaki tanımlarda öncelikle bölüm (iş merkezi) ve yer kavramları bulunmaktadır. Bu tanımlardan yola çıkarak bölümün tanımını şu şekilde yapabiliriz:

Bir üretim faaliyeti esnasında; bünyesinde bu faaliyete katılan makina, teçhizat, büro gibi elemanları bulundurarak üretim faaliyetinin gerçekleşmesinde rol oynayan, ayrıca bu rolü oynarken böyle özelliklere sahip benzerleri ile de arasında bir akış ilişkisi olan işletme (ya da fabrika) birimlerine "bölüm" adı verilir (5, 162).

Buradaki akış ilişkisi, iki bölüm arasındaki malzeme, bilgi, evrak, yük,.. v.s. gibi şeylerin birim zaman başına gidiş gelişleri (sayı, kg, m,...gibi) anlamına gelmektedir. Endüstriden örnek verecek olursak, tek başına bir takım tezgahı bölüm olabileceği gibi, bir işlemi (ya da faaliyeti) gerçekleştirmek üzere bir araya getirilmiş makinalar grubu da bölüm olabilir. Ayrıca, birkaç fabrikadan oluşan bir tesiste de, her bir fabrika sanki bir bölümmüş gibi düşünülebilir (5,162).

Yer ise, bölümlerin üzerinde yer alacağı bina, fabrika, toprak, ...v.b. parçasını göstermektedir.

Yerin sınırsız olması problemin çözülmesi açısından kolaylık sağlamaktadır. Sınırlı yer söz konusu ise, problemin çözümü sırasında dikkat edilmesi gereken kısıtlar oluşmaktadır.

Bunların yanı sıra, gerek kesikli üretim sistemlerinde ve gerekse zaman zaman parti üretim sistemlerinde optimizasyona gidildiğinde ilk karşılaşılan sorun, üretim araçlarının bulunduğu bölümlerin ne şekilde düzenleneceğidir. Çünkü, kesikli üretim sistemlerinde birbirlerinden çok farklı türde mamuller, farklı işlemlerden geçerek üretilmektedirler. Parti üretim sistemleri de kesikli üretim sistemleri ile sürekli üretim sistemleri arasında bir geçiş sistemi olduğu için, zaman zaman farklı mamullerin üretilmesi durumu bu sistemlerde de söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle de, yerleştirme probleminin çözümü kesikli üretim sistemleri ile parti üretim sistemlerinde oldukça önemlidir. Bu çalışmada da yerleşim düzenlemesi kavramından anlaşılan, kesikli ya da parti üretim sistemlerindeki yerleşim düzenlemesidir.

2.1.3. Mevcut Tanımların Ortak Yönlerinden Yararlanılarak Yapılan Tanımlama

Daha önce yapılmış tanımlardan elde edilen ortak kavramlar ve kişisel görüş olarak yapılan eklemeler sonunda problemi yeniden tanımlayabilir ve derlenen bilgileri de şu şekilde özetleyebiliriz:

Kesikli ya da parti üretim sistemlerinde malzeme, makina ve işgücünün etkileşimli bir biçimde verimli olarak çalışmasını sağlamanın yanı sıra, birçok koldan gerçekleşen akış miktarlarının toplamının minimum olmasını sağlayacak biçimde ilgili bölümlerin uygun yerlere atanması işlemine "fabrika düzenleme" denir. Eğer, hastane gibi hizmet işletmeleri söz konusu ise, problem "işyeri düzenlemesi" adını alır. Her iki duruma birden ise "yerleşim düzenlemesi" adı verilmektedir.

Bundan sonra, optimum düzenlemeyi oluşturmak üzere bir amaç fonksiyonu düşünmek ve onun değerini göz önüne almak gereklidir.

Amaç fonksiyonunun değerini optimum yapacak olan düzenleme en uygun düzenleme olacaktır.

2.2. Yerleşim Düzenlemesi Probleminin Çözümünde Kullanılan Mevcut Çok Amaçlı Çözüm Yöntemleri

Çok amaçlı programlamanın temelinde amaçların çelişmesi yatmaktadır. Rosenblatt'a göre (18,323), CRAFT ve benzeri kantitatif yöntemler gürültü, kirlilik gibi sebeplerden dolayı birbirinden uzak olması istenen bölümlerin uygun yerleştirmesini gerçekleştirememektedir. Aynı şekilde kalitatif yöntemlerde de bölümler arası akışlardan doğan malzeme taşıma maliyeti dikkate alınmamaktadır. Dolayısı ile, kantitatif ve kalitatif yöntemlerin amaçları birbirleriyle çelişmektedir. Bu durum Dutta ve Sahu (4,147). Malakooti ve D'Souza (12,286) tarafından da belirtilmektedir. Yani, aralarındaki akış ilişkisi yüzünden birbirleri ile yanyana olması istenen bölümlerin aynı zamanda çevre koşulları gibi nedenlerle birbirlerinden uzakta olması da istenebilmektedir. Örneğin, aralarındaki akış ilişkisi yüzünden, yüksek gerilimin söz konusu olduğu elektrostatik boyama yapan bir boyahane ile, tiner ve boya deposunun yan yana yerleştirilmesi söz konusu iken, herhangi bir kıvılcımın doğuracağı yangın tehlikesine karşılık bu iki bölümün birbirlerinden uzağa yerleştirilmesi gerekecektir. Dolayısı ile, kantitatif ve kalitatif amaçların çeliştiği ortadadır. İşte bu amaçların birleştirilerek optimizasyonu çok amaçlı kuvadratik atama problemini oluşturmaktadır.

2.2.1. Matematiksel Formülasyonlarına Göre Yöntemlerin İncelenmesi

2.2.1.1. Kuvadratik Atama Formülasyonuna Göre Çözüm Arayan Yöntemler

2.2.1.1.1. Kosenblatt'ın Yöntemi

Rosenblatt, akıştan doğan maliyetlerin minimizasyonuna dayalı kantitatif yöntemlerin kuvadratik atama formülasyonunu Q Problemi adı altında incelerken, yakınlık oranlarının toplamının maksimizasyonuna dayalı kalitatif yöntemlerin kuvadratik atama formülasyonunu da L Problemi adı altında incelemiştir (18,324). Daha sonra bu iki formülasyonu birleştirerek, çok amaçlı kuvadratik atama probleminin formülasyonunu elde etmiş ve buna da M Problemi demiştir (18,325). Bu durumları şu şekilde gösterebiliriz:

1.Q Problemi

$$\min Z_x = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n a_{ijkl} \cdot x_{ij} \cdot x_{kl}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i=1, \dots, n$$

$x_{ij}=0$ veya 1 olup,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ bölümü } j \text{ yerine atanmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$a_{ijkl} = \begin{cases} f_{ik} \cdot d_{jl} & \text{eğer } i \neq k \text{ ya da } j \neq l \text{ ise} \\ f_{ii} \cdot d_{jj} + C_{ij} & \text{eğer } i=k \text{ ve } j=l \text{ ise} \end{cases}$$

şeklindedir. Burada,

C_{ij} : j yerine i bölümünün atanması ile oluşan birim zaman başına maliyeti,

d_{jl} : j ve l yerleri arasındaki dikdoğrusal (rectilinear) uzaklığı,

f_{ik} : i bölümünden k bölümüne iş akış miktarını

göstermektedir.

II. L Problemi

$$\max Z_y = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n W_{ijkl} \cdot x_{ij} \cdot x_{kl}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i=1, \dots, n$$

$x_{ij}=0$ veya 1 $\forall i, j$

$$W_{ijkl} = \begin{cases} r_{ik} & \text{eğer } j \text{ ve } l \text{ yerleri komşu ise} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

olup, burada;

r_{ik} : i ve k bölümleri arasındaki istenen yakınlık oranıdır. Değeri için ilişki diyagramından yararlanılır.

III. M Problemi

$$\begin{aligned}
 \min. Z &= \alpha_2 \cdot Z_x - \alpha_1 \cdot Z_y \\
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n (\alpha_2 \cdot a_{ijkl} - \alpha_1 \cdot W_{ijkl}) \cdot x_{ij} \cdot x_{kl} \\
 \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1 \quad j=1, \dots, n \\
 \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1 \quad i=1, \dots, n \\
 x_{ij} &= 0 \text{ veya } 1
 \end{aligned}$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1 \text{ ve } \alpha_1, \alpha_2 \geq 0$$

olup, α_2 ve α_1 sırası ile toplam akış maliyetinin ve toplam yakınlık oranının amaç fonksiyonundaki ağırlıklarını göstermektedir. Diğer semboller Q ve L problemlerindeki anlamlarını taşımaktadırlar.

2.2.1.1.2. Dutta ve Sahu'nun Yöntemi

Dutta ve Sahu'nun formülasyonu Rosenblatt'ın M Problemi olarak ele aldığı formülasyonla aynıdır. Dolayısı ile bir kez daha tekrarlanmayacaktır. İki yöntem arasındaki fark çözüm algoritmalarında (4,31).

2.2.1.1.3. Fortenberry ve Cox Yöntemi

Fortenberry ve Cox Yönteminin dayandığı formülasyon çarpımsal özelliğe sahip olup, amaç fonksiyonu, bölümler arası uzaklıkların yakınlık oranları ile ağırlıklandırıldığı bir akış maliyetinin minimizasyonu şeklindedir. Dolayısı ile önerilen model şu şekildedir (6, 773):

$$\begin{aligned}
 \min. Z &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n a_{ijkl} \cdot b_{ijkl} \cdot x_{ij} \cdot x_{kl} \\
 \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1 \quad j=1, \dots, n \\
 \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1 \quad i=1, \dots, n \\
 x_{ij} &= 0 \text{ veya } 1 \text{ olup,}
 \end{aligned}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ bölümü } j \text{ yerine atanmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

ile,

$$a_{ijkl} = f_{ik} \cdot d_{jl} \text{ ve}$$

$$b_{ijkl}=r_{ik}$$

'dır. Burada,

d_{jl} : j yerinden l yerine olan uzaklığı,

f_{ik} : i bölümünden k bölümüne iş akışını,

r_{ik} : i ve k bölümleri arasındaki yakınlık oranını

göstermektedir.

2.2.1.1.4. Malakooti'nin (veya Malakooti ve D'Souza'nın) Yöntemi (11,1227)

Malakooti, formülasyonunu problem 1 ve problem 2 diye iki şekilde vermektedir.

Problem 1 (çok amaçlı kuadratik atama problemi):

$$x_1 = \text{maks.} f_1(Y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n a_{1ijpq} \cdot Y_{ij} \cdot Y_{pq}$$

$$x_2 = \text{maks.} f_2(Y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n a_{2ijpq} \cdot Y_{ij} \cdot Y_{pq}$$

.

.

.

$$x_k = \text{maks.} f_k(Y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n a_{kijpq} \cdot Y_{ij} \cdot Y_{pq}$$

$$\sum_{i=1}^n Y_{ij} = 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = 1 \quad i=1, \dots, n$$

$$Y_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad i, j=1, \dots, n \text{ olup,}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ bölümü } j \text{ yerine atanmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

'dır.

Problem 2 (Ağırlıklandırılmış tek amaçlı kuadratik atama problemi):

$$Z = \text{maks.} W_1 f_1(Y) + W_2 f_2(Y) + \dots + W_k f_k(Y)$$

$$\sum_{r=1}^k W_r = 1 \quad W_r > 0 \quad (r=1, \dots, k)$$

olup, kısıtlar problem l'dekinin aynıdır. Buradaki W_{τ} , her bir amacın amaç fonksiyonundaki ağırlığını göstermektedir. Amaçlardan herhangi birinin minimizasyonu istendiğinde, ilgili amacın başına (-) işareti konur.

2.2.1.1.5. Urban'm Yöntemi

Modelinin istenmez yakınlık oranına sahip bölümleri de kendi içinde, aralarındaki akış ilişkisine göre düzenlendiğini söyleyen Urban, bu modelin aynı zamanda akış ilişkilerinin bilinemediği (ya da olmadığı) durumlarda da yakınlık oranlarına göre yerleşim düzenlemesi yapması avantajına sahip olduğunu belirtmektedir (19,1806). Urban, çok amaçlı yerleşim düzenlemesinin kuadratik atama formülasyonunun

$$\begin{aligned} \min. TC &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n a_{ijkl} \cdot x_{ij} \cdot x_{kl} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1 \quad j=1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1 \quad i=1, \dots, n \\ x_{ij} &= 0 \text{ veya } 1 \text{ (tüm } i, j \text{ 'ler için)} \end{aligned}$$

şeklinde olduğunu belirterek, amaç fonksiyonundaki a_{ijkl} katsayısının Rosenblatt ile Dutta ve Sahu'da aynı şekilde $a_{ijkl} = \alpha_2 C_{ijkl} - \alpha_1 R_{ijkl}$ biçiminde olduğunu, Fortenberry ve Cox'ta ise $a_{ijkl} = f_{ik} \cdot d_{jl} \cdot r_{ik}$ olduğunu ifade ederek, kendinin de yukarıda belirtilen avantajları sağlamak üzere a_{ijkl} katsayısını

$$a_{ijkl} = d_{jl} \cdot (f_{ik} + C \cdot r_{ik})$$

olarak belirlediğini ifade etmektedir (19, 1807). Burada,

d_{jl} : j ve l yerleri arasındaki dikdoğrusal (rectilinear) uzaklık,

f_{ik} : i ve k bölümleri arasındaki iş akış miktarı,

r_{ik} : i ve k bölümleri arasındaki yakınlık oranları,

C : iş akışına bağlı olarak yakınlık oranlarının ağırlığını belirleyen bir katsayı olup, akış matrisindeki en büyük iş akış miktarı C olarak alınır.

2.2.1.1.6. Harmonosky ve Tothero Yöntemi

Harmonosky ve Tothero da, Urban gibi a_{ijkl} katsayısının değişik bir tanımını vermiştir. Harmonosky ve Tothero'ya göre (7,1777):

$$a_{ijkl} = \sum_{m=1}^t \alpha_m \cdot T_{ikm} \cdot d_{jl} \text{ 'dir. Burada,}$$

m : kantitatif ve kalitatif gibi faktörleri,

t : faktör sayısını,

α_m : m . faktörün ağırlığını,

d_{jl} : j ve l yerleri arasındaki uzaklığı,

T_{ikm} : m faktörü için i ve k bölümleri arasındaki normalleştirilmiş ilişki değerini göstermektedir.

$$T_{ikm} = \frac{S_{ikm}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_{ikn}}$$

Formülünden belirlenir. Burada da,

S_{ikm} : m faktörü için i ve k bölümleri arasındaki ilişki değerini,

n : bölüm sayısını

göstermektedir. Dolayısı ile formülasyon:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \sum_{m=1}^t \alpha_m \cdot T_{ikm} \cdot d_{jl} \cdot x_{ij} \cdot x_{kl}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n T_{ikm} = 1 \quad (\text{tüm } m\text{'ler için})$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i=1, \dots, n$$

$x_{ij} = 0$ veya 1 (tüm i, j 'ler için)

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & i \text{ bölümü } j \text{ yerine atanmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

haline gelir. Görüldüğü gibi, burada da amaç, kantitatif ve kalitatif faktörlerin uygun biçimde ağırlıklandırılarak amaç fonksiyonunda kullanılmalarıdır.

2.2.1.2. Değerleme Fonksiyonunu Dikkate Alan Yöntemler

2.2.1.2.1. Jacobs'un yöntemi

Değişken Tanım Bölgesi Sıralaması diyebileceğimiz, Jacobs tarafından geliştirilerek 1987'de yayınlanan (8,1020) bir yöntemle problem çözülmekte, daha sonra çözüm sonuçları önceden belirlenmiş dört kritere

göre, kriterlerin ağırlıklarını da dikkate alarak, bu kriterlerin toplamını minimize eden çözümü bulma şeklinde değerlendirilmektedir. Bu dört kriter şunlardır:

- i. Uzaklık,
- ii. Yapı,
- iii. Kullanılabilir durumda olan yerler uzayı,
- iv. Karşılanamayan yakınlık tercihlerinin sayısı.

Bu kriterler ve ağırlıkları dikkate alındığında,

$$\min. Z_T = W_1 \cdot Z_1 + W_2 \cdot Z_2 + W_3 \cdot Z_3 + W_4 \cdot Z_4$$

şeklinde gösterebiliriz. Pozitif ağırlığa sahip kriterler minimizasyon, negatif ağırlığa sahip kriterler ise maksimizasyon isteğini dile getirmektedirler. Burada da temel sorun ağırlıkların belirlenmesidir (1,34).

2.2.1.3. Fayda Kuramından Yararlanan Yöntemler

2.2.1.3.1. Çınar'ın Yöntemi

Çınar'ın önerdiği yöntemde, probleme fayda kuramı yardımı ile çözüm arandığından, modelin formülasyonu da diğer yöntemlere göre daha farklıdır. Hal böyle olunca:

$$\min. E = \left[\alpha \frac{C_s - C_{\min}}{C_{\min}} + (1 - \alpha) \frac{K_{\max} - K_s}{K_{\max}} \right]$$

ifadesi dikkate alınarak yerleşim düzenlemesi yapılır. Burada,

C_s : s. düzenlemenin toplam malzeme taşıma maliyetini,

K_s : s. düzenlemenin toplam yakınlık değerini,

$C_{\min}$: en küçük toplam taşıma maliyetini,

$K_{\max}$: en büyük toplam yakınlık değerini

göstermektedir. α ve $(1 - \alpha)$ da sırası ile, akış miktarı ve yakınlık oranının ağırlık katsayılarıdır (3).

2.2.1.4. Bulanık Kümeler Kuramından Yararlanan Yöntemler

2.2.1.4.1. Raoot ve Rakshit'in Yöntemi

Raoot ve Rakshit 1993'teki çalışmalarında, problemi çok amaçlı optimizasyon problemi ve eşdeğer ağırlıklı tek amaçlı optimizasyon problemi olmak üzere iki şekilde ifade etmiştir (16):

1. durum

$$Z_1 = \text{maks. } f_1(x) = \text{maks. } Q^1$$

$$Z_p = \text{maks. } f_p(x) = \text{maks. } Q^p$$

$$Z_{p+1} = \text{maks. } f_{p+1}(x) = \text{maks. } R^1$$

$$Z_{p+q} = \text{maks. } f_{p+q}(x) = \text{maks. } R^q$$

olup, burada,

p : amaç sayısını

q : kısıt sayısını

Q^m : bölümlerin nihai yerleştirmesine kadar, m amacına karşılık gelen dilsel şablonun (kriterin) gerçekleşme düzeyini gösteren ortalama doğruluk değerini

R^r : Bölümlerin nihai yerleştirmesine kadar, r kısıtma karşılık gelen dilsel şablonun (kriterin) gerçekleşme düzeyini gösteren ortalama doğruluk değerini

göstermektedir. Gerçek Q^m ve gerekse R^r ile ilgili hesaplamaları Rao ve Rakshit tarafından 1993'teki çalışmalarında ifade edilmiştir.

2. durum

Amaç fonksiyonu

$$z = \text{maks. } W_1.f_1(x) + \dots + W_p.f_p(x) + W_{p+1}.f_{p+1}(x) + \dots + W_{p+q}.f_{p+q}(x)$$

şeklinde olup,

$$\sum_{r=1}^{p+q} W_r = 1 \quad W_r > 0 \quad (r=1, 2, \dots, p+q) \text{ 'dır.}$$

Buradaki W_r , amaç ve kısıtlar için ağırlıklandırma faktörüdür.

2.2.2. Çok Amaçlı Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Yukarıda incelenen yöntemleri,

1. Matematik formülasyondaki farklılıklar,
2. Yapılan kabullerdeki farklılıklar,
3. Girdilerdeki farklılıklar,
4. Yöntemler arasındaki yapısal farklılıklar

olmak üzere dört ana grupta karşılaştırabiliriz (1,104)

2.2.2.1. Matematik Formülasyondaki Farklılıklar

İncelenen yöntemler arasında bulunan Rosenblatt, Dutta ve Sahu, Fortenberry ve Cox, Urban, Malakooti ile Harmonosky ve Tothero Yöntemlerinde problem, çok amaçlı 0-1 tamsayılı bir kuvadratik atama problemi olarak ifade edilmişken, Jacobs'ta problem birden çok kriteri içeren bir değerlendirme fonksiyonunun optimizasyonu haline dönüşmüştür. Çınar, probleme fayda kuramı yardımı ile çözüm ararken, probleme bulanık kümeler kuramı yardımı ile çözüm öneren Rao ve Rakshit ise, 1991'deki çalışmalarını gözden geçirerek 1993'te bu çalışmanın çok amaçlı biçimini yayınlamışlardır.

Yukarıda anlatılan yöntemlerin ilk altısında problem, 0-1 tamsayılı kuvadratik atama problemi olarak ifade edildiğinden, formülasyonlarındaki 0-1 tamsayılı atamayı sağlayan kısıtlar aynıdır. Ancak, amaç fonksiyonunun yapısı açısından aralarında belirgin farklar vardır. Örneğin, Rosenblatt, Dutta ve Sahu ile Malakooti'nin formülasyonlarında amaç fonksiyonu toplamsal (additive) özelliklere sahipken, Fortenberry ve Cox ile Harmonosky ve Tothero'da çarpımsal (multiplicative) özellik göstermektedir. Urban ise, amaç fonksiyonunun toplamsal özellikte olduğunu ifade etmiştir. Harmonosky ve Tothero'nun amaç fonksiyonunda α_m ağırlık faktörü bulunurken, Fortenberry ve Cox Yönteminde ise, niteliksel ve niceliksel amaçların ağırlıklarının amaç fonksiyonu üzerinde bir etkisi yoktur. Bir başka deyişle, Fortenberry ve Cox Yönteminin formülasyonundaki amaç fonksiyonunda amaç fonksiyonunun ağırlık katsayıları yoktur. Urban'ın Yönteminde ise, amaç fonksiyonundaki a_{ijk} katsayısı öyle formüle edilmiştir ki, bölümler arasındaki akış miktarlarının olmaması ya da bilinmemesi durumlarında bile yakınlık oranları (kalitatif faktörler) dikkate alınarak yerleşim düzenlemesi yapılabilmektedir. Ayrıca, birbirleriyle istenmez ($=-1$) yakınlık oranına sahip bölümler de, Urban'ın Yönteminde aralarındaki akış ilişkileri dikkate alınarak yerleştirilmektedirler. Yani, aralarındaki akış ilişkisi çok miktarda olup da, **istenmez** yakınlık oranına sahip bölümler ile, aralarındaki akış ilişkisi az miktarda olup da, **istenmez** yakınlık oranına sahip bölümlerin yerleştirilmesi farklı yapılmaktadır.

Amaç fonksiyonunda niteliksel ve niceliksel amaçların ağırlık katsayılarının bulunduğu yöntemlerde ağırlık katsayıları genel olarak α_i ile gösterildiğinde,

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad \alpha_i \geq 0$$

olmalıdır. Buradaki n , amaç adedini göstermektedir. Malakooti'deki gibi iki şekilde formüle edilebilen durumlarda da, ağırlıklar söz konusu olduğunda yukarıdaki bağıntı yine geçerlidir.

Ayrıca, Rosenblatt, Dutta ve Sahu, Fortenberry ve Cox, Urban, Harmonosky ve Tothoro ile Çınar'da amaçlar iki iken, Malakooti'de ikiden fazla olabilmektedir. Söz konusu amaçların sayısı Malakooti'de isteğe bağlı olarak değişebiliyorken, Raoot ve Rakshit'in Yönteminde amaçlar dört adet olarak sınırlandırılmıştır.

Çınar'ın formülasyonu ise, niteliksel ve niceliksel iki amacın fayda kuramına dayalı optimizasyonu içindir.

2.2.2.2. Yapılan Kabullerdeki Farklılıklar

Bu çalışmada incelenen yöntemlerin tümü, matematiksel formülasyonları, yöntemde yapılan kabuller ve girdilerin nelerden ibaret olduğu açısından ele alınmışlardır (1). Yöntemlerin çözüm algoritmaları fazla yer tutacağından bu çalışmaya dahil edilmemişlerdir. Bu bölümde, bundan sonra, yukarıda formülasyonları incelenen çok amaçlı çözüm yöntemlerinde yapılan kabuller genel olarak gözden geçirileceklerdir. Bu yöntemlere bir kez daha göz attığımızda, yapılan kabullerin genelde bölüm alanları, bölümler arası uzaklıklar, yakınlık oranı değerleri ve de komşuluk tanımı üzerinde yoğunlaştığını görmekteyiz. Aşağıdaki tabloda yöntemlerin üzerinde yoğunlaştığı kabuller ve bu kabullerin ele alınış biçimleri görülmektedir.

	Ross.	D+S	Mala.	F+C	H+T	Urban	Jacobs	Çınar	R+R
Bölüm Alanları	Eşit	Eşit	Eşit	Eşit	Eşit	Eşit	Eşit değil	Eşit	Eşit değil
Bölümler Arası Uzaklıklar	1 ub. (dikd.)	1 ub. (dikd.)	1 ub (dikd.)	1 ub (dikd.)	1 ub (dikd.)	1 ub. (dikd.)	Farklı	Dikdoğr. veya düz	—
Yakınlık Oranı Değerleri	A=6, E=5 I=4, O=3 U=2, X=1	A=6, E=5 I=4, O=3 U=2, X=1	A> E> I> O> U>X	A=5, E=4 I=3, O=2 U=1, X=-1	A=4, E=3 I=2, O=1 U=0, X=-1	A=4, E=3 I=2, O=1 U=0, X=-1	Cümle ile ifade edilir	A=6, E=5 I=4, O=3 U=2, X=1	Dilsel değişken olarak ifade edilir.
Komşuluk Tanımı	Önemli	Önemli	Önemli değil	Önemli değil	Önemli değil	Önemli değil	Önemli değil	Önemli değil	Önemli değil

Not: Komşuluk tanımı için Harmonosky ve Tothoro ile Urban'da herhangi bir kayıt yoktur. Ancak, çalışmaların incelenmesinden bu sonuç çıkarılmıştır. Ayrıca, yakınlık oranlarının karşılıkları da; A: Mutlak gerekli, E: Gerekli, I: Önemli, O: Olabilir, U: Önemli değil, X: İstenmez şeklindedir.

2.2.2.3. Girdilerin Karşılaştırılması

Aşağıdaki tabloda da yöntemler ve girdileri bir matris haline getirilmeye çalışılmıştır.

	Ross.	D+S	Mala.	F+C	H+T	Urban	Jacobs	Çınar	R+R
Başlangıç düzensiz.	X	X	X	X		X	X	X	
Yakınlık oranı matrisi	X	X	X	X	X	X		X	
Akış matrisi	X	X		X	X	X	X	X	
Uzaklık matrisi								X	
Amaç ağırlıkları	X	X	X		X			X	
Yakınlık tercihleri							X		
Maliyet matrisi			X					X	
Üretim hızı			X						
Bölüm boyutları							X	X	X
Dilsel değişken değ.									X

Not: Malakkoti'de amaçlar değişik olduğundan, Malakkoti'nin çalışmasındaki örnek problemin amaçları dikkate alınmıştır. Ayrıca üretim hızı yerine üretim zamanı, bölüm boyutları yerine de bölüm alanı ifadeleri kullanılabilir.

Tek amaçlı, ağırlıklandırılabilen hale getirilmesi mümkün olan Malakkoti, Rao ve Rakshit gibi yöntemlerde ağırlıklar da girdi haline gelmektedir.

2.2.2.4. Yöntemler Arasındaki Yapısal Farklılıklar

Rosenblatt'ın Yöntemi, değişik amaç fonksiyonu ağırlıklarına göre bilinen sezgisel yöntemlerden biri ile (genelde ALDEP kullanılır) çözüm yapar. Rao ve Rakshit Yönteminde ELECTRE Yöntemi ile çok amaçlı karar verme problemi olarak çözüm yapılır. Urban, CRAFT ile problemi çözmektedir. Harmonosky ve Tothoro'da ise, önce bir başlangıç yerleşim düzenlemesi oluşturulmakta, daha sonra bu düzenlemenin iyileştirmesi yapılmaktadır. Dutta ve Sahu Modeli yapı olarak Rosenblatt'ın çok benzemekle beraber, aralarında sadece "komşu bölüm" kavramı açısından fark gözlenmektedir. Dutta ve Sahu'nun çözüm algoritması başlangıç yerleşim düzenlemesine bağlı olarak bölümlerin ikiye ikiye değiştirilmeleri temeline dayanmaktadır. Fortenberry ve Cox'ta da buna benzer bir algoritma kullanılmıştır (6, 774 ve 775).

Görüldüğü gibi, optimal ya da altoptimal çözüm arayan çok çeşitli algoritmalar mevcuttur. Öte yandan, Rosenblatt, Dutta ve Sahu, Harmonosky ve Tothoro, Jacobs, Çınar gibi yöntemlerde amaç fonksiyonu ağırlıklandırıldığından, en iyi çözüm, algoritmanın değişik ağırlık katsayıları

kullanılarak birkaç kez tekrarlanması ile bulunurken (multi-pass algorithms), Fortenberry ve Cox Yönteminin çözüm algoritması, amaç fonksiyonunun çarpımsal özelliğinden dolayı bir kez çalıştırılmakla en iyi sonuca ulaşmaktadır (single-pass algorithms). Urban'ın çözüm algoritması da buna benzemektedir.

Tekrarlı (multi-pass) algoritmalarla çözüm yapan yöntemlerde, problemin çözümü ile ilgili sonuçlar, bu konuda karar verecek kişi/kişilere üç şekilde takdim edilebilirler:

a) En iyi yerleşim düzenlemesi alternatiflerini belirlemek ve karar vericiye sunmak,

b) İlk önce amaç fonksiyonunda yer alan öncelikleri saptamak ve bu saptanan önceliklere göre elde edilen sonuçları karar vericiye sunmak,

c) Karar verici ile etkileşimli olarak çalışmak.

Tekrarsız (single-pass) yöntemlerde ise, elde edilen sonuç karar vericiye doğrudan alternatifsiz olarak sunulmaktadır.

2.2.2.5. Bulanık Kümeler Kuramından Yararlanarak Elde Edilen Yakınlık Oranlarının Girdi Olarak Kullanılacağı Yöntemin Seçimi

Belirsiz ortamlarda karar vermede önemli bir yeri olan bulanık kümeler kuramı, yerleşim düzenlemesi problemine Grobelny'nin yanısıra Rao ve Rakshit tarafından da uygulanmıştır. Bu yöntemlerde yakınlık oranlarının belirlenmesi dilsel değişkenler yardımı ile uzmanların görüşlerinden yararlanılarak yapılmaktadır. Niteliksel yöntemler içinde AL-DEP ve CORELAP'tan daha iyi çözümler veren yöntem olmasından başka, subjektif değerlemeleri de somut hale getiren Rao ve Rakshit Yöntemiyle belirlenen yakınlık oranları, 2.2.'de incelenen çok amaçlı yöntemlerden birinde girdi olarak kullanılarak çözüme ulaşılmıştır. Bu bölümde, söz konusu yöntemlerden hangisinin seçilmesi gerektiği üzerinde durulacaktır.

Yukarıdaki karşılaştırmalar değerlendirildiğinde; yöntemin çözüm algoritmasının tekrarsız (single-pass) olması nedeniyle bilgisayar zamanından kazanç elde etmenin yanısıra, tek bir altoptimum (veya optimum) sonucu içerdiği için karar vericinin alternatif çözümler içinde tercih yapmak üzere harcayacağı gerekli karar verme zamanının olmayışı, yakınlık tercihlerinin puanlandırılmasında X (: istenmez) tercihi -1 değerinin atanması sonucu istenmeyen bölümlerin daha kolay ayrıştırılması, Ro-

senblatt ile Dutta ve Sahu Yöntemlerinden daha iyi sonuçlar vermesi, çarpımsal özelliği nedeniyle amaç fonksiyonunun ağırlık katsayılarından arınmış olması, Rosenblatt ile Dutta ve Sahu'da yer alan, bölümlerin ortak köşe noktası, ortak kenarı olması gibi komşuluk şartı aranmaması özelliklerine de sahip oluşu nedeniyle Fortenberry ve Cox Yönteminin kullanılması gerektiği inancı ağır basmaktadır.

Urban'ın Yöntemi, Fortenberry ve Cox Yöntemi ile karşılaştırılabilecek özelliklere sahiptir. X (: istenmez) yakınlık oranına sahip bölümleri ayrıca dikkate alarak, aralarındaki akış ilişkisine göre yerleştirme yapabilme yeteneği de söz konusudur. Ancak, örnek problem 3 (19,1810) ele alındığında, Urban'ın çözümünün aralarında X ilişkisi olan bölümleri aralarındaki akış ilişkisini de dikkate alarak yerleştirmesine rağmen, amaç fonksiyonu değeri olarak Fortenberry ve Cox'un daha düşük sonuç verdiği, yapılan karşılaştırmada saptanmıştır.

Bu sebeplerden dolayı, Fortenberry ve Cox Yönteminin kullanılması tercih edilmiştir.

2.3. Yerleşim Düzenlemesi Probleminin Çözümünde Yeni Bir Çok Amaçlı Çözüm Önerisi: ÇABUKÇA

Çok Amaçlı Bulanık Kümeler Kuramı ile Çözüm Algoritması'nın kısaltılmış şekli olan ÇABUKÇA'nın temelinde; Rao ve Rakshit'in 1991'deki çalışmasında yer alan yöntemin yakınlık oranlarının belirlenmesinde kullanılması ve sonra da, elde edilen yakınlık oranlarının Fortenberry ve Cox Yönteminde girdi olarak kullanılması yatmaktadır. Rao ve Rakshit'in 1991'deki çalışmasının ayrıntılarına ve de ÇABUKÇA'nın çözüm algoritmasının adımlarına oldukça fazla yer tutmaları nedeniyle değinilmeyecektir (geniş bilgi için bkz.: 1. kaynak). Sadece ÇABUKÇA'da yapılan kabuller ve girdilerin izahı ile yetinilecektir.

2.3.1. Yapılan Kabuller

a) Niteliksel girdiler en fazla üç uzmanın görüşü alınmak suretiyle, ÜRETİM, HİZMET, YÖNETİM ve ÇEVRE konulu dil değişkenleri cinsinden ifade edilmektedirler.

b) Bölümlerin boyutları birbirleriyle eşit olup, komşu bölümlerin bölüm merkezleri arası 1 ub(uzaklık birimi)'dir. Bölümler arası uzaklıklar dikdörtgen (rectilinear) kabul edilmiş olup, uzaklıkların sayısal karşılıkları program içine sabit veri olarak dahil edilmişlerdir.

c) Eğer,

Herhangi iki bölüm arasındaki akış ve kontrol (ÜRETİM) ilişkisi ÇOK YÜKSEK ise, bu durumda bu iki bölüm ÇOK YAKIN yerleştirilmelidirler.

Herhangi iki bölüm arasındaki HİZMET ilişkisi GEREKLİ ise, bu durumda bu iki bölüm YAKIN yerleştirilmelidirler.

Herhangi iki bölüm arasında YÖNETİM açısından DOĞRUDAN bir ilişki ön plana çıkmışsa, bu durumda bu iki bölümün yanyana yerleştirilmesi OLABİLİR.

Herhangi iki bölümün yanyana yerleştirilmeleri ÇEVRE koşulları açısından ÇOK TEHLİKELİ ise, bu durumda bu iki bölüm birbirlerinden ÇOK UZAK yerleştirilmelidirler.

kuralları uygulanmıştır.

d) Herhangi iki bölüm arasındaki UZAKLIK dil değişken değerleri ve sayısal karşılıkları:

GEREKLİ (=4)

YAKIN (=3)

OLABİLİR (=2)

UZAK (=1)

İSTENMEZ (= -1)

şeklinde ifade edilmişlerdir.

2.3.2. Girdiler

a) Başlangıç yerleşim düzenlemesi,

b) Bölümler arası akış matrisi,

c) Bölümler arası ilişkilerin dil değişken değerleri cinsinden ifade edildiği, uzman görüşlerini içeren bölümler arası ilişki matrisi.

3. Uygulama

3.1. Uygulama Yerinin Tanıtımı ve Uygulama İçin Yapılan Ön Çalışmalar

Geliştirilen yöntem ilk olarak İstanbul Şişli Etfal Hastanesi kliniklerinin düzenlenmesinde kullanılmıştır. Böylelikle, hem yöntemin geniş bir

uygulama alanına sahip olduğu gösterilmiş ve hem de uygulama yapılan sağlık sisteminin sahip olduğu birçok sorundan sadece birine de olsa yardımcı olunmak istenmiştir.

Hastanenin başhekimlik, döner sermaye, hastane müdürlüğü gibi idari bölümlerinin de içinde bulunduğu ana bina, 3'ü bodrum kat olmak üzere toplam 13 katlı olup, 3 bloktan oluşmaktadır. Bu blokların her katında bir klinik faaliyet göstermektedir. Dolayısı ile, her katta 3 klinik bulunmaktadır. Dış binaların biri tamamen çocuk hastalıkları kliniklerine ayrılmışken, diğeri kadın-doğum ve cilt hastalıkları kliniklerine ayrılmıştır. Bu binada ayrıca diş, nüfus planlama gibi bölümler de yer almaktadır. Ancak, bu bölümler poliklinik olarak faaliyet gösterdiklerinden dikkate alınmamışlardır. Mevcut kliniklerin durumu Ek-1'deki gibidir.

Yerleşim düzenlemesi probleminin tanımı yapılırken, problemin kesikli üretim sistemleri için düşünüldüğü belirtilmişti. Hastaneler de birer kesikli üretim sistemi olarak düşünülebilirler (1,10). Dolayısı ile uygulama yapılan yer problemin tanımı ile uyumludur. ayrıca, 2.2'de belirtildiği gibi, burada da niteliksel ve niceliksel amaçlar birbirleriyle gelişmektedir. Aralarında çok az akış ilişkisi (konsültasyon için hekim gidiş gelişleri) bulunan klinikler dahi, insan hayatının söz konusu olması nedeniyle niteliksel açıdan yanyana bulunmak durumunda kalabilmektedirler. Dolayısı ile, yerleşim düzenlemesinde amaçlar:

1. Klinikler arasında konsültasyona giden hekimlerin gidiş geliş sayılarının minimizasyonu,

2. Mevcut koşullar altında, sağlık hizmetlerinin daha iyi yapılabilmesinin sağlanması

olarak belirlenmişlerdir. Bu amaçlardan birincisi olan, klinikler arası hekim gidiş gelişlerinin minimizasyonu niceliksel yapıda olup, her klinikteki hasta dosyalarının incelenmesi ile belirlenebilmektedir. İkinci amaç ise, niteliksel yapıda olup, her klinik şefinin kliniğince verilen sağlık hizmetlerinin daha iyi olabilmesi için kendi kliniğinin yanında yer almasını istediği diğer klinikleri bir tercih skalası yardımı ile belirlemesi sonunda, birinci amaçla birlikte optimize edilebilecektir.

3.2. Klinikler Arası Akış Miktarlarının Belirlenmesi

Akış miktarları, her klinikte yatan hastalar için, yattığı klinikçe diğer kliniklerden istenen konsültasyonlara bakılarak belirlenmiştir. Klinikler arasındaki hekim gidiş gelişleri, 1992 yılında söz konusu klinikte

yatan her hastanın dosyasının tek tek incelenmesi sonucunda ortaya çıkmıştır. Daha sonra, bu gidiş gelişler bir matriste (akış matrisi) biraraya getirilmişlerdir. Akış matrisi, iki klinik arasında konsültasyona giden hekim sayısı eşit olmadığından bir kare matris olarak ortaya çıkmıştır. Oysa, yöntem icabı bu matrisin bir üçgen matris olması gerekmektedir. Burada asıl olan klinikler arasındaki toplam akış miktarları olduğundan, iki klinik arasındaki konsültasyon sayıları toplanarak, kare matris üçgen matris haline getirilmiştir.

3.3. Yakınlık Tercihlerinin Belirlenmesi

Niteliksel amacın optimize edilebilmesi için klinik şeflerince yapılan yakınlık tercihleri dikkate alınmıştır. Her klinik şefinden (veya yardımcılarından) aşağıdaki skalaya uygun olarak kendi kliniği ile diğer klinikler arasında yakınlık tercihi yapması istenmiştir:

0: İlişki yok, 1: İlişki çok düşük, 2: Düşük, 3: Orta, 4: Yüksek, 5: Çok yüksek

Bu skalaya göre yapılan yakınlık tercihleri daha sonra matrise dönüştürülmüş ve girdi olarak kullanılmaya hazır hale getirilmişlerdir. Ayrıca, enfeksiyon kliniklerinde bulaşıcı hastalıkları olan hastalar (sarılık, menenjit, AIDS,... gibi) yattığından, bu kliniklerle diğer klinikler arasında çevre koşulları açısından tehlikeli bir ilişkiye de yer verilmiştir.

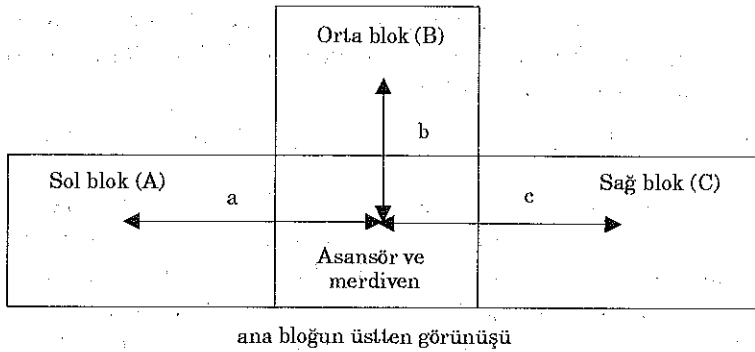
3.4. Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Yerleşim düzenlemesine dahil edilecek klinikler dikkate alındığında, bunların 30 adet olduğu ve hemşire lojmanları ile idari bölümlerin dış binalara taşınması suretiyle tüm kliniklerin ana binada hizmet verebileceği saptanmıştır. Ancak, yapılan inceleme sonunda; kadın-doğum kliniklerinin ameliyathanelerinin ve doğumhanelerinin ayrı olduğu, bu kliniklerin ana binaya taşınması durumunda, ana binadaki ameliyathanelerin yetmeyeceği, söz konusu kliniklerin mevcut durumda sahip oldukları ameliyathanelerin ise atıl kalacağı saptandığından kadın-doğum kliniklerinin düzenleme dışı bırakılmalarına karar verilmiştir. Dolayısı ile 27 klinik dikkate alınacaktır.

Ayrıca, mevcut duruma göre, dış binalarda bulunan çocuk klinikleri mevcut durumdaki uzaklıklar da dikkate alınarak başlangıç düzenlemesinin oluşturulması amacı ile ana binaya taşınmışlardır. Yerleşim düzenlemesinin yapılacağı ana binadaki başlangıç yerleşim düzenlemesi Ek-2'deki gibidir. Bundan başka:

1- Radyoloji bölümü ile Radyasyon Onkolojisi Kliniğinin tedavi bölümlerinde radyasyon söz konusu olabildiğinden, bunlar bodrum kattaki mevcut yerlerinde bırakılmışlardır. Yönetmeliklerde de bu bölümlerin mümkün mertebe toprak altında olması ve etraflarının kurşun levhalarla kaplı olması istendiğinden, mevcut yerleri bu bakımdan uygundur.

2- Başlangıç düzenlemesine göre oluşturulan uzaklık matrisinde yerler arasındaki uzaklıkların hesabında; ana binanın üç bloktan oluştuğu ve aynı kattaki her blok arası uzaklığın eşit olduğu saptanmış ve kabul edilmiştir ($a=b=c=d=1$ ub). Bu durum binanın üstten görünümünde de aşağıdaki gibi belli olmaktadır:



Binanın mimari yapısı gereği alt ya da üst katlara orta bloğun önündeki asansör ya da merdivenlerden çıkılmakta veya inilmektedir. Dolayısıyla ile Ek-2'den de görüleceği gibi, örneğin 1 no'lu yerden 4 no'lu yere ($a+d+a$) yolu ile, 9 no'lu yerden 15 no'lu yere ($c+d+d+c$) yolu ile gidilirken, 13 no'lu yerden 18 no'lu yere ($a+d+c$) yolu ile gidilmektedir. Aynı şekilde, 23 no'lu yerden 26 no'lu yere giderken de ($b+d+b$) yolu katedilmektedir.

3.5. Uygulama ve Uygulamanın Sonucu

Hazırlanmış olan bilgisayar programı 30 bölümde yerleşim düzenlemesi yapabilmektedir (bu sayı istenildiğinde arttırılabilmektedir). Ancak, 3.4'te belirtilen sebeplerden ötürü kadın-doğum klinikleri düzenleme dışı tutularak, 27 klinik (bölüm) dikkate alınarak çalışılmıştır. uzaklık matrisi programın yapısı gereği dosya olarak programın içinde yer alırken, akış matrisi ile yakınlık tercihleri matrisi dışarıdan klavye yolu ile girilerek program icra edilmiştir. Hastanenin şu andaki mevcut düzenlemesi Ek-1'de gösterilirken, programın icrası için oluşturulan başlangıç

yerleşim düzenlemesi Ek-2'deki gibidir. Programın icrası sonunda elde edilen yeni durum (çözüm) ise Ek-3'te gösterilmiştir. ÇABUKÇA Yönteminin kullanılması ile elde edilen bu yeni düzenlemede cerrahi kliniklerle, cerrahi olmayan kliniklerin ayrı ayrı biraraya geldikleri görülmektedir. Ancak, Radyasyon Onkolojisi Kliniğinin tedavi cihazlarının bodrum katta bulunmasının yanısıra, enfeksiyon hastalıkları kliniklerinin üst katta yer almalarının daha iyi olacağı düşüncesi ile, mevcut çıktı tersine çevrilerek uygulanmış ve Ek-4'deki düzenleme nihai çözüm olarak belirlenmiştir. En iyi (optimum) düzenlemeye 49 iyileştirme yapılarak ulaşılmış ve amaç fonksiyonu da 1290798'den 808312'ye inmiştir.

4- Sonuç

Bulanık Kümeler Kuramı yardımı ile yerleşim düzenlemesi problemi ne çok amaçlı yeni bir çözümün önerildiği bu çalışmada geliştirilen yöntemde, daha önceleri geliştirilmiş olan yöntemlerde olduğu gibi niteliksel ve niceliksel amaçların aynı anda tatminine çalışılmaktadır. Ayrıca, yakınlık oranlarının belirlenmesinde kullanılan Raoort ve Rakshit Yöntemi birden çok subjektif amacın tatminine de yaramaktadır. Dolayısı ile gerçekte, dördü niteliksel, biri niceliksel toplam beş amacın tatmini bu bileşik yöntemle sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak, ilk dört niteliksel amaç birleştirilerek tek bir yakınlık oranı katsayısına dönüştürüldüğünden, iki amacın optimizasyonuna çalışılmış izlenimi doğmaktadır. İster beş amacın olduğu, ister iki amacın olduğu varsayılın, sonuçta niteliksel ve niceliksel amaçların en iyilenmesine çalışılan bir yöntem ortaya çıkmıştır.

Bulanık Kümeler Kuramı ile, çok amaçlı formülasyona sahip, çarpımsal özelliği olan başka biryöntemi biraraya getiren bu yöntemle, yerleşim düzenlemesi probleminin bu şekilde ilk kez ele alındığı düşünülmektedir. Çalışmada yapılan varsayımların mümkün olduğunca soyut değil, somut olmasına gayret gösterilerek, çalışmanın uygulamada da rahatlıkla yararlanılabilecek bir yöntem olmasına dikkat edilmiştir.

Ek-1

9	Yemekhane ve Konferans Salonu	
8	Lojman	Lojman
7	2. Üroloji	Çocuk Cerrahisi
6	3. Dahiliye	Plastik Cerrahi
5	2. Dahiliye	KBB
4	1. Dahiliye	Göz
3	Fizik Tedavi	1. Üroloji
2	Nöroloji	Ortopedi
1	Nöroşirürji	Yoğun Bakım
Z	İdare	Döner Sermaye
B1	Radyasyon Onkolojisi	Fizik Tedavi
B2	Ameliyathane	Acil
B3	Patoloji	Yemekhane

1, 2, 3
Çocuk

↑ Hastane
Girişi

1. Kadın Doğum	3. Kadın Doğum
2. Kadın Doğum	Cildiye

Şişli Etfal Hastanesindeki Klinikler ve Yerleşimleri ile
Mevcut Klinik Binalarının Konumları

Ek-2

9	Lojman	Lojman	Lojman
8	2. Üroloji	25 Çocuk Cerrahisi	26 Radyasyon Onkolojisi
7	3. Dahiliye	22 Plastik Cerrahi	23 1. Cerrahi
6	2. Dahiliye	19 KBB	20 3. Cerrahi
5	1. Dahiliye	16 Göz	17 2. Cerrahi
4	Fizik Tedavi	13 1. Üroloji	14 4. Dahiliye
3	Nöroloji	10 Ortopedi	11 Büyük Enfeksiyon
2	Nöroşirürji	7 Cildiye	8 Çocuk Enfeksiyon
1	1. Çocuk	4 2. Çocuk	5 3. Çocuk
Z	Patoloji	1 Ameliyathane	2 Laboratuvar
B1	Radyasyon Onkolojisi	Fizik Tedavi	Radyoloji
B2	Yoğun Bakım	Acil	Acil Poliklinik
B3	Yemekhane ve Konferans Salonu		

başlangıç yerleşim düzenlemesi

Ek-3

9	Lojman	Lojman	Lojman
8	Plastik Cerrahi 25	Üroloji 26	Radyasyon Onkolojisi 27
7	Çocuk Cerrahisi 22	1. Üroloji 23	Patoloji 24
6	1. Cerrahi 19	Ameliyathane 20	3. Cerrahi 21
5	KBB 16	Nöroşirürji 17	2. Cerrahi 18
4	1. Dahiliye 13	Laboratuvar 14	2. Dahiliye 15
3	Göz 10	4. Dahiliye 11	Nöroloji 12
2	Ortopedi 7	3. Dahiliye 8	Fizik Tedavi 9
1	Cildiye 4	3. Çocuk 5	1. Çocuk 6
Z	Çocuk Enfeksiyon 1	Büyük Enfeksiyon 2	2. Çocuk 3
B1	Radyasyon Onkolojisi	Fizik Tedavi	Radyoloji
B2	Yoğun Bakım	Acil	Acil Poliklinik
B3	Yemekhane ve	Konferans Salonu	

programın icrası sonunda elde edilen sonuç

Ek-4

9	Lojman	Lojman	Lojman
8	Çocuk Enfeksiyon 25	Büyük Enfeksiyon 26	2. Çocuk 27
7	Cildiye 22	3. Çocuk 23	1. Çocuk 24
6	Ortopedi 19	3. Dahiliye 20	Fizik Tedavi 21
5	Göz 16	4. Dahiliye 17	Nöroloji 18
4	1. Dahiliye 13	Laboratuvar 14	2. Dahiliye 15
3	KBB 10	Nöroşirürji 11	2. Cerrahi 12
2	1. Cerrahi 7	Ameliyathane 8	3. Cerrahi 9
1	Çocuk Cerrahisi 4	1. Üroloji 5	Patoloji 6
Z	Plastik Cerrahi 1	2. Üroloji 2	Radyasyon onkolojisi 3
B1	Radyoloji	Fizik Tedavi	Radyasyon onkolojisi
B2	Yoğun Bakım	Acil	Acil Poliklinik
B3	Yemekhane ve	Konferans Salonu	

nihai sonuç

KAYNAKÇA

1. Baray, Alp. **Kesikli Üretim Sistemlerinde Çok Amaçlı İşyeri Düzenlemesi ve Bir Hastane Uygulaması**, doktora tezi; İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü (İşletme Fakültesi Üretim Anabilim Dalı), yayınlanmamış, İstanbul, 1993.
2. Chase, Richard B.; N.J. Aquilano. **Production and Operations Management**, Richard Irwin Inc., 1977.
3. Çınar, Mehmet. **Yerleşim Düzenlemesinde Maliyet ve Yakınlık Düzeyi Ölçütlerinin Birlikte Kullanımına İlişkin Bir Algoritma: MEDAT**, doktora tezi, Anadolu Üniversitesi Yayın, yayın no: 67, Eskişehir, 1984.
4. Dutta, K.N.; S.Sahu. **A Multigoal Heuristic For Facilities Design Problems: MUGHAL**, International Journal Of Production Research, 1982, Vol.: 20, No: 20, 147.

5. Edwards, H.K.; E.B. Gilett; M.E. Hale. **Modular Allocating Technique (MAT)**, Management Science, November 1970, 162.
6. Fortenberry, J.C.; J.F. Cox. **Multiple Criteria To The Facilities Layout Problem**, International Journal Of Production Research, 1985, Vo.: 23, No: 4, 773.
7. Harmonosky, C.M.; G.K. Tothoro. **A multi-factor plant layout methodology**, International Journal Of Production Research, 1992, Vo.: 30, No: 8, 1773-1789.
8. Jacobs, F.R. **A Layout Planning System With Multiple Criteria And A Variable Domain Representation**, Management Science, 1987, Vo.: 33, No: 8, 1020
9. Kobu, Bülent, **Üretim Yönetimi**, İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yayın, Yayın No: 58, İstanbul, 1985.
10. Lee, R.C.; J.M. Moore, **CORELAP-Computerized Relationship Layout Planning**, Industrial Engineering, 1967, Vol: 18, No: 3, 195.
11. Malakooti, B. **Multiple Objective Facility Layout: A Heuristic To Generate Efficient Alternatives**, International Journal Of Production Research, 1989, Vo.: 27, No: 7, 1225.
12. Malakooti, B.; G.I.D'Souza, **Multiple objective programming for the quadratic assignment problem**, International Journal Of Production Research, 1987, Vo.: 25, N: 2, 285-300.
13. Malakooti, B.; A. Tsurushima. **An Expert System Using Priorities For Solving Multiple-Criteria Facility Layout Problems**, International Journal Of Production Research, 1989, Vol.: 27, No: 5, 793.
14. Neghabat, F. **An Efficient Equipment-Layout Algorithm**, Operations Research, 1977, Vol.: 22, 622.
15. Rao, A.D.; A. Rakshit, **A "Fuzzy" Approach To Facilities Layout Planning**, International Journal Of Production Research, 1991, Vol.: 29, No: 4, 835.
16. Rao, A.D.; A. Rakshit. **A linguistic pattern' approach for multiple criteria facility layout problems**, International Journal Of Production Research, 1993, Vol.: 31, No: 1, 203-222.
17. Ritzman, L.P. **The Efficiency Of Computer Algorithms Por Plant Layout**, Management Science, January 1972, 240.
18. Rosenblatt, M.J. **The Facilities Layout Problem: A Multigoal Approach**, International Journal Of Production Research, 1979, Vol.: 17, No: 4, 240.
19. Urban, T. **A multiple criteria model for the facilities layout problem**, International Journal Of Production Research, 1987, Vol.: 25, No: 12, 1805-1812.