

Doç.Dr. Umut TUZKAYA'nın notlarından yararlanılmıştır.

TEMEL TESİS YERLEŞTİRME PROBLEMLERİ

- ▶ Planlama, mevcut kaynakların etkin olarak kullanılmasında önemli bir role sahiptir. Planlama, ister devlet isterse özel sektörde olsun, üretim ve hizmet işletmelerinin ekonomikliği için gerekli bir faktördür.
- ▶ Üretim işletmeleri, her biri bir takım çalışmasıyla gerçekleştirilen planlama, tasarım, koordinasyon ve uygulama gibi birçok faaliyetin performansını gözönüne almaktadır. Bu nedenle üretim işletmeleri, karmaşık bir yapıya sahiptir. Takımdaki her bir eleman (tasarımcı, üretimde çalışan işçi, malzeme iletimi yapan işçi vb.) kendi alanında uzman olduğundan, her bir çalışan işletmenin temel amacını gerçekleştirmek zorundadır. Günümüzdeki rekabet ortamında sadece etkin ve üretken işletmeler ayakta kalabilmektedir.
- ▶ Tesis yerleştirme problemleri, tesislerin nereye yerleştirilmesi ve müşterilerin bu tesislere nasıl atanması konularıyla ilgilenmektedir. Buradaki yer seçimi analizlerinde, **tek bir maliyet tipinin (transport maliyeti)** gözönüne alındığı temel modeller incelenmektedir. Burada, tesislerin kapasitesinde sınır olmadığı ve tesislerin, tüm müşterilere hizmet verebilecek büyüklükte olduğu kabul edilmiştir.



Tek Tesisli Yerleştirme Problemi

- Bir ofis kompleksi içine yeni bir fotokopi makinesinin yerleştirilmesini gözönüne alalım. Bu makine, 5 mümkün yerden birine yerleştirilebilir ve 6 ofis bu makineyi kullanabilir. Her ofisin talebi (günlük yapılan beklenen tur sayısı) ve maliyet (bir yerleşim alanından ve bir yerleşim alanına olan yürüyüş zamanına bağlı olarak ölçülmektedir) Tabloda verilmiştir



Zaman ve Talep Tablosu

Müşteri (Ofis)	Bölge					Talep
	1	2	3	4	5	
A	3	5	4	1	6	15
B	5	2	4	4	2	20
C	3	6	3	4	5	10
D	5	3	8	5	6	12
E	3	9	5	2	8	10
F	9	10	7	9	2	7

- Bu tabloya göre, A müşterisi için 1. Bölgeye gitmek ve geri dönmek 3 dakika sürmektedir. Buradaki amaç, toplam maliyeti minimize etmek için (fotokopi makinesine gidiş ve geliş için kullanıcılar tarafından harcanan toplam zaman) fotokopi makinesinin yerleştirileceği alanı bulmaktır.



- Yerleşim için sadece 1 tesis varsa, çözüm prosedürü 3 temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar:

- 1. Toplam transportasyon maliyet matrisi (veya talep maliyet matrisi) hesaplanır. Matris elemanları, 1 birim talebi atama maliyeti ile müşteriye ait toplam talebin çarpılmasıyla elde edilmektedir. Örneğin, A müşterisinin 1. bölgeye atanma maliyeti $3 \times 15 = 45$ br. olmaktadır.
- Her sütunun toplamı alınır. Bu değerler, müşterilerin herbir bölgeye atanma maliyetlerinin toplamını ifade etmektedir.
- Minimum toplam maliyete sahip olan bölge seçilir. Bu bölge, makinenin yerleştirileceği alandır.
- Yukarıdaki problem için, 1. adımda oluşturulan toplam transportasyon maliyet matrisi sonraki slaytta verilmiştir. Son satır (toplam), her sütunun toplamını ifade etmektedir. 4. Bölgenin toplam maliyeti en küçük olduğundan, bu bölge seçilir ve tüm müşteriler bu bölgeye atanır. Buradaki prosedür, oldukça basit ve kolay bir yapıdadır.



Tek Tesisli Yerleştirme Problemi Sonucu

Müşteri (Ofis)	Bölge				
	1	2	3	4	5
A	45	75	60	15	90
B	100	40	80	80	40
C	30	60	30	40	50
D	60	36	96	60	72
E	30	90	50	20	80
F	63	70	49	63	14
Toplam	328	371	365	278	346



Çok Tesisli Yerleştirme Problemi

- ▶ Tek tesisten farklı olarak, çok tesisli yerleştirme daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu durumu aşağıdaki örnek ile inceleyebiliriz.
- ▶ Bir otomobil servis istasyonu yöneticisi, 2 adet teşhis makinesi almak istemektedir.
- ▶ Bu yöneticinin, aynı şehirde 5 servis istasyonu bulunmakta ve bu nedenle, taleplerin oluşabileceği 5 bölgeyi saptamıştır.
- ▶ Her müşteri merkezinden her bir bölgeye olan transportasyon zamanı Tabloda verilmiştir.
- ▶ Bu tabloda aynı zamanda, müşteri talepleri de verilmiştir.
- ▶ Buradaki amaç, 2 yeni makineyi toplam transportasyon maliyetini minimize edecek şekilde bölgelere yerleştirmektir.
- ▶ Bu amaç, yönetici tarafından etkinlik ölçüsü olarak gözönüne alınmaktadır.



Transportasyon Zamanı ve Talep Verileri

Müşteri	Bölgelere Ait Zaman					Talep
	1	2	3	4	5	
A	5	3	2	8	5	100
B	3	5	2	6	7	50
C	5	2	0	1	0	150
D	2	1	8	2	3	200
E	3	2	4	0	4	300

- ▶ Bu tip problemin en önemli özelliği, her tesisin kapasitesi sınırsız olduğundan, müşteri taleplerinin bölünmesine ve taleplerin iki farklı tesise atanmasına gerek olmamasıdır. Ancak, bir müşteri transportasyon maliyeti minimum olan bir tesise atanmalıdır. Buradaki problem iki aşamalıdır. Birinci aşamada, tesislerin yerleştirileceği mevcut bölgeler seçilmeli, daha sonra ikinci aşamada ise atama maliyetini minimum olacak şekilde müşteriler bu tesislere atanmalıdır.
- ▶ Bu problemin çözümü için iki yaklaşım kullanılmaktadır. Birincisi, basit yöntem yaklaşımı, ikincisi ise sezgisel (heuristic) yaklaşımdır. Basit yöntemde, tüm mümkün alternatifler denenmektedir. Ancak burada, atama maliyetinin minimum olduğu tesise müşterinin atanması amacına bağlı kalarak, gerekli hesaplamalarda bazı azaltmalar yapılabilir.



Basit Yöntem Yaklaşımı

- ▶ M bölge içinde K adet tesisin yerleştirilmesi gerektiğini kabul edelim. Bu durum kaç farklı şekilde gerçekleştirilebilir? Bunun cevabı istatistiksel olarak aşağıda verilmiştir.
- ▶ Bir M eleman kümesinden, birbirinden farklı K elemanın seçilmesinde: $\binom{M}{K}$ adet farklı şekil vardır.
- ▶ Burada; $\binom{M}{K} = \frac{M!}{K!(M-K)!}$ olmaktadır.
- ▶ Buradaki örnekte, 5 bölge ve yerleştirilecek 2 tesis olduğundan, bu tesislerin yerleştirilmesi
- ▶ $\binom{M}{K} = 5! / 2!3! = 10$ farklı şekilde yapılmaktadır.
- ▶ Minimum kombinasyon maliyetini elde etmek için, tüm kombinasyonlar incelenir ve herbir kombinasyona ilgili talepler atanırsa, toplam minimum değer kolayca bulunabilir. Aşağıdaki prosedür bu durumu açıklamaktadır:

Talep Maliyeti

- ▶ İlk olarak, müşterilerden bölgelere olan taleplerin atanmasıyla ilgili toplam maliyet hesaplanır. Buradaki prosedür, önceki bölümde verilen prosedür ile aynıdır. Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi, A müşterisinin 3.bölgeye atanma maliyeti, A müşterisinin 3.Bölgeye olan talebin atanma maliyeti (2 zaman br) ile müşteri talebinin (100 br) çarpılmasıyla elde edilmektedir. Yani, bu değer 200 olmaktadır. Diğer benzer hesaplamalar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Müşteri	Bölgelere Ait Zaman				
	1	2	3	4	5
A	500	300	200	800	500
B	150	250	100	300	350
C	750	300	0	150	0
D	400	200	1600	400	600
E	900	600	1200	0	1200

Minimum Maliyet

- Öncelikle, 1. ve 2. Bölgeler arasındaki kombinasyonu gözönüne alalım. Bunun anlamı, 2 mevcut tezgahtan birisinin 1. Bölgeye, diğerinin ise 2. Bölgeye yerleştirilmesidir. Bu durumda, her müşteri transportasyon maliyetinin minimum olduğu bölgeye atanmalıdır. Yani, A müşterisi 2. Bölgeye, B müşterisi 1. Bölgeye, C müşterisi 2. Bölgeye, D müşterisi 2. Bölgeye ve E müşterisi ise 2. Bölgeye atanmaktadır. Bu çözüm, $300 + 150 + 300 + 200 + 600 = 1550$ değerini vermektedir. Diğer 10 kombinasyona ait benzer analizin sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Müşteri	Bölge Çiftleri(Kombinasyon)									
	1+2	1+3	1+4	1+5	2+3	2+4	2+5	3+4	3+5	4+5
A	300	200	500	500	200	300	300	200	200	500
B	150	100	150	150	100	250	250	100	100	300
C	300	0	150	0	0	150	0	0	0	0
D	200	400	400	400	200	200	200	400	600	400
E	600	900	0	900	600	0	600	0	1200	0
Toplam	1550	1600	1200	1950	1100	900	1350	700	2100	1200

- Prosedürün adımları genel olarak aşağıda verilmiştir:

1. Talep maliyet tablosu oluşturulur. Talep maliyet tablosundaki bir ij değeri, kaynaktaki (müşteri) tüm talebin j bölgesine atanma maliyetini ifade etmektedir.
2. Tüm farklı kombinasyonlar formüle edilmelidir.
3. İlk kombinasyonda, atama maliyeti minimum olacak şekilde, talep bir tesise atanarak talep atanması gerçekleştirilir. Bu işlem aşağıdaki şekilde yapılır:
 - a) Belirli kombinasyonla ilgili talep maliyet matrisinin sadece sütunları gözönüne alınır.
 - b) Adım a'da seçilen sütunlardan satırlarında en küçük talep maliyet değerine sahip tesise talep atanır.
4. 3. Adımdaki atamaların maliyet toplamını alarak, toplam maliyet kombinasyonu hesaplanır.
5. Kalan tüm kombinasyonlar için, Adım 3 ve Adım 4 tekrar edilir.
6. Optimum kombinasyon olarak, toplamlar arasından en düşük maliyete sahip kombinasyon seçilir. Bu kombinasyon, optimum atamadır.

Mümkün Kombinasyonlar

- Hesaplama kabiliyeti açısından, buradaki metot hızlı ve basittir. Küçük problemler, hızlı bir şekilde çözülebilir. Kombinasyon sayısının artmasıyla beraber, buradaki metot problemlere çözüm verememektedir. Tablo 3.6'da, $K > I$ olduğunda, mümkün kombinasyon sayısı $M > K + I$ şeklinde kademeli olarak artmaktadır. Basit yöntemi kullanıp kullanmama kararı, kombinasyon sayısına bağlıdır. Büyük çaplı problemler için, sezgisel metotların kullanılması tavsiye edilmektedir.

M (Bölgeler)	K(Yerleştirilecek Tesisler)					
	1	2	3	4	5	6
1	1	—	—	—	—	—
2	2	1	—	—	—	—
3	3	3	1	—	—	—
4	4	6	4	1	—	—
5	5	10	10	5	1	—
6	6	15	20	15	6	1



Sınırsız Kapasiteli Tesislere Ait Problemler İçin Sezgisel Metot

Birçok sezgisel metotlar, genelde optimum veya optimuma yakın sonuçlar veren belirli mantıksal adımları izlemektedir. Buradaki prosedürün genel yapısı aşağıda verilmiştir:

Bir seferde bir tesisi yerleştirilmesi durumunda, maksimum avantajın sağlanacağı bölgede yerleşim yapılmalıdır. Eğer tek bir tesis varsa, bu tesis, tüm müşterilerin bu bölgeye atanma maliyetinin minimum olduğu yere yerleştirilmelidir. Eğer ilave tesisler varsa, maksimum kazanç sağlanacak şekilde bir seferde bir tesis yerleştirilmelidir. İlave bölgeye yerleştirilen bir sonraki tesis, bir önceki çözümü geliştirici nitelikte olmalıdır. Eğer çözüm geliştirilemezse, ilave tesise gerek yoktur. Buradaki metot, tesislerin nereye yerleştirileceği ve müşterilerin nasıl atanacağını belirlemekle beraber, aynı zamanda optimum tesis sayısını da belirlemektedir. Prosedür, tüm tesisler yerleştirilene kadar veya çözümde bir gelişme elde edilemeyeceye kadar devam etmektedir.



Sınırsız Kapasiteli Tesislere Ait Problemler İçin Sezgisel Metot

Prosedürün adımları aşağıda detaylı olarak verilmiştir:

1. Toplam maliyet tablosu formüle edilir. Toplam maliyet tablosundaki bir ij değeri, i müşterisinin tüm taleplerinin j bölgesine atanma maliyetini temsil etmektedir.
2. Her sütunun toplamı alınır. Buradaki toplam, müşteri taleplerinin tümü bu bölgeye atanırsa oluşan toplam maliyeti ifade etmektedir.
3. İlk tesis, minimum toplam maliyete sahip bölgeye atanır. Burada, tesis atanmış bir bölge "atanmış bir bölge" ve tesis atanmamış bir bölge ise "atanmamış bölge" şeklinde tanımlanmaktadır.
4. Atama için başka tesis kalmaz ise, Adım 8'e gidilir. Aksi taktirde, devam edilir.
5. Atanmış bölge(ler)deki her müşterinin, atanmamış bölge(ler)e taşınmasıyla elde edilen kazanç belirlenir. Bu kazanç, transportasyon maliyetindeki bir değişmeden ortaya çıkmaktadır. Eğer bir kazanç yoksa, ilgili sütunda "-" olarak belirtilir.
6. Atanmamış her bir sütunun toplamı alınır. Buradaki toplam, bu bölgeye bir atama yapılırsa oluşabilecek kazancı ifade etmektedir.
7. Maksimum kazancı belirten bölgeye atama yapılır. Bu kazançta katkıda bulunan müşteriler, o anda atanmamış bölge olan yeni bölgeye transfer edilir. Daha sonra, Adım 4'e dönlür.
8. Tüm atamalar yapılır. Minimum maliyet hesaplanır.



Örnek

Sezgisel prosedürü göstermek için, atölye yöneticisiyle ilgili problemi göz önüne alalım. Zamana bağlı olarak oluşan maliyet verileri, 8. slayttaki Tablo ile aynıdır. Ancak burada, yöneticinin yerleştireceği 3 makine bulunmaktadır. 8. slayttaki tablo 17. slayttaki tablo şekline dönüştürülür.

2. ve 4. sütunlar 1650'lik minimum toplam maliyete sahip olduğundan, ilk makine 2. Bölgeye veya 4. Bölgeye atanabilir. Rassal olarak, 4. Bölge seçilebilir. Bundan sonra, ikinci makinenin yerleştirilmesiyle ilgili olarak, 4. bölgeye atanmış müşterilerin, atanmamış j bölgesine aktarılmasıyla elde edilen kazanç hesaplanmalıdır. Örnek olarak, A müşterisini göz önüne alalım. Eğer A müşterisi, 4. Bölgeden 1. Bölgeye aktarılsa, kazanç $800-500 = 300$ olacaktır. Benzer şekilde, 2. Bölge için kazanç $800-300 = 500$ olacaktır. Diğer kazançlar, benzer yöntemle hesaplanabilir. 18. slayt, bu hesaplama sonuçlarını göstermektedir.



Talep Maliyeti (Zaman)

Müşteri	Bölge					Talep
	1	2	3	4	5	
A	500	300	200	800	500	100
B	150	250	100	300	350	50
C	750	300	0	150	0	150
D	400	200	1600	400	600	200
E	900	600	1200	0	1200	300
Toplam	2700	1650	3100	1650	2650	800



Dördüncü Bölgeden Taşıma İle Oluşan 1. Kazanç Tablosu

Müşteri	Bölge				
	1	2	3	4	5
A	300	500	600		300
B	150	50	200		-
C	-	-	150		150
D	-	200	-	○	-
E	-	-	-	○	-
Toplam	450	750	950		450



- ▶ Burada, farklı bir bölgeye aktarma negatif bir kazanç sağlıyorsa, bu bölge "-" olarak belirtilmektedir. Örneğin, B müşterisi 4. Bölgeden 5. Bölgeye aktarılırsa ($300 - 350 = -50$), bu durumda "-" notasyonu ortaya çıkmaktadır. 18. slayttaki tabloda gösterildiği gibi, tüm müşteriler ve her bir atanmamış bölgeler için kazanç hesaplanır.
- ▶ Her bölgeye ait toplam kazanç, sütunlardaki değerlerin toplanmasıyla elde edilmektedir. Örneğin, 1. Bölgenin toplam kazancı $300 + 150 = 450$ olmaktadır. İkinci makine, maksimum kazanca sahip bölgeye yerleştirilmelidir. Bu durumda, 3. Bölgeye yerleştirilmektedir. Bu kazanca katkıda bulunan müşteriler (A, B ve C müşterileri), yeniden 3. Bölgeye atanırlar. Diğerleri (D ve E müşterileri), 4. Bölgede bırakılırlar. Bu safhadaki atama, 18. slayttaki tabloda daire içinde gösterilmektedir.
- ▶ Üçüncü makinenin nereye yerleştirileceğine karar vermek için, müşterileri atanmış bölgelerden atanmamış bölgelere kaydırarak oluşacak kazanç yeniden hesaplanmalıdır. Aynı şekilde, kazanç miktarı negatif ise, atanmamış bölgeler "-" ile belirtilecektir. A müşterisi, 3. Bölgeye eklenir ve bu müşteri 1. Bölgeye aktarılırsa, elde edilen kazanç $200 - 500 = -300$ olmaktadır. Benzer şekilde, 2. Bölge için kazanç $100 - 150 = -50$ ve 5. Bölge için ise $200 - 500 = -300$ olmaktadır. Son olarak 4. Bölgeye atanan D müşterisi için yapılan hesaplamalar aşağıdadır: 1. Bölge için kazanç $400 - 400 = 0$, 2. Bölge için kazanç $400 - 200 = 200$ ve 5. Bölge için kazanç $400 - 600 = -200$ olmaktadır. Sonuçların tümü sonraki slaytta verilmiştir.

Üçüncü ve Dördüncü Bölgeden Taşıma İle Oluşan 2. Kazanç Tablosu

- ▶ Sadece 2. Bölgede kazanç olduğundan (200\$), üçüncü makine bu bölgede yerleştirilecektir. Bu kazanca katkıda bulunan müşteri (Müşteri D), 2. Bölgeye atanır. Tüm atamalar, Tablo 3.9'da daire içinde gösterilmiştir.

Müşteri	Bölge				
	1	2	3	4	5
A	-	-	○		-
B	-	-	○		-
C	-	-	○		0
D	0	200	-		-
E	-	-	-	○	-
Toplam	-	200	-		-

Sonuçta son atamalar aşağıdaki şekilde oluşur

Müşteri	A	B	C	D	E
Bölge	3	3	3	2	4
Maliyet	200	100	0	200	0

- Bu çözümün toplam maliyeti 500 olmaktadır. Başlangıçta, ilk makine 4. Bölge yerine 2. Bölgeye de atansaydı, aynı çözüm elde edilecektir.
- Bu problemde, dördüncü bir makinenin de mevcut olduğunu kabul edelim. Bu makineyi kullanmak kârlı mıdır? Bu sorunun cevabı, ilave bir kazancın elde edilip edilemeyeceğine göre verilir. Yapılan hesaplamaların sonuçları, Tablo 3.10'da verilmiştir.
- Atanma yapılmadan kalan bölgeler, 1 ve 5'dir. Bu iki bölgenin herhangi birinde bir kazanç sağlanmamaktadır. Bu nedenle, dördüncü bir makineye gerek yoktur. Burada kullanılan sezgisel metot, optimum makine sayısını 3 olarak belirlemiştir.
- Son slayta göre C müşterisi, transportasyon maliyetinde artış olmadığından, 5. Bölgedeki dördüncü bir makineye atanabilir. Ancak, benzer şekilde herhangi bir kazanç olmadığından, dördüncü bir makine için kurma, işletme ve bakım maliyetleri azaltılamaz.



İkinci, Üçüncü ve Dördüncü Bölgeden Taşıma İle Oluşan 3. Kazanç Tablosu

Müşteri	Bölgeler				
	1	2	3	4	5
A	-				-
B	-				-
C	-				0
D	-				-
E	-				-

- Buradaki prosedür, %90'lık bir oranda kesin sonuçlar vermektedir. %10'luk oran, teorik minimum değerlerden sapma nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu da, optimum çözümden ortalama %5'lik bir fark yaratmaktadır.

