

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YERLEŞİM DÜZENLEMESİNDE
MALİYET VE YAKINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜTLERİNİN BİRLİKTE
KULLANIMINA İLİŞKİN BİR ALGORİTMA

- M E D A T -

DOKTORA TEZİ

Araş.Gör. Mehmet ÇINAR

Anadolu Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Kütahya İdari Bilimler Yüksek Okulu

1984

İÇİNDEKİLER	i
ÇİZİM VE ÇİZELGELER LİSTESİ.....	v
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TESİS PLANLAMASI SÜRECİNDE YERLEŞİM DÜZENLEMESİ SORUNU

I.1. Temel Kavramlar.....	6
I.2. Tesis Planlaması Sürecinde Yerleşim Düzenleme- sinin Yeri	9
I.3. Yerleşim Düzenlemesi Sorununun Kaynakları.....	10
I.4. Yerleşim Düzenlemesi Sorununun Çözüm Aşamaları.	12

İKİNCİ BÖLÜM

YERLEŞİM DÜZENLEMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

II.1. Tarihsel Gelişim.....	17
II.2. Geleneksel Yöntemler.....	20
II.2.1. İşlem-Süreç Çizelgeleri Yaklaşımı....	21
II.2.2. Sargı Yöntemi.....	22
II.2.3. İp Yöntemi:.....	24

II.2.4. İki ya da Üç Boyutlu Patron Kullanımı.....	25
II.2.5. İşlem Sıra Çözümlemesi.....	26
II.2.6. Sistematik Yerleşim Düzenlemesi Yaklaşımı..	27
II.3. Matematiksel Yöntemler.....	29
II.3.1. Çözümler Yöntemler.....	31
II.3.1.1. Moment Uygulamalı Gezi Çizelgesi Yöntemi.....	31
II.3.1.2. NOY Yöntemi.....	35
II.3.1.3. REIS-ANDERSON Çalışması.....	38
II.3.1.4. Oyun Yöntemi.....	40
II.3.1.5. Atama Yöntemi.....	42
II.3.1.6. WIMMERT Yöntemi.....	45
II.3.1.7. Düzey Eğrileri Yöntemi.....	47
II.3.1.8. GILMORE-LAWLER Yöntemi.....	50
II.3.2. Bilgisayara Dayalı Özel Algoritmali Yöntemler.....	53
II.3.2.1. Niceliksel Yöntemler.....	54
i. CRAFT.....	54
ii. H-63	63
iii. H-66	66
iv. COL.....	72
v. MAT.....	76
vi. LSP.....	76

vii. FRAT.....	81
viii. COFAD.....	84
II.3.2.2..Niteliksel Yöntemler.....	89
i. CORELAP.....	89
ii. ALDEP	92

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MALİYET VE YAKINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜTLERİ ALTINDA YERLEŞİM DÜZENLEMESİ YÖNTEMİ- -MEDAT- ve BİR UYGULAMA DENEMESİ

III.1. MEDAT.....	95
III.1.1. Varsayımlar ve Etkinlik Ölçütü.....	96
III.1.2. MEDAT Bilgisayar Programının Girdileri....	105
III.1.2.1. Başlangıç Düzenleme Bilgileri.	105
III.1.2.2. Malzeme Akış Bilgileri.....	106
III.1.2.3. Birim Uzaklık/Maliyet Bilgileri.....	107
III.1.2.4. Bölümler Arası Yakınlık Dere- cesi Bilgileri.....	108
III.1.3. MEDAT Algoritması.....	110
III.2. MEDAT ile Bir Uygulama Denemesi	115

III.2.1. İşletmenin Tanıtımı.....	115
III.2.2. Üretim Bilgileri.....	116
III.2.3. Bölüm Bilgileri.....	119
III.2.4. Taşıma ve Maliyet Bilgileri.....	121
III.2.5. Bölümler Arası Yakınlık Derecesi Bilgileri.....	124
III.3. Uygulamanın Sonucu	125
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	131
EKLER	136
YARARLANILAN KAYNAKLAR	148

	<u>Sayfa No:</u>
Çizim-1. İp Yöntemine İlişkin Bir Şebeke Örneği	24
Çizim-2. SİDP Yaklaşım Basamakları	28
Çizim-3. CRAFT Akış Diyagramı	61
Çizim-4. COL Akış Diyagramı	74
Çizim-5. LSP Akış Diyagramı	77
Çizim-6. FRAT Akış Diyagramı	83
Çizim-7. CORELAP Akış Diyagramı	91
Çizim-8. MEDAT Akış Diyagramı	113-114
Çizelge-1. Cezi Çizelgelerinin Genel Gösterimi.....	33
Çizelge-2. Noy Yönteminde Kullanılan Çizelge Örneği.	37
Çizelge-3. Wimmert Yönteminde Kullanılan Matris Örneği	46
Çizelge-4. Yakınlık Çizelgesi ve Matris Örneği.....	109
Çizelge-5. ANMAK'a İlişkin İş Akış Çizelgesi.....	118
Çizelge-6. Yıllık Üretim Miktarları.....	118
Çizelge-7. Bölüm Bilgileri.....	119
Çizelge-8. Malzeme Taşıma Matrisi.....	121
Çizelge-9. Maliyet Matrisi	121
Çizelge-10. Maliyet Ağırlıklı Taşıma Matrisi.....	123
Çizelge-11. Yakınlık Çizelgesi	124
Çizelge-12. Yakınlık Matrisi	124
Çizelge-13. Seçeneklere İlişkin Değerler.....	127
Çizelge-14. Yeni Duruma İlişkin Seçenek Değerleri....	129

GİRİŞ

Bir sistem olarak endüstri işletmelerinde, malzeme, işgücü, sermaye, çevresel ilişkilere ilişkin veri ve bilgiler ile yönetim işlevi sistemin girdilerini; üretime ilişkin eylemler, biçim verme ya da dönüşüm sürecini; yaratılan mal ve hizmetler ile bunların kalite ve maliyet bilgileri de sistemin çıktılarını oluşturur. Sistemin genel amacı, insan, makina, malzeme, para, miktar, maliyet, kalite ve diğer sistem bileşenlerini en etkin biçimde biraraya getirerek, içinde bulunulan ortam ve kaynaklarla devrelik kârını enbüyüklemeektir.

İşlem yönüyle kâr, toplam gelir ile toplam maliyet arasındaki fark olarak ele alınabilir. Bu durumda karar verici, sistem amacını gerçekleştirmek üzere ya toplam geliri olabildiğince artırarak, veya toplam maliyeti elden geldiğince azaltarak, ya da hem geliri artırıp hem de maliyeti azaltarak kârını enbüyükleme yoluna gidecektir.

Yarışmacı (rekabetçi) bir ortamda, fiyat, teknoloji ve pazar koşulları yönetimce veri olarak alındığından, başka bir deyişle,

bunlar karar vericilerin kontrolü dışında bileşenler olduklarından, kârı enbüyüklemek amacına maliyetleri düşürerek, yani kaynakları en iyi kullanarak erişmek, daha ussal bir seçenek olarak belirmektedir.

Belirlenen amacın gerçekleştirilmesi doğrultusunda sistem bileşenlerine ve işlevlerine ilişkin bir dizi kararlar alınmaktadır. Gerek stratejik, gerek yönetsel ve gerekse teknik düzeydeki planlama aşamalarında, karar alanının büyük bir diliminin üretim alt sistemine ilişkin olduğu bilinen bir gerçektir.

Biçim verme ya da dönüşüm sürecine ilişkin olarak alınan aşamalı kararlar, sırasıyla; kuruluş yerinin saptanması, üretim süreç biçiminin belirlenmesi, sürecin gerektirdiği üretim etmenlerinin oluşturulması ve eylemlerin etkin biçimde yürütüleceği yerleşim alanının düzenlenmesine ilişkindir. Son aşamadaki yerleşim düzenlemesine ilişkin kararlar, önceki karar aşamalarından sırasıyla geçildikten sonra alınmaktadır.

Sürece göre düzenlemede; belli bölümlerin diğer bölümlere kıyasla konumlandırılma önceliği bulunduğu ve bölümler arası taşımaların çok fazla olmasından ötürü, taşımalar nedeniyle üstlenilen maliyetlerin toplam maliyetler içerisinde önemli bir yer tuttuğu bilinen bir gerçektir. Üretim altsistemine ilişkin yerleşim düzenlemesi sorunu, istem ve üretim biçimi sürece göre düzenlemeyi gerek-

tirdiğinde çok önem kazanır. Sözelimi; bölümlerin görelî konumlandırılmaları gereği, 10 bölümlü bir tesis için 3,628,800 değişik yerleşim düzenlemesi seçeneği oluşturulabilmektedir. Bunların arasından, bir etkinlik ölçütü altında(maliyetler gibi) eniyi sonucu sağlayan seçeneğin belirlenmesi sorunu, yıllardır çözümü araştırılan ve bunun için sezgisel, matematiksel veya bilgisayara dayalı özel algoritmalar geliştirilen bir uğraşı alanı olmuştur. Seçenek sayısının üstel bir artış göstermesi nedeniyle sezgisel veya matematiksel yaklaşımlarla eniyi seçeneği belirlemek çok güç, hatta bazen mümkün olamadığından, bilgisayara dayalı algoritmik yaklaşımlar daha yoğun bir uğraş durumuna gelmiştir.

"Aralarında karşılıklı ilişkiler bulunan fiziksel tesis birimlerinin(facilities) düzenlenmesi, malzemelerin hareketi, ilgili personelin işlemleri ve tüm bunların gerektirdiği bilgi akışlarının çözümü(veya birleştirilmesi), planlanması ve tasarımını gerektiren bir işlev" olarak tanımladığımız "yerleşim düzenlemesi sorunu" çalışmamızın konusunu oluşturmaktadır.

Çalışmanın amaçları şöyle sıralanabilir:

1. Yerleşim düzenlemesi sorununu sistem yaklaşımı açısından irdeleyerek, bu tür sorunların genel çatısını kavramsal olarak modelleyip, çözüm yaklaşımlarını sınıflamak.

2. Niteliksel ve niceliksel özellikte olmak üzere iki grupta toplanan bilgisayara dayalı yöntemleri inceleyerek, her iki özelliği de içeren, başka bir deyişle, hem nitel hem de nicel ölçütleri birlikte kullanan, yeni bir yaklaşımla matematiksel model geliştirip, bunun bilgisayara dayalı algoritmasını kurmak.

Bu amaçlar doğrultusunda çalışma üç bölümden oluşmuştur.

Birinci bölümde, yerleşim düzenlemesi sorunu kavramsal yönden kavramsal olarak ele alınmış ve tesis planlaması sürecinde sorunun yeri, boyutları ve kaynakları ortaya konularak, sorun türlerine ilişkin sınıflandırılma verilmiştir. Ardısıra, soruna ilişkin çözüm aşamaları üzerinde durulmuştur. Böylelikle, yerleşim düzenlemesi sorununa ilişkin kavramsal modellemenin "sorunun belirlenmesi aşaması" oluşturulmuştur.

İkinci bölümde, dünden bugüne çözüm arayışları ile bunların beraberinde getirdiği yöntemler, tarihsel gelişim başlığı altında incelenmiştir. Geliştirilen yöntemler, temelde; sezgi ya da deneyime dayalı veya sistematik bir yaklaşım izleme gerektirmeleri yönünden geleneksel ve matematiksel olmak üzere iki grupta sınıflandırılarak incelenmiştir. Matematiksel yöntemler de; belli varsayımlar altında eniyi çözüme ulaşmaları yönünden çözümsel, bilgisayar

yardımıyla eniyiye yakın çözümü araştırmaları yönünden, bilgisayara dayalı özel algoritmali yöntemler başlıkları altında incelenmiştir. Bilgisayara dayalı özel algoritmali yöntemler de; girdi bilgilerinde gezi çizelgesi yardımıyla(uzaklık-maliyet) etkenliğini araştırmaları yönünden niceliksel, ilişki çizelgesi yardımı ile bölümler arası arzu edilen yakınlık düzeyi ölçütünü kullanmaları yönünden, niteliksel yöntemler başlıkları altında incelenmiştir. Böylelikle, kavramsal modelleme olgusunun "seçeneklerin oluşturulması ve değerlendirilmesi aşaması" gerçekleştirilerek, yerleşim düzenlemesi sorunlarına çözüm yaklaşımları sınıflandırılmıştır.

Üçüncü bölümde ise, yerleşim düzenlemesi sorununun çözümünde, niceliksel yöntemler kullanıldığında niteliksel yanın, niteliksel yöntemler kullanıldığında da niceliksel yanın başladığı gerçeğinden hareketle, soruna hem nicel hem de nitel ölçütleri birlikte kullanılarak çözüm getiren yeni bir yöntem (MEDAT) önerilerek, MEDAT'a ilişkin algoritma geliştirilmiş ve bir endüstri işletmesinde uygulaması verilmiştir. Böylelikle de, kavramsal modellemenin "çözüm aşaması" oluşturulmuştur.

Sonuçta, çalışmanın tümüne yönelik son söz ve bulgular ışığında öneriler sunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM
TESİS PLANLAMASI SÜRECİNDE YERLEŞİM
DÜZENLEMESİ SORUNU

I.1. Temel Kavramlar

"Tesis" kavramı; arazi veya taşınmaz mal, bina veya her türlü yapı, üretim sürecinde kullanılan makineler, hareketli hareketli her tür yardımcı araç ve gereçler gibi üretim ile doğrudan ilişkili girdiler ile ara depolama yerleri, bürolar ve deney merkezleri, kazan daireleri ve bakım-onarım atelyeleri gibi hizmet yerleri, araba parkı, havuz, su deposu, artık ve hurda deposu ve akaryakıt tankları gibi yardımcı hizmet yerlerinin tümüne ilişkin olarak kullanılmaktadır.⁽¹⁾ Tüm bu fiziksel unsurlar, alt-sistemleri; malzeme girdileri, üretim, malzeme akış, depolama, paketleme, fabrika hizmetleri ve fabrika yapıları v.b. olan bir tesis sistemi oluştururlar.

(1) Richard MUTHER, "Planning For New Facilities and Modifications to Existing Facilities", içinde: Bernard T.LEWIS ve J.P.MARROW, Facilities and Plant Engineering Handbook, McGraw-Hill Book, Inc., 1973, s.3-18.

"Fabrika" kavramı genellikle fiziksel tesis kavramı ile aynı anlamda kullanılmasına karşılık, tesislerin salt üretim veya süreçleme bölümü anlamındadır. Dolayısı ile tesis kavramından daha dar kapsamlıdır.

"Tesis planlaması" üretim sistemlerinin tasarımı sürecinde önemli bir aşamayı oluşturmakta ve kuruluş yeri, üretim süreci, üretime ilişkin makina ve araç-gereçler, yerleşim düzenlemesi, çalışma koşulları ve ürünün tamamlanması için gerekli diğer işlevlerin belirlenmesine ilişkin karar aşamalarını içeren bir işlev olarak tanımlanmaktadır.⁽²⁾ Tesis planlamasında önemli karar aşamalarından biri de, çalışmamızın konusunu oluşturan yerleşim düzenlemesine ilişkin kararların belirlendiği aşamadır.

"Yerleşim düzenlemesi" kavramı, çeşitli kaynaklarda değişik biçimlerde tanımlanmıştır.⁽³⁾ Bir kaynağa göre yerleşim düzenlemesi; "ürünün her bir bileşen parçası için fabrikada akış yollarının planlanması, değişik akış yollarının üretim sürecini en kolay ve en

(2) William Grant IRESON ve Eugenel GRANT, Handbook of Industrial Engineering and Management, 4.B., Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs New Jersey, 1962, s.548.

(3) İngilizce "Layout" terimi karşılığı olarak kullanılmıştır. Türkçe kaynaklarda; düzenleme, yerleştirme düzeni, iç yerleştirme planı ya da planlaması gibi deyimler de kullanılmaktadır. Çalışmada, işlevsel anlatım olarak "yerleşim düzenlemesi" grafik ya da şematik anlatım olarak "yerleşim düzeni" deyimleri kullanılacaktır.

ekonomik olarak gerçekleştirecek biçimde esgüdümlemesi, teknik çizimlerin hazırlanması ve en son olarak planın uygulamaya konulması" (4) biçimindeki aşamalardan geçilmesi olayı olarak tanımlanırken, bazı kaynaklarda akış yollarının planlanması ile yetinilmeyip; çalışma araçlarının olduğu kadar, çalışanların da malzeme hareketi, depolama, dolaylı işçilik ve tüm diğer destekleyici işlemler veya hizmetler için alan gereksiniminin belirlenmesi olayı olarak tanımlanmaktadır. (5) Buffa (6) ise, "yerleşim düzenlemesi kalite ve kapasite gereklerini en ekonomik biçimde yerine getiren bir üretim sisteminin tasarımını bütünleştirme aşamasıdır" biçimindeki bir tanımlama

-
- (4) Gordon B. CARSON, Production Handbook, 2.B., Ronald Prees Comp., 1958, s.19-1. Benzer tanımlar için bkz. Ruddell REED, Plant Location, Layout and Maintenance, Richard D. Irwin Inc., 1967, s. 103; John A. SHUBIN ve Huxley MADEHEIM, Plant Layout: Developing and Improving Manufacturing Plants, Prentice-Hall of India Ltd. New Delhi, 1965, s.11; Bruna A. MOSKI, Modern Business: Production Specialist, Alexandre Hamilton Institute, New York, 1970, s.61; Ruddell REED, Plant Layout, Factors, Principles and Techniques. Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Ill, 1961, s.8. İlhami KARAYALÇIN, Fabrika Organizasyonu, Çağlayan Basımevi, İstanbul, 1977, s.21.
- (5) Richard MUTHER, Practical Plant Layout, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1955, s.3. Benzer tanımlar için bkz. Richard N. OWENS, Management of Industrial Enterprises, 6.B., Richard D. Irwin Inc., Homewood, 1969, s.172; Howard L. TIMMS, The Production Function in Business, (Gözden geçirilmiş 2.B.) Richard D. Irwin Inc., Homewood, 1967, s.349; Raymond MAYER, Production and Operations Management, 3.B., McGraw-Hill Book Comp., 1975, s.68; James M. MOORE, Plant Layout and Design, Mc Millan Comp., New York, 1962, s.93.
- (6) Elwood S. BUFFA, Modern Production Management, 2.B., John Wiley and Sons, Inc., 1965, s.399. Benzer tanımlar için bkz. Herman B. HENDERSON ve Albert E. HAAS, Industrial Organization and Management Fundamentals, The Industrial Press, New York, 1961, s.64; Martin K. STARR, System Management of Operations, Prentice-Hall, International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1971, s.425.

ile olayı sistem yaklaşımı açısından ele almıştır.

Bu tanımlar ışığında, yerleşim düzenlemesi; aralarında karşılıklı ilişkiler bulunan fiziksel tesis bileşenlerinin düzenlenmesi, malzemelerin akışı, ilgili personelin işlemleri ve tüm bunların gerektirdiği bilgi akışlarının çözümlenmesi (analizi) veya birleştirilmeleri (sentezi), planlanması ve tasarımını gerektiren bir işlemdir.

I.2. Tesis Planlaması Sürecinde Yerleşim Düzenlemesinin Yeri

Sistem yaklaşımı açısından, üretim alt-sisteminin biçim-verme ya da dönüşüm sürecine ilişkin karar alanları; üretim biçiminin belirlenmesi, kapasitenin belirlenmesi, kuruluş yerinin seçimi, üretimin programlanması, malzeme akış yollarının belirlenmesi, makina ve araç-gereçlerin saptanması, yerleşim düzenlemesi, süreçleme ve bakım-onarıma ilişkin eylemlerin belirlenmesidir.

Belirlenen üretim biçimine ve kapasite kısıtlarına göre; kuruluş yerinin seçimi, üretimin programlanması, makina ve araç-gereçlerin belirlenmesi, malzeme akışının saptanması, yerleşim düzenlemesi, çalışma koşullarının belirlenmesi ve bakım-onarım işlemleri, tesis planlaması işlevinin karar aşamaları olarak bilinir.⁽⁷⁾ Buradan, üre-

(7) IRESO-GRANT, s.548; Bazı kaynaklarda tesis planlaması, kuruluş yerinin seçimi ve yerleşim düzenlemesi işlevleri olarak ele alınmakta, diğer karar aşamaları ile bağlantılar adı geçen işlevler işlenirken kurulmaktadır. Bkz. TIMMS, s.126 ve 328.

tim sisteminin işleyişine, kapasite miktarına, kuruluş yerinin seçimine ve üretimde kullanılacak makina ve araç-gereçlere ilişkin kararlar alındıktan sonra yerleşim düzenlemesi sorun alanına geçildiği sonucuna ulaşılır.

Sonuç olarak, kuruluş yerine, üretim biçimine, makina ve araç-gereç sayısına ve malzeme akışına ilişkin kararlar yerleşim düzenlemesi sorununa girdi bilgileri oluştururlar.

1.3. Yerleşim Düzenlemesi Sorununun Kaynakları

Yerleşim düzenlemesi ürün, kapasite, malzeme, taşıma, makineler, çalışanlar, yapı, hizmet olanakları, depolama ve esneklik gibi etmenler tarafından değişik biçimlerde etkilenir. Sayılan etmenlere bağlı olarak yerleşim düzenlemesi sorunun aşağıda sıralanan gelişmeler sonucu ortaya çıktığı ileri sürülebilir:⁽⁸⁾

- Ürün tasarımındaki bir değişiklik,
- Üretim hattına yeni bir ürün alınması ya da çıkarılması,
- Ürüne ilişkin istem artışı ya da azalışı,
- pazar konumundaki değişiklik,
- üretim sürecinin gerektirdiği sürenin giderek artması,

(8) Ayrıntılı bilgi için bkz. Erdoğan FIRATLI, İmalat Sanayiinde Fabrika İçi Yerleşim Düzenlemesi ve Eskişehir Bölgesinde Uygulamanın İncelemesi, Anadolu Üniversitesi Yayını No:11, Eskişehir, 1983, s.8-11; CARSON, s.19-49.

- düşük kalitede yarı-tamamlanmış ürün,
- maliyet giderlerini düşürme çabaları,
- malzeme taşıma düzeninin güçlüğüyle sağlanması,
- çok miktarda malzemenin süreçlenmek üzere üretim alanında bekletilmesi,
- depolanan malzemelerde yığılma, hasar ve kayıp oranlarındaki artış,
- bakım-onarım maliyetlerinin yükselmesi,
- çalışma koşullarına ilişkin yakınmaların artması,
- tesislerin eskimiş ya da modası geçmiş olması,
- yüksek kaza oranı,
- yüksek işçi devri.

Bu gelişmelerin sonucunda ortaya çıkan yerleşim düzenlemesi sorunları yapılacak işin niteliğine göre;

1. Varolan düzenlemede küçük değişiklikler,
2. Yeniden düzenleme,
3. Olanakların genişletilmesi,
4. Yeni bir tesisin kurulması

başlıkları altında dört sınıfa ayrılabilir.

Yerleşim düzenlemesi sorunu, hangi özellikte olursa olsun, çözüm araştırılırken, soruna sistematik bir yaklaşım yapmak gerekir. İzleyen kesimde çözüm yöntemine ilişkin aşamalar verilmiştir.

I.4. Yerleşim Düzenlemesi Sorununun Çözüm Aşamaları

Yerleşim düzenlemesi sorununun çözümünde, aşağıdaki amaçlar göz önünde bulundurulmalıdır: (9)

1. Malzemenin ve personelin hareketleri en aza indirilerek, türlü hareketleri etkili biçimde kontrol edecek sistematik kurulup, üretim süreci kolaylaştırılmalıdır.
2. Malzeme taşıma maliyeti enküçüklenmelidir.
3. Yarı-tamamlanmış ürünlerin devir hızı yükseltilmelidir.
4. Mümkün gelişmeleri karşılayacak ölçüde esneklik getirilmelidir.
5. İnsangücü kullanımında etkinlik sağlanmalıdır.
6. Etkin yer kullanımı sağlanmalıdır.
7. Çalışma koşulları iyileştirilmelidir.
8. Gereksiz sermaye yatırımları önlenmelidir.

(9) SHUBIN-MADEHEIM, s.71-72; IRESON-GRANT, s.568; CARSON, s.19.2; Melih TÜMER, Ürün, Üretim ve Yönetim, İ.İ.T.İ.A. Nihad Sayar-Yayın ve Yardım Vakfı Yayını, İstanbul 1978, s.121; MOORE, s.100; FIRATLI, s.12-16; James M.APPLE, "Plant Layout Fundamentals", içinde: Bernard T.LEWIS ve J.P.MARRON, Facilities and Plant Engineering Handbook, McGraw-Hill Book, Inc., 1973, s.2-58-78.

Bu amaçların tümünü de aynı zamanda gerçekleştirmek çok götür. Sözgelimi, en az taşıma iştağı, sürece göre düzenlenmesi gereken bir işyeri için başarılması zorunlu bir amaç olurken, sabit konumlu ya da ürüne göre düzenleme için üretim hattının dengelenmesi birincil amaç olmaktadır.⁽¹⁰⁾ öte yandan, etkin yer kullanımını amacı gelecekte olabilecek değişimler için gerekli esnekliği ortadan kaldırabilir. Bu yüzden, hedef alınan amaç doğrultusunda gerçekleştirilen yerleşim düzenlemesi seçeneği, diğer amaçlar doğrultusunda da inceleme konusu yapılmalıdır.

Genel olarak bir yerleşim düzenlemesi çalışmasında;

1. İlgili bilgilerin toplanması,
2. Bölümler arası ilişkilerin belirlenmesi,
3. Alan planlaması,
4. Seçeneklerin değerlendirilmesi,
5. Ayrıntılı planların hazırlanması,

aşamalarından geçilir. "Yerleşim Düzenlemesi Genyntemi" olarak bilinen bu aşamaların herbirinden geçmek, sorunun türüne göre gerekli

(10) Adıgeçen düzenleme türlerinin ayrıntılı incelenmesi konusunda bkz., Samuel EILON, Elements of Production and Control, McMillan Comp., New York, 1962, s.153-154; Richard L.FRANCIS ve John A. WHITE, Facility Layout and Location: An Analytical Approach, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974, s.47; SHUBIN-MADEHEIM, s.115-124; MOORE, s.107-108; Nurettin YELKEN ve M.Hulusi DEMİR, retim Planlaması ve Kontrolü, E..İşletme Fakültesi Yayını, No:133/2, Izmir, 1978, s.126-128.

olmayabilir. Sözelimi; yeni bir işyerinin yerleşim düzenlemesi tasarımı için tüm aşamalardan sırası ile geçilirken, yeniden düzenleme durumunda ikinci aşamadan başlanır.

Bu aşamalardan en önemlisi, kuşkusuz, belirlenen amaç doğrultusunda seçeneklerin değerlendirilmesi aşamasıdır.

Seçenekler arasında bir kıyaslama yapmak ise ancak ve ancak belirlenen amacın ölçülebilir olması ile mümkündür. Bu yüzden; yerleşim düzenlemesi seçeneklerini değerlendirme ölçütü olarak en çok "malzeme taşıma maliyetlerinin enküçüklenmesi" ölçütü benimsenmektedir. Üretim işlemlerinde, insan, makina ve malzemedan en az biri hareket halinde olup, hareket genellikle malzeme taşımadan oluşur ve kullanılan taşıma aracı, alınan uzaklık ve geçen süre toplam maliyet giderlerini etkiler. Her taşıma işlemi normal olarak; alma, hareket ve koyma öğelerinden oluşur. Öğelerden, yalnız hareket öğesi değişir karakterdedir. Bu nedenle, toplam taşıma maliyetlerinin enküçüklenmesinin birincil amaç ve taşınan uzaklığında temel ölçüt olarak benimsenmesinin ussal kabul edilmesi gerekir.

Öte yandan, yerleşim düzenlemesi seçeneklerinin değerlendirilmesinde "bölümler arası arzu edilen yakınlık derecesi"de ölçüt olarak alınmaktadır. Bu durumda, yakınlık dereceleri sayısal değerler ile ağırlıklandırılarak kıyaslanmakta ve seçeneklere ilişkin ölçülebilirlik olgusu sağlanmaktadır.

İster niceliksel, isterse niceliksel karaktere dönüştürülerek belirlenmiş niteliksel amaç doğrultusunda elde edilen çözüm, diğer yan amaçlar da dikkate alınarak, yerleşim düzenlemesinin daha da iyiye götürülmesine çalışılmalıdır.

Yerleşim düzenlemesi sorununa ilişkin olarak geliştirilen yöntemler; bir işyerinin tüm olarak düzenlenmesi ve bölüm içerisinde makinelerin yerleştirilmesi sorun alanlarına yoğunluk kazanmışlardır.

Bir işyerinin tüm olarak düzenlenmesinde ya eniyi başlangıç düzen, ya da varolan düzenlemede bölümlerin eniyi görelî (relativ) konumları araştırılır. İkinci durum yeniden düzenleme sorunu olup, varolan alan sınırlamaları soruna kısıt oluştururlar. Öte yandan, üretimin konusu, başka bir deyişle, kararlaştırılan üretim sisteminin gerektireceği düzenleme biçimi de soruna kısıt oluşturur. Sözgelimi; sürece göre düzenleme gerektiren bir üretim sisteminde, bölümlerin görelî konumları önem kazanırken, ürüne göre düzenleme gerektiren bir üretim sisteminde üretim hattının dengelenmesi en önemli sorun olup, bölümler, üretimdeki sıralarına göre konumlandırılırlar. Bu yüzden, yerleşim düzenlemesi sorunu, özellikle sürece göre düzenlemesi planlanan işyerlerinde çok önem kazanır.

20 bölümden oluşan bir işyerinin, bölümlerin görece konumları önem kazandığında, 20 !, başka bir anlatımla, yaklaşık 608 trilyon değişik yerleşim düzeni bulunmaktadır. Belirlenen bir etkinlik ölçütü altında, eniyi düzenleme seçeneğinin bulunmasının ne denli zor olduğu açıktır.

Genelde, yerleşim düzenlemesi sorununun, özelde de yerleşim düzenlemesi seçeneklerinin değerlendirilerek eniyi düzenin bulunması sorununun çözümüne ilişkin olarak bir çok yöntem geliştirilmiştir. İzleyen bölümde, belli başlı yöntemler ele alınacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

YERLEŞİM DÜZENLEMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

II.1. Tarihsel Gelişim

Yerleşim düzenlemesi sorunu, sipariş üretimi kadar eski olmasına karşılık, sorunun çözümüne ilişkin yöntemler ancak bu yüzyıla geçerken geliştirilmiştir.

Frederick Taylor ile hareket ve zaman etüdü öncülüğünde ve işlem-süreç çizelgeleri gibi sistematik yaklaşımlar yerleşim düzenlemesi sorunlarının çözümünde de kullanılmaya başlanmıştır. Öte yandan, model ya da patron adı verilen ölçekler ile yerleşim düzenlemesi seçenekleri oluşturmak, bilinen en eski yöntemlerdendir. Seçenekleri görsel (visual) açıdan değerlendiren bu yöntemlerde de amaç, hareket ögesinin azaltılmasına yöneliktir.

Yoğun olarak çözümsel (analitik) yöntemlerin geliştirilmesi II. Dünya savaşı sonralarına rastlar. Disiplinlerarası ekip ve bütünlük yaklaşımı; bilimsel yöntemi izleyerek karmaşık sorunların çözümünün ümit verici sonuçları sergilemesi, yerleşim düzenlemesi

sorununun da aynı yaklaşımla ele alınması sonucunu doğurmuş ve sorun sistem yaklaşımı altında incelenmeye başlanmıştır.

Önceleri, grafik ve şematik çözümlemelere dayalı şebeke (network, link) çözümlenmesi, işlem-sıra çözümlenmesi, gezi çizelgesi gibi yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Yöntemlerde, ya malzeme ya da iletişim akımı şebeke biçiminde ortaya konarak her bir şebeke yayı; maliyet, süre veya kapasite ile ilişkilendirilmiştir. Sözgelimi; iki nokta arasındaki en çok kapasite yükünü⁽¹¹⁾, şebeke üzerinden çok ürün akışını⁽¹²⁾, şebeke kapasitesinde en çok artışı sağlamak üzere belirli bir bütçenin şebeke yolları üzerinde eniyi dağılımı⁽¹³⁾ inceleyen, araştıran yöntemler, yerleşim düzenlemesi sorunlarının da benzer yaklaşımla ele alınmasını sağlamıştır.

Genelde, belli kaynaklarda üretilen belli miktardaki malların, belli talepdeki depolara enaz maliyetle dağıtılmasını araştıran doğ-

(11) A.BOLDYREFF, "Determination of Maximal State Flow of Traffic Through a Railroad Network", Journal of the Operations Research Society of America, Vol.3, 1955, s.443.

(12) L.R.FORD ve D.R.FULKERSON, "Computation for Maximal Multi-Commodity Network Flows", Management Science, Vol.5, No.1, 1958, s.97.

(13) D.R.FULKERSON, "Increasing the Capacity of Network: The Parametric Problem", Management Science, Vol.5, No.5, 1959, s.472.

rusal programlamanın ulaştırma(transportation) problemi ile adige-
çen problemin özel durumu olan atama(assignment) problemine iliş-
kin geliştirilen algoritmalar, yaygın olarak yerleşim düzenlemesi
çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır.(14)

Yerleşim düzenlemesinde taşıma-maliyet ilişkisinin kareli
(quadratic) atama modeli olarak verilmesi(15), soruna değişik al-
goritmalar ile yaklaşan yöntemlerin geliştirilmesi sonucunu doğur-
muştur.

"Gezgin-satıcı sorunu"na pratik çözümler getiren yeni bir algo-
ritmanın ortaya atılması,(16) aynı algoritmanın yerleşim düzenle-
mesi sorununa uyarlanarak benzer yöntemlerin türetilmesini sağla-
mıştır.(17)

(14) Algoritma ve yerleşim düzenlemesi örneği için bkz., Philip
E.HICKS, Introduction to Industrial Engineering and Manage-
ment Science, McGraw-Hill, International Student Edition,
Tokyo, 1977, s.146-158.

(15) T.C.KOOPMANS ve M.J.BECKMANN, "Assignment Problems and the Lo-
cation of Economic Activities", Econometrica, Vol.25, 1957,
s.52-76.

(16) J.D.C.LITTLE, K.G.MURTY, D.W.SWEENEY ve C.KAREL, "An Algo-
rithm for the Travelling Salesman Problem", Operations Re-
search, Vol.6, 1963, s.972-989.

(17) J.W.GAVETT ve N.V.PLYTER, "The Optimal Assignment of Faci-
lities to Location by Branch and Bound", Operations Rese-
arch, Vol.14, 1966, s.210-232.

Yaklaşımlardaki hesaplama güçlüklerinin üstesinden gelmek üzere, bilgisayara dayalı özel algoritmalar geliştirilerek, yerleşim düzenlemesi sorunlarının çözümünde bilgisayar kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraki gelişmelerde ise yöntemlerin "enaz bilgisayar zamanı alma" özelliği üzerinde yoğunlaşan çabalar gözlenmektedir.

Çalışmamızda, kullanım yaygınlığı kazanmış elle olsun, bilgisayara dayalı olsun, fazla matematiksel trikler ve aynı zamanda süre gerektirmeyen yöntemler; geleneksel ve matematiksel olmak üzere sınıflandırılarak, aralarında sınıflarını temsil özelliğini içeren başlıca yaklaşımlar incelenmiştir. Bunlardan, geleneksel yaklaşımlar olarak nitelendirilenler, sınama-yanılma yolu ile eniyi yerleşim düzenlemesini araştırırlar, ancak eniyi çözümü garanti edemezler. Matematiksel olanlar ise, belirlenen etkinlik ölçütü ve varsayımlar doğrultusunda ulaşılan çözümün eniyi olmasını garanti ederek iyicé bir çözüme ulaşırlar.

II.2. Geleneksel Yöntemler

Yerleşim düzenlemesi sorunun çözümünde, geleneksel anlamda kullanılan yöntemlerden başlıcaları; işlem-süreç çizelgele-ri yaklaşımı, sargı yöntemi, ip yöntemi, iki ya da üç boyutlu patron kullanımı ve sistematik yerleşim düzenleme planlaması yaklaşımı olup, izleyen kesimde incelenmiştir.

II.2.1. İşlem-Süreç Çizelgeleri Yaklaşımı

Yeni bir yerleşim düzenlemesi oluşturmak, ya da varolanı hareket ekonomisi ilkeleri veya iş etüdü amaçları doğrultusunda geliştirmek üzere işlem-süreç çizelgelerinden yararlanılır.

Bu yaklaşımda, süreçlenecek olan hammadde veya parçaların üretim sürecindeki işlem sıraları gözönünde bulundurularak bir yerleşim düzenlemesi oluşturulur. Başka bir deyişle, bölümlerin konumlandırılması işlem sıraları ile bunların sıklığına bağlı olarak yapılır.

İşlem-süreç çizelgeleri her bir parça için hazırlanacağı gibi, birkaç parçanın üretim içerisinde akışını gösterir biçimde de hazırlanabilir. Bu çizelgelerde genellikle ASME(Amerikan Makina Mühendisleri Odası) tarafından kabul edilen simgeler kullanılır.⁽¹⁸⁾ Çizelgelerde sürece ilişkin tüm işlemler, gözetimler, taşımalar ve depolamalar, süre ve miktarları ile birlikte özetlenir.⁽¹⁹⁾

(18) Simgeler ve çizelge örnekleri için bkz., Ray WILD, Production and Operations Management: Principles and Techniques, Holt Rinehart and Winston Ltd., London, 1979, s.136-139; FRANCIS-WHITE, s.52-54; MPM Endüstri Şubesi, İş Etüdü, MPM Yayınları No:29, Ankara, 1969, s.84-85; SHUBIN-MADEHEIM, s.90-91.

(19) Elwood S.BEYFA, Modern Production/Operation Management, 6.B., John Wiley and Sons, Inc., New York, 1980, s.463.

Yerleşim düzenlemesinde, işlem-süreç çizelgelerinin ilk basamağından yararlanılır. Dolayısı ile, süreç başlangıcı olan satın alma veya malzeme kabul ya da hammadde bölümü ilk olarak konumlandırılır. Hammadde ile sürecin son aşaması olan gönderme(sevkiyat) bölümleri arasında kalan bölümler, aralarındaki işlem sıralamaları ve süreç bağıntıları, başka bir deyişle, iş akışı gözönünde bulundurulurarak konumlandırılır.

II.2.2. Sargı Yöntemi

Yerleşim düzenlemesinde kullanılan sargı yöntemi bir tür sına-yanılma yöntemidir. Eniyi çözüm getireceği kesinleşmeleri sürülemez. Ancak, mümkün bir düzenleme seçeneği geliştirilebilir. Yöntemin kullanımında, ürün gruplarına, bunların üretim miktarlarına veya toplam üretim içerisindeki oranlarına, ürünlere ilişkin işlem sıraları ve bölümlerin gereksindiği alanlara ilişkin bilgilerin toplanması gerekir. Yöntemde amaç, işlem sıralarına göre bölümler arasında en kısa malzeme akışının düzenlemesini sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için bölümler arası ilişkiler temel alınır.

Sargı yöntemindeki aşamalar şöyledir: (20)

1. Bir işlem alanını veya bir bölümü göstermek üzere bir daire çizilir,

(20) REED, Plant Location... s.118-122.

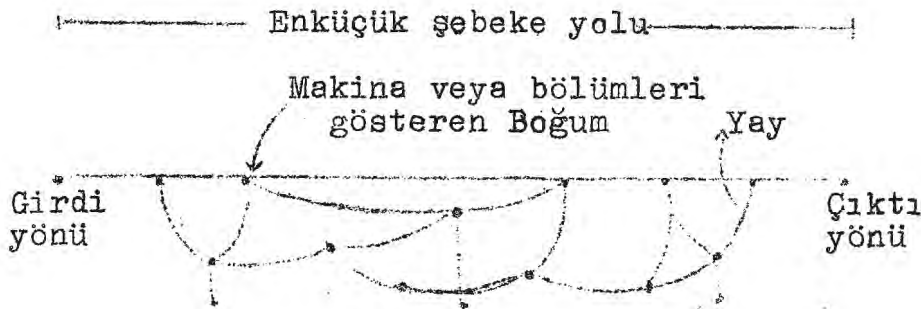
2. Dairenin sol tarafına, belirli bir ürün grubundaki işlemi gösteren ve bir önceki işlemden gelen malzemeyi belirten bir çizgi çizilir,
3. Daireye gelen her bir çizginin üzerine birbirini takip eden iki aşama arasındaki miktar veya toplam işlemin yüzdesi yazılır.
4. Dairenin sağ tarafına, malzemenin süreçlendiğini gösteren bir çizgi çizilir.
5. Bu çizgilerin üzerinde tamamlanan malzeme miktarı veya toplam işlemin yüzdesi yazılır.

Bu beş aşama, bir daire ile gösterilen işlem düzeylerinin çizelgesel gösterimini sağlar. Böylelikle bölümler arası ilişki belirlenmiş olur. Malzeme taşıma uzaklığının azaltılması için her bir bölümün malzeme aldığı ve verdiği bölümlerin bitişiğinde olması gerekeceğinden düzenleme için ilişkiler ayrıntılaştırılmış olunur.

6. Sınama-yanılma yöntemi ile ilk işlem alanından başlayarak, hizmet alınan ve verilen bölümler bu işlem alanının çevresine yerleştirilir.
7. Yerleştirilen her yeni bölüm için 6.aşama, alan gereksinimleri de dikkate alınarak yinelenir. Bu işleme bütün ilgili işlemler arasında ortak sınırlar oluşturuluncaya dek devam edilir,

II.2.3. İp Yöntemi

Bu yöntem, karmaşık bir labirent üzerinde en kısa uzaklık, en az zaman veya en çok kapasiteyi bağlayan yolu bulmaya yarayan bir şebeke yöntemidir.⁽²¹⁾ İp parçalarının birleştikleri düğümlere şebekenin boğumu (Çizim-1), boğumlar arasındaki ip uzunluğuna da yay denir. Yay, var olan düzenlemedeki tesis birimleri arasındaki uzaklığı oransal olarak gösterir. Bu uzunluk, aynı zamanda iş istasyonları arasındaki gezi zamanı, malzeme taşıma maliyeti veya her bir şebeke yayının kapasitesi ile ölçeksel bir ilişkiyi gösterebilir. İp, iki boğum arasında gerildiğinde, boğumlar arasındaki en kısa uzaklık elde edilir. Böylece, değişik işlem sırası içeren değişik düzenlemeler, verilen bir düzenleme ile hızlı bir biçimde karşılaştırılabilir. Kolaylıkla uygulanabildiğinden kullanımı yaygındır.



Çizim-1. İp Yöntemine İlişkin Bir Şebeke Örneği

(21) STARR, s.299.

II.2.4. İki ya da Üç Boyutlu Patron Kullanımı

Üretim bölümlerinin, dolayısı ile iş istasyonlarının fiziksel düzenlemesinde iki veya üç boyutlu patron kullanımı oldukça yaygınlık kazanmıştır. Yeni bir tesis biriminin planlanmasında olduğu kadar var olan bir tesis biriminin yeniden düzenlenmesinde de kullanılır. Bu amaçla, alan kısıtları ölçüsünde bir düzenleme taslağı hazırlanır. Eğer bölüm yerleri tasarlanmış ise bunların dış sınırları, duvarları, geçit ve koridorlar bu taslak üzerinde işlenir. Yeniden düzenlemede de var olan döşeme planı belli bir ölçek ile düzenleme taslağına işlenir. Ardısıra, iki veya üç boyutlu patronlar bu taslak üzerine sına-ma-yanılma yöntemine göre yerleştirilir. Patron veya modellerin döşeme planı veya taslak ile aynı ölçekte olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca, taslak üzerine patronlar yerleştirilirken bu makineleri kullanacak olan işgörenin hareketi, malzemenin makinaya verilmiş ve alınış biçimleri, makinaya ilişkin bakım işlemleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Üç boyutlu patronlara "model"de denilmekte ve yükseklik boyutunun da dikkate alınması ile düzenlemeler görsel açıdan değerlendirilebilmektedir.⁽²²⁾ Patron ve modeller düzenlemeci tarafından ha-

(22) Üç boyutlu patronların kullanım örnekleri için bkz. Herbert F. LUND, "Plant Planning Tools", Factory, Vol.121, No.9 (Eylül-1963), s.86-91.

zırlanamadığı gibi bazı firmalarca da üretilmektedirler. Bu araçların kullanımı ile tüm bir düzenleme fiziksel olarak ayrıntılı bir biçimde göz önünde bulundurulmuş olur. Hareket serbestisinden ötürü makinelerin görece konumları veya konum değişikliğinde diğerlerinin durumu kolaylıkla gözlenebilir. Patronların, modellere kıyasla üstünlüğü, oluşturulan düzenleme seçeneklerinin kolaylıkla çoğaltılabilmemesindedir. Değişik tür düzenlemelerin kopyaları çıkarılır ve herhangi bir ölçüt altında değerlendirilir.

II.2.5. İşlem Sıra Çözümlemesi

İşlem sıra çözümlemesi Elwood S.BUFFA tarafından geliştirilmiş bir işlevsel düzenleme aracıdır.⁽²³⁾ Kullanımı için gerekli veri, üretim bölümlerinin tüm bileşimleri arasında taşınan yüklerin miktarıdır. Bu tür veri, rota kartları ve çizimlerinden özetle alınabilir. Rota kartlarından sırayı, parçaların çizimlerinden ve üretim hızlarından birim zamanda taşınan parça sayısını, başka bir deyişle yük sayısını belirlemek olasıdır. Çözümleme için bölümler arası taşımalar bir çizelgede özetlenir. Aralarında, diğer-

(23) E.S.BUFFA, "Sequence Analysis for Functional Layouts", Journal of Industrial Engineering, Vol.6. No.2(Mart-1955) s.12-13; E.S. BUFFA, Modern Production/Operations Management, 6.B., John Wiley Sons, Inc., New York, 1980, s.493-495.

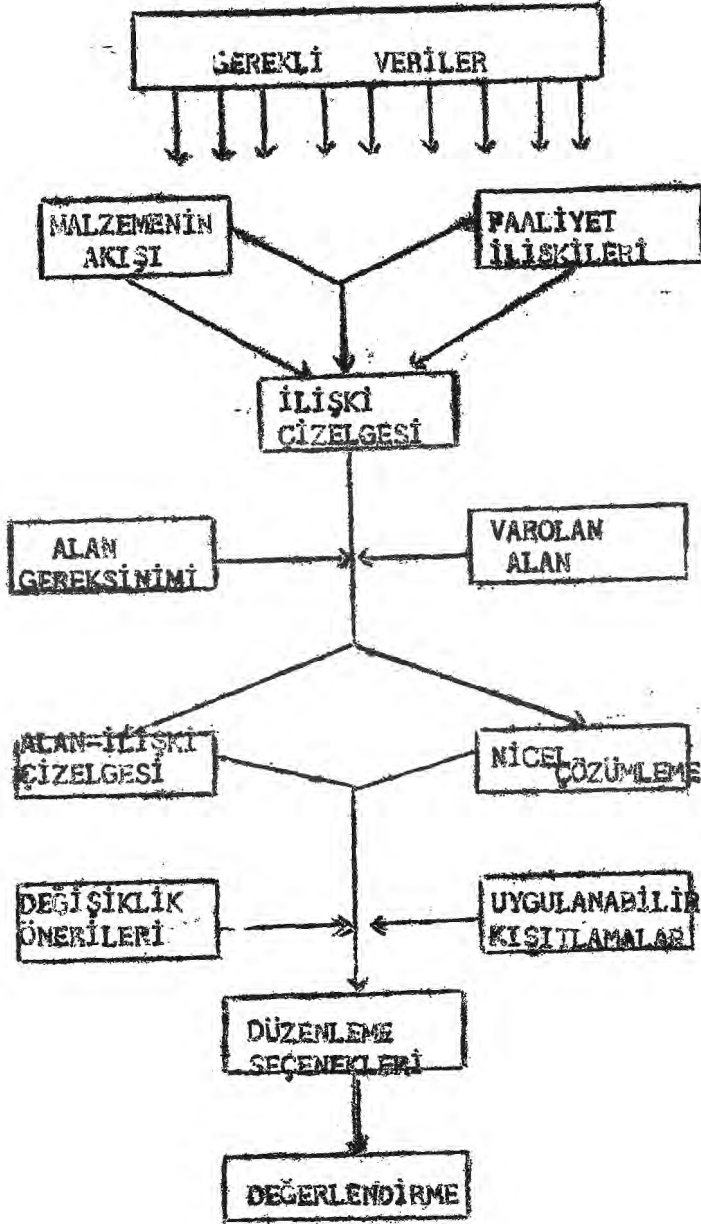
lerine kıyasla fazla taşıma olan bölümler yanyana getirilmek suretiyle başlangıç bir düzenleme yapılır. Bu düzenleme üzerinde komşu olmayan taşımalar belirlenir ve ortadan kaldırılmaya çalışılır. Komşu olmayan taşıma miktarı en aza indirildiğinde, her bir bölümün gereksindiği alan atamaları yapılarak çözümlene sona erdirilir. Yöntem, genelde bir sınıma-yanılma yöntemi olduğundan çözümü eniyiye yaklaştırır, yoksa eniyi çözümü vermez.

II.2.6. Sistematik Yerleşim Düzenleme Planlaması Yaklaşımı

Yerleşim düzenlemesi sorununa düzenli ve örgütlenmiş bir yaklaşım, Richard Muther tarafından 1961 yılında ortaya konulmuş ve literatüre "Sistematik Yerleşim Düzenleme Planlaması" olarak geçmiştir. (24)

Bu yaklaşımda; üretime, ürüne, malzeme ve iletişim akışına, bina özelliklerine ilişkin bilgiler toplandıktan sonra, malzeme akış ile faaliyet çözümlemesi (activity analysis) yapılarak ilişki çizel-

(24) Richard MUTHER, Systematic Layout Planning, Industrial Education Institute, Boston, 1961.



Çizim-2. Sistematik Yerleşim Düzenleme Planlaması Basamakları.

gesi oluşturulur. Alan gereksinimleri de gözönünde bulundurularak alan-ilişki çizelgesi elde edilir.⁽²⁵⁾Bu çizelge üzerinde gerekli değişiklikler ve uygulanabilir kısıtlamalar gözönüne alınarak türlü yerleşim düzenlemeleri tasarımlanır ve belirlenen bir etkinlik ölçütü altında değerlendirilir.

Yaklaşımına ilişkin basamaklar Çizim-2'de verilmiştir.

II.3. Matematiksel Yöntemler

Yerleşim düzenlemesi seçeneklerinin değerlendirilmesine ilişkin geliştirilen matematiksel yöntemler,"Çözümsel(analitik) Yöntemler", ve Bilgisayara Dayalı Özel Algoritmaları Yöntemler" olmak üzere iki grupta incelenebilir.

(25) Örnek için bkz., Richard MUTHER, "Planning For New Facilities and Modification to Existing Facilities", içinde: LEWIS-MARRON, Facilities and Plant Engineering Handbooks, s.29-38; Richard MUTHER ve John D.WHEELER, "Simplified Systematic Layout Planning", Factory, Vol.120, No.8(Ağustos-1962), s.68-77.; Richard MUTHER ve John D.WHEELER, "Simplified Systematic Layout Planning", Factory, Vol.120, No.9(Eylül-1962), s.111-119; Richard MUTHER ve John D.WHEELER, "Simplified Systematic Layout Planning", Factory, Vol.120, No.10(Ekim-1962), s.101-113.

Çözümsel yöntemlerde, sorun koşullarında belirlenen bir etkinlik ölçütüne göre eniyi çözüm araştırılır. Başka bir deyişle, sorun koşullarında geliştirilen çözüm eniyi(optimum)dir.

Bilgisayara dayalı özel algoritma içeren yöntemlerde ise alt-eniyileme söz konusudur. Başka bir deyişle, ulaşılan çözüm eniyi olmayıp, eniyiye yakın, iyice bir çözümdür. Bu guruba giren yöntemlerin her biri için özel, sezgisel algoritmalar söz konusudur.

Bilgisayara dayalı özel algoritma içeren yöntemler, eniyilemeye çalıştıkları amaç fonksiyonlarına göre, "Niceliksel Yöntemler" ve "Niteliksel Yöntemler" olmak üzere iki grupta toplanmaktadır.

Niceliksel olanlar, gezi çizelgesinde özetlenen bilgiler yardımı ile malzeme taşıma ya da iletişim maliyetleri gibi nicel olarak ölçülebilen değerleri enküçüklemeye yöneliktirler.

Niteliksel olanlar ise, ilişki çizelgesine dayalı yakın konumlandırma istek düzeyleri gibi nitel ölçütlere niceliksel ağırlık verilmek suretiyle yakınlık düzeylerinin enbüyüklenmesi amacına yöneliktirler.

İzleyen kesimde, guruplara ilişkin belli başlı yaklaşımlar incelenecektir.

II.3.1. Çözümsel Yöntemler

II.3.1.1. Moment Uygulamalı Gezi Çizelgesi Yöntemi

Gezi çizelgeleri, yol haritalarının kilometre çizelgelerine benzerler. Literatürde bu araçlara "From-to chart", "cross-chart" denildiği de görülmektedir. Yerleşim düzenlemesinde kullanılan biçiminde, herhangi bir tesis biriminden(bölüm, makina, tezgâh) diğerlerine olan hareket yönü gösterilmek amaçlanmıştır. Gezi çizelgesindeki sayılar, iki işlem merkezi arasındaki uzaklık veya taşınan malzeme miktarını gösterir. Kullanım amacına göre bu sayılar, taşıma yoğunluğu veya maliyet ağırlıklarını da gösterebilir.

Önceleri malzeme akış çözümlerinde kullanılan bu yöntem, geleneksel olarak yerleşim düzenlemesinde temel bir araç olarak kullanılmaktadır. Özellikle, malzeme akışına dayalı yöntemlerde başlangıç çözüm için bir basamak oluşturmaktadır. Gezi çizelgeleri, gerekli giriş verilerini matris biçiminde özetleme kolaylığından ötürü kullanım yaygınlığı kazanmıştır.

Yerleşim düzenlemesinde gezi çizelgesi kullanımını için aşamalar şunlardır: (26)

-
- (26) Wayland P. SMITH, "Travel Charting-First Aid in Plant Layout", Journal of Industrial Engineering, Vol.6, No.1, (Ocak, 1955) s. 13-15, 26; Robert W. LLEWELLYN, "Travel Charting With Realistic Criteria", Journal of Industrial Engineering, Vol.9, No.3 (Mayıs-Haziran, 1958), s.217-220; Marshall SCHNEIDER, "Cross Charting Techniques as a Basis for Plant Layout", Journal of Industrial Engineering, Vol.11, No.6 (Kasım-Aralık 1960), s.478-483.

1. Çözümlemenin gerektirdiği kısıtların belirlenmesi,
2. Çözümlemede kullanılan varsayımların belirlenmesi,
3. Gerekli verilerin seçimi,
4. İşlem sıralarının belirlenmesi,
5. Varsayımlara uygun verilerin çözümlenmesi ve gezi çizelgesinin hazırlanması,
6. Yerleşim düzeninin çizimi,
7. Düzenlemenin etkinliğinin analizi,
8. 5.aşamanın 7.ye göre uygulanması.

Ürünlere ilişkin işlem sıraları bilindiğinde, her bir ürün için gerekli bölüm sıraları sayılarak gezi çizelgesi oluşturulur. Sözgelimi, A ürünü için sırasıyla 1,2 ve 3 no.lu bölümlerden, B ürünü içinde 2,3,6 no.lu bölümlerden geçilmesi durumunda, gezi çizelgesinde 1-2 birleşimi 1, 2-3 birleşimi 2 ve 3-6 birleşimi ise 1 değerini kazanır. Benzer biçimde tüm ürünlere ilişkin işlem sıralarındaki komşu bölümler dikkate alınarak, her bir bölüm birleşimi için toplam değerler oluşturularak gezi çizelgesi hazırlanır. Çizelge-1'de genel gösterimi verilen gezi çizelgesi yardımı ile yer-

leşim düzenlemesi etkinliğinin araştırılması aşamasında "moment yöntemi"⁽²⁷⁾ kullanılır.

Gezi çizelgesi yönteminde, bölümler arası hareket sayıları enaza indirgeyerek, bölümlerin uygun konum yerlerini belirlemek amacı ile yapılan moment uygulamasında izlenen yol şöyledir.

1	2	3	4	5	...	n	
1	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	...	X_{1n}	$\sum X_{1j}$
2	X_{21}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	...	X_{2n}	$\sum X_{2j}$
3	X_{31}	X_{32}	X_{34}	X_{35}	...	X_{3n}	$\sum X_{3j}$
4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{45}	...	X_{4n}	$\sum X_{4j}$
5	X_{51}	X_{52}	X_{53}	X_{54}	...	X_{5n}	...
...
...
m	X_{m1}	X_{m2}	X_{m3}	X_{m4}	...	X_{mn}	$\sum X_{mj}$

Çizelge-1. Gezi Çizelgelerinin Genel Gösterimi.

(27) Moment kavramı "mekanik"teki anlamı ile kullanılmıştır. Gezi çizelgesinde kullanılma amacı ise geriye doğru hareketlerin ileriye doğru hareketlere kıyasla daha ağırlıklı olacağını vurgulamak içindir. Moment uygulamalı gezi çizelgesi yöntemi için bkz. Melih KOÇER, Fabrika Organizasyonu ve Dizaynı. 2.B. Güven Kitabevi, Ankara, 1974, s.178-184.

Gezi çizelgesindeki IK çaprazı(ana köşegen) temel alınarak diğer çaprazların oluşturdukları moment miktarları hesaplanır. Birinci çapraz üzerinde bulunan değerler komşu bölümler arasındaki hareketleri gösterdiğinden, değerler toplamı 1 ile çarpılır

($\sum X_{i,i+1}$ ler toplamının 1.ile çarpımı). İkinci çapraz için $\sum X_{i,i+2}$ değerini 2 ile, üçüncü çapraz için $\sum X_{i,i+3}$, 3 ile ve diğer çaprazlar için de aynı biçimde değerler elde edilerek, ileriye doğru hareketlere ilişkin toplam moment değeri bulunur. Öte yandan, ana köşegenin altındaki değerler, geriye doğru hareketleri gösterdiğinden, moment hesaplamalarında belli bir ağırlıkla(genellikle 2) ağırlıklandırılarak dikkate alınır. Bu durumda, ana köşegenin altındaki birinci çapraz üzerindeki değerler toplanarak ($\sum X_{i+1,i}$) önce belirlenen ağırlık ile sonra da 1 ile çarpılır. Benzer biçimde, ikinci çapraz üzerindeki değerler toplamı ($\sum X_{i+2,i}$) önce ağırlık ile daha sonra da 2 ile çarpılarak adigeçen çapraza ilişkin moment değeri bulunur. Tüm çaprazlara ilişkin elde edilen moment değerleri toplanarak başlangıç düzenlemeye ilişkin toplam moment değeri belirlenir. Var olan düzenlemenin iyileştirilmesi için geriye dönüşleri enküçük kılmak, başka bir anlatımla, toplam moment değerini olabildiğince azaltmak gerekeceği açıktır. Bu amaçla, enbüyük moment değeri içeren ikili birleşim dikkate alınarak,

değeri oluşturan bölümler yanyana konumlandırılır. Yeni düzenlemeye ilişkin hareket sayıları gezi çizelgesinde özetlendikten sonra, moment hesaplama işlemleri yinelenir. Yöntem, en son toplam moment değeri azaltılamayınca dek yinelenir.

Moment uygulamasına başvurmaksızın gezi çizelgesi yöntemi aşağıdaki gibi genelleştirilmektedir: (28)

- "1. Ürün veya ürün gruplarının işlem sıralarına ve miktarlarına ilişkin veriler toplanır,
2. Varolan bina kısıtları göz önünde bulundurularak uygun bir başlangıç düzenleme yapılır.
3. Başlangıç düzenlemeye ilişkin uzaklık ve yük matrisleri hazırlanır. Karşı gelen elemanlar çarpılarak uzaklık-yük ortak matrisi elde edilir.
4. Bu matris içerisinde, ana köşegenden uzaktaki kritik taşımalar belirlenir,
5. Mümkün gelişimleri araştırmak üzere bu kritik taşımalar değerlendirilir. Bu amaçla, ya bölüm merkezlerinin yerleri veya alanları, ya da ürüne ilişkin işlem sıraları değiştirilir,
6. Uzaklık-yük matrisi ve düzenleme daha fazla bir gelişmenin önemsiz veya belirlenemez bir duruma gelinceye dek irdelenir".

II.3.1.2. NOY Yöntemi

Noy, sürece göre düzenlenmesi planlanan bir işyerinde, çeşitli parçaların(ürünlerin) süreçlenmesindeki işlem sıralarını göz önüne alarak üretim bölümlerinin düzenlenmesine yönelik

(28) REED, Plant Location..., s.124-125.

bir yöntem geliştirmiştir. Yöntem, üretim bölümlerinin doğrusal bir hat üzerinde konumlandırıldığını varsayar. Yönteme ilişkin girdiler, süreçlenecek parçaların yıllık üretim miktarları, her bir taşıma işleme ilişkin standart yük miktarı⁽²⁹⁾ ve ürünlerin süreçlenmesindeki işlem sıralarına ilişkin bilgilerden oluşur.

Yöntemdeki ilk aşama, her bir parça için gerekli işlem sıralaması ve bu sıralamanın oluşturacağı yıllık yük sayısının bir çizelge biçiminde özetlenmesidir. Çizelgedeki yıllık yük sayıları(P_i), her bir ürüne ilişkin yıllık parça üretiminin($Ü_i$), o ürüne ilişkin standart yük miktarına(S_i) bölünmesi ile elde edilmektedir.⁽³⁰⁾ Çizelgede ürünlere ilişkin işlem sıraları, harfler ile kodlanmış bölümler ile gösterilmektedir.

Yöntemde daha sonra, satırları bölümlere ilişkin P_i değerlerini, sütunları ise n kadar aday yerlerini içeren yeni bir çizelge hazırlanır(Çizelge-2).

(29) Parça büyüklükleri değişik olabileceğinden taşımaları standart bir ölçü ile belirlemek gerekir.

(30) Çizelgeler ve sayısal örnek için bkz., MOORE, s.176-179.

<u>Bölümler</u>	Aday Yerler					<u>Toplam</u>
	j= 1	2	3,	n		
A	P_i	P_i	P_i	P_i		$\sum P_i$
B	P_i	P_i	P_i	P_i		$\sum P_i$
C	P_i	P_i	P_i	P_i		$\sum P_i$
.		
.		
.		
.		
n	P_i	P_i	P_i	P_i		$\sum P_i$

Çizelge-2 Noy Yönteminde Kullanılan Çizelge
Örneği.

Çizelgedeki P_i değerleri yıllık yük sayılarını göstermekte olup, bölümlerin her bir ürüne ilişkin işlem sıralamasındaki konumları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Sözgelimi; bir ürüne ilişkin işlem sıralaması temelinde, tüm bölümlerin aday yer sütunlarında karşı gelen hücrelerine o ürüne ilişkin (P_i)ler yazılır. Bu durumda, satır toplamlarınının ($\sum P_i$) o bölüme ilişkin toplam yük miktarını gösterdiği açıktır.

Yöntemin sonraki aşamasında, bölümlerin aday yerlere atanmasına temel oluşturmak üzere "ortanca konum-istem"⁽³¹⁾ değerleri he-

(31)"Demand-Position Mean" deyimi karşılığı olarak kullanılmıştır.

saplanır. Her bir bölüme ilişkin "ortanca konum-istem" değerleri $\sum (j)(P_i) / \sum P_i$ oranı kullanılarak elde edilir. Ardısıra, bölümler en büyük değerden başlanılarak ilişkin oldukları sütunlara, başka bir deyimle, aday yerlere atanırlar. Oranlara ilişkin değerlerin eşit olması durumunda atama önceliği daha fazla toplam yük içeren bölüme verilir.

II.3.1.3. REIS-ANDERSON Çalışması

Reis-Anderson çalışmasında, gezi çizelgesi kullanımına başvurulmadan, düzenleme seçenekleri oluşturulmakta ve her bir seçenek için düzenleme moment oranı kullanılarak seçim yapılmaktadır.⁽³²⁾ Çalışmanın en önemli yanı, üretim miktarı ve taşıma uzaklığını malzeme taşıma yönünden ele alan ilk yaklaşım olmasıdır.

Reis ve Anderson, herhangi bir düzenleme çalışmasında, taşınan malzemelerin ve taşıma uzaklıklarının, üretim sürecinde görece önemlerinin olması gerekeceği düşüncesinden hareketle; her bir taşımaya ilişkin ayrı düzeltme faktörü kullanarak, üretim, taşıma miktarı ve bölümler arası uzaklık ile ilgili toplanan bilgileri yeniden

(32) Irwin, L., REIS, Glenn E., ANDERSON, "Relative Importance Factors in Layout Analysis", Journal of Industrial Engineering, Vol.11, No.4 (Temmuz-Ağustos 1960), s.312-316.

değerlerler. Çalışmada, başlangıç düzenlemenin moment oranı bir(1) sayılmak koşulu ile, seçenek moment oranları karşılaştırılarak en büyük değerdeki seçilmektedir. Düzeltme faktörü kullanımında, üretim miktarı en fazla olan ürün ve üretim akışının tersine taşımalar öncelik taşımakta ve bu faktör tüm seçeneklerde aynı kalmaktadır. Bölümler arası uzaklık ölçümlerinde ise bölüm merkezleri esas alınmakta ve koridorlara çıkışların dik olduğu varsayılmaktadır.

Reis ve Anderson'in çalışmalarında önerdikleri yöntemi şöylece özetleyebiliriz: Önce, alan bilgilerini kullanarak bir düzenleme planı oluşturulur. Bu plana bölüm merkezleri ve koridorlar yerleştirilir. Daha sonra üretime ilişkin ürün işlem sıraları, birim yük ve taşıma miktarları çizelge biçiminde özetlenir. En çok üretilen ürün ve işlem sıralamasındaki geriye malzeme akışlarına ilişkin düzeltme faktörleri belirlenerek, bölümler arası yük akışları ve uzaklıklar düzeltilmiş değerleri ile birlikte çizelgelenir. Bölümler arası taşımaya ve uzaklık çarpılarak momentler hesaplanır. Başlangıç düzenlemenin toplam momenti bulunur. Daha sonra, en fazla moment içeren bölümler yeni bir düzenleme seçeneğinde yan yana konumlandırılarak bunun düzenlemeye etkisi araştırılır. Elde edilen yeni toplam moment, başlangıç toplam momentine oranlanarak son düzenlemeye ilişkin moment oranı bulunur. Seçenekler arasında en büyük

moment oranı içeren düzenleme belirlenerek, en iyi düzenleme olarak seçilir.⁽³³⁾

II.3.1.4. Oyun Yöntemi

Kase ve Nishiyama tarafından geliştirilen bu yöntem büyük ölçüde Reis-Anderson çalışmasına dayanır.⁽³⁴⁾Yönteme ilişkin giriş verileri ve bunlara ilişkin varsayımlar aynıdır. Ayrıca karşılıklı değiştirilen bölümlere ilişkin, uzaklık ve orantılı değişim maliyeti hesaplanır ve toplam maliyete eklenir. Değişim maliyeti, değiştirilen bölümlerin alanı ile bu bölümler arasındaki uzaklık çarpımı ile ölçülür. Yöntemin literatürde oyun modeli olarak nitelendirilmesinin nedeni, soruna çözüm araştırılırken yaklaşım biçiminin oyun şeklinde olmasındandır. Sorunu tam kavramış katılımcılar ile soruna ilişkin verileri açıklayan gerektiğinde değiştirilebilen hakem konumundaki bir kişi, oyun grubunu oluştururlar. Oyunculara standart formlar verilir. Bu formlardan biri bina boyut-

(33) Sayısal örnek için bkz., A.g.m., s.314-315.

(34) Shigeo KASE, Noriyuki NISHIYAMA, "An Industrial Game Model for Factory Layout", Journal of Industrial Engineering, Vol. 15, No.3(Mayıs-Haziran 1964), s.148-150.

larına, bir diğeri ise maliyet hesaplamalarına ilişkindir. Maliyet formunda sırasıyla ürün adı, taşımanın yönü, uzaklık, ağırlık faktörü(çarpan), birim yük ve maliyet kolonları bulunur.(35)

Yöntemde katılımcılara sorun tüm ayrıntıları ile anlatılarak, ürün çeşitleri ve bunlara ilişkin üretim sıraları bölüm sayısı ve alan gereksinimleri, birim zamanda taşınan yük bilgileri verilir. Her bir katılımcı, bina boyutlarına ilişkin standart form üzerinde bölümleri yerleştirir. Daha sonra bölümler arası uzaklıkları ölçerek, maliyet formundaki uzaklık kolonuna işler. Belirlenen taşıma yönüne göre her bir taşımayı ağırlandırarak, bu faktörü çarpan kolonuna işler. Bölümler arası taşınan yük miktarı da ilgili kolona işlendikten sonra her bir taşımaya karşı gelen uzaklık, çarpan ve yük değerleri çarpılarak maliyet değerleri bulunur. Ardısıra bu değerler toplanarak her bir seçenek için toplam maliyet değeri elde edilir. Bu aşamadan sonra hakem konumundaki kişi tarafından olası üretim değişiklikleri durumunda yeni yük verileri açıklanır ve her bir katılımcıdan bu koşullar altında başlangıç düzenlemenin değerlendirilmesi ve olası geliştirme olanaklarının araştırılması istenir. Bu aşamada, yerleri değiştirilen bölümler için değişen uzaklık ile bölümlerin alanları çarpılarak değişim maliyeti hesaplanır ve

(35) Adıgeçen formlar için bkz., A.g.m., s.149.

başlangıç düzenlemeye ilişkin toplam maliyet değerine eklenir. Seçenekler arasında en az maliyet değeri içeren ale alınarak, bu seçeneği ortaya koyan katılımcının geliştirdiği yaklaşım biçimi veya politikalar tartışılır ve en yararlı düzenleme, gereksinimleri ile birlikte elde edilmiş olunur.

II.3.1.5. Atama Yöntemi

Bu yaklaşımda işyeri alanı bölümlere ayrılır. Sonra, herbir bölümden diğer tüm bölümlere taşınan yük için zaman veya uzaklık ölçülür. Herhangi iki bölüm arasındaki taşımaya ilişkin maliyet etmenini gösteren bir matris hazırlanır. Matris örneği aşağıdaki gibidir.

	A	B	C	D
A	.	X_{AB}	X_{AC}	X_{AD}
B	X_{BA}	.	X_{BC}	X_{BD}
C	X_{CA}	X_{CB}	.	X_{CD}
D	X_{DA}	X_{DB}	X_{DC}	.

Aynı bölüm içerisindeki taşımalar önemsiz varsayıldığından, matriste karşı gelen elemanlar kapatılmıştır. Genel bir kural ola-

rak, matris bakışık olmalıdır. Başka bir deyişle, A ile B arasındaki uzaklık, B ile A arasındaki uzaklığa eşittir. Tek yönlü iletişim kullanımı veya yerçekimi, meyil gibi etmenler bu eşitliği bozar. Aslında, bu uzaklığı eşit varsaymak, getireceği birtakım hesaplama kolaylığından ötürüdür. Eniyi düzenlemeyi belirlemek için, enküçük gezi yolunu içeren bir kapalı çevrim(closed-loop) elde edilmelidir. Çözüm basamakları, atama yöntemi ile aynıdır.⁽³⁶⁾ Çözümün ulaşılması için her kolon ve her sırada tek sıfır bulunmalıdır. Başka bir deyişle, n bölüm içeren bir matriste yukarıdaki koşulu sağlayan enaz n sıfır bulunmalıdır.⁽³⁷⁾

Çözümün ulaşıldığında, kapalı çevrimin oluşup oluşmadığı araştırılmalıdır. Örneğin, aşağıdaki matris çözümünde elde edilen sonuç doyurucu değildir. En iyi çözümün iki kapalı çevrimden oluştuğu görülür. Çözümüne göre ürün A dan B ye, B den de tekrar A ya götürülmelidir. Aynı şekilde ürün C den D ye, sonra tekrar C ye götürülmelidir.

(36) Atama yöntemine ilişkin algoritma ve yerleşim düzenleme örneği için bkz: HICKS, s.137-144; WILD, s.560-564.

(37) Çözüm koşullarını sağlayan n den fazla sıfır bulunabilir. Fazla sıfırlar değişik çözümlere olanak sağlarlar, ancak eniyi çözüm için gerekli değildirler.

dir. A ve B ile C ve D arasında bir ilişki kurulmamıştır. Dolayısıyla ile doyurucu değildir.

	A	B	C	D
A	.	0		
B	0	.		
C			.	0
D			0	.

Doyurucu bir kapalı çevrim içeren çözüm şöyle olabilir:

	A	B	C	D
A	.		0	
B		.		0
C		0	.	
D	0			.

Genellikle bu tür sorunlarda zorunlu girdi(alma) ve çıktı(gönderme) kapıları vardır. Çeşitli şebeke bileşimleri bu kapılar arasında oluşturulur. Yukarıdaki örnek matriste de A alma, D ise gönderme kapısıdır. Çözüm, kapalı çevrim içerdiğinden doyurucudur. Genel bir kural olarak, kapalı çevrim elde etmek için çıktı kapısını doğrudan girdi kapısına bağlayan konuma(örnekte X_{DA}) daha başlangıçta bir sıfır atama yapılmalıdır.

Eğer atama yöntemi gereken kapalı-yol sıralamasını ortaya koymazsa, iki veya daha fazla yarı-çevrim ile bağlantılar eklemek biçiminde kapalı çevrim oluşturulur. Ayrıca, matrisin atama yapılması istenmeyen bölümüne, yüksek maliyet verilmesi biçiminde de bir yola başvurulabilir. Böylelikle, yarıçevrimler açılmaya zorlanabilir ve diğer yarı çevrimlerle birleştirilebilir.

II.3.1.6. WIMMERT Yöntemi

Wimmert, yerleşim düzenlemesinde makinelerin yerleştirilmesi sorununa ilişkin olarak önerdiği yönteminde, geleneksel atama sorunlarının çözümüne kıyasla değişik bir yaklaşım biçimi geliştirmiştir.⁽³⁸⁾ Yöntemin içerdiği varsayımlar; maliyetin uzaklık ile doğru orantılı olduğu, bölüm yerlerinin birbirleri ile değiştirebileceği ve iki bölüm arasındaki uzaklığın hareketin yönü ile bağlı olmadığı biçimindedir. Yöntemin kullandığı girdiler; üretim miktarı, bölüm yerleri, bölümler arası uzaklık ve bölümler arası taşınan yük miktarına ilişkin bilgilerdir.

Wimmert yönteminde bölümler arası taşıma miktarı ve uzaklık bilgileri özel bir matris üzerinde özetlenir. Çizelge-3'de verilen özel matrisin sıra başlıkları, taşıma miktarlarını gösteren

(38) R.J.WIMMERT, "A Mathematical Method of Equipment Location", The Journal of Industrial Engineering, Vol.9, No.6 (Kasım-Aralık 1958), s.498-505.

A_i ($i= 1,2,\dots,n$)leri azalan sırada ve sütun başlıkları da bölümler arası uzaklıkları (B_j) artan sırada gösterecek biçimde düzenlenmiştir. Matrisin her bir hücresinde, $X_{ij} = A_i \cdot B_j$ değerleri bulunur. A_i ve B_j değerleri ikili birleşimleri gösterirler. Sözgelimi, aday yerler arasında en büyük uzaklık içeren ikili birleşimi B_n hücre-sine, aralarında en büyük taşıma miktarı içeren ikili birleşim de

	B_1	B_2	...	B_j	...	B_k	...	B_{n-1}	B_n
A_1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	...	$X_{1,j}$	...	$X_{1,k}$	...	$X_{1,n-1}$	$X_{1,n}$
A_2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	...	$X_{2,j}$	...	$X_{2,k}$	...	$X_{2,n-1}$	$X_{2,n}$
⋮									
A_m	$X_{m,1}$	$X_{m,2}$	...	$X_{m,j}$	...	$X_{m,k}$	...	$X_{m,n-1}$	$X_{m,n}$
⋮	⋮	⋮		⋮		j		⋮	⋮
A_i	$X_{i,1}$	$X_{i,2}$		$X_{i,j}$		$X_{i,k}$		$X_{i,n-1}$	$X_{i,n}$
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮		⋮	⋮
A_n	$X_{n,1}$	$X_{n,2}$		$X_{n,j}$	...	$X_{n,k}$	...	$X_{n,n-1}$	$X_{n,n}$

Çizelge-3. Wimmert Yönteminde Kullanılan Matris Örneği.

A_1 hücresine yazılacaktır. Bu durumda, A_1 sırası için en küçük de-ğerin $X_{1,1}$ hücresinde, en büyük değer ise $X_{1,n}$ hücresinde bulu-

nacağı açıktır. Başka bir anlatımla $X_{i,1}$ $X_{n,n}$ asal köşegeninden uzaklaştıkça X_{ij} değerlerinin artacağı ve en uzak köşegen üzerindeki $X_{1,n}$ değerinin de en büyük olacağı açıktır.

Yöntemde, en küçük $\sum X_{ij}$ değerini veren atama biçimi araştırıldığından, asal köşegenden en uzaktaki köşegen üzerindeki en büyük değerlerin çözüme girmemesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla, önce X_{ij} lerin $n!$ kadar olan tüm birleşimleri listelenir. Ardısıra, matrisin kuzey-doğu köşesinden başlamak üzere, köşegenler üzerindeki en büyük değerler sırası ile çözüm dışı bırakılır. Böylelikle, arzu edilmeyen ikili birleşimleri içeren seçenekler ayıklanmış olunur. Yöntem tek bir seçenek kalıncaya dek yinelenir. (39)

II.3.1.7. Düzey Eğrileri Yöntemi

A.E.Bindschedler ve James M.Moore tarafından ortaya atılan ve Richard L.Francis tarafından geliştirilen bu yöntem, varolan bir düzenlemeye yeni bölümlerin veya bir bölüme yeni makina-

(39) Sayısal örnek ve bulunan sonucun en küçük olduğuna ilişkin matematiksel kanıtlama için bkz., A.g.m., s.502-505.

ların yerleştirileceği durumlarda, bunlara ilişkin eniyi konum yerlerinin belirlenmesi amacı ile kullanılır. (40) Yöntemde temel mantık, varolan ve eklenecek tesis birimleri arasında eşdeğer maliyet eğrilerinin geliştirilmesidir. Daha sonra, en küçük değerli eşit maliyet eğrisi içinde bulunan aday yer, yeni tesis biriminin konum yeri olarak belirlenir. Yöntemin kullanılabilmesi için, varolan düzenlemenin, yeni tesis biriminin konumlandırılabilceği aday yerlerin, yeni ve varolan birimler ile bunların birleşimlerinin gerektirdiği işlem ilişkilerinin bilinmesi gereklidir.

Yöntemde kullanılan ölçüt malzeme taşıma maliyetleridir. Yeni tesis biriminden diğerlerine giden ve gelen malzemenin bilinmesiyle, düzenleme içinde her nokta için sayısal bir değer bulunur. Sayı-

(40) Andre E.BINDSCHEDLER ve James M.MOORE, "Optimal Location of Nef Machines in Existing Plant Layouts", Journal of Industrial Engineering, Vol.12, No.1(Ocak-Şubat,1961), s.41-47; Richard L.FRANCIS, "A Note on the Optimal Location of New Machines in Existing Plant Layouts", Journal of Industrial Engineering, Vol.14, No.1(Ocak-Şubat 1963), s.57-59; Richard L.FRANCIS, "On the Location of Multiple New Facilities with Respect to Existing Facilities", Journal of Industrial Engineering, Vol.15, No.2 (Mart-Nisan, 1964), s.106-107.

sal değer, o noktadan giden ya da o noktaya gelen malzemelere ilişkin toplam malzeme taşıma maliyetlerini gösterir. Sözelimi; bir makinadan oluşan bir düzenleme için, hareketin doğrusal ve maliyetin uzaklıkla doğru orantılı olduğu varsayımında, 20 m. ötedeki bir konum, 40 m. ötedekine kıyasla iki kat daha iyidir. Böylece, düzenleme içinde birçok noktaların maliyetleri hesaplanabilir ve eşit maliyetli bu noktalar birleştirilerek, eş-maliyet eğrileri oluşturulur.

Varolan düzenleme bir koordinat sistemine yerleştirildiğinde, aday yerlere ilişkin sayısal değerler, taşımada doğrusal hareket kullanıldığı varsayımı altında;

$$C_{ij} = \sum_{i=1}^n \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \cdot v_i$$

eşitliği ile bulunur. Eşitlikteki v_i , o noktaya ilişkin taşıma yükünü göstermektedir. Hareketin dikdoğrusal(rectilinear) olması durumunda eşitlik;

$$C_{ij} = \sum_{i=1}^n (|x-x_i| + |y-y_i|) \cdot v_i$$

biçiminde olur.

Taşımada kullanılan hareket biçiminin belirlenmesi ile yukarıdaki eşitliklerden uygun olanı kullanılarak, düzenlemenin yerleştirildiği koordinat sistemi üzerinde eşit maliyet değeri içeren noktalar birleştirilir, Elde edilen eş-maliyet eğrilerinden en düşük değerde olanın geçtiği ya da kestiği aday yer en uygun konum yeri olarak belirlenir. (41)

II.3.1.8, GILMORE-LAWLER Yöntemi

Yöntem; P.C.Gilmore ve Eugene L.Lawler adlı araştırmacılar tarafından ayrı çalışmalar biçiminde yayınlanmasına karşılık, (42) içerdikleri aynı olduğundan ilgili literatürde Gilmore-Lawler yöntemi olarak anılmaktadır.

Yöntem, Koopmans-Beckmann (43) tarafından formüle edilen kareli atama sorununun, yerleşim düzenlemesi sorununa uyarlanması ve çözüm

(41) Sayısal örnek için bkz. REED, Plant Location..., s.150-152.

(42) P.C.GILMORE, "Optimal and Suboptimal Algorithms for the Quadratic Assignment Problem", Journal of Society of Industrial and Applied Mathematics, Vol.10, No.2 (Haziran-1962), s.305-313; Eugene L.LAWLER, "The Quadratic Assignment Problem", Management Science, Vol.9, No.4 (Temmuz-1963), s.586-589.

(43) T.C.KOOPMANS ve M.J.BECKMANN, "Assignment Problems and the Location of Economic Activities", Econometrica, Vol.25, (1957), s.52-76.

aşamalarının geliştirilmesine yöneliktir.

Koopmans-Beckmann'ın ortaya attıkları sorun, n sayıdaki fabrikanın n sayıdaki yerleşim bölgesine fabrikalar arası taşıma maliyetini enküçükleyecek bir biçimde atanması olayıdır. Sorunda;

d_{jg} : j yerinden g yerine bir birim malın taşınması maliyetini,

t_{ip} : i fabrikasından p fabrikasına taşınan mal sayısını

göstermek üzere nxn boyutlarında $D = |d_{jg}|$ ve $T = |t_{ip}|$ matrisleri verilmekte ve her bir atamaya ilişkin,

$x_{ij} = 1$ (i fabrikası j yerine atanırsa)

$= 0$ (atanmazsa),

durumlarını içeren nxn boyutlarında $X = |x_{ij}|$ matrisinin kullanılması ile,

$$E = \sum_{\text{enküçük}} t_{ip} d_{jg}$$

amaç fonksiyonu araştırılmaktadır.

GILMORE-LAWLER yönteminde ise, $t_{ip} d_{jg} = C_{ijpq}$ biçimine dönüştürülerek, başka bir deyişle, C_{ijpq} , "j yerindeki i bölümünden, q yerindeki p bölümüne taşımanın maliyeti"ni göstermek üzere kullanılarak

$$\sum_{ij} \sum_{pq} C_{ijpq} X_{ij} X_{pq}$$

amaç fonksiyonunu enküçükleyen $X = |X_{ij}|$ çözüm matrisi araştırılmaktadır. Bu amaçla, ilk olarak $X_{ij} X_{pq} = Y_{ijpq}$ olmak koşulu ile kareli atama sorunu doğrusal atama sorununa dönüştürülmekte ve Y_{ijpq} , $n^2 \times n^2$ biçiminde Y matrisi olarak düzenlenmektedir. (44) Ardı sıra, Y matrisine ilişkin $C^{(ij)}$ minörleri elde edilmektedir. Her bir minörün oluşturduğu maliyet matrisi; "eğen iki vektör, biri artan diğeri azalan sırada düzenlenirse, karşı gelen elemanlar çarpımları toplamı enküçük olur" kuralı ilk çözümlere ilişkin enküçük maliyet değerleri, f_{ij} , oluşturulur. $F = |f_{ij}|$ doğrusal atama matrisinin çözümü ile de, soruna ilişkin enküçük maliyet değerli atama biçimi elde edilir.

GILMORE-LAWLER yöntemi eniyi sonucu garanti etmesine karşın, bölüm sayısı 6 dan büyük olduğunda hesaplama gücünden ötürü soruna çözüm getirememektedir. Zira, sorun koşullarında değerlendirilmesi gereken seçenek sayısı, bölüm sayısının faktöryeli kadar olmaktadır.

Hesaplama gücünün üstesinden gelmek üzere soruna aynı bakış açısı ile yaklaşan bilgisayara dayalı, ancak her biri değişik algoritma içeren yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden başlıcaları izleyen kesimde incelenmiştir.

(44) Y matrisinin $n^2 \times n^2$ biçiminde düzenlenmesine ilişkin matematiksel temel ve teoremler için bkz. LAWLER, s.592-595.

II.3.2. Bilgisayara Dayalı Özel Algoritmali Yöntemler

Yerleşim düzenlemesi sorununun seçeneklerin değerlendirilmesine ilişkin çözüm aşamasında, seçeneklerin değerlendirilmesine ilişkin hesaplama güçlüğünden ötürü bilgisayar kullanımı kaçınılmaz olmaktadır. Bilindiği gibi, sorun koşullarında değerlendirilmesi gereken seçenek sayısı, aday yer ya da varolan yerleşim birimleri sayısının faktöryeli kadardır. Örneğin, bölüm sayısının 20 olduğu bir yerleşim düzenlemesi sorunda, 20 faktöryel, başka bir deyişle, 608 trilyon seçenek düzenleme bulunmaktadır. Günümüzdeki en hızlı bilgisayarlar ile dahi tüm seçenekleri değerlendirerek bir kıyaslama yapmak ve aralarından "eniye" olanı seçmek yıllar alır. Bir araştırmaya göre;⁽⁴⁵⁾ IBM-7090 bilgisayarında 8 bölümlü bir sorun yarım dakikada, 12 bölümlü bir sorun 55 saatte, 15 bölümlü bir sorun ise yaklaşık 50 yılda çözülebilmektedir. Bu nedenle, eniyi yerine iyice(suboptimal) sonuçlara ulaşan sezgisel yöntemlere başvurmak kaçınılmaz olmaktadır. 1960'lı yıllardan günümüze dek, soruna ilişkin bilgisayara dayalı birçok yöntem geliştirilmiştir.

(45) C.E.NUGENT, T.E.VOLLMANN, J.RUML, "An Experimental Comparison of Techniques for the Assignment of Facilities to Locations", Operations Research, Vol.16, No.1(Ocak-Şubat, 1968), s.152.

Sözü edilen yöntemler niceliksel ve niteliksel olmak üzere sınıflandırılarak incelenecektir.

II.3.2.1. Niceliksel Yöntemler

Bu guruba giren yöntemlerde temel özellik, eniyilemeye çalıştıkları amaç fonksiyonunun ölçülebilir değerler ile oluşturulmasına yönelik olarak gezi çizelgelerini kullanmalarıdır. Başka bir deyişle, adigeçen yöntemler; bölümler arası taşıma sayısı, uzaklık taşıma maliyetleri ya da iletişim maliyetlerine ilişkin bilgileri gezi çizelgesi biçimindeki bir matris ile özetleyerek kullanırlar.

Adigeçen bilgiler yardımı ile amaç fonksiyonunun enküçüklenmesine yönelik olarak geliştirilen yöntemlerden başlıcaları şunlardır:

i. CRAFT

CRAFT, ilk kez Armour ve Buffa tarafından ortaya atılmış,⁽⁴⁶⁾ sonraları Armour, Buffa ve Vollmann tarafından geliştirilerek uygulanmıştır.⁽⁴⁷⁾

(46) Gordon C.ARMOUR, Elwood S.BUFFA, "A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Location of Facilities", Management Science, Vol.9, No.2, 1963, s.294-307.

(47) Elwood S.BUFFA, Gordon C.ARMOUR, Thomas E.VOLLMANN, "Allocating Facilities with CRAFT", Harvard Business Review, Vol,42, No.2(Mart-Nisan 1964), s.135-158.

CRAFT, karmaşık yük akışı içeren fabrika düzenleme sorunlarını sistemli bir biçimde değerlendirmeye yeteneğinde olan bir yöntemdir. Yöntemde kullanılan ölçüt, malzeme taşıma maliyetlerinin en küçüklenmesidir. Bu amaçla; varolan ya da isteğe bağlı bir başlangıç düzenlemenin malzeme taşıma maliyeti hesaplanarak, olanakların çift olarak değiştirilmelerinin bu maliyette ne tür bir değişikliğe neden olacağı araştırılır. Maliyette azaltım sağlayan değişiklikler listelenir. İkili değişimlerin tüm bileşimleri değerlendirildikten sonra en fazla maliyet azaltımı sağlayan ikili değişim belirlenerek gerçekleştirilir. Elde edilen yeni düzenleme, aynı aşamalardan geçmek üzere girdi olarak kullanılır. Yöntemin diğer girdileri ise, bölümlerarası yük matrisi, birim uzaklık matrisi, varsa yeri değiştirilmeyecek yerlere ilişkin bilgilerdir. (48)

Başlangıç düzenlemede verilen bina planı değişmeyeceğinden, bunun sonuncu düzenlemenin biçimini etkileyeceği unutulmamalıdır. Bu nedenle, girdi olarak kullanılan başlangıç düzenleme hazırlanır-

(48) Richard MOTHER, Kenneth Mc PHERSON, "Four Approaches to Computerized Layout Planning", Industrial Engineering, Vol.12, No.2 (Şubat.1970) s.39-42; Ray WILD, Production and Operations Management: Principles and Techniques, Holt, Rinehart, Winston Ltd., Bristol, 1979, s.108-111.

ken bina planına ilişkin bir çözümleme yapılmalıdır.⁽⁴⁹⁾ Başlangıç düzenlemenin belirlenmesine bağlı olarak, bölümlerin sayısı ve gereksindikleri alanların da belirlenmesi gerekir. Bu yöntem ile 40 değişik bölüm; en büyük boyutlar olarak 30x30 ve hiçbir bölüm 75 kareden çok yer kaplamıyacağı varsayımları altında ele alınabilir.⁽⁵⁰⁾

CRAFT'da kullanılan iki gezi çizelgesinden ilki, bölümler arasındaki malzeme taşımayı belirten yük matrisidir. Malzeme akış bilgisi, bölümler arasında belirli bir zaman döneminde yapılan taşıma sayısına göre belirtilir. İkili olarak tüm birleşimler dikkate alınarak matris biçimine sokulur. Maliyet matrisi simetrik değilse bu matrisin de simetrik olması gerekmez. Başka bir deyişle, i bölümünden j bölümüne olan akış ile j bölümünden i bölümüne olan malzeme akış birleştirilmeden kendi hücrelerine ayrı ayrı yazılmalıdır. Karşıt durumda, simetrik yük matrisi elde edilir. CRAFT'da yük verilerinden kesin ve değişmez olduğu varsayılır.⁽⁵¹⁾

(49) M.Hulusi DEMİR, "İşyeri Düzenlemesine CRAFT Algoritmasının Kullanılması", Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt.4, Sayı.1 (Haziran 1981), s.7.

(50) BUFFA, Modern Production/Operations Management, s.496.

(51) Thomas E.VOLLMANN, Elwood S.BUFFA, "The Facilities Layout Problem in Perspective", Management Science, Vol.12, No.10, (Haziran-1966), s.B.452.

Birim uzaklık, taşıma ve birim maliyetler yardımı ile elde edilen ikinci gezi çizelgesi maliyet matrisidir. Tüm ikili tesis birimlerinin birleşimleri arasında birim uzaklığı aşmak için oluşan malzeme taşıma maliyetlerini belirtir. CRAFT'da malzeme taşıma maliyetlerine ilişkin varsayımlar şöyledir: (52)

1. Malzeme taşıma maliyet giderleri bölümlerin atanmış oldukları alanların merkezleri arasındaki dikdoğrusal uzaklığın doğrusal bir işlevidir.
2. Uzaklıkla artan giderler, toplam malzeme taşıma maliyeti üzerinde artan bir etki bırakır.

Maliyet bilgisi, birim uzaklık başına hesaplanacağından uzaklık biriminin, düzenleme taslağındaki bir birim karenin kenar uzunluk birimiyle aynı olması gerekir. Buna göre, düzenleme taslağındaki bir birim kare 25 m^2 yi belirtmek üzere kullanılıyorsa, gezi çizelgesinde yer alacak maliyet elemanları da 5 m. başına maliyet içermelidir. İleteç(conveyor) kullanıldığında maliyet, yük akışının doğrusal bir işlevi olarak değil, ileteç uzunluğu ile orantı-

(52) A.g.m., S.B-453; Kenan ÖZDEN, "İşyeri Düzenlemesinde Quadratic Integer Programlama Modeli ve Bilgisayarla Aoptimal Çözüm Tekniği", E.Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:2, Sayı:1, 1979, s.60.

lı olarak düşünülür. Burada iletelin birim uzunluğunun taslak ölçeğine uygunluk göstermesi sağlanmalıdır.

CRAFT, belirli tesis birimlerinin düzenlemede istenilen yerde değişmeyecek biçimde yer almasına olanak tanır. Bu amaçla, ilgili bölümlere ilişkin bilgiler girdi olarak verilmelidir.

CRAFT'da bölümlerin karşılıklı yer değiştirebilmeleri için ilgili bölümlerin bulunduğu alanlar ya bitişim ya eşit yüzölçümlü ya da ortak üçüncü bir alanla sınırdış olmalıdır.

n : Bölüm sayısı,

V_{ij} : Verilen zaman içinde $i \rightarrow j$ yönünde ve i ve j bölümleri arasında taşınan birim yük miktarı,

U_{ij} : $i \rightarrow j$ yönünde i ve j bölümleri arasında bir birim yükü taşımamanın birim uzaklık başına maliyeti,

d_{ij} : i ve j bölümleri arasındaki uzaklığı,

göstermek üzere kullanıldığında bir düzenleme için toplam malzeme taşıma maliyeti;

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (V_{ij} \cdot U_{ij}) d_{ij}$$

olmaktadır.

Yöntemde, sezgisel algoritma kullanılarak E amaç işlevi enküçüklenmeğe çalışılır.⁽⁵³⁾ Zira, E'yi enküçükleyecek hiçbir pratik matematiksel yöntem yoktur.⁽⁵⁴⁾

CRAFT algoritması şöyle açıklanabilir(Çizim-3): Yöntem, gerekli veriler kullanılarak bölüm merkezlerinin belirlenmesi aşaması ile başlar. Sonra uzaklık matrisi hesaplanır. Ardısıra yük ve maliyet matrisleri ve bunların çarpımı olan maliyet ağırlıklı yük matrisi elde edilir. Verilen bu konum için toplam malzeme taşıma maliyeti hesaplanır. Bundan sonra yöntemde, sürekli "Eğer iki bölüm yer değiştirdiğinde malzeme taşıma maliyetinde ne gibi bir değişme olur?" sorusu araştırılır. Tüm ikili değişimler için malzeme taşıma maliyetleri hesaplanır. Bunlar arasından en yüksek maliyet azaltımı sağlayan değişiklik belirlenip düzenleme planı üzerinde gerçekleştirildikten sonra, hangi bölümlerin yerlerinin değiştirildiği, sağlanan maliyet azaltımı, yeni düzenlemenin biçimi ve gerektireceği malzeme taşıma maliyeti bilgileri çıkarılır. Daha sonra yöntem yinelenerek değişik düzenlemeler oluşturulur. Sonunda, hiçbir değişimin maliyet azaltı-

(53) Sezgisel algoritma, bir soruna eniyi olmasa bile, eniyiye yakın iyi bir çözüm sağlayabilecek tasarımılanmış ardışık çözümlenme yöntemidir. Bkz., Herbert A.SIMON ve Allen NEWELL, "Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research", içinde: Thomas R.HOFFMANN, Production: Management and Manufacturing Systems, Wadsworth Publishing Comp. Inc. California, 1967, s.59-61.

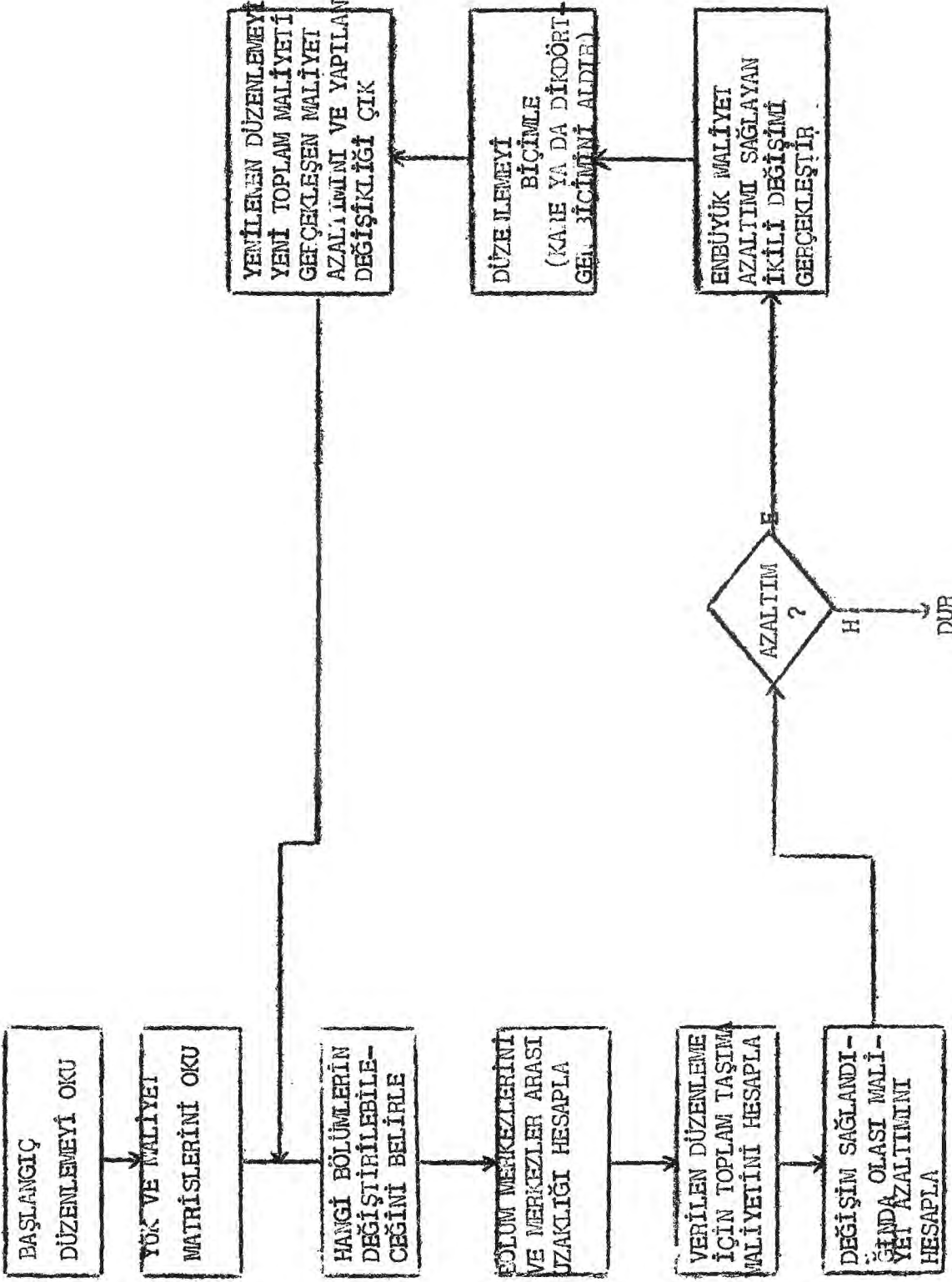
(54) WILD, s.108; ARMOUR-BUFFA, s.297.

mı sağlamadığı bir duruma gelendiğinde, en son düzenleme çıkarılır.

CRAFT, salt üretim işletmelerinin düzenlenmesinde kullanılmayıp, malzeme taşıma kavramı içine her türlü maddeler, donatım araç ve gereçleri ve işgücü gibi çeşitli işletme girdilerinin hareketi ile kağıt ve bilgi akışının da alınması sonucu; bürolar, okullar, hastaneler gibi hizmet işletmelerinin düzenlenmesinde de kullanılır.

CRAFT için 40 bölüm, ya da alan sınırı yöntemin yetersizliğinden olmayıp, hesaplama maliyetinin üssel olarak artması sonucu ekonomik olmaması nedeni ile konulmuştur. Bu sınırlama, bir büyük bölümün alt bölümlere ayrılması ve alt bölümlerin de CRAFT ile düzenlenmesi sonucu giderilebilir. Böylece, bölüm sayısı 40'ın altına düşürülerek arta kalanlar CRAFT ile düzenlenir. (55)

(55) Andref S.VOLGYESİ, "Space-Age Approach to Space Allocation", Computer Decisions, (Mayıs-1970), s.32-35; Richard L.LEVIN, Curtis P.MCLAUGHLIN, Rudolf P.LAMONE, John F.KOTTAS, Production/Operations Management: Contemporary Policy for Managing Operating Systems, Mc Graw-Hill Book Comp., New York, 1972, s.183.



Çizim-3. CRAFT Akış Diyagramı

CRAFT algoritmasını hız ve sonuç bakımından diğer bilgisayara dayalı yöntemler ile karşılaştıran bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunların çoğunda CRAFT diğerlerine üstünlük sağlamıştır. (56) Ancak CRAFT, işlem sıra çözümü gibi geleneksel-bir anlamda görsel-yöntemler ile kıyaslanırsa, eğer sorunda üretim akışı önem kazanmış ve değiştirilemez ise görsel yöntemlerin daha yararlı olduğu söylenebilir. (57)

-
- (56) Christopher E.NUGENT, Thomas E.VOLLMANN, John RUMML, "An Experimental Comparison of Techniques for the Assignment of Facilities to Locations", Operations Research, Vol.16, No.1(Ocak-Şubat.1968) s.150-173; Larry P.RITZMAN, "The Efficiency of Computer Algorithms for Plant Layout", Management Science, Vol.18, No.5(Ocak-1972), s.240-248; Michael SCRIBAN, Roger C.VERGIN, "Comparison of Computer Algorithms and Visual Based Methods for Plant Layout", Management Science, Vol.22, No.2(Ekim-1975), s.172-181; D.H.DENHOLM, G.H.BROOKS, "Comparison of Three Computer Assisted Plant Layout Techniques", Proceedings, AIIE 21 st Annual Conference and Convention, Cleveland, (Mayıs-1970), s.77-81.
- (57) Elwood S.BUFFA, "Communication to the Editor on a Paper by Scriabin and Vergin", Management Science, Vol.23, No.2 (Eylül-1976), s.213; Elwood S.BUFFA, Modern Production/Operations Management, s.501; T.E.BLOCK, "A Note on Comparison of Computer Algorithms and Visual Based Methods for Plant Layout by M.Scriabin and R.C.Vergin", Management Science, Vol.24, No.2 (Ekim-1977), s.235-238.

ii. H-63

Yerleşim düzenlemesi sorununun çözümüne ilişkin olarak, Frederick S.Hillier tarafından ortaya atılan bu yöntem, ilgili literatürde "Hillier yöntemi" ya da kısaca H-63 olarak anılmaktadır.

Hillier, yöntemini ortaya koyduğu makalesinde,⁽⁵⁸⁾ sürece göre bir yerleşim düzenlemesi geliştirmek amacıyla; belli bir zaman biriminde tüm işlem merkezleri arasında taşınan malzeme miktarlarını bir çizelgede göstererek toplam taşıma maliyetini enküçükleyecek düzenleme biçimini araştırmaktadır. H-63 yöntemi de, eniyi sonucu sağlamayıp buna yakın iyice bir çözüm önermektedir.

Yöntemin genel açıklaması şöyledir:⁽⁵⁹⁾

Bu yöntemde, üzerinde düzenleme yapılacak olan dikdörtgen biçiminde olup, $n=MN$ kadar küçük karelere ayrılmıştır. Böylelikle alan, N kolonlu M sıralı bir matris biçimini alarak uzaklık ölçümünde kolaylık sağlar.

(58) Frederick S.HILLIER, "Quantitative Tools for Plant Layout Analysis", Journal of Industrial Engineering, Vol.14, No.1 (Ocak-Şubat 1963), s.33-40.

(59) FRANCIS-WHITE, s.346-367.

Yerlek arasındaki uzaklık, bir küçük karenin genişliği i ile ölçülen küçük karelerin merkezleri arasındaki uzaklık olarak düşünülür. Böylece bir küçük karenin koordinatları, yalnızca küçük kare sayılarını ve M ve N 'in değerlerini bilmekle kolaylıkla hesaplanabilir. Örneğin; $(1, MN)$ uzaklığı, $(M-1 + N-1)$ 'e eşittir.

Herhangi bir (r) gerçekte sayı için, $I(r)$ nin r 'ye eşit veya r 'den küçük enbüyük tam sayı olduğu varsayımı altında i ve j küçük kareleri arasındaki doğrusal uzaklık;

$$d(i,j) = \left| i - \left\lfloor NI \left[\frac{(i-1)}{N} \right] + 0,5 \right\rfloor - j + \left\lfloor NI \left[\frac{(j-1)}{N} \right] + 0,5 \right\rfloor + \left\lfloor M - \left\lfloor I \left[\frac{(i-1)}{N} \right] + 0,5 \right\rfloor - M + \left\lfloor I \left[\frac{(j-1)}{N} \right] + 0,5 \right\rfloor \right\rfloor \right|$$

$$= \left| i - NI \left[\frac{(i-1)}{N} \right] + -j + NI \left[\frac{(j-1)}{N} \right] + \left\lfloor - I \left[\frac{(i-1)}{N} \right] + I \left[\frac{(i-1)}{N} \right] \right\rfloor \right|$$

biçiminde gösterilebilir.

Hillier yönteminin temeli, Hareket Tercih Değeri (Move Desirability Value) olarak tanımlanan kavrama dayanır. Hareket Tercih Değeri, herhangi bir küçük kareye atama yapıldığında toplam maliyetteki değişikliği gösterir. Herhangi bir tesis birimini baş-

langıçta yerleştirdiği küçük kareden; sağ, sol, yukarı, aşağı ya da karşı köşeleri boyunca uzanan iki köşegenin herhangi birinde p-basamak veya p-küçük kare kadar hareket ettirildiğinde toplam maliyette meydana gelecek değişimler, "Hareket Tercih Çizelgesi" adı verilen bir çizelgede gösterilir. Enbüyük hareket değeri ile yerleşimi öteki uygun tesis birimlerinin yerleri ile değiştirilir. Yeni yerleşim düzenine ilişkin hareket değerleri yeniden hesaplanır ve değişimler, toplam maliyetin düşürülemediği duruma kadar sürdürülür.

"Hareket Tercih Değeri"ni hesaplamada geliştirilen ilişkiler şöyledir;

Herhangi bir (a) atamasıyla; (u) ile (v) tesis biriminin yeri aynı olacak biçimde değiştirildiğinde, yeni toplam maliyetin oluşturduğu değişim (m(v/u:a) olarak gösterilir.

$$M(v/u:a) = \sum_{i=1}^n W_{iv} [d(a(i), a(v)) - d(a(i), a(u))]$$

ve

$$M(u/v:a) = \sum_{i=1}^n W_{iu} [d(a(i), a(u)) - d(a(i), a(v))]$$

$d(a(i), a(u))$; a yerindeki i ve u tesis birimleri arasındaki uzaklığı, W_{iu} da i ve u arasındaki uzaklığı maliyet gider-

lerine dönüştürecek katsayıyı göstermektedir. Böylece eşitliklerin sağ tarafları tesis birimlerinin aday yerlere atanmasının toplam maliyetini vermiş olur.

u ve v tesis birimlerinin karşılıklı değiştirilmesinden doğan toplam maliyetteki değişiklik;

$$DK_{uv}(a) = M(u/v:a) + M(v/u:a) - 2 W_{uv} d(a(u), a(v))$$

ile elde edilir.

iii. HC-66

Hillier ile Connors'un birlikte geliştirerek 1966 yılında yayınladıkları bu yöntem, literatüre HC-66 yöntemi olarak geçmiştir.⁽⁶⁰⁾ Yöntem şöyle açıklanabilir:

Bölüm veya iş merkezleri sayısı m, bunların atanacakları yer sayısı n ve m=n olduğunda, bölümler arası taşıma maliyetini enküçükleyecek

$$\sum_{i=1}^n C_{iL}(i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} d_{L(i) L(j)}$$

(60) Frederick HILLIER S.ve Michael M.CONNORS, "Quadratic Assignment Problem Algorithms and The Location of Indivisible Facilities", Management Science, Vol.3, No.1(Eylül-1966), s.42-57.

amaç fonksiyonu araştırılmaktadır. Burada;

C_{ij} : i bölümünden j yerine taşımaların birim maliyeti,

d_{ij} : i ve j yerleri arasındaki uzaklığı,

f_{ij} : i ve j bölümleri arasındaki iş akışı veya taşıma miktarını,

$L(i)$: i bölümü için aday yeri,

$L(j)$: j bölümü için aday yeri

göstermektedir.

Amaç fonksiyonunun ilk terimi, $f_{ij}=0$ olduğunda, başka bir deyişle, herhangi iki bölüm arasında taşıma işlemi olmadığında, toplam maliyeti gösterdiği ortadadır. Bölümlerarası uzaklık ölçümlerinde bölümlerin merkezleri esas alınır. Uzaklığa ilişkin bir diğer varsayım da, bölüm merkezinden dik olarak koridora çıkıldığıdır (varsa). Bu yüzden taşıma maliyeti ile taşıma uzaklığı oransal olarak uyumlaştırılmalıdır.

Bu yöntemde sorun, kareli atama sorunu (quadratic assignment problem) olarak ele alınmakta ve her bir aşamasında atama yapılmamış bir yere, bir bölüm atanması yapılan n-aşamalı bir karar süreci olarak düşünülmektedir. Sırasal karar sürecinde her bir

aşama, i bölümünün j yerine atanması ile oluşan toplam maliyetlerin alt sınırını bulmak ile başlar. Daha önce k kadar atanmanın yapıldığı varsayılınsın ($k=0,1,\dots, n-2$) ve t değerlerinin k kısmı için;

$$C_{ij+1/2} \sum_{t=1}^n f_{ij} d_{jL}(t) + f_{ti} d_{L(t)j}$$

ye ilişkin alt sınır

$$b_k(i,j)$$

olsun. (61) Alt sınır;

$$\sum_t f_{it} d_{j(L)_t} \text{ ve } \sum_t f_{ti} d_{L(t)j}$$

terimlerinin ayrı ayrı en küçük değerini bulup, iki değeri toplamak sureti ile elde edilebilir. Aynı zamanda en küçüğün elde edilmediği, enbüyük f ile enküçük d, ikinci büyük f ile ikinci küçük d, ..., gözlenerek kontrol edilebilir. Bu işlemler, herhan- bir bir $D=(d_{ij})$ ve $F=(f_{ij})$ matrislerine ilişkin $b_k(ij)$ elde etmek için bir yöntem oluştururlar.

(61) Burada t, önceden atanmış bölümleri ve (i)yi içermemektedir. Aynı şekilde $L(t)$ de, önceden atanma yapılmış yerleri ve (j)yi içermemektedir.

D matrisi simetrik olduğunda;

$$C_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^n (f_{it} d_{jL}(t) + f_{ti} d_{L}(t)_j)$$

yazılımı,

$$C_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^n [f_{it} + f_{ti}] d_{jL}(t)$$

biçiminde yazılabilir. Böylelikle, en büyük atanmamış $f_{it} + f_{ti}$ ile en küçük $d_{jL}(t)$, ikinci en büyük $f_{it} + f_{ti}$ ile ikinci en küçük $d_{jL}(t)$... karşılaştırılarak gerçek en küçük elde edilebilir. Bu yüzden, verilen k önceki atamaları ile i bölümünün j yerine atanmasıyla oluşan maliyetler $b_k(i,j)$ de en küçük olacaktır.

Yukarıda anlatılan biçimde, her bir kullanılmamış yer ve her bir atanmamış bölüm için $b_k(i,j)$ elde edilir. Bu $b_k(i,j)$ leri $(n-k) \times (n-k)$ boyutlu B_k matrisi biçiminde düşündüğümüzde, matrisin sıralarını atanmamış bölümler, sütunlarını ise atanma yapılmamış yerler oluşturur. Bu durumda, $(k-1)$ nci aşamada yapılacak atamanın seçimi sorunu, B_k nın bir elemanını seçme işlemine dönüşür. HC-66 yönteminin bu aşamasında Vogel Yaklaştırma Yöntemi kullanılmaktadır.⁽⁶²⁾ Bu amaçla, B_k daki her bir sütun ve

(62) VAM yöntemine ilişkin ayrıntılı bilgi için bkz. İmdat KARA, Yöneylem Araştırması (Ders Notları), Eskişehir, 1980, s.238-243.

sıra için farklar hesaplanır. Buradaki fark, her bir sütun veya sıradaki ikinci küçük ve en küçük değerler arasındaki aritmetik farktır. Böylelikle en büyük farkı içeren herhangi bir sıra veya sütundaki en küçük maliyet hücresi seçilerek atamalara ilişkin öncelik belirlenir.

F ve D matrislerinin simetrik oldukları varsayımı altında, HC-66 yönteminin algoritması şöyledir: (63)

1. B_k 'nin hesaplanması amacıyla;

- a. Tüm i_β ve $L(i_\gamma)$ ler⁽⁶⁴⁾ için, F matrisinin (i_β, i_α) elemanlarıyla D matrisinin $(L(i_\gamma), L(i_\alpha))$ elemanlarının çarpımları toplanır ve bunlar B_k 'nin $(i_\beta, L(i_\gamma))$ biçimine dönüştürülür.

(63) HILLIER-CONNORS, s.49.

(64) Burada:

i_α , ($\alpha = 1, 2, \dots, k$) önceden atanmış bölümleri, $L(i_\alpha)$ de önceden atanma yapılmış yerleri göstermektedir. Atanması yapılmamış bölümler ise i_β , ($\beta = 1, \dots, n-k$) ve atanma yapılmamış yerler de $L(i_\gamma)$, ($\gamma = 1, \dots, n-k$) olarak indislenmiştir.

- b. F matrisinde, önceden atanması yapılmış bölümlerin (i_α) indisleri ile aynı indiste olan sıra ve sütunları çıkar. Böylelikle, sıra ve sütun indisleri i_β olan F matrisi elde edilir.
 - c. D matrisinde, önceki aşamalarda atama yapılmış yerlerin $(L(i_\alpha))$ indisleri ile aynı indiste olan sıra ve sütunları çıkar. Böylelikle, sıra ve sütunları $L(i_\gamma)$ indisli D matrisi elde edilir.
 - d. F matrisinin sütunlarında kalan elemanları, enbüyükten en küçüğe doğru sıralanmış biçimde yeniden düzenlenir.
 - e. D matrisinin sütunlarında kalan elemanları, enküçükten en büyüğe doğru sıralanmış biçimde yeniden düzenlenir.
 - f. F matrisinin i_β sütunu ile D matrisinin $L(i_\gamma)$ sütunları çarpılır ve sonuç B_k nın $(i_\beta, L(i_\gamma))$ elemanları ile toplanır.
 - g. C matrisinin $(i_\beta, L(i_\gamma))$ elemanları B_k nın $(i_\beta, L(i_\gamma))$ elemanları ile toplanır.
- 2.(k+1) nci atamayı belirlemek üzere Vogel Yaklaşırma Yöntemi uygulanır.

- a. B_k 'nin her bir sırasına ilişkin ikinci küçük eleman ile en küçük eleman arasındaki aritmetik fark hesaplanmak suretiyle sıra farkları bulunur.
- b. Aynı biçimde sütun farkları bulunur.
- c. En büyük sıra ve sütun farkları bulunur ve bu sütun veya sıraya ilişkin en küçük maliyet hücresi bulunur.
- d. I_p bölümü $L(i, j)$ yerine atanarak $(k+1)$ nci aşama tamamlanır. $(k+2)$ nci aşamaya geçmek üzere 1.a'ya döndürülür.

iv. COL

Büroların yerleşim düzenlemesi sorununa yönelik bu yöntem, Thomas E.Vollmann, Christopher E.Nugent ve Robert L.Zartler tarafından geliştirilmiştir. (65)

(65) Thomas E.VOLLMANN ve Christophen E.NUGENT ve Robert L. ZARTLER, "A Computerized Model for Office Layout", Journal of Industrial Engineering, Vol.19, No.7 (Temmuz-1968), s.321-327.

Col'a ilişkin etkinlik ölçütü, personelin işleri gereği yürüme veya dolaşım maliyetlerini enküçüklemek olarak tanımlanmıştır. Yöntemde enküçüklemek istenen maliyet, iletişim maliyetidir (communication cost). Belli bir zaman içerisinde personel arasındaki iletişim maliyeti; dolaşım sayısı, yerler arasındaki uzaklık ve birim uzaklık cinsinden çalışanların ücretleri çarpılarak elde edilmektedir. Bu yöntem yardımı ile düzenlemenin amacı, personelin önceden belirlenmiş yerlere iletişim maliyetlerini enküçükleyecek bir biçimde atanmasını gerçekleştirmek olmaktadır. Bu amaçla;

f_{ij} = i nci çalışan ile j nci personel arasında maliyet ağırlıklı dolaşım, ($i=j$ için $f_{ij}=0$ ve $f_{ij}=f_{ji}$)

d_{kl} = k nci yer ile l nci yer arasındaki uzaklık
($k=l$ için $d_{kl}=0$ ve $d_{kl}=d_{lk}$)

olmak üzere F ve D matrisleri oluşturulur ve bunlar yardımı ile;

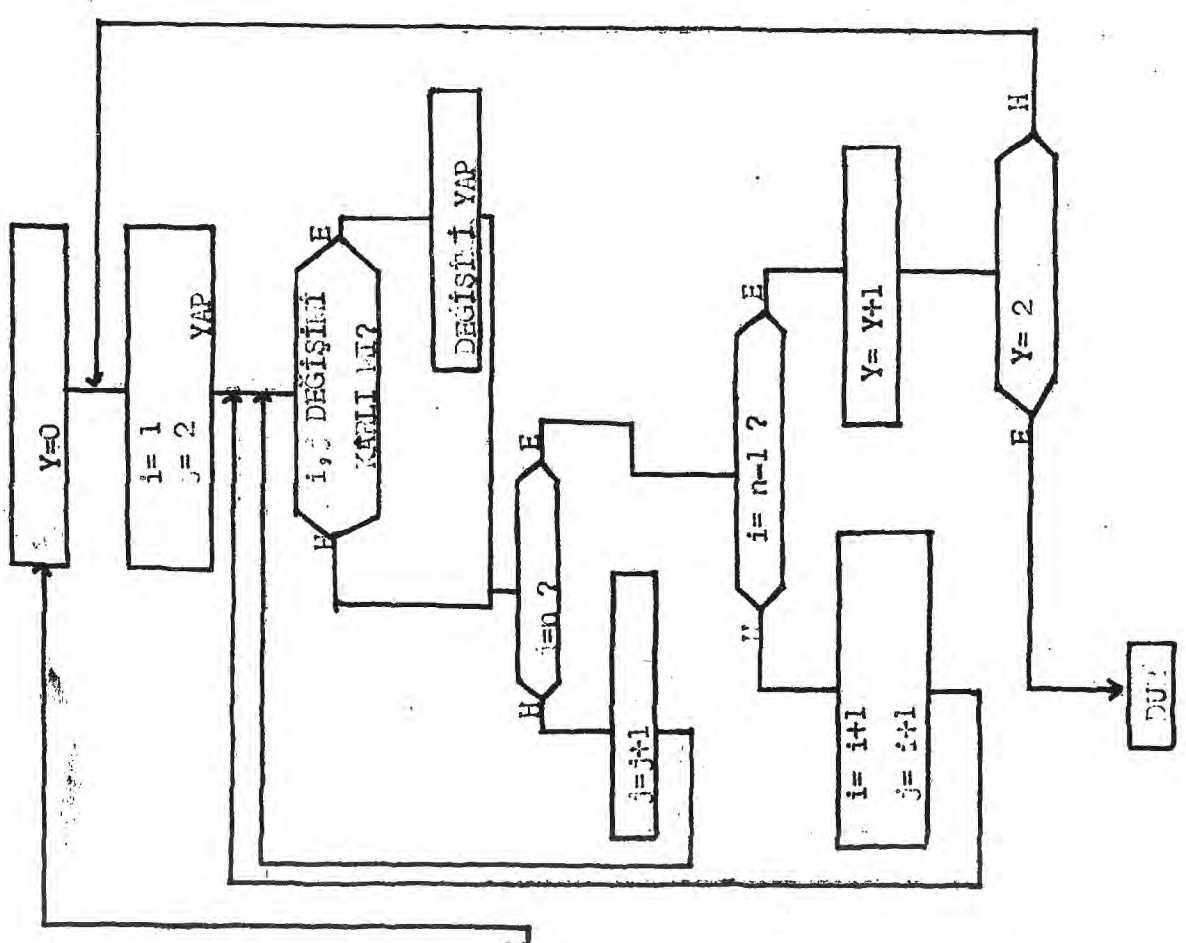
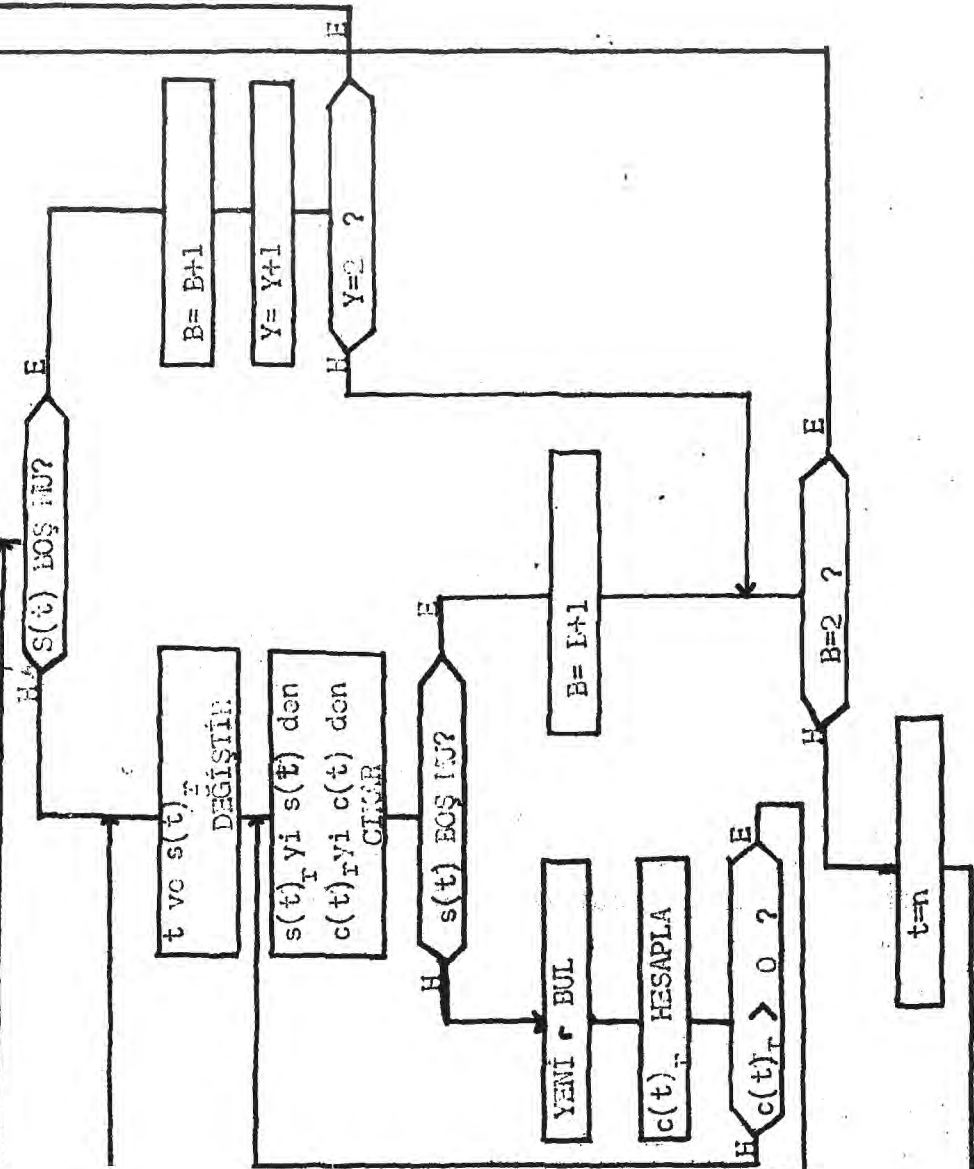
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n f_{ij} d_{kl}$$

amaç fonksiyonu enküçüklenir.

Yöntem için ayrıca başlangıç düzeni ve değiştirilmeyecek yerler bilgileri de gereklidir. COL algoritmasının akış diyagramı Çizim-4'de verilmiştir.

İLERİ:
D, F,
Başlangıç Çözüm
Bölüm Bilgileri

BAŞLA
B=0
Y=0
P Vektörünü HESAPLA
n, n BUL
t=0
S(t), C(t) HESAPLA



Çizim-4. COL Akış Diyagramı.

Yöntemde sıfırlama işlemlerinden sonra yapılacak ilk iş "P" vektörünün oluşturulmasıdır. (66) Daha sonra yöntemde gelişme sağlayacak en büyük P ve ikinci büyük P belirlenir. Bunlar yeri değiştirilecek m ve n bölümleridir. Daha sonra bu bölümlere ilişkin S(t) ve C(t) değiştirme(Switch) vektörleri elde edilir. (67) Değiştirmeler ilk(orijinal) C(t) vektöründen azalan sırada seçilir ve değiştirmeler, maliyet azaltımı pozitif olduğu sürece yapılır. t=m için değiştirme vektörü öncelikle işlenir ve işlemler tamamlandıktan sonra t=n vektörüne geçilir. Bu aşamadan sonra yeni bir "P" vektörü hesaplanır ve aynı süreç tekrarlanır. Yeni "P" vektöründen gelişme sağlayacak m ve n bölümleri elde edilemediğinde program durur ve en az maliyetli düzenlemeyi çıkar.

(66)
$$P_i = \sum_{j=1}^n f_{ij} d_{ij} - \sum_{k \in k} f_{ik} d_{ik}$$
 formülü ile elde edil-

len P vektörünün her bir birleşeni, ilgili bölümün belli bir değerinden daha uzaktaki bölümlerle ilişkileri nedeni ile oluşan maliyetler toplamını belirtir. Burada, $d_{ik} < \infty$ olmalıdır. Bkz., a.g.k., s.326.

(67) S(t)=t bölümü ile değiştirildiğinde maliyet azaltımı sağlayabilecek r bölümü, C(t)= t ile r bölümleri değiştirildiğinde elde edilecek maliyet azaltımı. Bu vektör içerisinde en yüksek değerdeki bileşen V olarak tanımlanmıştır.

v. MAT

MAT, eniyiye yakın iyice bir çözüme ulaşan bir yerleşim düzenlemesi yöntemi olup, H.K.Edwards, B.E.Gillett ve M.E.Hale tarafından geliştirilmiştir. (68)

Yöntemin temeli, iki dizi; biri artan, diğeri azalan sırada düzenlendiğinde, karşı gelen eleman çiftlerinin çarpımları toplamının enküçük olacağına ilişkin matematiksel kurama dayanır. Başlangıç düzenleme, bölüm sayıları ve büyüklüklerine ilişkin bilgilerin yanında, gezi matrisi ve maliyet ağırlıklı yük matrisi yöntemin kullanımına uygun bir biçimde, başka bir deyişle, yük matrisi artan, gezi uzaklıkları matrisi azalan sırada veya tersi bir biçimde verildiğinde, n sayıdaki bölümler n sayıdaki yerlere en az maliyeti oluşturacak bir biçimde atanarak düzenleme elde edilir. Yöntem aynı zamanda maliyet azaltıcı gezi yolları seçeneklerini de önermektedir.

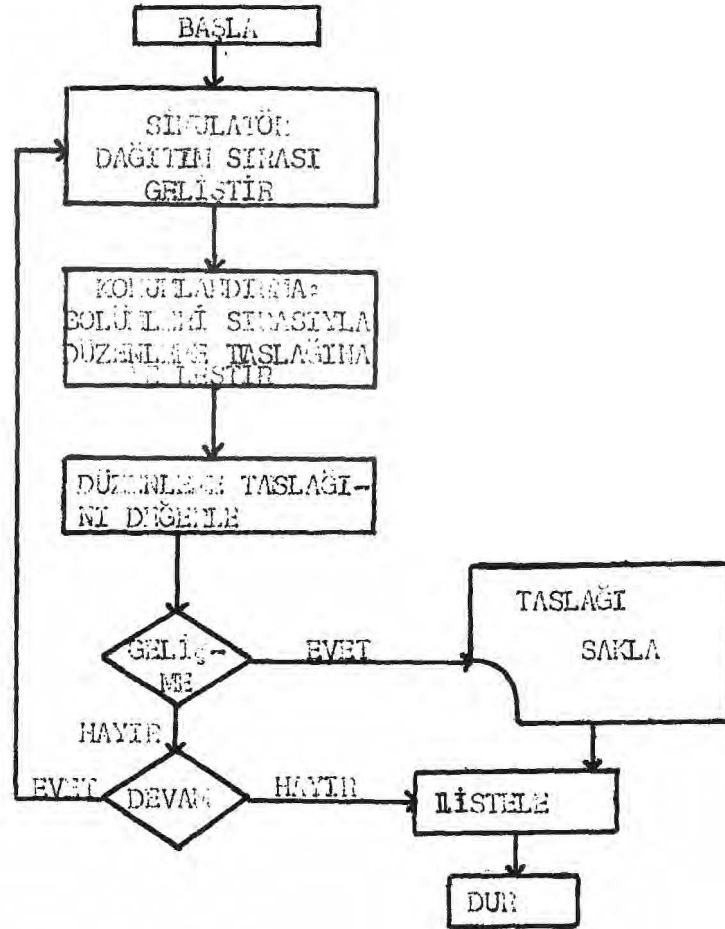
vi. LSP

Bilgisayara dayalı yerleşim düzenlemesi yöntemlerinin hemen hemen tümü, olası tüm düzenleme seçeneklerini oluşturur ve

(68) H.K.EDWARDS, B.E.GILLETT, M.E.HALE, "Modular Allocation Technique", Management Science, Vol.17, No.3(Mayıs-1970), s.161-169.

aralarından eniyisini belirlemeye uğraşırlar. LSP; tüm düzenleme seçeneklerinin bir istatistiksel kütle oluşturduğu temelinden hareketle, eniyi ve buna yakın seçeneklerden bazılarını elde etmek amacıyla sistematik örnekleme yöntemini kullanarak adı geçen kütleden örnekler seçer ve değerler. (69)

Algoritması Çizim-5 de verilen LSP'nin her bir çevriminden bir gözlem(seçenek) elde edilir.



Çizim-5. LSP Akış Diyagramı.

(69) Klaus ZOLLER ve Kristian ADENDORFF, "Layout Planning by Computer Simulation", American Institute of Industrial Engineering Transactions, Vol.4, No.2(1972), s.116-125.

LSP de, bölümlerin alan gereksinmesi, toplam yerleşim alanı (G) boyutları, dağıtım yapılacak düzenleme planı (L) boyutları, yeri değiştirilmeyecek bölümler, bölümler arası taşıma (v_{ij}), birim yük ve uzaklığa ilişkin maliyet (C_{ij}) ve uzaklık (d_{ij}) bilgileri girdi olarak kullanılır.

Yöntemde, G deki bölümlerin L matrisi üzerinde konumlandırılması işlemi, dağıtım sırası olarak tanımlanır. Dağıtım sırası program içerisinde simülasyon yardımıyla yaratılır. Simülasyon ürettiği rassal sayılar ($0 \leq r \leq 1$) ile, bölüm numaralarını içeren rassal veya (sapmalı-rassal) seriler oluşturulur. Görüldüğü gibi amaç, düzenleme planları kütesine ilişkin toplam taşıma maliyeti istatistikini hesaplamak olmayıp, en düşük TMC içeren düzenlemelerin araştırılmasıdır. TMC, düzenleme planı tamamlandığında düzenlemeyi değerlemek üzere hesaplanır.

$$TMC = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n v_{ij} C_{ij} d_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

LSP de tek ve iki boyutlu olmak üzere iki tür sapma(biasing) yöntemi kullanılır. Bu yöntemlerin kullanılmasında yatan mantık, "herhangi iki bölüm arasındaki yük akışı çokluğu, bu bölümlerin yakın konumlandırılmalarını gerektirir"⁽⁷⁰⁾ biçimindedir. Bu yüz-

(70) A.g.k., s.120.

den uygun maliyet ağırlıkları:

$$W_{ij} = V_{ij} \times C_{ij} + V_{ji} \times C_{ji}$$

olarak alınır.

Tek boyutlu sapma yöntemi (1-D) kullanıldığında, (1)'e göre herhangi bir dağıtım sırasındaki (k) nci bölüm, diğer (k-j) nci bölümlere (j= 2,3,4,...) göreli yakınlıktaki (k-1) nci bölümden sonra konumlandırılacaktır. 1-D yöntemi bu tür bir sırasal yakınlığı kullanır. Örneğin, verilen sıradaki (k-1) nci bölüm numarası h olsun. Ve Q_k da k durumuna konumlandırılmağa uygun ve $W_{hq} > 0$ olan bölümleri (q) göstereyin. Her bir $q \in Q_k$ nin seçilme şansı eşit olmayıp, maliyet ağırlıklarıyla orantılıdır. Bu durumda göreli maliyet ağırlıkları, seçilme olasılığı olarak kullanılır.

$W = \sum_q Q_k W_{hq}$, göreli maliyet ağırlıklarını gösterdiğinde, $0 < W_q \leq 1$ ve $\sum_q Q_k W_q = 1$ kısıtları altında seçme işlemine temel olmak üzere $W_q = W_{hq}/W$ kullanılır.

Yöntemde, (W_q)lar birikimli dağılım oluşturlar. Bu dağılımın gösterildiği koordinat sisteminin dik ekseninde (r) ler bulunur. Rassal olarak yaratılan (r) e karşılık gelen W_q , k durumu için atanacak bölümü belirler.

Başka bir tek boyutlu sapma yöntemi de, herhangi bir sıradaki bölümlerden sadece birinin rassal olarak seçimi ile başlar. Sonra gelen $k= p+1, p+2, \dots, n-1$ için;

$$CW_q = p(W_{hq}) + (p-1) W_{gq} + \dots + 2 W_{fq} + W_{eq}$$

fonksiyonunu enbüyükleyen $q^x \in Q$ seçilir.

Burada h, g, \dots, f ve e daha önceden $(k-1), (k-2), \dots, (k-p+1)$ ve $(k-p)$ konumlarına atanmış bölümleri gösterir. Bu fonksiyon, her bir sınıfı q^x için, bu bölümden önce gelen bölümler ile akış bağlarını dikkate alır. (p) lerin azalan sırada oluşu, bölümlerarası yakınlığın azalmasından ötürüdür.

İki boyutlu (2-D) sapma yönteminde (k) ıncı bölümün seçimi için $\bar{C}W_q$ (düzeltilmiş ağırlıklı maliyet) fonksiyonu kullanılır. Her bir $k= p+1, p+2, \dots, n-1$ için;

$$\bar{C}W_q = \bar{W}_{iq} + \bar{W}_{jq} + \dots + \bar{W}_{Lq} + \bar{W}_{mq}$$

fonksiyonunu enbüyükleyen bölüm seçilir. Burada i, j, \dots, l, m ve p , atanma yapılacak yerin yakınındaki bölümlerdir. Düzeltilmiş ağırlıklar,

$$\bar{W}_{iq} = (1/d_i) \times W_{iq}$$

eşitliği yardımı ile elde edilir. (di) , i bölümü ile q^x nün konumlandırılma yeri arasındaki yaklaşık uzaklığı belirtir.

1-D ve 2-D sapma yöntemleri kıyaslandığında, 2-D yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.⁽⁷¹⁾ Ayrıca 2-D yöntemi, amaç fonksiyonu doğrusal olmadığına da kullanılabilirliği açısından 1-D ye üstünlük sağlar.

LSP de 1-D sapma yöntemi kullanıldığında 200-300, 2-D sapma yöntemi kullanıldığında ise 500 gözleme gereksinim duyulmaktadır.

Genelde LSP yönteminin işleyişini tanımlamak gerekirse, yöntem başlangıç bilgilerinin okunması ile başlar. Simulator, bölümlerin tanıma numaralarını rassal veya sapmalı-rassal sıralarda çoğaltır. Bu sıralar konumlandırma aşamasında iki boyutlu düzenleme planına aktarılır ve düzenleme planı değerlendirilir. Gelişme sağlandığında en son düzenleme planı çıkılır. İstendiğinde bu plan da başlangıç bilgisi olarak doğrudan yöntem simulatorsüne sunulur ve süreç yinelenir.

(71) A.g.k., s.122.

vii. FRAT

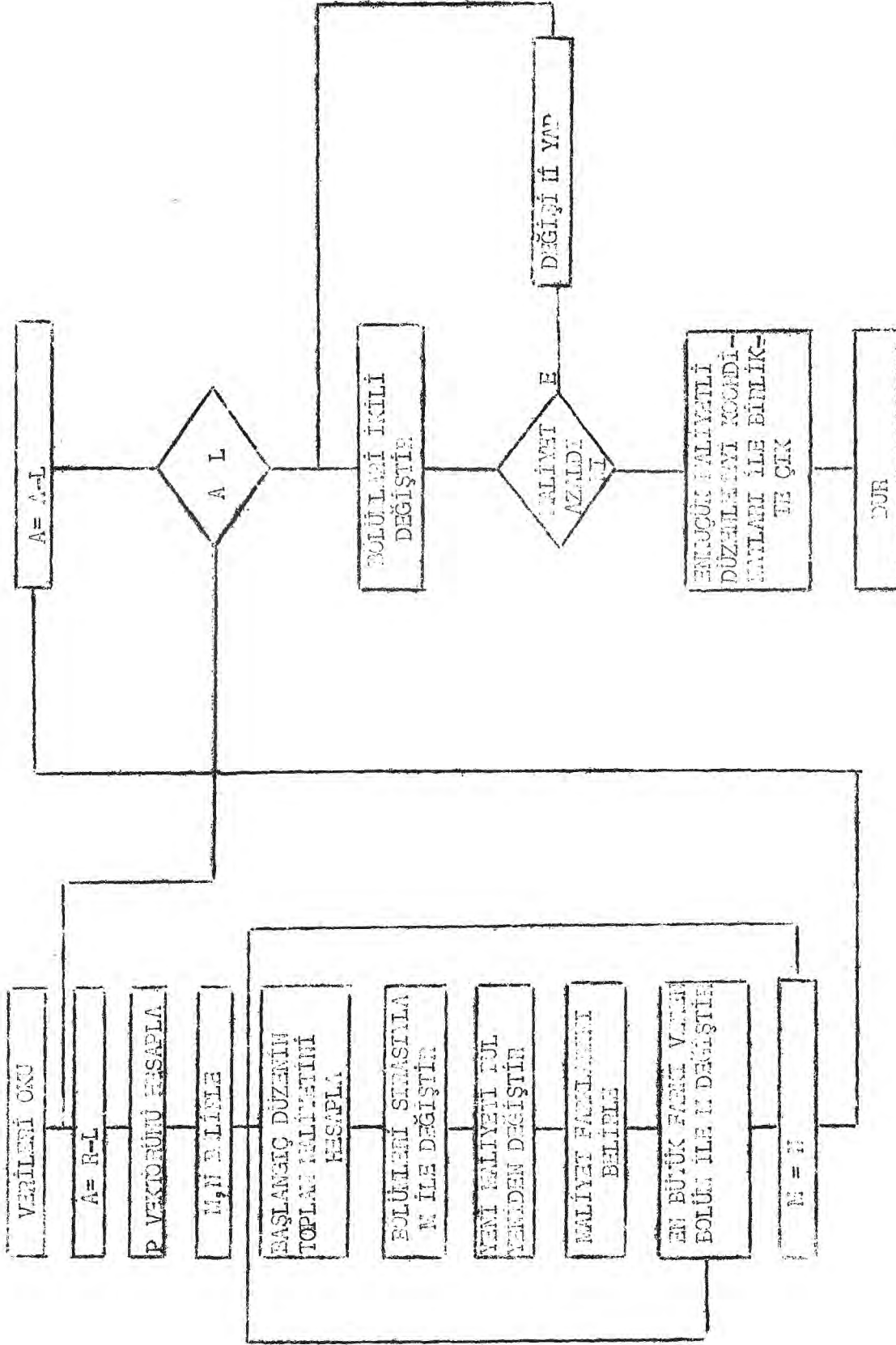
Tesislerin görelî olarak yerleştirilmelerine yönelik bu yöntem Tarek M.Khalil tarafından geliştirilmiştir. (72)

FRAT, içerik bakımından COL, HC-66 ve CRAFT yöntemlerinin birleştirilmiş biçimidir. Dolayısı ile varsayımları ve etkinlik ölçütü içerdii yöntemlerle aynıdır. Başka bir deyişle, taşıma-maliyet ve uzaklık matrisleri yardımı ile doğrusal maliyet fonksiyonunu enküçüklemeyi amaçlar.

Akış diyagramı Çizim-6'da verilen FRAT algoritması şöyle açıklanabilir:

1. Bölümlerin başlangıç koordinatları, taşıma-maliyet matrisleri ve bölüm sayılarına ilişkin girdiler okunur.
2. Uzaklıklara ilişkin alt sınır belirlenir.
3. Her bir bölüm için alt sınıra eşit ve büyük olası tüm taşımaların toplam maliyeti hesaplanır.
4. Enbüyük maliyet değeri içeren M bölümü ile ikinci enbüyük N bölümü saptanır.

(72) Tarek M.KHALIL, "Facilities Relative Allocation Technique (FRAT)" International Journal of Production Research, Vol. 11, No.2(1973), s.183-194.



Çizim-5. FRAT Akış Diyagramı.

5. Her bir bölüm M bölümünün konumu ile değiştirilerek maliyet azaltımı incelenir. M ile ençok maliyet azaltımı sağlayan bölüm değiştirilir.
6. Maliyet azaltımı sağlanamayıncağa dek 5 nci aşama yinelenir.
7. N bölümü için 5 ve 6 nci aşamalar yinelenir.
8. Bölümler arası uzaklıklar alt sınırdan küçük olanak dek alt sınır kadar azaltılmak koşulu ile 3-8 arası aşamalar yinelenir.
9. Bölümleri çift olarak değiştirmenin etkileri sınıanır. Gelişme sağlanarak ise değiştirme gerçekleştirilir.
10. 9 ncu aşamada gelişme elde edilemeyinceye dek yinelenir.

viii. COFAD-F

İlk olarak James A. Tompkins ve Ruddell Reed tarafından COFAD adı ile sunulan yöntem;⁽⁷³⁾ seçenek yerleşim düzenlemeleri ve malzeme taşıma maliyetleri ile birlikte gelecekteki bir gelişmeye ilişkin olarak esneklik ölçümlmelerini de içerir bir biçimde J.A. Tomkins ve H.Richard Shore tarafından geliştirilmiştir.⁽⁷⁴⁾

(73) James A. TOMPKINS ve Ruddell REED, "Computerized Facilities Design", Proceedings, American Institute of Industrial Engineers, 25 th Anniversary Congerence and Convention, Chicago, 1973, s. 75-84.

(74) A. James TOMPKINS ve H. Richard SHORE, "Flexible Facilities Design", AIIE Transactions, (Haziran-1980), s.200-205.

Yöntemde girdi olarak bölüm sayısı ve bölümlerin konumlarına ilişkin bilgiler, ürün istemi ve her bir üründeki eleman sayısı, üretim akış sırası, bölümlerarası taşınan yük miktarı ve bunlara ilişkin maliyet ağırlıkları ve başlangıç düzenleme bilgileri kullanılır.

Yöntemde ayrıca, esneklik ölçümüne ilişkin etkinlik ölçütü geliştirilmiştir. Bu ölçüt, i ve j gibi yalnızca iki ürün üretildiği ve bu ürünlere ilişkin istemler sırası ile A ve B düzeylerinde sabitleştirildiği bir F_{AB} fabrikasında, A ve B istem düzeylerinde olabilecek bir değişimden ötürü bir ceza değeri (FP) hesaplanmasına ilişkin olarak

$$FP = M_{C,D}^{a,b} - M_{A,B}^{a,b}$$

biçiminde ortaya konulmaktadır. Burada,

$M_{C,D}^{a,b}$; i ürününden C istem düzeyinde, j ürününden D istem düzeyinde üretilmesi için tasarımılanan bir fabrikada, i ürününden a, j ürününden b miktarında üretmek için gerekli malzeme taşıma maliyetini,

$$M_{A,B}^{a,b} \text{ ise}$$

i ürününden A düzeyinde, j ürününden B düzeyinde a ve b miktarlarında üretimde bulunmak üzere tasarımılanmış bir yerleşim düzenle-

mesinin oluşturduğu malzeme taşıma maliyetini göstermektedir.

Her bir seçeneğe ilişkin cezalar hesaplandıktan sonra, her bir seçeneğin çeşitli istem durumlarına uyumunun etkinliğine ilişkin bir ölçü olmak üzere;

$$TBC = \sum_{i,j} Pr(a,b) \quad (FP)$$

eşitliği ile toplam beklendiği ceza (TBC) saptanabilir. Burada $Pr(a,b)$, i 'den a , j 'den de b istem düzeylerine ilişkin olasılıktır. Yöntem de en zor aşama olasılıklara ilişkin değerlerin saptanmasıdır. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek için, tüm istem durumlarının başlangıçta eşit olasılıkta düşünülmesi ve olasılıkları değiştirmenin etkisini saptamak üzere duyarlılık analizinin yapılması uygun olur. (75)

COFAD yöntemine ilişkin basamaklar aşağıdaki gibidir:

1. Çeşitli ürünlere ilişkin yıllık istemler hesaplanır,
2. Her bir istem düzeyleri birleşimi için, belirli istem durumu birleşiminin gerçekleşme olasılığı hesaplanır,

(75) Şevkinaz ERCAN, "Endüstri İşletmelerinde Esnek Tesislerin Tasarımı", E.Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:4, Sayı:2(Aralık-1981), s.75.

3. Belirli bir istem durumuna ilişkin enküçük maliyetteki malzeme taşıma sistemi ve buna karşı gelen düzenleme belirlenir,
4. 3.aşamada seçilen düzenlemeden yararlanarak öteki istem durumlarına ilişkin malzeme taşıma maliyeti hesaplanır,
5. Tüm istem durumları için 3 ve 4.aşamalar yinelenir,
6. 3 ve 4.aşamalarda bulunan farklılıklara ilişkin cezalar saptanır,
7. Tüm seçenekler için toplam beklendik ceza hesaplanır,
8. En küçük toplam beklendik ceza içeren düzenleme seçilir. (76)

COFAD ile 6 istem düzeyi ve en çok 10 bölümün düzenlemesi yapılabilir. Tek istem düzeyi için CRAFT'ın 3 katı süre gerektiren bu yöntemin kullanımı, istem düzey sayısı arttıkça CRAFT'a üstünlük sağlamaktadır.

Etkin bir yerleşim düzenlemesi oluşturmak amacına yönelik olarak geliştirilen bilgisayara dayalı özel algoritmali yöntemlerden niceliksel olanlar, hareket ögesini dikkate alarak genellikle malzemenin (ya da COL yönteminde olduğu gibi personelin) süreç içerisindeki akımlarını maliyet ile ağırlıklandırmak suretiyle etkin-

(76) Örnek için bkz., ERCAN, s.78-83.

lik ölçütlerini, başka bir deyişle amaç fonksiyonlarını oluşturmakta ve ölçülebilir bu değerlerle mümkün seçenekler arasından enküçük değerde olanı eniyi düzenleme biçimi olarak önermektedirler. Başka bir anlatımla, bilgisayara dayalı özel algoritmaları yöntemlerden niceliksel olanlarda gözlenen en belirgin özellik, malzeme akımı ile oluşan maliyetlerin enküçüklenmesidir.

II.3.2.2. Niteliksel Yöntemler

Yerleşim düzenlemesi sorununa, malzeme akımı dışında kalan öteki ilişkileri de dikkate alan ve ilişki değerlerini çözüm sırasında yakınlık ölçüsü olarak kullanan algoritmalar ile yaklaşan yöntemler de vardır. Bölümlerin yakın konumlandırılmasını, gerekçeleri ile birlikte yakınlık düzeyini belirli anlamı olan harflerle kodlayıp, ilişki çizelgesinde özetleyen ve bu ilişki çizelgesini veri olarak kullanan yöntemlere niteliksel yöntemler denir.

Niteliksel yöntemlerde, yakınlık düzeyini belirleyen ilişki değerleri harfler ile ya da sayısal olarak gösterilebilir. Nesnel değerlerin sayısal olarak ağırlıklandırılması yöntemlere niceliksel özellik kazandırabilirse de, adıgeçen nesnel değerlerin oluş-

turulması karar vericiden karar vericiye değişebileceğinden temelde niteliksel olma özelliği değişmez.

Algoritmalarında ilişki çizelgesini kullanarak yerleşim düzenlemesi sorununa iyice bir çözüm getiren niteliksel yöntemlerden başlıcaları şunlardır:

i. CORELAP

İlk olarak Robert C.Lee ve James M.Moore⁽⁷⁷⁾ tarafından ortaya atılan, sonra R.Sepponen⁽⁷⁸⁾ ve V.S.Verma⁽⁷⁹⁾ taraflarında geliştirilen bu yöntem, yeni kurulacak işyerleri için bölümler arası ilişki dereceleri gözönüne alınarak genel bir düzenleme plânı (block plan) oluşturulmasına yöneliktir.

Yöntemde girdi olarak, herbir bölümün gereksindiği alan, kare matris halinde ilişki şeması ve binanın tasarlanan uzunluk-genişlik

(77)Robert C.LEE ve James M.MOORE, "CORELAP-Computerized Relationship Layout Planning", Journal of Industrial Engineering, Vol. 18, No.3(Mart-1967), s.195-200.

(78)R.SEPPONEN, CORELAP 8 User's Manual. Department of Industrial Engineering, Northeastern University, Boston, 1969.

(79)V.S.VERMA, CORELAP 9-3 User Information and Program Documentation. University of Wisconsin, Madison, 1976.

orana bilgileri kullanılır. Bu bilgiler yardımı ile önce toplam fabrika alanı, her bir bölümün büyüklüğü, düzenleme matrisi büyüklüğü, bölüm numaraları, her bir bölüm için diğer bölümlerle olan yakınlık ilişkileri toplamı (TCR) ve TCR'lerin büyükten küçüğe sıraları (NARAY) ayrı ayrı kütüklerde (files) tutulmak üzere hesaplanır. Sonra, en büyük TCR içeren bölüm seçilir ve yerleşim planında merkezi bir yere konumlandırılır. Yöntemde bu bölüme VINNER adı verilir. Daha sonra, bu bölümle A derece⁽⁸⁰⁾ ilişkisi olan bölümler araştırılır. Bulunan bölüm veya bölümlere VICTOR adı verilir. Bu bölümler VINNER'ın olabildiğince yakınına yerleştirilir. Daha sonra VICTOR'lar ile A derecedeki ilişkili bölümler araştırılır. Bulunan bölüm yeni VICTOR durumunu alır. A dereceli ilişkide bulunduğu eski VICTOR, VINNER durumuna geçer. Eğer A derecede bir ilişki bulunulamaz ise bir sonraki dereceye (E) geçilir. Ve yöntem, tüm bölümler düzenleme matrisine yerleştirilinceye kadar yinelenir.

CORELAP çıktısı matris biçiminde olup, her bir bölüm iki haneli sayılar ile belirtilir. Her sayı bir birim metrekareye karşılık gelir. CORELAP algoritması Çizim-7'da verilmiştir.

(80) İlişki dereceleri; A=Kesinlikle gerekli, E=Çok önemli, I=Önemli, O=İstenir, U=Önemsiz, X=İstenmez olarak belirlenmiştir.

ii. ALDEP

Bölüm sayısı, bunlara ilişkin alan gereksinimleri, bölümlerarası istenen ilişkilerin dereceleri belli olduğunda, yerleşim düzenlemesi seçeneklerinin oluşturulması ve en iyisinin seçilmesine ilişkin kullanılan yöntemlerden biri de ALDEP olup, IBM uzmanları tarafından geliştirilmiştir.⁽⁸¹⁾ Genelde yöntem, giriş bilgileri yardımı ile olası tüm düzenleme seçeneklerini oluşturup, herbirine sayısal bir değer vererek en iyi değerdeki düzenlemeyi grafiksel olarak çıkar.

Sayısal değer verme(scoring) işlemi, tercih tablosu veya ağırlık faktörleri matrisi kullanılarak gerçekleştirilir. Bu matriste bölümlerin birbirlerine yakınlık dereceleri ağırlıklandırılmıştır. Düzenleme matrisine bir bölüm konumlandırıldığında, düzenleme değeri o bölümün yakınlık tercih değeri kadar arttırılır. Tüm bölümler için süreç tekrarlanarak o düzenleme için sayısal değer bulunur. Her bir düzenlemenin sayısal değerleri karşılaştırılarak en iyi değeri veren seçilir.

(81) Jerrold M.SEEHOF ve Wayne O.EVANS, "Automater Layout Design Program", Journal of Industrial Engineering, Vol.18, No.12, (Aralık-1967), s.690-695.

ALDEP'te seçeneklerin oluşturulmasına ilişkin olarak şu üç yöntemden biri kullanılabilir:

1. Bölümler, rassal olarak düzenlenir ve buna göre sayısal değer kazanır. Aynı işlem binlerce kez tekrarlanır ve en iyi sayısal değere ulaşılır.

2. Başlangıç düzenleme yine rassal olarak yapılır. Bu düzenlemeye göre olası tüm çift değişimler denenir ve sayısal değer verilir. En iyi çift değişim gerçekleştirildikten sonra yeni durum başlangıç alınarak, diğer tüm olası çift değişimler denenir, sayısal değer verilir ve en iyi değişim gerçekleştirilir. Süreç, önemli bir gelişim sağlanılamayuncaya dek yinelenir. Sonra yeniden rassal olarak bir düzenleme yaratılır ve süreç devam eder.

Rassal olarak bir düzenleme yaratılır. Çift değişimler rassal olarak yapılır ve sayısal değer verilir. Değişimler, ancak düzenlemenin sayısal değerinde bir gelişme sağlandığında gerçekleştirilir. Süreç, herhangi bir gelişim sağlanmayuncaya dek sürer. Sonra, başka bir başlangıç düzenleme rassal olarak elde edilir ve süreç yinelenir.

Çalışmamızın bu aşamasına kadarki bölümünde, yerleşim düzenlemesi sorunu kavramsal olarak ortaya konularak, sorunun çözümüne

ilişkin geliştirilen yöntemler tarihsel gelişim olgusu altında incelenmiştir.

Soruna çözüm arayışları; sorunun boyutları gereği ortaya çıkan hesaplama güçlüğüne gidermek üzere bilgisayar kullanımı sonucunu getirmiş ve geliştirilen bilgisayara dayalı yöntemler de niceliksel ve niteliksel temelde odaklanmıştır.

Gözlenen bu durum karşısında, sorunun uygun çözüm alanına hem niceliksel hem de niteliksel ölçütler altında, matematiksel bir yaklaşımda bulunmak gereği ortaya çıkmıştır.

Hareket noktası sözü edilen gereği karşılamak olan çalışmamızın bundan sonraki bölümünde; uygun çözüm alanına matematiksel yaklaşımda bulunulacak ve önerilen yöntemin uygulaması verilecektir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MALİYET VE YAKINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜTLERİ ALTINDA YERLEŞİM DÜZENLEMESİ YÖNTEMİ - MEDAT - VE BİR UYGULAMA DENEMESİ

III.1. MEDAT

Yerleşim düzenlemesi sorununun uygun çözüm alanına matematiksel model ile yaklaşımda bulunmak amacına yönelik olarak önerdiğimiz yöntem, bundan böyle MEDAT kod ismi ile anılacaktır. (82)

Şimdiye değin incelenen bilgisayara dayalı özel algoritmali yöntemlerin uygun çözüm alanına; ya maliyet enküçüklemesine ilişkin niceliksel, ya da yakınlık enbüyüklemesine ilişkin niteliksel ölçütler kullanarak yaklaşımda buldukları görülmektedir. Her iki yaklaşım da etkin çözümler önermesine karşılık niceliksel çözümde

(82) Bu tür çalışmaların ortaya konulduğu eserlerde; yöntemin içeriğini vurgulayan terimlerin oluşturduğu bir özel isim türeterek yöntemin ilgili literatürde sözü edilen kod ismi ile anılmasını sağlamak, süregelen bir alışkanlık olarak gözlenmektedir. Yöntemin; benimsenmesi halinde ilgili literatüre içeriğini vurgulayan "Heuristic Evaluation of Layout Planning" tümcesinin kısaltılmış biçimi olan "HELP" kod ismi ile sunulması düşünülmektedir.

sorunun niteliksel yanının, niteliksel çözümde de niceliksel yanının başlanması sistem yaklaşımı açısından yöntemlere ilişkin bir eksiklik olarak belirlemektedir.

Gözlenen bu eksikliği gidermek amacıyla yönelik olarak önerilen MEDAT, yerleşim düzenlemesi seçeneklerini hem niceliksel hem de niteliksel ölçütler altında değerlendirmektedir.

MEDAT, algoritmasının gerektireceği hesaplama üstünlüğü veya bilgisayar kullanım süresi açısından diğer bilinen yöntemler ile kıyaslanmamış olup, yukarıda belirtilen bakış açısı doğrultusunda geliştirilmiş akademik bir çalışmadır. Dolayısı ile MEDAT'ın diğer bilinen bilgisayara dayalı özel algoritma içeren yöntemler arasında işlem hızı açısından yeri tartışılabilir, ancak, soruna bakış açısı yönünden tek yarı-niceliksel bir yöntem olduğu söylenebilir.

III.1.1. Varsayımlar ve Etkinlik Ölçütü

MEDAT'ın en önemli özelliği; etkinlik ölçütünde, malzeme taşıma maliyetinin yanında, bölümler arası yakınlık düzeylerini de göz önüne almasıdır. Başka bir anlatımla MEDAT; diğer niceliksel yöntemler gibi malzeme taşıma maliyetini enküçükleyen bir düzenleme araştırmakta, ancak bunun yanında arzu edilen yakın konum-

landırma ve ilişki derecelerini de dikkate alarak, çözümün nitel ölçütler altında da irdelenmesini sağlamaktadır.

MEDAT'a ilişkin varsayımlar aşağıdaki biçimde ortaya konulmuştur:

- Malzeme taşıma maliyeti, bölümlerin atanmış oldukları alanların merkezleri arasındaki dikdoğrusal(rectilinear) uzaklığın⁽⁸³⁾ doğrusal bir fonksiyonudur.

- Uzaklıkla artan giderler, toplam malzeme taşıma maliyeti üzerinde artan bir etki bırakır.

- Taşınan miktarlara ilişkin veriler sabittir.

- Maliyet ve yük matrisleri simetriktir.⁽⁸⁴⁾

- Bölümler, kapsadıkları alan itibariyle eşit büyüklüktedir.

Ancak bu varsayım, büyük bölümlerin diğerlerine eşit alanlara bölünmesi ile veya karşıt bir işlemle, ya da çözümden sonra oluşan düzenlemenin elle uyumlaştırılması biçiminde gevşetilebilir.

(83) Koordinatları (x_1, y_1) ve (x_2, y_2) olan iki nokta arasındaki dik doğrusal uzaklık, $|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$ formülü ile hesaplanır.

(84) Simetrik olma varsayımının gerekçesi s.177 tartışılacaktır.

- Maliyet bilgisi, birim uzaklık başına hesaplanacağından uzaklık biriminin, düzenleme taslağındaki bir birim karenin kenar uzunluk birimiyle aynı olması gerekmektedir. Sözgelimi; bir birim kare 100 m^2 yi gösterdiği varsayılırsa, maliyet öğeleri 10 m başına malzeme taşıma maliyeti olarak kullanılmalıdır.

- Bölümler arası saptanan yakınlık düzeyleri rakamsal olarak kodlanmalı ve her bir döngü için bu değerler aynı kalmalıdır. Başka bir deyişle, başlangıçta saptanan yakınlık düzeyleri yöntem sonuna dek sabittir.

Bu varsayımlar altında;

$$I = \{ i \mid i = 1, 2, 3, \dots, n \}$$

bölümler dizini kümesi iken, $J=I$ alınıp aday yerlerde aynı indislerle gösterilsin. Aday yerlere yerleşimin karşılaştırılacak seçenek sayısı t ve seçenekler kümesi,

$$S = \{ s \mid s = 1, 2, 3, \dots, t \}$$

olmak üzere;

f_{ij}^x : i bölümünden j bölümüne birim zamandaki malzeme taşıma sayısı (maliyet ağırlıklı)

f_{ij} : i bölümü ile j arası birim zaman malzeme taşıma sayısı,

$$f_{ij} = f_{ij}^* + f_{ji}^* \text{ (simetrilğin bağlanması için)}$$

$$f_{ii} = f_{jj} = 0$$

d_{ij} : i nci yer ile j nci yer arasındaki uzaklık (dikdoğrusal ya da öklid),

y_{ij} : i ve j bölümleri arasındaki yakınlık değeri,

C_s : s inci düzenlemenin toplam malzeme taşıma maliyeti,

K_s : s inci düzenlemenin toplam yakınlık değeri,

C_{enk} : Enküçük toplam taşıma maliyeti,

$$C_{enk} = \min_s \{ C_s \}$$

K_{enb} : Enbüyük toplam yakınlık değeri,

$$K_{enb} = \max_s \{ K_s \}$$

biçiminde tanımlansın.

Yukarıdaki gösterimlerle, mümkün düzenlemeler uygun çözüm alanı olarak ele alındığında ve bu alanda t kadar seçenek olduğu kabul edildiğinde; ele alınan seçenekler içinden enküçük maliyete karşı gelen,

$$C_{enk} = \min_{S} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n f_{ij} d_{ij} \dots\dots\dots (1),$$

eşitliğiyle; ele alınan seçenekler içinden enbüyük yakınlık değerine karşı gelen seçenek ise,

$$K_{enb} = \min_{S} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n y_{ij} \dots\dots\dots (2)$$

eşitliği ile bulunacaktır.

İncelenen seçenekler içinden (1) nolu eşitliğe karşı gelen ile (2) nolu eşitliğe karşı gelen seçeneğin aynı olması beklenebilir. Karar verici, seçimde hem maliyeti hem de yakınlığı gözönüne almak istiyorsa nasıl davranacaktır? Başka bir anlatımla, ele aldığı seçenekleri maliyet ve yakınlık ölçütleriyle birlikte nasıl değerlendirecektir?

Bu aşamada, karar ortamına ilişkin olarak; "amaç programlanması", "farksızlık eğrileri"(indifference curves), "Pareto Optimalitesi", "fayda kuramı" gibi yöntem ya da yaklaşımlar kullanı-

labilir. Daha da yoğun işlem ve fazla bilgisayar zamanı alma ya da kuramsal açıdan özentili(sophistic) duruma düşmemek nedenleri ile diğer ilgi alanlarına girilmeksizin, yalın bir cevap "Fayda Kuramı"(Utulity Theory) kullanılarak araştırılacaktır. Bu amaçla; öncelikle fayda kuramında kullanılan aşağıdaki kavram ve göstere-rimlere gerek vardır.

"Kardinal fayda" kavramı, faydanın ölçülebilirliğini ve sayısal değerlerle ifade edilebileceğini ortaya koyduğundan, her bir seçenekteki maliyet ve yakınlık değerlerine ilişkin fayda ya da faydasızlıkların oluşturulmasında bu kavram temel alınacaktır. Yanısıra, faydanan önem derecelerine göre sıralanmasına olanak sağlayan "ordinal fayda" kavramı da seçenekler değerlendirilmesinde temel alınacaktır.

Karar verici, maliyet ve yakınlık ölçütlerini birlikte ele almak istediğine göre, son yerleşim düzenlemesinin kendisince maliyet ve yakınlık yönleriyle önem düzeyi olması gerekir. Eğer, $0 < \alpha < 1$ olmak üzere, düzenlemenin maliyet yönüyle önem derecesi α ise, yakınlık yönüyle önem derecesi $(1 - \alpha)$ olacaktır.

Bu noktada, belirlenen önem düzeyleriyle, her bir düzenlemenin karar vericiye sağlayacağı fayda nedir ve nasıl ölçülebilir

soruları gündeme gelmektedir.

Bir düzenlemenin maliyetine karşı gelen fayda FC_s ve yakınlık değerinden sağlayacağı fayda da FY_s ile gösterilirse, t'inci seçeneğin uygulanması halinde elde edilecek fayda;

$$F_s = \alpha FC_s + (1-\alpha) FY_s \dots \dots \dots (3)$$

olacaktır.(3) nolu eşitlikteki α , FC_s ve FY_s bulunabilirse, incelenen seçenekler arasından

$$\text{Enb } \left\{ F_s \right\} = F_k \dots \dots \dots (4)$$

ilişkisiyle bulunan k'ıncı seçenek benimsenecektir.(85)

Öte yandan, FC_s ve FY_s 'ler bağımsız-faydasızlık (independent disutility)(86) cinsinden, başka bir anlatımla, her biri kendi

(85) Maliyet ve yakınlık düzeylerine ilişkin elde edilebilecek faydaların aynı ölçek(scale) ile gösterimleri konusunda bkz. Howard RAIFFA, Decision Analysis: Introductory Lectures on Choices under Uncertainty.(2.B.), Addison-Wesley Publishing Comp., Massachusetts, 1970, s.86-88.

(86) Kavram ve hesaplama örneği için bkz., RAIFFA, s.257-258; Ralph L.KEENEY ve Keshaven NAIR, "Selecting Nuclear Power Plant Sites in the Pacific Northwest Using Decision Analysis" içinde: David E.BELL, Ralph L.KEENEY, Howard RAIFFA, Conflicting Objectives in Decisions. John Wiley and Sons, Chishester, 1978, s.304-307.

gurubundaki değerlerin eniyisine göre faydasızlıkları (disutilities) cinsinden hesaplanır. (3) nolu eşitlik kullanıldığında, (4) nolu eşitlik;

$$\frac{Enk}{S(S)} \left\{ F_s \right\} = F_k \dots \dots \dots (5)$$

biçimini alır ve bu ilişkiyi sağlayan k'ıncı seçenek benimsenir. (87)

Varolan seçenekler içinden enküçük maliyetli olanın (C_{enk}) yerine C_s maliyetli olanın benimsenmesi durumunda karar verici $C_s - C_{enk}$ kadarlık bir fırsatı kaçırıyor demektir. Kaçırılan bu fırsatın, tüm fırsat maliyetleri içerisindeki önemi, başka bir deyişle, enküçük maliyete göre faydasızlığı, $(C_s - C_{enk}) / C_{enk}$ olacaktır. (88)

Böylece,

$$FC_s = \frac{C_s - C_{enk}}{C_{enk}} \dots \dots \dots (6)$$

yazılır.

(87) Aslında, $\frac{Enb}{S(S)} \left\{ F_s \right\} = -\frac{Enk}{S(S)} \left\{ -F_s \right\}$ özelliği dikkate alındığında her iki yaklaşım da aynı sonucu verir. Bu yüzden çalışmamızda faydasızlıkların enküçüklenmesi (minimization of disutilities) ölçütü benimsenmiştir.

(88) Enküçük maliyetli seçeneğin benimsenmesi durumunda, ($C_s = C_{enk}$); faydasızlık 0, başka bir anlatımla, hiç fırsat kaçırılmamış olacaktır.

Yanısıra, varolan seçenekler içinden enbüyük yakınlık değerli olanın (K_{enb}) yerine K_s yakınlık değerli olanın benimsenmesi durumunda, karar verici $K_{enb}-K_s$ kadarlık bir fırsatı kaçıırıyor demektir. Bu durumda, her bir seçeneğin enbüyük yakınlık değerine göre faydasızlığı,

$$(K_{enb}-K_s) / K_{enb}$$

olacaktır.

Böylece,

$$FY_s = \frac{K_{enb}-K_s}{K_{enb}} \dots\dots\dots (7)$$

yazılır.

Bu durumda MEDAT için etkinlik ölçütü;

$$E_{enk} = \frac{Enk}{\sum_{s \in S} C_s} \left[\sum_{s=1}^t \infty \frac{C_s - C_{enk}}{C_{enk}} + (1-\infty) \frac{K_{enb}-K_s}{K_{enb}} \right] \dots\dots (8)$$

olup, bu etkinlik ölçütü altında, karar vericiye düzenlemeden yakınlık ve maliyet yönüyle beklentileri eniyilenecek biçimde seçim yapma olanağı verilmiş olacaktır.

İzleyen kesimlerde önerilen yaklaşımın bilgisayar ortamına aktarılması için geliştirilen algoritmanın ayrıntıları verilerek, gerçek hayatta ele alınan bir işyerinde yöntem ve algoritmanın uygulama denemesi yapılacaktır.

III.1.2. MEDAT Bilgisayar Programının Girdileri

MEDAT bilgisayar programı için gerekli veriler dört grupta toplanabilir. Bunlar:

- Başlangıç düzenleme bilgileri,
- Malzeme akış bilgileri,
- Birim uzaklık/maliyet bilgileri,
- Bölümler arası ilişki derecesi bilgileridir.

III.1.2.1. Başlangıç Düzenleme Bilgileri

MEDAT, çoğu yöntem gibi başlangıç düzenlemenin belirtilmesini gerektirir. Bu düzenleme, yeni bir işyerinin tasarımına yönelik olduğunda, bölümler rasgele konumlandırılarak elde edilebilir. Sorun, yeniden düzenleme veya varolan bir işyerine yönelik olduğunda, eldeki yerleşme düzeni başlangıç düzenle-

me olarak kullanılır. Bu amaçla bölümler artan sırada numaralandırılarak; koordinat sistemine, her bir kare belirli bir alanı göstermek ve 30x30 birim boyutlarını aşmamak koşulu ile yerleştirilir. Böylelikle her bir bölüme ilişkin X ve Y koordinatları elde edilir. Bölüm numaraları tek bir kart üzerine artan sırada olmak üzere delinerek sisteme verilir. X(yatay) koordinatları, bölüm numarası temel olmak koşulu ile tek bir kart üzerinde gösterilebilir. Y(düşey) koordinatları da benzer biçimde girdi olarak hazırlanır. MEDAT'da gerektiğinde yeri değiştirilmeyecek olan bölümlere ilişkin bilgiler de kullanılabilir.

III.1.2.2. Malzeme Akış Bilgileri

Bölümler arası taşınan malzeme miktarı birim yük cinsinden hesaplanarak, bir matris biçiminde girdi olarak verilir. Malzeme akış bilgisi, bölümler arasında belirli bir zaman döneminde yapılan taşıma sayısıdır. İkili olarak tüm bölümler dikkate alınıp matris biçimine sokulur. Eğer maliyet matrisi simetrik değilse, i bölümünden j bölümüne olan malzeme akışı ile j bölümden i bölümüne olan malzeme akışı birleştirilmeden kendi hücrelerine ayrı ayrı yazılmalıdır. Böylece, malzeme akış bilgilerini i-

çeren yük matrisi de simetrik olmaz. Karşıt durumda, her iki yön-
deki yük değerleri birleştirilerek simetrik yük matrisi elde edi-
lir. Simetrik olup olmama durumu, model ve sonra sunulacak olan
algoritma için bir sakınca yaratmamakla birlikte, kolaylık sağla-
mak açısından simetrik olma varsayımı benimsenmiştir. Öte yandan,
bölüm içi taşımalar dikkate alınmadığından matrisin asal köşegen
öğeleri sifıra eşittir.

III.1.2.3. Birim Uzaklık/Maliyet Bilgileri

Yine matris biçiminde sunulan bu girdi, tüm iki-
li bölüm birleşimleri arasında birim uzaklığı aşmak için katlanı-
lan malzeme taşıma maliyeti bilgilerinden oluşur. Başlangıçta da
belirttiğimiz gibi maliyet bilgisi, birim uzaklık başına hesapla-
nacağından, uzaklık biriminin başlangıç düzenlemedeki bir birim
karenin kenar uzunluk birimiyle aynı olması zorunludur. Üretim
sistemi gereği malzeme taşıma biçimi değişik türlerde olabilir.
Örneğin; kimi bölümler arasındaki taşıma elle yapılırken, kimi ta-
şımalar ileteç(conveyor) gerektirebilir. İleteç kullanımında ma-
liyet, yük akışının doğrusal bir fonksiyonu olarak değil de ileteç
uzunluğuyla orantılı düşünülür. Bu durumda maliyet ögesi, iletecin
her birim uzunluğu için birim zaman başına maliyet olarak alınma-

lıdır. Maliyet ve yük matrisleri ayrı ayrı girdi olarak kullanılacağı gibi, bu iki matrisin karşı gelen öğelerinin çarpımı ile elde edilecek bir "maliyet ağırlıklı yük matrisi" olarak da kullanılabilir. Ancak, bu matrisin kullanılabilmesi için her iki matrisin de simetrik olması, başka bir deyişle, karşı gelen hücrelerinin dolu olması gerekeceği açıktır.

III.1.2.4. Bölümler Arası Yakınlık Derecesi Bilgileri

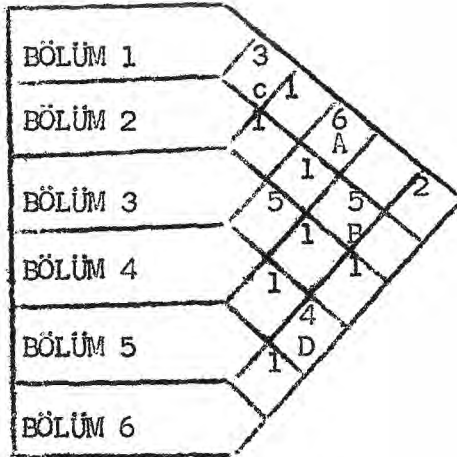
Yönetim, başka bir deyişle karar verici, ister yeni bir işyerinin kurulması, isterse var olanın yeniden düzenlenmesi durumlarında, bazı bölüm yerlerinin diğerlerine kıyasla görece önemi olması gerektiğine inanır. Ya da üretim süreci veya teknolojik kısıtlar aynı durumu gerektirebilir. Örneğin, malzeme akışı, hizmet akışı, bilgi akışı, personelin birden fazla işi yapmak üzere konumlandırılmaları gereği, denetim ya da gözetleme olanakları, bir çalışma postası oluşturma gereği, gürültü, ... v.b. nedenlerden ötürü, kimi bölümlerin diğer bölümlere kıyasla konumlandırılmaları önem kazanır. Bu kısıtlardan ötürü, kimi bölümlerin yan yana ya da en azından yakın konumlandırılmaları gerekebilir. MEDAT'da bu tür zorunluluklar göz önüne alınarak, bölümler arası yakınlık (ilişki) dereceleri saptanır. Yakınlık dereceleri; kesinlikle gerekli(6), çok önemli(5), önemli(4), istenir(3), farketmez(1), istenmez(0), biçiminde sayısal değerlere dönüştürülerek matris biçiminde girdi olarak sunulur. Bu amaçla hazırlanan bir yakınlık çizelgesi örneği Çizelge-4'de verilmiştir.

	YAKINLIK
6	Kesin Gerekli
5	Çok Önemli
4	Önemli
3	İstenir
2	Olabilir
1	Farketmez

a. Yakınlık Ölçüleri

KOD	GEREKÇE
A	Malzeme Akışı
B	Hizmet Akışı
C	Bilgi Akışı
D	Aynı Personel
E	Gözetleme
F	Posta
G	Gürültü

b. Yakınlık Gerekçeleri



c. Yakınlık Çizelgesi

	1	2	3	4	5	6
1		3	1	6		2
2			1	1	5	
3				5	1	1
4					1	4
5						1
6						-

d. Yakınlık Matrisi

Çizelge-4. Yakınlık Çizelgesi ve Matrisi Örneği.

III.1.3. MEDAT Algoritması

MEDAT algoritması, HC-66, CRAFT, COL, FRAT ve ALDEP algoritmalarından geniş ölçüde yararlanılarak geliştirilmiş olup, Nugent-Vollmann ve Ruml'un birlikte yaptıkları bir çalışmada kullandıkları, 12 bölüm içeren test örneğinde⁽⁸⁹⁾ sınanmış ve tüm algoritmaların ulaştığı sonuçlar arasında en düşük değerli sonucu yinelemiştir. MEDAT algoritmasına ilişkin basamaklar aşağıdaki gibidir:

1. Bölüm sayısı, yeri değiştirilmeyecek bölümlerin numarası, maliyet ağırlıklı yük matrisi, yakınlık değerleri matrisi ve bölümlerin başlangıç koordinatları girdi olarak verilir.
2. Bölüm merkezleri arasındaki en uzak ve en kısa uzaklıklar arasındaki fark(A) hesaplanır. Enküçük uzaklık alt sınır olarak saptanır.
3. (A) dan büyük veya eşit olası tüm taşımaların toplam maliyetleri hesaplanır.⁽⁹⁰⁾

(89) NUGENT-VOLLMANN-RUML, a.g.m., s.171.

(90) Saptanan taşıma sistemi köşegenler boyunca bir taşımayı gerektiriyorsa, başka bir deyişle dikdörtgenal değilse uzaklık fonksiyonu;

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \text{ biçiminde değiştirilir.}$$

4. Enbüyük ve ikinci enbüyük maliyet değerleri içeren bölümler, daha sonraki işlemlere temel olmak üzere M ve N olarak kodlanır.
5. Başlangıç düzenlemenin oluşturduğu toplam maliyet ve toplam yakınlık değerleri hesaplanır.
6. Her bir bölüm, (M) bölümünün konumu ile değiştirilerek yeni atamaların toplam maliyetleri ve yakınlık değerleri hesaplanır. Maliyet azaltımı sağlayan bölüm, (M) ile değiştirilir.
7. Maliyet azaltımı sağlanamayınca dek 6. basamak yinelenir.
8. 6. ve 7. basamaklar (N) bölümü için yinelenir.
9. A, en kısa uzaklık değeri (L) kadar azaltılır
($A'' = A - L$).
10. (A'), (L) den küçük olanak dek, 3-9 arası basamaklar yinelenir.
11. Bölüm çiftlerinin karşılıklı olarak değiştirilmeleri sonucu oluşabilecek maliyet azaltımları araştırılır.

12. Maliyet azaltımı sağlayan ikili değişimler gerçekleştirilir. Yeni düzenlemeye ilişkin maliyet ve yakınlık değerleri yazılır.
13. Gelişme sağlanamayıncaya dek 11. ve 12. basamaklar yinelenir.
14. Bilgisayar çıktı olarak başlangıç düzenlemeyi, süreç sonuna dek kullanılan maliyet ağırlıklı yük ve yakınlık değeri matrislerini, her bir düzenlemenin oluşturduğu toplam taşıma maliyeti ve bunlara ilişkin yakınlık değerlerini düzenlemeye ilişkin koordinatları ile birlikte verir. Bu aşamada, düzenleme seçeneklerine ilişkin birlikte verilen toplam maliyet ve toplam yakınlık değerleri arasında; toplam maliyete ilişkin enküçük, toplam yakınlığa ilişkin ise enbüyük değerler temel alınarak, diğer değerlerin içerdikleri faydasızlıklar belirlenir. Ayrıca, istenirse maliyet ve yakınlık değerleri de önem düzeyleri ile ağırlıklandırılır. Böylelikle, her bir düzenleme seçeneği için yeni maliyet ve yakınlık değerleri oluşturulmuş olunur.
15. Her bir seçeneğe ilişkin yeni maliyet ve yakınlık değerleri toplanarak enküçük değeri veren, başka bir deyişle, toplam faydasızlığı enküçük olan seçenek seçilir.

MEDAT algoritması Çizim-8'de verilmiştir.

X, Y, K, JF(1, J), MC(I, J)
BİLGİLERİNİ
OKU

IBETA=0, A= R-L

P(I)YI HESAPLA

M, N
BELİRLE

TOTCOŞ HESAPLA
TOTNAR HESAPLA
TOT21= TOTCOŞ
TOT46= TOTNAR
YAP

TOTAL(I)= TOT21
TOTAL(K)= TOT46 YAP

BÖLÜMLERİ SIRASIYLA
M İLE DEĞİŞTİR

YENİ MALİYETİ BÖL
YENİDEN DEĞİŞTİR

BAŞLANGIÇ MALİYET
İLE YENİ MALİYETLER
ARASINDAKİ FARKLARI
BELİRLE

1

1

EN BÜYÜK FARKI
BELİRLE (K^x)

K^x > 0

K^x İLE M
DEĞİŞTİR

IBETA= IBETA+1

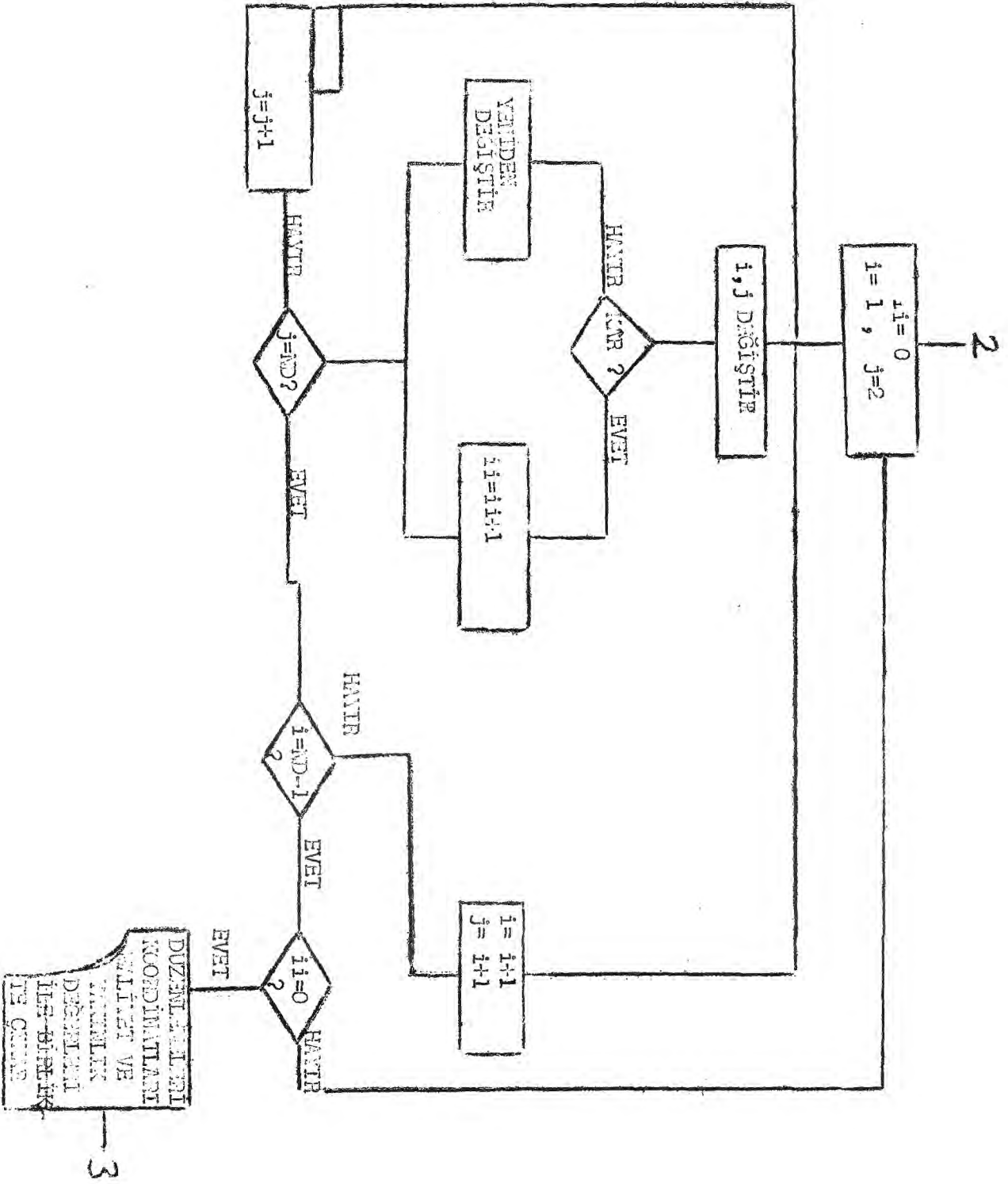
IBETA < 2

A= A-L

A < L

M İLE N
DEĞİŞTİR

2



RENZ TALIYERE GÖRE
BİĞER İLİYETLERİ
AÇILTIYLANDIR.
(CF 10^s BUL)

ERBÜYÜK YANTILIK
DEĞERİNE GÖRE
DİĞERLERİNİ AĞIR-
LIKLANDIR. (KF 10^s)

HER BİR SEÇENEĞİ
İLİŞKİN TOPLAM FAY
DASIZLIKLARI BUL.
 $k(CF_s) + (1-\infty)(KF_s)$

EN İYİ DEĞERLİ
SEÇENEĞİ BELİRLER

DUR

III.2. MEDAT ile Bir Uygulama Denemesi

Yöntemin işlerliğini gerçek veriler ile sınamak üzere Kütahya'da bir endüstri işletmesi seçilmiştir. Yöntemin amacına uygun olması bakımından seçim işleminde, örnek işletmenin siparişe dayalı üretimde bulunması, başka bir deyişle, süreçte göre düzenlenmiş olması ölçütü benimsenmiştir. Zira, bu tür üretim ve yerleşim olgusunu içeren işletmelerde, bölümler arası taşımanın fazla ve önemli bir maliyet unsuru olduğu bilinen bir gerçektir. Örnek işletmemizin; kötü bir düzenlemenin tüm sıkıntılarını yaşadığı ve artan yer gereksinimini gidermek üzere fabrikayı satın alınan yeni bir yerleşim bölgesine yakın bir gelecekte taşımayı planlaması, çalışmamızın uygulanabilme şansını önemli ölçüde arttırmıştır. Bu amaçla, yerleşim düzenlemesi sorununa MEDAT uygulaması ile varolan düzenleme, niceliksel(maliyet) ve niteliksel(yakınlık) ölçütler altında değerlendirilerek, seçenek çözümler geliştirilmiş ve eniyi seçenek belirlenmiştir.

III.2.1. İşletmenin Tanıtıma

ANMAK(Anadolu Makina Sanayii ve Ticaret Ltd.Şti),1972 yılında Kütahya'da kurulmuş olup, bugün değişik isimler altındaki

Eskişehir(Açıkoğlu), Ankara(Hasal), İstanbul(Alfa), Antalya(Isı Teknik), Balıkesir(Teknik Isı) ve Afyon(Er)- altı satış şubesi ile ürünlerini pazarlamaktadır.

Ürettiği ürünler arasında başlıcaları; kalorifer kazanı, akaryakıt tankları, boyler, hidrofor, eşanjör, projeye göre inşaat ve ziraat makinaları, çelik konstrüksiyon, her çeşit elektrik-elektronik makina ve aksamı olup, bu işlere ilişkin mühendislik, müşavirlik, mümessillik, taahhüt, proje ve ithalat-ihracat işlemlerini de yürütmektedir.

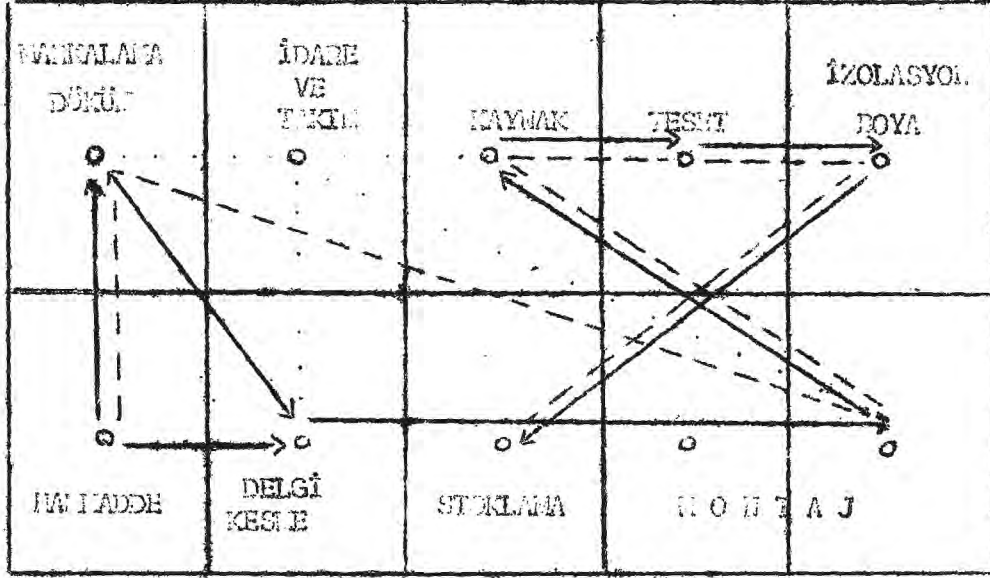
Çalışmamızda, örnek işletme olarak ANMAK'ın doğrudan üretimde bulunduğu fabrika alanı temel alınarak, ayrı bir yerleşim bölgesinde konumlandırılan Genel Müdürlük binası ile olan ilişkileri çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

III.2.2. Üretim Bilgileri

Fabrikada siparişe göre üretim yapılmaktadır. Temel hammadde sac levha olup Ereğli Demir Çelik İşletmesinden sağlanmaktadır. Bunun yanında boru, izolasyon, boy ve döküm maddeleri hammadde olarak kullanılmaktadır.

Projeye göre işlenecek hammadde, hammadde bölümünden alınarak ayna bölümünde markalanır. Delgi ve kesme bölümünde istenen boyutlara getirilen saç levhanın merkez delikleri delindikten sonra, döküm bölümünde merkez delikleri boru çapına getirilir. Yeniden delgi ve kesme bölümüne gönderilen malzeme giyotin makasla kesilerek montaj bölümüne gönderilir. Bu bölümde gerekli işlemler yapıldıktan sonra malzeme kaynak bölümüne gelir. Burada ön ayna (kazan üzerinde simlenmiş kısım) ve iç ayna ile cehennemlik ve külhan denilen kısımlar kaynakla birleştirilir. Boruların sıvaması yapıldıktan sonra basınca dayanıklılık ölçüsünün yeterli olup olmadığı test bölümünde sınılanır. Yeterli olanlar izolasyon-boya bölümüne yeterli olmayanlar ise montaj bölümüne gönderilirler. İzolasyon-boya bölümünde gerekli işlemlerden geçen malzeme, tamamlanmış ürün olarak stoklama bölümüne gönderilir. Buradan vinçle yüklemesi yapılan mal tüketiciye ulaştırılır.

Üretime ilişkin iş akışı Çizelge-5'te verilmiştir.



Çizelge-5. ANMAK'a ilişkin İş Akış Çizelgesi.

Başlıca ürün çeşitlerine ilişkin yıllık üretim, Çizelge-6'daki gibidir.

	Miktar/Yıl
- Akaryakıt tankı	4-5
- Eşanjör	80
- Boyler	125-130
- Hidrofor	40-50
- Su tasfiye cihazı	5
- Çimento silosu	10
- İmsak deposu	150
- Kalorifer kazanı	150

Çizelge-6. Yıllık Üretim Miktarları.

III.2.3. Bölüm Bilgileri

ANMAK, yaklaşık olarak 1000 m² üzerine konumlandırılmış olup, yararlanılan, başka bir deyişle kullanım alanı yaklaşık 670 m² dir. Yeni kurulacak fabrikada bölümlerin biraz daha geniş tutulması planlanmaktadır. Bölümlere ilişkin bilgiler Çizelge-7'de özetlenmiştir.

Kod	Bölüm Adı	Alan(m ²)		Gereksindiği makina, araç-gereçler
		Eski	Yeni	
1	Markalama-Döküm	: 35	64	Ayna delme makinası
2	İdare-Atölye Takım	: 40	64	4 sekreter masası, yardımcı üretim mal- zeme ve araç-gereçler
3	Kaynak	: 60	64	5 adet jeneratör
4	Basınç-Test	: 60	64	Test aygıtı
5	İzolasyon Boya	: 60	64	-----
6	Hammadde	: 50	64	Boru deposu, kömür- lük, diğer hammad- deler
7	Delgi/Kesme	: 60	64	Dairesel testere,rad- yal matkap tezgahı, sütunlu matkap.tez- gahı, giyotin makas.
8	Stoklama	: -	64	
9	Montaj	: 100	128	3 adet kaynak jenera- törü,saç kıvrırma tez- gahı,kordon makinası, tav ocağı,el makas- ları.

Çizelge-7. Bölüm Bilgileri.

MEDAT bilgisayar programına bölümlere ilişkin giriş bilgileri 8m x 8m boyutlarında birim kare olarak verilmiştir. Ayrıca, montaj bölümü diğer bölümlere kıyasla daha çok alan gereksindiğinden, 9 ve 10 numaralı iki bölüm biçiminde gösterilmiştir. Bu iki bölüm arasındaki taşıma miktarı (0) olarak alınmış, diğer ilişkiler ise eşit paylarda ayrılmıştır. Varolan düzenlemede boş bir alan, stoklama işlemlerinde kullanılmakta iken, başlangıç düzenlemede ve yeni kurulacak fabrikada ayrı bir bölüm olarak düşünülmüştür. Bölüm alanları, maliyet ve yakınlık ölçümleri için sabit olarak alınmasına karşılık, en son düzenlemede biçimsel olarak değiştirilebilir. Örneğin, markalama-döküm veya idare-takım bölümleri alan olarak azaltılabileceği gibi, montaj bölümü alanı trafo ve 140 kv.lık diesel elektrik jeneratörünü de içine alacak biçimde genişletilebilir.

Bölümlere ilişkin giriş koordinatları şöyledir:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	8.	16.	24.	32.	40.	16.	8.	24.	32.	40.
Y	16.	16.	16.	16.	16.	8.	8.	8.	8.	8.

III.2.4. Taşıma ve Maliyet Bilgileri

Bölümler arası taşıma miktarları ile bunlara ilişkin maliyet bilgileri Çizelge-8 ve Çizelge-9'da özetlenmiştir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1				83		100	35		140	140
2			10	25	35				50	50
3				7		14	20		6	6
4					8					
5						10		4		
6							70			
7								7	50	50
8										
9										
10										

Çizelge-8. Malzeme Taşıma Matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1					1.5	10.4	10.4		23	23
2			0.6	2.3	2.3				0.6	0.6
3				10.4		10.4	10.4		10.4	10.4
4					10.4					
5						2.3		10.4		
6							10.4			
7								10.4	10.4	10.4
8										
9										
10										

Çizelge-9. Maliyet Matrisi.

Malzeme taşıma matrisindeki değerler, bölümler arasındaki haftalık taşıma miktarını göstermektedir. Bu veriler, üç aylık sipariş kartlarının incelenmesi ve 15 günlük gözlemler sonucu geliştirilmiştir. Ürünün, üretim süreci içerisinde gerekli taşınması ile bir-

likte, çalışanların yine sürece ilişkin önemli taşıma hareketleri de taşıma matrisinde gösterilmektedir. Sözgelimi; süreçte kullanılan her türlü araç-gereçler atölye takım odasında bulunmakta olup, kullanıcı gerektiğinde bu araç-gereçleri gidip almaktadır. Taşıma miktarlarının oluşturulmasında adigeçen eylemler de dikkate alınmıştır.

Maliyet matrisinde başlıca iki tür maliyet ögesi bulunmaktadır. Bunlardan; 0.6, 1.5 ve 2.3 olanlar, yukarıda sözü edilen kullanıcı hareketlerine ilişkindir. Bu değerlerin oluşturulmasında, Irwin P. Lazarus'un "A System of Predetermined Human Work Times" adlı doktora tezinde önerdiği zaman çizelgesinden,⁽⁹¹⁾ Yöntem Mühendisliği Konseyinin geliştirdiği Yöntem Zaman Ölçütleri çizelgelerinden⁽⁹²⁾ ve ANMAK maaş bordrolarından yararlanılmıştır. Çizelgelerden elde edilen hareket için gerekli birim süre ile, o işi yapan personelin birim süre ücretleri çarpılarak, maliyete ilişkin değerler oluşturulmuştur.

(91) IRESON-GRANT, s.374-375.

(92) TIMMS, s.600-642; MOSKI, s.115-117.

İkinci tür maliyet değerleri ise malzemenin, sürecin herhangi bir aşamasında bir birim uzaklığa taşınmasının maliyetidir. (93)

Çalışmamızda, girdi olarak maliyet ağırlıklı yük matrisi kullanılmıştır. Bu matris, taşıma matrisi ile maliyet matrisinin çarpımları sonucu elde edilir(Çizelge-10).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1				125		1040	364		312	312
2			6	60	90				30	30
3				73		146	208		63	63
4					83					
5						23		42		
6							728			
7								73	520	520
8										
9										
10										

Çizelge-10. Maliyet Ağırlıklı Yük Matrisi.

(93) ANMAK, birim işçilik maliyeti hesaplamasında; birim ürün maliyeti olan 650 TL/m² değerini temel almakta ve bu değer %25 ini delaylı işçiliğin, bunun % 80 ini de taşıma maliyetinin oluşturduğunu varsaymaktadır. Böylelikle, birim ürün maliyetinde taşıma maliyetine ayrılan pay yaklaşık % 20, başka bir deyişle, $(650 \times \%25 \times \%80) = 130$ TL/m² olmaktadır. Ürünün süreç boyunca 100 m₂ taşındığı varsayımı altında, 1 m. taşımanın maliyeti 1,30 TL/m², MEDAT'da kullanım biçimiyle, $(8 \times 1,30) = 10.40$ TL olmaktadır.

III.2.5. Bölümler Arası Yakınlık Derecesi Bilgileri

Çizelge-11'deki veriler; müdür, müdür yardımcıları ve ustabaşı ile ayrı ayrı yapılan görüşmeler sonucu derlenmiştir.

	YAKINLIK									
1- Döküm	1									
2- İdarne	3	0								
3- Kaynak	5	5	5							
4- Test	5	5	5	5						
5- İzolasyon	1									
6- Dolgi	5	5	4							
7- Harcı	5	5	4							
8- Stoklama	1									
9- Montaj	1									

KOD	GENELİĞİ
A	Malzeme Akışı
B	Hizmet Akışı
C	Bilgi Akışı
D	Aynı Personel
E	Gözetleme
F	Posta
G	Gürültü

Çizelge-11. Yakınlık Çizelgesi.

Bu bilgiler yardımı ile MEDAT'da kullanılmak üzere Çizelge-12'deki yakınlık dereceleri matrisi oluşturulmuştur.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1		4		5	5		3	3
2			3				1	1		
3					3	5			5	5
4					5				3	3
5						1		5	4	4
6							2		5	5
7									1	1
8									1	1
9										6
10										

Çizelge-12. Yakınlık Matrisi.

III.3. Uygulamanın Sonuçu

ANMAK'a ilişkin bilgiler, MEDAT bilgisayar programının gereksindiği girdi biçimlerine dönüştürülerek, Anadolu Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezindeki ICL sisteminde uygulanmıştır.

Başlangıç düzenleme olarak fabrikanın varolan düzenlemesi alınmıştır. Montaj bölümü, birim bölüm boyutlarına dönüştürülmek amacıyla ile iki bölüm olarak düşünölmüş ve birleşik konumlandırılması sağlanmak üzere sisteme yeri değiştirilmeyecek bölümler olarak verilmiştir. Sisteme verilen başlangıç düzenleme biçimi aşağıdaki gibidir.

1	2	3	4	5
7	6	8	9	10

Başlangıç düzenlemenin oluşturduğu toplam taşıma maliyeti (98.816 TL.) ve toplam yakınlık değeri (30) dur.⁽⁹⁴⁾

(94) Bilgisayar programı ve çıktı değerleri Ekler bölümünde verilmiştir.

MEDAT yardımı ile geliştirilen seçenekler ve bunlara ilişkin hesaplamalar Çizelge-13'de özetlenmiştir. 4.sütunda maliyet değerlerine ilişkin faydasızlıklar, enküçük maliyet olan 63896 değeri temel alınarak hesaplanmıştır. Bulunan değerler, maliyete verilen önem düzeyi ($\alpha = \% 60$) ile çarpılarak 6.sütun elde edilmiştir.⁽⁹⁵⁾ Aynı düşünüş biçimiyle, enbüyük yakınlık değeri olan 42 değeri temel alınarak, yakınlık değerlerine ilişkin faydasızlıklar 7.sütunda ve $1-\alpha = \% 40$ önem düzeyi ile yakınlığa ilişkin faydasızlık değerleri 9.sütunda gösterilmiştir. 6 ve 9.sütunlar toplanarak her bir seçeneğe ilişkin toplam faydasızlık değerleri bulunmuş ve enküçük toplam değer içeren 6.seçenek eniyi olarak önerilmiştir.

Böylelikle; başlangıç düzenlemeye kıyasla yaklaşık % 32 maliyet azaltımı ve % 40 yakınlık değeri arttırımı sağlanmıştır. Bu durumda da ANMAK'ın;

8	6	1	4	5
2	3	7	9	10

biçiminde düzenlenmesi gerekecektir.

(95) α değeri duyarlılık çözümlemesi amacı ile, 0 ila 1 değerleri arasında sınanmış ve $0.79 > \alpha > 0$ arasındaki değerlerde çözüm değişmemiştir. Bu yüzden MEDAT yöntemi uygulaması $\alpha = .60$ ile örneklendirilmiştir.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Seçenek No	Toplam Paşime Maliyeti.	Toplam Yakınlık Değeri	$C_{enb} = 63896$	α	$\alpha(CF_s)$	YF_s	$(1-\alpha)$	$(1-\alpha)YF_s$	Toplam
	C_s	Y_s	CF_s	α	$\alpha(CF_s)$	YF_s	$(1-\alpha)$	$(1-\alpha)YF_s$	$(6+9)$
1	98816	30	0.5465	0.60	0.3279	0.2857	0.40	0.1143	0.4422
2	77184	32	0.2079	0.60	0.1247	0.2380	0.40	0.0952	0.2199
3	70368	30	0.1012	0.60	0.0607	0.2857	0.40	0.1143	0.1750
4	68640	34	0.0742	0.60	0.0445	0.1904	0.40	0.0762	0.1207
5	68432	36	0.0709	0.60	0.0425	0.1428	0.40	0.0571	0.0996
6	67504	42	0.0564	0.60	0.0338	0	0.40	0	0.0338
7	67248	27	0.0524	0.60	0.0314	0.3571	0.40	0.1428	0.1742
8	66592	26	0.0421	0.60	0.0253	0.3809	0.40	0.1524	0.1777
9	66048	37	0.0336	0.60	0.0202	0.1190	0.40	0.0476	0.0678
10	63896	34	0	0.60	0	0.1904	0.40	0.0762	0.0762

Gizelge-13 • Seçeneklere İlişkin Değerler.

Öte yandan, montaj bölümünün dikine iki bölüm olarak yerleştirilmesi de mümkündür. Bu durumda eniyi düzenleme biçiminin ne olacağı ve aynı maliyet ve yakınlık ölçütleri altında değerlendirildiğinde, yukarıda önerilen seçeneğe kıyasla bir gelişme sağlanıp sağlanamayacağı araştırılmalıdır.

Bu amaçla, aşağıdaki birim başlangıç düzenleme olarak benimsenmiş ve MEDAT ile uygulaması yapılmıştır.

1	2	3	9	4
7	6	8	10	5

Elde edilen seçenekler ve bunlara ilişkin hesaplamalar Çizelge-14'de özetlenmiştir. Yeni durum koşullarında, eniyi düzenlemeyi veren seçenek, 13. seçenek olmaktadır. Bu seçeneğin önerdiği düzenleme;

3	6	7	9	8
4	1	2	10	5

biçimindedir. Birinci durumdaki başlangıç düzenleme ile kıyaslandığında, yaklaşık % 37 maliyet azaltımı ve % 17 yakınlık değeri art-

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Seğenek No	Toplam Tagıma Maliyeti	Toplam Yakınlık Değeri	C_{F_g}	α	αC_{F_g}	Y_{F_g}	$1-\alpha$	$(1-\alpha)Y_{F_g}$	Toplam
			$(C_{enk}=62696)$		$(4x5)$	$(K_{emb}=39)$		$(7x8)$	$(6+9)$
	C_g	Y_g							
1	94600	35	0.5088	0.60	0.3053	0.1025	0.40	0.0410	0.3463
2	79976	36	0.2756	0.60	0.1654	0.0769	0.40	0.0308	0.1962
3	79064	34	0.2610	0.60	0.1566	0.1282	0.40	0.0513	0.1795
4	70088	39	0.1179	0.60	0.0707	0.	0.40	0	0.0707
5	65904	30	0.0511	0.60	0.0307	0.2307	0.40	0.0923	0.1230
6	65696	35	0.0478	0.60	0.0287	0.1025	0.40	0.0410	0.0697
7	65376	31	0.0427	0.60	0.0256	0.2051	0.40	0.0820	0.1076
8	64848	23	0.0343	0.60	0.0206	0.4102	0.40	0.1640	0.1846
9	64768	23	0.0330	0.60	0.0198	0.4102	0.40	0.1640	0.1838
10	64320	30	0.0259	0.60	0.0155	0.2307	0.40	0.0923	0.1078
11	63600	28	0.0144	0.60	0.0086	0.2820	0.40	0.1128	0.1214
12	62728	30	0.0005	0.60	0.0003	0.2307	0.40	0.0923	0.0926
13	62696	35	0	0.60	0	0.1025	0.40	0.0410	0.0410

Çizelge-14. Yeni Duruma İlişkin Seğenek Değerleri.

tırımı sağlanmaktadır. Dalayısı ile ilk duruma ilişkin önerilen en iyi seçenekten yaklaşık % 5 daha fazla maliyet azaltımı sağlanmasına karşılık, yakınlık değerinde yaklaşık % 23 kadar azaltıma neden olmaktadır.

Böylelikle, ANMAK için eniyi düzenleme biçimi; birinci duruma ilişkin önerilen ve yaklaşık % 32 maliyet azaltımı, % 40 yakınlık değeri arttırımı sağlayan 6.seçenektir. Bu düzenleme biçiminin kullanılması ile elde edilecek kâr, yılda yaklaşık olarak 2 milyon TL. dolayındadır. Başka bir anlatımla, varolan yerleşim düzenlemesinin kullanılması durumunda ve aynı maliyet koşullarında, her yıl fazladan 2 milyon TL.lık bir gizli maliyete katlanılmış olacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

"Yerleşim Düzenlemesinde Maliyet ve Yakınlık Ölçütlerinin Birlikte Kullanımına İlişkin Bir Algoritma-MEDAT-" başlığı altında tamamlanan bu çalışmada ulaşılan sonuçlar ve ileriye dönük çalışmalar için öneriler şöyle sıralanabilir:

- Yerleşim düzenlemesi sorunu kuramsal yönden kavramsal olarak ele alınmış, tesis planlaması sürecinde sorunun yeri, boyutları ve kaynakları ortaya konularak, sorun türlerine ilişkin sınıflandırma verilmiştir.

- Soruna ilişkin çözüm arayışları ile bunların beraberinde getirdiği yöntemler; tarihsel gelişim olgusunda ve temelde, sezgi ya da deneyime dayalı veya sistematik bir yaklaşım izleme gerektirmeleri yönünden, geleneksel ve matematiksel olmak üzere sınıflandırılarak incelenmiştir.

- Matematiksel yöntemler; belli varsayımlar altında eniyi çözüme ulaşmaları yönünden "çözümsel", bilgisayar yardımıyla eniyeye yakın, iyice bir çözüm araştırmaları yönünden "bilgisayara

dayalı özel algoritmali yöntemler" olmak üzere guruplandırılarak incelenmiştir.

- Bilgisayara dayalı özel algoritmali yöntemler de, girdi bilgilerinde gezi çizelgesi yardımıyla (uzaklık-maliyet) etkinliğini araştırmaları yönünden niceliksel, ilişki çizelgesi yardımıyla bölümler arası yakınlık düzeyi ölçütünü kullanmaları yönünden niteliksel yöntemler olmak üzere sınıflandırılarak incelenmiştir.

- İnceleme konusu yapılan bilgisayara dayalı özel algoritmali yöntemlerden niceliksel olanların kullanılması ile çözüm arayışında, sorunun nitel yanının başlandığı gözlenmiştir. Çözüm, niteliksel yöntem kullanılarak yaklaşıldığında da, sorunun nicel yönünün başlandığı saptanmıştır. Gözlenen bu boşlukları doldurmak amacıyla yönelik olarak, algoritmasında hem niteliksel hem de niteliksel ölçütleri birlikte kullanan yeni bir yöntem (MEDAT) geliştirilerek, bunun işleyişi gerçek hayatta bir işyerine uygulanarak örneklenmiştir.

- MEDAT algoritmasında niteliksel ölçüt olarak malzeme taşıma maliyeti, niceliksel ölçüt olarak da bölümler arası arzu edilen yakınlık düzeyi alınmıştır.

- Aynı ölçekte gösterimi sağlanan maliyet ve yakınlığa ilişkin faydasızlık değerlerine, karar verici yönünden ordinal anlamda önem düzeyi verilebilir. Bu amaçla sözü edilen değerlere ağırlık oluşturmak üzere α , ($0 < \alpha < 1$) tanımlanmıştır.

- Her bir seçeneğe ilişkin faydasızlık değerleri maliyet yönünden α , yakınlık düzeyi yönünden ($1 - \alpha$) ile ağırlıklandırılarak toplam faydasızlık bulunmuş ve toplam enküçük değer içeren seçenek çözüm olarak önerilmiştir.

- Uygun çözüm alanı olarak saptanan seçenekler kümesindeki her bir seçenek için, fayda kuramına başvurularak karar verici yönünden bir diğerine göre faydasızlığı (disutil) ölçülmüştür. Bu aşamada, seçenekler arasında maliyete ilişkin enküçük, yakınlığa ilişkin olarak da enbüyük değer eniyi olarak benimsenerek, diğerlerinin içerdiği faydasızlıklar ölçülmüştür. Bu noktada, her bir seçeneğin içerdiği maliyet ve yakınlık düzeyleri başlangıç düzenlemeye göre fayda cinsinden de ölçülebilir.

- Algoritma yardımıyla, enküçük toplam taşıma maliyeti ile buna yakın taşıma maliyeti gerektiren düzenleme seçenekleri, uygun çözüm alanı olarak saptanmış ve her bir seçeneğe karşı gelen toplam yakınlık değerleri oluşturulmuştur. Bu yaklaşımın tersi de, başka bir anlatımla, enbüyük toplam yakınlık ve buna yakın değer-

ler içeren seçenekler kümesi uygun çözüm alanı olarak benimsenip, her bir seçeneğe karşı gelen toplam taşıma maliyetlerinin bulunması, araştırma konusu niteliğinde görülmektedir.

- Uygun çözüm alanındaki seçeneklerden eniyi olanın bulunması sorununa; amaç programlaması, Pareto Optimalitesi, farksızlık eğrileri ile de yaklaşılabılır.

- MEDAT algoritması, CRAFT, HC-66, COL, FRAT ve ALDEP algoritmelerinden geniş ölçüde yararlanılarak geliştirilmiştir. Dolayısı ile, sözü edilen algoritmalara içerdikleri varsayımlar itibari ile yöneltilen eleştiriler MEDAT için de geçerlidir.

- MEDAT algoritması bölümlerin eşit büyüklükte olduğunu varsayar. Ancak bu varsayım; büyük bölümlerin eşit birimlere indirgenmesi, küçük bölümlerin birim büyüklüğe getirilmesi ve elde edilen çözüm düzenlemenin elle düzeltilmesi biçiminde gevşetilebilir.

- MEDAT diğer niceliksel yöntemler gibi, taşıma maliyetinin, uzaklığın doğrusal bir fonksiyonu olduğunu ve uzaklıkla artan maliyetlerin toplam maliyet üzerinde artan bir etki bıracağını varsayar. Bu varsayımın geçerliliği tartışılmasına karşılık, geçersizliği kanıtlanmamıştır.

- MEDAT, taşımaya ilişkin verileri kesin ve değişmez varsayar. Bu varsayımın geçerliliği incelenebilir.

- MEDAT'ta, yakınlık matrisini oluşturan değerler nesnel olarak geliştirildiklerinden, sözü edilen değerlere ilişkin duyarlılık çözümlemesi araştırma konusu yapılabilir.

- MEDAT, algoritmasının gerektireceği hesaplama üstünlüğü ya da bilgisayar zamanı alma yönünden diğer yöntemlerle kıyaslanmamış olup, yazılımı, programlama teknikleri açısından araştırma konusu yapılarak, iyileştirilebilir.

- Bilindiği gibi, belli varsayımlarla soruna çözüm arayan yöntemler, sorunun belirsizlik alanını daraltarak, karar vericiye, karar ortamında sağlıklı bir karar vermesi için olanak sağlarlar. Bu yüzden, yerleşim düzenlemesi sorun alanına yeni bir boyut getiren MEDAT'da, çözüme ulaşmada bir araç olarak değerlendirilmelidir.

```

MASTER PROG
C MEDAT PROGRAMI
  DIMENSION P(30), D(30,30), X(30), Y(30), CRED(30), JF(30,30), TOT
  1L(31), MFIX(30),
  1CINAR(31), MC(30,30), TOPAL(31)
  REAL MOST
C   NN TOPLAM BOLUM SAYISI
C   NFIX YERİ DEĞİSTİRİLMEMEYECİK BOLUM SAYISI
  READ (5,300) NN, NFIX
  IF (NFIX.EQ.0) GO TO 5
C   DEĞİSTİRİLMEMEYECİK BOLUMLERİN GİRDİ NUMARASI (ARTAN SIRADA)
  READ (5,305) (MFIX(I), I=1, NFIX)
5   LI=NN-1
  WRITE (6,275)
C   MALİYET AĞIRLIKLİ YUK MATRİSİ
  DO 10 I=1, NN
  READ (5,295) (JF(I,J), J=1, NN)
  WRITE (6,320) (JF(I,J), J=1, NN)
10  CONTINUE
C   BOLUMLERİN YAKINLIK DEĞERLERİ
  WRITE (6,400)
400  FORMAT(1H1,30X,15HYAKINLIK DEĞERİ,///)
  DO 410 I=1, NN
  READ (5,405) (MC(I,J), J=1, NN)
  WRITE (6,401) (MC(I,J), J=1, NN)
401  FORMAT(28X,12I4,/)
410  CONTINUE
C   BOLUMLERİN GİRİS KOORDİNATLARI (X)
15  READ (5,290) (X(I), I=1, NN)
291  FORMAT(I2)
C   BOLUMLERİN GİRİS KOORDİNATLARI (Y)
  READ (5,290) (Y(I), I=1, NN)
  READ (5,291) KNT
  WRITE (6,280)
  DO 20 I=1, NN
20  WRITE (6,285) I, X(I), Y(I)
25  PI=C.
C   ENBÜYÜK VE ENKÜÇÜK UZAKLIKLE BUNLARA İLİSKİN ALT SINIRI HESAPLA
  R=0.
  AI=1.E20
  DO 35 I=1, LI
  L=I+1
  DO 35 J=L, NN
  D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
  IF (D(I,J).LT.R) GO TO 30
  R=D(I,J)
30  IF (D(I,J).GT.AI) GO TO 35
  AI=D(I,J)
35  CONTINUE
  A=R-AI
  WRITE (6,335) R, AI
  WRITE (6,325)
C   (A) PAZ BÜYÜK VEYA ESİT
C   OLASI TÜM GİZİLERİN TOPLAM MALİYETİNİ HESAPLA
40  DO 55 I=1, NN
  L=I+1
  DO 50 J=1, NN
  D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
  IF (D(I,J)-A) 50,45,45

```

```

45  DT=D(I,J)*(JF(I,J)+JF(J,I))
    PJ=PJ+DI
50  CONTINUE
    P(I)=PI
    PI=0.
55  CONTINUE
    IF (NFIX.EQ.0) GO TO 65
C   SABIT BOLUMLERE II ISKIN (P(I))LARI SIFIRLA
    DO 60 KKK=1,NFIX
    IDFIX=MFIX(KKK)
60  P(IDFIX)=0.
C   EN YUKSEK DEGERDEKI (M) BOLUMUNU BELIRLE
65  I=1
    M=1
    BIG=P(I)
    L=I+1
    DO 75 I=L,NN
    IF (BIG-P(I)) 70,75,75
70  BIG=P(I)
    M=I
75  CONTINUE
80  P(M)=.10E-28
C   IKINCI EN YUKSEK DEGERLY (N) BOLUMUNU BELIRLE
85  I=1
    N=1
    BIG=P(I)
    L=I+1
    DO 95 I=L,NN
    IF (BIG-P(I)) 90,95,95
90  BIG=P(I)
    N=I
95  CONTINUE
C   IBETA=0
    ATAMANIN TOPLAM MAL IVETINI HESAPLA
100  TOTCOS=0.
    DO 105 I=1,IL
    L=I+1
    DO 105 J=L,IN
    D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
    COS=D(I,J)*(JF(I,J)+JF(J,I))
    TOTCOS=COS+TOTCOS
105  CONTINUE
    B=8.
    TOTNAR=0.
    DO 108 I=1,NN
    L=I+1
    DO 108 J=L,NN
    D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
    IF (D(I,J)-D) 108,107,108
107  D(I,J)=1
    NAR=D(I,J)*(MC(I,J)+MC(J,I))
    TOTNAR=NAR+TOTNAR
108  CONTINUE
    TOT21=TOTCOS
    TOT46=TOTNAR
    DO 120 K=1,NN
    IK=K
    IF (IK-M) 110,120,110
C   (K) ILE (M) YI REGISTIR

```

```

110 TEMX=X(K)
X(K)=X(M)
X(M)=TEMX
TEMY=Y(K)
Y(K)=Y(M)
Y(M)=TEMY
C YENI ATAMANIN TOPLAM MALİYETİNİ HESAPLA
TOTCOS=0.
DO 115 I=1,LL
L=I+1
DO 115 J=L,NN
D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
COS=D(I,J)*(JF(I,J)+JF(J,I))
TOTCOS=COS+TOTCOS
115 CONTINUE
TOTNAR=0.
DO 118 I=1,NN
L=I+1
DO 118 J=L,NN
D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
IF (D(I,J)-D) 118,117,118
117 D(I,J)=1
NAR=D(I,J)*(MC(I,J)+MC(J,I))
TOTNAR=NAR+TOTNAR
118 CONTINUE
C YENİDEN DEĞİSTİR
TEMX=X(K)
X(K)=X(M)
X(M)=TEMX
TEMY=Y(K)
Y(K)=Y(M)
Y(M)=TEMY
TOTAL(K)=TOTCOS
TOPAL(K)=TOTNAR
120 CONTINUE
TOTAL(M)=TOT21
TOPAL(M)=TOT46
WRITE (6,310) TOTAL(M)
WRITE (6,420) TOPAL(M)
DO 600 IK=1,NN
600 WRITE (6,285) IK,X(IK),Y(IK)
601 FORMAT (4X,16HDUZENLEME BICIMI,/,10X,10I,10X,4HX(I),1
WRITE (6,601)
420 FORMAT (40X,16HTOPLAM YAKINLIK=,F8.1)
C K İLE (M) İZ DEĞİSTİRDENİN MALİYETİNİ HESAPLA
DO 125 I=1,NN
CRED(I)=TOT21-TOTAL(I)
125 CONTINUE
IF (NFIX.EQ.0) GO TO 135
C (CRED(I)) HER BİR SABİT BÖLÜM İÇİN SIFIRLA
DO 130 KKK=1,NFIX
IDFIX=MFIX(KKK)
130 CRED(IDFIX)=0.
135 I=1
140 IF (CRED(I)) 145,145,150
145 I=I+1
IF (I-NN) 140,140,170
150 MOST=CRED(I)
E=I

```

```

155 I=I+1
    IF (I-NN) 160,160,165
160 IF (MOST-CRED(I)) 150,150,155
C   ENCOK MALİYET AZALTIMI SAĞ AYAN DEĞİŞİMİ YAP
165 TEMX=X(K)
    X(K)=X(M)
    X(M)=TEMX
    TEMY=Y(K)
    Y(K)=Y(N)
    Y(N)=TEMY
    GO TO 100
170 IBETA=IBETA+1
    IF (IBETA-2) 175,180,180
175 M=N
C   AYNI İŞLEMLERİ (N) İÇİN YINELE
    GO TO 100
C   (A) Yİ HERHANGİ I, J BÖLÜM ARASINDAKİ ENKÜÇÜK UZAKLIK KADAR AZALT
180 A=A-AL
C   (A) (AL) DEN KÜÇÜK OLANA KADAR YINELE
    IF (A-AL) 185,40,40
185 IK=1
    II=0
    JK=2
C   (I) VE (J) BÖLÜMLERİ ARASINDAKİ İKİLİ DEĞİŞİMİN ETKİSİNİ HESAPLA
190 TOTCOS=0.
    DO 195 I=1,LL
        L=I+1
        DO 195 J=L,NN
            D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
            COS=D(I,J)*(JF(I,J)+JF(J,I))
            TOTCOS=COS+TOTCOS
195 CONTINUE
    TOTNAR=0.
    DO 198 I=1,UN
        L=I+1
        DO 198 J=L,NN
            D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
            IF (D(I,J)-B) 198,197,198
197 D(I,J)=1
            NAR=D(I,J)*(MC(I,J)+MC(J,I))
            TOTNAR=NAR+TOTNAR
198 CONTINUE
    FIRST=TOTCOS
    THIRD=TOTNAR
200 TEMX=X(IK)
    X(IK)=X(JK)
    X(JK)=TEMX
    TEMY=Y(IK)
    Y(IK)=Y(JK)
    Y(JK)=TEMY
    TOTCOS=0.
    DO 205 I=1,LL
        L=I+1
        DO 205 J=L,NN
            D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
            COS=D(I,J)*(JF(I,J)+JF(J,I))
            TOTCOS=COS+TOTCOS
205 CONTINUE
    TOTNAR=0.

```

```

DO 208 I=1,NN
L=I+1
DO 208 J=L,NN
D(I,J)=ABS(X(I)-X(J))+ABS(Y(I)-Y(J))
IF (D(I,J)-R) 208,207,208
207 D(I,J)=1
NAR=D(I,J)*(MC(I,J)+MC(J,I))
TOTNAR=NAR+TOTNAR
208 CONTINUE
SECONDD=TOTCOS
FOURTH=TOTNAR
IF (NFIX.EQ.0) GO TO 215
C EGER (JK) VEYA (IK) SABIT ISE DEGİSİMİ YAPMA
DO 210 IFO=1,NFIX
IF (JK.EQ.MFIX(IFC)) GO TO 220
IF (IK.EQ.MFIX(IFO)) GO TO 220
210 CONTINUE
C EGER MALİYET AZALTIMI SAĞLANAMIYORSA DEGİSİMİ YAPMA
215 IF (FIRST-SECONDD) 220,220,225
220 TEMX=X(IK)
X(IK)=X(JK)
X(JK)=TEMX
TFMY=Y(IK)
Y(IK)=Y(JK)
Y(JK)=TFMY
GO TO 230
225 II=II+1
WRITE (6,315) SECONDD
WRITE (6,425) FOURTH
WRITE (6,601)
DO 700 IK=1,NN
700 WRITE (6,285) IK,X(IK),Y(IK)
425 FORMAT (40X,16HTOPLAM YAKINLIK=,F8.1)
FIRST=SECONDD
THIRD=FOURTH
230 IF (JK-NN) 235,240,235
235 JK=JK+1
GO TO 200
240 IF (IK-LL) 245,250,245
245 IK=IK+1
JK=IK+1
GO TO 200
250 IF (II) 255,255,185
255 WRITE (6,340)
DO 260 IO=1,NN
260 WRITE (6,285) IO,X(IO),Y(IO)
WRITE (6,325)
IF (KNT.EQ.-1) GO TO 265
GO TO 15
265 WRITE (6,330)
270 STOP
275 FORMAT (1H1,3X,12HGEZİ MATRİSİ,///)
280 FORMAT (1H1,3X,19HBASLANGIC DÜZENLEME,/,10X,1H1,10X,4HX(I),10X,4HY
1(I))
285 FORMAT (9X,I2,2F14.1)
290 FORMAT (12F3.0)
295 FORMAT(12I4)
300 FORMAT (2I2)
305 FORMAT (12I2)

```

```

310  FORMAT (5X,9HTOPLAM(M),3X,F8.1)
315  FORMAT (10X,15HTOPLAM MALIYET=,F8.1)
320  FORMAT (2X,12I4,/)
325  FORMAT (1H1)
330  FORMAT (1H1,6X,12HEND OF DATA.)
335  FORMAT (///,6X,3HP=,F10.3,10X,3HL=,F10.3)
340  FORMAT (1H1,4X,15PENSON DUZENLEME,/,10X,1H1,10X,4HX(I),10X,4HY(T))
405  FORMAT(12I2)
      END

```

END OF SEGMENT, LENGTH 2047, NAME PROG

FINISH

END OF COMPILATION - NO PROPS

S/C SUBFILE: 34 BUCKETS USED

CONSOLIDATED BY XPCK 12F DATE 30/01/84 TIME 16/62/29

PROGRAM XXXX
 COMPACT DATA (15AM)
 COMPACT PROGRAM (PBM)
 CORE 10560

SEG	PROG
SFG	ADS
ENT	FTRAP
ENT	FRESET

LAST BUCKET USED OF PROGRAM FORT(55) IS 38

0	0	0	125	01040	364	0	312	312	
0	0	6	60	90	0	0	30	30	
0	0	6	73	0	146	208	0	63	63
0	0	0	0	83	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	23	0	42	0	0
0	0	0	0	0	0	728	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	73	520	520
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

YAKINLIK DEGERI

0	1	0	4	0	5	5	0	3	3
0	0	3	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	3	5	0	0	5	5
0	0	0	0	5	0	0	0	3	3
0	0	0	0	0	0	1	5	4	4
0	0	0	0	0	0	2	0	5	5
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BASLANGIC DUZENLEME

I	X(I)	Y(I)
1	8.0	16.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	16.0	8.0
7	8.0	8.0
8	24.0	8.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

P= 40.000

L= 8.000

TOPLAM(N) 98816.0

TOPLAM YAKINLIK= 30.0

DUZENLEME BICIMI

	X(I)	Y(I)
1	8.0	16.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	16.0	8.0
7	8.0	8.0
8	24.0	8.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(N) 77184.0

TOPLAM YAKINLIK= 32.0

DUZENLEME BICIMI

	X(I)	Y(I)
1	24.0	8.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	16.0	8.0
7	8.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(N) 70368.0

TOPLAM YAKINLIK= 30.0

DUZENLEME BICIMI

	X(I)	Y(I)
1	8.0	8.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	16.0	8.0
7	24.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(N) 68640.0

TOPLAM YAKINLIK= 34.0

DUZENLEME BICIMI

	X(I)	Y(I)
1	16.0	8.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	8.0	8.0
7	24.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(M) 68640.0

TOPLAM YAKINLIK= 34.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)	Y(I)
1	16.0	8.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	8.0	8.0
7	24.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(M) 68640.0

TOPLAM YAKINLIK= 34.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)	Y(I)
1	16.0	8.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	8.0	8.0
7	24.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(M) 68640.0

TOPLAM YAKINLIK= 34.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)	Y(I)
1	16.0	8.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	8.0	8.0
7	24.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(M) 68640.0

TOPLAM YAKINLIK= 34.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)	Y(I)
1	16.0	8.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	8.0	8.0
7	24.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(M) 68640.0

TOPLAM YAKINLIK= 34.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)	Y(I)
1	16.0	8.0
2	16.0	16.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	8.0	8.0
7	24.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(M) 68432.0

TOPLAM YAKINLIK= 36.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)	Y(I)
1	16.0	8.0
2	8.0	8.0
3	24.0	16.0
4	32.0	16.0
5	40.0	16.0
6	16.0	16.0
7	24.0	8.0
8	8.0	16.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

TOPLAM(M) 68432.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)
1	16.0
2	8.0
3	24.0
4	32.0
5	40.0
6	16.0
7	24.0
8	8.0
9	32.0
10	40.0

TOPLAM(M) 68432.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)
1	16.0
2	8.0
3	24.0
4	32.0
5	40.0
6	16.0
7	24.0
8	8.0
9	32.0
10	40.0

TOPLAM(M) 67504.0

DUZENLEME BICIMI

I	X(I)
1	24.0
2	8.0
3	16.0
4	32.0
5	40.0
6	16.0
7	24.0
8	8.0
9	32.0
10	40.0

TOPLAM YAKINLIK= 36.0

Y(I)
8.0
8.0
16.0
16.0
16.0
16.0
8.0
16.0
8.0
8.0

TOPLAM YAKINLIK= 36.0

Y(I)
8.0
8.0
16.0
16.0
16.0
16.0
8.0
16.0
8.0
8.0

TOPLAM YAKINLIK= 42.0

Y(I)
16.0
8.0
8.0
16.0
16.0
16.0
8.0
16.0
8.0
8.0

TOPLAM MALİYET= 67248.0
TOPLAM MALİYET= 66592.0
TOPLAM MALİYET= 66048.0
TOPLAM MALİYET= 63896.0

TOPLAM YAKINLIK= 27.0
TOPLAM YAKINLIK= 26.0
TOPLAM YAKINLIK= 37.0
TOPLAM YAKINLIK= 34.0

ENSON DÜZENLEME

I	X(I)	Y(I)
1	24.0	16.0
2	40.0	16.0
3	16.0	8.0
4	32.0	16.0
5	8.0	16.0
6	16.0	16.0
7	24.0	8.0
8	8.0	8.0
9	32.0	8.0
10	40.0	8.0

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- APPLE, James M. : "Plant Layout Fundamentals." içinde: Bernard T. LEWIS ve J.P. MARRON, Facilities and Plant Engineering Handbook, Mc Graw-Hill Book Comp., 1973.
- ARMOUR, Gordon C./
Elwood S. BUFFA. : "A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Location of Facilities", Management Science, Vol.9, No.3, 1963.
- BELLE David/
Ralph L. KEENEY/
Howard RAIFFA. : Conflicting Objectives in Decisions. John Wiley and Sons. Inc., Chichester, 1978.
- BINDSCHEDLER, Andre E/
James M. MOORE . : "Optimal Location of New Machines in Existing Plant Layouts", The Journal of Industrial Engineering, Vol.12, No.1, 1961.
- BLOCK, T.E. : "A Note on Comparison of Computer Algorithms and Visual Based Methods for Plant Layout by M. Scriabin and R.C. Vergin", Management Science, Vol.24, No.2, 1977.
- BOLDYREEF, A. : "Determination of Maximal State Flow of Traffic Through a Railroad Network", Journal of Operations Research Society of America, Vol.3, No.2, 1955.
- BUFFA, Elwood S. : "Sequence Analysis for Functional Layouts" The Journal of Industrial Engineering, Vol.6, No.2, 1955.

- BUFFA, Elwood S. : Modern Production Management, 2.B., John Wiley and Sons, Inc., New York, 1965.
- BUFFA, Elwood S. : Modern Production/Operations Management, 6.B, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1980.
- BUFFA, Elwood S/
Gordon C.ARMOUR/
Thomas E.VOLLMANN. : "Allocating Facilities Wiht CRAFT" Harward Business Review, Vol.4w, No.2, 1964.
- BUFFA, Elwood S. : "Communication to the Editor on a Paper by Scriabin and Vergin", Management Science, Vol.23, No.2, 1976.
- CARSON, Gordon B. : Production Handbook, 2.B., Roald Press Comp., 1958.
- COULTER III, Carleton. : "Facilities Design and Modification" içinde Bernard T.LEWIS ve J.P.MARRON. Facilities and Plant Engineering Handbook. Mc Graw-Hill Book, Comp., 1973.
- DEMİR, Hulusi M. : "İşyeri Düzenlemesinde CRAFT Algoritmasının Kullanılması" E.Ü.Elektrik Hesap Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt: 4, Sayı:1, 1981.
- DEMİR, Hulusi M. : Üretim Yönetimi. E.Ü.İşletme Fakültesi Yayını, İzmir, 1982.
- DENHOLM, D.H.ve
G.H.BROOKS. : "Comparision of Three Computer Assisted Plant Layout Techniques" Proceedings, AIIE 21st Annual Conference and Convention, 1970.

- EDWARD, H.K./
B.E.GILLETT/
M.E.HALE. : "Modular Allocation Technique", Management Science, Vol.17, No.3, 1970.
- EILON, Samuel. : Elements of Production and Control.
Mc Millan Comp., New York, 1962.
- ERCAN, Şevkinaz. : "Endüstri İşletmelerinde Esnek Tesis-
lerin Tasarımı" E.Ü. Elektronik Hesap
Bilimleri Enstitüsü Dergisi" Cilt:4,
Sayı:2, 1981.
- ERKANLI, Tunç. : "Fabrika Yerleştirme Düzeni", içinde:
Melih TÜMER, Ürün, Üretim ve Yönetim.
İ.İ.T.İ.A.Nihad Sayar Yayın ve Yardım
Vakfı Yayını, İstanbul, 1978.
- EVERETT III, H. : "Generalized La Grange Multiplies Met-
hods for Solving Problems of Optimum
Location of Resources", Operations
Research, Vol, No.3, 1963.
- FIRATLI, Erdoğan. : İmalat Sanayiinde Fabrika İçi Yerleşim
Düzenlemesi ve Eskişehir Bölgesinde Uy-
gulamanın İncelenmesi. Anadolu Üniver-
sitesi Yayını No:11, Eskişehir, 1983.
- FORD, L.R./
D.R.FULKERSON : "Computation for Maximal Multi-Commo-
dity Network Flows", Management Scien-
ce, Vol.5, No.5, 1959.
- FRANCIS, Richard L./
John WHITE : Facility Layout and Location: An Analy-
tical Approach. Prentice-Hall, Inc.,
Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.

- FRANCIS, Richard L. : "A Note on the Optimal Location of New Machines in Existing Plant Layouts", The Journal of Industrial Engineering, Vol.14, No.1, 1963.
- FRANCIS, Richard L. : "On the Location of Multiple New Facilities With Respect to Existing Facilities", The Journal of Industrial Engineering, Vol.15, No.2, 1964.
- FULKERSON, D.R. : "Increasing the Capacity of Network: The Parametric Problem", Management Science, Vol.5, No.5, 1959.
- FULKERSON, D.R. : "Flow Networks and Combinatorial Operations Research", içinde: Arthur M. GOEFFERION, Perspectives on Optimization: A Collection of Expository Articles. Addison-Wesley Publishing Comp., Philippines, 1972.
- GARRET, Leonard J./ Milton SILVER. : Production Management Analysis. 2.B., Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1973.
- GAVETT, J.W./ N.V.PLYTER. : "The Optimal Assignment of Facilities to Location by Branch and Bound", Operations Research, Vol.14, No.3, 1966.
- GILMORE, P.C. : "Optimal and Suboptimal Algorithms for the Quadratic Assignment Problem", Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, Vol.10, No.2, 1962.
- GÜLERMAN, Adnan. : Fabrika Tesisleri ve Organizasyonu. E.Ü. Tekstil Fakültesi Yayını, No.1 İzmir, 1978.

- HENDERSON, Herman B./ Albert H.HAAS. : Industrial Organization and Management Fundamentals. The Industrial Press, New York, 1961.
- HICKS, Philip E. : Introduction to Industrial Engineering and Management Science. Mc Graw-Hill Book Comp., International Student Edition, Tokyo, 1977.
- HIGGINS, Lindley R./ Ruth W.STIDGER. : Cost Reduction From A to Z. Mc Graw-Hill Book Comp., New York, 1976.
- HILLIER, Frederick S. : "Quantitative Tools for Layout Analysis" The Journal of Industrial Engineering, Vol.14, No.1, 1963.
- HILLIER, Frederick S./ Michael M.CONNORS. : "Quadratic Assignment Problem Algorithms and the Location of Indivisible Facilities", Management Science, Vol.13, No.1, 1966.
- HOFFMAN, Thomas R. : Production: Management and Manufacturing Systems. 2.B., Wadsworth Publishing Comp., California, 1967.
- HOTTENSTEIN, Michael P. : Models and Analysis for Production Management. International Textbook Comp., Scranton, Pennsylvania, 1968.
- İNELMEN, Erol. : "Fabrika Yerleştirme Düzeni Çerçevesinde Taşıma İşleri", Sevk ve İdare Dergisi, Y.7, S:51, 1972.
- IRESON, William Grant./ Eugenel GRANT. : Handbook of Industrial Engineering and Management. 4.B., Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1962.

- IRESON, William Grant. : "Factory Planning and Materials Handling", içinde: W.G.IRESON VE E.GRANT Handbook of Industrial Engineering and Management. (4.B.), 1962.
-
- KARA, İmdat. : İşletme İdaresi, MPM Yayını, No:43, Ankara, 1969.
- KARA, İmdat. : Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi. E.İ.T.İ.A.Yayını, No.215/139. Eskişehir, 1979.
- KARA, İmdat. : Yöneylem Araştırması (Ders Notları), Eskişehir, 1980.
- KARAYALÇIN, İlhami. : Fabrika Organizasyonu. Çağlayan Basımevi, İstanbul, 1977.
- KASE, Shigeo/
Noriyuki NISHIYAMA. : "An Industrial Game Model for Factory Layout", The Journal of Industrial Engineering, Vol.15, No.3, 1964.
- KEENEY, Ralph L./
Keshavan NAIR. : "Selecting Nuclear Power Plant Sites in the Pacific Northwest Using Decision Analysis", içinde: D.BELL-R.L.KEENEY-H.RAIFFA, Conflicting Objectives in Decisions. 1978.
- KHALIL, Tarek M. : "Facilities Relative Allocation Technique (FRAT)", International Journal of Production Research, Vol.11, No.2, 1973.
- KOBU, Bülent./
Yılmaz ULUSER : "Fabrika Düzenleme Sorunu ve Bir Yaklaşım: Mozaik Yöntemi", İ.Ü.İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt.8, No.2, 1979.

- KOBU, Bülent. : Üretim Yönetimi 4.B., İ.Ü.İşletme Fakültesi Yayını, İstanbul,1982.
- KOÇER, Melih. : Fabrika Organizasyonu ve Dizaynı. 2.B., Güven Kitabevi, Ankara, 1974.
- LEE, Robert C./ James M.MOORE. : "CORELAP-Computerized Relationship Layout Planning", The Journal of Industrial Engineering, Vol.18, No.3, 1967.
- LEVIN, Richard I./ Curtis P.Mc LAUGHLIN./ Rudolf P.LAMONE/ John F.KOTTAS. : Production/Operations Management: Contemporary Policy for Managing Operating Systems.Mc Graw-Hill Book Comp., New York, 1972.
- LITTLE, J.D.C./ K.G.MURTY./ D.W.SWEENEY./ C.KAREL. : "An Algorithm for the Traveling Salesman Problem", Operations Research, Vol. 11, 1963.
- LLEWELLYN, Robert W. : "Travel Charting with Realistic Criteria", The Journal of Industrial Engineering, Vol.9, No.3, 1958.
- LOVE, P.H. : Üretim Planlaması(Çev.:Ayşenur ÖKTEN), İstanbul Reklam Yayınları, No:11, İstanbul, 1972.
- LUND, Herbert F. : "Plant Planning Tools", Factory, Vol. 121, No.9, 1963.
- MARIOTTI, John J. : "Assembly Line Desing: Choosing and setting Up Conveyor Systems", Industrial Engineering, Vol.13, No.8, 1981.

- MAYER, Raymond R. : Production and Operations Management.
3.B., Mc Graw-Hill Book, Comp., 1975.
- MODER, Joseph./
Herbert M.THORNTORN. : "Quantitative Analysis of the Factors
Affecting Floor Space Utulization of
Palletized Storage", The Journal of In-
dustrial Engineering, Vol.16, No.1,1965.
- MOORE, James M. : Plant Layout and Design. Mc Millan Comp.,
New York. 1962.
- MORRIS, William T. : "Facilities Planning", The Journal of
Industrial Engineering, Vol.9, No.5,
1958.
- MOSKI, Bruno A. : Modern Business: Production Specialists.
Alexander Hamilton Institute, New York,
1970.
- MUTHER, Richard. : Practical Plant Layout. Mc Graw-Hill
Book Comp., New York, 1955.
- MUTHER, Richard. : Systematic Layout Planning. Industrial
Education Institute, Boston, Massachu-
setts, 1961.
- MUTHER, Richard./
John D.WHEELER. : "Simplified Systematic Layout Planning",
Factory, Vol.120, No.8, 1962.
- MUTHER, Richard./
John D.WHEELER. : "Simplified Systematic Layout Planning",
Factory, Vol.120, No.9, 1962.
- MUTHER, Richard./
John D.WHEELER. : "Simplified Systematic Layout Planning",
Factory, Vol.120, No.10, 1962.

- MUTHER, Richard. : "Planning for New Facilities and Modifications to Existing Facilities", içinde: Bernard T.LEWIS ve J.P.MORRAN, Facilities and Plant Engineering Handbook. Mc Graw-Hill Book Comp., 1973.
- MUTHER, Richard./
Kenneth Mc PHERSON. : "Four Approaches to Computerized Layout Planning", Industrial Engineering, Vol. 12, No.2, 1970.
- MPM, : İşyerinde Fiziksel Ortamın İyileştirilmesi. MPM Yayını, No.212, Ankara, 1977.
- NUGENT, Christopher E./
Thomas E.VOLLMANN./
John RUMI. : "An Experimental Comparison of Techniques for the Assignment of Facilities to Locations" Operations Research, Vol. 16, No.1, 1968.
- OWENS, Richard N. : Management of Industrial Enterprises. 6.B., Richard D.Irwin, Inc., Homewood, 1969.
- ÖZDEN, Kenan. : "İşyeri Düzenlemesinde Quadratic Integer Programlama Modeli ve Bilgisayarla Alt-optimal Çözüm Tekniği", E.Ü.Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt: 2, No.1, 1979.
- RAIFFA, Howard. : Decision Analysis: Introductory Lectures on Choices under Uncertainty.(2.B.) Addison-Wiley Publishing Comp., Massachusetts, 1970.
- REED, Ruddell Jr. : Plant Location. Layout and Maintenance. Richard D.Irwin Inc., Homewood, Illinois, 1967.

- REED, Ruddell Jr. : Plant Layout, Factors, Principles and Techniques. Richard D. Irwin, Inc., Homewood Ill, 1961.
- REIS, Irwin L./
Gleen E. ANDERSON. : "Relative Importance Factors in Layout Analysis", The Journal of Industrial Engineering, Vol.6, No.4, 1960.
- RICHMAN, Eugene./
S. ELMAGHRABY. : "The Design of In-Process Storage Facilities", The Journal of Industrial Engineering, Vol.13, No.1, 1967.
- RICHMAN, Eugene. : "Trends in Plant Layout and Design", The Journal of Industrial Engineering, Vol.7, No.1, 1956.
- RITZMAN, Larry P. : "The Efficiency of Computer Algorithms for Plant Layout", Management Science, Vol.22, No.2, 1975.
- ROUND, Campbell J. : "Construction of New Facilities and Modifications to Existing Facilities" içinde: Bernard T. LEWIS ve J.P. MARRON, Facilities and Plant Engineering Handbook. Mc Graw-Hill Book. Comp., 1973.
- SCHEINER, Marshall. : "Cross Charting Techniques as a Basis for Plant Layout", The Journal of Industrial Engineering, Vol.11, No.6, 1960.
- SCRIABIN, Michael./
Roger C. VERGIN. : "Comparison of Computer Algorithms and Visual Based Methods for Plant Layout", Management Science, Vol.22, No.2, 1975.

- SEEHOF, Jerrold M./
Wayne O.EVANS. : "Automated Layout Design Program", The Journal of Industrial Engineering, Vol. 18, No.12, 1967.
- SHUBIN, John A./
Huxley MADEHEIM. : Plant Layout: Developing and Improving Manufacturing Plants. Prentice-Hall of India Ltd., New Delhi, 1965.
- SIMON, Herbert A./
Allen NEWELL. : "Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research", içinde. Thomas R.HOFFMANN, Production: Management and Manufacturing Systems. Wadsworth Publishing Comp., California, 1967.
- SINGLETON, WT. : Introduction to Ergonomics. World Health Organization, Geneva, 1972.
- SMITH, Wayland P. : "Travel Charting-First Aid in Plant Layout", The Journal of Industrial Engineering, Vol.6, No.1, 1955.
- STARR, Martin K. : Production Management. Systems and Synthesis. Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1964.
- STARR, Martin K. : Systems Management of Operations. Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1971.
- TIMMS, Howard L. : The Production Function in Business. (Hözen Geçirilmiş 2.B.) Richard D. Irwin Inc., Homewood, 1967.
- TOMKINS, James.A./
Ruddell REED. : "Computerized Facilities Design" Proceedings, AIIE 25th Anniversary Congerence and Convetion, Chicago, 1973.

- TOMKINS, James A./
Richard H.SHORE. : "Flexible Facilities Design", AIIE Transactions, Haziran, 1980.
- VOLGYESI, Andrew S. : "Space-Age Approach to Space Allocation", Computer Decisions, Mayıs 1970.
- VOLLMANN, Thomas E./
Elwood S.BUFFA. : "The Facilities Layout Problem in Perspective", Management Science, Vol.12, No. 10, 1966.
- VOLLMANN, Thomas E./
Christopher E.NUGENT./
Robert L.ZARTLER. : "A Computerized Model for Office Layout", The Journal of Industrial Engineering, Vol.19, No.7, 1968.
- WILD, Ray. : Production and Operations Management: Principles and Techniques. Holt-Rinehart Winston Ltd., Bristol, 1979.
- WILSON, Richard C. : "A Review of Facility Design Models", içinde: Michael P.HOTTENSTEIN, Models and Analysis for Production Management, 1968.
- WIMMERT, R.J. : "A Mathematical Method of Equipment Location", The Journal of Industrial Engineering, Vol.9, No.6, 1958.
- YELKEN, Nurettin./
M.Hulusi DEMİR. : Üretim Planlaması ve Kontrolü, E.Ü.İşletme Fakültesi Yayını, No.133/2, İzmir, 1978.
- ZOLLER, Klaus./
Kristian ADENDORFF. : "Layout Planning by Computer Simulation", AIIE Transactions, Vol.4, No.2, 1972.

ABSTRACT

This thesis presents An Algorithm, MEDAT, which combines Material Handling Costs and Interdepartmental Relationship Level Criteria for the Layout problem.

With this study, handling the layout problem by a system approach, modelling the general framework of this type of problems conceptually, classifying the solution approaches and proposing a mathematical model by a new approach are aimed.

With these purposes, this study is completed in three major parts, which follow the logics of the systematic approach. In Part I, the layout problem is discussed in a theoretical way with a conceptual framework. The area, dimensions, sources, and the solution steps of the problem are also considered in this part.

In Part II, present solution approaches are classified and certain methods which represent the characteristics of each class are investigated. At this point, it is observed that most of the methods are focused in the area of problem of relative allocation of facilities using either quantitative or qualitative approach.

In this study, it is claimed that qualitative aspect of the problem is ignored by using quantitative approaches and the quantitative aspect is ignored when using qualitative approaches in the solution. So, a new approach or a new method is needed that yields a solution using both quantitative and qualitative criteria. This thesis focuses on such a method.

In Part III, the new proposed method and its algorithm, MEDAT, which is based on utility theory from decision analysis, is introduced in detail. Finally, MEDAT is implemented in a real-life layout problem and is shown to give useful results.

General remarks, critiques and topics for further research are submitted in the conclusion.

ÖZET

Çalışma, "Yerleşim Düzenlemesinde Maliyet ve Yakınlık Düzeyi Ölçütlerinin Birlikte Kullanımına İlişkin Bir Algoritma-MEDAT" başlığı altında tamamlanmıştır.

Çalışmada; yerleşim düzenlemesi sorununu sistem yaklaşımı açısından irdeleyerek, bu tür sorunların genel çatısını kavramsal olarak modelleyip, çözüm yaklaşımlarını sınıflamak ve niteliksel ve niceliksel özellikte olmak üzere iki grupta toplanan bilgisayara dayalı yöntemleri inceleyerek, her iki özelliği de içeren, başka bir deyişle, hem nicel hem de nitel ölçütleri birlikte kullanan, yeni bir yaklaşımla matematiksel model geliştirip, bunun bilgisayara dayalı algoritmasını kurmak amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda çalışma, üç bölümden oluşturularak, birinci bölümde, yerleşim düzenlemesi sorunu kuramsal yönden kavramsal olarak ele alınmış ve sorunun yeri, boyutları, kaynakları ve çözüm aşamaları üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde, dünden bugüne çözüm yaklaşımları sınıflandırılarak, sınıflarını temsil özelliğini içeren belli başlı yaklaşımlar incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, yerleşim düzenlemesi sorununun çözümünde bilgisayara dayalı niceliksel yöntemler kullanıldığında niteliksel yönün, niteliksel yöntemler kullanıldığında da niceliksel yönün göz ardı edildiği gerçeğinden hareketle, çözümde her iki yönü de göz önünde bulunduran yeni bir yöntem, karar çözümlemesinde "fayda kuramına" dayanılarak geliştirilmiş ve buna ilişkin algoritma kurularak, gerçek hayatta bir endüstri işletmesinde uygulama denemesi verilmiştir.