

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAVLAMA BENZETİMİ ALGORİTMASI İLE TESİS
YERLEŞİM DÜZENLEMESİ VE TÜVASAŞ
FABRİKASINDA BİR UYGULAMA**

12 9775

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End. Müh. Alparslan Serhat DEMİR

12 8115

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

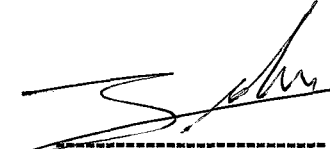
Tez Danışmanı : Yrd. Doc. Dr. İbrahim ÇİL

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSTON MÜHÜRÜ**

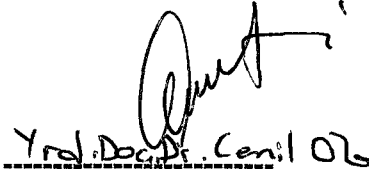
**Bu tez 01/9/2002 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile
kabul edilmiştir.**



Jüri Başkanı



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi

TEŞEKKÜR

Tavlama Benzetimi Algoritması ile Tesis Yerleşim Düzenlemesi konusunda verdiği destek ve yardımlarından dolayı Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümün 'de görev yapan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇİL ' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin hazırlanmasın da, sağladıkları imkan ve olanaklardan ötürü Prof. Doç. Dr. Harun TAŞKIN ve Doç Dr. Orhan TORKUL hocalarımı da anmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarında ayrıca, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman üzerimden eksik etmeyen ve çalışmalarında büyük katkıları olan saygı değer annem Gülbeyaz ve babam Turgut DEMİR 'e, kilometrelerce uzaktan fikren ve manevi yönden destek veren ağabeyim Serdar DEMİR 'e saygı ve sevgiyle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ	xiii
TÜRKÇE ÖZET	xiv
SUMMARY	xv

BÖLÜM 1.

TESİS DÜZENLEME.....	1
1.1 İş Yeri Düzenlemenin Tanımı.....	1
1.2 İş Yeri Düzenlemenin Ortaya Çıkışı.....	2
1.3 Tesis Düzenlemenin Amaçları.....	3
1.3.1 Malzeme taşımayı en aza indirme.....	5
1.3.2 Çalışanları rahatsız eden hataları azaltma.....	5
1.3.3 Üretim prosesinde dengeyi sağlama.....	6
1.3.4 Makinalardaki karışıklığı azaltma.....	6
1.3.5 Çalışanların moralini yükseltme.....	6
1.3.6 Mevcut alanları kullanma.....	7
1.3.7 İşçiyi verimli kullanma.....	7
1.3.8 Elastikliği sağlama.....	7
1.4 Tesis Düzenlemesini Etkileyen Öğeler ve İş Yeri Düzenleme Etmenleri.....	8
1.4.1 Malzeme.....	8
1.4.2 İşgücü.....	9
1.4.3 Makinalar.....	12
1.4.4 Bina.....	14
1.5 Tesis Yerleşim Tipleri.....	15

1.5.1 Statik ürün.....	15
1.5.2 Ürün veya üretim hattı düzeni.....	15
1.5.3 Grup veya hücresele düzen.....	15
1.5.4 Proses düzen.....	16
1.6 Akış Tipleri(Akış Örnekleri Modelleri).....	16
1.7 SistematiK İş Yeri Düzenlemesi.....	18
1.7.1 Departmanlar arasındaki malzeme akış miktarının ölçülmesi.....	19
1.7.2 Den/Dan şeması.....	20
1.7.2.1 Bloklar Arası Dik Uzaklıklar Toplamı(Rectilinear Distance).....	22
1.7.2.2 Öklit Uzaklık(Euclidean Distance).....	22
1.7.3 Aktivite ilişki şemasının oluşturulması.....	24
1.7.3.1 Aktivite ilişki analizi.....	24
1.7.3.2 Aktivite ilişki şeması.....	24
1.7.4 Aktivite ilişki diyagramları(rel diagram).....	25
1.7.5 Alan ihtiyaçlarının belirlenmesi.....	26
1.7.6 Alan ilişki diyagramı.....	26
1.7.7 Alternatif düzenlerin oluşturulması.....	27

BÖLÜM 2.

TESİS DÜZENLEME PROBLEMİ ve SEZGİSEL YAKLAŞIMLAR	28
2.1 Tesis Düzenleme Problemi.....	28
2.2. Niçin Düzenleme Problemi Zordur?.....	28
2.3 Neden Sezgisel Metotlar?.....	29
2.4 Sezgisel Yaklaşımlar İçinde Tavlama Benzetiminin Yeri, Avantajları ve Dezavantajları.....	32
2.5 Tavlama Benzetimi, Genetik Algoritmalar, Tabu Araştırması ve Diğer Sezgisel Metotların Özellikleri	33

BÖLÜM 3.

TAVLAMA BENZETİMİ.....	35
3.1 Giriş.....	35
3.2 Tavlama Benzetimi Algoritmasının Yapısı.....	35

3.3 Kombinatoriyal Optimizasyon ve Metastrateji Kavramları.....	37
3.4 Kombinatoriyal Optimizasyon Problemlerinde Tavlama Benzetimi	
Metodunun Performansı.....	38
3.5 Tavlama Benzetimi Metodunun İşleyişi.....	39
3.6 Problemin Parametreleri.....	40
3.6.1 Çözüm uzayı.....	40
3.6.2 Şekil değişimleri.....	40
3.6.3 Tavlama Çizelgesi.....	40
3.6.4 Şekil değişimi kabul kriteri.....	41
3.7 Tesis Yerleşim Düzenlemesinde Tavlama Benzetimi	
Algoritmasının Kullanımı.....	41
 BÖLÜM 4.	
BİLGİSAYAR DESTEKLİ TESİS DÜZENLEME.....	43
4.1 Giriş	43
4.2 Algoritmaların Sınıflandırılması.....	43
4.2.1 Girdi bilgilerinin tipine göre.....	43
4.2.1.1 Kalitatif.....	44
4.2.1.2 Kantitatif.....	44
4.2.1.3 Kantitatif ve kalitatif.....	44
4.2.2 Amaç fonksiyonuna göre.....	45
4.2.3 Format.....	45
4.2.4 Birincil fonksiyon.....	45
4.2.4.1 Yapı tabanlı.....	46
4.2.4.2 Gelişme tabanlı.....	46
4.2.4.3 Hem yapı hem gelişme tabanlı.....	46
4.3 Düzenleme Algoritmaları.....	46
4.3.1 Craft.....	47
4.3.1.1 Craft 'da yer değiştirmelerin değerlendirmesi.....	49
4.3.1.2 Craft 'ın yorumu.....	50
4.3.2 Logic(Layout Optimization with Guillotine Induced Cuts).....	50
4.3.2.1 Giriş.....	50

4.3.2.2 Problemin formülasyonu.....	51
4.3.3 BLOCPLAN.....	52
4.3.4 MULTİPLE(MULTİ-floor Plant Layout Evaluation).....	52
4.3.5 ALDEP(Automated Layout Design Procedure).....	53
4.3.5.1 Prosedür seçimi.....	54
4.3.5.2 ALDEP yerleştirme prosedürü.....	54
4.3.5.3 ALDEP yerleşim düzeninin değerlendirilmesi.....	55
4.3.6 CORELAP.....	56

BÖLÜM 5.

FLAP PROGRAMI.....	63
5.1 Giriş.....	63
5.2 Tanımlamalar.....	64
5.3 Temel Kullanım.....	65
5.4 Tesis.....	66
5.5 Departmanlar.....	67
5.6 Amaç Fonksiyonu.....	68
5.7 Düzenleme Algoritmaları.....	68
5.8 Düzen Tipleri.....	70
5.9 Departman Listesinin Çalışması.....	70
5.10 Bir Tesis Düzenleme Algoritmasının Çalışması.....	72
5.11 Bilgiyi Alma.....	73
5.12 Mouse(Fare) Kullanımı.....	74

BÖLÜM 6.

TÜVASAŞ FABRİKASINDA BİR UYGULAMA.....	75
6.1 Şirketin Tarihçesi.....	75
6.1.1 Deprem Sonrası TÜVASAŞ.....	76
6.2 Problemin Tanımı ve Çözüm Süreci.....	77
6.3 Den-Dan Şemasının Oluşturulması.....	77
6.4 Den-Dan Şemalarının FLAP Programı Veri Tabanına Uygun Şekilde Dönüştürülmesi.....	79

6.5 Problemlerin Çözümü.....	80
6.5.1 Karışık tip yerleşim düzenine göre en iyi yerleşim düzeninin bulunması.....	80
6.5.2 Karışık tip yerleşim düzeninin değerlendirilmesi.....	84
6.5.3 Proses tipi yerleşim düzenine göre en iyi yerleşim düzeninin bulunması.....	84
6.5.4 Proses tipi yerleşim düzeninin değerlendirilmesi.....	89

BÖLÜM 7.

SONUÇLAR	90
----------------	----

BÖLÜM 8.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	103

SİMGELER VE KISALTMALAR

ALDEP	Automated Layout Design Procedure
br	Birim
CCP	Kapasite Gruplama Problemleri
CORELAP	Bilgisayarlı Tesis İlişki Planlaması
CPU	İşlemci
CRAFT	Bilgisayarla Tesislerin Görelî Yerleştirilmesi Tekniğı
FLAP	Facilities Layout Applet/Application
GAP	Genel Atama Problemlerini
İDS	İç Döngü Sayısı
İDSL	İç Döngü Sayısı Limiti
Kabul	Kabul Edilen Yerleşim Sayısı
Kabull	Kabul Edilen Yerleşim Sayısı Limiti
KOP	Kombinatoriyal Optimizasyon Problemi
LOGİC	Layout Optimization with Guillotine Induced Cuts
m	Metre
m2	Metrekare
MULTİPLE	MULTİ-floor Plant Layout Evaluation
NP-Complete	Nondeterministic Polynomial Time Complete
REL Chart	Aktivite İlişki Şeması
REL Diyagram	Aktivite İlişki Diyagramı
SDP	Sistematiik Düzen Planlaması
TA	Tabu Araştırması
TB	Tavlama Benzetimi
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları
TDP	Tesis Düzenleme Problemleri
TÜVASAŞ	Türkiye Vagon Sanayi Anonim Şirketi
TVS	Türkiye Vagon Sanayi

TYD	Toplam Yakınlık Derecesi
v.b	Ve Benzeri
VRP	Araç Rotalama Problemleri



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Tesis düzenlemede Tipik Malzeme Akış Modelleri.....	18
Şekil 1.2 Den-Dan Şeması.....	21
Şekil 1.3 Başlangıç Düzen.....	23
Şekil 1.4 Departmanlar Arası Akış Miktarını Gösteren Den-Dan Şeması.....	23
Şekil 1.5 Final Yerleşim.....	23
Şekil 1.6 Aktivite İlişki Şeması(REL Chart).....	25
Şekil 1.7 Aktivite İlişki Diyagramı(REL Diyagram).....	26
Şekil 1.8 Alan İlişki Diyagramı(Space Relationship Diagram).....	27
Şekil 3.1 Örnek Tesis Düzenleme ve Yerleştirme ile İlgili Tavlama Benzetimi Algoritması Akış Şeması.....	42
Şekil 4.1 Örnek CRAFT Yerleşim düzeni.....	48
Şekil 4.2 Örnek CRAFT Başlangıç Düzeni.....	48
Şekil 4.3 CRAFT Başlangıç Düzeni.....	49
Şekil 4.4 Departman A ve C nin Yer Değiştirmesi Sonrası Yeni Yerleşim Düzeni.....	50
Şekil 4.5 ALDEP de 2 Farklı Yerleştirme Genişliğine Göre Yerleştirme Çeşitleri.....	55
Şekil 4.6 CORELAP algoritması akış şeması.....	60
Şekil 4.7 Departman 4 e göre farklı yerleşim çeşitleri.....	61
Şekil 6.1 Karışık tip yerleşim için den/dan şeması.....	78
Şekil 6.2 Proses tipi yerleşim için den/dan şeması.....	78
Şekil 6.3 Karışık tip yerleşim düzenine göre den/dan şemasının FLAP veri tabanına dönüştürülmüş hali.....	79
Şekil 6.4 Proses tipi yerleşim düzenine göre den/dan şemasının FLAP veri tabanına dönüştürülmüş hali.....	79

Şekil 6.5 Karışık tip yerleşim düzeninde atölye alan ölçülerinin programa girilmesi.....	81
Şekil 6.6 Karışık tip yerleşim düzeni için yaklaşık tezgah ölçülerinin girilmesi.....	81
Şekil 6.7 Karışık tip yerleşim düzenine göre den/dan şeması.....	82
Şekil 6.8 Mevcut düzenin yaklaşık maliyeti.....	82
Şekil 6.9 Karışık tip yerleşim düzeninde ikili optimizasyon algoritmasının sonucu.....	83
Şekil 6.10 Karışık tip yerleşim düzeninde tavlama benzetimi algoritmasının sonucu.....	84
Şekil 6.11 Renk kodlarıyla, proses türleri.....	85
Şekil 6.12 Proses tip yerleşim düzeninde atölye alan ölçülerinin programa girilmesi.....	85
Şekil 6.13 Proses tip yerleşim düzeni için yaklaşık tezgah ölçülerinin girilmesi.....	86
Şekil 6.14 Proses tip yerleşim düzenine göre den/dan şeması.....	86
Şekil 6.15 Mevcut düzenin proses tipi yerleşim düzene göre başlangıç maliyeti.....	87
Şekil 6.16 Proses Tipi Yerleşim Düzeninde İkili Optimizasyon Algoritmasının Sonucu.....	88
Şekil 6.17 Proses tipi yerleşim düzeninde tavlama benzetimi algoritmasının sonucu.....	88
Şekil 7.1 Karışık tip yerleşim düzeninde ikili optimizasyon ve tavlama benzetimi algoritmalarının performansları.....	90
Şekil 7.2 Proses tipi yerleşim düzeninde ikili optimizasyon ve tavlama benzetimi algoritmalarının performansları.....	91
Şekil 7.3 Yaklaşık başlangıç yerleşim düzeni	92
Şekil 7.4 Uygulanması durumunda karışık tip yerleşim düzeni için bulunan yaklaşık tavlama benzetimi yerleşim düzeni.....	93
Şekil 7.5 Başlangıç yerleşim düzeninin proses tipi yerleşim düzenine dönüştürüldüğünde yaklaşık yerleşim düzeni.....	94
Şekil 7.6 Uygulanması durumunda proses tipi yerleşim düzeni için bulunan yaklaşık tavlama benzetimi yerleşim düzeni.....	95

Şekil 7.7 Karışık tip yerleşim düzeni için uygulanması durumunda başlangıç ve final yerleşim düzeni maliyetleri.....	96
Şekil 7.8 Proses tipi yerleşim düzeni için uygulanması durumunda başlangıç ve final yerleşim düzeni maliyetleri.....	97



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 7.1 : Artan tezgah sayısına göre problemlerin çözümleri.....	98
--	----



ÖZET

Anahtar Kelimeler : Kombinatoriyal Optimizasyon, Tesis Düzenleme, Tavlama Benzetimi, İkili Optimizasyon, FLAP yazılımı

Bilindiği üzere Tesis Düzenlemesi problemi gerek iş gücünün verimli kullanılması açısından, gerekse de malzeme hareketlerinin minimizasyonu açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, tesis yerleşim düzenlemesi üzerinde durularak, tesis yerleşim düzenlemesi probleminin kombinatoriyal problemler arasındaki yeri, bu alanda kullanılan sezgisel yaklaşımlar ele alınmış ve bu sezgisel yaklaşımlar içerisinde Tavlama Benzetimi algoritması üzerinde durulmuştur.

Çalışmada ayrıca Tavlama Benzetimi algoritmasının tesis düzenleme problemi üzerine uygulanması, Bilgisayar Destekli Tesis Düzenleme ve bu alanda kullanılan bir kısım algoritma ve yazılımlardan bahsedilmiş, bu kapsamda kullanılan FLAP yazılımı detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Son kısımda ise Tavlama Benzetimi algoritmasının TÜVASAŞ(Türkiye Vagon Sanayi Anonim Şirketi) nde uygulaması gösterilmiştir. Bu uygulamada Tornahane atölyesinde, Tavlama Benzetimi algoritması ile hem ürüne hem de sürece göre yerleşimleri yapılmış, Two Optimization algoritmasına göre performansı incelenerek kıyaslanmıştır.

FACILITY LAYOUT with SIMULATED ANNEALING ALGORITHM and AN APPLICATION in TÜVASAŞ FACTORY

SUMMARY

Key Words: Combinatorial Optimization, Facility Layout, Simulated Annealing, Two Optimization, FLAP Software

Facility layout has great importance in both using man power effectively and minimizing material movements. In this study, mostly focusing on facility plant layout, the status of facility layout problem among combinatorial problems, intuitional approach used in this area, and simulated annealing algorithm among these intuitional approaches are studied.

Beside these, also application of simulated annealing algorithm in facility layout, computer aided facility layout, and some software and algorithm used in this area are mentioned, including FLAP software in details.

In the last part, application of simulated annealing algorithm in TÜVASAŞ are presented. In this application by using simulated annealing algorithm, layout is decided depending on both product and time in lathe atelier, and performance is compared according to two optimization algorithm.

BÖLÜM 1 TESİS DÜZENLEME

1.1 İş Yeri Düzenlemenin Tanımı

Yerleştirme veya insan makine ve malzemelerin yerli yerine konması, endüstri devriminden bu yana her endüstri tesisinin çözmesi gereken bir problem olmuştur. Çözümünden kaçınılabılır ancak problem yine ortadadır. Yerleşme plânı donanımın bulunduğu yere göre yapılmış basmakalıp bir plân olsa da yinede bir yerleştirme var demektir.

İşyeri düzenleme endüstri mühendisliğinin en ilginç ve en önemli faaliyetlerinden biri haline gelmiştir. Nitekim endüstri mühendisliğinin Amerikan Endüstri Mühendisleri Enstitüsü tarafından yapılan tanımlamasında "Endüstri mühendisliği teknik çözümleme ilke ve yöntemleri ile birlikte, matematik fen ve toplumsal bilimlerden de yararlanarak yapılan İnsan-malzeme-donanım birleşik sistemlerinin plânlaması, mükemmelleştirilmesi, işletmeye konulması ve bu gibi sistemlerden alınacak sonuçların planlanması, belirtilmesi, tahmin edilmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili bir mühendisliktir." denilmektedir.

İş yeri düzenleme, insan, malzeme ve donanım sistemlerinin planlanması ile yakından ilgilidir. Buna göre iş yeri düzenleme "Personel, işletme donanımı, depo yerleri malzeme taşıma araçları ve diğer bütün yardımcı hizmetler dahil, endüstriyel tesislerin ve bunları barındırmaya en elverişli yapıların optimum düzeninin plânı ve planlanması" olarak tanımlanabilir.

1.2 İş Yeri Düzenlemenin Ortaya Çıkışı

Her ne kadar her durumun kendisine özgü farklı özellikleri varsa da yerleştirme problemlerinin büyük çoğunluğu aşağıdaki gelişmeler sonucu ortaya çıkar.

- 1- Mamul projesi değişikliği
- 2- Yeni mamul
- 3- Talep hacminde değişme
- 4- Tesislerin demode hale gelmesi
- 5- İş kazalarının artması
- 6- Kötü çalışma ortamı
- 7- Pazar yeri ve yoğunluğunda değişiklik.
- 8- Maliyet indirimi

Yeni bir mamul geliştirme ve olan bir mamulün tasarımında değişiklik tesisin tekrar düzenlenebileceğini gösteren gerekçelerden biridir. Bu örneğin bir füze kontratinin sadece bir kaç sene sürebildiği havacılık ve uzay sanayisinde sık sık oluşan bir olaydır. Burada yeni kontratlar gerektiğinde elde bulunan donanım yeniden ayarlanır ve ayrıca ilave olacak yeni donanım üretim sistemine eklenir. Bu var olan yerleşim düzeninin yüksek dereceli elastikliğini ve sık sık veriminin araştırılmasını gerektirir.

Tesis plânlamanın gözden geçirilmesine en iyi sebep talep seviyesinde meydana gelen bir değişikliktir. Herhangi bir mamul için talep düşerse üretim kolaylıklarının düzenlenmesini değiştirmek yararlı olabilir. Eğer talep yükselirse üretim sistemine makina, insan gücü ve malzeme gereksinimi ilave edilmelidir ve bundan dolayı tesis plânlamada oluşacak değişikliklerin giderilmesi gerekir. Talep'te oluşan potansiyel bir yükselme, esas düzenleme yapılırken planlanmalıdır. Örneğin bazı firmalar, henüz kullanmadıkları halde su ve elektrik hatlarını tesis'e yerleştirerek veya makina ve büroları, yeni bir düzenleme gerektiğinde kolayca ayarlanabilir şekilde yerleştirerek sonradan ilave yapılabilecek şekilde tek katlı bir bina kurarlarsa genişlemenin daha kolay olabileceğini bulmuşlardır.

Yeni bir düzenleme, yeni üretim prosesi, var olan üretim prosesini modası geçmiş hale getirdiğinde gerekli olur. Bu genellikle geleneksel üretim işlemlerinden,

otomatikleştirilmiş işlemlere geçişte geçerlidir. Var olan makinaların çoğunun sistemden çıkartılıp yerlerine yenilerinin konulması gerekmektedir. Bakım sistemleri yeniden tasarlanmalıdır. Kısaca böyle bir durumda tesisi yeniden düzenlemek, yeni bir tesisi plânlamak ile aynı miktarda inceleme gerektirir. Elektronik bilgi İşlemli şirketler bu tip problemlerle sık sık karşı karşıya gelmektedirler. Yeni bilgisayar sistemleri hızlı geliştirildiğinden beri eski sistemlerin modası da o kadar hızlı geçmektedir ve buradan anlaşılabacağı gibi bilgisayar sistemleri her üç veya dört yılda yeniden bir düzenlemeye tabii tutulmalıdır.

Üretim sistemindeki insan faktörü sık sık iş yeri düzenlemede bir değişikliğe gereksinimi doğurur, işçiler düzenlemenin rahatsız ve verimsiz iş koşullarına neden olabileceğini düşünebilirler. Sıcak, soğuk, gürültü, nem ve diğer faktörler işçinin verimini etkiler, iş kazalarına sebep verebilecek bazı hatalar olabilir. Bu durumlarda yeniden bir düzenleme daha iyi bir işçi verimi ve güvenli bir işyeri sağlar.

İş yeri düzenlemesinin bir başka gerekçesi de idarecilerin maliyet indirimi için sık sık uğraşmalarıdır. Maliyet indirimi iş metodlarında, üretim prosesinde, ham maddelerdeki değişikliklere, makinaların geliştirilmesine dayanır, iş yeri düzeninde bir değişiklik genellikle maliyet indiriminde değişikliğide beraberinde getirir. Gerçekte, iş yeri düzenleme tek başına maliyet indiren faktörlerden biridir. Bu nedenle diğerlerinin yanında var olan tesisteki mümkün gelişmeye daha fazla önem verilmelidir.

Özet olarak tesis düzenleme araştırmasının ve maliyet indiriminin gereği, talep seviyesindeki değişimler, yeni ürünlere başlanması, ürün ve tasarım değişimi, personel problemleri, endüstriyel kaza tehlikeleri ve yeni tesis yerleşiminden(kurulmasından) ortaya çıkmaktadır.

1.3 Tesis Düzenlemenin Amaçları

Üretim araçlarının, yardımcı tesislerin veya iş istasyonlarının ve taşıma, depolama, kalite kontrolü gibi üretimle ilgili faaliyetlerin fiziksel konumları açısından bir bütün olarak koordinasyonuna Fabrika Düzenleme denir. Bu tanımın, bürolar gibi hizmet

üretiminin yapıldığı yerleri de kapsamı halinde İş Yeri Düzenleme deyiminin kullanılması daha uygun olur.

Fabrika düzenlemenin ana amacı fabrika içinde üretime yönelik faaliyetlerde yer alan canlı ve cansız varlıkların tümünün hareket miktarlarını minimum düzeye indirmektir. Yerleştirme düzeninin hatalı kurulması her şeyden önce sabit tesis maliyetlerini yükseltir. Fakat bundan da önemlisi, kötü yerleştirmenin; enerji kaybı, kargaşa, yüksek ıskarta oranı, gecikme, kontrol ve yönetim güçlüğü gibi üretimle beraber süren ve maliyetleri olumsuz yönde etkileyen bir neden olmasıdır. Kötü yerleştirme düzeni fabrikanın üretim kapasitesinden yararlanma oranını düşürür.

Tesis Düzenlemenin en önemli amacı eldeki tesislerin üretim elemanlarından (insan, malzeme, makine ve sermaye) maksimum yarar sağlanacak şekilde düzenlenmesi ve yerleştirilmesidir. Optimum sonuçların elde edilebilmesi için bu dört üretim elemanlarının da göz önüne alınması gereklidir. İş yeri düzenlemenin diğer bir ana amacı da darboğazların giderilmesi ve azaltılması yolu ile mamul akışının düzenlenmesidir.

Bunların yanı sıra tesis düzenlemenin diğer amaçları şunlardır; malzeme taşıma maliyetlerini minimum yapmak, alanları ve çalışanları verimli bir şekilde kullanmak, darboğazları ortadan kaldırmak, üretim çevrim zamanını düşürmek, lüzumsuz ve boş işleri ortadan kaldırmak, malzeme, ürün ve çalışanların giriş, çıkış ve konumlarını kolaylaştırmak, değişen şartlara uyum sağlayacak esnekliği sağlamak, yardımcı tesisler mantığa uygun, ihtiyacı karşılayacak yerlerde bulunmalıdır, üretim faaliyetlerinin ve yardımcı hizmetlerin ihtiyacı olan alanlar dengeli biçimde dağıtılmalıdır, işçiler rahat ve emniyetli çalışabilmeli, gözlemciler az yorularak etkili bir kontrol yapabilmelidir, bina ve tesislere rasyonel bir şekilde yatırım ile daha fazla yatırımın sağlanması, düzgün ve engelsiz bir taşıma yolu sağlamak, geri yönde taşımadan kaçınmak, ilgili işlemleri bir araya toplamak, donanımın bakımını daha iyi yapmak, planlı ambarlama yapmak, daha az birikim ve daha karışıklık olmasını sağlamak, işlem gören malzeme stoğunu azaltmak, bu amaçların hepsini aynı anda ve en iyi biçimde gerçekleştirmek çok güçtür. Bunlardan biri en iyi biçimde gerçekleştirmek istense diğerlerinden fedakarlık yapmak gerekir. Örneğin, esnek bir

düzen taşıma uzaklıklarının minimum yapılmasını engelleyici niteliktedir. Dolayısı ile en uygun yerleştirme planı, çeşitli yan amaçların uygun derecelerde karışımını veren bir optimal çözüm olmalıdır.

İyi bir tesis planının ortaya çıkması için bu genel amaçların yanında bir çok özel amaç içinde çalışılmıştır. Bu amaçlardan birkaç tanesine örnek verecek olursak;

1.3.1 Malzeme taşımayı en aza indirme

İyi bir düzenleme üretim prosesindeki malzeme taşımanın maliyetini ve zamanını en aza indirmelidir. Bazı firmalarda makina transferinin kullanımı sadece hammaddenin üretim sisteminin bir tarafından diğer tarafına doğru gerçekleşir. Buna örnek olarak otomobil endüstrisinde motor bloklarının işlenmesi, teneke kutu üretimi, kimya ve gıda ürünlerinin işlenmesinde görülür. Teneke kutu imalatında düz çelik levhalar üretim hattına bir taraftan girip diğer taraftan şekillenmiş, lehimlenmiş, alt yüzeyleri tespit edilmiş, sızıntılara karşı kontrol edilmiş şekilde çıkar. Kimya ve gıda ürünlerinin işlendiği bir çok tesiste malzeme taşıma sistemleri mamulün üretim prosesi boyunca elle taşınmamasına dayanır. Süt endüstrisi, sütün inekten tüketiciye el değmeden götürülmesine göre düzenlendiğinden bunun için iyi bir örnek teşkil eder.

1.3.2 Çalışanları rahatsız eden hataları azaltma

İş yeri düzenleyiciler çalışanların sağlığını ve güvenliğini sağlayacak şekilde hataları en aza indirmeye çalışırlar. Sağlık terimi, toz kaldıran egzostlardan, püskürtme boyamadan ve havadaki diğer maddelerden korunmayı içine almalıdır. Kaza güvenliğinde, çalışanlar ve makineler arasındaki aydınlatmayı, kesme aletlerindeki korunma ve işin yapılmasını engelleyen diğer düzinelerce hatalardan korunmayıda içine almalıdır.

1.3.3 Üretim prosesinde dengeyi sağlama

Uygun sayıda ve doğru yerde makinayı düzenlemekle tesis düzenlemeci üretim prosesinde dengeyi sağlayabilir ve aksamaları giderebilir. Bu üretim sistemini düzgün idare etmek, fazladan işlenmekte olan mamul(yarı mamul) deposu inşaatını, yarı mamul kayıplarını ve bunların yanlış yerleştirilmesini önlemek için gereklidir.

1.3.4 Makinalardaki karışıklığı azaltma

Üretimde makinalar arası karışıklıklar bir çok şekil alırlar. Bunlar fazla gürültü, toz, titreşim, duman ve ısıyı içerir. Bu karışıklıklar doğal olarak işçi verimini etkiler. Bundan dolayı plânlamacı bu karışıklıkları azaltmaya çalışır, bunun mümkün olmadığı yerlerde de makinaları diğer makinalardan ve diğer çalışanlardan izole edebilir. Bu özellikle şahmerdanların kullanıldığı alanlarda kullanılır. Bu makinalar, işçi verimini ve diğer üretim proseslerinde istenen hassasiyeti etkileyecek kadar çok gürültü ve titreşim yaparlar. Bir diğer örnek olarak da zımparalama ve parlatma işlemlerini içeren mobilya sanayiinde gösterebiliriz. Bu iki işlemin yapıldığı sahaları, havadaki zımpara tozunun cilalanmış mobilyaya zarar vereceğinden dolayı birbirinden tecrit etmek gerekir.

1.3.5 Çalışanların moralini yükseltme

İyi bir düzenleme yüksek moralin oluşması için uygun bir çevre yaratmalıdır. Bazen düzenlemede küçük değişiklikler bunun sonucunu verecektir. Örneğin bir fabrikada sandalyeler sırtları duvara dayalı ve birbirinden sohbet edilmeyecek kadar uzak duruyorsa, iş istasyonunu 90 derece çevirmekle işçilerin kendi gölgelerinde çalışmaları ve onları biraz daha yakın yerleştirerek de monoton bir iş gerçekleştirildiğinde işçilerin birbirleri ile sohbet etmeleri sağlanabilir.

1.3.6 Mevcut alanları kullanma

Fabrika binaları çok büyük yatırımlardır. Bundan dolayı mevcut alan yatırımın kazancını maksimize edecek şekilde kullanılmalıdır. Alan sabit bir gider olduğundan, kullanılsın ya da kullanılmıyorsa bunun maliyeti her zaman ödenir. Düzenlemeci ise tesisi düzenlerken kullanılmayan alanı en aza indirmeye çalışır.

1.3.7 İşçiyi verimli kullanma

İyi bir düzenleme işçinin verimli kullanılmasını sağlamalıdır. İşçilerin aşırı aylak(boş) zamanları olmamalı veya alet edevatı almak için çok fazla mesafe kat etmemelidirler. Bakım personeli, makina tamir, servis ya da temizliği için kolay bir yola sahip olmalıdır. Denetleyiciler üretim işlemleri ile en iyi nerede ilişki kurabiliyorlarsa orada yerleşmelidirler. Ofisler için yukarı asmakatlar bu açıdan sık sık lüzumlu olurlar. Alet, takım, parça ya da doküman sağlayan kırtasiye personeli de, kendi işlevleri için gerekli en az maliyet ve zamanı verebilecek bir yerde bulunmalıdırlar.

1.3.8 Elastikliği sağlama

Görüldüğü gibi düzenlemenin gözden geçirilmesi için bir çok neden vardır. Mademki uzun vadede bu revizyonlar ilk bakışta kaçınılmazdır, yeniden düzenlemenin maliyeti, eğer orjinal düzenleme elastik olarak tasarlanmışsa en aza indirgenebilir. Üretim idarecileri için makinalar, insanlar, malzemeler, işlemler, mamuller, alanlar ve diğer bir çok faktörlerle ilgili bütün bu hedefleri sağlamak hayli zordur.

1.4 Tesis Düzenlemesini Etkileyen Öğeler ve İş Yeri Düzenleme Etmenleri

Bir tesis plânlaması yaratma işi karmaşık bir iştir. Tamamı göz Önüne alınınca, işin tamamlanmasından sorumlu kişinin kaldıramayacağı kadar büyük görülebilir. İş basitleştirmenin bir yolu düzenlemeyi etkileyen kişisel faktörleri incelemek ve bu faktörler hakkında karar verebilmek için yollar geliştirmektir. Tesis düzenlemesini etkileyen çeşitli öğeler şunlardır; ürünler, üretim kapasitesi, kalite, donanım, üretim tipi, endüstriyel binalar, malzeme aktarması (ulaşımı).

Düzenlemeyi etkileyen başlıca faktörler ise malzeme, işgücü, makina ve binalardır. Diğer ana kabuller depolama kolaylıklarını, malzeme taşımalarını ve binaları içerir. Bu etmenlerin başlıcalarını şu şekilde açıklayabiliriz.

1.4.1 Malzeme

Üretim sistemlerinde gerekli bir çok malzeme vardır. Malzeme dendiği zaman, çok değişik türden nesneler anlaşılabilir. Bunların başlıcalarını hammadde, işlenmekte olana malzeme, bitmiş ürün, ambalajlanmış malzeme, yardımcı malzeme, hurdalar ve fireler, bakım malzemeleri olarak sıralayabiliriz.

Bu malzemelerin tabiatı düzenleme tasarımını etkiler. Eğer mamul bir gemi gibi çok büyük ise sabit konumlu bir düzenleme gereklidir. Eğer bir buzdolabı gibi işlem sıralarına göre taşınabiliyorsa bir montaj hattı en iyi düzenlemeyi sağlayabilir. Eğer üretim sisteminde gerekli malzeme akışkan ise boru hatları vanaları ve proses makinaları ile sürekli bir üretim sistemi geliştirmek üzere düzenleme yapmak mümkündür. Kullanılan malzemelerin ağırlıkları zeminin, taşıma sistemlerinin ve stok imkanlarının türlerini etkiler. Bazı malzemeler düzenlemecilerin sağlamaları gereken özel şartlar gerektirebilirler. Bunlar ısı, temizlik, nem, titreşime karşı yalıtım ve darbelerin olmaması için taşımada dikkat olabilir.

Üretimde kullanılacak malzemenin miktarı da düzenlemeyi etkiler. Eğer prosese göre düzenlemeye olduğu gibi üretim miktarı fazla ise, düzenlemeci üretimde istenen seviyeye ulaşmak için akış miktarını belirlemelidir. Daha sonra bu akışın düzgün

olması için hat dengelenmelidir. Eğer üretim miktarı nispeten az ise ve çeşitli mamullerin üretimi söz konusu ise düzenlemeci prosese göre düzenlemeyi kullanmalı ve beklenen siparişleri ve gereken işlem sıralarını dikkate almalıdır. Düzenlemeci ayrıca pik ve durgun sezonlardaki değişimleri de dikkate almalıdır.

Değişik işlemlerin veya montaj işlemlerinin sırası ve düzeni yerleşim düzeni için temel oluşturmaktadır. İş sırası ve akışı, iş yerinin düzenini ve bölümler arası akışı doğrudan belirler, iş sırasının değiştirilmesi yerleşim düzeninin değişmesi sonucunu doğuracaktır.

Üretimin daha verimli olmasını sağlamak amacı ile bazı işlerin birleştirilmesi, bazılarının kaldırılması, bazılarının da daha küçük parçalara ayrılması düşünülebilir. Bu durumlarda da iş yeri düzeni farklı farklı şekiller alacaktır.

Parçaların ve malzemelerin standardizasyonu büyük ölçüde üretim tasarrufları sağlayacaktır. Bu durumda daha verimli bir yerleşim düzeni kurulması da gerçekleşecektir.

1.4.2 İşgücü

İnsan, kolay hareket edebildiğinden, çeşitli makinalar da iş görebildiğinden ve çeşitli iş hızlarında çalışabildiğinden dolayı üretim sisteminde ve tesis düzenlemede esnek elemandır, insanı bu şekilde bir mekanik yaklaşım ile tanımlayan bazı tesis düzenleyiciler, ondan insani bir varlık yerine bir makina gibi söz etmeyi yeğlerler. Mekanik bir yaklaşım bu noktada yararlı olabilir. Ancak bunun yanında tesis düzenlemesi yapılırken, insan faktörü mutlaka göz önüne alınmalıdır.

Üretim sisteminde gerekli birçok insan tipi vardır. Bunların arasında en geniş hacimli mamul ile direkt olarak çalışan işçilerdir. Buna ek olarak formenler, denetleyiciler ve hat sorumluları vardır. Burada tesis, bu insanlar için en verimli denetlemeyi sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Ambarlarda çalışan elemanlar servis ve kontrol hizmetleri için çeşitli kolaylıklara sahip olmalıdırlar. Denetleme, bakım personeli için kolaylıkların sağlanmış olması gerekir. Alış ve paketleme bölümleri bu

işlerden sorumlu personel için kesin bir çevre gereklidir. Ve ilk yardım, tesis bekçileri, kapıcılar ve diğer personel içinde çeşitli kolaylıkların planlanması gereklidir, özetle bir üretim sisteminde bir çok değişik iş ve personel vardır. Bütün bu faktörler tesis plânlamasına etki ederler.

İnsan etmeninin özelliklerini doğrudan işgücü operatörleri, grup liderleri, gözetmenler, imalat hattı yürütücüleri, dolaylı işgücü, malzeme taşıyıcılar, ambarcılar, tezgah ayaracıları, zaman etütçüleri, proses mühendisleri, atölye planlayıcılar, kalite kontrolcüler vb... olarak sıralamak mümkündür.

İnsan etmenini etkileyen ana noktaları ise, aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- İş güvenliği ve çalışma koşulları
- İşgücü gereksinimi, işgücü türü
- İnsan kullanımı
- Diğer noktalar (ödeme biçimi, psikolojik ve bireysel durumlar,

işletmenin organizasyon yapısı)

Tesis plânlamasına etki eden ve insanı ilgilendiren bir çok faktör vardır. Bunlar, insanın tabiatını ve onun iş yerinde yaptığı işi, üretim sisteminde gerekli iş sayısını, gerekli güvenlik önlemlerini, denetleyicinin tabiatını ve iş yerindeki çalışma şartlarını içerir.

Verimli bir iş istasyonu düzenleyebilmek için araştırmacının iş etüdü hakkında geniş bilgiye sahip olması gerekmektedir. Bu kavramların kullanımı iş istasyonunun verimini yükselttiği gibi iş yorgunluğunu da azaltır. Bu bilgilerin yanında araştırmacı erkek ve kadın işçilerin fiziki durumlarını içeren tablolara başvurmalıdır. Bu bilgiler iş istasyonunu ayakta durmaya, yetişmeye ve görüş sahasına göre düzenlerken gerekmektedir.

Düzenlemenin psikolojik yönü de ele alınmalıdır. Bazı işçiler iş yerini klostrofobiye yol açan sıkıntılı bir yer olarak görebilirler. Diğerleri yükseklikten korkabilirler. Örneğin iş yeri duvarlarının canlı renklere boyanması ve iş yerinde müzik yayını

yapılmasının çok iyi psikolojik etkileri olduğu bilinen bir gerçektir. Ancak tesis düzenlemenin bu psikolojik tarafları sık sık ihmal edilmektedir.

Üretim sisteminde gerekli işçi sayısının belirlenmesi araştıracının yapması gerekli ilk planlayıcı iştir. Bunu yapmak için her işlem için gerekli mamul miktarı belirlenmelidir. Daha sonra her işlemin yapılması için gerekli zamanın belirlenmesi gerekir. Bu bilgi geçmiş kayıtlardan, zaman etütlerinden, ya da yapılacak deneylerden sağlanabilir. Gerekli üretim miktarını bir birim mamul için gerekli üretim zamanı ile çarparak gerekli toplam insan-saat miktarı belirlenebilir. Örneğin bir işlem günde 96 adet mamul üretimini ve bir birim 0,5 adam-saatlik standart zaman gerektiriyorsa 96 birimi sağlamak için günde $96 \times 0,5 = 48$ adam-saat lik çalışma gerekir. Toplam gerekli günlük adam-saat gereksinimini belirledikten sonra bu sayı tesisin günlük çalışma saatine bölünür. Günde 48 adam-saat gerekli olduğundan ve tesisin tek vardiya olarak yani günde 8 saat çalıştığını kabul edersek işlem için 5 işçinin gerekli olduğunu buluruz;

$$\frac{48 \text{ adam - saat/gün}}{8 \text{ saat/gün/işçi}} = 6 \text{ işçi}$$

Ancak bu sayı, üretim gereksinimlerine, işçilerin diğer işler için gerekli olmalarına ya da gün boyunca oluşan üretim saati değişikliklerine göre değişebilir.

Her düzenlemede personelin güvenliği için bazı kabullerin alınması gereklidir. Kazaların olabilecekleri yerlerde güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir; trafik kazalarının olabileceği yol ya da geçitlerde işçilerin çalışmaması; ilk yardım imkanlarının sağlanması; gibi güvenlik prensipleri ve şirketi etkileyen düzenlemeler bunlara dahil edilmelidir.

Var olan bir tesisin düzenlemesinin değiştirilmesin de, düzenlemenin denetleme tarafı hayli önem kazanır. Örneğin, eğer firma prosese göre düzenlenmiş ise ve planlamacı mamule göre bir düzeri içmenin gerekli olduğuna karar vermiş ise denetleme ile ilgili bazı problemler ortaya çıkacaktır. Özel proseslerden sorumlu olan denetmenler denetmenlik ilişkilerini, mamule göre düzenlemedeki bir üretim

hattından sorumlu olduklarında değiştirmek zorundadırlar. Hatta onların altlarında çalışan işçilerin bile yeniden gruplandırılmaları gerekebilir. Böyle durumlarda plânlamacı ile üretim plânlamasından sorumlu kişiler arasında sıkı bir ilişkinin olması gerekmektedir. Bu tip problemleri çözmenin bir yolu denetmenlerden yeni düzenin oluşumunda ve organizasyonun yenilenmesinde yararlanmaktır. Böylece onların başkalarının kendilerini zorladığı hissini kapılmaları engellenebilir. Bu, en iyi düzenlemenin bile üretim sisteminde gerekli bütün kişilerin onayı olmadan başarıya ulaşamayacağını gösterdiğinden çok önemlidir.

İş şartları plânlamacının yeni düzenlemeyi geliştirmesinde önemli yer tutar. Işıklandırma, sıcaklık şartları, gürültü ve titreşim seviyesi, bağlı nem oranı, havadaki parçacıklar ve diğer bir çok faktör işçinin verimliliğini etkiler. Bu faktörler, mühendisler, bilim adamları, psikologlar ve fizikçiler tarafından araştırıcıya daha fazla bilgi verebilmek için araştırılmıştır. Bu bilgilere, işçilerin işlerini verimli görmeleri ve iş yerinde rahat etmelerini sağlamak için düzenlemeyi tasarlarken başvurulmalıdır.

1.4.3 Makinalar

Ayrıntılı bir düzenleme bitirildiğinde bunu inceleyen ilk gözüne çarpan şekiller, üretim sisteminde gerekli makinaların ana hatlarıdır. Eğer gerekiyorsa malzemelerin hareketleri sadece oklarla gösterilebilir, işçilerin bulundukları yerler daireler ya da çarpılar ile gösterilebilir. Yinede makinalar genellikle belirtilmek için çizilmiş ve ayrıntılı olarak ana hatlandırılmışlardır.

Bu şekilde makinelerin yerlerini belirten ayrıntılı bir plânı yapmak üzere düzenlemecinin ilk önce kullanılacak makinelerin tiplerini ve üretim işlevlerini yapmak için nasıl ayarlanabileceklerini(plânlanabileceklerini) belirtmesi gerekir. Eğer prosese dayalı bir düzenleme kullanılıyorsa benzer makinalar ayrı ayrı yerlerde gruplandırılabilir. Örneğin metal işleyen bir atölyede tornalar bir yerde, frezeler ayrı bir yerde, matkaplar diğer bir yerde ve taşlama aletleri başka bir yerde toplanılabilir. Eğer mamule dayalı bir düzenleme kullanılıyorsa, düzenlemeci mühendislik

bölümünden ve üretim planlamacılar­dan işlem sıraları ve makina sayıları hakkında bilgi almalıdır. Bu yolla uygun bir düzenleme yapılabilir.

Aslında tesis düzenlemeci gerekli makina sayılarının belirlenmesinden sorumlu değildir. Yinede eğer bu işe girmiş ise düzenlemeci her işlem için üretim ihtiyaçlarını belirlemeli ve bunu gerekli makinanın üretim oranına bölmelidir. Örneğin üretim ihtiyaçları saatte 100 birim ise ve bu üretim için makina saatte 25 ünite üretiyor ise ihtiyaçları karşılamak için 4 makinanın gerekli olduğu görülür. Ancak ıskarta ve tekrar işlemeden dolayı makinadan çıkan bütün mamullerin kullanılmayacağını göz önüne alırsak bu sayıyı değiştirmemiz gerekebilir. Ayrıca makineler bütün gün boyunca tam kapasitede çalışamazlar. Yükleme, boşaltma, bakım, arıza ve diğer gecikmeler için zaman gerekebilir. Böylece yukarıda belirttiğimiz örnek, doğru sayıyı bulabilmemiz için değişebilir. Makinelerin saatte 25 birim kapasitede ve yüzde 85 verim ile çalıştığını göz önüne alırsak makine başına saatte 21,15 birim üretebiliriz ($0,85 \times 25 = 21,25$). Eğer makinanın ürettiği mamulün yüzde 4'ü kusurlu ise ortalama olarak saatte 0,85 olan kusurlu mamulü 21,25 birim olan üretim miktarından çıkartırsak saatte kabul edilebilir 20,40 birim mamul üretebileceğimizi buluruz. Eğer üretim ihtiyaca saatte 100 kabul edilebilir mamul ise 4,9 makina gerekecektir (saatte gerekli 100 birim/makina başına saatte 20,40 birim = 4,9 makina). Daha sonra gerekli makina sayısı olan 4,9 makina 5 makinaya yuvarlatılır. Bu 5 makina üretim ihtiyaçlarını karşılayacak ve ayrıca küçük miktarda da artık kapasitede üretecektir.

Gerekli makina sayısını belirleme problemine ek olarak bir başka problemde ortaya çıkar. Bu da üretim sistemini dengeleme problemidir. Eğer prosese dayalı bir düzenleme kullanılıyorsa operasyonları (işlemleri), gevşeklikleri önlemek üzere makinelerin yanına geçici depolar yerleştirerek dengelemek daha kolaydır. Eğer bir montaj hattı söz konusu ise denge problemi daha kritik hale gelir. Bu gibi durumlarda özel makinaların işleme dönemlerindeki çalkantıları ele almak için geçici işleme depoları sağlamak üzere, özel malzeme taşıma gereçlerinin kurulmaları gerekebilir. Dengeyi sağlamak için bazı makinaların işleme hızları yükseltilebilir veya bazılarının işleme hızları azaltılabilir. Aşırı yüklenmeler ve bozulmalardan oluşacak aksaklıkları gidermek için bazı özel destek makinaları gerekli olabilir,

Üretimdeki makinelerin dengelenmesi en karışık ve kritik seviyeye, bir çok makina ve malzeme taşıma aletlerinin bir tek özel amaçlı makina gibi çalıştığı büyük bir entegre sisteme uyarlandığı otomatize olmuş sistemlerde ulaşır.

Makinalara ek olarak onların işlerini etkileyen diğer destek birimleri de göz önüne alınmalıdır. Bunlar lağım, su, buhar, sıkıştırılmış hava, gaz boruları, elektrik bağlantıları, egzost ıkışları, havalandırma kanalları ve özel sıcaklık, nem şartları, ses ve titreşim indirimini sağlayan kontrollü evre sistemleridir.

Makine etmeninin başlıca özellikleri üretim makineleri, işlem donanımı, özel bağlantılar, takım, aparat ve kalıplar, ölçü ve deney aletleri, kontrol panoları, kontrol donanımları, bakım vb. diğer hizmet donanımı olarak sıralayabiliriz.

Makine ve işlemleri seçerken, özellikle düzenleme açısından göz önüne alınması gereken noktaları hacim ve sığa, çıktıların kalitesi, başlangıç maliyeti, bakım ve hizmet maliyetleri, işletme maliyetleri, alan gereksinimi, güvenilirlik, kullanılabilirlik, işgücü miktar ve türü, evre koşulları (gürültü, koku), yasal kısıtlamalar, yeniden düzenleme kolaylığı şeklinde sıralanabilir.

1.4.4 Bina

Binalar, buraya kadar açıklanmış olan tüm üretim etmenlerini fiziksel olarak çevreleyen bir kabuk işlevi görmektedirler. Bu anlamda tesis düzenleme çalışmalarının tümleyici bir parçasını oluşturmaktadır.

Özellikle, eğer başlangıçta hazır bina varsa ve düzenleme buna göre yapılacaksa, binanın tesis düzeni üstündeki etkisi büyüktür.

Bina etmenin başlıca özelliklerini özel veya genel amaçlı binalar, tek veya çok parçalı binalar, binanın biçimi, tek veya çok katlı oluşu, pencereler, taban ve tavanlar, duvarlar ve kolonlar, asansör, merdiven ve holler olarak sıralamak mümkündür.

Bu özelliklere ek olarak, binanın hangi bölgede kurulacağı da düzenlemeyi sıklıkla etkilemektedir. Bu gibi durumlarda düzenleyici, bölgeye ilişkin bazı özellikleri de göz önüne almalıdır. Bu özelliklerin bazıları Demiryolları, Karayolları, Kanallar, Köprüler ,Stoklama tankları, Su tankları, Enerji odaları.. v.b. dır.

1.5 Tesis Yerleşim Tipleri

Ürünün yapısı ve imalat tipine(yüksek miktarda üretime karşı düşük miktarda üretim, ürün karışımları ...vs) bağlı olarak tesis düzenleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir[11]:

1.5.1 Statik ürün

Statik Ürün Yerleşim Düzenleri yapılacak olan ürün iri hacimli ve büyük olduğunda kullanılır. Bu gibi durumlarda, sabit bir yerde ürün imal edilir veya montaj işlemleri yapılır, makineler ise ürün etrafında gerek duyulduğunda hareket ettirilip, ihtiyaç duyulan nokta veya noktalara taşınırlar. Örnek olarak, bu gibi düzenler uçak, yük gemilerinin...vs imalatlarında görülmektedir. Bu gibi ürünlerin imalatı bir projeye bağlı olarak kontrol edilir ve proje ilerledikçe makinelerin yerleri değişir.

1.5.2 Ürün veya üretim hattı düzeni

Ürün düzenleri, tekli veya yakın ilişkili ürün guruplarının yüksek miktarlarda üretildiği durumlarda kullanılır. Makine/İş İstasyonları bir imalat/montaj hattı şeklinde düzenlenir. Hattaki makinelerin düzeni yerine getirilen sürecin sırasını takip eder. Öncelikli olarak bu gibi bir düzenin tasarımında, her bir istasyonda yerine getirilmesi gereken en iyi işler/aktiviteler setini belirlemek için sık sık bir hat dengeleme problemi çözülür.

1.5.3 Grup veya hücresel düzen

Grup düzenler, bir küçük imalat hücresi tarafından bir parça ailesinin üretilmesi gerektiği durumlarda kullanılır. Bu kapsamda, bir makine kümesi bir hücre şeklini

alır. Kendi malzeme taşıma sistemine sahip her bir hücre, tipik bir robot veya bir konveyör sistemidir. Parçalar , bir makine hücresinde gerekli operasyonları tam bir şekilde yapılacak bir biçimde yapılarak oluşturulan bir üst kompleler ardından montaj alanlarına doğru yönlendirilir.

1.5.4 Proses düzen

Proses düzenler, benzer aktiviteleri yerine getiren makineler proses departmanları içine toplanır. Böylece, proses düzenli bir tesiste, torna departmanı, mil departmanı, freze departmanı ...vs olabilir. Bu gibi düzenler eski tesislerde ve atölyelerde yaygındır. Bunlar, değişik operasyonlar için departmanlar arasında parçaların taşınması söz konusu olduğundan büyük miktarda malzeme taşıyıcılarına gereksinim duyarlar. Bu düzenin avantajı ise işçilerin ve kontrolcülerin süreçlerinde uzman olabilmeleridir.

1.6 Akış Tipleri(Akış Örnekleri Modelleri)

Tesis düzenleme probleminde, iş istasyonları veya departmanlar arasındaki malzeme akışının sık sık vurgulandığı görülmektedir. Malzeme akışı, maliyet olarak yükü miktarlar tutan malzeme taşıma sistemlerine ihtiyaç duyar. İdeali, başlangıçta yaptığımız analizlerde makine guruplarının sayısının azaltılması ve her bir makine gurubundaki tüm parçaların aynı makine sırasını takip etmesidir. Bu, makinelerin doğrusal bir şekilde düzenlenmesi ve problemin geriye kalanında makine gurupları için ayrılan mümkün boş alanlara bu makinelerin yerleştirilmesi ile sonuçlanır. Bütün bunlar ışığında, Şekil 1.1 de gösterilen örneklerden herhangi bir şekilde mümkün boşluklara makineler yerleştirilebilir.

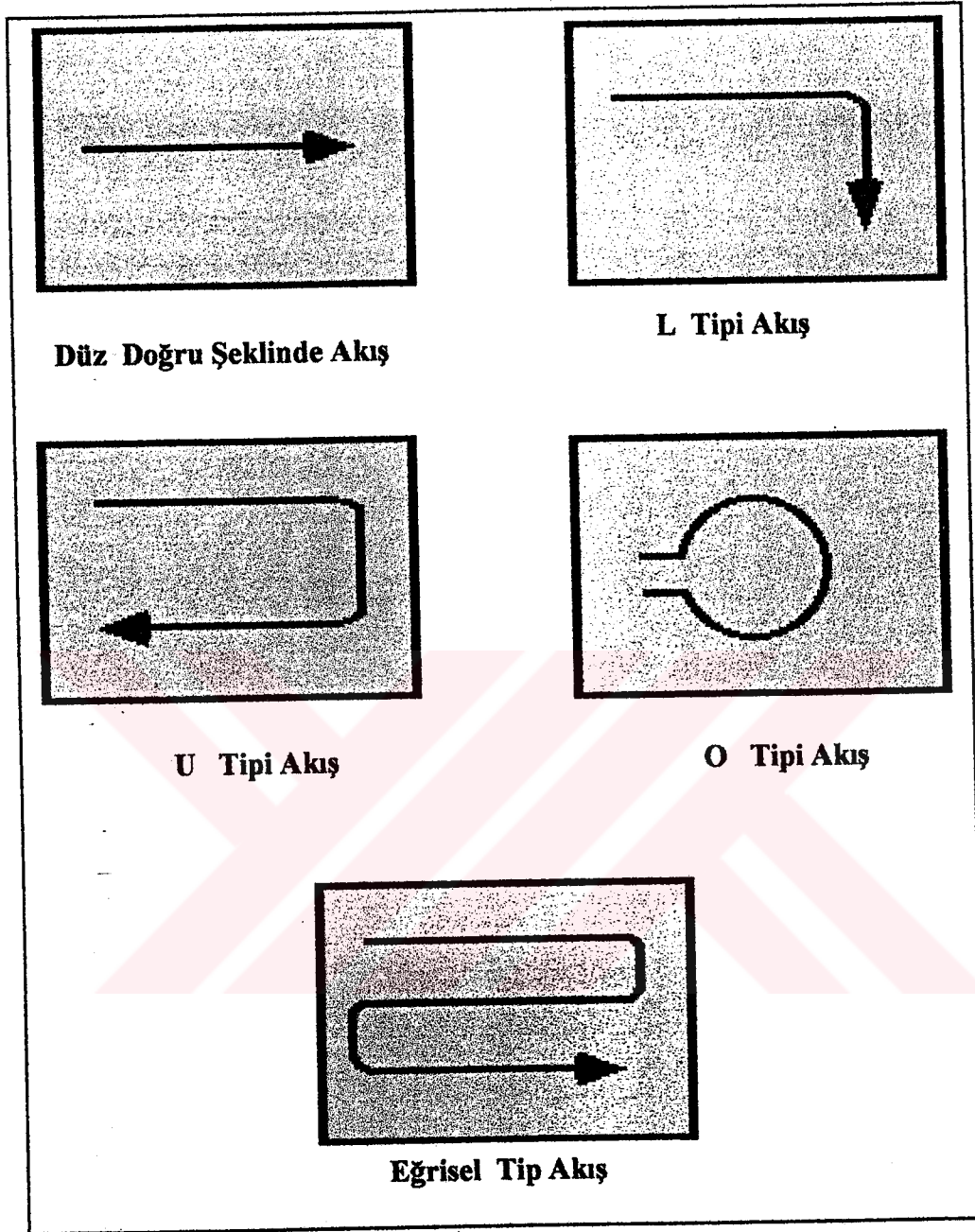
U – Tipi akış modeli hem tesisin hem de hattın sonunda aynı anda yüklemeyi ve boşaltmayı sağlamak zorunluluğundan dolayı sık sık kullanılan bir model türüdür. Bu tip model ayrıca, malzeme taşıma sistemleri(aynı forklift in hem yükleme hem boşaltma amaçlı olarak kullanılabilmesi gibi...) veya harici yolların göz önüne bulundurulması(ana yola girişler, liman yolu gibi...) amacı ile kullanılabilir. U – Tipi akış ayrıca JİT sistemlerinde tercih edilmektedir. Bu gibi durumlarda, işçiler U

yapısının ortasında yer alırlar ve her biri diğlerinin sürecini takip eder ve yardıma ihtiyaç duyulduğu anda kalayca işbirliği yaparlar. İşçilerin bir birine yakın konumlarda bulunması takım çalışmasında ayrıca işe yaramaktadır.

O – Tipi akış, yaygın robot malzeme taşıma sistemleri tarafından yapılan hizmetleri yerine getiren makine hücrelerinde genellikle kullanılır. Yılan tipi düzenler ise kare şeklindeki alanlara uzun montaj hatlarını sığdırmak için kullanılır.

Bileşenler veya malzemenin en az karışım ile çeşitli işlemlere gönderilmesi sağlanınca, iş gücü ve zamanda tasarruf sağlayarak büyük üretim ekonomisini başarmak mümkün olur. Bu amaca ulaşmak için, malzeme ve bileşen hareketleri ve kat boyunca akışlar incelenir. Sapmalar, geri dönüşler, çapraz geçişler hoşnutsuzlukla karşılanır. Bir iş akışı şeması fabrika içindeki özel bölümler arasındaki hareketi gösterir. Her bölüm belirli makinalara sahiptir. Bir bölümde aşırı hareket olduğunda bir darboğaz yaratılır. Tek yönlü yol boyunca akışı sağlamak için, bu bölümdeki makinenin, diğer bir bölüme taşınması gerekebilir.

Üretim işlemleri için akış tipleri, montaj hatları için kullanılanlardan farklı özellikler göstermektedir. Pratikte belirli bir sistem önerilmez, çünkü nadiren sırf üretim işlemi veya sırf montaj işlemi icra ederler. Bununla beraber bu ikisinden biri üstün olabilir.



Şekil 1.1: Tesis düzenlemede Tipik Malzeme Akış Modelleri[11]

1.7 Sistematik İş Yeri Düzenlemesi

Tesis düzenleme sürecinin tamamına yönelik olarak yüksek seviyeli bir yaklaşım ilk olarak Richard Muther tarafından formül edildi. Bu metot Sistemik Düzen

Planlaması(SDP) olarak adlandırılır ve bir tesis düzenini tasarlandığında takip edilmesi gereken bir dizi adımla ana hatları çizilir. SDP de adımlar aşağıdaki gibidir:

- Departmanlar Arasındaki Malzeme Akış Miktarının Ölçülmesi
- Aktivite İlişki Şemasının Oluşturulması
- İlişki Diyagramının Oluşturulması
- Alan İhtiyaçlarının Belirlenmesi
- Alternatif Düzenlerin Oluşturulması

Buradaki adımlar kavramsal olarak basit bir şekilde gösterilmiştir. SDP adımlarını tesis düzenleme probleminin ele alınmasında yol gösterecektir.

Bu adımlardan önemli birkaç tanesini daha detaylı açarsak;

1.7.1 Departmanlar arasındaki malzeme akış miktarının ölçülmesi

İlk adım olarak farklı departmanlar arasındaki malzeme akış miktarlarını belirlememiz gerekir. Bunun yapılabilmesi için gerekli olan bilgi ihtiyacı üretim ve mühendislik dökümanlarından elde edilebilir. Parça hareketleri bilgileri genellikle teside ki şu tür dökümanlardan elde edilir:

Ürün Ağacı

Rota Kartı

Montaj/Operasyon Süreç Kartı

Öncelik Diyagramları

Üretim miktarı bilgileri, talep tahmininden elde edilir. Süreç bilgileri ile üretim miktarı bilgilerinin birleştirilmesi ile iş istasyonları veya departmanlar arasındaki malzeme akışı miktarlarını belirlemek mümkündür.

1.7.2 Den/Dan şeması

Departmanlar arasındaki akış miktarının gösterilmesinde bir den/dan şeması matrisi oluşturulur. Den/Dan matrisi, problemdeki departmanlar veya iş istasyonları sayısına denk satır ve sütünlardan oluşan bir kare matristir. Matris de ki (i,j) noktasındaki data, i departmanından, j departmanına giden malzeme akış miktarını gösterir. Departmanlar arasındaki malzeme akışı bizi ilgilendirdiği için, bir departmanın içindeki malzeme akışını hesaplamayız. Buna göre, matrisin diyagonal kısmındaki değerlerin tamamı sıfır dır.

Aynı birim değeri ile ölçülebilen malzeme akış yoğunluklarının matrise girilmesinin sağlayarak, akış yoğunluklarını eş değer haline getirmiş oluruz. Örneğin, X ürününün 1000 parçası departman 1 den departman 2 ye taşınıyorsa ve Y ürününün 100 parçası da departman 3 den departman 4 e taşınıyorsa fakat Y ürünü, X ürününden 100 kez daha fazla yükleniyorsa, departman 1 ve departman 2 arasındaki eşdeğer akış yoğunluğu 1 olurken, departman 3 ve departman 4 arasındaki eşdeğer akış yoğunluğu 10 olmaktadır. Eşdeğer akışı hesaplamak, genel olarak adet taşıma miktarını veya akış yoğunluklarından her ikisinden birini dikkate almaktır. Birim miktar olarak malzeme taşıması, bir teneke, bir palet veya bir kutu ile yapılabilir. Ürünün taşıması, taşıma esnasında zarar görmesi ve dolayısıyla aşırı bir maliyetin oluşması ara sıra söz konusu oluyorsa, akış söz konusu risk yüzünden ürünün değeri de ayrıca ağırlıklandırılabilir[11].

İki departman arasındaki toplam akış, o iki departman arasındaki tüm ürünlerin eşdeğer akışları toplamı gibi hesaplanılabilir. Her bir ürünün süreç şemasının oluşumu, ziyaret edilen departmanların belirlenmesi için incelenir. Her bir imal edilen veya monte edilen ürünün talebini hesaplamak final ürünün ve ürün ağacı için talep tahmininin kullanılması ile yapılır. talep, sonra eşdeğer akışlara çevrilir.

Aşağıda genel olarak hazırlanmış den-dan şeması görülmektedir:

	A	B	C	D	E	F	G	H	J
A	•	20	40	35	5	0	0	0	0
B	0	•	20	0	45	10	0	0	0
C	0	10	•	60	0	0	0	0	0
D	0	45	10	•	20	15	5	5	0
E	0	0	0	0	•	25	20	25	0
F	0	0	0	0	0	•	50	0	25
G	0	0	0	0	0	0	•	35	40
H	0	0	0	5	0	25	0	•	35
J	0	0	0	0	0	0	0	0	•

Şekil 1.2: Den-Dan Şeması[11]

Den - Dan şemasından biz ilgili düzenin maliyetini(Momentini) hesaplayabiliriz.

Moment şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Moment} = \sum_{(i,j)} dij * fij \quad (1.1)$$

$dij = (i,j)$ departmanları arasındaki uzaklık

$fij = (i,j)$ departmanları arasındaki akış yoğunluğu

Amaç fonksiyonunun birkaç farklı şekilde hesaplanması söz konusudur. Bu farklılık, Maliyetin veya diğer bir adıyla Moment in hesaplanmasında kullanılan fij den(Akış Yoğunluğundan) ziyade, dij (i,j departmanları arasındaki uzaklık) türünün hesaplanmasından kaynaklanır. Bu uzaklık türünün farklı şekillerde hesaplanmasından dolayı, amaç fonksiyonunun birkaç farklı şekilde hesaplanması söz konusudur.

Literatürde genellikle iki farklı şekilde amaç fonksiyonunun hesaplanır. Bunlardan birincisi Bloklar arası uzaklıkların toplamı(Rectilinear Distance) olarak adlandırdığımız uzaklık, diğeri ise öklit uzaklık(Euclidean Distance) türüdür.

1.7.2.1 Bloklar Arası Dik Uzaklıklar Toplamı(Rectilinear Distance)

Bloklar arası dik uzaklıkların toplamında iki departmanın bulunduğu koordinatları iki boyutlu bir düzlem üzerinde A(x1,y1) ve B(x2,y2) olarak tanımlayacak olursak toplam maliyet de kullanılan uzaklık şu şekilde hesaplanır:

$$d_{ij} = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| \quad (1.2)$$

buradan amaç fonksiyonunun maliyet değeri;

$$\text{Maliyet} = \sum_{(i,j)} d_{ij} * f_{ij} \quad (1.3)$$

$$\text{Maliyet} = \sum_{(i,j)} f_{ij} * (|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|) \quad (1.4)$$

olur.

1.7.2.2 Öklit Uzaklık(Euclidean Distance)

Öklit uzaklık da ise departmanların koordinatları A(x1,x2) ve B(x2,y2) olmak üzere, departmanlar arası öklit uzaklık;

$$d_{ij} = \left[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \right]^{1/2} \quad (1.5)$$

buradan amaç fonksiyonunun maliyet değeri;

$$\text{Maliyet} = \sum_{(i,j)} d_{ij} * f_{ij} \quad (1.6)$$

$$\text{Maliyet} = \sum_{(i,j)} f_{ij} * \left[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \right]^{1/2} \quad (1.7)$$

olur.

Moment formülünü küçük bir örnek üzerinde açıklayacak olursak:

Örnek 1:

Departmanın merkezleri arasındaki uzaklıkları 1 br olarak kabul edelim ve departmanlar arasındaki akış şiddetlerini gösteren den-dan şemamız ve başlangıç düzenimiz aşağıdaki gibi verilsin[11].

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

Şekil 1.3: Başlangıç Düzen

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

Şekil 1.4: Departmanlar Arası Akış Miktarını Gösteren Den-Dan Şeması

Başlangıç düzenin maliyetini yukarıda verilen formülden hesaplırsak:

$$\text{Toplam Maliyet-1(Moment)} = 2(1)+5(2)+1(2)+4(1)+2(1)$$

$$\text{Toplam Maliyet-1(Moment)} = 20$$

Alternatif düzen olarak aşağıdaki düzen ile kıyaslırsak, bu yeni düzenin maliyeti ise:

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

Şekil 1.5: Final Yerleşim

$$\text{Toplam Maliyet-2(Moment)} = 2(1)+5(1)+1(3)+2(2)+4(1)$$

$$\text{Toplam Maliyet-2(Moment)} = 18$$

1.7.3 Aktivite ilişki şemasının oluşturulması

1.7.3.1 Aktivite ilişki analizi

Den – Dan şeması, tesis düzenleme problemi için hayati öneme sahip olan malzeme akış bilgilerini saklar. Bununla beraber düzenleme kararında önem arz edebilen diğer faktörlerde mevcuttur. Bu bir kısım faktörler sayısal olarak gösterilmeyebilmektedir. Estetik durumlar, denetleme, sağlık ve tehlike faktörleri ve personel öncelikleri bunlara tipik örnekler olarak gösterilebilir.

Bir kısım kantitatif olarak ifade edilebilen bilgi ise akış bilgisi ile birleştirilerek departmanlar arasındaki yakınlık ilişkisinin önemini gösterecek şekilde bir oran oluşturulabilir. Bu oran, genellikle bir Aktivite İlişki Şeması veya İlişki Şeması kullanılarak gösterilir.

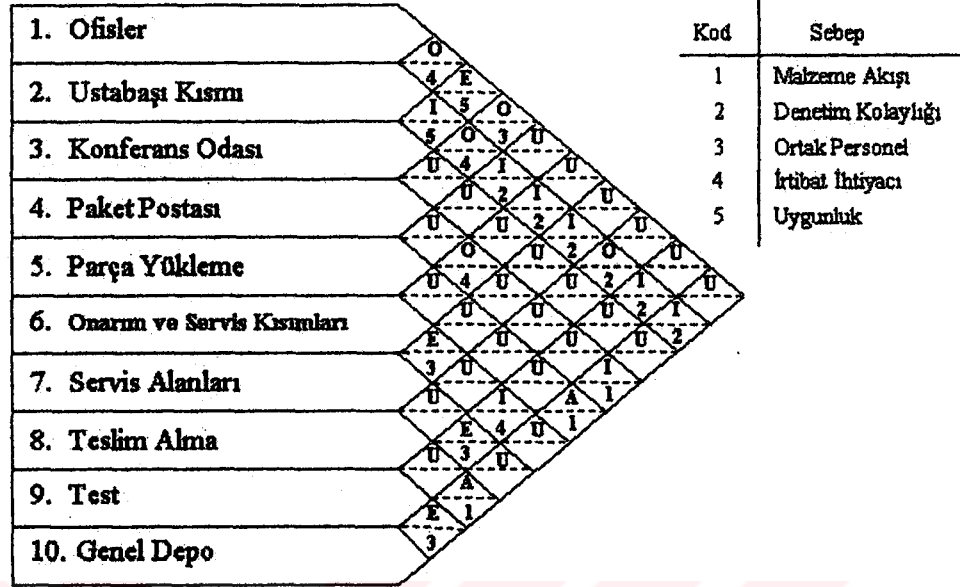
1.7.3.2 Aktivite ilişki şeması

Aktivite İlişki Şeması, aşağıdaki gibi 6 seviyeden oluşan bir sınıflama kullanılarak departmanlar arasındaki yakınlık ilişkisinin önemini gösterir.

- A : Mutlak gerekli
- E : Özellikle önemli
- I : Önemli
- O : Sıradan önem arz eden
- U : Önemsiz
- X : İlişki yok

Geleneksel olarak aktivite ilişki şeması aşağıdaki şekilde gösterilir:

REL Şema:



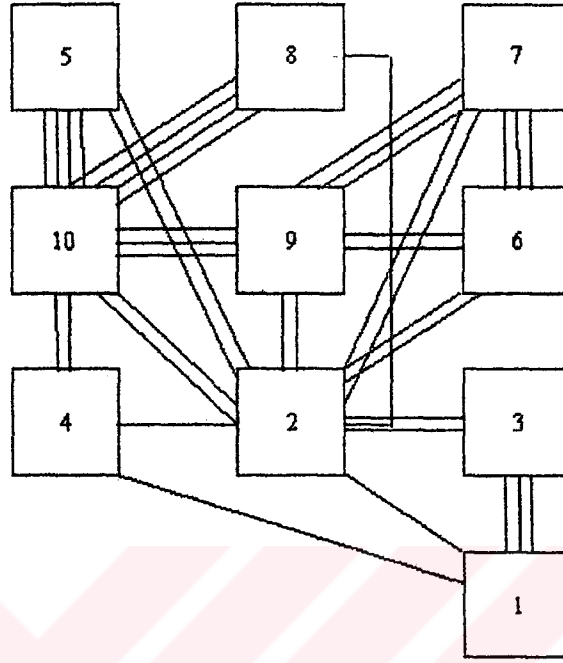
Şekil 1.6: Aktivite İlişki Şeması(REL Chart)[16]

Her bir kare departmanlar arasındaki ilişkiyi temsil eder. Karenin üst kısmı ilişkinin oranını gösterirken, karenin alt kısmı ise bu ilişkinin sebebini açıklamakta kullanılır. Görüldüğü üzere kodun nedenleri Aktivite İlişki Şeması ile birlikte yukarıda verilmiştir.

1.7.4 Aktivite ilişki diyagramları(rel diagram)

REL şemalar departmanlar arasındaki yakınlık ilişkisini göstermek için kullanılır. Eğer malzeme akışı veya genel denetim kontrolü çok önemli ise, bu departman çifti arasında birinin diğerine coğrafi olarak bir yakınlık sağlanacak şekilde departman çifti arasına yüksek bir ilişki oranı uygulanır. Bir düzenin oluşturulması için yapılması gereken ilk adımların bir tanesi farklı departmanlar arasındaki yakınlık ilişkilerinin belirlenmesidir.

Aşağıda örnek bir REL İlişki Diyagramı gösterilmektedir:



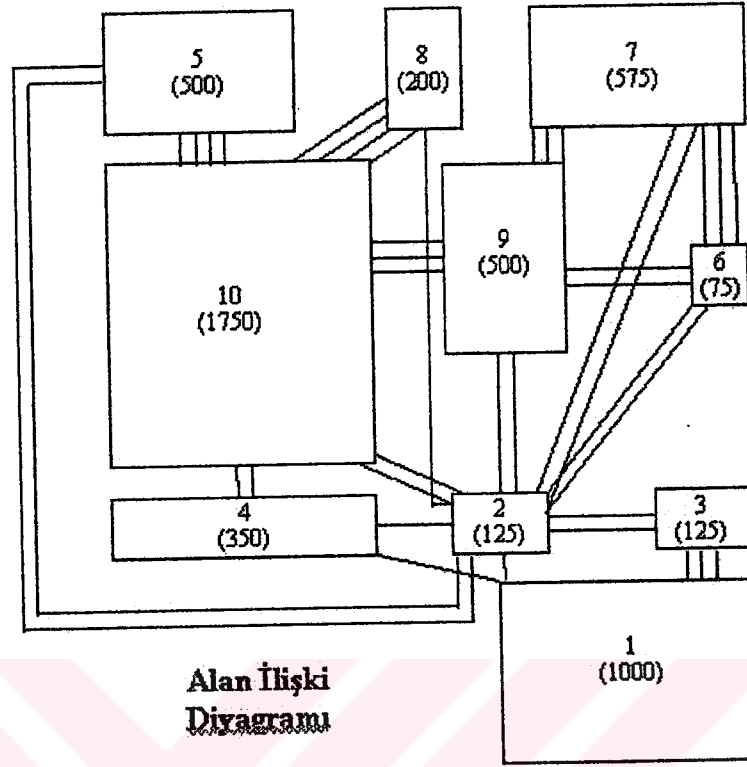
Şekil 1.7: Aktivite İlişki Diyagramı(REL Diyagramı)[16]

1.7.5 Alan ihtiyaçlarının belirlenmesi

Bu adımda düzenlenecek departmanlar için gerekli olan alanların belirlenmesi faaliyetlerini kapsar. Her departman için gerekli alanlar belirlenip, oluşturulacak olan Alan İlişki Diyagramı için gerekli bilgilerin hazırlanması safhası da tamamlanmış olur.

1.7.6 Alan ilişki diyagramı

Bir sonraki adımda ise, ilişki diyagramı ile departmanların alan ihtiyaçları, Alan İlişki Diyagramının da birleştirilir. Burada, yerleşimde departmanlar arasındaki aynı ilişkilerin gösterimi aynen devam ettirilirken, alan ihtiyaçları da gösterilerek bloklar ölçeklendirilip, diyagramı çizilir. Aşağıda yukarıda verilen Aktivite İlişki Diyagramında ki örneğin Alan İlişki Diyagramı gösterilmiştir:



Şekil 1.8: Alan İlişki Diyagramı(Space Relationship Diagram)[16]

1.7.7 Alternatif düzenlerin oluşturulması

Son adımda ise, mevcut algoritma ve günümüzde kullandığımız Bilgisayar Destekli Tesis Düzenleme programları ile alternatif düzenler oluşturularak, bunlar arasından en uygun olanı final düzen olarak seçilip uygulamaya konulur. Kullanılan algoritma ve programlardan ileriki kısımlarda yer alan Bilgisayar Destekli Tesis Yerleşim Düzenlemesi kısmında bahsedilecektir.

BÖLÜM 2 TESİS DÜZENLEME PROBLEMİ ve SEZGİSEL YAKLAŞIMLAR

2.1 Tesis Düzenleme Problemi

Tesis düzenleme problemi, departmanların, hücrelerin veya makinelerin bir tesise veya bir ofis alanına yerleştirilmesi ve düzenlenmesi ile ilgilidir. Tesis düzenleme probleminin geometrik ve kombinatoriyal taraflarından dolayı çözülmesi zor bir problemidir. Bunun yanında, tesis düzenleme problemi, kantitatif ve kalitatif faktörlerin birleştirilmesi ile modeli kurulması ve analiz edilmesi zor bir problem haline gelmiştir.

Genellikle, tesis düzenleme probleminin kendi içinde daha küçük ayrı problemler haline getirip ayırarak, süreç ve sürecin analizinin basitleştirilmesi daima tercih edilmektedir. Bu, bir kaç alternatif düzen ile ilgili bir çok çalışmanın yapılmasıyla problemin büyüklüğü azaltılmış olur.

2.2. Niçin Düzenleme Problemi Zordur?

Daha önceden de belirttiğimiz üzere tesis düzenleme problemi geometrik ve kombinatoriyal tarafla sahip olmakla birlikte bu açılar birlikte ele alındığında problem zorlaşmaktadır. Bu durumu daha iyi anlamak için puzzle örneğini verirek. Bilindiği üzere puzzle da çok büyük miktarda parçalar söz konusu olduğunda puzzle birleştirmek büyük zaman alacaktır. Bu durumda puzzle çok fazla ip ucu vermediğinden ve parçaları bir araya getirmek zorunda olduğumuzdan problem daha da zor hale gelmektedir. Bu puzzle problemi tesis düzenleme probleminin sadece bir kısmını gözler önüne sermektedir. Burada parçalar departmanları temsil etmektedir ve puzzle çerçevesi ise buradaki departmanları içinde barındıran binayı temsil etmektedir. Bu puzzle problemi, tesis düzenleme problemlerinin diğer elementlerini de ilave ettiğimizde daha da karmaşık olacaktır. Örnek olarak, puzzle ortaya çıkarmada, boşluklara parçaların sığacak şekilde atanmasında birkaç farklı yol

olabilir. Bu noktada en iyi sonucu bulmayı arzu ederiz bu yüzden her bir mümkün yolu dikkate alıp hesaplamak zorundayız. Puzzle ı çözmek için gereken zaman tutarı daha da çok artacaktır. Tesis düzenleme problemi genellikle, belirli bir maliyete sahip her biri uygun düzenin sonuçlarından oluşan, malzeme taşıma maliyetinin minimizasyonunu kapsar.

Problem çok zor olduğundan ötürü sezgisel yaklaşımlar sık sık kullanılır. Tipik olarak problemin sadece bir kısım yönlerini hesaba katan ve bu sınırlı yorumların kullanılmasıyla, bir veya daha çok, yakın çözümler bulunur. Meydana gelen çözümler, kabul edilebilir ve en iyi sonucu veren çözümün oluşturulması ile ayarlanarak uygulanır.

2.3 Neden Sezgisel Metotlar?

Bu sorunun cevabını verebilmek için öncelikle sezgisel(herustic) kelimesini açıklamak gerekir. Sezgisellik(Herustic), deneyimler üzerine kurulu(bilimsel prensipler değil) kuralları, keşfederek veya icat ederek kullanmaktır.

Dünyanın en hızlı bilgisayarlarıyla, binlerce yıl süren problemlerin tüm olası çözümleri sırayla basit bir şekilde kontrol edilir. Diğer taraftan, klasik yaklaşımlar(Doğrusal, sayısal programlama... v.b..) bu gibi hallerde yeteri kadar etkili değildir. Bu gibi durumlarda:

Tavlama Benzetimi(Simulated Annealing)

Yapay Sinir Ağları

Liste Arama

Genetik algoritmalar

gibi sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır. KOP'un bütün geniş hacimli durumları, yukarda belirtilmiş olan bu dört sezgisel metot vasıtasıyla verimli olarak çözülebilmektedir. Bu çalışmada, özellikle son yıllarda adından sıkça bahsedilen Tavlama Benzetimi algoritması üzerinde durulacaktır.

Çok karmaşık problemler, tam doğru bir çözümün belirlenmesi için çok geniş miktardaki alternatiflerin değerlendirilmesini gerektirir. Sezgisel yaklaşımlar, mantıklı zaman sınırlamaları içinden çözümler bulmaya ve değerlendirilen alternatif miktarını düşürmeye doğru bir tavır sergileyerek KOP' lar da verimli bir rol oynamaktadır.

Tavlama benzetimi, Genetik Algoritmalar, Tabu Araştırması ve diğer sezgisel metotlar;

- Sürekli tekrar ederler ve çok yavaş bir şekilde bir noktada birleşebilirler.
- Bir alt optimal olan lokal bir minimumda takılıp saplanabilirler.
- Yaratıcılık gerektirir(arama yönlerini programlamak)
- Denemeler ve hatalar ile ayarlanan parametrelere ihtiyaç duyarlar

Bu tür sezgisel metotların kullanıldığı zor problemlere birkaç örnek verecek olursak[12]:

- Protein bağlama
- Robot hareketlerini Planlama
- Atölye Çizelgeleme
- Tesis Düzenleme
- Hücresel Networklar da kanal tahsisi

Sezgisel bir metodun kullanımının diğer birçok nedenleri vardır. Bunlar[3];

* KOP çözüm usulleri, sanki belirgin değilmiş görünümündedir. Bazen belirgin bir çözüm usulü, veri gereksiniminde gerçekçi olmayabilmekte veya usulün kullanımına engel olan bir hesaplama olabilmektedir; bununla birlikte belirgin ve tam doğruluğu bulunan bir çözüm bulunabilmektedir. Ayrıca; sezgisel bir metodu tamamlamak için ne kadar zaman ve kaynağa ihtiyaç duyuluyor ise, bunların

karşılanarak daha ileriye gidilebilecek elverişli bir algoritmanın geliştirilmesi gereklidir.

* Sezgisel metotlar, tasarımı vasıtasıyla metodu oluşturanın karar vermesi için sade bir yapıdadır. Sezgisel metotlar, amaçların kavranması için ve herhangi bir prosedürün parçası olarak kullanılabilir. Sezgisel metotlar, belirgin dal-sınır prosedürlerinde optimal bir çözüm üzerine bir sınırlama getirmek için mümkün bir başlangıç çözümü alınmasını ve strateji yayılması üzerinde bir karar verilmesini sağlar.

* En iddialı görüşlerden bazıları, gerçek dünya problemlerinin matematiksel formülasyonunu oluşturmada çoğunlukla bazı unsurları göz önünde bulundurmazlar. (Denemeler için amaçların, sınırların ve alternatiflerin ne olacağı, problem verilerinin nasıl tahmin edileceği ve nasıl bir araya getirileceği gibi). Tahmini modellerde kullanılan parametreler için zayıf kalitede olan veriler, bir sezgiselin alt optimalliğine göre daha geniş hatalara neden olabilmektedir.

* Sezgisellerin kullanımı için bütün bu tahmini nedenlere rağmen, bazı durumlarda bir problemin optimal çözümünün bulunmasında sezgisel yaklaşım faydasız olabilmektedir. Bu, söz konusu problemin stratejik veya taktik bir yapı içerip içermediğinin bir göstergesidir. Stratejik bir problem, titizlikle hazırlanmış, doğrulanabilir bir analiz için öncelikle mevcut olan eski bir kararı gerektirir. Taktik kararlar, yapısal olarak daha çok ikinci derece ve tekrarlı olan kararlardır ve erken yapılan hataların tam doğru olarak düzeltilmesini sağlayan uygun durum ve fırsatların belirlenmesini kapsayan kararlardır. Sezgisel metotlar, daha çok verimliliğinin yetersizliği kesinleşen metotlardaki karmaşık tanımlanan problemler için uygundur. Bu nedenle; sezgisel metotların yöneylem araştırmacılarına, karar analistlerine ve yöneticilerine gelişim sağlanması açısından büyük etkisi vardır.

* Sezgisel metotlar, işyeri uygulamaları ve diğer disiplinlerdeki pratikte yer alan geniş hacimli problemlerin çözümü için tasarlanmaktadır. Bir işyeri çevresinde hiçbir zaman en iyi kriter olan iş esaslarının kusursuzluğuna erişmek yolu ile işyeri

hakkında bir hükme varılamaz. İşyeri için en mükemmelliğe ulaşma, bir tartışma konusu değildir; ancak sezgisel yaklaşımlar ile mevcut durumlardan daha iyi işleyişler elde edilmeye çalışılmaktadır. Bu sebeple; optimizasyon araştırmalarında kompleks problemler için, kısmi optimalliği geçerek global optimalliğe en yakın çözümleri elde edebilen sezgisel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Optimizasyonun en önemli amacı, gelişmedir; ancak kompleks yapıdaki büyük hacimli problemler için optimalliği yakalamak çok hassas olup, ulaşılması çok güçtür ve optimallik araştırmalarında ancak optimal duruma en yakın durumların araştırmaları yapılabilmektedir.

* Günümüzde kullanılmakta olan mevcut metotlar, KOP'lar için sadece kısmi optimallikleri yakalayabilmekte, sezgisel yaklaşımlar ise bu kısmi optimalliklerden kurtularak global optimalliğe daha yakın olan çözümler elde edebilmektedir.[3]

2.4. Sezgisel Yaklaşımlar İçinde Tavlama Benzetiminin Yeri, Avantajları ve Dezavantajları

KOP'lar için sezgisel yaklaşımların kullanımı ile ulaşılan çözümlerin ve uygulanabilirlik alanlarının karşılaştırılmasında Tavlama Benzetimi ve Tabu Araştırması sezgisellerinin bu alanda en kapsamlı yaklaşımlar olduğu ortaya çıkmaktadır. TB ve TA yaklaşımlarının en iyi birleştirilebilir özellikleri araştırılmış ve melez algoritmalar geliştirilmiştir. Örneğin; De Werra&Hertz, sinirsel şebeke ağları ve TA arasındaki birleşme olarak tanımlanan bir karışım algoritmasını ileri sürmüşlerdir. Bununla birlikte; sinirsel şebeke ağları ve genetik algoritmaların her biri, sınırlı sayıda problem alanlarında başarılı olmuştur. Sezgisel yaklaşımların tatbikinde çoğunluk olarak ardışık bilgisayarlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımların paralel bilgisayarlar ile yürütülmesi, performanslarını önemli derecede artıracaktır.

Tavlama Benzetimi'nin diğer sezgisel yaklaşımlara göre avantajları şu şekilde belirtilebilir[12],

- TB, optimizasyon problemleri için genel bir metottur

- TB'nin performansı problem büyüklüğünden bağımsızdır.
- Problemlere göre optimal soğuma çizelgesi oluşturulur.
- Yakın bir optimal çözümün yeterli olduğu durumlarda, çoklu zaman soğuma çizelgesi oluşturulur.
- Maliyet fonksiyonunun global minimum değeri, daha az sayıda iterasyonla belirlenebilir.[4]

Tavlama Benzetimi'nin dezavantajları ise şöyledir;

- Maliyet fonksiyonu hesaplamalarının pahalı olduğu durumlarda uygun değildir.
- $1/\log k$ çizelgesi kullanımı ile ilerletilen TB iterasyonlarının ilerletilmesinde çok yavaştır.
- Enerji yapısının akıcı olduğu veya birkaç kısmi minimumluğun bulunduğu problemler için TB tatminkardır; ancak daha sade ve daha hızlı metotlar (Gradient metodu gibi) TB 'ye göre daha iyi işler. Genelde enerji yapısının ne olduğu bilinmez.
- Sezgisel metotlar, ister spesifik problemler olsun ister sistemselsel olarak ekstra bilişimin sağladığı avantajı olsun TB, bu tip durumlarda genel metotlardan çoğu kez daha iyi işler. TB'nin sık sık diğer sezgisel metotlar ile karşılaştırılması mümkündür.
- TB, bulunan çözümün optimal bir çözüm olup olmadığını belirlemez. Diğer bazı metotlar (dal-sınır algoritması gibi) optimal bir çözümün belirtilmesine ihtiyaç duyar. [5]

2.5 Tavlama Benzetimi, Genetik Algoritmalar, Tabu Araştırması ve Diğer Sezgisel Methodların Özellikleri

- Global(Genel) minimuma ulaştıklarını anlayamazlar
- Genel minimumu garanti edemezler
- Çoğu zaman direkt çalışırlar(bir noktada takılıp kalmadan)
- Programlaması kolaydır
- Bir çok farkı şekilde, bir çok farklı probleme uygulanabilirler

- Problemin anlaşılmasında sezgileriniz kullanırlar
- Deneme ve hata parametrelerinin ayarlanmasına ihtiyaç duyarlar
- CPU çevriminin çoğunu kullanırlar



BÖLÜM 3 TAVLAMA BENZETİMİ

3.1 Giriş

Tavlama Benzetimi günümüzde kombinatoriyal optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan bir tür metoddur. Bir çok endüstri ve teknoloji alanında karışık optimizasyon problemlerinin çözümü, ürün kalitesini ve verimliliği attırmaktadır. Kombinatorial optimizasyon probleminin amacı, çok geniş miktardaki mümkün çözümlerin dışında en iyi çözümü araştırmaktır. Normalde, en iyi çözüm yüksek faydayı yada en düşük maliyeti sağlayan çözümdür.

Tavlama Benzetimi (TB), istatistiksel mekanizmalardan alınan düşüncelerin kullanılmasıyla kombinatoriyal optimizasyon problemlerinin çözümü için son yıllarda kullanılan yeni bir sezgisel metod algoritmasıdır. Tavlama Benzetiminin başlıca uygulandığı bazı konular şunlardır:

- Tesis düzenleme problemleri,
- Gezgin satıcı adam problemleri,
- İş çizelgeleme problemleri,
- İstatistiksel problemler,
- Optimizasyon problemleri,
- Planlama problemleri,
- Üretim ve imalat problemleri,
- Araç rotalama problemleri,
- Atama problemleri,
- Yapay sinir ağlar problemleri,
- Envanter problemleri,
- Yöneylem araştırması problemleri vb.

3.2 Tavlama Benzetimi Algoritmasının Yapısı

Tavlama Benzetimi (TB) metastrateji sezgisel algoritmasının kökeni, istatistiksel kavramlardır. Bu algoritmayla ilk olarak Kirkpatrick ile Cemy ilgilenmiştir. Onlar,

kombinatoriyal optimizasyon problemlerini (KOP) çözmek için, problem ile katıların tavlama prosesi arasındaki bir benzerliğe dayanarak bir TB algoritması sunmuşlardır. Metastrateji ve kombinatoriyal optimizasyon kavranılan aşağıda daha geniş bir şekilde açıklanacaktır. Bu bağlamda, yoğunlaşan maddenin fiziğinde tavlama; ısı yolu sıcaklığının yüksek bir değere ulaşması ile eriyen bir katının (kristalin) bir işlemidir. Burada kristalin bütün molekülleri, sıvı fazda kendilerini rastgele düzenler. Eriyen kristalin sıcaklığı, donana kadar düşürülür. Eğer soğumada dış sıcaklık hızlı bir şekilde sifıra doğru düşüyorsa ve her sıcaklık değeri için denge sıcaklığına ulaşılmasına izin verilmiyorsa, kristal yapı yaygın düzensizliklere ve hatalara kilitlenebilir. Bu olay hızlı söndürme olarak tanımlanır ki durağan bir yapıdaki sonuçtur.

Bu benzerlikten hareketle, katı maddenin durumu bir kombinatoriyal optimizasyon probleminin mümkün çözümüne karşılık gelir; durumların (katı, sıvı, gaz) enerjisi, çözümlerin amaç fonksiyonuna karşılık gelir; en düşük enerji de optimum çözüme karşılık gelir. Hızlı söndürmeye, çok yüksekten azalma yolu ile yerel optimizasyona benzer bir işlem olarak bakılabilir. Böylece yerel optimizasyonda, artan hareketler engellenir ve algoritma yerel bir minimum olur. Kristaller pratikte büyüdüğünde, bu kötü bir yerel optimumdur ve dikkatli bir tavlama işlemi ile bu durumdan sakınılır. Bu işlemde seviyelerin her sırasında sıcaklık yavaşça düşürülür. Sıcaklık dengesine ulaşana kadar kristal erir.

(a) Sıcaklık düzenli bir şekilde adım adım düşürülür, iterasyon sayısı, düşürülen sıcaklıktan önce belirlenir.

(b) Sıcaklık düzenli olarak düşürülmeye devam edilir, her iterasyonda sıcaklık yenilenir.

(c) Sıcaklık düzensiz olarak düşürülür, her sıcaklıkta zaman zaman artan her iterasyondan sonra sıcaklık düşürülür.

3.3 Kombinatoriyal Optimizasyon ve Metastrateji Kavramları

Tavlama Benzetiminin, bir kombinatoriyal optimizasyon tekniği olduğunu yukarıda belirtmiştik. Bu nedenle kombinatoriyal optimizasyonun tanımını yapmak daha iyi olacaktır. Kombinatoriyal optimizasyon, kesikli fonksiyonların en optimal bir biçimde düzenlenmesi, gruplanması, sıralanması ve seçilmesi için bulunan matematiksel bir uygulamadır[1].

Tipik kombinatoriyal optimizasyon problemleri şunlardır: Verilen pozisyonlarda binaların optimal yerleşimi, müşterilerin en iyi şekilde gruplanması, tezgahlardaki işlerin optimal şekilde sıralanması, işlerin ilgili yerlere optimal bir şekilde atanması, yatırım imkanlarının optimalinin seçilmesi. Kombinatoriyal optimizasyonun önemli referansları, Lawler, Papadimitriou & Steiglitz , Nemhauser & Wolsey ' dir. KOP' nin bir örneği, mümkün çözümlerin sınırlı bir kümesinin dolaylı bir tanımlanmasında görülebilir. Bir amaç fonksiyonuna bu çözümlerden her biri için bir değer atanır. Optimal çözüm bu mümkün değerlerin minimumudur (veya maksimumudur). KOP' ler çok iyi tanımlanırlarsa, mümkün çözümler boş küme olmadığı müddetçe daima optimal bir çözüm vardır. Bu problemlerin pek çoğunda optimal çözüm bulmak çok zordur. Bu nedenle bu problemlerde yaklaşık (sezgisel) algoritmalar önemlidir. Bundan dolayı büyük boyutlu problemlerde hesaplama zamanı arasında uygun bir yaklaşık optimal çözüm sağlanabilir.

Kombinatoriyal kelimesinin yerine bazen kesikli sözcüğü, optimizasyon kelimesinin yerine de programlama sözcüğü kullanılır. Bir KOP, mümkün çözümlerin bir kombinatoriyal (veya kesikli) kümesi üzerindeki bir amaç fonksiyonunun minimum (veya maksimum) bulmak için sorulur.

Normal olarak, KOP' ni tanımlamak kolay, fakat çözmek zordur. Buna geçtiğimiz on beş yılda "Karmaşık Hesaplama " teorisinin gelişimi, bu ve diğer KOP' nin zorluğuna ilginç bir anlayış getirdi. Bu teori, zor veya kolaylığa göre sınıflanan problemler ve değerlendirilen algoritmalar için özenle sağlanan metodlara katkıda bulundu.

Yukarıda TB metodunun bir metastrateji sezgisel algoritması olduğunu belirtmiştik. Metastrateji sezgisel algoritması, yaklaşık çözümler için bir bilgisayar metodudur. Zor, büyük ve karmaşık KOP' nin optimal çözümlerini en etkili bilgisayar kullanılsa bile hesaplama zamanı gerçekçi olarak bulunmayabilir. Böyle bir algoritma, performansları arttırmak için farklı hareket ve organizasyonu çalıştırmada etkili olan yerel tarama metodu gibi alt bir tarama ile organize edilir ve yönetilir.

Geliştirilmiş bu sezgisel metodlarla elde edilen yerel optimum sonuçlar, arama mekanizmalarına ve mümkün çözümlere oldukça bağlıdır. Bu yerel optimum genellikle düşük kalitededir. Metastrateji yenilikçi yaklaşımlar, bu zayıf yerel optimumlarda yanlış sonuçlardan sakınmak için geliştirilir. Bu yaklaşımlarda, yerel minimum bir sonuçtan sonra yerel taramaya devam ederek, global bir minimum ortaya çıkarılabilir. Bundan sonra yerel tarama tekniklerinin versiyonları artırılarak işleme devam edilebilir. Bu yaklaşımlar, aynı zamanda yeni problem alanlarına uygulandığında yaklaşık optimal çözümlerin şansını artırır. Bu algoritmalar son zamanlarda geliştirilen bazı sezgisel metodlar şunlardır:

1. Tavlama Benzetimi
2. Yapay Sinir Ağları
3. Liste Arama (Tabu Search)
4. Genetik algoritmalar

Bu tezde metastrateji sezgisel algoritmalarından Tavlama Benzetimi konusunu ele alınmıştır.

3.4 Kombinatoriyal Optimizasyon Problemlerinde Tavlama Benzetimi Metodunun Performansı

Tavlama Benzetimi metodu 1983'den itibaren literatüre girmesiyle, birçok zor kombinatoriyal optimizasyon probleminde ve çeşitli alanlarda uygulandı. Kombinatoriyal optimizasyon problemine, Tavlama Benzetimi metodunun son yıllarda uygulandığı alanlar olarak, Akış Tipi Üretim Çizelgeleme Problemi çalışmaları, Kapasite Gruplama Problemleri (CCP) çalışmaları, Genel Atama Problemleri (GAP) ve Araç Rotalama

Problemlerini (VRP) sayabiliriz. Tavlama Benzetimi metodunun teoride ve uygulamadaki başlıca kitap ve incelemeleri, Van Laarhoven, Collins, Aarts , Johnson ve Egglese sayılabilir.

3.5 Tavlama Benzetimi Metodunun İşleyişi

Önceki tanımlamalarda da belirtildiği gibi bütün Tavlama Benzetimi terminolojisi ve onun istatistiksel kavramlarla benzerliğinden hareketle TB, geliştirilmiş tekrar edilen bir gelişim algoritması olarak görülebilir. TB algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir[1]:

ADIM 1 : Başlangıç bir rassal veya sezgisel bir S çözümü oluşturulur. T sıcaklığı için bir başlangıç T_s sıcaklığı ve diğer genel parametreler oluşturulur.

ADIM 2 : S' e $N_y(S)$ olmak üzere bir S' çözümü seçilir. $\Delta = C(S') - C(S)$ amaç değerlerinin farkları hesaplanır. Burada S' bir çözüm seti ve $N_y(S)$ 'de çözüm uzayıdır.

ADIM 3 : Eğer, S' , S ($\Delta < 0$) dan daha iyi veya S' , S den daha kötü, fakat şimdiki sıcaklık da rassal işlem tarafından kabul edilebilir , yani $e^{-\Delta/T} > \Phi$ ($0 < \Phi < 1$) ise seçilir ve S' , S nin yerini alır.

Değilse ; Geçerli çözüm hala S dir.

ADIM 4 : Bir kurallar kümesine bağlı olarak T sıcaklığı yemlendiğinde şunları içerir:

- (i) Soğuma çizelgesi kullanılır,
- (ii) Yukarıdaki üç adımda gelişme olup olmadığına bakılır,
- (iii) $N_y(S)$ ' de yakın bir çözüm olup olmadığı bütünüyle araştırılır.

ADIM 5 : Eğer "Durdurma Testi" başarılı ise işlem durdurulur, değilse ADIM 2 ye gidilir.

3.6 Problemin Parametreleri

3.6.1 Çözüm uzayı

Çözüm uzayı, her bir noktasında tanımlayıcı bir rakam atanmış $k \times k$ lik bir matrisden oluşur. Çözüm süreci boyunca k departman k^2 lik toplam pozüsyonun yalnızca k adetlik kısmını işgal eder. Bununla beraber, sistemin fiziksel ihtiyaçları tarafından bir yerleşim düzenine gerek duyulsa da, bu çözüm uzayı, marjinal bir durum olan bir doğru boyunca bir tesis yerleşimini de yer verebilir. Kullanıcı ayrıca en az k pozisyondan oluşan, en küçük ölçüde bir çözüm uzayını da tanımlayabilir. Böylece, mümkün pozisyonlar arasındaki uzaklıklar ve çözüm uzayının tanımlanmasıyla, tekli, çiftli veya çok sıralı doğrusal, dairesel gibi hücreler arası herhangi bir tipteki bir yerleştirme düzenine hitab edilebilir[10].

3.6.2 Şekil değişimleri

Sistemin şeklini değiştirmek için 2 farklı hareket dikkate alınır:

1. Bir departmanın mevcut pozisyonundan, önceden işgal edilmemiş diğer bir pozisyona yapılan bir hareket,
2. İki departmanın kendi aralarında yaptığı bir “değişim” hareketi.

Buradaki her iki hareket de içlerinden en az bir tanesinin içinde bir departman olan iki pozisyon arasındaki değişimleri kapsar. İki pozisyondan daha çok değişimlerin ele alınması, metodun karmaşıklığını artırıp, zorlaştırıp ve çözüm uzayının gelişimi sürecinde herhangi bir avantaj sağlamasa da, ayrıca ele alınabilir. Mantıklı çiftlerin uygun bir değişim kombinasyonu ile bu gibi bir değişim, başarıyla sonuçlandırılabilir.

3.6.3 Tavlama Çizelgesi

Tavlama Çizelgesi, bir başlangıç sıcaklığı t ile sistemin sıcaklığının değişimini yöneten denklem veya denklemler den ibarettir. Başlangıç sıcaklığı, hemen hemen tüm biçimsel değişimleri ele alacak kadar büyük olmak zorundadır. En basit sıcaklık değişim çizelgesi, sabit pozitif bir çarpan(TFACTOR) ile ilgili değeri çarpmaktır.

3.6.4 Şekil değişimi kabul kriteri

Şekil değişimlerinin kabulünü veya reddini yönetmek için Metropolis Kriteri seçilir. Aşağıdaki durumları hesaba katar:

1. Eğer, amaç fonksiyonunda net bir azalma ile sonuçlanan bir şekil değişimi olursa bu değişim kabul edilir.
2. Eğer, şekil değişimi amaç fonksiyonunda bir artışa sebep olursa, $e^{-\Delta E/t}$ şeklinde bir olasılık ile bu düzen kabul edilir. Burada ΔE amaç fonksiyonundaki değişimi temsil eder ve t ise sürece uygun bir aşamadaki sistemin sıcaklığını temsil eder. Uygulamalarda, eğer randomize bir şekilde 0 ile 1 arasında üretilen bir rakam, $e^{-\Delta E/t}$ değerinden küçük ise şekil değişimi kabul edilir[10].

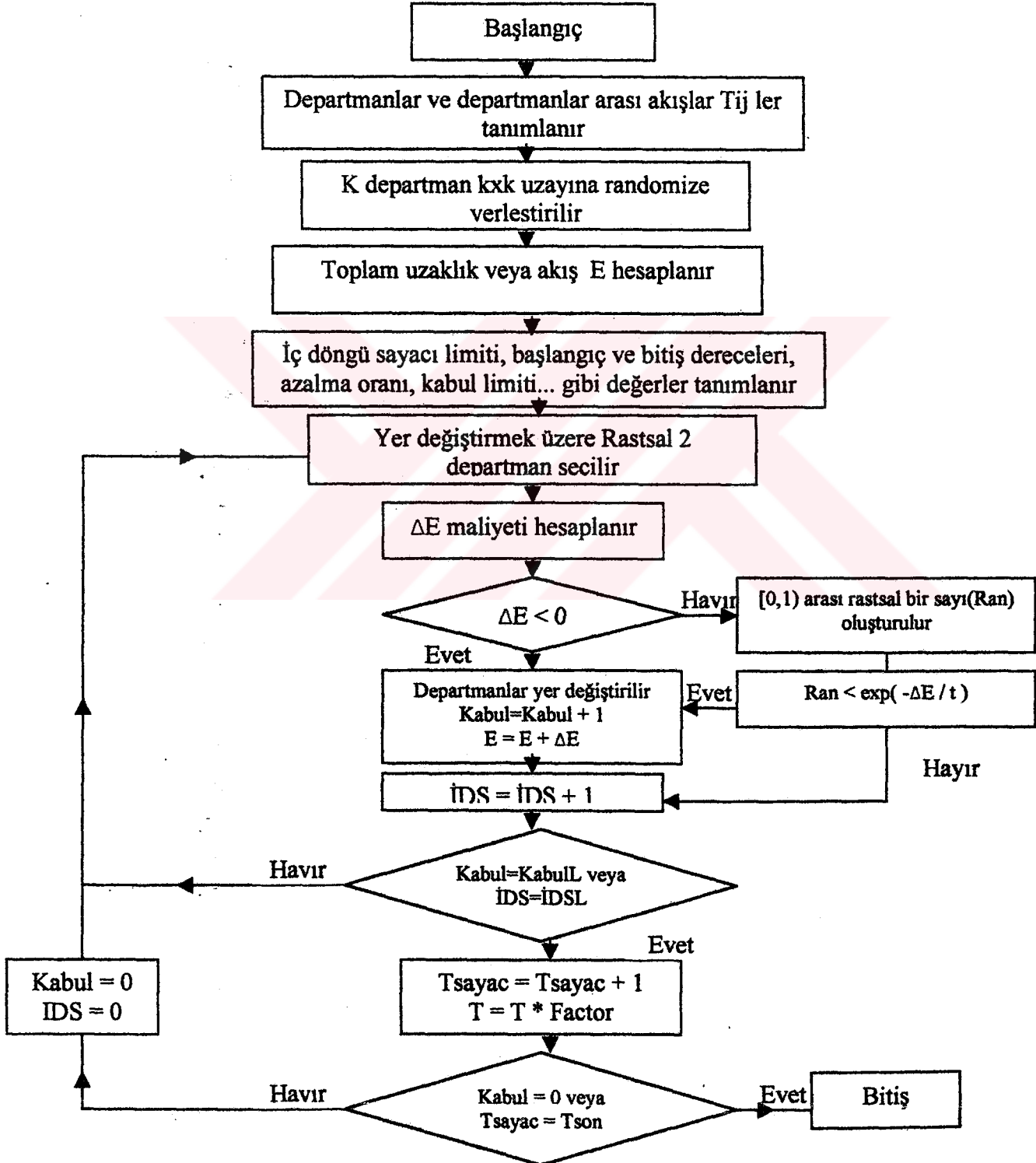
3.7 Tesis Yerleşim Düzenlemesinde Tavlama Benzetimi Algoritmasının Kullanımı

Aşağıda, Tesis Yerleşim Düzenlemesinde Tavlama Benzetimi algoritmasının kullanımı ile ilgili örnek bir aşamalar zinciri gösterilmiştir.

- **ADIM 1 :** k departman için birbirleri arasında akışlar belirlenir T_{ij} ($ij : 1,2,...,k$)
- **ADIM 2 :** En düşük $k \times k$ olmak şartı ile oluşturulan bir çözüm alanı üzerine departmanlar rastsal bir şekilde yerleştirilir.
- **ADIM 3 :** Oluşturulan bu başlangıç çözüm için toplam uzaklık değeri veya akış(E) hesaplanır.
- **ADIM 4 :** Başlangıç ve bitiş T dereceleri başta olmak üzere, her bir iterasyondaki döngü tekrar sayısı, derece azalma oranı gibi değerler belirlenir.
- **ADIM 5 :** Rastsal bir şekilde 2 departman seçilir ve bunlar yer değiştirilir.
- **ADIM 6 :** Oluşturulan bu yeni düzenin maliyeti(E') ve bir önceki düzene göre arasındaki $\Delta E(E' - E = \Delta E)$ maliyet farkı hesaplanır. Eğer $E' < E$ veya $\exp(-\Delta E / T) > [0,1)$ ise departmanlar yer değiştirilir ve yeni düzen olarak kabul edilir, aksi durumda düzen red edilir. İç döngü sayacı artırılır.
- **ADIM 7 :** İç döngü sayısı(IDS) limite ulaştığında(IDS_L) veya kabul edilen yerleşim sayısı(Kabul) belli bir limite sınırlandırılmış ve bu limite ulaşılmışsa(KabulL), Adım 8 e, değilse Adım5 e dönlür.
- **ADIM 8:** T derecesi belli oranda(Factor) azaltılır varsa T sayacı(Tsayac) artırılır. Eğer T sayacı limite(T_{son}) ulaşırsa yada kabul limitine ulaşılmışsa çözüm

dondurulur. Aksi durumda, iç döngü sayacı ve varsa kabul edilen yerleşim sayacı 0 lanır ve Adım 5 e tekrar dönülür.

Aşağıda, Şekil 3.1 de temsili bir Akış Şeması gösterilmektedir.(MİNİS ve diğerleri, 1990)



Şekil 3.1 : Örnek Tesis Düzenleme ve Yerleştirme ile İlgili Tavlama Benzetimi Algoritması Akış Şeması[10]

BÖLÜM 4 BİLGİSAYAR DESTEKLİ TESİS DÜZENLEME

4.1 Giriş

Bilgisayarlar tesis düzenlerinin oluşturulmasını kolaylaştırmada yararlıdırlar. Bilgisayar uygulamalarında kullanılabilmek üzere çeşitli düzenleme algoritmaları ve modeller vardır. Her ne kadar bilgisayarlar, insan kararlarının ve deneyimlerinin yerini alamasa da, bilgisayar destekli düzenleme algoritmaları, final çözümün kalitesini ve yerleşim planlayıcısının verimliliğini önemli ölçüde arttırabilmektedir. Burada sunulan algoritmalar, geliştirilen algoritmaların sadece bir kısmını temsil etmektedirler.

4.2 Algoritmaların Sınıflandırılması

Düzenleme algoritmalarının sınıflandırılması birkaç farklı şekilde olabilmektedir:

- Girdi bilgilerinin tipine göre
- Amaç fonksiyonuna göre
- Yapısına göre
- Birincil fonksiyonuna göre

4.2.1 Girdi bilgilerinin tipine göre

Bir çok algoritma ihtiyaç duydukları girdi bilgilerinin tipine göre sınıflandırılabilirler. Bazısı yalnızca, kalitatif akış bilgilerini kabul ederken, diğerleri kantitatif akış bilgilerini kabul eder, bir kısmı ise hem kalitatif hem de kantitatif bilgilere ihtiyaç duyar. Bununla beraber, hazırlanması daha çok zaman ve efor gerektiren kantitatif bilgileri kullanan algoritmalar, tamamlandıklarında parça akışları üzerine daha çok bilgi sağlarlar ve bu yüzden tercih edilirler. Girdi bilgilerinin tipleri aşağıdaki gibi listelenmiştir:

- Kalitatif
- Kantitatif
- Hem kalitatif hem de kantitatif

4.2.1.1 Kalitatif

Bir REL şemada verilen bilgi kalitatif bilgidir. Aşağıda listesi verilen bir kısım algoritmalar bu bilgiye ihtiyaç duyarlar:

- ALDEP
- CORELAP

4.2.1.2 Kantitatif

Kantitatif bilgi, den-dan şemasında verilen bilgidir. Aşağıda bu bilgi türüne ihtiyaç duyan bir kısım algoritmaların listesi görülmektedir:

- MULTIPLE
- CRAFT
- LOGIC

4.2.1.3 Kantitatif ve kalitatif

Bir kısım algoritmalar ise hem REL şemadaki, hem de bir den-dan şemasındaki bilgileri kabul eder. Bununla beraber, bir defada bu iki şemadan yalnızca biri kullanılabilmektedir. Asla her ikisinin bir kombinasyonu kullanılmaz. Aşağıda bu bilgi türünü kabul eden algoritmaların bir listesi verilmiştir:

- BLOCPLAN

4.2.2 Amaç fonksiyonuna göre

İki temel amaç fonksiyonu vardır. Bunlardan biri, “uzaklık tabanlı” amaç fonksiyonudur ve toplam akış miktarının minimizasyonunu hedefler. İkinci amaç fonksiyonu ise, “yakınlık tabanlı” amaç fonksiyonudur ve yakınlık miktarını çoklamayı hedefler. Yakınlık tabanlı fonksiyon REL şema için daha çok uygun iken, uzaklık tabanlı fonksiyon ise girdi bilgisi den-dan şemasından alındığında daha çok uygundur.

Uzaklık tabanlı algoritmalar aşağıdaki gibidir:

- MULTIPLE
- CRAFT
- LOGIC

Yakınlık tabanlı algoritmalar ise şunlardır:

- ALDEP
- CORELAP

4.2.3 Format

Yerleşim düzenlerin gösteriminde iki tip temel format kullanılır. Bir çok algoritma KESİKLİ gösterimi kullanılır iken, diğerleri ise SÜREKLİ gösterimi kullanır.

4.2.4 Birincil fonksiyon

Bilgisayar tabanlı düzenleme algoritmaları birincil fonksiyonlarına göre sınıflandırılabilirler.

- Yapı tabanlı
- Gelişme tabanlı

- Hem Yapı hem gelişme tabanlı

4.2.4.1 Yapı tabanlı

Yapı algoritmaları, yeni bir seçim ile başlar ve ilerleyerek geliştirir. Aşağıda bu tip prosedürü kullanan algoritmaların bir kısmı görülmektedir:

- ALDEP
- COELAP

4.2.4.2 Gelişme tabanlı

Gelişme tabanlı algoritmalar, bir başlangıç düzeni ile başlar ve başından sonuna kadar değişimleri arttırarak geliştirmeye çalışır. Aşağıda bu prosedür tipini kullanan algoritmaların bir kısmının listesi verilmektedir:

- CRAFT
- MULTIPLE

4.2.4.3 Hem yapı hem gelişme tabanlı

Bir kısım algoritmalar ise hem yapı tabanlı hem de gelişme tabanlı da kullanılabilirler. Aşağıda bu algoritmaların bir kısmının listesi verilmiştir.

- BLOCPLAN
- LOGIC

4.3 Düzenleme Algoritmaları

Çeşitli bilgisayar destekli düzenleme algoritmalarında kullanılan yaygın modelleme teknikleri ve metodlar aşağıdaki gibidir:

- CRAFT
- ALDEP
- CORELAP
- BLOCPLAN

- LOGİC
- MULTİPLE

4.3.1 Craft

Bilgisayarlı Binaların Yerleştirilmesi Tekniği şeklinde de ifade edilen CRAFT, 1963 YILINDA Armour, Buffa ve Vollman tarafından geliştirilen oldukça eski bir yöntemdir. CRAFT, uzaklık tabanlı bir amaç fonksiyonu içerisinde nakliye giderlerini minimize etmeye çalışır. Bu ve diğer geliştirme teknikleri sayısal değerlere ihtiyaç duyarlar:

- (1) den-dan şemaları,
- (2) taşıma maliyetleri,
- (3) başlangıç düzeni.

Şekil 4.1 'de örnek bir CRAFT düzeni gösterilmiştir. CRAFT, aşağıdaki biçimde çalışır:

- Her bir departmanın merkezleri belirlenir ve her bir merkez arasında uzaklıklar hesaplanır. Ardından bu değerler matrislere yerleştirilir.
- İlgili düzen için, toplam taşıma maliyetini belirlemek için, uzaklıklar ile akış ve maliyet matrisleri çarpılır.
- Her bir birbirini izleyen departman için, diğer departmanlar ile tüm mümkün değişiklikler ile algoritma tarafından tespit edilir. Bir değişikliğin hesaplanabilmesi için, 2 departman ya aynı sınırı paylaşmalı yada eşit alanlara sahip olmaları gerekmektedir. 2 li veya 3 lü değişikliklerde hesaplanabilir.

- Tüm değişikliklerin maliyet indirimleri(değişiklikleri), en büyük maliyet indiriminin tespit edilebilmesi için tespit edilir. Yeni bir düzen için uygun departmanlar değiştirilir.
- Tüm süreç değiştirilen departmanlar ile oluşan yeni düzenler şeklinde tekrarlanır. Usul, maliyet indirimi oluşturan departman kalmadığında biter.

A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	G	G	G	G	G	G	G	G
A									A	G							G
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	G	G	G					G
C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	F	F	G	G	G	G	G	G
C		C	C	B					B	F	F	F	F	F	F	F	F
C			C	B	B	B	B	B	B	F	F	F	F	F	F		F
C	C	C	C	B	D	D	D	D	E	E	E	E	E	E	F		F
D	D	D	D	D	D			D	E					E	F		F
D							D	D	E	E	E	E	E	E	F		F
D	D	D	D	D	D	D	D	H	H	H	H	H	E	E	F	F	F

Şekil 4.1 Örnek CRAFT yerleşim düzeni

Craft, mevcut bir düzeni geliştirmek veya herhangi bir metot ile bulunan bir düzeni geliştirmek için kullanılan bir düzeltme(geliştirme) prosedürüdür.

Craft, bir başlangıç düzenine ve maliyet ve akış bilgilerine ihtiyaç duyar. Maliyet ve akış bilgileri den-dan matrisleri formundadır. Başlangıç düzeni aşağıda gösterildiği üzere, departmanları kareler halinde, noktalamış bir şekildedir:

A	A	E	E	E	E
A	A	E	E	E	E
C	D	D	D	D	F
C	D	D	D	D	F
C	B	B	B	G	F
C	B	B	B	G	F

Şekil 4.2 Örnek CRAFT başlangıç düzeni

Craft, departmanların bölgelerinin değiştirilmesi sayesinde, verilen düzeni geliştirmeye çalışır. Bu metot 2 li ve 3 lü değişikliklere kadar izin veren bir metottur. 2 li değişikliklerde 2 departmanın yeri, diğer herhangi bir departmanın yerini etkilemeksizin değiştirilir. Benzer şekilde 3 lü değişikliklerde ise departman 1,

departman 2 nin yerine taşınır, departman 2 ise departman 3 ün yerine taşınır, departman 3 de, departman 1 in yerine taşınır.

4.3.1.1 Craft 'da yer değiştirmelerin değerlendirilmesi

Değiştirmeler yalnız iki şekilde mümkün olmaktadır:

- a) Departmanlar aynı büyüklükte alanlara sahip olurlar ise veya
- b) Departmanlar ortak(genel) bir sınırı paylaşırlar ise mümkündür.

Örneğin, aşağıdaki Şekil 4.3 ü incelersek: Şekil 2 de görüldüğü üzere 6 departman mevcuttur. Departman A, komşu olmaları nedeniyle ancak, B, C, D ve F departmanları ile yer değiştirebilir.

Benzer şekilde, departman C, departman A ve departman D ile yer değiştirebilir bununla birlikte departman B ve departman F ile de, aynı ölçülerde olmalarından dolayı yer değiştirebilir. Fakat departman A, kati suretle departman E ile yer değiştiremez. Çünkü 2 kuraldan hiçbirine uymamaktadır. Ne A ile E departmanları komşudurlar, nede aynı ölçülerdedirler. Bu yüzden yer değişimi yapamazlar.

A	A	A	A	A	A	C	C	C	C
A	A	A	A	A	A	C	C	C	C
A	A	A	A	A	A	C	C	C	C
A	A	A	A	A	A	D	D	D	D
A	A	A	A	A	A	D	D	D	D
B	B	B	F	F	F	D	D	D	D
B	B	B	F	F	F	D	D	D	D
B	B	B	F	F	F	D	D	D	D
B	B	B	F	F	F	D	D	D	D
E	E	E	E	E	E	D	D	D	D

Şekil 4.3 CRAFT başlangıç düzeni

Yapılacak olan olası bir yer değiştirme, Şekil 4.4 de görüldüğü gibidir. Birbiriyle komşu olan A departmanı ile C departmanının yer değişimini gösterecek olursak:

C	C	C	C	A	A	A	A	A	A
C	C	C	C	A	A	A	A	A	A
C	C	C	C	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	D	D	D	D
A	A	A	A	A	A	D	D	D	D
B	B	B	F	F	F	D	D	D	D
B	B	B	F	F	F	D	D	D	D
B	B	B	F	F	F	D	D	D	D
B	B	B	F	F	F	D	D	D	D
E	E	E	E	E	E	D	D	D	D

Şekil 4.4 Departman A ve C nin Yer değıştirmesi sonrası yeni yerleşim düzeni

4.3.1.2 Craft 'ın yorumu

- Değişiklikten sonra, maliyet azalımı olmayabilir.
- Eşit ölçüde olmayan ve bitişik olmayan departmanlar, değıştirmelerde hesaba katılmaz.
- Tuhaf şekilli departmanlar, yeniden şekillendirilir.
- Bazen, düşük maliyetli ama kabul edilemez düzenler ortaya çıkabilir.
- Önceden kararlaştırılmış yeri değıştirilemez, sabit departmanlar ile önemsiz departmanlar ayrı tutulur.

4.3.2 Logic(Layout Optimization with Guillotine Induced Cuts)

4.3.2.1 Giriş

LOGİC hem yapı algoritması olarak hemde bir gelişim algoritması olarak kullanılabilmektedir. Biz ilk önce bu algoritmanın yapı tarafını inceleyeceğiz. Logic,

küçük, daha küçük parçalara, başarılı dilimlere ayırmayı gerçekleştirerek, yapının bölünmesine dayanır. Logic, Kar Yan Tam tarafından geliştirilmiştir. Logic hücresel imalat üzerine kuruludur. Hücresel düzenleme problemi 2 farklı probleme dayanır.

- Makinelerin düzenlenmesi
- Planda zemin üzerine hücrelerin düzenlenmesi

Craft, ilk düzenleme modeli, komşu durumdaki departmanların ve eşit alana sahip departmanların yer değişimine izin verir. Logic de, hücresel arası trafiğin hesaplanması, hücrelerin biçimi ve ölçüsünü ve zemin üzerindeki herhangi bir alanın işgal edilmesi dikkate alır. Genel amaç, çeşitli geometrik kısıtları yerine getirip aynı zamanda hücresel arasındaki akışın ağırlığını minimize eden bir yerleşim düzenini bulmaktır.

4.3.2.2 Problemin formülasyonu

Diğer sistemler verilen bir makine konfigrasyonuna ve malzeme taşıma sistemi üzerine dayanıyordu. Diğer taraftan Logic ise kendi arama mekanizmasını kullanması sayesinde tüm mümkün yerleşim düzenleri uzayını araştırır.

Logic'e göre bir yerleşim düzeni, dilimlenmiş bir binanın düzenlenmesini gerektirir. Bu durum, dikdörtgen bir bloğun tekrarlı bir şekilde bölünmesi sayesinde yapılır. Dilimlenmiş binada ki her bir dikdörtgensel bölge, boş alana bir imalat hücresi tahsisi sağlanacak şekilde uygundur. Diğer bir benzer gösterim ise dilimlenmiş ağaçtır. Bu, dilimlenmiş binanın bir binary ağaç şeklinde gösterilmesidir.

Tüm yerleşim düzenlerinden oluşan çözüm uzayı, verilen, bir dilimlere ayrılmış, bir ağacın dilimlerinin yeniden düzenlenmesi sayesinde oluşturulabilen, tüm dilimlenmiş ağaçlardan oluşan bir küme gibi tanımlanır.

Logic bu yüzden, imalat hücrelerinin boş alanlara tahsisi için kullanılan bir prosedürdür. Bu metot, boş alan ihtiyacını optimize etmek için dilimlenmiş yapılar gibi farklı teknikleri kullanır.

4.3.3 BLOCPLAN

BLOCPLAN, Donaghey ve Pire tarafından geliştirildi ve diğer bir çok algoritmadan farklıdır. BLOCPLAN 'da, departmanlar bir band içine dizilirler. Girdi bilgileri bir REL şemadan veya bir Den-Dan şemasının her ikisinden de elde edilebilir. Bu da hem kalitatif, hem de kantitatif bilginin girilebileceği anlamına gelmektedir. Düzenlerin maliyeti iki yol ile ölçülebilir. Uzaklık tabanlı veya yakınlık tabanlı amaç fonksiyonlarından biri kullanılabilir. Uzaklık tabanlı amaç fonksiyonunda basit olarak ürünün Akış * Maliyet * Uzaklık çarpımlarının toplamının minimizasyonu istenir. Yakınlık tabanlı amaç fonksiyonunda ise düzendeki bitişik departmanlar arasındaki tüm akış değerlerinin toplamının maksimizasyonunu hedefler. Eğer iki departman bir birine bitişik ise akış "1" değeri ile çarpılır, değilse "0" değeri ile çarpılır. BLOCPLAN ile ilgili birkaç noktayı daha ifade edecek olursak; band sayısı 2 veya 3 ile sınırlıdır ve tüm departmanlar dikdörtgen biçimindedir.

4.3.4 MULTİPLE(MULTİ-floor Plant Layout Evaluation)

MULTİPLE, çok katlı(multi-floor) tesisler için orijinal olarak geliştirilmiştir. Bozer, Meller ve Erlebacher tarafından geliştirilmiştir. Bununla beraber, kat sayısının 0 a yaklaştırılması ile tek katlı(single floor) tesisler içinde bu metot sıklıkla kullanılmaktadır.

MULTİPLE, gelişim tipli bir tür yerleşim düzenidir. CRAFT a benzer, çünkü akış için gerekli olan girdi bilgilerini den-dan şemasını kullanarak sağlar. Bununla beraber, CRAFT metoduna göre bir takım farklılıklar gösterir çünkü departmanlar dikdörtgen şekli ile sınırlandırılmamıştır ve yerleşim düzeni keskin bir tarzda gösterilir. CRAFT ile MULTİPLE arasındaki temel farklılık; departmanların bitişik olup olmamasına bağlı kalmadan yer değiştirebilmeleridir.

MULTİPLE, Alan-Eğri Dolgusu"Space-filling curves"(SFC) yi kullanarak bu departmansal değişimi başarmaktadır. MULTİPLE alan eğri dolgusu, herhangi iki departmanın yer değiştirildiğinde yeni bir düzenin yeniden oluşturulmasında kullanılır. SFC böylece bölmeleri birbirine bağlar. Böylece, iki boyutlu bir yerleşim düzeninin içine tek boyutlu bir vektörün haritasını çıkarır. MULTİPLE aynı zaman

da, sabitlenmiş veya diğer engellerin bu tür belirli departmanların tümünün dikkate alınmaması ile departmanların değiştirilmesinden sakınır. Optimal bir yerleşim düzeni olana kadar SPC yi kullanır.

MULTIPLE ayrıca iyi bir yapı algoritması olarak da kullanılabilir. Bir başlangıç düzen verilmez bu yüzden genellikle bir başlangıç noktasından diğer yerleşim düzeni vektörlerinin denenmesi önerilir.

4.3.5 ALDEP(Automated Layout Design Procedure)

ALDEP ve CORELAP algoritmalarının her ikisi de kalitatif girdi bilgisine ihtiyaç duyan bir tür yapı tipi algoritmalarıdır. Bu demektir ki bilgiler verilen bir REL şemadan elde edilmektedir. Bu iki algoritma ticari bir amacı desteklemekten ziyade daha çok Bilgisayar Destekli Tesis Düzenleme Algoritmalarının gelişimin anlaşılması açısından daha çok önem taşımaktadırlar. ALDEP, veya diğer bir adıyla Otomatik Yerleşim Düzeni Tasarımı Programı rastgele bir departmanın seçimi ile başlar. Sonra, öncelikle "A" ilişkisine sahip ikinci bir departmanın seçimi ile devam eder. Bu şekilde tüm departmanların yerleşimi yapılır. Temel fikir, güçlü ilişkilerin etrafına yerleşimin yapılmasıdır.

ALDEP, belli sayıda alternatif düzeni geliştirmek için, randomize seçim kurallarını kullanır. Buradaki yerleşim düzenleri, kullanıcı tarafından, kabul edilebilir bir yerleşim düzeni seçmek için kullanılabilir.

ALDEP, departmanlar arasındaki yakınlığın önemini belirlemek için REL şema kullanır. Tanınan, beğenilen sistem oldukça keyfidir, ALDEP, bir başlangıç yakınlık derecesi ihtiyaç duyar. Önemi o kadar büyük olmayan bir başlangıç yakınlık derecesinden daha düşük seviyede bir dereceyi farz eder. Böylece, eğer E başlangıç yakınlık derecesi seçilirse böylece I,O ve U dereceleri aynı seviyede önemsiz olarak değerlendirilir.

4.3.5.1 Prosedür seçimi

Prosedür seçimi olarak her biri diğerine yakın olacak şekilde yüksek yakınlık derecelerine sahip departmanları ele alan basit kuralları kullanır. Bununla beraber, birkaç alternatif düzen oluşturmada yardımcı olan güçlü bir randomize kısmına sahiptir.

- İlk departman randomize bir şekilde seçilir
- İterasyon k
- Başlangıç değerinden daha kuvvetli ilişkiye sahip bir departmanı seç;
- Eğer birden çoksa, (k-1) inci adımdaki departmanlar ile en yüksek ilişki
- Eğer böyle bir departman yoksa, randomize bir şekilde seç

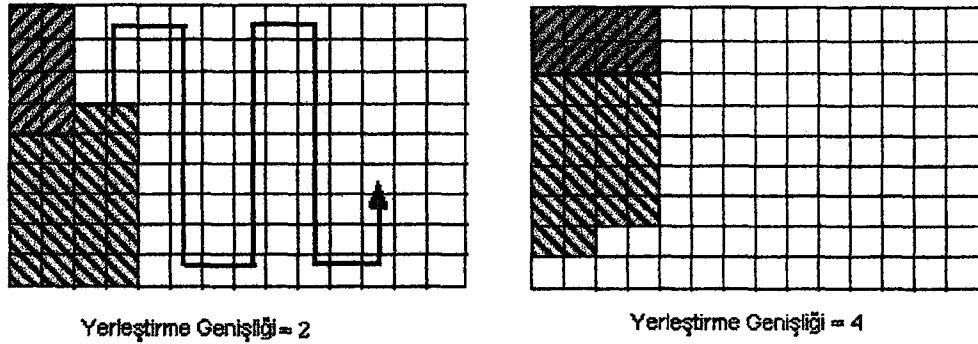
4.3.5.2 ALDEP yerleştirme prosedürü

ALDEP 'de yerleştirme prosedürü oldukça basit olmasına karşın bundan başka daima birkaç alternatif düzen oluşturabilecek şekildedir. Kullanıcı her bir departmanın alanını ve tesisin eni ve boyunu belirlemelidir. Kullanıcı ayrıca bir yerleştirme genişliğine ihtiyaç duyar. Bu yerleştirme genişliği sayesinde kullanıcı birkaç farklı düzen elde edebilir.

ALDEP, alan bilgisini ızgara şeklindeki kareler haline dönüştürür. Böylece, uygun bir ölçek faktörü seçiminden sonra, ALDEP tesis üzerinde ızgara şeklinde bir biçim oluşturur ve alanları oranında her bir departman için ızgara şeklindeki karelere bir numara atar.

Bir blok düzen oluşturmak için, aşağıda gösterildiği üzere, bir zig-zag model kullanılarak, yerleştirme genişliği temel alınarak, boş alan üzerindeki ızgara şeklindeki karelere uygun bir numaranın atanması ve seçim prosedürü vasıtası ile belirlenmek üzere departmanlar yerleştirilir. Aşağıdaki şekle dikkat ederseniz; yerleştirme genişliği ile departman biçimlerinin nasıl değiştiğini göreceksiniz. Yerleştirme genişliği 2 olduğunda aynı anda ızgara biçimindeki karelerin 2 sine departmanlar yerleştirilir. Yerleştirme genişliği 4 olduğunda ise aynı anda 4 sütun

kaplanmaktadır. İlk şekilde zig-zag modelin nasıl bir yolu takip ettiği gösterilmektedir.



Şekil 4.5 ALDEP de 2 farklı yerleştirme genişliğine göre yerleştirme çeşitleri

4.3.5.3 ALDEP yerleşim düzeninin değerlendirilmesi

Bir yerleşim düzeni tamamlandıktan sonra, ALDEP yerleşim düzenine rakamsal bir skoru verilmesi ile ne kadar iyi bir yerleşim düzeni olduğunu belirler. Bu skoru hesaplamak için ALDEP, aşağıdaki ağırlıklar ile REL şemasındaki alfabetiksel oranları birleştirir.

Ağırlıklar: $A = 64$; $E = 16$; $I = 4$; $U = 0$; $X = -1024$

Eğer iki departman yerleşim düzeninde birbirine yakın ise iki departman arasındaki ağırlığa uygun oran skora ilave edilir. Dikkat edilmesi gereken nokta; X oranlı negatif ağırlığın birleştirilmesidir. Açık ki, eğer bir problemde, biri diğerine yakın olması gerekmeyen bir departman numarası varsa, burada yüksek olasılıkla oradaki departmanların bir kısmı da bir yerleşim düzeninde yakın olacaklardır. Bu durum yerleşim düzeni skorunda önemli bir azalmaya neden olacaktır. Bu önemlidir, çünkü ALDEP ayrıca bir tür eleme skoru kullanır (eğer kullanıcı eleme skorunu tanımlamaz ise, eleme skoru 0 olarak alınır). Eğer bir yerleşim düzeni, bu eleme skorundan daha düşük bir skora sahip ise bu düzen elenir.

4.3.6 CORELAP

Bilgisayarlı Tesis İlişki Planlaması(CORELAP), James Moore tarafından 1967 'de geliştirilmiş ve yayınlanmıştır.CORELAP ve birçok kuruluş usulleri, 2 ana nitel girdiye sahiptirler:

- (1) Bir ilişki diyagramı ve
- (2) Alan ihtiyaçlarıdır.

Diğer ihtiyaç duyulan girdiler ise ilişkilerin büyüklüğünü gösteren bir şema ve departmanların sayısıdır. İlişki şeması bilindiği üzere, bir matris üstünlüklü, etkileşimi veya istenilen sonuçları belirtmek için A, E ,I , O, U veya X harflerinin güzel bir şekilde kullanılması ile oluşan tipik bir sistemdi.

CORELAP algoritması ise ALDEP ile aynı amaçları hedeflemekle ve aynı temel bilgi girdilerine sahip olmaktadır. İki algoritma arasındaki temel prosedürel farklılık, CORELAP Toplam Yakınlık Derecesi(TYD) kullanırken, ALDEP ise randomize bir şekilde departmanlar arasındaki bağları kontrol eder. Sonra, CORELAP ın finalinde ise belirli bir yerleşim düzeni için bir skor bulunur. Bu skor, tüm departmanlar üzerinden nümerik yakınlık oranları ile en kısa yol uzunluğunun çarpılıp toplanması ile hesaplanır. CRAFT, departmanların merkezleri arasındaki en kısa blok uzaklık türünü kullanırken, CORELAP departmanlar arasındaki en kısa blok uzaklık türünü kullanır. CORELAP da bu durumla ilgili olarak şöyle bir problemde ortaya çıkar ki, departmanlar arasındaki en kısa blok uzaklık daima gerçekçi bir uzaklık olmayabilmektedir.

Bu algoritmada bölümler, yerleştirme düzenine birer birer yerleştirilmektedir. CORELAP, bir kuruluş algoritmasıdır ve yerleştirme düzenini tasarlamada eylem ilişki şeması kullanılmaktadır. Bulgusal bir algoritma özelliği taşıdığından en iyi sonuç yerine, genelde “oldukça iyi” sonucuna götürür.

Algoritma 70 bölümü ele alabilir ve iş yeri düzeninin en büyük olası boyutları 40*40 ile sınırlandırılmıştır. CORELAP 'da bina durumu gerekmediği gibi, sonuncu tasarımın uzunluk-genişlik oranına sınırlama koymak olasıdır. Algoritmanın diğer bir özelliği, kimi bölümlerin önceden atanabilme özelliğine sahip olmasıdır. Yerleştirme düzenine girecek bölümlerin seçilmesinde toplam yakınlık derecesi(TYD) kullanılmaktadır.

CORELAP algoritmasında en küçük girdi gereksinimleri aşağıdakileri içerir:

- 1) Bölümler için eylem ilişki şeması,
- 2) Bölümlerin sayısı,
- 3) Her bölümün alanı,
- 4) Eylem ilişki şeması girişleri için ağırlıklar.

CORELAP için zorunlu olmayan girdi parametreleri ise şunlardır:

- 1) Basılı çıktının ölçeği,
- 2) Binanın uzunluk-genişlik oranı,
- 3) Bölüm ön atamaları.

CORELAP 'da eylem ilişki şeması, bölümlerin yerleştirme düzenine giriş sırası için bir temel oluşturur. Algoritma, toplam yakınlık derecelerini(TYD) hesaplamakla işe başlar. Eylem ilişki şemasında kullanılan A, E, I, O ve U yakınlık derecesi simgelerine sayısal değerler verilir ve her bölümün TYD değerleri, o bölümün diğer tüm bölümler ile olan ilişkilerinin değerlerini toplamak ile hesaplanabilir.

Ayrıca CORELAP geliştirilirken kullanılan, alışıla gelmişin dışında üç kavrama değinmekte yerinde olacaktır.

ADAY(Candidate) : Düzen tasarımına yerleştirmeye veya yeniden yerleştirmeye uygun bir bölüm.

BAŞARAN(Victor) : Düzen tasarımında yerleştirilecek bir sonraki bölüm ayrıcalığına hak kazanmış veya diğer adaylara karşı üstünlük kazanmış Aday.

KAZANAN(Winner) : Bir önceki tasarımda yerleştirilen Başaran.

A = 6, E = 5, I = 4, O = 3, U = 2, X = 1 ve Toplam Yakınlık Derecesi(TYD):

$$TYDi = \sum_{j=1}^m V(r_{ij}) \quad (1.8)$$

$V(r_{ij})$ = i ve j departmanları arasında, yakınlık derecesi (r_{ij}) için sayısal değeri.

r_{ij} = i ve j departmanları arasında yakınlık derecesi.

m = departman sayısı

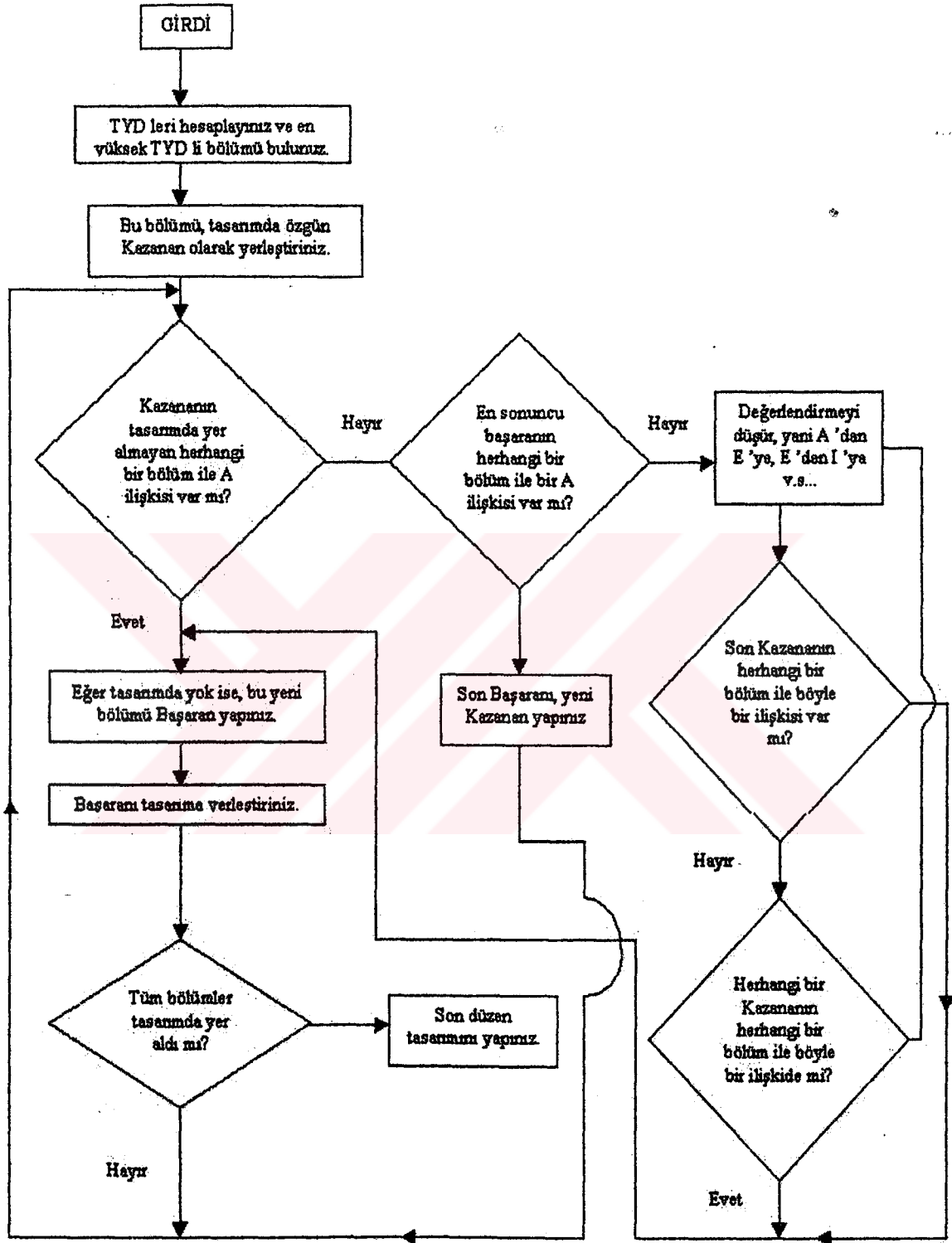
Olarak gösterilir. Bölümler TYD ye göre azalan sırada sıralanır. En yüksek TYD ye sahip bölüm düzen içerisinde ilk yerleştirilecek, yani ilk Kazanan olur. Bu bölüm, tasarımın ortasına yerleştirilir ve “Bundan sonra hangi bölüm yerleştirilecek” ve “Başaran düzene nasıl girecek” soruları ana algoritmada sistematik biçimde sorulur. Çözümleyici, eylem ilişki şemasında ilk kazanan ile A ilişkili (en yüksek ilişki) olan bölümü aramaya koyulur. Eğer A ilişkili bölümler var ise, en yüksek TYD li olan ilk Başaran olur ve tasarımda Kazanan 'a yakın biçimde yerleştirilir. Kazanan ile A ilişkisi olan diğer bölümler, tasarımda en yüksek TYD li olanlar öncelikli olmak üzere yerleştirilirler. Bu bölümler, Kazanan 'a olabildiğince yakın yerleştirilirler.

Ayrıca tasarımda o anda yer almış diğer bölümlerden hangileri ile ilişki isteniyorsa, onlarda olası olduğunca yakın yerleştirilmeye çalışılır. İlk Kazanan ile A ilişkisi olan tüm bölümler yerleştirildikten sonra ilk Başaran, ikinci Kazanan olur ve yöntem bu ikinci Kazanan ile A ilişkisi olan tüm bölümlerin yerleştirilmesine değin yinelenir. Birinci ve onu izleyen diğer Kazananlar ile A ilişkisi olan tüm bölümlerin yerleştirilmesinden sonra, tüm yöntem E, I, O ve nihayet U ilişkileri için yineienir.

Program için yalınlaştırılmış akış şeması Şekil 4.6 daki gibidir. CORELAP 'da son çıktı biçimi, düzenleme matrisidir. Bu blok, plan düzeninde bölümleri temsil eden iki basamaklı sayılar olarak yer alır. Her sayı, bölümün içerdiği bir birim karelik alanı temsil eder. Blok düzende yer alan sıfırlar ise, var olan fakat hiçbir bölüm tarafından yararlanılmayan alanları temsil eder.

CORELAP 'da ALDEP 'de olduğu gibi bölümler yerleştirme düzenine birer birer yerleştirilmektedir. Bununla birlikte CORELAP 'da yerleştirme düzenine girecek bölümün seçilmesinde TYD kullanılmasına karşın, ALDEP rastlantısal seçim yapmaktadır. ALDEP ve CORELAP, bölümlerin düzen içindeki yerleşimlerinde kullanılan yöntem açısından da ayrılmaktadır.





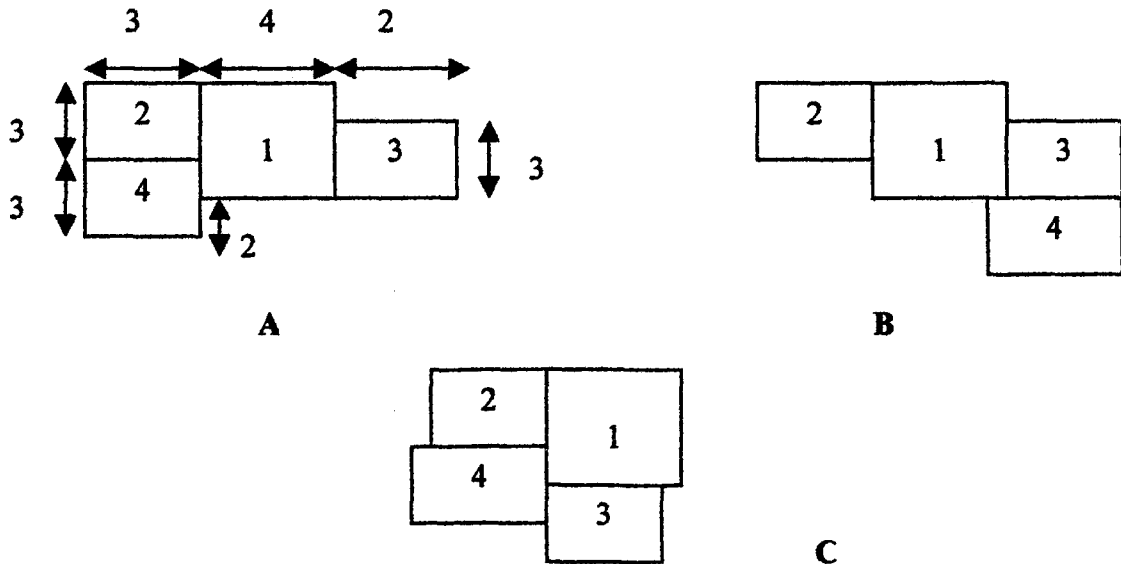
Şekil 4.6 CORELAP algoritması akış şeması

CORELAP, bir bölüm için söz konusu olan çok sayıda farklı dikdörtgen biçimli bölümlerin yerleştirme düzeni içindeki çok sayıdaki olası yerleşimlerini de değerlendirir. Bu değerlendirme aşamasında bir yerleştirme derecesi ve bölüm sınırlarının uzunluğu göz önüne alınır. Yerleştirme derecesi, düzen içine yerleştirilebilen yeni bölüm ile ona komşu bölümler arasındaki ağırlıklı yakınlık derecelerinin toplamıdır. Bir komşu bölüm, yeni bölümler ile ortak sınırları olan, yerleştirme düzenindeki herhangi bir bölüm olarak tanımlanabilir. Ağırlıklı yakınlık dereceleri değerleri, programın kullanıcıları tarafından belirlenir. Sınır uzunlukları ise, yeni bölüm ile yerleştirme düzenindeki tüm diğer bölümlerin ortak sınırlarının uzunluğunu belirtir. Yeni bölüm, yerleştirme derecesi en büyük olan yere yerleştirilir. İki veya daha çok bölüm eşit yerleştirme derecesine sahip ise, en uzun sınır uzunluğu olan yer seçilir.

Yerleştirme derecesinin ve sınır uzunluklarının hesaplanmasını göstermek üzere Şekil 4.7 ele alınsın. 1., 2., 3. bölümler, yerleştirme düzenine önceden yerleştirilmiş olan bölümlerdir ve 4. bölüm düzen içine yerleştirilmek üzere seçilmiştir. Ağırlıklı yakınlık derecelerinin, aşağıdaki gibi atandığını farz edelim:

$$A = 600, E = 200, I = 50, O = 10, X = -200$$

Bundan başka, 4. bölüm ile 1., 2. ve 3. bölümlerin arasındaki yakınlık derecelerinin sırasıyla A, E ve I olduğu varsayılınsın.



Şekil 4.7 Departman 4 e göre farklı yerleşim çeşitleri

Şekil 4.7 'de A 'da verilen yerleştirme kullanılıp, yerleştirme derecesi 800 olarak bulunur. B ' deki yerleştirme 650 yerleştirme derecesine sahiptir. 3. Bölüm yerleştirme düzenine henüz yerleştirilmediğinde, C 'de verilen yerleştirme düzeninden 850 yerleştirme derecesi elde edilebilirdi. Şekil 4.7 'deki sırasıyla (A), (B) ve (C) yerleştirmeleri için sınır uzunlukları sırası ile 4, 3 ve 6 dır.

Ağırlıklı yakınlık değerleri kullanıcı tarafından atanmaktadır ve oran ölçümleme ölçeğinden alınmış olarak varsayılmaktadır. Ancak ağırlıklı değerlerin oran ölçeği özelliklerini taşıyıp taşımadığı konusunda bir güvence bulunmamaktadır. Bunun dışında, toplam yakınlık derecelerini (TYD) hesaplamakta kullanılan yakınlık derecelerine sayısal değerlerin atanmasında belirli bir esneklik yoktur. Ama bölümlerin yerleştirme düzenine giriş sırasını etkileyen TYD değeri ve TYD yi hesaplamakta kullanılan aritmetik işlemlerden ötürü, bir oran ölçeğine bağlı olarak yakınlık derecelerinin ölçülmesinde esnekliğe sahip olmak çok gerekli olabilecektir.

BÖLÜM 5 FLAP PROGRAMI

5.1 Giriş

Bu kısım, Tesis Düzenleme Problemlerinin(TDP) uygun çözümünün elde edilmesi için Facilities Layout Applet/Application (FLAP) programının nasıl kullanıldığını açıklar.

Flap programı, gelişmiş, karmaşık, çeşitli TDP problemlerinin karşılaştırılması ve kolayca anlaşılması için tasarlanmıştır. TDP problemleri, iyi bilinen NP-Complete (Nondeterministic Polynomial time complete) olarak adlandırılan problem ailesinin bir parçasıdır. Bu fikir, sabit ölçülü bir tesis de sabit alanlı departmanların yerleştirir. Genel olarak, buradaki departmanların yerleştirilmesi için iki yol vardır, ya uzunluk ve genişlik ölçülerinin her ikisini yada sadece birini korur veya ölçülerini değiştirir fakat alan değişmez.

Kullanıcı, TDP problemlerinin çözülmesinde, verilerin oluşturulmasında, eldeki problemin çözüm sürecinde ve sürecin canlandırılmasında tamamiyle kontrol sahibidir.

FLAP da ki algoritmalar, Simchi-Levi ve Donaghey&Pire in çalışmalarına dayanılarak temel alınmıştır. Row-fit düzeni tekniği, Simchi-Levi'in "Facilities Layout and Planning" programındaki algorithmadan alınmıştır. Banding(Şeritleme) Tekniği ilk önce Dr. Donaghey&Pire nin "BLOCPLAN" programı düşünülerek temel alınmıştır.

5.2 Tanımlamalar

- *Tesis Düzenleme Problemi:* Problem basitçe, tüm maliyetleri minimize etmeyi kapsayan belirli bir alandaki sabit alanlara sahip departmanların yerleştirilmesidir.
- *Tesis:* Departmanların belli bir düzen içinde yerleştirilmesini kapsar. Departmanların yerleştirilmesinde kullanılan maximum alan veya “ofis uzayı” şeklinde de adlandırılır. FLAP da, ise bu alan menü çubuğu altındaki ana ekrandır.
- *Departman:* En ve boy değişkeninden oluşan sabit bir alan olarak temsil edilir. Bu, FLAP da bir dikdörtgen olarak temsil edilir.
- *Departman Listesi:* Departman listesi, Tesis Düzenleme Probleminin de herüstic(optimizasyon algoritmaları) ve düzenleme algoritmalarının da kullanılır. Bu listenin ilk düzeni(yerleşimi) Randomize edilerek oluşturulur.
- *Düzen:* Tesisteki departmanların son yerleştirmesinde herüstic bir yerleştirme kullanılmaktadır.
- *Akış:* i departmanından j departmanına taşımının değeridir. FLAP da, akışlar randomize bir şekilde oluşturulabilir veya kullanıcı tarafından belirlenebilir. Randomize ile oluşturma durumundaki gibi mutlaka simetrik olmayabilir.
- *Amaç Fonksiyonu:* Düzenin bir maliyetinin belirlenmesinde kullanılan bir fonksiyondur. Uzaklık tipli kullanılarak, hesaplama Öklit Uzaklık(Euclidean) veya Bloklar Arası Dik Uzaklıkların Toplamı(Rectilinear) dan birisi olacak şekilde ayarlanabilir.
- *Maliyet:* FLAP maliyeti, tüm ikili departman çiftleri arasındaki uzaklık ve akış süreleri, değişik herüsticler de toplanarak değerlendirilerek kullanılır. Uzaklık, gerçek tesis planında departmanların merkezleri arasında Euclidean veya rectilinear dan biri kullanılabilir. Merkezler, dikdörtgen biçimindeki departmanların geometrik merkezleridir.

- *Heuristic*: FLAP düzenindeki bir maliyeti optimize etmek için uygun bir çözüme ulaşan bir algoritmadır. FLAP ta iki çeşit vardır Tesis Düzenleme Algoritmaları ve LAYOUT(Düzen çeşitleri)dır. Tesis düzenleme algoritmalarının hedefi, optimal liste sırasına karar verilerek maliyet koşullarında departman listesini optimize etmektir.
- *Sınama(Trial)*: Tesis de bir tesis düzenleme algoritması ayrı ayrı çalışır.
- *Durum Çubuğu*: Grafik hareketleri ve herusticler(algoritmalar) ile ilgili faydalı kullanıcı mesajlarını kapsar. Ayrıca, her bir sınama esnasında mevcut maliyeti gösterir.

5.3 Temel Kullanım

Aşağıda FLAP ı kolay ve hızlı kullanabilmeyi sağlamak için gerekli talimatname verilmiştir.

- *FLAP ı Çalıştırma*: Web Browser uyumlu bir Java Aleti gibi çalışır. "Launch Facilities Layout Applet" butonuna basılarak çalışır.
- *Tesisin Ayarlanması*: Sonra, FLAP ana penceresi çalışır, tesisi şekillendirmeniz gerekir. "Edit" menüsünün altında, "Configure Facility..." seçeneğine tıklanır. Bu karşınıza bazı başlangıç değerlerine sahip bir diyalog penceresi getirecektir. Eğer "Random Dimensions and Flows" seçeneği seçili ise,"Next" tuşunun tıklanması ile Departmanların ölçüleri ve Akış matrisi akış değerleri randomize olacak şekilde tesis biçimlendirilecektir.
- *LAYOUT(Düzen Çeşitlerinin) Seçimi*: Tesisin biçimlendirilmesi sonrası, Tesis Düzenleme probleminin canlandırılması için bir LAYOUT(Düzenin Seçimi) yapılır. "Herustic" menüsünün altında "Layout" alt menüsü seçilir. Burada seçmek için birkaç algoritma vardır. Row-fit düzeni default olarak programda yer alır.

- *Tesis Düzenleme Algoritmasının Seçimi:* Bir LAYOUT(Düzenin) seçilmesi sonrası, bir Tesis Düzenleme algoritması seçilir. “Herustics” menüsünün altında, “FLP” alt menüsü seçilir. Burada seçilmek üzere birkaç Tesis Düzenleme algoritması vardır. “Two-Optimization” default olarak yer alır.
- *Tesis Düzenleme Algoritmasının Çalıştırılması:* Durum çubuğunun altındaki “Run” butonuna basılması ile Tesis Düzenleme algoritması çalıştırılır. Algoritmanın çalıştırılması sırasında, hızını ve “Run” ve “Pause” gibi olası diğer optimize seçeneklerini değiştirebilirsiniz.
- *Çıktıların Görüntülenmesi:* Birkaç sınamanın çalıştırılması sonrasında, “View” menüsünün altından çıktıları görebilirsiniz. En önemli bilgi, bir sınama için “En iyi Maliyet” dir. Amaç fonksiyonu, Euclidean mesafesinin kullanılması default da yer alır.

5.4 Tesis

- *Biçimlendirme:* Biçimlendirme için 3 temel tesis özelliği vardır: ölçü, departman listesi ve akış matrisidir. Tesisi biçimlendirmek için “Edit” menüsü altındaki “Configure Facility...” seçeneği üzerine tıklanır. İlk diyalog olarak tesiste bulunan departman sayısının, en ve boyun biçimlendirileceği kısmı göreceksiniz. Temel kullanım olarak default değerleri vardır. Bu noktada, 3 parametrenin değişim aralığı ve default değerleri aşağıdaki gibidir:

- Departman sayısı 1 ile 50 arası değişmektedir. Default değeri 10 dur.
- En, 100 ila 1000 arasında değişmektedir. Default değeri 300 dür.
- Boy, 100 ila 1000 arası değişmektedir. Default değeri 300 dür.

Biçimlendirme için diğer bir yol fare kullanılarak tesis ölçülerinin yapılmasıdır. Bu diyalog penceresinde ayrıca, tesis verilerine dayanarak kullanılan Java API pseudorandom sayı oluşturan, randomize oluşturunca bir seçenek vardır. Bu, büyük pencerelerin oluşturulması ile birçok girdinin girilmesinden oluşan gecikmeyi basitleştirir. Örneğin, 30 departmanlı bir akış matrisi için 870 girdinin girilmesi ve

gerekli yapının oluşturulması için büyük zaman gerekecektir. Eğer random seçeneği seçilirse departmanlar Tesis Alanının %65 ini işgal edecektir.

Eğer Randomize seçeneği seçilmez ise departmanların çeşitli özellikleri biçimlendirilebilir. İlk önce departman listesi sırayla ölçüleri ile birlikte diyalog penceresinde gözükür. “Edit” menüsü altındaki “Randomize İnitil Layout” tıklanarak randomize de edilebilir.

“Edit” menüsü altındaki “Randomize İnitil Layout” tıklanarak, herhangi bir anda, herhangi tesis özellikleri düzenlenmek üzere geri dönebilirsiniz.

- *Tekrar Başlatmak:* Tüm mevcut verileri ve özellikleri silip, yeniden düzenlemek için “Edit” menüsü altındaki “Reinitialize Facility...” tıklatılır.

5.5 Departmanlar

- *Biçimlendirme:* “Edit” menüsü altındaki “Reinitialize Facility...” tıklatılmasıyla tesis biçimlendirilirken departmanlar da biçimlendirilebilir. Eğer “Random Dimensions and Flows” seçeneği seçilirse, departman özellikleri randomize bir şekilde oluşturulacaktır.

Tesis özelliklerini biçimlendirme sonrası, “Next>” tıklanılmasıyla departman ölçülerini biçimlendirebilirsiniz(eğer Randomize seçeneği seçili değilse). Departman sayısı kadar gerekli girdilerin girilmesi için bir diyalog penceresi gelecektir. Kendi değerlerimizi yada “Random Dimensions” butonuna basarak yinede randomize bir şekilde oluşturabiliriz.

Toplam departman alanı için, toplam tesisin sadece %65 kullanılır. Randomize bir şekilde oluşturulan her bir departmanın eni ve boyu rastgele alan belirlenmek üzere Golden Ratio kullanılması ile belirlenir. Departmanların merkezleri(maliyet hesaplanması için kullanılır) geometric merkezlerdir.

Sonraki özellik, akış matrisinin belirlenmesidir. Departman listesindeki tüm departmanlar için ölçüler biçimlendirildikten sonra, “Next>” tuşuna basılması ile Akış matrisi değerlerinin girileceği bir diyalog penceresi gelecektir.

Not: Akış matrisinin oluşturulması zaman almaktadır. Ne kadar akışın olduğunu göstermek üzere oluşturulan bir akış matrisi diyalogu göreceksiniz. “Random Flows & OK” tıklanması ile diyalogda departman ölçülerinin otomatik bir şekilde yer alması söz konusudur.

Her bir departman çifti arasındaki akış değerlerini girmek istiyorsanız, bunu yapabilirsiniz yada randomize bir şekilde tekrar oluşturabilirsiniz. Akış matrisi penceresinin altında “Random Flows” butonu vardır. Bu akış matrisindeki tüm girdiler için rastgele akışları oluşturur. “Ok” tıklanmasıyla, tesis gibi departmanlarda iyi bir şekilde yapılandırılmış olacaktır. Akış değerleri 1 ile 15 değerleri arasında olacaktır.

“Edit” menüsü altındaki “Configure Facility...” seçeneği üzerine tıklanmasıyla akış değerleri veya departman ölçüleri düzenlenmek üzere herhangi bir anda geriye dönebilirsiniz.

5.6 Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonu düzenin maliyetini belirler. Toplam maliyet, iki departman arasındaki toplam akış ile aralarındaki uzaklığın çarpılması ile elde edilir. Edit menüsünden “Objective Function...” seçilmesi ile bu biçimlendirilebilir.

5.7 Düzenleme Algoritmaları

Düzenleme algoritmasının hedefi, departman listesindeki sıraya göre tesisteki departmanları düzenlemektir. Farklı tipteki tesis düzenleme problemlerine farklı düzenleme algoritmaları uygulanır.

- *Row-Fit(Akış-Uygunluk)*: Row-Fit düzeninde tesiste departmanlar uygun(Fit) bir akışta yerleştirilir. Departman listesine uygun bir şekilde ilerlenir ve departmanlar, mevcut akış içerisinde yerleştirilmeyen departman kalmayıncaya kadar, akışa(soldan sağa doğru) göre yer alır. Sonraki gelecek olan tesisin sağında, sınırların dışında yer alacağı zaman durur.

Bir departmanın yerleştirmesi sonrası, onu mümkün olduğu kadar çok ilerletmeye çalışır. Dikkat edilmesi gerekir ki bu algoritma, onları ileriye doğru ilerletmesi sonrası, departmanları sola doğru ilerletmez o yüzden tam bir sıkıştırma olmaz. Bu algoritma departmanların boyu ve enini olduğu gibi korur.

- *Banding(Şeritleme)*: Banding düzeninde departmanlar, Row-Fit düzenindeki gibi akışlar veya bantlar halinde yerleştirilir. Bu algoritma, her ne kadar listedeki her bir departmanın ölçülerini değiştirse de bu yüzden tam bir sıkıştırma olur. Her bir departmanın alanı değişmez bir şekilde saklanır.

Bu algoritma, alanı departmanların alanı toplamı ile belirlenen yeni bir tesis oluşturur. Harici tesisin bir yan oranının kullanılması sayesinde orjinal tesisin ölçülerinden sonra yeni tesisin ölçüleri modellenir.

Bir bandaki her bir departman aynı yüksekliğe sahiptir fakat her bir genişlik özel bir alan tarafından belirlenir. Bir bantda ki departmanların genişlikleri toplamı her bir band için değişmezdir bu nedenle tesis ölçülerinin cephe oranı korunur. Bu algoritma band başına en az bir departmanın olmasını garantiye alır. Algoritma her bir departmandaki ortalama alanı kullanır ki burada meselenin ana noktası band içine departmanları yerleştirmektir.

Bu düzen çeşidinde band sayısını seçmek için, “Herustics” menüsünün “Layout” alt menüsü altındaki “Banding...” tıklanır. Default 3 dür. En düşük band sayısı 1 dir ve tüm departmanlar tek bir band içine yerleştirilecektir. Üst sınır departman sayısıdır. Bu durumda her bir departman için bir band ayrılacaktır.

5.8 Düzen Tipleri

- *Infeasible(Yapılamaz)*: Bir Yapılamaz Düzen, tesisin sınırlarına tüm departmanların yerleştirilemediği bir Layout Algoritması durumudur. Bu düzenlerin maliyetleri sınırsız oldukları için, tesis düzenleme algoritmaları tarafından otomatik olarak red edilir(Rejected). Bu departmanlar, tesiste tamamiyle elverişli bir durumda olamazlar ve kırmızı bir renk ile çizilirler. Eğer departman tesiste kısmen bulunmaz ise o, tesis ekranı içinde çizilmeyecektir.

Not: İlk düzenin yapılabilir veya yapılamaz olup olmayacağı daima kabullenilir.

- *Red Edilme(Rejected)*: Bir düzenin Red edilmesi, mevcut tesis düzenleme algoritması tarafından, algoritmanın maliyet optimizasyonu hedefi kapsamında uygun görülmeyen bir düzeni(Layout)'u kasteder. Düzen, uygun olabilir(ki bu, tüm departmanların tesis içerisinde uygun olarak yerleşebileceği demektir), bununla birlikte maliyet diğer olası düzenlerden büyük olabilir. Örneğin, İkili-Optimizasyon da yalnızca düşük maliyetli düzenler kabul edilir. Herhangi bir düzenin maliyeti daha büyük olduğu saptanırsa bir öncekinden, Red edilir(Rejected).

- *Kabul Edilme(Accepted)*: Kabul edilebilir düzenler, FLP algoritması tarafından oldukça makul bir maliyeti olan bir düzeni bulma çabası göstermesidir. Bir kabul edilebilir düzen, bir öncekine göre daima daha düşük maliyetli olmalıdır.

- *Rastgele Başlangıç(Random İnitil)*: Rastgele biçimlendirme sayesinde düzen yerleştirilir. Tesis bir rastgele onaylanmış düzen olacaktır. Bunda, yapılamaz(infeasible) durumunu ne olursa olsun kabul edilir. Rastgele Onaylama Düzeni için bir başka yol ise, "Edit" menüsünün altındaki, "Randomize İnitil Layout" seçeneğinin tıklanmasıdır.

5.9 Departman Listesinin Çalışması

Tesis Düzenleme algoritmasının en önemli noktası, optimal maliyeti bulmada departman listesini çalıştırılmasıdır.

- *Rastgele Başlangıç Düzeni(Randomize İnitil Layout)*: Önce listenin sırasını randomize edebilmeniz için önce bir departman listesini biçimlendirmeniz gerekmektedir. Birçok tesis düzenleme algoritması, onaylama listesinin sırasına bağlı olarak farklı sonuçlar verecektir. “Edit” menüsünün altındaki, “Randomize İnitil Layout” seçeneğinin tıklanması ile sırayı randomize edebilirsiniz.

- *Tesis Düzenleme Algoritmaları:*

- *İkili-Optimizasyon(Two-Optimization)*: İkili-Optimizasyon, birçok NP-Complete problemlerinde kullanılan, iyi bilinen bir algoritmadır. Tesis Düzenleme algoritmaları tarafından belirlenen hazır düşük maliyetli düzenleri optimize etmek(Daha düşük toplam maliyeti) için kullanılabilir. Temel olarak, her bir i ve j departmanı arasında değişimi yerine getirir. Eğer bir değişim toplam maliyeti azaltırsa bu kabul edilir, diğer durumda ise red edilir(Rejected). Ayrıca, İkili-Optimizasyonun görev sırası, i den başlayarak listenin sonuna kadar tüm departmanları sıra ile değiştirir.

- *Simulated Annealing(Tavlama Benzetimi)*: Tavlama Benzetimi, belirli bir olasılık ile kabul edilebilir bazı kötü maliyetli düzenler(Layout) dışında İkili-Optimizasyona çok benzer. Bu algoritma diğer problemlerden farklı olarak birçok ayara ihtiyaç duyar. Kötü bir düzenin(Layout) olasılığı aşağıdakiler temel alınarak kabul edilir:

$$\text{RandNum} < e^{-(\text{cost delta} / \text{temperature})}$$

RandNum 0,0 ve 1,0 arasında rastgele numara oluşturur. Delta maliyeti, mevcut yüksek maliyet ile mevcut düşük maliyet arasındaki farktır ve mevcut derece(temperature) başlama ve durdurma derecelerinin arasında bir yerdir.

NOT: Uygulamada Tavlama Benzetimi kullanılmasında default hızını mümkün olduğu kadar arttırmak mümkündür. Tavlama Benzetimi, diğer algoritmalara göre daha uzun zaman alır. Bununla birlikte, herhangi bir anda hızı değiştirebilirsiniz.

Tavlama Benzetimi parametrelerini biçimlendirmek için, basitçe FLP menüsünden “Simulated Annealing...” seçilir. Aşağıda, parametrelerin ayarlanması ile ilgili bir liste vardır:

- Başlangıç Derecesi(Starting Temperature): Algoritmanın kullanacağı ilk derecedir. Default 100 dür. 1-10000 aralığında değişimi mümkündür.
- Durma Derecesi(Stopping Temperature): Algoritmanın kullanacağı son derecedir. Default 80 dir. 1-10000 aralığında değişimi mümkündür.
- İterasyondaki Derecenin Azalma Yüzdesi: Her bir iterasyon da derecenin ne kadar azaltılacağıının belirtilmesidir. Default %15 dir. Aralığı %1-100 dür.
- Aşama veya derece başına iterasyonlar: Verilen bir derece için bir düzenin kabul edilmesi ile ilgili toplam döngü sayısıdır. Default 100 dür. Aralık 1 –1000 arasındadır.

Önemli bir nokta, red edilen düzenler, iterasyon sayısı çok yüksek olduktan sonra Tavlama Benzetimi kısmında gösterilmeyecektir. Her bir safhadan sonra yalnızca kabul edilen düzenler gösterilir.

5.10 Bir Tesis Düzenleme Algoritmasının Çalışması

Tesis Düzenleme Algoritması için gerekli tüm girdiler kontrol edilmesi sırasında durum çubuğunun altındaki test kısmından kontrol edilebilir. Burada iki buton vardır, “Run” ve “Pause”, ki bunlar, duruma bağlı olarak biri ötekine “Stop” ve “Resume” olarak değişebilir. İlk önce, tesis düzenleme algoritması çalıştığında, sadece “Run” butonu aktif durumdadır. Buna basıldığında, “Stop” olarak değişecektir. Ayrıca, “Pause” butonu da aktif duruma geçecektir. Algoritma sırasında, algoritmayı bütünüyle durdurabilir yada yarıda kesebilirsiniz. Durdurulması, algoritmanın tekrarlanmasına(Reset) sebep olacaktır. Eğer durdurma sonrası “Run” düğmesine basarsanız, algoritma başından başlayacaktır.

Not: Durdurmaya basıldığında, bitmiş olmasına dikkat edilmeli. Böylece, tesis en ucuz bir düzen ile ayrılmış olur.

Bir algoritma çalıştığında, kontrol edilmesinin yanında, hareket hızını da kontrol edebilirsiniz. Algoritma tarafından birçok düzen iptal edileceği için, kabul edilebilir düzenlerin hareketi çok nadir olarak gözükcektir. Durum çubuğunun altındaki “Show Rejected” sekmesi üzerine tıklanırsa bunu seçebilir veya seçmeyebilirsiniz. “Default” ayarında bu opsiyon seçilidir.

5.11 Bilgiyi Alma

Tesis ekranının altında, durum çubuğunun üstünde, tesis ile ilişkili faaliyetler hakkında bilgi için zorluk çekmeden elde edinilebilecek bir yer vardır. Çeşitli kullanıcı hareketleri veya algoritmalarının sonuçları hakkında mesajlar için burası sık sık kontrol edilir.

- *Tesis Düzenleme(Facility Layout)*: Tesis hakkındaki bilgiye, “View” menüsü altındaki, “Facility Info” üzerine tıklanarak elde edilebilir. Bu, FLP algoritmasını, Düzen(Layout) Algoritmasını, Tesis ölçülerini ve her bir departmanın özellikleri ile birlikte mevcut departman listesini de gösterecektir.

Üzerinde 3 butondan oluşan bir diyalog penceresi açılacaktır.

- Tazeleme(Refresh): Penceredeki verileri tazeler.
- Temizleme(Clear): Penceredeki verileri temizler.
- Kapama(Dismiss): Diyalog penceresini kapatır.

Hatta algoritmanın çalışması esnasında bile bu bilgiyi görebilirsiniz. “Refresh” tuşuna basılması ile red veya kabul edilen düzenlerden bir tanesi mevcut olarak yer alacaktır.

- *Sınama Geçmişi(Trial History)*: Önceki sınamalar tarafından belirlenen maliyetleri görmek için, “View” menüsü altındaki “Trial History” üzerine tıklanır. Bu bize, hangi algoritmaların kullanıldığını ve tespit edilen maliyetleri söyler. Yalnızca 20 Sınama saklanabilir, eski sınamalar atılacaktır.

5.12 Mouse(Fare) Kullanımı

FLAP, departmanlar ve düzenlerin bazı temel kullanımlarını destekler. Bazı zamanlar algoritma, özel tesis verisi göz önünde tutulursa, tek bir mümkün çözüm bulamayacaktır. Düşük maliyetin bulunması için algoritmalara yardım edilebilmektedir.

- *Tesisin Yeniden Ölçülendirilmesi(Resizing the Facility)*: Tesis, Tesis Biçimlendirme Diyalog Penceresinde ölçülendirmenin yanısıra, tesis ekranında mavi karenin tıklanması ile de tesisi biçimlendirebilirsiniz(sağ alt köşede). Tesis en ve/veya boy oranlarını azaltmak için tesis içinde mouse ile sürüklenir veya tesis en ve/veya boy oranlarını arttırmak için mouse ile FLAP penceresinin dışına doğru sürüklenme yapılır. Mouse un pozisyonunun gösterilmesini, mavi çizgi ile görebilirsiniz. Bu olaya, yalnızca tesis düzenleme algoritması çalışmazken izin verilebilir.

- *Departmanların Hareketi(Moving Departmans)*: Özel bir departmanı, basit bir şekilde üzerine tıklayarak ve yeni bölgeye sürükleyerek, diğer departmanlardan yoksun bir bölgeye taşıyabilirsiniz. Düzenin maliyeti yeniden hesaplanacaktır.

Bu hareketin kullanılması ile istediğiniz doğrultusunda departmanları yerleştirebilirsiniz. Bu hareketle ayrıca mümkün olmayan(kırmızı ile gösterilen) bir departmanı tesis içine alabilirsiniz.

Not: Bu hareket departman listesini değiştirmez.

BÖLÜM 6 TÜVASAŞ FABRİKASINDA BİR UYGULAMA

6.1 Şirketin Tarihçesi

Demir yollarımızın yük ve yolcu vagonlarını, tamir amacıyla 1948 yılında inşaatına başlanan ve 1951 'de işletmeye açılan Adapazarı Cer Atölyesi; o tarihlerde 1200 adet yük ve 600 adet yolcu vagonunun bakım ve tamiratını gerçekleştiriyordu. Tamamen yabancı menşeli vagonlarla yapılan Demiryolu işletmeciliği, ülkemizde kurulan bu atölye büyük bir başlangıç yaptı. Onarım Atölyesi hüviyeti 10 yıl devam etti. Bu süre içerisinde yabancı vagonların tamir sorunları, yerli vagon üretimini gündeme getirdi. Bu düşünceyle Adapazarı Demiryolu Fabrikasına dönüştürülen kuruluş, 1961 yılında itibaren yolcu vagonlarının yerli olarak imalatına başladı.

Türk mühendis, işçi ve idarecisinin azim ve başarısıyla o günkü kısıtlı imkanlara rağmen büyük bir hızla pulman, yemekli, yataklı, banliyö ve diğer vagonlar seri olarak TCDD işletmesine teslim edilmeye başlandı. Böylece vagon ithalatına son verildi. Kısa süre içerisinde Milli vagon parkı tamamen yerli vagonlardan müteşekkil hale geldi.

1975 yılında ADAPAZARI Vagon Sanayii Müessesesi "ADVAS" olan kuruluşta uluslararası standartlarda (UIC-RIC) tipi yolcu vagonlarının üretimine geçildi. Bundan sonra üretilen RIC - X tipi uzun vagonlar yurtiçi ve yurtdışı hatlarda çalıştırılmaya başlandı.

Ülkemizde ve yakın komşularımız içinde rakibi bulunmayan kuruluş, 1986 yılında A.Ş. haline getirilerek bugünkü statüsüne kavuştu ve TÜVASAŞ "TÜRKİYE VAGON SANAYİ ANONİM ŞİRKETİ" adını aldı.

TCDD Genel Müdürlüğü'nün "Bağlı Ortaklığı" olarak faaliyet gösteren ve sermayesinin tamamı devlete ait olan TÜVASAŞ, Yönetim Kurulu ve Genel Müdür

tarafından yönetilmektedir. Muhtelif teknik ve idari birimlerden oluşan şirket; 750,000 metrekare alan üzerinde 45 km'lik ray ve 85.000 metrekare'lik kapalı tesise sahip olup Yeni İmalat Fabrikası 10.000 metrekare'lik müstakil alanı kaplamaktadır. TÜVASAŞ'ta halen 1100'ün üzerinde daimi işçi ile 400'e yakın yönetici ve memur personel istihdam edilmektedir. Demiryollarımızın 1200 civarındaki yolcu vagonunun üreticisi olarak tamamının bakım ve onarımını da yine TÜVASAŞ yapmaktadır. Demiryollarımızda kompartımanlı ve salon tipi ana hat yolcu vagonları, kısa ve orta mesafe banliyö vagonları, elektrikli trenler, yemekli, büfe ve özel vagonların tamamı TÜVASAŞ ürünüdür. Son olarak tamamen yerli projeyle üretilen ray otobüsleri de seferlerine devam etmektedir. 1970'li yıllarda Bangladesh Demiryolları'na 77 adet dar hat yolcu vagonu ihraç edilmiş. 1990 yılında da bu vagonlar için 30 adet boji ihracatı gerçekleştirilmiş olup halen bu ülkede başarı ile hizmet vermektedir.

45 yılı aşkın bilgi ve tecrübesiyle raylı taşıt araçlarının tamamını üretebilen şirket, dünyadaki en son teknik özellikleri ihtiva eden 2000 yılının modern vagonları TVS 2000 serisini hizmete vermiştir. Saatte 200 km 'ye kadar hız yapabilen hareket aksamı(boji), 5 km/h hızda otomatik olarak kilitlenen emniyetli kapıları ve yaz kış konforlu bir seyahat imkânı sağlayan iklimlendirme sistemi, ergonomik yapıdaki koltukları, merkezi anons ve çok kanallı müzik yayın sistemi ve diğer birçok üstünlükleri ile TVS 2000 lüks vagonları demiryolları ile seyahati sevenlerin tercihi haline gelmiş olup, ihracat imkânlarını gündeme getirmektedir. Bilgi, tecrübe ve tesis kapasitesi ile TÜVASAŞ, Kent içi Hafif Raylı Sistemler, metro ve tramvay üretimine geçmektedir.

6.1.1 Deprem Sonrası TÜVASAŞ

TÜVASAŞ 17 Ağustos Marmara Depreminde bölgenin en büyük hasara uğrayan sanayi tesisi oldu. Tesiste imalat ve onarım alanları hasar gördü. Depremde toplam 89 bin 329 metrekare kapalı alanın 51 bin 61 metrekarelik bölümü kullanılamaz hale geldi. Bu arada imal edilen 17, onarılan 11 vagonla birlikte 2 Ray otobüsü enkaz altında kaldı. Çok sayıda tezgah ve makine aksamı da depremde zarar gördü. Vagon imalat ve onarımında doğrudan etkili tezgahların yüzde 45'i, vinçlerin yüzde 91'i,

transport kapasitesinin yüzde 67'si, imalat - onarım ekipmanlarının yüzde 86'sı depremde kaybedildi.

Marmara Depreminin TÜVASAŞ' ta meydana getirdiği zarar toplam 68 milyon 500 bin Amerikan Doları olarak belirlendi. Herşeye rağmen hızlı bir şekilde, özellikle Aralık 1999 dan itibaren yeniden yapılandırma çalışmalarına başlanarak bir toparlanma sürecine girildi.

6.2 Problemin Tanımı ve Çözüm Süreci

Problem olarak, Tornahane Atölyesinin parça akışlarına dayanılarak yerleşim düzeninin iyileştirilmesi ele alınmıştır. Buradaki amaç optimale yakın yerleşim düzeninin bulunmasıdır. Burada Karışık Tip yerleşim ve Proses tipi yerleşim olmak üzere iki farklı tip yerleşim düzeninin denemesi yapılmıştır. Aşağıda renk kodları ile temsil edilen tezgah türleri gösterilmektedir:

Renk	Makine Türü
11111	11111
11111	11111
11111	11111
11111	11111
11111	11111

Karışık tip yerleşim ve sürece göre yerleşim için iki ayrı den/dan şeması oluşturulmuş ve bu bilgiler FLAP programına uygun bir şekilde ölçeklendirilip, dönüştürülmüştür. Optimale yakın yerleşimlerin elde edilmesinde beşinci kısımda da kısaca bahsedilen, Tavlama Benzetimi ve İkili Optimizasyon algoritmaları kullanılmış, çalışmanın sonunda da bu iki farklı yerleşim tipi için bu iki algoritmanın performansları kıyaslanmıştır.

6.3 Den-Dan Şemasının Oluşturulması

Optimale yakın yerleşim düzeninin bulunması amacıyla, bir vagon için tornahane de işlem görmesi gerekli olan parçaların tornahane atölyesindeki tezgahlardaki rotaları

incelenerek, aşağıdaki den/dan şeması oluşturulmuştur. Bu ilk den/dan şeması karışık tip yerleşim düzeninin oluşturulmasında kullanılacaktır.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
Toplam	30	50	0	210	0	0	210	0	0	120	90	0	120	50	50	50	20			

Şekil 6.1 Karışık tip yerleşim için den/dan şeması

Proses tipi yerleşim için ise, tezgah türlerine göre parça miktarı akışlar birleştirilerek 5 tür; Torna, Freze, Vargel, Matkap ve Testere olmak üzere operasyon süreçleri belirlenmiş ve bu süreçlere göre parça akışları birleştirilmiştir. Süreç tipi yerleşim için hazırlanmış den/dan şeması aşağıdaki gibidir:

	Torna	Freze	Vargel	Matkap	Testere
Torna	180	120	0	0	0
Freze	0	0	0	0	0
Vargel	0	50	0	0	0
Matkap	100	0	0	0	0
Testere	450	50	0	90	0
Toplam	550	280	120	90	0

Şekil 6.2 Proses tipi yerleşim için den/dan şeması

6.4 Den-Dan Şemalarının FLAP Programı Veri Tabanına Uygun Şekilde Dönüştürülmesi

Karışık tip yerleşim düzeni ve süreç tipi yerleşim düzenleri için hazırlanan den/dan şemalarındaki parça akışı miktarları, FLAP programına uygun bir şekilde 1-15 rakamları arasında ölçeklendirilip dönüştürülmüştür.

	30	31	33	350	40	41	415	42	430	48	66	53	55	58	51	21	25
30		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
31	1		1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1
33	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
350	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	5	4	1	1	1
40	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1
41	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
415	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	2	1	1	1	1
430	3	5	1	12	1	1	15	1		1	7	1	1	1	5	1	1
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
66	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	5	1
53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1		1	1	1	1
58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Şekil 6.3 Karışık tip yerleşim düzenine göre den/dan şemasının FLAP veri tabanına dönüştürülmüş hali

		Parça	Parça	Parça	Parça	Parça
Parça		6	4	1	1	
Parça	1		1	1	1	
Parça	1	2	5	1	1	
Parça	3	1	1	1	1	
Parça	15	2	1	3	1	

Şekil 6.4 Proses tipi yerleşim düzenine göre den/dan şemasının FLAP veri tabanına dönüştürülmüş hali

6.5 Problemlerin Çözümü

Problemin çözüm aşaması, karışık tip yerleşim ve proses tipi yerleşim olarak iki aşamada ele alınmıştır. Her iki tip yerleşim çalışmasında da ortak olarak tezgahların yerleştirileceği atölyenin alanı ile ortalama makinelerin alanları aynı oranda ölçeklendirilmiştir.

Atölyenin alanı:

En: 19.1m

Boy: 48.9 m

Alan: $\cong 934 \text{ m}^2$

Ortalama Tezgah Ölçüleri:

En : 1,5m

Boy : 2,5m

Alan : $= 3,75 \text{ m}^2$

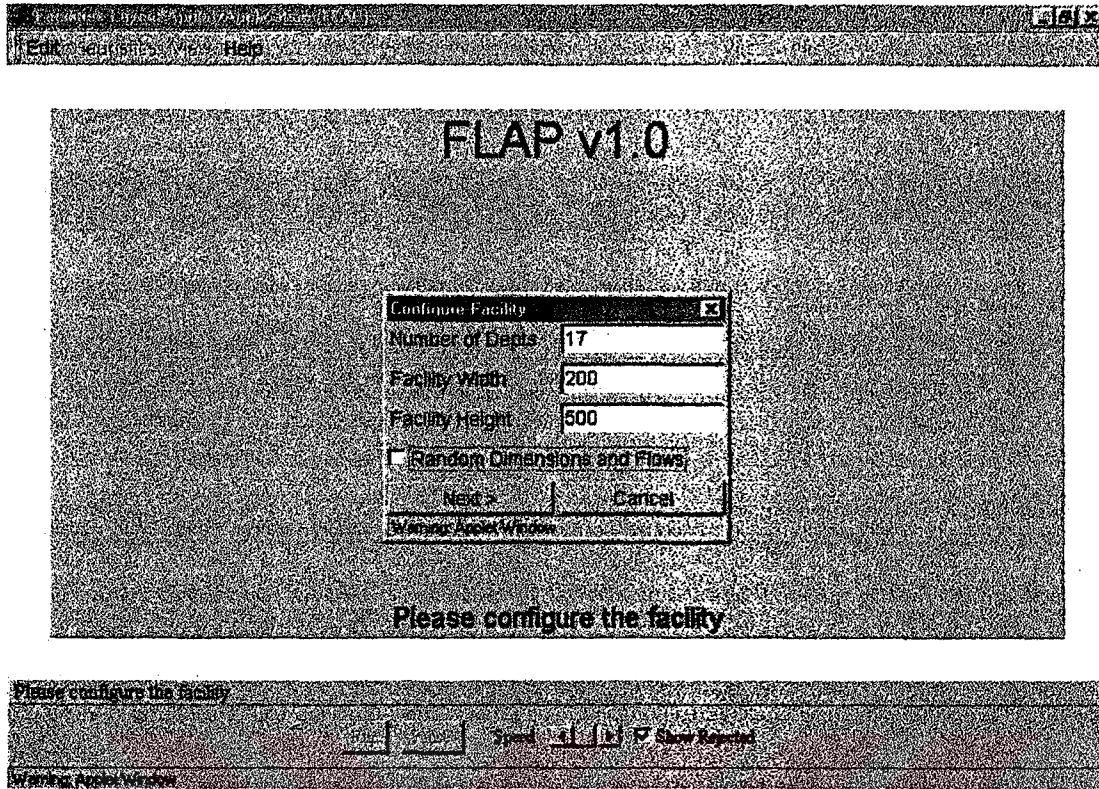
şeklindedir.

Bu ölçüler, FLAP veri tabanına uygun bir şekilde dönüştürülerek yaklaşık atölye ölçüsü olarak en : 200 boy : 500, ortalama tezgah ölçüsü ise en: 15 boy : 25 olarak alınmıştır. Amaç fonksiyonu ise “rectilinear” uzaklık tipi olarak alınmıştır.

6.5.1 Karışık tip yerleşim düzenine göre en iyi yerleşim düzeninin bulunması

Adım1:

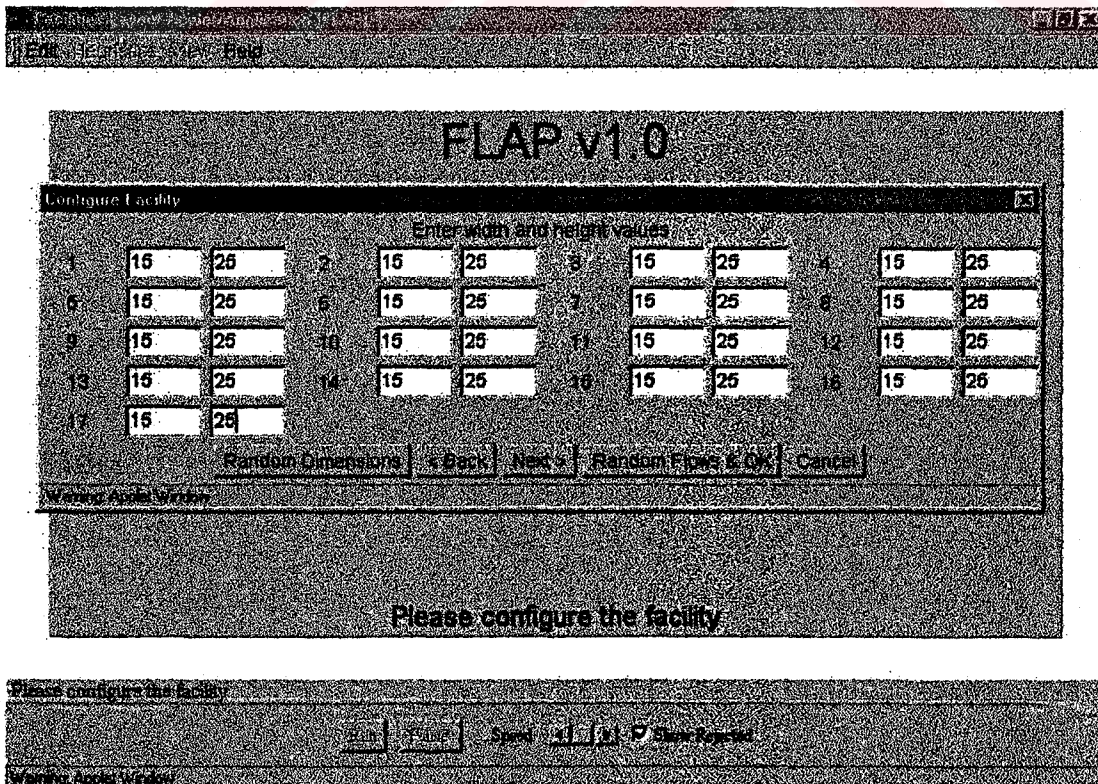
FLAP programının çalıştırılması ile birlikte 17 adet tezgahın yerleştirileceği atölyenin ölçüsü ve tezgah sayısı bilgisi “Configure Facility” kısmına girilerek bir sonraki aşamada makine ölçülerinin ve akış bilgilerinin girilebilmesi için “Random Dimension and Flows” sekmesi boş bırakılmıştır.



Şekil 6.5 Karışık tip yerleşim düzeninde atölye alan ölçülerinin programa girilmesi

Adım2:

Sonraki aşamada ise 17 tezgahın ortalama tezgah ölçüleri en boy ölçüleri tek tek çıkan menü de yerlerine girilmiştir.



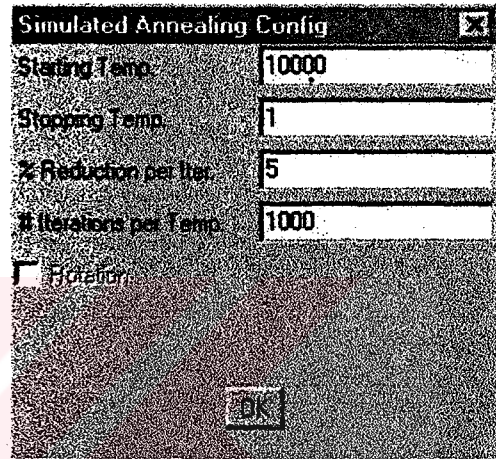
Şekil 6.6 Karışık tip yerleşim düzeni için yaklaşık tezgah ölçülerinin girilmesi

Adım 5:

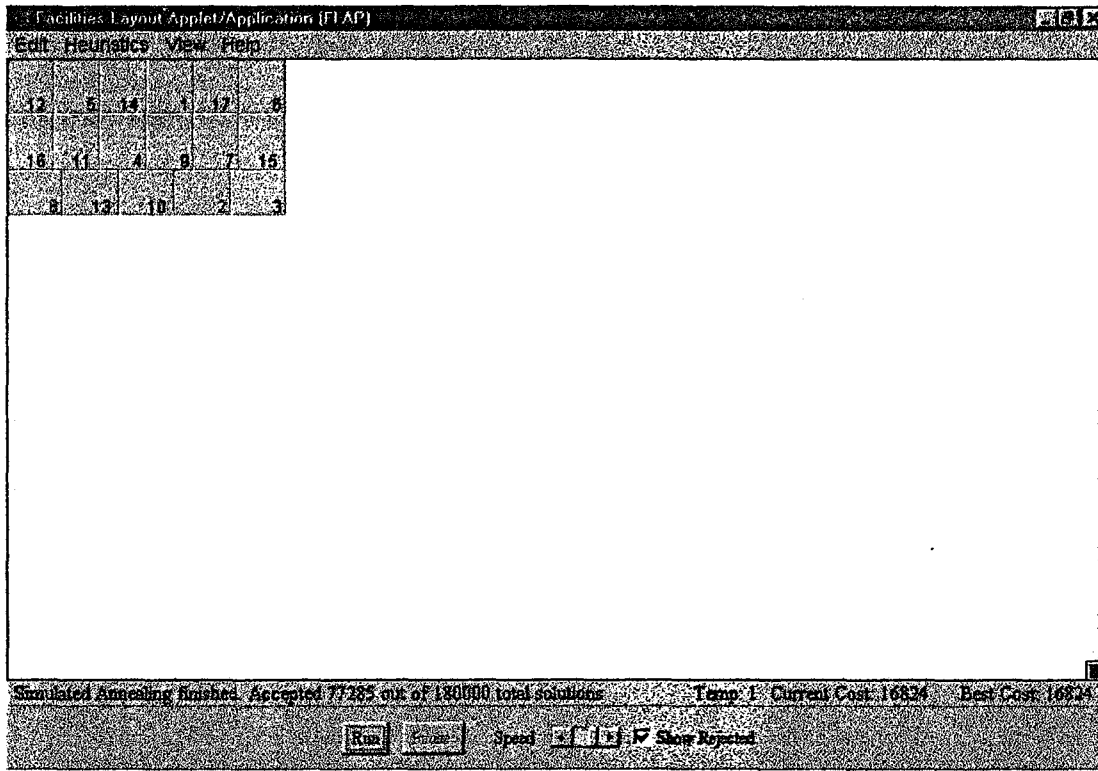
Karışık tip yerleşimde, yazılımdaki yerleşim düzeni tiplerinden “Banding (Şeritleme)” tekniğinin kullanılarak, tezgah yerleştirme band genişliğinde ise 3 er tezgahlık band genişliği atölye için uygun görüldüğünden “Banding”, 3 olarak alınmıştır. Uygun sonucun bulunabilmesi için önce İkili Optimizasyon algoritması, sonrada Tavlama Benzetimi algoritması ayrı ayrı denenmiştir. Tavlama benzetiminde kullanılan parametrelerin aldığı değerler aşağıdaki gibidir:

Başlangıç Sıcaklığı : 10.000
 Durma Sıcaklığı : 1
 Azalma Oranı : %5
 İç Döngü Tekrar Sayısı : 1.000

olarak alınmıştır.



Şekil 6.9 Karışık tip yerleşim düzeninde ikili optimizasyon algoritmasının sonucu



Şekil 6.10 Karışık tip yerleşim düzeninde tavlama benzetimi algoritmasının sonucu

6.5.2 Karışık tip yerleşim düzeninin değerlendirilmesi

Karışık tip yerleşim düzeni için İkili Optimizasyon ve Tavlama Benzetimi algoritmalarının sonuçları incelendiğinde; İkili Optimizasyon algoritmasının bulduğu en iyi yerleşim düzeni maliyeti: 17.068 , Tavlama Benzetimi algoritmasının ise bulduğu yerleşim düzeni maliyeti: 16.824 dür. Görüldüğü üzere bu sonuçlardan yola çıkarak Tavlama Benzetimi algoritmasının Karışık Tip yerleşim düzenin de İkili Optimizasyona göre yaklaşık olarak % 1,43 kadar daha iyi bir sonuç elde ettiği görülmektedir.

6.5.3 Proses tipi yerleşim düzenine göre en iyi yerleşim düzeninin bulunması

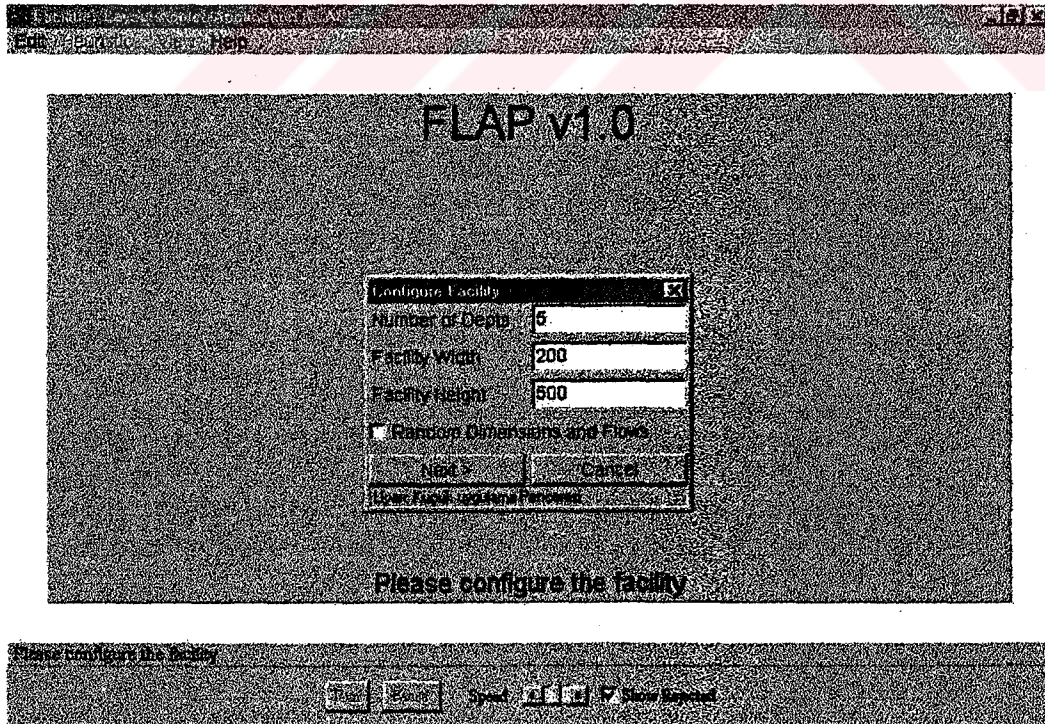
Bu tip yerleşim düzeninde, karışık tip yerleşim düzeninden farklı olarak, Torna, Freze, Vargel, Matkap ve Testere olmak üzere beş tip makine den toplam 17 tezgah, bu beş tip makine türü adı altında gruplanarak, beş farklı proses oluşturulmuştur. Bu prosesler için gerekli alan ihtiyaçları ise, ilgili süreç adı altında icraat yapan makinelerin alanları toplanarak elde edilmiştir. Malzeme akışları da aynı şekilde, aynı işi yapan tezgahlar için aynı proses tipi adı altında toplanmıştır.

Renk Kodu	Proses Türü	Yaklaşık Proses Alanı(m2)	Proses Alanlarının Yaklaşık FLAP değerleri
	Torna	33,75	30*125
	Freze	18,75	30*75
	Vargel	3,75	15*25
	Makap	3,75	15*25
	Testere	3,75	15*25

Şekil 6.11 Renk kodlarıyla, proses türleri

Adım1:

FLAP programının çalıştırılmasıyla 5 adet prosesin yerleştirileceği atölyenin ölçüsü ve proses sayısı bilgisi “Configure Facility” kısmına girilerek bir sonraki aşamada proses alanları için gerekli ölçülerinin ve akış bilgilerinin girilebilmesi için “Random Dimension and Flows” sekmesi boş bırakılmıştır.



Şekil 6.12 Proses tip yerleşim düzeninde atölye alan ölçülerinin programa girilmesi

Adım2:

Bir sonraki aşamada, 5 prosesin yaklaşık alan ölçüleri çıkan menü de yerlerine girilmiştir.

	1	2	3	4	5
Width	30	30	15	15	15
Height	125	75	25	25	25

Buttons: Random Dimensions, < Back, Next >, Random Flows & OK, Cancel

Text: Please configure the facility

Şekil 6.13 Proses tip yerleşim düzeni için yaklaşık tezgah ölçülerinin girilmesi

Adım 3:

Proses ölçüleri girildikten sonra, bu adımda malzeme akışlarından elde edilip, proses tipi yerleşim için gruplanarak, FLAP veri tabanına uygun bir şekilde dönüştürülen akış şiddetleri, programın 5 proses için uygun şekilde oluşturduğu den/dan şemasına sırayla girilir.

	1	2	3	4	5
1		6	4	1	1
2	1		1	1	1
3	1	2		1	1
4	3	1	1		1
5	15	2	1	3	

Buttons: Random Flows, < Back, OK, Cancel

Text: Please configure the facility

Şekil 6.14 Proses tip yerleşim düzenine göre den/dan şeması

Adım 4:

Başlangıç yerleşim düzeninin proses tipi yerleşim düzenine dönüştürüldüğünde yaklaşık yerleşim düzenin başlangıç maliyeti aşağıdaki gibidir:



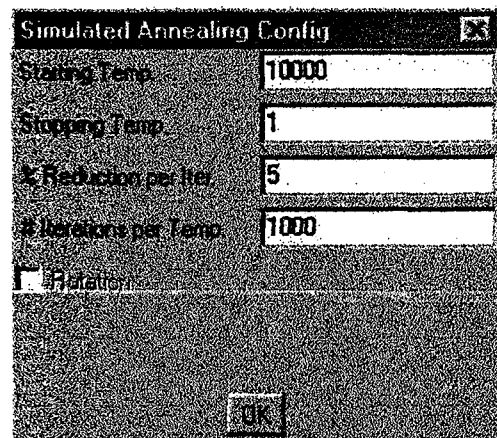
Şekil 6.15 Mevcut düzenin proses tipi yerleşim düzene göre başlangıç maliyeti

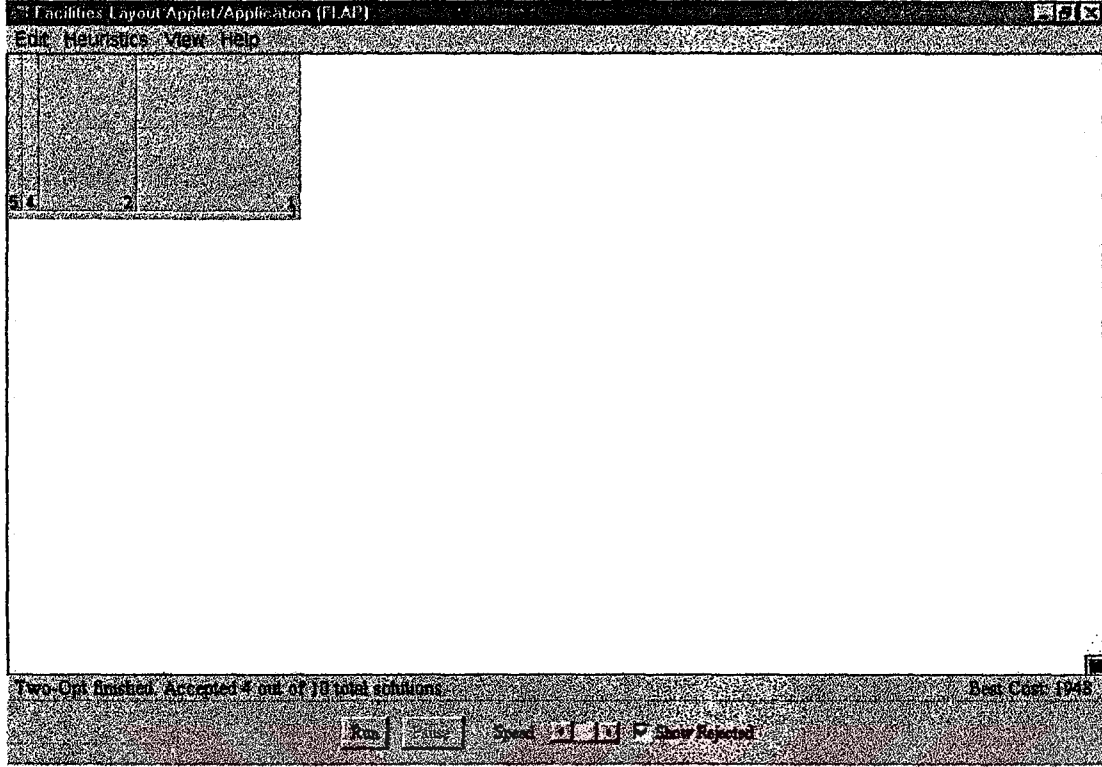
Adım 5:

Proses tipi yerleşimde, yazılımdaki yerleşim düzeni tiplerinden “Banding (Şeritleme)” tekniği kullanılmış, proses yerleştirme band genişliğinde ise 2 şerli band genişliği atölye için uygun görüldüğünden “Banding”, 2 olarak alınmıştır. Uygun sonucun bulunabilmesi için önce İkili Optimizasyon algoritması, sonrada Tavlama Benzetimi algoritması ayrı ayrı denenmiştir. Tavlama benzetiminde kullanılan parametrelerin aldığı değerler aşağıdaki gibidir:

Başlangıç Sıcaklığı : 10.000
 Durma Sıcaklığı : 1
 Azalma Oranı : %5
 İç Döngü Tekrar Sayısı : 1.000

olarak alınmıştır.





Şekil 6.16 Proses tipi yerleşim düzeninde ikili optimizasyon algoritmasının sonucu



Şekil 6.17 Proses tipi yerleşim düzeninde tavlama benzetimi algoritmasının sonucu

6.5.4 Proses tipi yerleşim düzeninin değerlendirilmesi

Proses tipi yerleşim düzeni için İkili Optimizasyon ve Tavlama Benzetimi algoritmalarının sonuçları incelendiğinde; İkili Optimizasyon algoritmasının bulduğu en iyi yerleşim düzeni maliyeti: 1948 , Tavlama Benzetimi algoritmasının ise bulduğu yerleşim düzeni maliyeti: 1546 dır. Görüldüğü üzere bu sonuçlardan yola çıkarak Tavlama Benzetimi algoritmasının Proses Tipi yerleşim düzenin de İkili Optimizasyona göre yaklaşık olarak % 20,64 kadar daha iyi bir sonuç elde ettiği görülmektedir.

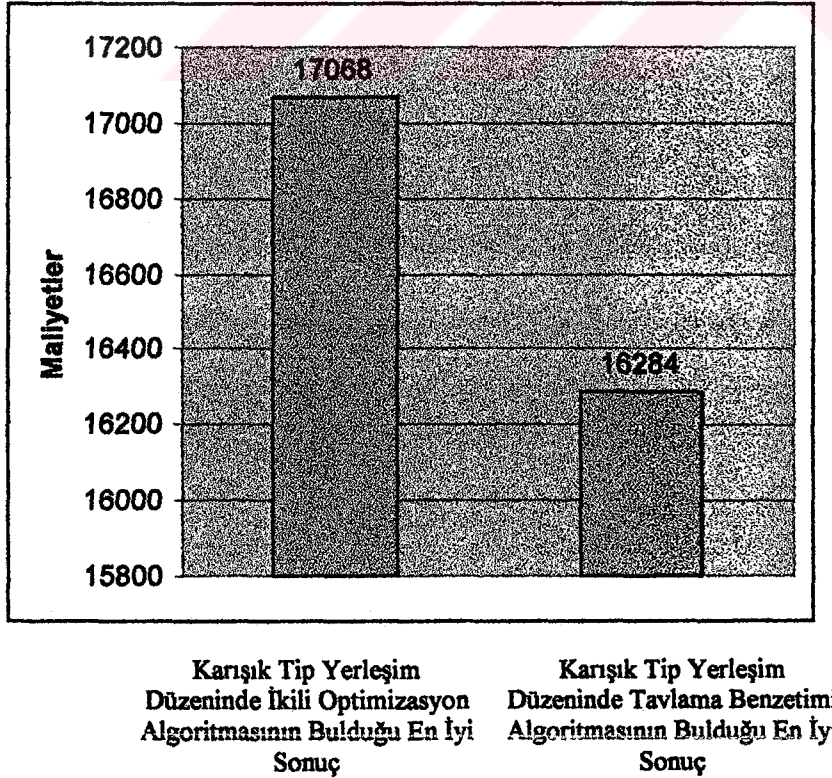


BÖLÜM 7 SONUÇLAR

Görüldüğü üzere, torna hane atölyesinde yapılan tesis düzenleme problemi çalışmasında, atölye içi yerleşim düzenlemesi üzerinde durulmuştur.

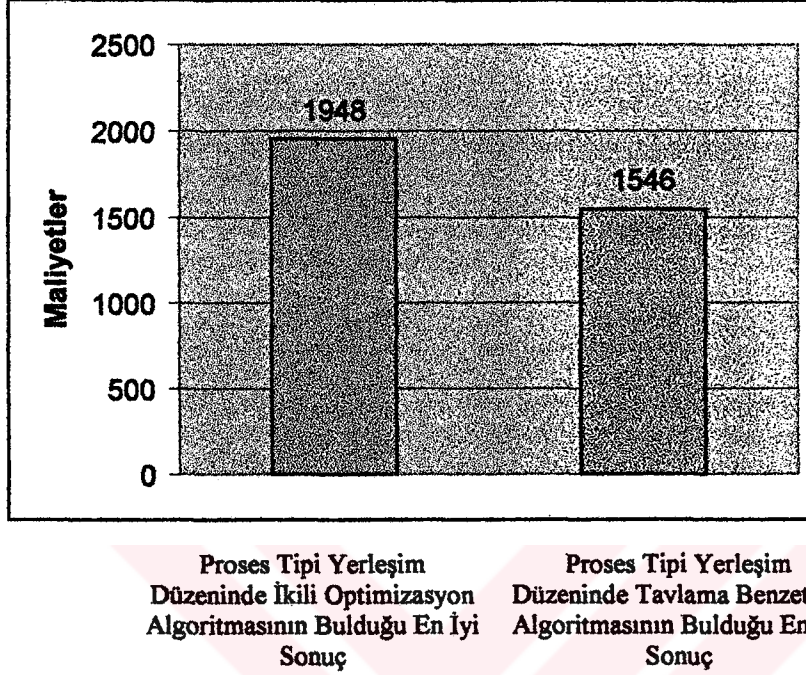
Karışık tip yerleşim düzeni ve proses tipi yerleşim düzeni açısından ayrı ayrı yapılan çalışmalar da hem Tavlama Benzetimi algoritmasının hem de İkili Optimizasyon algoritmasının performansları incelenmiş, mevcut yerleşim düzeni iyileştirilmeye çalışılmıştır.

Karışık tip yerleşim düzeni açısından yapılan çalışmada, Tavlama Benzetimi algoritması tarafından bulunan en iyi maliyetli düzen, İkili Optimizasyon algoritmasının bulduğu sonuca göre % 1,43 kadar daha iyi bir sonuç vermiştir.



Şekil 7.1 Karışık tip yerleşim düzeninde ikili optimizasyon ve tavlama benzetimi algoritmalarının performansları

Proses tipi yerleşim düzeni açısından yapılan çalışmada ise Tavlama Benzetimi algoritması, İkili Optimizasyon algoritmasına göre % 20,64 daha iyi bir sonuç vermiştir.



Şekil 7.2 Proses tipi yerleşim düzeninde ikili optimizasyon ve tavlama benzetimi algoritmalarının performansları

Karışık tip yerleşim düzeni ve proses tipi yerleşim düzeni çalışmalarında da en iyi sonucu veren Tavlama Benzetimi algoritmasının bulunduğu en iyi maliyetli yerleşim düzenlerinin uygulanmasında, uygun çalışma ve güvenlik payları da ilave edilerek oluşacak yaklaşık yerleşim düzeni maliyetleri ise, başlangıç yerleşim düzeni yaklaşık maliyeti ile birlikte aşağıdaki gibidir:



Şekil 7.3 Yaklaşık başlangıç yerleşim düzeni



Şekil 7.4 Uygulanması durumunda karışık tip yerleşim düzeni için bulunan yaklaşık tavlama benzetimi yerleşim düzeni

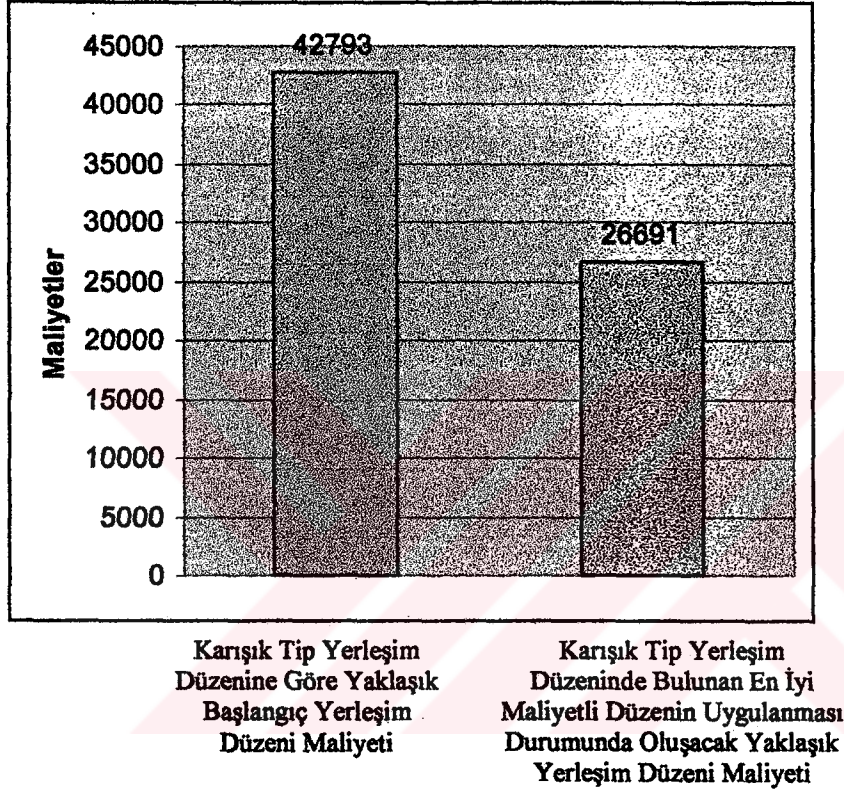


Şekil 7.5 Başlangıç yerleşim düzeninin proses tipi yerleşim düzenine dönüştürüldüğünde yaklaşık yerleşim düzeni

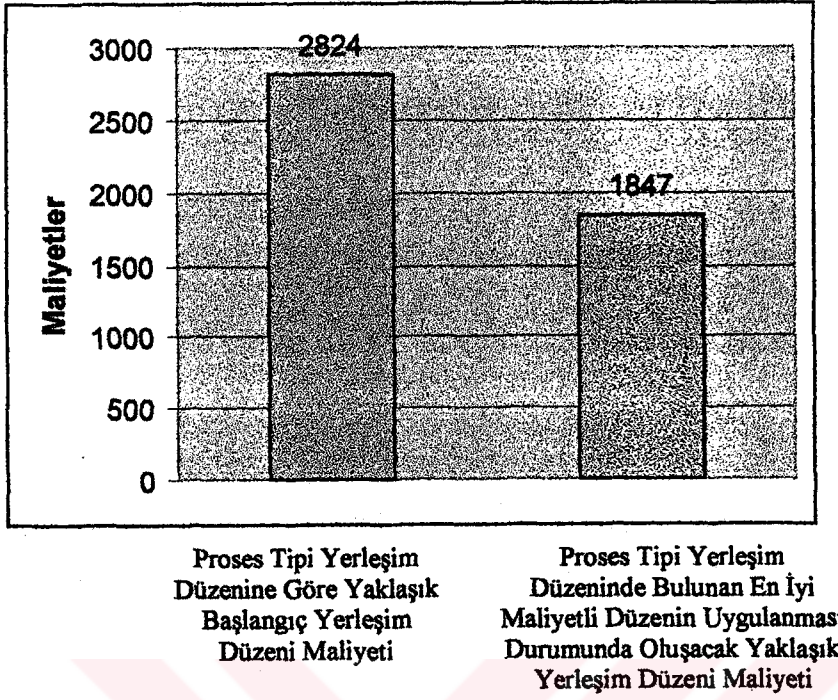


Şekil 7.6 Uygulanması durumunda proses tipi yerleşim düzeni için bulunan yaklaşık tavlama benzetimi yerleşim düzeni

Gerek karışık tip yerleşim düzeninde, gerekse de proses tipi yerleşim düzeninde Tavlama Benzetimi algoritmasının İkili Optimizasyon algoritmasına göre bulmuş olduğu iyi sonuçların uygulanması durumunda oluşan yerleşim düzeni maliyetlerinin, başlangıç yerleşim düzeni maliyetlerine göre performansı şu şekildedir:



Şekil 7.7 Karışık tip yerleşim düzeni için uygulanması durumunda başlangıç ve final yerleşim düzeni maliyetleri



Şekil 7.8 Proses tipi yerleşim düzeni için uygulanması durumunda başlangıç ve final yerleşim düzeni maliyetleri

Karışık tip yerleşim düzeni çalışmasının sonucunda Tavlama Benzetimi algoritmasının bulduğu en iyi maliyetli çözümün uygulanması durumunda oluşacak yerleşim düzeni maliyeti, başlangıç yerleşim düzeni maliyetine göre yaklaşık olarak % 37,63 daha iyi bir sonuç vermiştir.

Proses tipi yerleşim düzeni çalışması sonucunda ise Tavlama Benzetimi algoritmasının bulduğu en iyi maliyetli çözümün uygulanması durumunda oluşacak yerleşim düzeni maliyeti, proses tipine göre yaklaşık başlangıç yerleşim düzeni maliyetine göre yaklaşık olarak % 34,60 daha iyi bir sonuç vermiştir.

Farklı bir örnek üzerinde artan departman sayısına bağlı olarak Tavlama Benzetimi algoritması ile İkili Optimizasyon algoritmalarının performanslarını incelediğimizde, N tezgah sayısına bağlı olarak değişen olası yerleşim sayısının büyüklüğüne göre İkili Optimizasyon ve Tavlama Benzetimi algoritmalarının sonuçları farklılaşmaktadır. Bu değişimi 10 ayrı örnekte değişen tezgah sayısına göre iki algoritmanın verdiği sonuçlardan inceleyecek olursak:

Tablo 7.1 : Artan tezgah sayısına göre problemlerin çözümleri

N	Başlangıç Maliyeti	İkili Opt. Maliyeti	Değerlendirilen Düzen Sayısı	Tav. Ben. Maliyeti	Değerlendirilen Düzen Sayısı
3	9022	9022	3	9022	3200
5	45122	28293	10	28042	3200
7	76185	67012	21	55846	3200
9	126346	106503	36	104927	3200
11	203540	174081	55	166434	3200
13	290280	242559	78	235702	3200
15	362293	326284	105	300805	3200
17	455837	401622	136	387051	3200
19	686972	608814	171	562425	3200
21	912507	772303	210	725221	3200

Bu Örnek Problemden Kullanılan Tavlama Benzetimi Algoritmasında :

T ilk: 8000
T son: 50

Azalma Oranı: %15

Tekrar Sayısı: 100

alınmıştır.

Artan tezgah sayısına bağlı olarak, Tavlama Benzetimi algoritması parametreleri değiştirilmemesine rağmen İkili Optimizasyon algoritması sonuçlarının, Tavlama Benzetimi algoritmasına göre daha kötü sonuçlar verdiği görülmektedir. Düşük tezgah sayılarında, olası düzen sayıları az olduğundan iki algoritma birbirine daha yakın sonuçlar verdiği, tezgah sayısı arttığında ise Tavlama Benzetimi algoritmasından daha iyi sonuçlar alındığı görülmektedir. Tavlama Benzetimi algoritmasının parametrelerinin değiştirilip, değerlendirilen düzen sayısının arttırılmasıyla daha iyi sonuçlar alınması söz konusu olabilmektedir.

BÖLÜM 8 TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu çalışmada tesis yerleşim düzenlemesi konusu üzerinde durularak, tesis düzenleme probleminin nasıl bir problem olduğu ve bu tür problemlerin çözümünde kullanılabilecek optimizasyon algoritmalarına değinilmiş ve son yıllarda özellikle popüler hale gelen Tavlama Benzetimi algoritmasının tesis düzenleme problemine uygulanması üzerinde durulmuştur. Bu alanda literatürde çok sık yer alan ve günümüzde de hala bir kısmı sıklıkla kullanılan eski tip algoritmalar da ele alınıp okuyuculara sunulmuştur.

Çalışmada ayrıca bu alanda kullanılan yazılımlardan FLAP programı incelenerek, gerçek bir uygulama yapılmıştır. Bu uygulama ile ilgili olarak 17 Ağustos 1999 depreminde hasar gören ve yeniden yapılanma sürecine giren TÜVASAŞ fabrikasında bir çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada, Tavlama Benzetimi ve İkili Optimizasyon algoritmalarının, iki farklı yerleşim tipindeki performansları incelenmiş, sonuçlar kıyaslanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde Tavlama Benzetimi algoritmasının İkili Optimizasyon algoritmasına göre daha iyi bir sonuç verdiği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmaya ilaveten teorik bir örnek çalışma da bu iki algoritmanın performansı incelenmiş, bu çalışmanın sonucunda da, artan departman sayısına bağlı olarak yapılan 10 adet bağımsız ayrı denemede Tavlama Benzetimi algoritmasının İkili Optimizasyon algoritmasına göre daha iyi bir sonuç vermiştir. Departman sayısı azaldığında İkili Optimizasyon algoritmasının Tavlama Benzetimi algoritmasına yakın, hatta aynı sonuçlar verdiği görülmüştür. Tabii burada iki algoritmanın çözüm sürecinde değerlendirmeye tabi tuttuğu düzen sayısının da önemi büyüktür. Dolayısıyla Tavlama Benzetimi algoritmasının parametrelerinde yapılacak değişimlere bağlı olarak sonuçlarda değişimler olasıdır.

Bundan sonraki çalışmalarda çizelgeleme, montaj hattı dengeleme v.s gibi değişik problem türlerine Tavlama Benzetimi algoritması uygulanabilir. Farklı performans kriterlerine göre değişik algoritmaların performansları kıyaslanabilir ve böylece daha farklı çalışmalar yapılabilir.

Bu çalışmamın diğer çalışmalara ışık tutması temennisiyle.



KAYNAKÇA

- [1] AKKAYA, G., “ Tavlama Benzetimi algoritması ile Akış Tipi Çizelgelemede Toplam Akış Zamanının Minimizasyonu ”, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ End. Müh. Böl., Sakarya, 1997
- [2] Chae, Junjae. “Facility Layout Design using Genetic Algorithm”.
- [3] ÇAMUR, Ö., ÖRENGÜL, Ö., “ Tavlama Benzetimi ve Uygulama Alanları ”, Bitirme Tezi, SAÜ End. Müh. Böl., Sakarya, 1998
- [4] Dhingra, S.L., Prabhat S. “Use of Advanced Optimisation Techniques For Bus Transit Route Network Design”
- [5] Fahle, Torsten., Meinolf Sellmann. internet adresi: <http://www.uni-paderborn.de/cs/ag-monien/RESEARCH/CO/>
- [6] Hamam, İskandar., Tarik Al-Anı.”Simulated Annealing Approach for Training Hidden Markov Models”. France
- [7] Kaminsky, Phil.”Facilities Layout Applet/Application (FLAP) v1.0 “, internet adresi: <http://riot.ieor.berkeley.edu/riot/Applications/flap/>
- [8] KAYAN, D.,” Tesis Planlama ”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Haziran 1987
- [9] Mahfoud , S.W., David E. G. “Parallel Recombinative Simulated Annealing: A Genetic Algorithm”.1993

[10] Minis, Ioannis., George Harhalakis, Satish Jojodia, Jean Marrie Proth. "Computerized Layout Solitions Using Simulated Annealing". France: 1990

[11] PALEKAR, U, S. "Plant Layout", Lecture Notes.

[12] PÍCHE, R., " A bluffer's guide to SA, GA, an TS", Seminar Notes, 2001

[13] POLAT, S., "Tesis Planlaması ve Kullanılan Matematik Modeller ", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Haziran 1984

[14] Posani, M., " Systematic Plant Layout", Business and Industry, publication BI18, 1993

[15] Sverdlik, Bill. "Travelling Salesperson Problem – Simulated Annealing", internet adresi: <http://www.docs.uu.se/~sverdlik/simanneal.html>

[16] VENTURA, Jose Antonio., "İnital Layout Construction", Notes, P.S. University.

[17] Vilkkko, M. "New Approach to Short-Term Planning of Hydro-Thermal Power Production". 1999

ÖZGEÇMİŞ

Alparslan Serhat DEMİR

1978 yılında Gaziantep iline bağlı Nizip ilçesinde doğdu. Anne ve babası öğretmen bir ailenin ikinci çocuğuydu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sakarya iline bağlı Adapazarı ilçesinde tamamladı. 1995 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünü kazandı. 1999 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği üzerine yüksek lisans eğitimine başladı. 2001 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.