

L Şekilli Bölümler İle Tesis Yerleşimi İçin Bir Genetik Algoritma

Beytullah Ulusoy

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül, 2007

A Genetic Algorithm For The Plant Layout Design With L Shaped Departments

Beytullah Ulusoy

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Industrial Engineering

September, 2007

L Şekilli Bölümler İle Tesis Yerleşimi İçin Bir Genetik Algoritma

Beytullah Ulusoy

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. R. Aykut Arapoğlu

Eylül, 2007

Beytullah Ulusoy' un YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “L Şekilli Bölümler İle Tesis Yerleşimi İçin Bir Genetik Algoritma” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Yrd. Doç. Dr. R. Aykut ARAPOĞLU (Danışman)

Üye : Prof. Dr. Atilla İŞLİER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muzaffer KAPANOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Servet HASGÜL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nil ARAS (A. Ü.)

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

L ŞEKLİNDEKİ BÖLÜMLER İLE TESİS YERLEŞİMİ İÇİN BİR GENETİK ALGORİTMA

BEYTULLAH ULUSOY

ÖZET

Bu tezde, tesis yerleşim problemlerine genetik algoritma ile çözüm yaklaşımları araştırılmıştır. Çalışmanın amacı, malzeme taşıma maliyetlerini en küçükleyecek yerleşim düzenlemesini oluşturmaktır. Genetik algoritmalar doğal seçim ve genetik arama mekaniğine dayanan rassal bir arama yöntemidir. Genetik algoritmalar kendi arama süreçlerinin oluşturulması bakımından çok sayıda avantaja sahiptir. Bundan dolayı, tesis yerleşim problemleri gibi kombinatoryal problemlerde çok iyi sonuçlar vermektedir. Bu tezde, tesis yerleşim problemlerinin çözümü için yeni bir genetik algoritma önerilmektedir. Önerilen yöntemde bölümler dikdörtgensel yapı şeklinde olabildiği gibi “L” görünümlü yapı şeklinde de olabilmektedir. Önerilen çözüm yöntemi literatürdeki problemler üzerinde uygulanmış ve sonuçlar literatürdeki mevcut metotların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çözüm yöntemi iyi sonuçlar vermiş ve uygulanabilirliği hakkında önerilere yer verilmiştir .

Anahtar Kelimeler: Tesis Yerleşim Problemi, Genetik Algoritmalar, L şeklindeki bölümler.

A GENETIC ALGORITHM FOR THE PLANT LAYOUT DESIGN WITH L SHAPED DEPARTMENTS

BEYTULLAH ULUSOY

SUMMARY

In this thesis, solution approaches to the plant layout problems by using genetic algorithms are investigated. The purpose of this thesis is to generate a plant layout that minimizes total material handling cost. Genetic algorithms are search algorithms based on natural selection and genetic search mechanisms. They have their own advantages in setting up their search processes. Therefore, they provide good solutions to combinatorial problems such as plant layout problems. In this thesis, a new genetic algorithm that finds good solutions to the plant layout problem has been proposed. Departments are allowed to have different area requirement and their shapes can be rectangular as well as L shaped. The proposed solution approach has been applied to the test problems taken from the literature and results are compared. The solution approach has generated good results and useful suggestions about its applicability are also included.

Keywords: Plant Layout Problems, Genetic Algorithms, L shaped departments.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarımnda, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarımnda, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Yrd. Doç.Dr. R. Aykut Arapoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2.TESİS YERLEŞİM DÜZENLEMESİ	5
2.1. Temel Yerleşim Tipleri.....	6
2.1.1. Sabit konumlu yerleşim düzenlemesi	6
2.1.2. Ürüne göre yerleşim	7
2.1.3. Ürün ailesine göre yerleşim	8
2.1.4. Sürece göre yerleşim.....	10
2.2. Tesis Yerleşim Düzenlemesinin Önemi.....	10
2.3. Tesis Düzenlemesinin Amaçları	11
2.4. Tesis Yerleşim Problemine Çözüm Yaklaşımları.....	12
3.GENETİK ALGORİTMALAR	17
3.1. Genetik Algoritmaların Üstünlükleri Ve Sınırlamaları.....	18
3.2. Genetik Algoritmaların Temel Yapısı Ve Adımları	19
3.3. Genetik Algoritmaların Çalışma Süreci	22
3.3.1. Başlangıç popülasyonunun oluşturulması.....	22
3.3.2. Uyum değerinin hesaplanması	22
3.3.3. Seçim.....	23
3.3.4. Çaprazlama.....	26
3.3.5. Mutasyon.....	27
3.3.6. Yeni popülasyonun oluşturulması.....	27
3.3.7. Genetik algoritma çalışma döngüsünün sonlandırılması	28

İÇİNDEKİLER(devam)

Sayfa

4.TESİS YERLEŞİM PROBLEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMALARIN

KULLANILMASI..... 29

4.1. Tesis Yerleşimi Probleminin Genetik Algoritmalarla Gösterimi	29
4.2. Yerleşim Planının Kodlanması	32
4.3. Tesislerin Geometrik Kısıtları.....	33
4.4. Tesis Yerleşim Probleminde Genetik Algoritmanın Kullanılması	34
4.4.1. Başlangıç popülasyonunun oluşturulması.....	34
4.4.2. Tesis yerleşim problemlerinde genetik çaprazlama	35
4.4.3. Tesis yerleşim problemlerinde mutasyon	37
4.5. Değerlendirme Ve Seçim	38

5.TESİS YERLEŞİM PROBLEM ÇÖZÜMÜNE BİR GENETİK ALGORİTMA.. 39

5.1. Algoritmadaki Varsayımlar.....	39
5.2. Genetik Algoritmalarla Çözüm Adımları	42
5.2.1. Veriler	42
5.2.2. Rassal yerleşimin oluşturulması.....	42
5.3. Genetik Algoritma Temel Adımlarının Uygulanması	48
5.3.1. Başlangıç popülasyonunun oluşturulması.....	49
5.3.2. Uyum fonksiyonu.....	50
5.3.3. Seçim ve çaprazlama.....	50
5.3.4. Mutasyon.....	54

6. DENEYSEL BULGULAR 56

6.1. Test Problemi Ve Parametreler	56
6.2. Analiz Sonuçları.....	57

7. SONUÇ VE ÖNERİLER..... 60

KAYNAKLAR DİZİNİ 62

EKLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1	Genetik algoritmaların genel akış şeması.....21
3.2	Rulet yöntemi şekilsel gösterimi.....24
4.1	Örnek genetik gösterim.....30
4.2	Eşit alanlı bölümlere sahip yerleşim.....31
4.3	Farklı alanlı bölümlere sahip yerleşim.....32
4.4	Dilimlenmiş yapı.....33
5.1	İki bölümün toplam alanı.....40
5.2.a	Yatay kesimli tipler.....40
5.2.b	Düşey kesimli tipler.....40
5.3.	Bölüm tipleri.....41
5.4	3 kesimli tesis yerleşimi.....41
5.5	Örnek yerleşim.....43
5.6	Kesme tipleri.....44
5.7	L şekilli bölüm boyutları.....46
5.8	3 kesim 7 bölümlü örnek yerleşim.....50
5.9	Ebeveynlerin yerleşim düzeni.....52
5.10	Çocukların yerleşim düzeni.....54
6.1	Uyum değeri nesil grafiği.....59

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Rulet yöntemi için örnek popülasyon bilgileri.....	24
3.2 Turnuva seçimi için örnek bir popülasyon.....	25
4.1 Komşu yerleşimli mutasyon.....	37
6.1 Test problemleri sonuçları(sabit kesimli).....	57
6.2 Analiz sonuçları.....	58

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bir sistem olarak varlığını sürdüren her işletmenin belirli amaçları vardır. Bu amaçlara ulaşabilmek için kuruluş aşamasından itibaren iyi planlar yapmaya ihtiyaç duyulur. Günümüzde belirsizliğin çok olduğu ortamda faaliyet gösteren işletmeler amaçlarına ulaşabilmek için çözümü zor sorunlarla karşı karşıya kalabilirler.

Hizmet ve sanayi kuruluşlarında karşılaşılan sorunlar ve bunların çözümleri büyük maliyetlere sebep olabilmektedir. Bu maliyetlerin büyük bir bölümü malzeme taşıma maliyetleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Malzeme taşıma maliyetinin üretim maliyetlerindeki oranı %20 ile %50 arasında değişmektedir (Tompkins et al., 2003). Malzeme taşıma maliyetleri, doğrudan tesis içi yerleşim ile bağlantılıdır. Malzeme taşıma maliyetlerini en küçükmek tüm işletmelerin ayakta kalabilmesi ve rekabet edebilmesi için vazgeçilmez bir koşuldur. Dünya ülkeleri arasında coğrafi sınırların kalkmaya başladığı, küreselleşmenin gündemde olduğu bu yüzyılda işletmeler arası rekabet boyutlarının da sınırlar ötesi seviyelere ulaşmaya başladığı görülmektedir. Önemi gün geçtikçe artan rekabet, tüketici istekleri doğrultusunda üretimin gerekliliğini ortaya çıkarmakta, bu da üretimde ortaya çıkan sorunların çözümüne verilmesi gereken önemin artırılmasının gerekliliğini göstermektedir. Çözümü önemli konuların başında da tesis yerleşim problemi gelmektedir.

Tesis yerleşimi problemi Armour ve Buffa'nın 1960'lı yılların başındaki yayınları ile araştırmacıların ilgisini çekmiş ve bugüne kadar çok sayıda araştırmanın konusu olmuştur (Armour and Buffa, 1963). Tesis yerleşimindeki konu tesis tasarımının yapılmasıdır. Tesis tasarımı, nerede, nasıl ve hangi büyüklükte bir tesisin yapılacağı, gerekli iç ve dış birimlerin yerlerinin konumlandırılması ile ilgilidir. Genel olarak tesis tasarımı iki aşamada ele alınmaktadır. İlk aşamada bölümlerin tesis içinde konumlandırılması (yani blok yerleşim) ikinci aşamada ise malzeme girdi/çıkışı

noktaları, akışlar ve ürün rotalarının göz önüne alındığı detaylı yerleşim ile ilgilidir. Bu çalışmada blok yerleşim kullanılmıştır.

En çok karşılaşılan tesis yerleşim problemi, temel olarak boyutları bilinen dikdörtgensel bir tesisin belirli sayıda ve alanları bilinen bölümlere ayrılması problemidir. Malzemelerin kendi rotalarını takip etmesi, bölümler arasındaki akışları oluşturur. Akış miktarı bilgileri biliniyor kabul edilir. Sadece bölümler arası akışlar dikkate alınır, bölüm içi akışlar önemsiz kabul edilir. Amaç, alanları farklı ancak bilinen belirli sayıdaki bölümü tesis içine bölümler arasındaki toplam taşıma maliyetini en küçükleyecek şekilde yerleştirmektir. Problem bu iki boyutlu yapısı ile (bölüm alanları eşit ve yerleşim alanları sabit olsa bile) karesel atama problemine dönüşür ve bu problemin NP-Zor olduğu bilinmektedir (Sahni and Gonzalez, 1976).

Bu çalışmanın amacı, tesis yerleşim problemlerinin çözümüne katkı sağlayacak bir sezgisel yöntem geliştirmektir. Sezgisel yöntem olarak genetik algoritma tekniği kullanılmıştır. Genetik algoritmaların bu tür problemde değişik yerleşim düzenlemeleri türeterek başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Artan nüfus ve buna bağlı olarak artan ihtiyaçlar karşısında kaynakların sınırlı oluşu, ana amacı karlılık olan işletmeleri üretimlerinin her alanında planlı davranmaya zorlamaktadır. İlk yatırım maliyetleri, enerji ve insan gücü maliyetlerinin yüksek oluşu tesis yerleşim düzenlemesini önemli kılmaktadır. Yöneticiler de tesis yüzölçümü, enerji, zaman ve insan gücünden tasarruf sağlamaya dikkat ederler.

Tesis yerleşimi sorunu sanayi devrimi ile önemini artırmıştır. Sanayi devrimi öncesi küçük atölyelerde yapılan üretim, sanayi devrimi ile birlikte daha büyük fabrikalarda yapılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte üretim faaliyetleri karmaşık yapılar haline almaya başlamış ve tesis yerleşim problemini ortaya çıkarmıştır.

Tesis yerleşimi, sanayi devriminin ilk yıllarından 1950'li yıllara kadar üzerinde fazla durulmayan bir problem olmuştur. Nedeni ise o yıllara kadar işgücü ve arazi maliyetlerinin toplam üretim maliyeti içinde fazla yer tutmamasıdır. Gerek işgücü

maliyetlerinin giderek artması, gerekse de nüfusu hızla artan şehir merkezlerinde arazi fiyatlarının artarak ilk yatırım maliyetlerinde önemli yer teşkil etmesi, yer seçimi ve yerleşim düzenlemesini önemli bir problem haline getirmiştir.

Tesisin, kuruluş aşamasında ve daha sonra sürekli olarak planlama gerektiren konuların başında tesis yerleşim problemi gelmektedir. Tesis yerleşim problemi, bölümlerin birbirlerine göre konumlarına bağlı olarak malzeme taşıma maliyetlerinin en küçüklemesiyle ilgilenmektedir.

Tesisler genellikle büyük yatırımlar gerektirdiği için, yerleşim konusu büyük önem taşımaktadır. Kuruluş aşamasındaki eksik ve yanlış düzenlemeler, sonrasında düzeltilmesi yüksek maliyetli sonuçları çıkarabilir. Tesis yerleşim problemleri çok değişik durumlarda ortaya çıkabilir. Örnek olarak, ürün tasarımındaki bir değişim, tesisin üretim hattından bir ürün çıkarması veya eklemesi, ürünlerin talebe bağlı olması, üretim teknolojisi tesis yerleşiminde de değişiklikler gerektirebilir. Yerleşim problemi, üretimde tıkanıklık, gecikmeler, boş zaman, malzeme akışının engellenmesi ve üretim zamanına göre yüksek bir malzeme taşıma maliyeti gibi kademeli değişimleri de kapsamaktadır.

Tesis yerleşimi problemi NP-zor bir problemdir. Bunun sebebi yerleşimdeki bölüm ve alan sayısına bağlı olarak yerleşim seçeneği sayılarının üstel olarak artış göstermesidir. Bu sebepten büyük boyutlu problemler eniyileme yöntemleri ile etkin olarak çözülememektedir. Problemin çözümünde yöneylem araştırması, bilgisayar teknolojisi, yönetim bilimleri, matematik gibi bilim dallarındaki gelişmeler sayesinde ilerlemeler kaydedilmiştir. Sezgisel uygulamalar sayesinde daha anlamlı çözümler elde edilmiştir (Kulluk, 2003).

Uzun yıllardır tesis yerleşimi ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Günümüzde de bu konu önemini ve güncelliğini korumaktadır. Geçmişte yapılmış birçok çalışma, günümüzde bilgisayarın da desteği ile ileri boyutlara taşınmıştır. Benzetim teknikleri, uzman sistemler ve genetik algoritmalar kullanılarak yapılan sezgisel yerleşimlerin çok iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Geliştirilen sezgisel

yöntemlerden Genetik Algoritmalar, Tabu Arama ve Tavlama Benzetimi tesis yerleşim problemlerinde en iyi çözüme yaklaşımda başarılı sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada blok yerleşim düzenlemesi üzerinde durulmuştur. Dikdörtgensel bir tesis, farklı alanlı bölümler ve malzeme akış miktarlarının biliniyor kabul edildiği, bölüm içi akışların dikkate alınmadığı varsayımı ile bir genetik algoritma geliştirilmiştir. Dikdörtgensel tesisin eni boyunca bölünerek oluşturulan kesim (bay) sistemi oluşturulmuş ve bölümler kesimlere ondan sonra yerleştirilmiştir. Bölümlerin sadece dikdörtgen şeklinde değil, hem dikdörtgen hem de “L” şeklinde olması sağlanmış ve bu karma yapının sonuçları analiz edilmiştir.

Bu çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, tesis yerleşim problemleri, tesis yerleşim tipleri, tesis yerleşim problemlerine çözüm yaklaşımları tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde, genetik algoritmalar hakkında genel bilgi, temel yapısı ve çalışma süreci hakkında bilgi verilmiştir. Tesis yerleşim problemlerine genetik algoritmaların uygulanması aşamaları dördüncü bölümde tartışılmıştır. Beşinci bölümde, tesis yerleşim problemlerinde uygulanabilecek, geliştirilen genetik algoritma ve işleyişi hakkında bilgi verilmiştir. Altıncı bölümde, elde edilen sonuçların incelenmesi ve literatürdeki mevcut sonuçlarla karşılaştırmaları yapılmıştır. Son bölümde ise, tesis yerleşim problemlerinde genetik algoritma süreciyle elde edilen sonuçların yorumu ve gelecekte olası araştırma konuları için öneriler sunulmuştur.

BÖLÜM 2

TESİS YERLEŞİM DÜZENLEMESİ

Tesis yerleşim düzenlemesi çalışmalarının kapsamı; tesis binalarının arazi üzerine yerleştirilmesi yani konumlarının belirlenmesi, değişik işlemler için bu binaların içerisine alanlar tahsis edilmesi ve alanların konumlarının düzenlenmesi, ayrıca her alan içerisinde bulunacak; insan, makine, malzeme ve teçhizatın konumlandırılmasıdır.

Tesis yerleşim düzenleme problemi genellikle iki durumda ortaya çıkmaktadır. Yeni yapılacak olan üretim sistemi için gerekli olmakla birlikte, mevcut işletmede bazı nedenlerden dolayı söz konusu olabilir. Bu nedenler şunlardır (Özkale, 2002):

- Mamul tasarımındaki değişiklikler,
- Tesisin üretim hattından bir mamulün çıkarılması veya eklenmesi,
- Talepteki artış veya azalışlar,
- Teknolojisi eskiyen makine-teçhizat,
- Üretim sürelerindeki artışlar,
- Atıl kapasitenin artması,
- Ara depo alanlarına duyulan ihtiyaçlar.

Tesis yerleşim problemleri, sabit yatırımların ve malzeme taşıma maliyetlerinin en küçüklenmeye çalışıldığı n bölümü m yerleşime ($n \leq m$) etkin bir biçimde atama işiyle ilgilenir (Tavakkoli, et al., 1998). Tesis yerleşim problemlerinin çözüm amacı; bölümlerin zemin alanı ihtiyaçlarını ve yerleşim sınırlarını dikkate alarak malzeme taşıma maliyetlerini en küçüklemektir.

Tesis yerleşim problemlerinde en iyi çözümü bulmak önemlidir. Çünkü işletme maliyetinin çok önemli bir kısmını malzeme taşıma maliyeti oluşturur (İşlier, 1998). Bu maliyetlerdeki en küçük bir iyileştirme, işletmenin rekabeti ve idamesi için büyük önem

taşımaktadır. İyi bir tesis yerleşimi üretkenliği artırır ve toplam maliyetlerde azalma sağlar (Sha and Chen, 2001).

Tesis yerleşim düzenlemesi yapılırken tesis yerleşim tipinin dikkate alınması gerekir. Tesis yerleşim tipi işletmenin ürettiği ürün ile doğrudan bağlantılıdır. Ürünün üretim aşamaları, malzeme akışı yerleşim tipini etkileyen faktörlerdir. Temel olarak dört yerleşim tipi bulunmaktadır.

2.1. Temel Yerleşim Tipleri

Temel olarak 4 tip bölüm yerleşim düzenlemesi vardır.

- Sabit konumlu yerleşim düzenlemesi,
- Ürüne göre yerleşim,
- Ürün ailesine göre yerleşim,
- Sürece göre yerleşim.

2.1.1. Sabit konumlu yerleşim düzenlemesi

Sabit konumlu yerleşim, kavram olarak diğerlerinden ayrılır. Diğer yerleşimlerde malzeme iş istasyonlarına getirilir. Sabit konumlu yerleşimde ise iş istasyonu malzemeye götürülür. Gemi imalatı, uçak montajı ve inşaa projelerinde kullanılır. Sabit konumlu yerleşim genelde çok büyük, hantal ürünler ile ilgili olmasına rağmen, uygulamada kesin olarak sınırlandırılmamıştır. Örneğin bilgisayar sistemlerinin montajında malzemeler, kasalar, donanımlar ve diğer parçalar bir sistem bütünlüğüyle, test istasyonuna getirilirler ve ürün tek bir konumda test edilmiş olur. Bu tür yerleşimler sabit ürün yerleşimi olarak değerlendirilebilir (Tuzkaya, 2002).

Sabit konumlu yerleşim düzenlemesinin üstünlükleri şunlardır (Tompkins, et al., 2003):

- Malzeme taşınması azalır.
- Takım yaklaşımı uygulandığı zaman işlem ve sorumluluk devamlılığı sağlanır.
- İş zenginleştirme fırsatları sağlanır.
- Kalite ve saygınlığı ilerletir.
- Çok esnek, ürün tasarımındaki, ürün karışımındaki ve üretim hacmindeki değişikliklere imkan tanır.

Sabit konumlu yerleşim düzenlemesinin sınırlamaları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Personel ve araç gereç taşınması artar.
- Benzer ekipmanların kullanımını gerektirebilir.
- Personel için daha yüksek beceriler gerektirebilir.
- Genel denetim gerektirir.
- Arttırılmış alan ve daha fazla yarı mamulle sonuçlanabilir.
- Üretim çizelgelemede sıkı kontrol ve koordinasyon gerektirir.

2.1.2. Ürüne göre yerleşim

Ürüne göre yerleşimde, belirli bir ürünün üretilmesine ayrılan tezgahlar ve teçhizat, bir hat boyunca sıralanmaktadır. Hammadde bu hattın bir ucundan üretime girmekte ve birbiri ardına işlemde geçerek ürün haline dönüşmektedir. Diğer bir ifadeyle, ürüne göre yerleşim, üretimin bir hat şeklinde tasarlandığı ve yüksek miktarda üretimin planlandığı hallerde ihtiyaç duyulan düzenleme tipidir (Shore, 1973; Özkale'den, 2002). Ürüne göre yerleşimde amaç, makine ve araç gereçleri, üretilmekte olan ürüne ilişkin montaj, alt dereceli montaj ve parçalara uygulanacak işlemlerin sırasına göre yerleştirilmesidir. Endüstride, ürüne göre yerleşim düzeninin kullanıldığı

birçok örnek vardır. Otomobil, çelik, alet, gıda ve kereste sektörleri bunlardan birkaçıdır (Hopeman, 1980: Özkale'den, 2002).

Ürüne göre yerleşimin üstünlükleri şunlardır (Tompkins, et al., 2003):

- Düzgün, basit, mantıklı ve düz üretim hatları ile sonuçlanır.
- Yarı mamul stokları az olur.
- Birim başına düşen toplam üretim zamanı kısalır.
- Malzeme taşıma gereksinimleri azalır.
- Personel için daha az beceri gerekir.
- Basit üretim kontrolü mümkündür.
- Özel amaçlı araç gereçler kullanılabilir.

Ürüne göre yerleşimin sınırlamaları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Bir makinenin durması tüm hattı durdurur.
- Ürün tasarımındaki değişimler yerleşimin kullanılamaz durumuna gelmesine sebep olur.
- En yavaş istasyon hattın hızını belirler.
- Genel denetim gereklidir.
- Genellikle yüksek araç gereç yatırımı gerektirir.

2.1.3. Ürün ailesine göre yerleşim

Ürün ailesine göre yerleşim, parçaların ürün aileleri oluşturmak için gruplanmaları üzerine kuruludur. Farklı parçalar malzeme bileşimlerine, makine ve teçhizat gereksinimlerine, işlem sıralarına, depolama gereksinimlerine göre ailelere gruplanabilirler. Grup düzenleri, küçük bir imalat hücresi tarafından bir parça ailesinin üretilmesi gerektiği durumlarda kullanılır. Bir makine kümesi bir hücre şeklini alır. Kendi malzeme taşıma sistemine sahip bir hücre, tipik bir robot sistemidir (Demir, 2002). Ürün ailesi sanal ürün olarak işlem görür ve sanal ürün yerleşimi gerçekleşir.

Buradaki sanal ürün, ailesinde ürünlerden oluşan temsili üründür. Sanal ürün için gereken teçhizatlar bir imalat hücresine yerleştirilir ve gruplanırlar. Oluşan yerleşim yüksek derecede bölüm içi akışa ve biraz da bölümler arası akışa sahip olacaktır, bu da bir grup yerleşimi ve ürün ailesi yerleşimi olarak değerlendirilir (Tompkins, et al., 2003).

Ürün ailesine göre yerleşimin üstünlükleri şunlardır:

- Ürünlerin gruplanmasıyla daha yüksek makine kullanım yüzdeleri sağlanabilir.
- Süreç yerleşimine göre daha düzgün akış hatları ve daha kısa taşıma mesafeleri beklenir.
- Takım ruhu ve iş zenginleşmesi yararları ile sonuçlanır.
- Ürüne göre yerleşimin ve sürece göre yerleşimin bazı yararlarına sahiptir. İkisinin bir uzlaşımıdır.
- Genel amaçlı araç gerecin değerlendirilmesini teşvik eder.

Ürün ailesine göre yerleşimin sınırlamaları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Genel denetim gereklidir.
- Takım üyelerinin tüm işlemler üzerinde yerleştirilebilmeleri için daha fazla çalışan kabiliyeti gerektirir.
- Eğer her hücredeki akış dengelenmemişse, hücreden veya hücreye ek malzeme aktarma ihtiyacını ortadan kaldırmak için hücrede yarı mamul depoları gereklidir.
- Ürün ve sürece göre yerleşimlerdeki bazı sınırlamaların uzlaşımıdır.
- Özel amaçlı araç gereç kullanımını azaltır.

2.1.4. Sürece göre yerleşim

Sürece göre yerleşim, benzer süreçlerin birlikte gruplanmaları ve ayrı süreç bölümlerinin, bölümler arasındaki akış temel alınarak birbirleriyle ilgili olarak yerleştirilmelerini içermektedir. Yüksek derecede bölümler arası akış ve düşük derecede bölüm içi akış ortaya çıkmaktadır. Böyle yerleşimler süreç yerleşimi olarak değerlendirilmekte ve ayrılamaz parçalar veya parça grupları için faaliyet hacmi, ürün ailesi yerleşimini veya ürün yerleşimini gerçekleştirmeye yeterli olmadığına kullanılmaktadır.

Sürece göre yerleşimin üstünlükleri şunlardır (Tompkins, et al., 2003):

- Makine kullanım oranı artar.
- Genel amaçlı araç gereçler kullanılır.
- Personel ve ekipman tahsisinde yüksek derecede esneklik.
- Personel için görev değişikliği vardır.
- Özelleşmiş denetim mümkündür.

Sürece göre yerleşimin sınırlamaları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Malzeme taşıma ihtiyaçları artar.
- Fazla karışık üretim kontrolü gerektirir.
- Yarı mamul artar.
- Üretim hatları uzar.
- Görev değişikliği gereksinimini karşılayabilmek için daha yüksek yetenek gereksinimine ihtiyaç duyulur.

2.2. Tesis Yerleşim Düzenlemesinin Önemi

Tesis yerleşiminin önemi; toplam üretim maliyetlerinin büyük bir kısmının malzeme taşıma maliyetlerinden kaynaklanması, tesis yerleşimi için iyi bir çözümün

sistemin genel verimliliğine katkıda bulunacak olmasıdır. Kötü bir tesis yerleşimi sonucunda ara stok seviyeleri artar, malzeme taşıma sistemlerinde karışıklıklar oluşur, sistemde uzun kuyruklar meydana gelir ve hazırlık zamanları artar.

Tesis yerleşimi uzun süreli bir planlama faaliyeti olarak kabul edilir. Gerek sanayi işletmelerinde gerekse de hizmet işletmelerinde olsun, işletmelerin yer aldığı alanlar üzerinde veya varolan binalar içerisinde düzenlemesi yapılacak bölümlerin, belli bir planlamadan uzak olarak düzenlenmesi işin akışını engelleyecek ve gereksiz zaman kaybına, uygun olmayan bölümlerin yan yana gelmesine ve sonuç olarak maliyetlerin gereğinden fazla artmasına sebep olacaktır. En başında yapılan hatalar, işletmeyi ileride geri dönüşü olmayan veya çok zor olan durumlara düşürebilmektedir.

2.3. Tesis Düzenlemesinin Amaçları

Tesis düzenlemesinin ana amacı tesis içinde üretime yönelik faaliyetlerde yer alan tüm varlıkların hareket miktarını en alt düzeye indirmektir. Yerleştirme düzeninin hatalı kurulması her şeyden önce sabit tesis maliyetlerini yükseltir. Bundan da önemlisi, kötü yerleşimin; enerji kaybı, gecikme, kontrol ve yönetim güçlüğü, yüksek fire oranı gibi üretimle beraber süren ve maliyetleri olumsuz yönde etkileyen bir neden olmasıdır. Tesis düzenlemenin önemli amaçlarından biri; tesisin insan, malzeme, makine, sermaye gibi üretim elemanlarından en büyük yarar sağlayacak şekilde yerleştirilmesidir. En iyi sonuçların elde edilebilmesi için bu üretim elemanlarının aynı anda göz önüne alınması gereklidir. Tesis düzenlemenin bir diğer amacı da darboğazların giderilmesi ve azaltılması yolu ile mamul akışının düzenlenmesidir.

Bunlarla beraber tesis düzenlemesinin diğer amaçları ise; alanları ve çalışanları verimli bir şekilde kullanmak, üretim çevrim süresini azaltmak, gereksiz zaman alan işleri ortadan kaldırmak, malzeme, ürün ve çalışanların giriş, çıkış ve konumlarını kolaylaştırmak, teknoloji ve diğer şartlardaki değişime uyum sağlayacak şekilde esnekliği sağlamak, işçilerin rahat ve emniyetli bir şekilde çalışmasını sağlamak, düzgün ve engelsiz bir taşıma yolu sağlamak, planlı depolama yapmak, yarı mamul

stoğunu azaltmak gibi birçok amaç sayılabilir. Bu amaçların hepsini aynı anda gerçekleştirmek oldukça güçtür. Bunların biri en iyi bir biçimde gerçekleştirilmek istenirse diğerlerinden fedakarlık yapılması gerekmektedir (Demir, 2002).

2.4. Tesis Yerleşim Problemine Çözüm Yaklaşımları

Tesis yerleşim problemi bir üretim sisteminin fiziksel organizasyonunu belirlemektir (Meller and Gau, 1996). Tesis yerleşim problemleri, bir ürün veya hizmet üretmek için verilen kaynaklar bileşiminde, en yüksek verimliliği sağlamayı içerir. Bununla beraber bütün fonksiyonların bütünleşmesi, en küçük malzeme taşıma, etkin iş akışı, etkin alan kullanımı, işçi memnuniyeti, emniyet, esneklik gibi birçok amacı sağlamak gerekir (Kulluk, 2003).

Tesis yerleşim problemi, geometrik ve kombinatoriyal taraflara sahip olmakla birlikte bu açıdan birlikte alındığında problem zorlaşmaktadır. Bu durumu daha iyi anlamak için bul-yap (puzzle) örneği verilirse; bul-yapta çok büyük sayıda parçalar söz konusu olduğunda bul-yapı birleştirmek oldukça zor olacak ve zaman alacaktır. Bu durumda bul-yap çok fazla ipucu vermediğinden ve parçaları bir araya getirmek zorunda olduğundan problem daha da zor hale gelecektir. Bul-yap problemi tesis düzenleme probleminin sadece bir kısmını gözler önüne sermektedir. Burada parçalar bölümleri temsil etmektedir. Bu bul-yap problemi, tesis düzenleme probleminin diğer öğelerini de ilave edildiğinde daha da karmaşık olacaktır (Demir, 2002). Problem çok zor olmasından dolayı sezgisel yaklaşımlar sık sık kullanılır. Problemin sadece bir kısım yönlerini hesaba katan ve sınırlı yorumların kullanılmasıyla, bir veya daha fazla yakın çözümler bulunur.

Tesis düzenleme problemlerinde klasik yaklaşımlar (doğrusal programlama gibi) yeterli ölçüde etkili değildir. Bu gibi durumlarda sezgisel yöntemler kullanılır. Bu algoritmalar 5 ana bölümde incelenir:

- Yapılandırma yöntemleri
- İyileştirme yöntemleri
- Melez yöntemler
- Serim yöntemleri
- Sezgisel teknikler

Yapılandırma yöntemi iki önemli aşamayı içerir. Birinci aşama, bölümlerin zemin alanına yerleştirme sırası olan seçim sırasını belirlemektir. İkinci aşama; amaçları yerine getirmek için bölümlerin alana yerleştirilmesidir (Kulluk, 2002).

İyileştirme yöntemi başlangıç çözümü verildiğinde tepe tırmanma tekniği gibi yöntemleri kullanarak, çözüm kalitesini artırmak için bölümlerin yerlerini değiştirmeye çalışır. Gelişme sağlanamaz hale gelince işlem durur. Böylece en iyi ya da daha çok alt en iyi (suboptimal) çözüme ulaşılır. Örnek olarak CRAFT verilebilir. Yapılandırma yöntemleri ile karşılaştırıldığında, iyileştirme yöntemleri daha kaliteli yerleşimler üretirler (Tam, 1992: Kulluk'dan, 2003).

Sezgisel tekniklerden Tavlama Benzetimi, tesis yerleşim probleminde iki ana sorundan ilkinin aşılmasına yardımcı olur (Tam, 1992: Kulluk'dan, 2003). Bu iki sorun şunlardır:

- Arama çözüm uzayında, tek bir noktadan başlanarak yönlendirilir.
- Geometrik kısıtların sağlanması çok zordur.

Tavlama benzetimi arama uzayında tek bir noktadan başlanarak arama yapılması sorununun aşılmasında çok iyi sonuçlar vermektedir. Tavlama benzetimi, tırmanıcı metotların aksine geriye doğru hareketlere izin vermektedir. Bu yöntemin avantajı, yerel arama tekniklerine göre daha iyi performans göstermesidir.

Genetik algoritmalar uygun küçük bir kümeden başlayarak bazı genetik operatörlerle (çaprazlama, mutasyon) yeni nesiller üretir.

En iyi ve alt en iyi teknikleri birleştiren veya yapılandırma ve iyileştirme yöntemlerini birleştiren yaklaşımlar melez algoritmalar olarak adlandırılırlar.

Tesis yerleşim probleminin çözümde kullanılan pek çok yaklaşım söz konusudur. Bunlardan bazıları; Karesel Atama, Doğrusal Tamsayılı Programlama, Serim Kuramı modelleridir.

Bölümlerin tümü eşit alana sahipse veya bölümlerin yerleri diğer bölümlerle arasındaki yakınlık veya uzaklık ilişkilerini etkilemeden değiştirilebiliyorsa, bölümlerin işgal edeceği potansiyel yerleri belirlemek kolaydır. Bu gibi durumlarda, yerleşim problemi, maliyetin akış miktarı ve kat edilen uzaklık bakımından doğrusal olduğu farz edilen Karesel Atama Problemi olarak modellenebilir (Tate and Smith, 1995).

Karesel atama problemi çok iyi bilinen bir kombinatoriyal en iyileme problemidir (Tate and Smith, 1995). Karesel atama probleminde amaç fonksiyonu, değişkenlerin ikinci dereceden bir polinom fonksiyonudur. Bir tesis yerleştirme probleminde, n tane bölümün verilen m adet alana atanması söz konusu ise, buradaki atamadan kasıt her bir bölümün belirli bir alan ile eşleştirilmesini belirtmektir. Karesel atama problemi formülasyonunda eşit sayıda tesis ve alan gerektirmektedir ($n=m$). m tane alandan daha az sayıda, n tane bölüm bulunuyorsa, bu durumda karesel atama problemi formülasyonunu kullanabilmek için, $m-n$ tane yapay bölüm yaratılmakta ve bu bölümler ile mevcut bölümler arasındaki akışa sıfır değeri atanmaktadır (Tuzkaya, 2002). Karesel atama problemi için çözüm zamanlarının, yerleştirilecek bölüm sayısı arttıkça üstel olarak arttığı görülmektedir (Tavakkoli, et al.,1998). Dolayısıyla çözüm üretmek zorlaşmaktadır.

Karesel atama probleminde her bölümün yeri özel olarak belirlenir. Amaç fonksiyonunda, bölümler arasındaki toplam ağırlıklı uzaklık en küçüklenir. Her bölüm sadece bir pozisyona atanarak bir yerleşim elde edilir. Bölümler ile ilgili ağırlıklar, komşuluk ilişkileri veya bölümler arasındaki iş akış miktarı ile belirlenir. Karesel atama problemi şu şekilde formüle edilebilir (Brown et al., 1989, Kulluk' tan, 2003):

$$Enk Z = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n a_{ik} x_{ik} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n f_{ij} c_{kl} d_{kl} x_{ik} x_{jl} \quad (2.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^n x_{ik} = 1 \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.2)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{ik} = 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad i, k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Simgeler:

i ve j bölümler, k ve l yerleşimler, n yerleşimdeki bölüm sayısı olmak üzere,

a_{ik} = i. bölümün k. yerleşime atamanın sabit maliyeti,

f_{ij} = i. bölümden j. bölüme olan iş akış miktarı,

c_{kl} = k. yerleşimden l. yerleşime birim yük taşıma maliyeti,

d_{kl} = k ve l yerleşimleri arası uzaklık.

x_{ik} = i. bölüm k. yerleşime atandıysa 1, aksi durumda 0.

Bu modelde amaç fonksiyonundaki ilk terim bölümleri ilgili pozisyonlara atama maliyetlerini, ikinci terim ise bölümlerin işlem gördükleri sürede aralarındaki iş akışına bağlı olarak değişken maliyetleri göstermektedir. Bu problemde amaç fonksiyonu

kareseldir ve konveks olmayan bir yapıya sahiptir. Kısıtlardaki terimlerde; (2.2): her yerleşime bir bölümün atanmasını, (2.3): her bölümün bir yerleşime atanacak olmasını ifade etmektedir. Karesel atama problemi için birden çok yerel en iyi çözüm vardır ve çözüm uzayında $n!$ kadar çözüm noktası bulunmaktadır.

Karesel atama problemi, tesis yerleşimi problemlerinin çözümü ile ilgili uygulamaların geliştirilmesinde önemli bir araçtır. Karesel atama probleminin de tesis yerleşimi problemi gibi NP-zor yapıda olmasından dolayı çözümü için sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Sezgisel çözüm yöntemleri genellikle karesel atama probleminin çözümünde iyi sonuçlar vermektedir (Rosenblatt, 1986: Kulluk'tan, 2003).

BÖLÜM 3

GENETİK ALGORİTMALAR

Genetik Algoritmalar (GA), doğal genetik ve doğal arama mekaniğine dayanan bir arama yöntemidir (Goldberg, 1989). Temel ilkeleri John Holland tarafından ortaya atılmıştır (Holland, 1975). Genetik algoritmaların, fonksiyon eniyilemesi, çizelgeleme, mekanik öğrenme, tasarım, hücresel üretim gibi alanlarda başarılı uygulamaları vardır. Geleneksel eniyileme yöntemlerine göre farklılıkları bulunan genetik algoritmalar, parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece etkin arama yaparak çok kısa sürede çözüme ulaşırlar (Emel ve Taşkın, 2002).

Genetik algoritmalar, sezgisel bir metot olduğundan dolayı verilen bir problem için en iyi sonucu bulamayabilir, ancak geleneksel metotlarla çözülemeyen veya çözüm zamanı problemin büyüklüğü ile üstel olarak artan problemlerde en iyiye çok yakın sonuçlar vermektedir. Başlangıçta doğrusal olmayan eniyileme problemlerine uygulanan genetik algoritmalar, sonraları gezgin satıcı, karesel atama, yerleşim, atölye çizelgeleme, tesis yerleşimi gibi problemlere de başarı ile uygulanmıştır (Lipins, et al., 1990).

Genetik algoritma, bireylerin bir başlangıç popülasyonunu alarak ve her yeniden üretimde genetik operatörleri kullanarak yeni popülasyonu oluşturur. Eniyileme açısından, popülasyondaki her birey, verilen problemde olası çözümü gösteren bir dizi veya kromozoma kodlanır. Bir bireyin uyumu, verilen amaç fonksiyonuna göre değerlendirilir. Uyum fonksiyonu, kromozomların ifade ettikleri çözümlerin ne derece iyi olduğunu ifade eder. Yüksek uyum gösteren bireyler veya çözümler, çaprazlama işleminde diğer yüksek uyumlu bireylerle, genetik bilgilerindeki parçaları değiştirerek yeniden üretilme fırsatını bulurlar. Bu da ebeveynlerin her ikisinden de alınan bazı karakterleri paylaşan yeni çocuk çözümler üretir. Mutasyon çoğu zaman dizilerdeki

bazı genleri değiştirerek çaprazlamadan sonra uygulanır. Çocuk bütün popülasyonu değiştirmekle elde edilebileceği gibi, düşük uyumlu bireylerin değişmesiyle de oluşabilir. Bu döngü istenen sayıda kuşak yaratılana veya başka bir durma koşulu sağlanana kadar tekrarlanır ve bulunan en iyi çözüm problemin çözümü olarak alınır.

3.1. Genetik Algoritmaların Üstünlükleri ve Sınırlamaları

Genetik algoritmalar sezgisel bir yöntem olduğundan diğer çözüm yöntemlerine göre bazı üstünlük ve sınırlamaları bulunmaktadır.

Genetik algoritmaların üstünlükleri şunlardır (Shaffer, 1998: Kulluk'tan, 2003):

- Çözüm uzayı hakkında bir bilgiye ihtiyaç duymazlar.
- Yerel en iyi noktada takılı kalmaya direnç gösterirler.
- Büyük ölçekli eniyileme problemlerinin çözümünde iyi sonuçlar üretirler.
- Çözüm uzayını oluşturan bölümler arasındaki devamsızlık ve kopuklukların genel eniyileme performansı üzerinde etkisi azdır.

Genetik algoritmaların sınırlamaları şunlardır (Shaffer, 1998: Kulluk'tan, 2003):

- Uyum fonksiyonu hesabında yoğun işlem yükü gerektirir.
- Kullanılan biçim genel değil, probleme özgü yapı taşımaktadır.
- Global olarak tam en iyi noktanın saptanmasında problem yaşanmaktadır.
- Nesiller arasında iyi özelliklerden sapma ihtimali vardır.

3.2. Genetik Algoritmaların Temel Yapısı ve Adımları

Genetik algoritmalar bir takım dizileri kopyalama ve kısmi dizilerden parça değiştirme gibi karmaşık olmayan işlemler içerdiği için yapısı basittir.

Temel genetik algoritma adımları şöyledir (Kochhar, et al., 1998):

Adım 0: Popülasyon büyüklüğü P , mutasyon olasılığı $m(0 < m < 1)$, en büyük nesil sayısı G , nesil sayacı $g=0$, popülasyon büyüklüğü sayacı $p=0$ ve uygun olmayan nesil= \emptyset olarak belirle.

Adım 1: Problem için rassal bir çözüm oluştur. Çözümün uygunluğunu değerlendir.

Adım 2: $p=p+1$ olarak belirle. $p < P$ ise Adım 1'e git, değilse $g=1$ ve $p=0$ olarak belirle. Adım 3'e git.

Adım 3: Devam eden çözümlerden oluşan popülasyondan iki birey seçmek için rulet seçimini yapın. İki yeni birey yaratmak için bir çaprazlama operatörü kullanılarak iki çözüm eşleştirilir. m olasılığı ile yeni çözümlerin her birine mutasyon yapılır. Mutasyona uğramış çözümlerin uygunluğu ve şimdiki nesil g ile değerlendirilir. $p = p+2$ olarak hesapla. $p < P$ ise 3. adımı tekrarla, değilse Adım 4'e git.

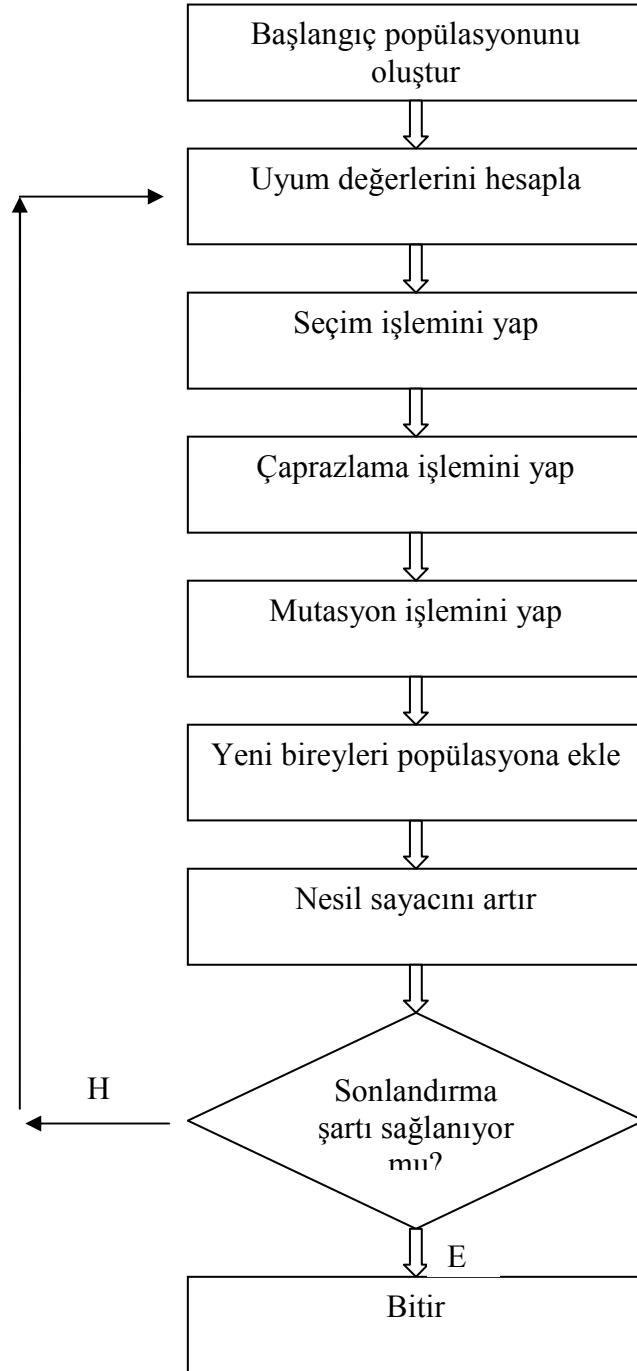
Adım 4: Mevcut nesil için en büyük uygunluk, ortalama uygunluk, en küçük maliyet ve ortalama maliyeti tespit et. Eski nesil ile mevcut nesli değiştir. $g=g+1$ ve $p=0$ olarak hesapla. $g < G$ ise Adım 3'e git değilse dur.

Algoritmanın daha açık bir gösterimi (Ceylan ve Haldenbilen, 2005):

1. Başlangıç: n adet kromozom içeren popülasyonun oluşturulması (problemin uygun bir çözümü).
2. Uyumluluk: her x kromozomu için uyumluluğun $f(x)$ değerlendirilmesi.
3. Yeni popülasyon: Yeni popülasyon oluşuncaya kadar aşağıdaki adımların tekrar edilmesi.
4. Seçim: İki ebeveyn kromozomun uyumluluğuna göre seçimi (daha iyi uyum seçilme şansını artırır.).
5. Çaprazlama: Yeni bir birey oluşturmak için ebeveynlerin bir çaprazlama olasılığına göre çaprazlanması. Eğer çaprazlama yapılmazsa yeni birey anne veya babanın kopyası olacaktır.
6. Mutasyon: Yeni bireyin mutasyon olasılığına göre kromozom içindeki konumu (lokus) değiştirilir.
7. Ekleme: Yeni bireyin yeni popülasyona eklenmesi.
8. Değiştirme: Algoritmanın yeniden çalıştırılmasında oluşan yeni popülasyonun kullanılması.
9. Test: Eğer sonuç tatmin ediyorsa algoritmanın sona erdirilmesi ve son popülasyonun çözüm olarak sunulması , etmiyorsa 2. adıma geri dönülmesi.

Genetik algoritmanın yapısı oldukça genel ve basittir. Herhangi bir probleme kolaylıkla uygulanabilir. Kromozomların yapılarının tanımlanması genellikle ikili sayılarla yapılır. Çaprazlamada kullanılan bireyler iyi bireylerden seçilir. GA kullanılarak bir problem çözülecekse algoritmanın ne zaman sonlanacağına kullanıcı karar vermektedir. GA'nın belli bir bitirme koşulu yoktur. Sonucun yeterince iyi olması veya yakınsamanın sağlanması algoritmanın durması için bir koşul olarak kullanılabilir.

Genetik algoritmaların genel akış şeması Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Genetik algoritmaların genel akış şeması (Cordon, et al., 2001).

3.3. Genetik algoritmaların çalışma süreci

Genetik algoritmaların çalışma süreci başlangıç popülasyonunun oluşturulması ile başlar, seçim, çaprazlama, mutasyon döngüsü ile sonlandırma koşulu sağlanana kadar devam eder.

3.3.1. Başlangıç popülasyonunun oluşturulması

Bu aşamada olası çözümlerin olduğu çözüm grubu oluşturulur. Çözüm grubu popülasyon, çözüm kodları da birey olarak adlandırılır. İkili kodlama ile gösterilen kromozomlarla çalışıldığında ilk popülasyon üretiminde rassal sayı üreticileri kullanılabilir. Rassal sayı üretilir, eğer sayı 0.50 den küçükse 0 değilse 1 olarak atanarak genler oluşturulur ve birey üretilir (Yeo and Agnel, 1998).

Başlangıç popülasyonu oluşturulurken ikili kodlamanın dışında teknikler de kullanılmaktadır. Kullanılan harf ve şemalar en az ve anlamlı olacak şekilde kodlanmalıdır. Kromozomlardaki gen sayısı probleme göre değişiklik gösterebilmektedir.

3.3.2. Uyum değerinin hesaplanması

Bir popülasyon oluşturulduktan sonra ilk adım uyum değerinin hesaplanmasıdır. En büyükleme problemi için i . bireyin uygunluk değeri $f(i)$, genellikle o noktadaki amaç fonksiyonu değeridir (Jang, 1997). Verilen belirli bir kromozomun uygunluk fonksiyonu, o kromozomun temsil ettiği çözümün kullanımıyla orantılı olan sayısal bir uygunluk değeri verir. Bu bilgi her kuşakta daha uygun çözümlerin seçiminde yol göstermektedir.

3.3.3. Seçim

Popülasyon içerisinde en uygun değerini bazı seçim operatörleri kullanılarak seçilmesidir. Operatör yardımı ile birey kromozomu gelecek nesle katkı sağlaması için kopya edilir. Bu kopyalama işi kromozomun değerine bağlı olarak bulunan uygunluk fonksiyonunun değerine bağlı olarak yapılır. Her nesilde, iyi bireyleri seçerek eşleşme havuzuna atar. Bu havuz gelecek nesli üretmek için kullanılır. Yeniden üretim işlemi seçim operatörlerinin yardımıyla yapılır. Bunlardan literatürde yaygın olarak kullanılanlar rulet çarkı, turnuva seçimleri, sıralı seçim mekanizması ve denge durumu seçim mekanizması operatörleridir.

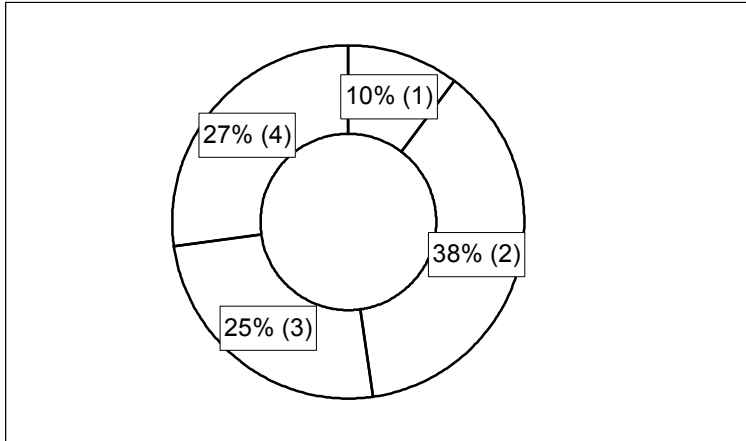
Rulet Yöntemi: Kromozomlar uyum fonksiyonuna göre bir rulet etrafında gruplanır. Uyum fonksiyonu herhangi bir kritere uyan bireylerin seçilmesi için kullanılır. Bu birey üzerinden rasgele bir birey seçilir. Daha büyük alana sahip olan bireyin seçilme şansı daha fazla olacaktır. Bu metot yardımıyla kromozomlar istatistiksel yöntemler kullanılarak uyum fonksiyonu değerlerinin toplam uyum fonksiyonuna oranları ölçüsünde seçilirler. Rulet seçimi eğer uyumu çok fazla değişiyorsa sorun çıkartabilir. Örneğin en iyi kromozomun uyumluluğu %90 ise diğer kromozomların seçilme şansı azalacaktır. Bunu önlemek için sıralı seçim kullanılabilir. Sıralı seçimde en kötü uyumu olan kromozoma 1 değeri sonrakine 2 değeri verilir ve böylelikle seçilmede bunlara öncelik tanınmış olur. Bu şekilde onların da seçilme şansı artar fakat bu çözümün daha geç yakınsamasına neden olabilir.

Rulet yöntemi için örnek popülasyon bilgileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Rulet yöntemi için örnek popülasyon bilgileri (Goldberg, 1989)

No	Kodlama	Uyum Değeri	% Toplam
1	01101	13	10,16
2	11000	48	37,50
3	01000	32	25,00
4	10011	35	27,34
Toplam		128	100.0

Bu örnek popülasyonunun uyum değerlerinin toplam popülasyon uyum değerlerine oranları hesaplanarak rulete aktarılır. Rulet yöntemi gösterimi Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2 Rulet yöntemi şekilsel gösterimi (Goldberg, 1989)

Bu uyum oranlarına göre seçim oranları belirlenmiştir. 2 numaralı popülasyonun seçilme şansı daha yüksek olacağından, çaprazlama havuzunda bu popülasyonun baskınlığı söz konusu olacaktır.

Turnuva Seçimleri: Kural dahilinde iki kromozom popülasyon içerisinde seçilerek uygunluk fonksiyonu büyük olan kromozom eşleşme havuzuna gönderilir, diğeri ise havuzun içine tekrar bırakılır. Bu işleme yeni popülasyon büyüklüğü dolduruluncaya kadar devam edilir. Bu yöntemde, herhangi bir kromozomun süreç sırasında kaybedilme olasılığı rulet yöntemi tekniğine göre azdır.

Turnuva seçimi için örnek popülasyon bilgileri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Turnuva seçimi için örnek bir popülasyon

No	Kodlama	Uyum Değeri
1	01100	24
2	11000	48
3	01010	18
4	10011	35
5	11001	49
6	11110	58
Toplam		232

Turnuva seçim tekniğinin Çizelge 3.2’deki popülasyon için uygulanması:

Rassal olarak seçilen ikili bireyler 2-6, 3-5, 1-5, 2-4, 4-1, 6-1 olduğunu varsayarsak, bu ikili bireylerin uyum fonksiyonu en yüksek olan (amaç fonksiyonu en büyükmek ise) seçilerek çaprazlama havuzuna atılır.

Çaprazlama havuzu 6, 5, 5, 2, 4, 6 bireylerinden oluşur.

Bunlardan başka sıralı seçim ve denge durumu seçim mekanizması operatörleri de kullanılan operatörlerdir.

Sıralı Seçim Mekanizması: Sıralı seçim mekanizmalarında, yığındaki diziler uyum değerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralanır. En iyi diziden başlanarak dizilere kopya sayısı atanır. Kopya sayısı atamada doğrusal azalan bir fonksiyon kullanılmaktadır. Atanan bu kopya sayıları yeni yığın oluşturulmasında kullanılır.

Denge Durumu Seçim Mekanizması: Denge durumu seçim mekanizmasında, doğrusal sıralı seçim mekanizması kullanılarak seçilen bir veya iki bireye genetik operatörler uygulanır. Daha sonra elde edilen yeni diziler mevcut popülasyonundaki uyum değeri en düşük diziler ile yer değiştirerek yeni popülasyonu oluşturur.

3.3.4. Çaprazlama

Çaprazlama bireyler arasındaki benzer alt kromozomların değişimlerini ifade etmektedir. Mevcut gen havuzunun potansiyelini araştırmak üzere, bir önceki kuşaktan daha iyi nitelikler içeren yeni kromozomlar yaratmak amacıyla çaprazlama yapılır. Çaprazlama verilen çaprazlama oranına göre yapılır. Çaprazlama oranı popülasyondaki çaprazlamaya girecek gelecek nesle aktarılacak birey sayısını belirler.

Genetik algoritmada çaprazlama iki kromozomun bir araya gelerek genetik bilgi değişimi yapmasıdır. İki ebeveyn arasındaki seçilmiş olan genlerin yerleri değiştirilerek çaprazlama yapılmaktadır. En çok kullanılan çaprazlama çeşitleri bir noktalı çaprazlama, iki noktalı çaprazlama, uniform çaprazlama ve sıralı çaprazlamadır (Jenkins, 1993).

Çocuk kromozomlar, ebeveynden farklı olmasına rağmen onların özelliklerini taşırlar. Aşağıda görüldüğü gibi, kromozom uzunluğu 8 olan iki birey arasında 5. genlerden kesimle yapılan çaprazlama işlemiyle iki çocuk birey oluşmaktadır.

Ebeveyn 1: **1 1 0 1 0 0 1 0** 1. Çocuk: **1 1 0 1 0 1 0 1**

Ebeveyn 2: **0 1 0 1 1 1 0 1** 2. Çocuk: **0 1 0 1 1 0 1 0**

3.3.5. Mutasyon

Çaprazlamada mevcut gen potansiyelleri araştırılır. Fakat popülasyon gerekli tüm kodlanmış bilgiyi içermez ise, çaprazlama tatmin edici bir çözüm üretmez. Bu sebepten mevcut kromozomlardan yeni kromozom üretme yeteneğine sahip bir operatör gerekmektedir. Bunu mutasyon işlemi gerçekleştirir. Mutasyon operatörü, yapay genetik sistemlerde bir daha elde edilemeyebilir iyi bir çözümün kaybına karşı koruma sağlamaktadır (Goldberg, 1989).

Mutasyonun genel amacı, genetik çeşitliliği sağlamak ve korumaktır. Çaprazlama gerçekleştikten sonra mutasyon gerçekleştirilir. Mutasyon oluşan yeni çözümlerin önceki çözümü kopyalamasını önlemek ve sonuca daha hızlı ulaşmak amacıyla yapılır. Mutasyon oluşan yeni bireyin bir bitini (eğer ikili düzende ifade edilmiş ise) rasgele değiştirir. Aşağıda görüldüğü gibi 6 gen uzunluğunda olan bir kromozomda rasgele seçilmiş olan 4. gen 1 yerine 0 yazılarak kromozom mutasyonuna uğratılmıştır.

1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 1

önce

sonra

3.3.6. Yeni popülasyonun oluşturulması

Yeni kuşak seçim, çaprazlama ve mutasyon işleminden sonra oluşmakta ve ebeveynleri ile birlikte yeni popülasyonu oluşturmak için seçim mekanizmasına

gireceklerdir. Tüm bireylerin uyum değerlerinin hesaplanması ve seçimi ile devam eder.

Yeni oluşan çocuklardan bazıları popülasyona katılamayabilir. Elitizm ile koruma altına alınmış bireyler direkt olarak çaprazlama havuzuna gönderilirler.

Elitizm: Üreme, çaprazlama ve mutasyon işlemleri sonrasında kuşakta bulunan en iyi uyuma sahip birey sonraki kuşağa aktarılamayabilir. Bunu önlemek için bu işlemlerden sonra oluşan yeni kuşağa bir önceki kuşağın en iyi (elit) bireyi, yeni kuşaktaki herhangi bir birey ile değiştirilir. Buna elitizm adı verilir. Elitizm kuralına göre popülasyonda korunan birey uyum değeri çocuk bireylerden düşük olsa dahi aktarılır.

3.3.7. Genetik algoritma çalışma döngüsünün sonlandırılması

Genetik algoritmaların çalışma süreci bir sonlandırılma koşulu sağlanana kadar devam eder. Sonlandırma şartı yeni nesil sayısının önceden tespiti ve buna bağlı olarak üretilecek nesil sayısının bilinmesi ya da oluşan nesildeki uyum fonksiyonlarının iyileşmesinde değişimin olmamasından dolayı çalışma döngüsünün sonlandırılmasıdır. Bazı durumlarda üretilen nesiller belirli bir nesil sayısından sonra tekrarlanan bireylere dönüşebilir. Bu gibi durumlarda programı durdurmak gerekir.

BÖLÜM 4

TESİS YERLEŞİM PROBLEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMALARIN KULLANILMASI

Tesis yerleşim problemlerinin yapısı genetik algoritmaların uygulanmasına uygundur. Bu tür problemlerin çözümünde birçok çalışma yapılmıştır. Bu bölümde genetik algoritma adımlarının yerleşim problemlerinde uygulama çalışmaları hakkında bilgi verilmiştir.

4.1. Tesis Yerleşimi Probleminin Genetik Algoritmalarla Gösterimi

Tesis yerleşim problemini genetik algoritmaları kullanarak çözmekte ilk adım amaç fonksiyonun belirlenmesidir. Amaç fonksiyonu genetik algoritmalarda uyum fonksiyonu olarak kullanılır. Amaç fonksiyonunun yapısı, problem özellik ve yapısına, iyileştirilmek istenilen amaç kriterlerine göre farklılıklar göstermektedir.

Tesis yerleşim problemlerinde amaç, tesislerin alan ve geometrik kısıtlarını sağlamak ve bununla birlikte tesisler arasındaki ağırlıklı iş akışını en küçükmektir (Tam, 1992). Genetik algoritmaların kullanımı çözüm uzayının farklı bölgelerinin eş zamanlı olarak incelenmesine izin vermesi yönüyle etkin bir araştırmaya imkan sağlamaktadır.

Tesis yerleşim problemlerinde kısıtların başında tesislerin üst üste binmemesi gelir. Bununla birlikte özel bölümler ve toplam zemin alanı belirlenen sınırlar içinde olmalıdır. Sonuçta oluşan çözüm, hem bölümlerin hem de bütün yerleşim için uygulanabilir şekilleri vermelidir.

Tesis yerleşim problemlerinin genel yapısı, genetik algoritmaların uygulanması için çok elverişlidir. Genetik algoritmaların kullanımı için gerekli dizilerin uzunluğu

verilen bir problemdeki uygun yerlere atanacak tesis sayılarına bağlıdır. Çözümün kalitesini göstermek için her bir birey için bir uyum değeri hesaplanır. Çözüm dizileri, genetik operatörlerin doğrudan uygulanabileceği özelliktedir. Tesis yerleşimi problemlerinde, genetik algoritmaların çözüm dizilerinin oluşturulmasında ikili düzende kodlamanın kullanılmasına gerek yoktur. Tesis yerleşiminde çözümler, düzgün sıralı bir kodlamayla gösterilir ve çözüm dizilerinde sayılar tesisleri, sayıların dizide buldukları yerler ise tesislerin yerleşimindeki yerlerini göstermektedir. Şekil 4.1’de bölümlerin örnek bir genetik gösterimi görülmektedir.

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

Şekil 4.1 Örnek genetik gösterim

Suresh (1995), arkadaşlarıyla yaptığı çalışmada, bu gösterim şeklini kullanmıştır (Kulluk, 2003). Geliştirdikleri genetik algoritmada, satır ve sütun değerleri önceden belirlenmiştir ve sıfırdan başlayarak ileriye doğru değerler almaktadır. Kullanılmayacak konumlara, sahte değerler atanır. Çözüm tamsayılardan oluşan bir dizi ile gösterilir, ikili düzende gösterim kullanılmaz. Tamsayılar tesisleri ve tesislerin dizideki konumları da tesislerin yerleşimdeki yerlerini gösterir.

Genetik algoritmalarda bir bireyin uyumu, $\mu: S \rightarrow R^+$ olarak μ fonksiyonuyla ölçülmektedir. Burada S bütün bireylerin kümesi (V^k)’yi R^+ ise negatif olmayan gerçekteki sayıların kümesini ifade etmektedir. Amaç fonksiyonunun (f) bütün sonuçlarının pozitif olduğu biliniyorsa f fonksiyonu, μ uyum fonksiyonu olarak aynen alınabilir. Aksi halde μ ; f fonksiyonunun bir dönüşümüdür. Bu dönüşümün şekli bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar:

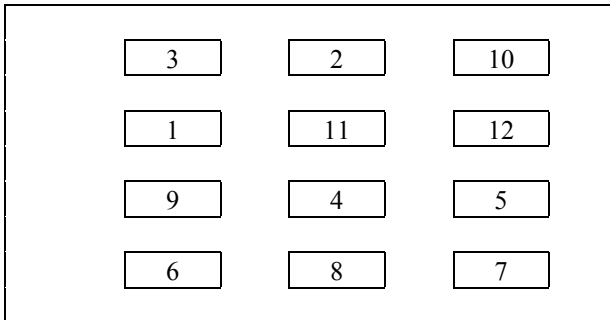
- $Enb f$ ya da $enk f$ olarak kullanılması,
- Belirlenen seçim mekanizması,

- Kullanılan ölçekleme fonksiyonu (Tam, 1992).

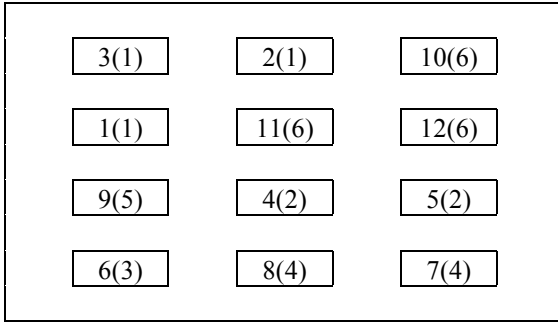
Farklı alanlı tesis yerleşim problemleri için HOPE (heuristically operated placement evolution) adıyla bir algoritma geliştirilmiştir (Kochhar, et al., 1998). Bu çalışmada, tesis yerleşimini göstermek için tesis zemininin birim kare alanlardan meydana geldiğini düşünmüşlerdir. Her bölüm kendi alanına eşit büyüklükteki kareler setine atanır. Her dizi, n kare sayısını göstermek üzere 1'den n'ye kadar tamsayılar kümesinden meydana gelir. Tamsayılar, ilk bölümden başlamak üzere artan şekilde her bölümün karelerine atanır. Boş karelerin olması durumunda buralara yapay bölümler atanır. Eşit alanlı yerleşim problemlerinde, her bölüm atanabileceği tek bir kareye sahiptir. Şekil 4.2'de 12 eşit alanlı bölümlerden oluşan tesisi 3x4 olarak göstermektedir. Bu şeklin ilgili dizi gösterimi şöyledir;

03 02 10 01 11 12 09 04 05 06 08 07

Şekil 4.3 ise farklı alanlı bir tesisin yerleşimini göstermektedir. Her bölüm alan ihtiyacına bağlı olarak bir veya daha çok kareye atanır. Birinci bölüm 1, 2 ve 3 kareleriyle, ikinci bölüm 4 ve 5 kareleriyle gösterilmiştir. Parantez içindeki sayılar o karenin hangi bölüme ait olduğunu göstermektedir. Dizi gösterimi eşit alanlı gösterimle aynı şekilde olacaktır, şekilsel yerleşimi ise yukarı sıradan başlayarak soldan sağa doğru sıralanacaktır.



Şekil 4.2 Eşit alanlı bölümlere sahip yerleşim (Kochhar, et al., 1998)



Şekil 4.3 Farklı alanlı bölümlere sahip yerleşim (Kochhar, et al., 1998)

4.2. Yerleşim Planının Kodlanması

Genetik algoritmalarda kromozomların kodlanmasında iki ilke geliştirilmiştir. Bunlar şunlardır (Goldberg, 1989):

- Anlamlı bloklar ilkesi: Kullanıcılar, problemi ifade etmek için problemlerle ilgili kısa, düşük seviyeli şemalar kullanmalı ve problemle ilgisiz sabit pozisyonların ifadesinde ise, semboller kullanmalıdır.
- En az harf ilkesi: Kullanıcılar, problemi doğal şeklinde ifade edebilecek en az harf kümesini seçmelidir.

Bir tesis yerleşim planı, bir dörtgen bloğun dilimlenmiş yapısı olarak ifade edilir. Dilimlenmiş yapıdaki her dörtgen parça, bir tesise ayrılan alanı gösterir. Şekil 4.4'de dilimlenmiş yapıya örnek bulunmaktadır.

5	6		7
1	3	2	
4			

Şekil 4.4 Dilimlenmiş yapı

Kromozomlardaki genler birden fazla etmeni içerecek şekilde blok oluşturabilirler. Bir blok bölümlerin tesisdeki sırasını gösterirken diğer bir blok da tesislerin geometrik şekillerini gösterebilir. Örnek olarak yedi bölümden oluşan Şekil 4.4’ deki yerleşimin gösterimi şöyledir. Sıralama yukarıdan aşağıya ve soldan sağa olacak şekilde kabul edilmiştir.

Kromozom 1: 5 1 4 6 3 2 7 | A A A A A A A

Bu gösterimde ilk blok genler tesisin bölümdeki sırasını (yukarıdan aşağıya) ifade ederken ikinci blok genler tesisin geometrik yapısı (örneğin; A: Dikdörtgensel yapı, B: “L” şekilli yapı) nı ifade etmektedir. Bu blok yerleşimde sadece dikdörtgensel yerleşim mevcuttur.

4.3. Tesislerin Geometrik Kısıtları

Tesislerin farklı alanlara sahip oldukları durumlarda genetik algoritmaların kullanılmasında Tam (1992), Suresh (1995), Kochhar (1998) değişik yaklaşımlar geliştirmişlerdir (Kulluk, 2003). Suresh (1995) ve Kochhar (1998) farklı alanlara sahip tesisler için, yerleşim alanının belli birim karelere bölünmesini ve tesislere yeterli birim atanmasını önermektedir. Bu durumda tesis ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde belli

sayıda birim karelerden oluşan grupların bir arada tutulması ile ilgili bir kısıt gerekmektedir (Kulluk, 2003).

Tesislerin yerleştirilmesi için bütün alan kullanılabilir. Her zaman yerleşim planında, asansör boşlukları, sütunlar gibi tesis olarak nitelendirilen sanal alanlar vardır. Bu bölümlerin kapladığı sanal alanlar, problemde söz konusu olan bölümlerin atanacağı alanlardan çıkarılmalıdır.

4.4. Tesis Yerleşim Probleminde Genetik Algoritmanın Kullanılması

Tesis yerleşim probleminde genetik algoritmalar; bireylerin kodlanması, başlangıç popülasyonunun oluşturulması ve seçim, çaprazlama, mutasyon döngüsü ile devam eder. Bu döngü sonlandırma koşulu sağlanınca sona erer.

4.4.1. Başlangıç popülasyonunun oluşturulması

Başlangıç popülasyonu oluşturulması, genetik algoritmaların uygulanmasında önemli bir faktördür. Suresh (1995) yaptığı çalışmada başlangıç popülasyonunu oluşturmak için şöyle bir yaklaşım kullanmıştır (Kulluk, 2003): n bölüm sayısı, m yerleşim sayısı olmak üzere; yerleşim problemi için, bir dizide son sıradaki bölümün başa getirilmesi şeklinde bir işlem uygulanmaktadır. Bu şekilde elde edilen çözüme ek olarak kalan çözüm rassal olarak üretilmektedir. İlk üretilen m çözüm en az bir bölümün istenen belli bir pozisyonda olmasını garanti etmektedir. Li ve Love (2000), başlangıç popülasyonunun oluşturulmasına ilişkin, bazı kısıtlara rasgele sayı üretimi çalışmalarını kullanmışlardır (Kulluk, 2003).

Popülasyon büyüklüğü de genetik algoritmanın performansını etkileyen bir faktördür. Popülasyon büyüklüğü popülasyondaki kromozom sayısını belirleyen bir değerdir. Suresh, et.al (1995), yaptıkları çalışmada en uygun popülasyon büyüklüğünün

belirlenmesinde 20 aralıkla 40 ile 160 popülasyon büyüklükleri arasında çalışmışlardır. Artan popülasyon büyüklüğünün 15 bölüme kadar olan problemlerde, çözüm kalitesi üzerinde dikkate değer bir gelişmeye sebep olmadığını belirlemişlerdir. Problemin 15 bölümden fazla olması halinde çözüm kalitesinin artan popülasyon büyüklüğüne paralel olarak iyileştiğini gözlemlemişlerdir. Shaffer (1998), yaptığı çalışmada daha önce yapılan çalışmaları da göz önünde bulundurarak, genetik algoritmaların uygulanmasında, popülasyon büyüklüğünün 25 ile 100 birey arasında olmasının en uygun sonuçlar verdiğini belirtmiştir (Kulluk, 2003).

4.4.2. Tesis yerleşim problemlerinde genetik çaprazlama

Kromozomların nasıl temsil edileceğine karar verildikten sonra ve seçim tekniği ile çaprazlama havuzu oluşturulduktan sonra çaprazlama yapılabilir. Çaprazlama ebeveynlerden bazı genleri alarak yeni bireyler oluşturma işlemidir. Problemin kodlama işlemi yapılıp başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra çaprazlama işlemi aşağıda olduğu gibi yapılır. İkili kodlamaya göre oluşturulmuş bireylerin çaprazlaması şöyledir.

Kromozom 1 **11011** | **00100110110**

Kromozom 2 11011 | 11000011110

Birey 1 **11011** | 11000011110

Birey 2 11011 | **00100110110**

Bu örnekte kromozomların çizgiden sonraki kısmı yeni bireyde çıkarılarak ikinci kromozomdan alınarak temsil edilir. Bu çaprazlama tek noktalı çaprazlama olarak tanımlanır.

Popülasyondaki bireylerin kodlanması birden fazla blok ile yapılırsa çaprazlama işlemi ilgili blok genleri arasında yapılır. ikili blok şeklinde oluşturulan popülasyondan seçilen iki kromozom arasındaki çaprazlama şöyledir.

Kromozom 1 **1 0 1 1 1 || 0 0 1**

Kromozom 2 **0 1 1 0 1 || 1 0 0**

Birey 1 **1 0 1 0 1 || 0 0 0**

Birey 2 **0 1 1 1 1 || 1 0 1**

Bu örnekte ilk blokta (blok çizgisi || dir) 3. genden diğer blokta ise 2. genden sonraki kısımlar çaprazlamaya tabi tutulmuştur. Kesim noktasından sonraki genler, yeni birey oluştururken ilgili bloktaki diğer kromozomdaki genle yer değiştirirler.

Çaprazlama yapılacak konum rasgele seçilir. Oluşan yeni birey ebeveynlerin bazı özelliklerini almış ve bir bakıma ikisinin kopyası olmuştur. Çaprazlama işlemi başka şekillerde de yapılabilir. Örneğin birden fazla çaprazlama noktası seçilebilir. Daha iyi performans almak amacıyla değişik çaprazlamalar kullanılabilir.

Çaprazlama olasılığı (P_c), seçilen ebeveyn dizilere çaprazlama işleminin uygulanıp uygulanamayacağını belirler. Yani çaprazlama olasılığı o popülasyondaki çaprazlamaya giren birey sayısını belirler. Li ve Love (2000), yaptıkları çalışmada çaprazlama olasılığı olarak 0.6 değerini kullanmışlardır (Kulluk, 2003).

4.4.3. Tesis yerleşim problemlerinde mutasyon

Mutasyon, çözüm dizisini oluşturan sayıların rassal olarak değiştirilerek çözüm uzayında yeni bölgelerin araştırılmasına olanak sağlamaktadır. Mutasyon operatörü daha iyi nesiller üretmek için komşu arama teknikleriyle tasarlanır.

Tesis yerleşim problemlerinde mutasyon, başlangıç popülasyonunda ve çaprazlama sonucu oluşmayan özelliklerin bireylere aktarılmasını yani genetik çeşitliğin artmasını sağlar.

Mutasyon, çözüm dizisini oluşturan sayıların rassal olarak değiştirilerek yeni çözüm bölgelerinin araştırılmasına olanak sağlamaktadır. Mutasyon işlemi, daha iyi çocuklar elde etmek için komşu arama teknikleriyle oluşturulur (Cheng et al., 1996). Bu tekniğe göre yerleşimin komşusu olarak en fazla λ (kromozomdaki gen sayısı) sayıda gen değiştirilerek oluşturulan yerleşimde, yerleşim kümesi değişebilir durumdadır. Eğer bir yerleşim herhangi başka bir komşudan daha iyi ise λ -en iyi olarak adlandırılır. Bu bir örnekle açıklırsa; Çizelge 4.1'deki gibi 3, 7 ve 10 olarak üç gen rasgele seçilmiştir. Ebeveynlerin seçilen bu genlere göre komşu kromozomları çizelgedeki gibidir. Sonuçta bu komşu yerleşimlerin hepsi değerlendirilerek bunlardan en iyisi mutasyonda üretilen çocuk olarak kullanılır.

Çizelge 4.1 Komşu yerleşimli mutasyon

Ebeveyn kromozom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Komşu kromozomlar	1	2	3	4	5	6	10	8	9	7
	1	2	7	4	5	6	3	8	9	10
	1	2	7	4	5	6	10	8	9	3
	1	2	10	4	5	6	7	8	9	3
	1	2	10	4	5	6	3	8	9	7

Mutasyon oranı popülasyon büyüklüğüne bağlıdır ve uygulanan mutasyon oranının çok yüksek tutulması, oluşturulan başarılı yapıların kolaylıkla yok edilmesine yol açmaktadır. Bu nedenle düşük mutasyon oranı tercih edilmektedir. Bununla birlikte mutasyon oranları, kullanılan çaprazlama işlemine bağlı olarak farklı sonuçlar vermektedir. Suresh, et.al, (1995) bazı durumlarda düşük mutasyon oranlarıyla iyi sonuçlar alınmasına rağmen, genellikle iyi sonuçlara mutasyon oranının yüksek tutulması ile ulaşabileceğini belirtmektedirler.

4.5. Değerlendirme ve Seçim

Her yeni nesilde, bazı uyum ölçümleri kullanılarak kromozomlar değerlendirilir. çoğu eniyileme uygulamasında, uyum orijinal amaç fonksiyonuna göre hesaplanır. En küçükleme problemi ele alındığında, her kromozom için amaç fonksiyonu uyum değerine dönüştürülmelidir; burada daha uyumlu bir kromozom daha yüksek bir uyum değerine sahip olur. Bu işlem Cheng et al. (1996) algoritmalarında kendi değerinin tersi olacak şekilde hesaplanmaktadır:

$$\text{eval}(v_k) = 1/f(v_k), \quad k=1,2,3,\dots,n \quad (4.1)$$

Burada $\text{eval}(v_k)$ k. kromozomun uyum fonksiyonunu ve $f(v_k)$ bütün parçalar için toplam taşınan miktarı veya parça aileleri arasında en büyük taşınan miktar sayısını göstermektedir. Genişletilmiş popülasyondan yeni nesli üretmek için çeşitli seçim mekanizmaları kullanılabilir. Bunlar rulet tekeri, turnuva seçim tekniği, sıralı seçim tekniği olabilir.

BÖLÜM 5

TESİS YERLEŞİM PROBLEM ÇÖZÜMÜNE BİR GENETİK ALGORİTMA

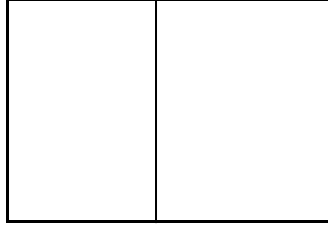
Bu bölümde, tesis yerleşim problemlerine çözüm üretebilecek bir genetik algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen genetik algoritmada bölümlerin L şeklinde de olmasına olanak sağlanmıştır.

5.1. Algoritmadaki Varsayımlar

Bu çalışmadaki geliştirilen genetik algoritmada, blok yerleşim düzenlemesi kullanılmıştır. Algoritmadaki amaç, bölümler arası taşımadan kaynaklanan (bölüm içi taşımalar dikkate alınmamıştır) malzeme taşıma miktarını en küçükleyecek n adet bölümün m adet yerleşime atanmasıdır. Tesisin blok yerleşimi, bölümlerin kesimler (tesis yüksekliği boyunca sıralı bölümlerden oluşan yapı) boyunca ataması şeklinde yapılmıştır. Tesis içindeki bölümler dikdörtgensel yapıların yanı sıra “L” şekilli blok yapılardan da oluşacak şekilde tasarlanmıştır. “L” şekilli blok yapıların kullanılmasında amaç malzeme akışının fazla olduğu bölümlerin ağırlık merkezlerinin birbirlerine yaklaşması ve malzeme taşıma faaliyetinin azalması olarak düşünülmektedir. Ayrıca yüksek akışlı bölümlerin sınırlarının artması ve giridi/çıktı noktalarının daha çok olmasının yararlı olabileceği düşünülmektedir.

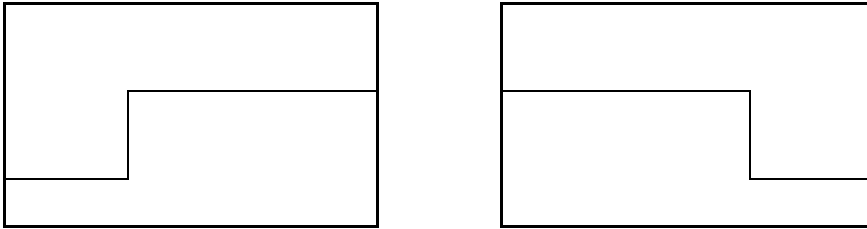
Bölümlerin şekilsel yapılarını ifade etmek için 2 farklı bölüm çeşidi kullanılmıştır. Bu tipler dikdörtgen ve “L” tipli bölümlerdir. “L” tipli bölümler görünüş şekline göre 4 farklı tip oluşturmaktadır. “L” tipli bölümlerin oluşturulması şöyledir:

- Sıralı bölümlerin ard arda olan iki tanesinin toplam şekli (birbirini tamamlaması) Şekil 5.1’de olduğu gibi dikdörtgendir.

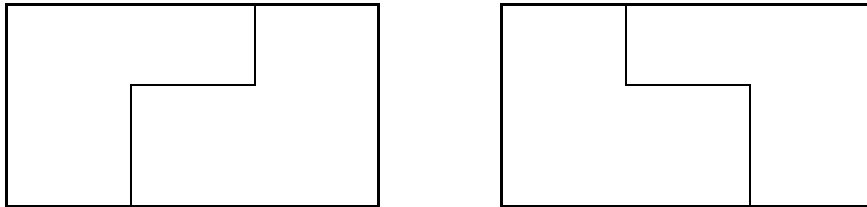


Şekil 5.1 İki bölümün toplam alanı (dikdörtgen)

- Bu ikili bölümler yatay veya düşey olarak kesilerek Şekil 5.2’de olduğu gibi değişik tipte L şekilli bölümler elde edilir.

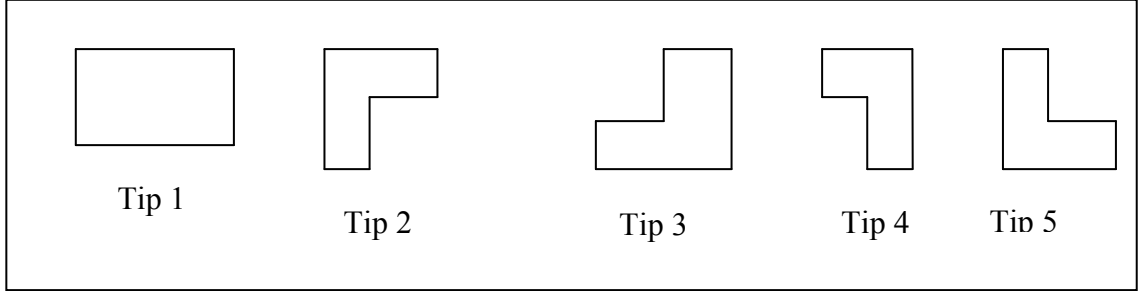


Şekil 5.2.a Yatay kesimli tipler



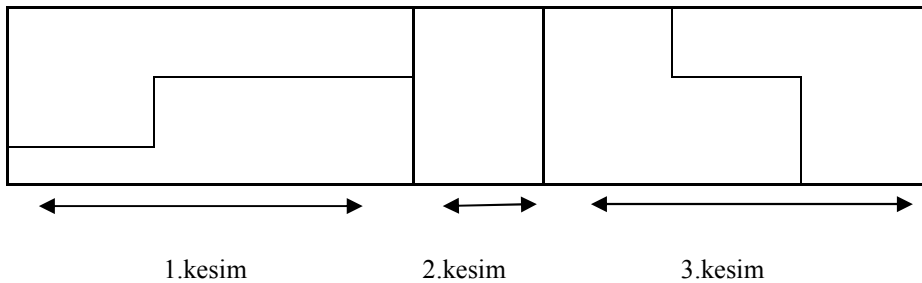
Şekil 5.2.b Düşey kesimli tipler

Tüm bölümler Şekil 5.3’de görülmektedir.



Şekil 5.3 Bölüm tipleri

Dikdörtgen ve “L” tipli bölümlerden oluşan bölümler yan yana veya üst üste sıralanarak kesimleri oluşturmaktadır. Kesim, bir veya birden fazla bölümün ard arda gelerek oluşturdukları dikdörtgen yapıdır. Tesis en az bir (tüm bölümler tek kesimde), en çok bölüm sayısı (her kesim tek bölümden oluşursa) kadar kesimden oluşabilir. Yani bölümler kesimleri, kesimler de tesisi oluşturur. Şekil 5.4’te 3 kesimli 5 bölümden oluşan bir tesis bulunmaktadır. 1. kesimde 2 bölüm, 2. kesimde 1 bölüm, 3. kesimde ise 2 bölüm bulunmaktadır.



Şekil 5.4 3 kesimli tesis yerleşimi

5.2. Genetik Algoritmalarla Çözüm Adımları

Tesis yerleşimi ile ilgili varsayımlar yapıldıktan sonra problemin genetik algoritma adımlarıyla çözümü, veri dosyasının oluşturulması ile başlar ve oluşturulan algoritmanın çalıştırılması ile devam eder. Döngü süreci sonlandırma koşulu sağlanınca sona erer ve sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanır.

5.2.1. Veriler

Tesis ve bölümlerle ilgili veriler şunlar olmalıdır.

- Tesisin yükseklik ve genişlik bilgileri,
- Tesiste bulunması gereken bölüm ve kesim sayısı,
- Bölümlerin alan ihtiyaçları,
- Bölümler arası malzeme akış miktarları.

5.2.2. Rassal yerleşimin oluşturulması

Bu aşamada rassal olarak popülasyon büyüklüğü kadar yerleşim oluşturulur. Oluşturulan her rassal yerleşimde şu bilgiler olmalıdır:

Yükseklik, genişlik ve bölüm sayısı: Tesisin yüksekliği (tesisin yüksekliğinden kasıt tesisin genişliğine dik olan boyutudur), genişliği ve bölüm sayısı sabit olarak okutulan bilgilerden aktarılmaktadır.

Bölüm sırası: Tesisteki bölümlerin en soldaki kesimden ve her kesimin en altından yukarıya doğru sıralanışı rassal olarak belirlenmelidir. 10 bölümlü bir tesis için sıra şöyle olabilir.

Örnek sıra: 6 5 2 8 9 4 10 7 3 1

Yukarıdaki sıraya göre 1 numaralı bölüm 10. sırada 10 numaralı bölüm 6. sırada bulunmaktadır. Bu örneğe uyan bir yerleşim Şekil 5.5'deki gibidir. Bölüm sıralama aşağıdan yukarı, kesim sıralaması soldan sağdır.

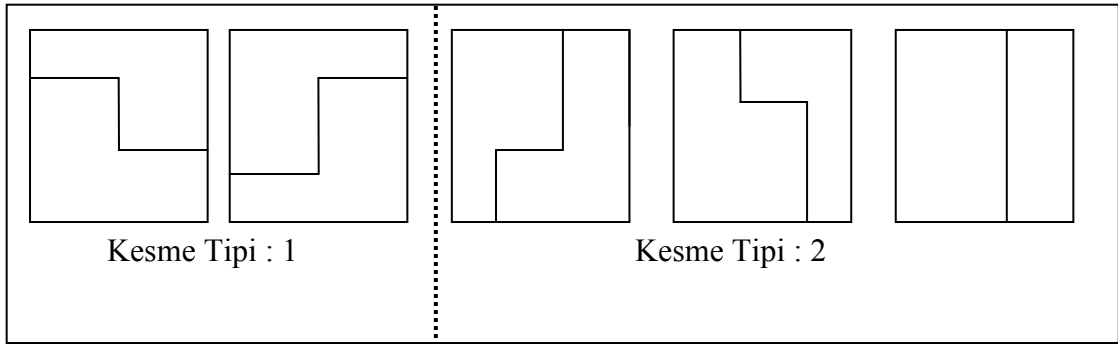
5	9	7	1
	8	10	
6	2	4	3

Şekil 5.5 Örnek yerleşim

Kesim sayısının hesaplanması: Tesisin kesim sayısı rassal olarak tesisin genişlik, yükseklik ve bölüm sayısı bilgilerini dikkate alarak hesaplanır. Kesim sayısı sabit bir sayı da olabilir. Yapılan çalışmada sabit sayılar kullanılmıştır.

Kesim bölüm sayılarının hesaplanması: Kesimdeki bölüm sayılarının belirlenmesi de rassal olarak hesaplanır.

Tiplerin ve kesme tiplerinin belirlenmesi: Tiplerin ve kesme tiplerinin hesaplanması için tesisteki her kesim için bir döngü oluşturulur. Her kesimdeki bölüm sayısına göre tip ve kesme tipinin beraber olarak hesaplanması sağlanır. Tipler daha önce anlatıldığı gibi dikdörtgen ve “L” şekilli bölümlerden oluşmaktadır. Kesme tipleri ise ikili bölümlerin (dikdörtgen yapı, Şekil 5.1) yatay veya düşey olarak nasıl bölüneceğini ifade eder. Yatay ise 1, düşey ise 2 değerini alır. Şekil 5.6’da kesme tipleri görülmektedir.



Şekil 5.6 Kesme tipleri

Şekil 5.6’da tip ve kesme tiplerine göre “L” tipli bölümler görülmektedir. Burada tiplerin ve kesme tiplerin ikili olarak ele alınma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Tip sayısı kesme tiplerine göre 8’e çıkmaktadır. 4’ü dikey kesmeden, 4’ü yatay kesmeden gelmektedir.

Bölümler kesimlere yerleştirilirken dikkat edilecek hususlar şunlardır.

- Kesim 1 bölümlü ise; yalnızca tipi 1 kesme tipi 1 olan bölüm atanabilir.
- Tip ve kesme tip numaralarıyla belirlenen bölümler birbirlerini şekilsel olarak tamamlayan bölümler olmalıdır. Birbirini şekilsel olarak tamamlamak, ikili bölümün dikdörtgen blok oluşturması anlamına gelmektedir. Örneğin tipi 1

kesme tipi 2 olan bir bölümün sağına/soluna, tipi 1 kesme tipi 2 olan bir bölüm, tipi 3 kesme tipi 1 olan bir bölümün üzerine tipi 2 kesme tipi 1 olan bir bölüm gelmelidir.

- Kesimde ilk olarak “L” tipli bölümler atanacaksa; bu bölümler tabanı düz olan tipi 3 kesme tipi 1, tipi 5 kesme tipi 1, tipi 2 kesme tipi 2, tipi 5 kesme tipi 2 olan bölümler olmalıdır.

Bölüm boyutlarının hesaplanması: Tipleri belirlenen bölümlerin boyutlarının rassal olarak hesaplanması gerekir. Bölüm boyutlarının hesaplanabilmesi için öncelikle kesim genişliklerinin hesaplanması gerekir. Kesim genişlikleri kesimdeki bölümlerin alanlarının toplamının tesis yüksekliğine bölünmesiyle hesaplanır.

$$\text{Kesim genişliği}(i)=[\text{alan}(k)+\text{alan}(k+1)+\text{alan}(k+2)\dots\text{alan}(n)]/\text{yükseklik} \quad (5.1)$$

i : Kesim numarası

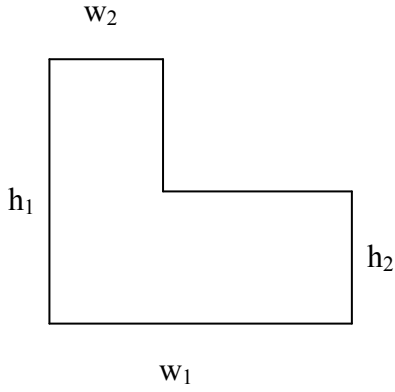
k: i. kesimdeki ilk bölümün sıra numarası

n: i. kesimdeki son bölümün sıra numarası

Kesim genişliklerinin hesaplanmasından sonra bölüm boyutlarının hesaplanmasına geçilir.

Dikdörtgen şekilli bölümlerin boyutlarının hesaplanması: Dikdörtgen şekilli bölümün kesme tipi 1 ise dikdörtgenin genişliği kesim genişliğine eşittir, bölümün yüksekliği ise bölüm alanının dikdörtgen genişliğine bölünmesi ile hesaplanır. Bölümün kesme tipi 2 ise dikdörtgeninin yüksekliği tamamlayan tipi (tipi 1 kesme tipi 2 olan sonraki bölüm) ile alanlarının toplamının kesim genişliğine bölümüyle hesaplanır. Genişliği de alanın yüksekliğe bölünmesi ile elde edilir.

“L” tipli bölümlerin boyutlarının hesaplanması: “L” tipli bölümlerin boyutlarının hesaplanması rassal olarak ve alanlarıyla bağlantılı olarak yapılır. “L” tipli bölümlerin alanları taban alan ve üst alan ya da sol alan sağ alan olarak ayrılarak hesaplanır. Şekil 5.7’de “L” tipli bir bölümün boyutları görülmektedir. Burada h_1 ve h_2 bölüm yüksekliklerini w_1 ve w_2 ise bölüm genişliğini göstermektedir.



Şekil 5.7 L şekilli bölüm boyutları

Boyutlar rassal olarak hesaplanırken dikkat edilmesi gereken şartlar:

Öncelikle küçük boyutlar hesaplanmalıdır. h_2 boyutu bölüm alanının w_1 genişliğine bölünmesinden oluşan sayıdan küçük olmalıdır. Büyük olması durumunda bölüm L tipli bölüm olarak şekillenemez. h_1 boyutunun da aynı şekilde alanı tamamlayacak şekilde en alt ve en üst sınırları tespit edilir.

Bölüm boyutlarının da hesaplanması ile birlikte rassal yerleşimi oluşturan bilgilerin hesaplanması tamamlanmış olur.

Basıklık Oranlarının Hesaplanması: Dikdörtgen şekilli bölümlerde basıklık oranı büyük kenarın küçük kenara oranı olarak hesaplanır. “L” şekilli bölümlerde, yatay ve düşey basıklık oranları olarak iki basıklık oranı kullanılmaktadır.

$$\text{Yatay basıklık oranı } (\alpha) = \text{enb}(w_1, w_2) / \text{enk}(w_1, w_2) \quad (5.2)$$

$$\text{Düşey basıklık oranı } (\beta) = \text{enb}(h_1, h_2) / \text{enk}(h_1, h_2) \quad (5.3)$$

Rassal olarak üretilen yerleşimler genetik algorithmanda kullanılacak başlangıç popülasyonunu verecektir. Rassal olarak üretilen yerleşimdeki bölümlerin ağırlık merkezleri tiplerine göre hesaplanır.

Bölüm tipi dikdörtgensel yapıda ise ağırlık merkezinin koordinatları, bölüm yükseklik ve genişliklerinin yarısına eşittir. Bölüm "L" tipli ise; bölümler iki ayrı parça dikdörtgene ayrılarak dikdörtgenlerin ağırlık merkezleri bileşenlerinin ağırlıklı ortalamasının alınmasıyla bulunur. Bölümlerin ağırlık merkezleri bulunduktan sonra ağırlık merkezinin bölümün içinde olup olmadığı hesaplanır. Bölümün dışında kalan ağırlık merkezleri uygun olmayan çözüm olarak cezalandırılır.

Problemin amaç fonksiyonu:

$$f(Y) = \sum_i \sum_j f_{ij} d_{ij}(Y) + M \sum_{i:\alpha_i > 3, \beta_i > 3} ((\alpha_i - 3)^2 + (\beta_i - 3)^2) \quad (5.4)$$

Burada:

f_{ij} : i. ve j. bölümler arası malzeme akış miktarı

$d_{ij}(Y)$: i. ve j. bölüm merkezleri arası (dikdoğrusal) uzaklık (Y yerleşiminde)

α_i : i. bölümün yatay basıklık oranı

β_i : i. bölümün dikey basıklık oranı

M : sabit bir ceza çarpanı

Yatay ve dikey basıklık oranı üst sınırı 3 olarak alınmış, bu değeri geçen bölümler amaç fonksiyonunda cezalandırılmıştır.

Problemde dikkate alınan varsayımlar şunlardır:

- Birim taşıma maliyetleri “1” değerine sahiptir.
- Bölüm sayısı ile yerleşim sayısı eşittir. ($n=m$)
- Tesis en az bir en çok bölüm sayısı kadar kesimden oluşur.
- Bölümler kesimlere bir önceki tipte (dikdörtgen oluşturacak şekilde) uyumlu olarak atanmalıdır.
- Kesimlerdeki bölüm sayıları ile atanan bölüm tiplerinin ilişkisi vardır. Örneğin bir bölümden oluşan kesime mutlaka dikdörtgen tipli bölüm atanmalıdır. “L” tipli bölümlerin atanabilmesi için kesim en az iki bölümlü olmalıdır. Tek sayılı bölümlerden oluşan kesimlerde en az bir dikdörtgensel bölüm olmak zorundadır. “L” tipli bölümler iki bölümün birbirini tamamlayarak dikdörtgen olmasından kabulle atanmaktadır.
- Kesimlerin yükseklikleri tesis yüksekliğine eşit olacaktır, genişlikleri atanan bölüm sayısı ve bölüm alanlarına göre değişebilir. Kesim genişlikleri toplamı tesis genişliğine eşittir.

Bu kabuller ve açıklamalar, literatürdeki test problemleri üzerinde uygulanabilecek bir yapıya dayanan algoritma geliştirilerek C programlama dilinde kodlanmıştır.

5.3. Genetik algoritma temel adımlarının uygulanması

Genetik algoritma adımları başlangıç popülasyonundaki bireylerin uyum değerlerinin hesaplanması ile başlar ve seçim, çaprazlama, mutasyon döngüsü ile devam eder.

5.3.1. Başlangıç popülasyonun oluşturulması

Başlangıç popülasyonu ve popülasyon büyüklüğü genetik algoritmaların verimliliğini etkileyen iki önemli etmendir. Bu iki etmeni dikkate alarak algoritmanın performansını artırmak mümkündür. Literatürde genel olarak rasgele seçilen başlangıç popülasyonları kullanılmıştır. Yapılan çalışmada da popülasyondaki bireyler rassal olarak üretilen yerleşimlerden oluşmaktadır.

Popülasyondaki bireylerin kodlaması 3 bloktan oluşacaktır:

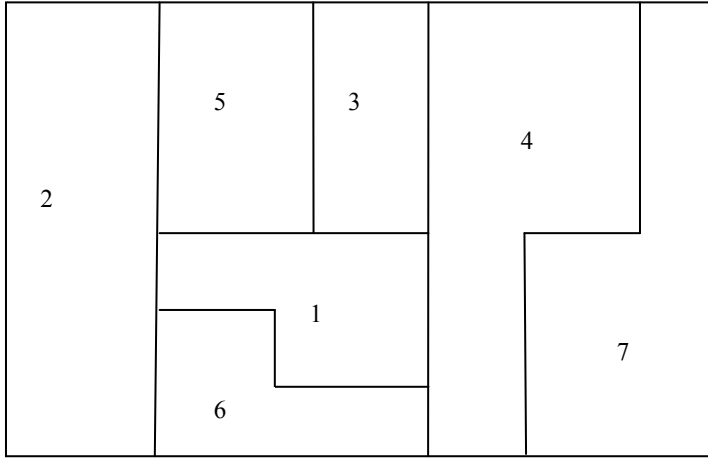
Blok 1 | Blok 2 | Blok 3

Kesimlerdeki bölüm sayıları | bölümlerin sırası | yerleşimin yapısı (tip ve kesme tipleri)

İlk blok kesimlerdeki bölüm sayılarını, ikinci blok bölümlerin tesisteki sıralarını (aşağıdan yukarıya ve soldan sağa), üçüncü blok ise tesisteki bölümlerin tipini ve kesme tipini göstermektedir.

Örnek olarak 3 kesimli 7 bölümlü bir gösterim Şekil 5.8'de verilmektedir. Bölüm sırası aşağıdan yukarıya ve soldan sağa, kesimler soldan sağa doğru sıralıdır.

1 4 2 | 2 6 1 5 3 4 7 | (11) (51) (41) (12) (12) (22) (32) |



Şekil 5.8 3 kesim 7 bölümlü örnek yerleşim

5.3.2. Uyum fonksiyonu

Her nesilde elde edilen kromozomların uyum değerini belirlemek için toplam malzeme taşıma maliyeti kullanılmıştır.

Tesis yerleşim problemleri en küçükleme problemi olduğundan denklem 5.4'deki amaç fonksiyonu uyum fonksiyonu olarak kullanılabilir. Amaç fonksiyonu en küçüklendiğinde uyum fonksiyonu da en küçüklenecektir.

5.3.3. Seçim ve çaprazlama

Seçim mekanizması olarak turnuva seçim tekniği kullanılmıştır. Popülasyondaki bireyler ikili olarak rassal seçilmiş ve uyumu iyi olan birey çaprazlama ve mutasyon için havuza gönderilmiştir. Böylece havuzun seçkin bireylerden oluşması sağlanmıştır.

Çaprazlama tekniği olarak tek noktalı çaprazlama kullanılmıştır. Çaprazlamada bireylerin kesimlerindeki bölüm sayısı (blok 1)ve bölüm sıraları(blok 2) kendi aralarında çaprazlanarak yeni bireyler elde edilmiştir. Çaprazlama sonucunda iki ebeveynden 4 çocuk üretilmiştir.

Çaprazlama adımları şu şekilde uygulanmıştır:

- Eşleşme havuzundan iki birey rassal olarak ebeveyn olarak seçilir.
- Çaprazlama noktası olarak rasgele bir sayı üretilir ve ebeveynlerin bölüm sırasını oluşturan genler iki bölüme ayrılır.
- Birinci çocuk birinci ebeveynden yapısını (tip ve kesme tip sırasını), birinci ebeveynden kesim sayısını, birinci ebeveynin sırasının bir kısmını diğer ebeveynin sırasının diğer kısmını alır. Eğer sırada tekrarlar olursa yapısını aldığı ebeveynden olmayan bölümleri ilk ebeveyn sırasına göre alır.
- İkinci çocuk ikinci ebeveynden yapısını, ikinci ebeveynden kesim sayısını, birinci ebeveynin sırasının bir kısmını diğer ebeveynin sırasının diğer kısmını alır. Eğer sırada tekrarlar olursa birinci ebeveynden olmayan bölümleri onun sırasına göre alır.
- Üçüncü çocuk birinci ebeveynden yapısını, birinci ebeveynden kesim sayısını, ikinci ebeveynin sırasının bir kısmını diğer ebeveynin sırasının diğer kısmını alır. Eğer sırada tekrarlar olursa ikinci ebeveynden olmayan bölümleri onun sırasına göre alır.
- Dördüncü çocuk ikinci ebeveynden yapısını, ikinci ebeveynden kesim sayısını, ikinci ebeveynin sırasının bir kısmını diğer ebeveynin sırasının diğer kısmını alır. Eğer sırada tekrarlar olursa ikinci ebeveynden olmayan bölümleri onun sırasına göre alır.

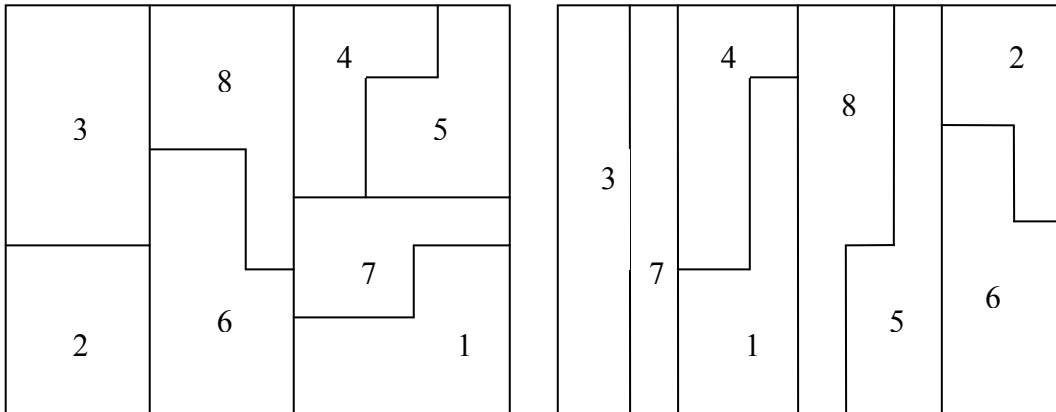
- Yapıları aynı olan 1 ve 3. çocuktan uyum değeri daha iyi olan, 2 ve 4. çocuktan uyum değeri daha iyi olan genetik algoritma sürecine devam eder, diğerleri ölü birey kabul edilir.

Örnek olarak seçilen ebeveynler;

P1= 2 2 4 | 2 3 6 8 1 7 4 5 | (11) (11) (51) (41) (31) (21) (22) (32)

P2= 2 2 2 2 | 3 7 1 4 8 5 6 2 | (12) (12) (31) (21) (22) (32) (51) (41)

Çaprazlamaya katılan iki ebeveynin yerleşim düzeni Şekil 5.9'da görülmektedir.



Şekil 5.9 Ebeveynlerin yerleşim düzeni (sırasıyla P1 ve P2)

Çaprazlama yapılacak kısım ortadaki sıralama kısmıdır. Çaprazlama yapılacak nokta rassal olarak 3. gen olarak belirlenirse:

P1'in sırası 2 3 6 | **8 1 7 4 5**

P2'nin sırası 3 7 1 | **4 8 5 6 2**

1. sıralama 2 3 6 4 8 5 6 2

6 ve 2 tekrarladığından P1 den sırayla olmayanlar alınır.

1. sıralama 2 3 6 4 8 5 1 7 olur. Bu sıralamadan 2 çocuk oluşturulur.

1. çocuk = 2 2 4 | 2 3 6 4 8 5 1 7 | (11) (11) (51) (41) (31) (21) (22) (32)

2. çocuk = 2 2 2 2 | 2 3 6 4 8 5 1 7 | (12) (12) (31) (21) (22) (32) (51) (41)

2. sıralama 3 7 1 8 1 7 4 5

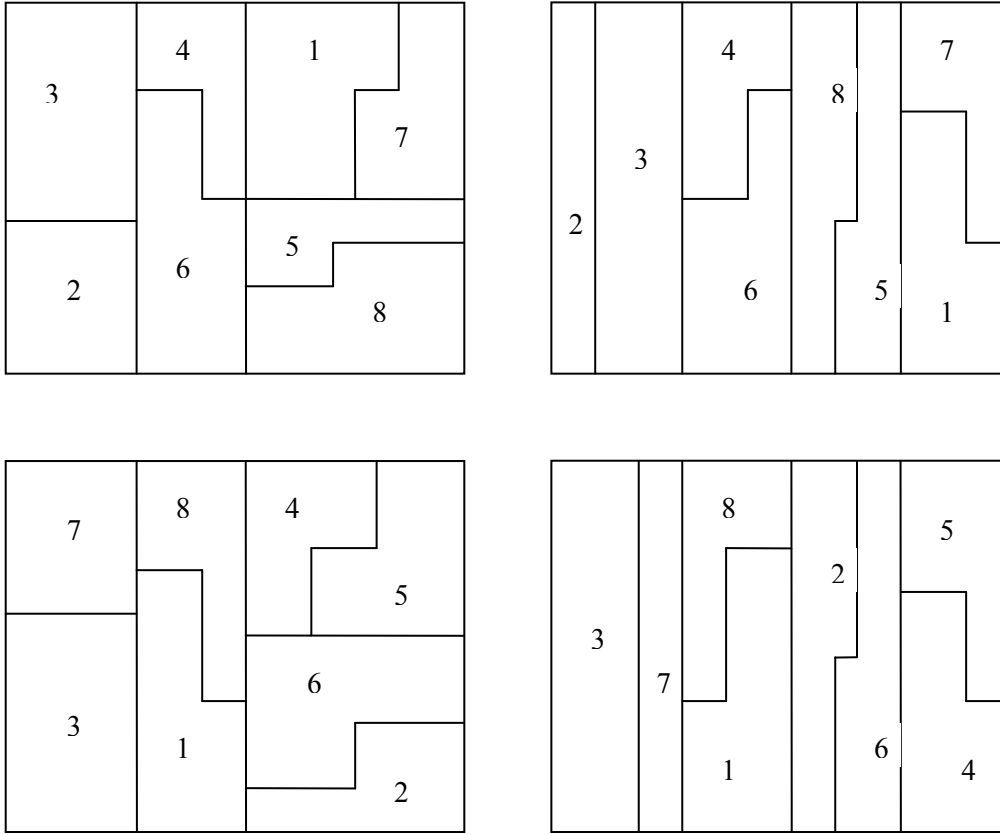
7 ve 1 tekrarladığından P2 den sırayla olmayanlar alınır.

2. sıralama 3 7 1 8 2 6 4 5 olur. Bu sıralamadan da 2 çocuk oluşturulur.

3. çocuk = 2 2 4 | 3 7 1 8 2 6 4 5 | (11) (11) (51) (41) (31) (21) (22) (32)

4. çocuk = 2 2 2 2 | 3 7 1 8 2 6 4 5 | (12) (12) (31) (21) (22) (32) (51) (41)

Çocukların yerleşim şekilleri Şekil 5.10'da görülmektedir. İki ebeveyn çaprazlamaya girmiş ve bu 2 ebeveynden 4 adet çocuk meydana gelmiştir. Yerleşim düzenleri belirlenen çocukların bölüm ölçüleri ve ağırlık merkezleri ilk popülasyon oluşturmadaki gibi hesaplanır. Hesaplanan bu değerler kullanılarak çaprazlama sonucu üretilen bireylerin uyum değerleri hesaplanır. Yapıları aynı olan (1-3, 2-4) çocuklardan uyum değeri büyük olanlar öldürülür. Popülasyondaki çaprazlanacak birey sayısı (popülasyondaki birey sayısı ile çaprazlama olasılığına bağlıdır) tamamlanana kadar bu işlem devam eder.



Şekil 5.10 Çocukların yerleşim düzeni (sırasıyla Ç1,Ç2,Ç3,Ç4)

5.3.4. Mutasyon

Çaprazlama işleminden sonra mutasyon işlemine geçilir. Mutasyon işlemi bireyi oluşturan genlerden rassal olarak seçilen genin değiştirilmesi ile yapılır. Mutasyon oranına göre yapılır. Mutasyon sadece 3. bloğa uygulanmıştır ve yerleşim yapısını değiştirmeyi amaçlar. Örnek olarak seçilen birey Ç1 şöyle olsun:

Ç1: 2 2 4 | 2 3 6 4 8 5 1 7 | (11) (11) (51) (41) (31) (21) (22) (32) (mutasyon öncesi)

Burada daha önce bahsedildiği üzere ilk kısım kesimdeki bölüm sayısını, ikinci kısım bölüm sıralarını, son kısım ise yapı diye tarif edilen bölüm tip ve kesimdeki bölüm sayılarının işaretlendiği kısımdır.

Mutasyon işlemi şu şekilde uygulanmıştır:

- Tip ve kesme tipleri değiştirmek: Tip ve kesme tiplerinden oluşan ikili yapıları değiştirirken o bölümü tamamlayan bölümün tip ve kesme tipi de dikkate alarak değişim yapılmalıdır.

örnek olarak tip ve kesme tipleri değiştirilirse yeni birey şu şekilde olur.

M1: 2 2 4 | 2 3 6 4 8 5 1 7 | (11) (11) (51) (41)(**12**) (**12**) (22) (32) (mutasyondan sonra)

(31) (21) yapısı değişerek (12) (12) yapısına dönüşmüştür. Bu yapı başka ikililere ((51) (41), (52) (42), (22) (32)) de dönüşebilir.

Mutasyon işleminden sonra üretilen bireylerin uyum değerleri hesaplanarak popülasyon havuzuna gönderilir. Popülasyon havuzundan seçim mekanizmasına göre seçim işlemi yapılır ve algoritma durma şartı sağlanana kadar tekrarlanır.

BÖLÜM 6

DENEYSEL BULGULAR

Farklı alanlı tesis yerleşim problemi için geliştirilen algoritma parametreleri ve etkinliğini belirlemek için çeşitli deneyler yapılmıştır. Program birçok rassal sayı kullanılarak çalıştırılmış ve uygun parametre değerleri seçilmiştir.

6.1. Test Problemi ve Parametreler

Bu çalışmada kullanılan test problemi olarak van Camp'ın (van Camp, et al., 1991) 10 bölümlü tesis yerleşim problemi, Bazaraa'nın (Bazaraa, 1975) 12 ve 14 bölümlü test problemleri ele alınmıştır.

Genetik algoritmada, çaprazlama oranı (P_c), mutasyon oranı (P_m), nesil sayısı (G_{say}), popülasyon büyüklüğü (P_{say}), basıklık oranları (α, β), ceza çarpanı (M), dan oluşan parametreler bulunmaktadır. Bir elit birey korunmuştur.

Algoritma ile bu parametre setleri denenerak uygun olanları seçilmiştir. Popülasyon sayısı; 50, 100, 150, 200 denenerak $P_{say}=100$, Çaprazlama oranı; 0.40, 0.50, 0.60 denenerak $P_c=0.60$, mutasyon oranı; 0.05, 0.01, 0.10, 0.15 denenerak $P_m=0.05$, nesil sayısı $G_{say}=3500$, basıklık oranları 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 denenerak $\alpha=3.0$, $\beta=3.0$ olarak alınmıştır. Ceza çarpanı için 50-70-100 gibi değişik değerler kullanılmıştır.

6.2. Analiz Sonuçları

Geliştirilen genetik algoritma, test problemleri üzerinde kesim sayısının sabit değerleriyle çalıştırılmıştır.

Kesim sayısı sabit olması durumunda, başlangıç popülasyonunda üretilen tüm bireyler aynı kesim sayısında üretilir ve bunlardan üretilen tüm bireyler de aynı kesim sayısındadır. van Camp 10 bölümlü test problemi (van Camp, et al., 1991) 4, 5, 6 kesimli olarak, Bazaraa 12 bölümlü test problemi 6 kesimli olarak ve Bazaraa 14 bölümlü test problemi 5 kesimli olarak beşer kez çözülmüştür (Bazaraa, 1975). Sonuçları Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Test problemleri sonuçları (sabit kesimli)

Denemeler	1	2	3	4	5	En küçük	Ortalama	En büyük
van Camp 4 kesimli	17906	24876	24275	28289	24511	17906	23791	28289
van Camp 5 kesimli	18440	23931	26199	26522	24048	18440	23828	26522
van Camp 6 kesimli	19546	21406	28807	21442	26021	19546	23444	28807
Bazaraa 12 6 kesimli	11373	12194	11720	13103	12066	11373	12091	13103
Bazaraa 14 5 kesimli	5659	11765	12532	7315	6152	5659	8684	12532

Yapılan denemeler sonucu elde edilen en iyi yerleşimlerin uyum değerleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

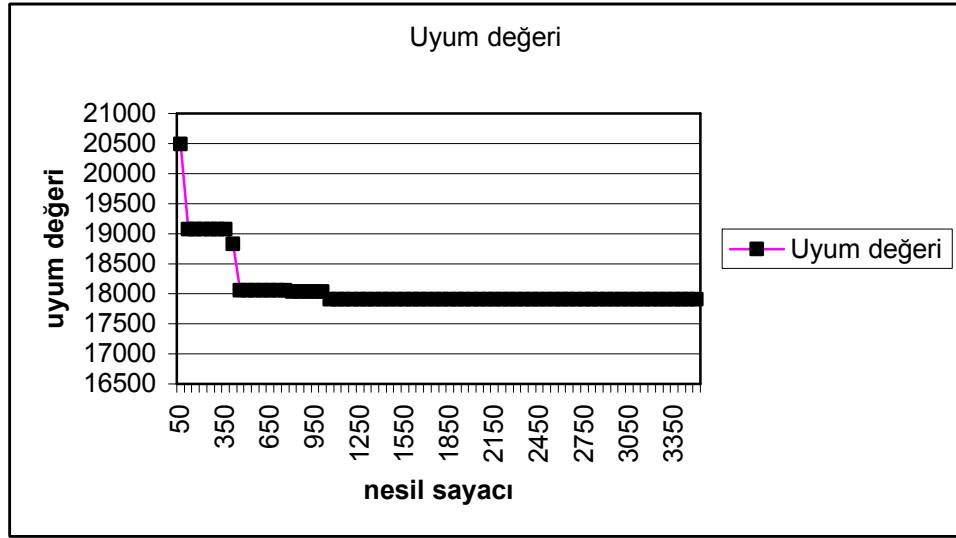
Çizelge 6.2. Analiz sonuçları

Test Problemleri	Önerilen GA sonuçları	Tate & Smith (1995)
van Camp (4 kesimli)	17,906.7	-
van Camp (5 kesimli)	18,440.4	-
van Camp (6 kesimli)	19,546.0	20,320.5
Bazaraa12 (6 kesimli)	11,373.9	8,861.0
Bazaraa14 (5 kesimli)	5,659.8	5,077.0

Bütün test problemleri dikdörtgen uzaklık kullanılarak çözülmüş ve van Camp probleminde L şekilli bölümler içeren uygun yerleşimler bulunmuştur. Bu problem için, Tate and Smith (1995) çalışmalarında kuşucuşu uzaklık kullanmış ve sadece dikdörtgen bölümleri göz önüne almıştır. Önerilen algoritma ile elde edilen sonuç değeri (6 kesimli sonuç: 19546), kuşucuşu uzaklığa göre hesaplandığında 18941'e düşmektedir. Bu da L şekilli bölümlerin de olduğu yerleşimin daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Bu genetik aramada yatay ve dikey basıklık oranları 3.0 olarak uygulanmıştır. van Camp probleminde Tate and Smith (1995) çözümünden daha iyi yerleşimler bulunmasına rağmen diğer 12 ve 14 bölümlü Bazaraa problemlerinde daha iyi yerleşimler bulunamamıştır. Bunun nedeni ise uygulanan yatay ve dikey basıklık oranı kısıtlarının uygun yerleşim sayısını çok aza indirgemesi olarak görülmüştür. Basıklık oranı kısıtından dolayı uyum değeri iyi olan yerleşimler popülasyondan atılmaktadır.

van Camp'ın 10 bölümlü probleminde bulunan sonuçlardan olan 4 kesimli yerleşiminin uyum değerinin nesil sayacına bağlı değişim grafiği Şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1 Uyum değeri nesil grafiği

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi uyum değeri 1100. nesilden sonra değişim göstermemektedir. Bu noktadan sonra popülasyonda iyileşme görülmemektedir. Genetik algoritmanın durma kriteri olarak iyileşmenin olmadığı noktalar tespit edilerek programın gereksiz çalışması önlenmiştir. Denemeler Pentium 3 1.0 Ghz işlemcili bilgisayarda yapılmıştır. Çözüm süresi 3 ile 5 dakika arasında değişmektedir.

Test problemlerinin geliştirilen genetik algoritmayla çözümünden elde edilen yerleşimler ve genetik kodları Ekler bölümünde verilmiştir.

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tesis yerleşim problemleri NP-zor problemlerdir. Bunun nedeni, problemdeki bölüm ve yerleşim sayısına bağlı olarak alternatif yerleşimlerin üstel olarak artış göstermesidir. Çözüm uzayının üstel olarak artması bu tür problemleri en iyileme metotları ile çözmeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle tesis yerleşimi gibi çözüm uzayı üstel olarak artan problemlerde sezgisel yöntemler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, sezgisel arama yaklaşımlarından genetik algoritmaların tesis yerleşim problemlerine uygulaması üzerinde durulmuştur. Tesis yerleşim problemleri çözümü için yeni bir genetik algoritma geliştirilmiştir ve etkinliği araştırılmıştır.

Geliştirilen genetik algortmada bölümler dikdörtgensel yapıda olabileceği gibi “L” şeklinde yapılar şeklinde de olabilmektedir. “L” şeklindeki yapılar birbiri ile akış miktarı fazla olan bölümlerin ağırlık merkezlerinin yaklaşmasını, böylece malzeme taşıma maliyetini azaltmak amacıyla seçilmiştir. “L” şekilli bölümlerin daha uygun olabilmesi için basıklık oranları sınırları getirilmiştir. Böylece basıklık oranlarından sapmalar bir maliyetle cezalandırılmış, yerleşimlerin daha uygun olması sağlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar düşük maliyetli yerleşimler üretmektedir. Ancak “L” şekilli bölümlerin işletmelerde uygulanabilirliği tartışılabilir. Ürün ailelerinin olduğu işletmelerde “U” tipi yerleşimler görülmektedir. Bu tür yerleşimlerin malzeme akışına büyük kolaylık sağladığı ve gereksiz taşımaları önlediği tespit edilmiştir. Aynı şekilde “L” şekilli bölümlerin de malzeme akışlarını kolaylaştıracağı ve taşıma maliyetlerini azaltacağı söylenebilir.

Üretim işletmelerinde bazı sınır zorluklarından dolayı uygulanabilirliğinde güçlükler çekilebilir ancak günümüz işletmelerinde sınırların makine ve teçhizatlarla

belirlendiği düşünülürse böyle bir yerleşimin kolaylıkla olabileceği söylenebilir. Ayrıca hizmet işletmelerinde (hastane, banka), bu tür yerleşimleri uygulamak daha kolay olabilir. Bu tür işletmelerde ise malzeme akışı olarak ise müşteri, personel hareketi olarak kabul edilebilir. Yöneticilerin “L” nin taban-köşe kısmında konumlanması ile tüm personele hakim bir yerde olması daha verimli bir çalışma ortamı sağlayabilir. “L” şekli iki farklı dikdörtgenin birleşmesi olarak da düşünülebilir. Aynı bölümde iki farklı grup oluşturularak bölüm içi takım sistemleri kurulabilir ve personel verimliliği artırılabilir.

Tesis yerleşim problemlerinin çözümüne katkı sağlamak amacıyla geliştirilen bu algoritma “L” şeklinin tesislerde uygulanabilirliği yönünde bir sonuç çıkarmaktadır. Bundan sonraki çalışmalarla daha iyi sonuçlar elde edilebilir ve değişik yaklaşımlar getirilebilir. Bu alanda gelecekte yapılabilecek çalışmalar şu şekilde sıralanabilir:

- Algoritmada kullanılan sabit kesim sayısı değişken kesim sayısına dönüştürebilir veya kesim yaklaşımı değiştirilebilir. Kesim kullanılmayabilir veya değişken olması sağlanabilir.
- Elde edilen yerleşimler yerel bir arama ile daha da iyileştirilebilir.
- Ceza çarpanı bir fonksiyona dönüştürölüp, ceza kademeli olarak verilebilir ve iyi bireyler ilk nesillerde korunabilir.
- “L” şekilli bölümlerin yanında günümüzde ürün ailesinde de karşılaşılan “U” veya “T” şekilli bölümlerin de olabileceği modeller geliştirilebilir.
- Tesisin boyutlarına uygun basıklık oranları ile yerel düzenlemelerin (özel bölüm) de dikkate alındığı algoritmalar geliştirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Armour, G. C. and Buffa, E. S., 1963, A Heuristic algorithm and simulation approach to relative location of facilities, *Management Science*, 9, 294-309.
- Bazaraa, M.S., 1975, Computerized layout design: a branch and bound approach, *AIIE Transactions*, 7, 4, 432-457.
- Ceylan, H. ve Haldenbilen, S., 2005, Şehirler arası ulaşım talebinin genetik algoritma ile modellenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 3599-3618.
- Cheng, R., Gen, M. and Tosawa, T., 1996, Genetic algorithms for designing loop layout manufacturing systems, *Computers and Industrial Engineering*, 31, 3, 587-591.
- Cordon, O., Herrera, F., Hoffmann, F. and Magdalena, L., 2001, *Genetic fuzzy systems: Evolutionary tuning and learning of fuzzy knowledge bases*, World Scientific, USA, 462p.
- Demir, A. S., 2002, Tavlama benzetimi algoritması ile tesis yerleşim düzenlemesi ve Tüvasaş fabrikasında bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 103s.
- Emel, G. G. ve Taşkın, Ç., 2002, Genetik algoritmalar ve uygulama alanları, *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21, 1, 129-152.
- Goldberg, D.E., 1989, *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*, Addison-Wesley, USA, 412 p.
- Holland, J. H., 1975, *Adaption in natural and artificial systems*, MIT Press, Cambridge, USA.
- İşlier, A. A., 1998, A genetic algorithm for multiple criteria facility layout design, *International Journal of Production Research*, 36, 6, 1549-1569.
- Jang, J. S. R., 1997, *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*, Derivative-free optimization, Prentice-Hall, USA, 173-196.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jenkins, W. M., 1993, Plane free optimum design environment based on genetic algorithms, *Journal of Structures Engineering*, 118, 11, 3103-3112.
- Kochhar, J. S., Foster, B. T. and Heragu, S. S., 1998, HOPE: A genetic algorithm for the unequal area facility layout problem, *Computers and Operational Research*, 25, 7, 583-594.
- Kulluk, S., 2003, Tesis yerleşim problemlerinde genetik algoritmalar ve bir paralel genetik algoritma uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 145s.
- Liepins, G. E., Potter, W. D., Tonn, B.E., Hillard, M. R., Goeltz, R. T. and Purucker, S. L., 1990, Diagnosis, parsimony and genetic algorithms, *Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems*, 1, 1-8.
- Meller, R. D. and Gau, K., 1996, The facility layout problem: recent and emerging trends and perspectives, *Journal of Manufacturing Systems*, 15, 351-366.
- Özkale, C., 2002, Tesis yerleşim düzenlemesi ve otomotiv yan sanayiinde bilgisayar destekli bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 161s.
- Sahni, S. and Gonzalez, T., 1976, P-complete approximation problems, *Journal of Association for Computing Machinery*, 23, 555-565.
- Sha, D.Y. and Chen, Chien-Wen, 2001, A new approach to the multiple objective facility layout problem, *Integrated Manufacturing Systems*, 12, 1, 59-66.
- Suresh, G., Vinod, V. V. and Sahu, S., 1995, A genetic algorithm for facility layout, *International Journal of Production Research*, 33,12, 3411-3423.
- Tam, K. Y., 1992, Genetic algorithms, function optimization, and facility layout design, *European Journal of Operational Research*, 63, 322-346.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tavakkoli-Moghaddain, R. and Shayan, E., 1998, Facilities layout design by genetic algorithms, *Computers and Industrial Engineering*, 35, 3-4, 527-530.
- Tate, D.M., Smith, A.E., 1995, Unequal-area facility layout by genetic search. *IIE Transactions*, 27, 465-472.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A. and Tanchoco, J. M. A., 2003, *Facilities Planning*, John Wiley & Sons, USA, Third edition, 750p.
- Tuzkaya, U. R., 2002, Modern üretim yapısına uygun bilgisayar destekli tesis yerleştirme teknikleri ve buna yönelik bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 112s.
- van Camp, D. J., Carter, M.W. and Vannelli, A., 1991, A nonlinear optimization approach for solving facility layout problems, *European Journal of Operational Research*, 57, 174-189.
- Yeo, M. F. and Agnel, E. O., 1998, Optimising engineering problems using genetic algorithms, *Engineering Computations*, 15, 2, 268-280.

EKLER

Ek.1. van Camp'ın 10 Bölümlü 4 Kesimli Blok Yerleşimini İçin Ekran Çıktısı

Ek.2. van Camp'ın 10 Bölümlü 4 Kesimli Blok Yerleşimi.

Ek.3. van Camp'ın 10 Bölümlü 5 Kesimli Blok Yerleşimi.

Ek.4. van Camp'ın 10 Bölümlü 6 Kesimli Blok Yerleşimi.

Ek.5. Bazaraa'nın 12 Bölümlü Probleminin 6 Kesimli Blok Yerleşimi.

Ek.6. Bazaraa'nın 14 Bölümlü Probleminin 5 Kesimli Blok Yerleşimi.

Ek.1. van Camp'ın 10 Bölümlü 4 Kesimli Blok Yerleşimi İçin Ekran Çıktısı

C program Çıktısı

<u>Sıra</u>	<u>bölüm</u>	<u>Tip</u>	<u>kesmetip</u>	<u>byuk1</u>	<u>byuk2</u>	<u>xmer</u>	<u>ymer</u>
1	10	3	1	4,60	4,86	12,63	2,39
2	8	2	1	3,57	3,32	12,27	6,47
3	3	3	1	6,22	6,59	12,66	11,38
4	7	2	1	2,59	2,23	12,01	15,78
5	4	3	1	2,56	4,20	14,01	18,69
6	5	2	1	5,46	3,81	11,46	22,53
7	9	1	1	25,00	25,00	29,38	12,50
8	2	5	2	4,31	4,63	36,04	12,28
9	6	4	2	3,37	3,05	39,88	12,81
10	1	1	1	25,00	25,00	46,24	12,50

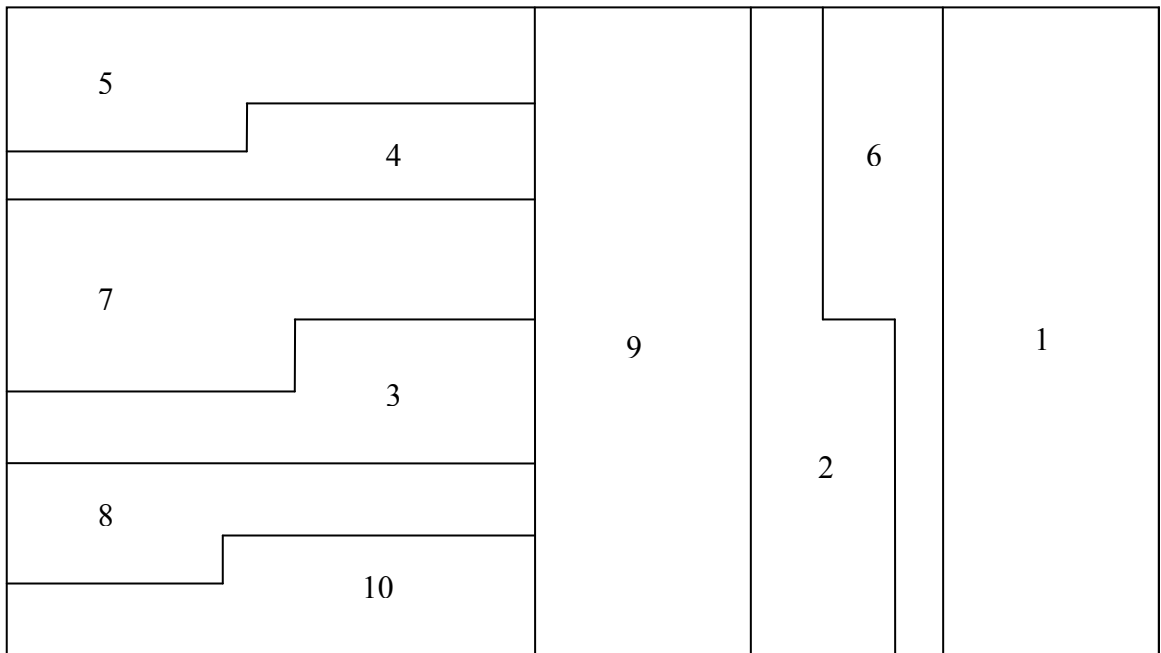
Kesim sayısı: 4

1. kesim son bölüm: 6
2. kesim son bölüm: 7
3. kesim son bölüm: 9
4. kesim son bölüm: 10

Uygun Yerleşim maliyeti: 17 906

Ek.2. van Camp'ın 10 Bölümlü 4 Kesimli Blok Yerleşimi

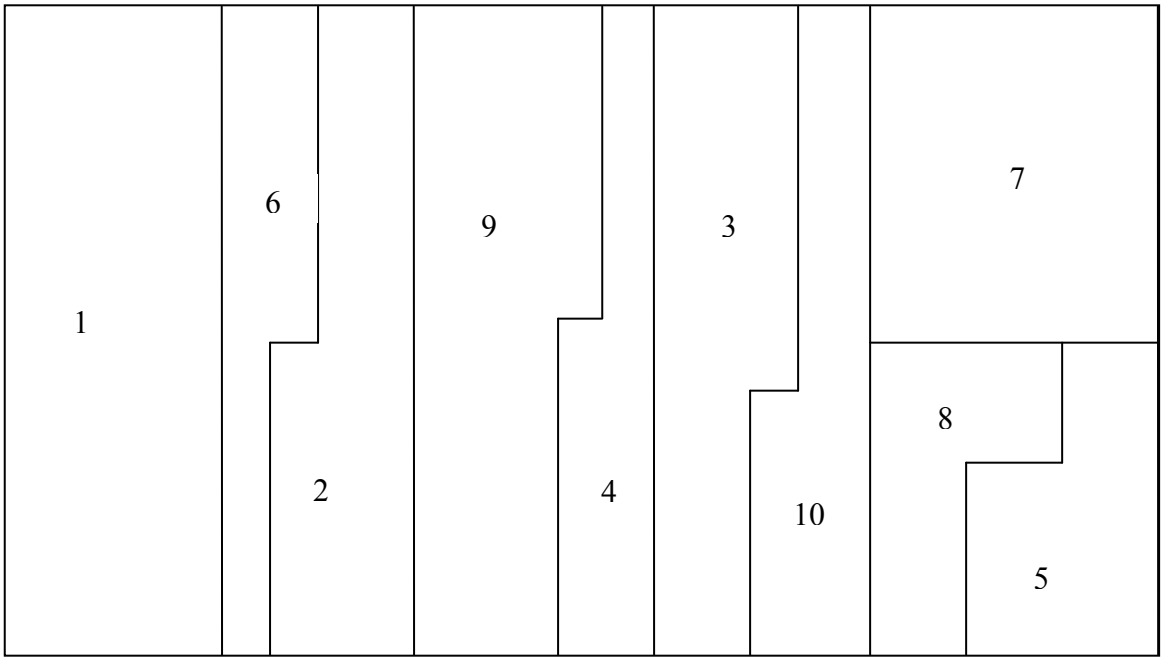
Kod: 6 1 2 1 || 10 8 3 7 4 5 9 2 6 1 || (31) (21) (31) (21) (31) (21) (11) (52) (42) (11)



Maliyet: 17 906

Ek.3. van Camp'ın 10 Bölümlü 5 Kesimli Blok yerleşimi

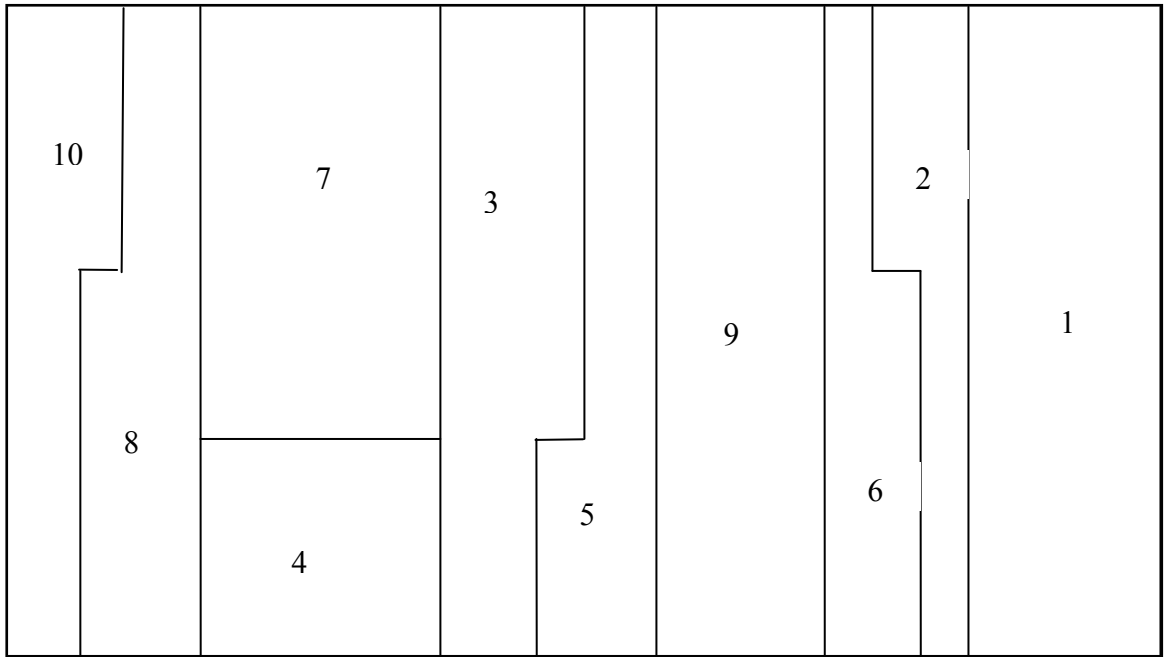
Kod: 1 2 2 2 3 || 1 6 2 9 4 3 10 8 5 7 || (11) (52) (42) (22) (32) (22) (32) (22) (32) (11)



Maliyet: 18 440

Ek.4. van Camp'ın 10 Bölümlü 6 Kesimli Blok Yerleşimi

Kod: 2 2 2 1 2 1 || 10 8 4 7 3 5 9 6 2 1 || (22) (32) (11) (11) (22) (32) (11) (52) (42) (11)

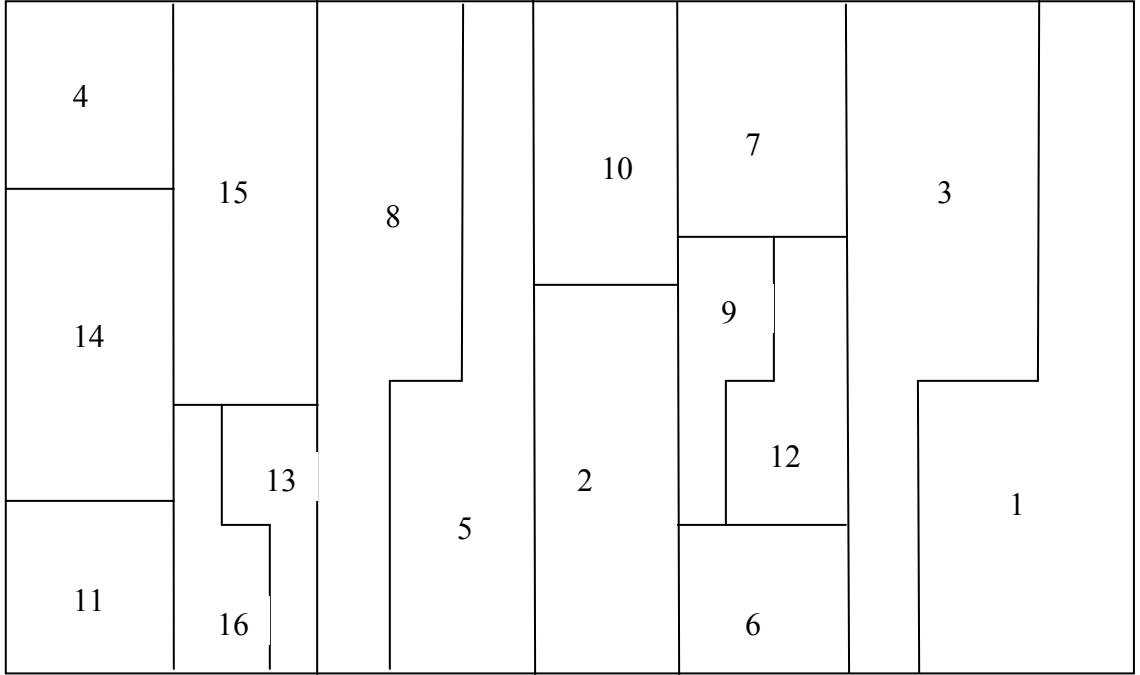


Maliyet: 19 546

Ek 5. Bazaraa'nın 12 Bölümlü Probleminin 6 Kesimli Blok Yerleşimi

Kod: 3 3 2 2 3 2 || 11 14 4 16 13 15 8 5 2 10 6 9 12 7 3 1 ||

(11)(11)(11)(52)(42)(22)(32)(11)(11)(11)(22)(32)(11)(22)(32)



Maliyet: 11 373

Ek 6. Bazaraa'nın 14 Bölümlü Probleminin 5 Kesimli Blok Yerleşimi

Kod: 5 3 2 2 2 || 11 12 13 6 8 10 9 7 1 5 3 2 4 14 ||

(11)(11)(11)(11)(11)(11)(11)(11)(52)(42)(22)(32)(22)(32)

8							
6	7						
13	9						
12							
11	10	1	5	3	2	4	14

Maliyet: 5 659