

**GENETİK ALGORİTMA İLE
KAPASİTELİ SERVİS GÜZERGAHI
BELİRLENMESİ VE BİR UYGULAMA**

Özlem TABAK
Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Ekim 2008

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Özlem TABAK'ın "Genetik Algoritma ile Kapasiteli Servis Güzergahı Belirlenmesi ve Bir Uygulama" başlıklı **Bilgisayar Mühendisliği** Anabilim Dalı - Bilişim Yüksek Lisans Tezi 25.09.2008 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı - Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Prof. Dr. YAŞAR HOŞCAN
Üye :	Doç. Dr. YUSUF OYSAL
Üye :	Yard. Doç. Dr. EMİN GERMEN

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

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GENETİK ALGORİTMA İLE KAPASİTELİ SERVİS GÜZERGAHI BELİRLENMESİ VE BİR UYGULAMA

Özlem TABAK

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Yaşar HOŞCAN
2008, 86 sayfa**

Bu tezde ETİ Gıda A.Ş.'nin personel servis güzergahlarını genetik algoritma ile belirleyen bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Visual Basic 6.0 ile hazırlanan bu karar destek sistemi, çalışanların bilgilerinin ve servis duraklarının bulunduğu veri tabanı kullanmaktadır. Veri tabanı yönetim sistemi olarak Access kullanılmıştır. Önceden belirlenmiş ve değiştirilmek istenmeyen durak yerleri, MapInfo programı ile harita üzerinde işaretlenmiştir. Durak yerlerinin işaretlenmesi için gerekli yollar Eskişehir haritasından yararlanılarak oluşturulmuştur. Yazılan kodlarda, kümeleme yöntemi, genetik algoritma kullanarak uygulanmıştır. Vardiyalara göre en kısa yol, uygun servis sayıları ve dolaşım süreleri belirlenmiştir. Genetik algoritma sonrası oluşan sonuçlara yerel iyileştirmeler uygulanarak her bir servisin güzergahı, servislerin kapasite ve dolaşım süreleri kısıtlarını aşmayacak şekilde düzenlenmiştir. Elde edilen sonuçlar raporlanmış ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Raporlar, yetkililerin kısa ve öz bir şekilde gerekli bilgileri elde edebileceği tasarımda, gelecekte alacakları kararlarda yardımcı ve düşük maliyetli rotaları model üzerinde görebilecekleri şekilde, Crystal Reports programı kullanılarak hazırlanmıştır. Raporlama yapılırken personel bilgileri, servis bilgileri ve maliyet bilgileri göz önüne alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritmalar, Otobüs Güzergahı Belirleme, Optimizasyon, Karar Destek Sistemleri, Kümeleme

ABSTRACT**Master of Science Thesis****CAPACITATED VEHICLE ROUTING WITH
GENETIC ALGORITHM AND AN APPLICATION****Özlem TABAK****Anadolu University
Graduate School of Sciences
Computer Engineering Program****Supervisor: Prof. Dr. Yaşar HOŞCAN
2008, 86 pages**

In this thesis, a decision support system which is specified to ETİ Gıda A.Ş.'s personnel bus routing by genetic algorithm is created. This decision support system is implemented by Visual Basic 6.0 that includes personnel information and bus stops database. Access is used as database management systems to keep the information. Bus stops which are predetermined and unwanted to be changed are marked on map by using MapInfo software. Necessary roads for marking bus stops are formed by using Eskişehir map. In generated codes, for the shortest path, feasible bus numbers and feasible circulation time for shifts, cluster method is used with genetic algorithms. After finding results of genetic algorithm, local optimizations are implemented and bus stops are determined for every single bus without exceed capacity of buses and circulation time constraints. Acquired results are reported and compared with current condition. These reports are designed to obtain required information briefly and also helped for future decisions and could show low cost routing at model for authorized personnel. To show these reports Crystal Reports is used. While reporting, information of personnel, bus and cost are considered.

Keywords: Genetic Algorithms, Bus Routing, Optimization, Decision Support Systems, Clustering

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım esnasında desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Yaşar HOŞCAN'a, çalışmalarımı Yurt İçi Yüksek Lisans Bursu ile maddi olarak destekleyen TÜBİTAK Bilim Adamı Yetiştirme Grubu'na, tezimin konusunun ve verilerinin temini için ETİ Gıda A.Ş.'ye, kullanılan yazılım ile ilgili yardımlarından dolayı Başar Soft'a, jürim olmayı kabul eden sayın hocalarım Doç. Dr. Yusuf OYSAL'a ve Yard. Doç. Dr. Emin GERMEN'e, araştırmalarım konusunda bana yön veren sayın hocam Yard. Doç. Dr. Nil ARAS'a, fikirleri ve manevi destekleri ile yanımda olan Öğr. Gör. Emre KAÇMAZ'a ve babama, ayrıca tezimin her aşamasında bana inanıp, yüreklendiren anneme teşekkür ederim.

Özlem TABAK

Ekim 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENETİK ALGORİTMALAR	4
2.1. Genetik Algoritmalara Giriş	4
2.2. Genetik Algoritma Terminolojisi ve Akış Algoritması.....	5
2.3. Basit Genetik Algoritma.....	7
2.3.1. Kopyalama	8
2.3.2. Çaprazlama.....	11
2.3.3. Mutasyon.....	13
2.4. Genetik Algoritma Parametreleri	14
3. GENETİK ALGORİTMA İLE SERVİS GÜZERGAHI BELİRLEME	17
3.1. Genetik Algoritmanın Kullanım Amacı	17
3.2. Problemin Tanıtılması	18
3.3. Problemin Çözümünde Kullanılan Varsayımlar	21
3.4. Yazılımda Kullanılan Genetik Algoritma Yöntemi	22
3.5. Yazılım Öncesi Yapılan Çalışmalar	30
3.6. Yazılımda Kullanılan Diğer Hesaplamalar	35
4. YAZILIMIN TANITILMASI	37
4.1. Ana Menü	37
4.2. Personel Menü.....	38

4.2.1. Personel ekleme.....	38
4.2.2. Personel silme	40
4.2.3. Personel bilgisi değiştirme	42
4.3. Servis Menü.....	45
4.3.1. Harita.....	45
4.3.2. Yeni güzergah belirleme	46
4.4. Vardiya Menü.....	50
4.4.1. Vardiya ekleme ve çıkarma.....	50
4.4.2. Kısım ekleme ve çıkarma.....	51
4.5. Rapor Menü.....	52
4.5.1. Personel raporları	52
4.5.2. Servis raporları	54
4.5.3. Maliyet raporları.....	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	63
Ek-1 Mevcut Servis Durakları	66
Ek-2 Probleme Dahil Edilen Duraklar Tablosu.....	67
Ek-3 Probleme Dahil Edilen Duraklar Haritası.....	68
Ek-4 Vardiyalara Göre Güzergahların Harita Üzerindeki Örnekleri.....	69
Ek-5 Genetik Algoritma İşlem Süreci Görüntüleri.....	70
Ek-6 Personel Raporlama Formu Görüntüleri	73
Ek-7 Sicil Numarasına Göre Sıralı Vardiya Raporu Örneği.....	76
Ek-8 Kısım Numarasına Göre Sıralı Durak Numarası Raporu Örneği	77
Ek-9 Servis Raporlama Formu Görüntüleri	78
Ek-10 22.45-06.45 Vardiyası Servisleri Raporu Örneği	80
Ek-11 Maliyet Raporlama Formu Görüntüleri.....	81
Ek-12 22.45-06.45 Vardiyası Maliyet Raporu Örneği	83
Ek-13 Mevcut Durum Servis Maliyetleri.....	85
Ek-14 Genetik Algoritma Uygulaması Servis Maliyetleri.....	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Genetik algoritmada popülasyon yapısı	6
2.2. Genetik algoritma akış diyagramı	7
2.3. Kromozomların uygunluk değerine göre rulet çarkında kapladığı alanların daire grafik üzerinde temsili gösterimi	8
2.4. Uygunluk değerleri arasındaki farkın fazla olduğu bir popülasyon için rulet çarkı yöntemi ile rank yönteminin karşılaştırılması (a) rulet çarkı seçimi ve (b) rank seçimi	9
2.5. Tek kesimli çaprazlama (a) çaprazlama öncesi bireyler ve (b) çaprazlama sonrası bireyler	12
2.6. Çift kesimli çaprazlama (a) çaprazlama öncesi bireyler ve (b) çaprazlama sonrası bireyler	12
2.7. Çok kesimli çaprazlama (a) çaprazlama öncesi bireyler ve (b) çaprazlama sonrası bireyler	13
2.8. Tekdüze çaprazlama (a) çaprazlama öncesi bireyler ve (b) çaprazlama sonrası bireyler	13
2.9. Mutasyon örneği	14
3.1. Yapay açılar ve açılarının belirlenmesini sağlayan çizgilerin örnek gösterimi	23
3.2. Dört adet servis bulunması halinde durakların açı aralıklarına (kümelere) paylaşılması.....	25
3.3. Temsili yapay kromozomun gösterimi	25
3.4. Oluşturulan veritabanının tabloları, alanları ve ilişkileri	31
3.5. Trigonometrik olarak 2. bölge açıları ve açıları hesaplama formülleri.....	35
4.1. Ana menü	38
4.2. Personel ekleme formu.....	39
4.3. Personel silme formu	40
4.4. Personel silme formu ve sicil no bul butonunun aktif hali.....	41
4.5. Personel silme formu ve bulunan personellerin listesi.....	41
4.6. Personel silme formu ve silme işlemi onay kutusu.....	42
4.7. Personel bilgisi değiştirme formu	43

4.8. Personel bilgisi değiştirme formu ve sicil no bul butonunun aktif hali	43
4.9. Personel bilgisi değiştirme formu ve bilgilerin ekrana gelmesi.....	44
4.10. Personel bilgisi değiştirme formundaki bilgilerin g¼ncelleřtirilmesi	45
4.11. Harita formu	46
4.12. Yeni g¼zergah belirleme formu	47
4.13. İyileştirme sonrası form g¼r¼nt¼s¼	48
4.14. Harita g¼r¼nt¼le butonunun aktif haldeki form g¼r¼nt¼s¼	49
4.15. Vardiya ekleme ve ¼ıkarma formu.....	50
4.16. Kısım ekleme ve ¼ıkarma formu	51
4.17. Personel raporları formu	52
4.18. Servis rapor formu	54
4.19. Maliyet rapor formu	56
5.1. Mevcut durum ile iyileştirilmiş durumun maliyetlerinin karşılaştırılması	58
5.2. 50 şehir i¼in tur sezgisellerinin karşılaştırılması.....	60
5.3. Mevcut durum ile iyileştirilmiş durumun servis sayıları karşılaştırılması.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

3.1. Eti Gıda A.Ş. vardiyaları.....	19
3.2. C katsayıları tablosu.....	26
3.3. VARDIYA tablosunun kodlaması	32
3.4. SERVİS tablosunun kodlaması	32

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

NP	:	Non-deterministic Polynomial Time
dk	:	Dakika
N	:	Toplam durak sayısı
K	:	Toplam servis sayısı
L_{ik}	:	i. duraktaki personellerin k. serviste olması
C_k	:	k. otobüsün kapasitesi
ED_{ij}	:	i. ve j. durak arasındaki mesafe
P_{si}	:	i. durağın yapay açığı değeri
M_k	:	k. servisin kümesi
S_k	:	M_k kümesinin açığı değeri
D_k	:	k. servisteki durak sayısı
Max t	:	Bir servis için izin verilen maksimum dolaşım süresi

1. GİRİŞ

Günümüzde lojistik gittikçe gelişmekte ve önem kazanmaktadır. Lojistik, her türlü taşımacılık, depolama ve ulaştırma hizmetlerinin bütünüdür. Lojistikte araç güzergahlarının belirlenmesi, taşınacak araç tiplerinin seçimi, araç kapasitelerinin planlanması ve taşınan varlıkların yerlerine ulaşımının takibi büyük önem taşımaktadır.

Lojistik denince ilk akla gelen cansız varlıkların taşınmasıdır. Ancak taşınan varlığın mutlaka cansız olması gerekmemektedir. İnsan taşımacılığı da bir lojistik faaliyettir. Bireyler bir yerden başka bir yere seyahat etmek için uçak, otobüs, tren vb. vasıtaları kullanmaktadırlar. Bu vasıtaların verdiği hizmetler, cansız varlıkların taşınmasından beklenen hizmetler ile benzerlik göstermektedir. Taşınacak bireyin gitmek istediği yere zamanında varması, istediği yere gidecek vasıtaya binme hakkına sahip olması, doğru yere gidebilmesi ve gideceği yerin daha önceden planlanmış düzgün bir güzergah sistemine dahil olması bu hizmetlere örnek gösterilebilmektedir.

Birey taşımacılığından beklenenler göz önüne alındığında, yöneylem araştırması kapsamına giren araç rotalama problemleri akla gelmektedir. Bu tür problemler için kullanılan modellerin çoğu elle çözümü olanaksız denecek kadar zor ve bilgisayar yardımı ile çözümü uzun süreler alan matematiksel modellerdir. Araç rotalama problemlerinde kullanılan bu modeller oldukça büyük ve karmaşık sayılarla uğraşmaktadırlar. Bu nedenle bazı problemlerin çözümünde matematiksel model oluşturmak da oldukça zorlaşmaktadır.

Araç rotalama problemleri içerisinde ilk akla gelen ise kombinatoriyal problemler içinde yer alan ve NP-Tam (NP-complete) sınıfına giren gezgin satıcı problemidir (TSP) [1,2]. Kombinatoriyal problemler, kesikli çözüm uzayına sahip problemler için en iyi çözümü arayan veya bulan yöntemlerdir [3]. Bu kapsama giren TSP problemlerinde yalnızca tek bir araç veya satıcı bulunmaktadır. Bu araç veya satıcı için amaç, her noktaya sadece bir kez uğramak koşulu ile en kısa mesafeyi katetmektir. Ancak bu problemin çözümünde amaç fonksiyonunu etkileyen hiç bir kısıt bulunmamaktadır. Dolayısıyla TSP'nin pratikte doğrudan kullanımı uygun olmamaktadır. Gerçek problemlerde birden fazla araç

bulunmaktadır. Ayrıca bu araçların kapasite kısıtları olabileceği gibi gideceği mesafe boyunca harcayacağı süre ile ilgili kısıtları da olabilmektedir. Probleme kısıtlar eklendiğinde zorluğu artmakta ve daha kapsamlı bir çözüm yönteminin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kısıtlar altında oluşan yeni problem, kapasiteli araç güzergahı belirleme problemi olarak adlandırılmaktadır [4].

Kapasiteli araç güzergahı belirleme probleminin matematiksel modellerle çözümü oldukça uzun zaman almaktadır. Matematiksel modellerde problem alt gruplara ayrılmakta ve farklı karmaşık yöntemler uygulanmaktadır [5,6]. Günümüzde karmaşık matematiksel modellerin yerini bilgisayar kullanımının da artmasıyla metasezgisel yöntemler almıştır.

Metasezgisel yöntemlerden biri olan genetik algoritmaların, kapasiteli araç güzergahı belirleme problemlerinde yaygın bir kullanımı bulunmaktadır. Genetik algoritmanın seçim nedeni kolay bir yöntemle sahip olmasıdır. Bu algoritma sayesinde karmaşık işlem yükünden kurtularak işe yaramayan çözüm kümelerini hızlı bir şekilde elemek mümkün olup, uygun olan değerler üzerinde araştırma yapılabilmektedir. Böylece işlem sürelerini kısaltarak daha kısa sürede verimli sonuçlar elde edilebilmektedir.

İlgilenilen problem kapasiteli araç güzergahı belirleme problemidir. Problemin çözümünde genetik kümeleme yöntemi [7] kullanılmıştır. Bu konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalara Çok Duraklı Araç Rotalama [8], Gezgin Satıcı Problemi [9], Araç Rotalama Problemi [10] ve Tek Merkezli Kapasiteli Araç Rotalama [11] örnek olarak gösterilebilir.

ETİ Gıda A.Ş. bisküvi ve çikolata üzerine üretim yapan bir şirkettir. Bu şirketin toplamda beş adet vardiyası bulunmaktadır. Her vardiyada, beyaz yaka ve mavi yaka olmak üzere çalışanları bulunmaktadır. Bu vardiyalarda, üretimin aksamaması için çalışanların zamanında ve eksiksiz olarak fabrikada bulunması gerekmektedir. Ancak, fabrika konumu bakımıyla şehir merkezine uzak bir noktada bulunmaktadır. Bu nedenle çalışanlarına hizmet veren personel servisleri bulunmaktadır.

Servislerin güzergahları elle düzenlenmektedir. Mevcut güzergahlarda servislerin bir kısmının dolu ve ayakta gelen personellerin olduğu, bir kısmının ise boş olarak fabrikaya ulaştığı belirtilmiştir.

Bu tezde ana amaç, oluşturulacak yeni güzergah sayesinde servislerin, ayakta yolcusu olmayacak şekilde, tam kapasite ile ve zamanında fabrikaya ulaşabilmesini sağlamaktır. Ayrıca bu çalışmaları elle yapan personelin uzmanlığına dayanarak karar vermesini hızlandıracak bir yazılım geliştirmektir. Diğer amaçlar ise yazılımı kullanacak personelin elde ettiği sonuçları kolayca raporlaması, harita üzerinde görebilmesi ve çalışanların bilgileri değiştiğinde bu bilgileri veri tabanı üzerinde gncelleyebilmesini sağlayacak bir karar destek sistemi oluşturmaktır. Böylece oluşan raporlar sayesinde bilgiler st düzey yöneticilere rahatlıkla erişebilecektir.

Tezin ikinci bölümünde genetik algoritmalar hakkında bilgi verilmiştir. nc blmde, genetik algoritmanın kullanım amacı, problemin ayrıntıları, yapılan çalışmalar, kullanılan yöntem ve diğer hesaplamalara değinilmiştir. Dördüncü blmde yazılım ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Son blmde ise yapılan çalışmanın sonuçları ve kullanılabilir olacak diğer yöntemler tartışılmıştır.

2. GENETİK ALGORİTMALAR

2.1. Genetik Algoritmalara Giriş

Genetik algoritmaların temeli doğal seleksiyon ve genetik bilimine dayanmaktadır. Bu algoritmalarda, belirlenen bir problemin potansiyel çözümleri, ikili (binary) ya da ikili olmayan sistemlere dayalı veri yapısında basit diziler olarak şifrelenmekte ve kritik bilgileri saklamak için bu dizilere bir takım işlemler uygulanmaktadır. Genetik algoritma yöntemi, evrim teorisi esaslarına göre çalışarak verilen bir sorun için en iyi çözüm veya çözümleri arayarak bulmaya yaramaktadır. Bu esaslar ortama en fazla uyum sağlayan canlıların hayata devam etmesi ve uyum sağlayamayanların da elenmesi olarak algılanmalıdır. Genetik algoritmalar bu iki kuralı bir arada kullanarak en iyi aramayı hedef edinen bir en iyileme yöntemidir [12,13].

Genetik algoritma John Holland ve öğrencileri tarafından geliştirilmiştir. Bu algoritmanın gelişmesinde öne çıkan iki adet hedef bulunmaktadır. Bunlardan ilki doğal sistemlerin uyarlanabilirliklerini teorik ve kesin olarak ortaya koymak, ikincisi ise doğal sistemlerin mekanizmasının önemli özelliklerini kullanan bir yapay sistem yazılımı geliştirmektir. Bu iki yaklaşım doğal ve yapay sistemlerin ortaya çıkmasına öncülük yapmıştır [13].

Genetik algoritmaların karmaşık uzaylarda iyi sonuçlar elde edebildiği teorik ve görsel olarak kanıtlanmıştır [13]. Bu konuda ilk eseri John Holland vermiştir [14]. Başlangıçta pratik bir yararı olmadığı düşünülen genetik algoritmalara olan ilgi, Holland'ın öğrencisi olan Goldberg'in yaptığı doktora teziyle National Science Foundation tarafından verilen genç araştırmacı ödülünü alması ve dört yıl sonrada klasik eserini [13] yayınlamasıyla çoğalmıştır [12].

Genetik algoritmanın hızlı bir şekilde yaygınlaşmasının nedeni hesaplama olarak basit ve en iyi arama mekanizması konusunda güçlü bir yapıya sahip olmasıdır. Arama uzayı sadece amaç fonksiyonunu etkileyen kısıtlarla sınırlıdır. Bunların yanı sıra ticaret, bilim ve mühendislikte yaygın kullanım alanları bulunmaktadır [13].

Genetik algoritma, evrim teorisinden geliştiğine göre canlı kalıtımıyla ilgili yanları oldukça fazladır. Şifrelenmiş sayı dizilerini DNA'lara benzetirsek, nasıl ki canlılar arasında iki bireyden bir araya gelen farklı DNA özellikleri yeni bir birey oluşturuyorsa genetik algoritmada da bu böyledir. Ancak genetik algoritmada tek bir birey yerine, bu aileden oluşan bir çift yeni birey bulunmaktadır.

Yeni bireyler, aile fertlerinin özelliklerinin çaprazlanması ile oluşurlar. Daha sonra kendini geliştiren bu bireyler, bazı özellikleri değişerek, bir sonraki nesil için yeni aile bireylerine dönüşürler. Tıpkı gerçek hayattaki gibi sağlıklı bireylerin yaşama olasılıkları daha yüksek olmaktadır. Genetik algoritmalarda bireylerin yaşayabilirliğini sımayabilmek için bir uygunluk (fitness) değeri kullanılmaktadır. Sağlıklı bireyler uzun süreler yaşayabilirken, sağlıksız bireyler kendi neslinden bireylerle birleşerek yine sağlıklı bireyler oluşturabilmektedirler.

Bireyler arasında geçen bu alışveriş sonucunda sürekli daha güçlü ve sağlıklı bireylere doğru bir ilerleme olmaktadır. Kötü bireyler yerlerini daha iyi bireylere bırakılmaktadırlar ve yok olmaktadır. Bu da en iyileme açısından sonuca daha hızlı bir şekilde yaklaşmak demektir [12].

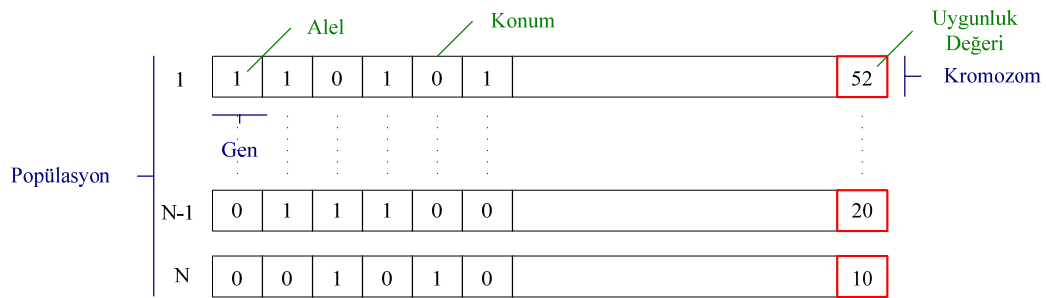
2.2. Genetik Algoritma Terminolojisi ve Akış Algoritması

Genetik algoritmalar, genetik bilimi ile benzerlik gösterdiğinden birbirine yakın terminolojileri bulunmaktadır. Bir bireyin DNA'sını tanımlamak için kullanılan terimlerden; kromozom, gen, alel (allele), konum (locus), fenotip (phenotype) ve genotip (genotype) terimleri aynı zamanda genetik algoritmadaki sayı dizilerini ve özelliklerini tanımlamak için de kullanılmaktadır [2,13] .

Genetik algoritmada bireylerin oluşturduğu bir topluluk bulunmaktadır. Bu topluluğa popülasyon adı verilmektedir. Popülasyon içerisinde, her bir bireyin kalıtsal özelliklerinin taşındığı kromozomlar bulunmaktadır. Kromozomlar yapay sistemlerde dizi (string) olarak gösterilmektedir. Bu kromozomlar aynı zamanda bireyin kalıtsal özelliklerinin bilgilerini şifrelenmiş bir şekilde taşıdığı için bireyin genotipi olarak adlandırılmaktadır. Doğal sistemlerde genotip tek bir birey için birden fazla kromozomun birleşmesinden oluşabilir. Ancak yapay sistemlerde bir birey için tek bir kromozom bulunmaktadır ve bu sistemlerin genotipi

kromozomun içinde taşıdığı özelliklerdir. Bunlar da yapı (structure) olarak gösterilmektedir. Doğal yaşamda genotipi oluşturan şifrelenmiş bilgilerin göz rengi, ten rengi gibi özelliklere dönüşmesiyle oluşan genetik yapıya ise fenotip adı verilmektedir. Yapay sistemlerde fenotip, parametre kümeleri olarak gösterilmektedir. Dolayısıyla genotip yapısı deşifrelendiğinde fenotipi oluşturacaktır [2,13].

Kromozomlar, genlerin birleşiminden meydana gelmiştir. Bu genler yapay sistemlerde kromozom üzerinde bilgilerin tutulduğu karakterler veya özellikler olarak gösterilmektedir. Genlerin taşıdıkları değere alel ve her alelin bilgisinin tutulduğu yere konum adı verilmektedir. Yapay sistemlerde alel ilgili özelliğin değeri ve konum ise bu özelliğin dizi üzerindeki yerine karşılık gelmektedir. Popülasyon yapısına örnek Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

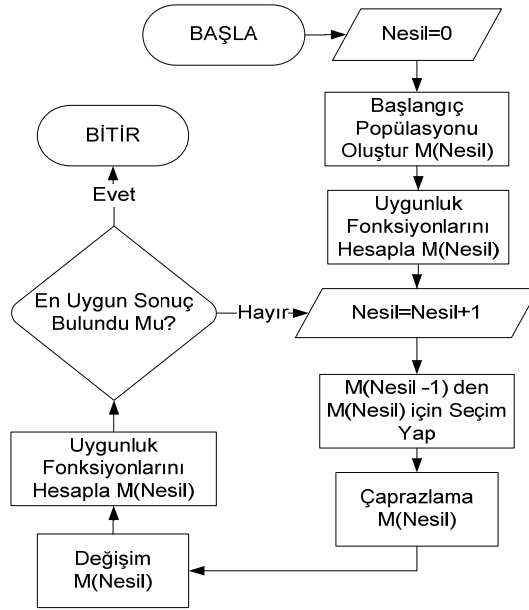


Şekil 2.1. Genetik algırtmada popülasyon yapısı

Basit bir genetik algırtma (Simple Genetic Algorithm), en iyileme için son derece uygun ve güçlü bir yöntemdir. Genetik algırtma, en uygun (optimal) çözümü bulmak için birden çok noktadan aramaya başladığından bu arama noktalarının başlangıç değerlerini oluşturmak önemlidir. Başlangıç popülasyonu genellikle rastlantısal olarak oluşturulur [15,16].

Genetik algırtma sürecinin başlaması için öncelikle, başlangıç popülasyonundaki bireylerin her birinin uygunluk değerleri hesaplanması gerekmektedir. Daha sonra seçim yöntemleri kullanılarak bu bireyler içinde yeni nesle aktarılacak olanlar seçilecektir. Seçilen bireyler arasında evrimsel işlemler uygulanmaktadır. Önce çaprazlamaya (crossing-over) maruz kalan bireyler daha

sonra mutasyon (mutation) geçirmektedirler. Oluşan yeni neslin uygunluk fonksiyonları yeniden hesaplanmakta ve bir sonraki nesle aktarılacak bireyler uygunluk değerlerine göre tekrar seçim işlemine tabi tutulmaktadır [15,16]. Bu işlem süreci problemin niteliğine ve beklentilerine göre en uygun sonuç elde edilinceye kadar sürer. Genetik algoritmanın akış diyagramı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Genetik algoritma akış diyagramı

Algoritma, en uygun sonucun bulunması ile süreci durduracaktır. Ancak beklenen kesin bir sonuç yoksa ve daha iyi bir sonuca yaklaşmak isteniyorsa, o zaman süreç aynı sonucun belli bir süre tekrarından sonra da durdurulabilmektedir [15].

2.3. Basit Genetik Algoritma

Genetik algoritmanın akış şemasında görüldüğü üzere yeni bireyleri oluşturmak için bir dizi işlem gerekmektedir. Bu işlemler kopyalama, çaprazlama ve mutasyon olarak adlandırılmakta ve sürekli iyileşme için büyük önem taşımaktadırlar. Belirlenen problem ister en küçükleme ister en büyükleme olsun

yapılan işlemlerin tekrarı yeni ve daha sağlıklı sonuçlar veren nesiller oluşmasına yardımcı olacaktır.

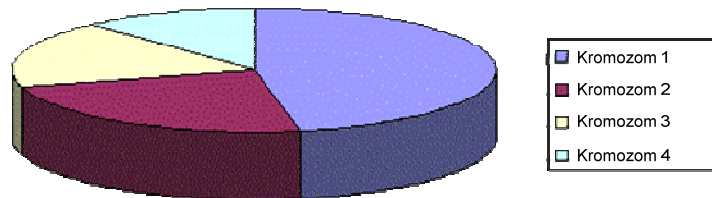
2.3.1. Kopyalama

Kopyalama işlemi, daha önceden uygunluk değerleri hesaplanmış bireyler arasından sağlıklı nesillerin yeni nesillere kopyalanması işlemidir. Ayrıca yeni kromozomlardan oluşan daha güçlü bir popülasyonun oluşmasına yardımcı olur.

Evrin teorisine göre, varlıklar arasında en iyilerin yaşama şansı her zaman daha yüksektir. Klasik yöntemlerin tümünde her an yegane diyebileceğimiz bir tane en iyi çözüm olmasına karşılık, genetik algoritmalarda çözüm olmaya aday bir nüfus vardır. Bunlar arasında sadece bir tanesi en iyidir. Diğerleri de buldukları karar değişkeni bölgesinde en iyi olmaya adaydır [17].

En iyi olan bireylerin yeni nesilde kaybolmaması ve ağırlığını gösterebilmesi için geliştirilen ve bir sonraki nesle aktarılmasına olanak veren bir takım seçim yöntemleri bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanları rulet çarkı seçimi ve rank seçimi yöntemleridir.

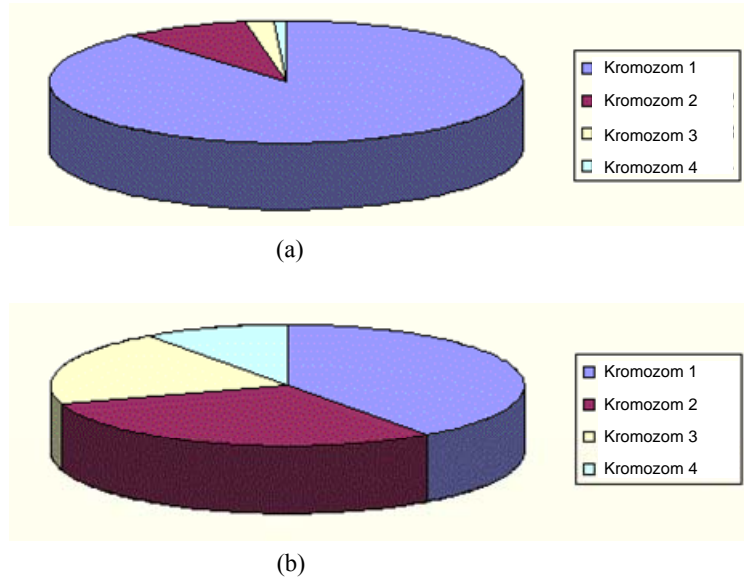
Rulet çarkı seçimi bireylerin uygunluk fonksiyonlarının çark üzerinde kapladığı alanla ilişkilidir. Böylece sağlıklı olmayan bireylere de seçilme şansı doğmaktadır. Her bir bireyin uygunluk değeri, kendisi de dahil olmak üzere tüm bireylerin uygunluk değerleri toplamına bölünerek seçilme yüzdeleri hesaplanır. Seçilme yüzdeleri aynı zamanda rulet tekerleği üzerinde kaplayacağı alanı da temsil etmektedir. Kromozomların uygunluk değerleri ne kadar iyiye seçilme şansı o kadar fazla olmaktadır.



Şekil 2.3. Kromozomların uygunluk değerine göre rulet çarkında kapladığı alanların daire grafik üzerinde temsili gösterimi [18]

Seçim işlemi gerçekleştirilirken, seçilecek kromozomu belirlemek için sıfır ile yüz arasında rastgele bir sayı üretilmektedir. Bireylerin sahip olduğu seçilme yüzdeleri birikimli olarak toplanmakta ve sıfırdan yüze kadar bireylerin sınıf aralıkları oluşturulmaktadır. Üretilen sayı hangi sınıfa denk geliyorsa o aralığa denk gelen değere ait birey bir sonraki nesle kopyalanır [12,13,16].

Rank seçimi yöntemi, popülasyonu oluşturan bireylerin uygunluk değerleri arasında çok büyük farklar varsa kullanılmaktadır. Bir uygunluk değerinin rulet çarkı üzerinde kapladığı alan fazla ise diğer kromozomların seçilme şansı düşecektir. Rank seçiminde bu ölçeklendirme problemi ortadan kalkmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Uygunluk değerleri arasındaki farkın fazla olduğu bir popülasyon için rulet çarkı yöntemi ile rank yönteminin karşılaştırılması (a) rulet çarkı seçimi ve (b) rank seçimi [18]

Rank seçimi yönteminde, rulet çarkı yönteminde olduğu gibi, popülasyonu oluşturan bireylerin uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. Daha sonra uygunluk değerleri amaç fonksiyonunun beklentisine (minimum, maksimum) göre sıralanmaktadır. Uygunluk değerleri sıralandıktan sonra, en kötü olan uygunluk değerine 1, en iyiye ise N (popülasyondaki birey sayısı) seçilme değeri verilmektedir. Seçilme yüzdeleri hesaplanırken 1'den N'ye kadar olan tüm değerler toplanır ve her bir bireyin sahip olduğu değer, bu toplam değere

bölünerek seçilme şansı yüzdesine ulaşılmaktadır. Bu işlemden sonra rulet çarkında olduğu gibi rassal sayılar yardımı ile yeni nesle eklenecek bireyler seçilecektir [16,18].

Seçim yöntemleri haricinde kopyalama yapan bir takım yöntemlerde bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan kopyalama teknikleri bütünüyle yer değiştirme, jenerasyon aralığı ve kararlı durum yöntemleridir.

Bütünüyle yer değiştirme yönteminde her hangi bir seçim işlemi olmaksızın bütün bireyler yeni nesle aktarılmaktadır. Sadece genetik operatörler sayesinde bir takım değişikliğe uğrayan bireyler yeni birer birey haline gelmektedir [17].

Jenerasyon aralığı yönteminde yine bir seçim işlemi olmaksızın bireylerin bir kısmı belirlenen bir yüzde ile yeni nesle aktarılmaktadır. Aktarılacak bireyler, rastgele seçileceği gibi belli bir sıralama sonrasında da seçilebilmektedirler. Popülasyon birey sayısını tamamlamak içinse yeniden bireyler üretilir. Böylelikle popülasyona girememiş bireylere de şans verilmiş olmaktadır. Eğer bu değer %100 olarak verilirse bütünüyle yer değiştirme yapılmış olacaktır. Küçük yüzdelerde çeşitlilik de fazlalaşacağından yeni neslin daha iyi sonuçlar verebileceğini garanti etmemektedir [15,17].

Kararlı durum yöntemi ise kararlı durum genetik algoritmada kullanılmaktadır. Kararlı durumda bireylerin sadece 1 tanesi silinmekte ve sadece 1 tane yeni dizi üretilmektedir. Böylece geri kalan tüm bireyler yeni nesle kopyalanarak, her nesilde sadece 1 adet yeni birey oluşturulmaktadır [15,17].

Elitizm ise kopyalamanın vazgeçilmezlerindedir. Elitizm ile yeni nesle bir veya birkaç en iyi kromozom doğrudan kopyalanmakta ve kopyalanan bu bireylere hiçbir operatör uygulanmamaktadır. Eğer yeni nesilde daha iyi bireyler varsa seçilmiş bireylerin yerini almakta ve süreç bu şekilde devam etmektedir. Elitizm kararlı durum, bütünüyle yer değiştirme ve jenerasyon aralığı yöntemleriyle beraber kullanılabilir. Böylelikle kopyalanan bireyler içerisinde en iyi bireyler kaybolmadan bir sonraki nesle aktarılmış olacaktır [15,18].

2.3.2. Çaprazlama

Çaprazlama, popülasyonu oluşturan bireyler arasındaki gen alışverişi olarak tanımlanabilmektedir. Bu operatörün görevi, bir önceki nesilden kopyalanan bireylerin, kromozom yapılarını değiştirerek popülasyona yeni bireyler oluşturmaktır. Böylece problemin çözüm kümesi içerisinde, uygun olabilecek diğer çözümlere erişilmeye olanak sağlanmaktadır. Ancak bu durum yeni oluşturulan bireyin daha iyi olmasını garanti etmemektedir [16].

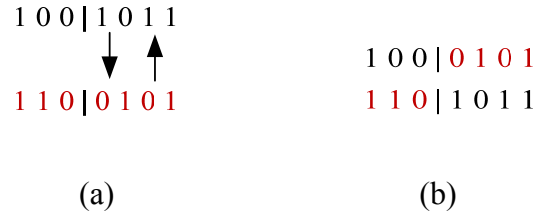
Çaprazlama, iki adet bireyin popülasyon içerisinde rassal olarak seçilerek, yine rassal olarak belirlenen bir noktadan itibaren genlerinin yer değiştirmesi işlemidir. Doğal yöntemlerde çaprazlama sonucu tek yeni birey oluşurken, yapay çaprazlama sonucunda iki adet yeni birey oluşmaktadır. Bu operatörün uygulanması ile ilgili yöntemler tek kesimli, çift kesimli, çok kesimli ve tekdüze kesimli olarak gösterilebilmektedir [12,16].

Öncelikle çaprazlama yapılacak kromozom sayısını belirlemek için bir çaprazlama oranı belirlenmektedir. Popülasyondaki birey sayısı ile bu oranın çarpılması sonucunda çaprazlama yapılacak kromozom sayısı elde edilmektedir. Çaprazlama oranı genelde yüksek seçilmektedir. Böylelikle değişik bireylerin oluşması ve uygunluklarının değerlendirilmesi hızlanabilecektir.

Çaprazlanacak kromozom sayısı belirlendikten sonra, bu sayı kadar popülasyon içinden rastgele kromozomlar seçilmektedir. Daha sonra belirlenen çaprazlama yöntemi kullanılarak işleme devam edilmektedir.

Çaprazlama yöntemlerinden ilki tek kesimli çaprazlamadır. Bu yöntem ile tek bir noktadan çaprazlama gerçekleştirilir. Bu nokta rassal seçilmektedir ve konumu hangi geni gösteriyorsa o genden itibaren iki birey arasında genler yer değiştirmektedir [12,16]. Seçilecek nokta, kromozomun uzunluğu k olması durumunda, 1 ile $k-1$ arasında bir sayı olmalıdır. Kesim noktası m olan bir çaprazlamada $m+1$ 'den k 'ya, k . gen de dahil olmak üzere genler yer değiştirecektir.

Kromozom uzunlukları $k=7$ olan iki adet bireyin oluşturduğu rastgele üretimin sonucunda bir $m=3$ çaprazlama noktası değeri belirlenmiş ve çaprazlama noktası “|” ile gösterilen bir çaprazlama Şekil 2.5'teki gibi gerçekleşmektedir.

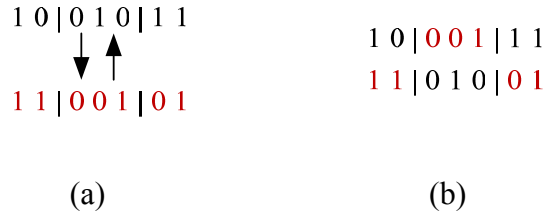


Şekil 2.5. Tek kesimli çaprazlama (a) çaprazlama öncesi bireyler ve (b) çaprazlama sonrası bireyler

Şekil 2.5a’da görüldüğü gibi çaprazlama ok yönünde gerçekleşmiş ve Şekil 2.5b’deki bireyler meydana gelmiştir.

Çift kesimli çaprazlamada, iki adet kesim noktası bulunmaktadır. Gerçekleşme mantığı tek kesimli çaprazlama ile benzerlik göstermektedir. Tek farkı yer değiştirecek olan genlerin bu iki konum arasında kalan bölüm olmasıdır [12,16].

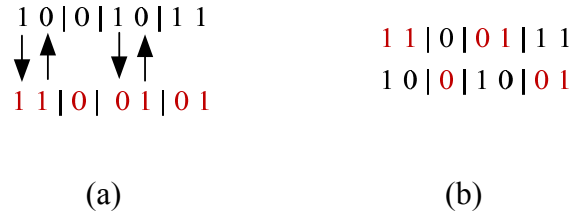
Şekil 2.5a’daki bireylere, kesim noktaları $m_1=2$ ve $m_2=5$ olan çift kesimli çaprazlama uygulaması Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Çift kesimli çaprazlama (a) çaprazlama öncesi bireyler ve (b) çaprazlama sonrası bireyler

Şekil 2.6’da görüldüğü gibi bireyler üç parçaya bölünmüş ve ortadaki parça üzerindeki genler diğer bireyin genleri ile yer değiştirerek iki adet yeni birey oluşturmuşlardır.

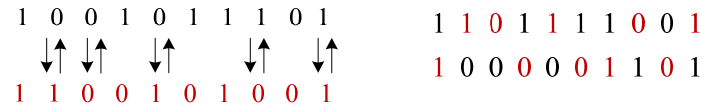
Çok kesimli çaprazlamada n kadar kesim noktası bulunmaktadır. Bu sayı problemin gelişine veya karar vericiye göre değişebilir [12,16]. Şekil 2.5a’daki bireylere, kesim noktaları $m_1=2$, $m_2=3$ ve $m_3=5$ olan $n=3$ kesimli çaprazlama uygulaması Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Çok kesimli çaprazlama (a) çaprazlama öncesi bireyler ve (b) çaprazlama sonrası bireyler

Şekil 2.7’de görüldüğü gibi bireyler $n+1$ adet parçaya bölünmüş ve bölünen parçalardan, istenilen parçalar bireyler arasında yer değiştirmiştir. Yer değiştirmelerin sırayla yapılması için bir koşul bulunmamaktadır.

Tekdüze çaprazlama, rastgele hanelerin iki dizi arasında yer değiştirmesi ile gerçekleşmektedir. Bu rastgelelik belirlenmeden önce kromozom içinde çaprazlanacak gen sayısının olasılığı belirlenir. Kromozom uzunluğu $k=10$ olan bir birey için bu olasılık değeri $p=0,5$ olarak seçildiği takdirde, pxk işleminin sonucunda 5 adet genin yer değiştireceği belirlenmiş olmaktadır. Daha sonra bu 5 adet gen, kromozom içerisinde rassal olarak seçilmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Tekdüze çaprazlama (a) çaprazlama öncesi bireyler ve (b) çaprazlama sonrası bireyler

Şekil 2.8’de ikinci, üçüncü, beşinci, sekizinci ve onuncu olmak üzere $pxk=5$ adet gen ile çaprazlama gerçekleştirilmiştir [16,17].

2.3.3. Mutasyon

Çaprazlama neticesinde oluşan ve eski nesillerin gen özelliklerini taşıyan bireylere yeni özellikler kazandırmak için kullanılan yöntem mutasyon adı verilmektedir. Mutasyon, araştırma uzayında daha önceden denenmemiş ve uygun

çözüm olmaya aday noktaları incelemeyi sağlamaktadır. Böylece arama yönünü değiştirerek, yeni ve uygun bir çözüm elde edebilmeye olanak vermektedir. Ancak bulunan yeni bireyin daha uygun bir birey olması mutlak bir durum değildir. Uygun olmayan bir çözüm ile karşılaşılsa bile, diğer genetik operatörler sayesinde bir sonraki nesilde bu uygun olmayan birey elenebilecek veya değiştirilebilecektir [12,15].

Mutasyon operatöründe de aynen çaprazlamada olduğu gibi bir oran bulunmaktadır. Bu oran popülasyon içerisindeki kaç adet genin değişeceğinin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Değişecek gen adedi mutasyon oranı ile gen sayısının (kromozom uzunluğu ve popülasyondaki birey sayısının çarpımı) çarpımı sonucu bulunmaktadır. Bu adet belirlendikten sonra popülasyon içerisindeki genler rastgele seçilerek değiştirilmektedir. Mutasyon operatörü, çaprazlama operatörüne göre daha kolay gerçekleştirilmektedir.

Mutasyon operatöründe ikili (binary) yapıda kromozomlardan oluşan bir küme tercih edildiği durumda, kromozom üzerinde seçilen genin değeri 0 ise 1, 1 ise 0 yapılmaktadır. Mutasyon oranı $p_m = 0,05$ ve kromozom uzunluğu $k=25$ olan bir adet kromozom üzerinde $pxk=1,25$ adet genin mutasyon geçireceği belirlenmiş olmaktadır. Bu sayı bir üst değere yuvarlanarak 2 adet gen üzerinde değişiklik yapılmıştır. Mutasyon örneği Şekil 2.9'da görülmektedir. Değiştirilmek üzere seçilen genler rastgele belirlenmiştir.

1 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 Bireyin İlk Hali
 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1 Değişmiş Birey

Şekil 2.9. Mutasyon örneği

Şekil 2.9'da da görüldüğü üzere onuncu ve yirmi ikinci gen mutasyon işlemi için seçilmiş ve değiştirilmiştir.

2.4. Genetik Algoritma Parametreleri

En iyileme yöntemlerinde parametreler problemin çözüme ulaşmasını sağlayan en etkili elemanlardır. Bir en iyileme yöntemi olan genetik algoritmanın da parametreleri bulunmaktadır. Genetik algoritma parametreleri tüm

problemlerde benzer olmasına rağmen alacağı değerler problemin çözüm aralığına göre değişkenlik göstermektedir. Bu parametreler; popülasyon büyüklüğü, çaprazlama oranı, mutasyon oranı, seçim stratejisi, dizinin kodlama stili, çaprazlama stili ve mutasyon stili olarak sayılabilmektedir [12,18].

Popülasyon büyüklüğü, genetik algoritma kullanıcısı tarafından verilen en önemli kararlardan birisidir. Bu değer çok küçük olduğunda genetik algoritma yerel bir en iyiye takılabilmektedir. Popülasyonun çok büyük olması ise çözüme ulaşma zamanını arttırmaktadır [15]. Bu konuda Goldberg [19], yalnızca kromozom uzunluğuna bağlı bir popülasyon büyüklüğü hesaplama yöntemi önermiştir. En iyi popülasyon büyüklüğü eldeki sorunun davranış biçimine göre belirlenmelidir [6].

Başlangıç popülasyonu belirlendikten sonra, kromozomu oluşturan gen dizilerinin kodlama stili belirlenmelidir. Algoritmanın çalışması esnasında uygulanacak genetik operatörler bu parametrenin seçimi ile şekillenmektedir. Kodlama çözüm için izlenen yola göre değişmektedir. Aynı problem için farklı kodlama stilleri kullanılabilir. Bu stillerden ikili kodlama kullanım kolaylığı açısından en çok tercih edilen yöntemdir. İkili kodlama dışında permütasyon kodlama, değer kodlama ve ağaç kodlamada bulunmaktadır. İkili kodlamada 0 ve 1, permütasyon kodlamada onluk düzende sayılar, değer kodlamada reel sayılar, karmaşık sayılar veya harfler kullanılabilir. Ağaç kodlama ise genellikle genetik programlamada kullanılmaktadır [18].

Çaprazlama oranı, çaprazlama operatörüne tabi bırakılacak kromozom adedini belirlemek için bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Çaprazlama ile mevcut bireylerin genetik özelliklerini birbirleriyle değiştirerek daha iyi bireyler oluşturmak amaçlanmıştır. Ancak çaprazlama oranını yüksek tutmak iyi bireylerin bozulma olasılığını ve işlem süresini arttırmaktadır [20]. Bu oranı düşük tutmak ise, eski nesildeki birçok bireyin yeni nesle doğrudan kopyalanmasına ve böylelikle yeni neslin sürekli yerinde saymasına neden olmaktadır.

Mutasyon oranı, değişim geçirecek genlerin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Amaç popülasyondaki genetik çeşitliliği korumaktır. Eğer mutasyon oranı artarsa, genetik arama rassal bir aramaya dönüşecektir. Fakat bu

aynı zamanda kayıp genetik bireyleri tekrar bulmaya da yardımcı olmaktadır. Bu oran genelde popülasyondaki birey sayısı arttıkça artış gösterir [17,18,20].

Çaprazlama olasılığı, genellikle 0.25 ile 1 arasında, mutasyon olasılığı 0.01 ile 0.001 arasında seçilmektedir. Özellikle küçük popülasyonlarda sistemin performansını çaprazlama olasılığından çok mutasyon olasılığı belirler [17].

Seçim stratejisi, eski nesilden yeni nesle bireylerin aktarılması için kullanılacak yöntemin belirlenmesidir. Bölüm 2.3.1’de de bahsedildiği üzere seçim yapmak için birçok yöntem mevcuttur. Seçim operatörü, uygunluk değerlerinin analizi ile belirlenebilmektedir.

İkili sistemlerdeki çaprazlama stillerine Bölüm 2.3.2’de değinilmiştir. Tek kesimli çaprazlama en güçlü çaprazlama yöntemidir. Bunun nedeni eski nesildeki bireyin bir kısmının tamamen yeni nesildeki bireye kopyalanmasıdır. Böylelikle iki adet iyi bireyin birleşmesinden daha iyi bir birey meydana gelebilmektedir. Bu konuda en zayıf yöntem ise tekdüze çaprazlamadır [16].

Mutasyon ise kromozom içinde rastgele haneler seçilerek bu hanelerin değiştirilmesi ile gerçekleşmektedir. Mutasyon hakkında ayrıntılı bilgi Bölüm 2.3.3’te verilmiştir.

Mutasyon ve çaprazlama ile ilgili parametrelerin kullanım amacı her yeni nesilde daha iyi bireyler oluşturmaktır. Ancak seçim, çaprazlama veya mutasyon sırasında kötü bireylerde oluşabilmektedir ve uygunluğu yüksek olan bir bireyin bozulmasına neden olabilmektedir [16]. Bu nedenle özellikle mutasyon oranı düşük tutulmaktadır. Böylelikle bir kromozom içinde birden fazla genin değişmesi ile kromozomun tamamen farklılaşması engellenmiş olacaktır.

Parametreleri oluşturmak için yapılan seçimler çözüme ulaşırken izleyeceğimiz yöntemleri belirlemektedir. Bu parametrelerin yanı sıra amaç fonksiyonun belirlenmesi de büyük önem taşımaktadır. Amacı belli olmayan bir genetik algoritmanın uygun çözümü bulabilmek için gerekli parametreleri oluşturması beklenemez.

3. GENETİK ALGORİTMA İLE SERVİS GÜZERGAHI BELİRLEME

3.1. Genetik Algoritmanın Kullanım Amacı

NP, belirsiz Turing Makinesi ile polinomsal zamanda çözülebilen karar problemlerini içeren karmaşıklık sınıfıdır [20]. Araç rotalama problemleri NP sınıfına girmektedir [15,22]. En az bir NP problem kadar zor olan problemlerin bulunduğu sınıfa NP-Zor (NP-hard) denir. Bu problemlere örnek olarak tüm p problemleri, ikilik tatmin edilebilirlik (CNF-SAT), gezgin satıcı (TSP), hamilton yolu, bazı kriptografik yöntemler (RSA vb.), asal çarpanlara ayırma, graf izomorfizmi, kaydırma bulmacası (sliding puzzle) gösterilebilmektedir [1]. Bu tür problemleri kesin olarak çözebilecek genellenmiş bir algoritma bulunmamaktadır. Çözülebilir olanların ise işlem süresi oldukça uzun olmaktadır. Bu nedenle bu tip problemlerde bilgisayarı etkin kullanmak önem kazanmıştır.

Kapasiteli araç rotalama problemleri çözümünde dal-sınır yöntemi (branch and bound), dallan ve kes (branch and cut), küme kapsama (set covering), klasik sezgisel yöntemler (Clark and Wright, iyileştirme sezgiselleri vb.), ve metasezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan metasezgisel yöntemler diğer yöntemlere göre geniş çözüm kümelerini daha kapsamlı bir şekilde arayabilmektedirler. Böylelikle klasik yöntemlere nazaran daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Araç rotalamada kullanılan metasezgisel yöntemler, tavlama benzetimi (simulated annealing), deterministik tavlama (deterministic annealing), tabu araması (tabu search), genetik algoritmalar (genetic algorithms), karınca kolonileri (ant colonies) ve sinir ağları (neural networks) olarak gösterilebilmektedir [23].

Çözüm yöntemi seçilirken metasezgisel yöntemlerden genetik algoritmalar ve sinir ağları incelenmiştir. Sinir ağları, geometrik yapıda olan ve Öklid uzaklıklarını kullanan gezgin satıcı problemleri için oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Ancak kapasite ve dolaşım süresi gibi kısıtlar probleme eklendiğinde geometrik yapısı bozulmaktadır. Bu nedenle problemin çözümünde genetik algoritma tercih edilmiştir. Basit genetik algoritma problem çözümünde az miktarda sezgisel yöntem de kullanılmaktadır. Böylece özel çözümlere uygun

olmayan ve eksik tanımlanmış birçok problemin çözümünde uygulanabilmektedir [23].

Genetik algoritmaların geleneksel en iyileme yöntemlerine göre birçok üstünlükleri bulunmaktadır. Genetik algoritmanın en önemli özelliği türev, integral gibi karmaşık matematiksel işlemler yerine basit aritmetiksel işlemler kullanmasıdır. Genetik algoritmada elde olan en büyük denklem amaç fonksiyonudur. En büyük işlem ise bu amaç fonksiyonu ile sayı dizilerinin uygunluk değerlerini hesaplamaktır [12,13,16].

Genetik algoritmaların bir başka özelliği çözüm kümesini oldukça geniş bir şekilde tarayabilmesidir. Geleneksel yöntemlerde amaç fonksiyonu hesaplanırken tek bir yöne doğru, tüm olası çözümleri değerlendirmeden ve her seferinde tek bir noktanın uyumunu araştıran bir sistem bulunmaktadır. Ancak genetik algoritmada paralel çözüm kümeleri araştırılmaktadır. Popülasyon büyüklüğü kadar olası çözüm bir anda kontrol edilmektedir. Böylece problemin çözüm süresi oldukça azalmakta ve çözüm yerel en iyi noktasına takılmaktan kurtulmaktadır [12,13,16].

Çözüm kümesindeki sayıları tanımlamada da genetik algoritmanın diğer yöntemlere göre üstünlükleri bulunmaktadır. Genetik algoritma matematiksel modellerde kullanılan parametreleri kodlayarak çalışmaktadır. Genelde bilgisayar dilinde kullanılan ikili kodlama kullanılır. Ancak bu konuda bir zorunluluk yoktur. Kodlanan parametrelerin sadece bir tanesi ile değil tümü ile çalışmaktadır [12,13,16].

Bunların dışında genetik algoritmalar deterministik değildir. Araştırmaya yön vermek için olasılığa dayalı geçiş kuralları kullanmaktadır. Araştırmanın, araştırma uzayının hangi bölgesine doğru yöneleceği rastgele seçilen değerler ile belirlenmektedir [12,13,16].

3.2. Problemin Tanıtılması

Eti Gıda A.Ş., Türkiye'deki bisküvi, kek ve çikolata sektöründe önde gelen firmalardan biridir. Eskişehir Organize Sanayi bölgesinde 1995 yılında yeni fabrikasına taşınan ETİ Gıda A.Ş.'nin, giderek genişleyen ürün çeşitliliği

sayesinde 2003 yılında çikolata fabrikasını, 2005 yılında ise kek fabrikasını üretime sokmuştur.

Problemde ele alınacak fabrika bisküvi fabrikasıdır. Toplamda 1800 çalışanı bulunan bu fabrikada, üç farklı vardiyada üretim sürmektedir. Bunların dışında beyaz yaka ve diğer çalışanlar için belirlenen iki adet daha vardiyası bulunmaktadır. Vardiya Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Eti Gıda A.Ş. vardiya

	VARDİYALAR
1	06.45 - 14.45
2	08.00 - 16.00
3	08.00 - 18.00
4	14.45 - 22.45
5	22.45 - 06.45

Fabrika bulunduğu yer itibariyle şehir merkeziden ve yerleşim yerlerinden uzak bir bölgede bulunmaktadır. Bu durum çalışanlarının fabrikaya gidiş ve gelişlerinde vasıta kullanımını ihtiyaç haline getirmiştir. İhtiyacı karşılamak üzere fabrika yönetimi bir personel servis sistemi kurmuştur. Bu sistemin amacı tüm çalışanların tam vaktinde fabrikaya gelmesini sağlamaktır.

Personel servis sistemi vardiya bazında incelediğinde, en çok servisi bulunan vardiyanın 45 ve 23 kişilik 15 adet otobüsten oluştuğu görülmüştür. Ancak bu sistemde servislerin kapasiteleri ile uyumlu olmayan miktarlarda personel aldıkları belirlenmiştir. Bazı servislerde ayakta personel kalırken, bazı servislerin bir kısmının boş olarak fabrikaya ulaştığı görülmüştür. Kullanılan sistemin bir başka eksik yönü ise servislerin oldukça uzun mesafeler katetmesidir.

Servis durakları önceden fabrika tarafından belirlenmiştir. Değiştirilmeme sebebi, çalışanların kendi ikamet yerlerine daha yakın duraklar istemesini önlemektir. Bu nedenle kullanılacak duraklar sabit olarak kalmıştır.

Problemde çözüm aranması istenen üç adet kıstas mevcuttur. Bunlardan ilki servis başına düşen kişi dağılımlarını dengelemektir. Dengeyi sağlamak için bir

duraktaki personeli, aynı yolu kullansalar bile, birden fazla servisin alması istenmemektedir. Kısaca bir durağa birden fazla aracın uğraması uygun bulunmamıştır. Ayrıca servislerin mümkün olduğunca dolu bir şekilde, ancak ayakta seyahat eden çalışan olmadan fabrikaya ulaşması büyük önem taşımaktadır.

Servis başına düşen kişi sayısındaki dengesizlik iki adet önemli maliyet kalemi oluşturmaktadır. Boş kalan koltuklar, otobüslerin koltuk başına ücreti daha önceden ödendiğinden, bu kalemler ile ilgili ayrılan bütçede zarar unsuru olarak görülmektedir. Bunun yanında bir servisin kapasitesinden fazla talebinin olmasından dolayı açıkta kalan çalışanların fabrikaya gelememesi üretimi aksatmaktadır. Aksayan üretim ile tüketici taleplerinin karşılanamaması problemi ortaya çıkacaktır. Bu durum sonucu oluşacak maliyet ise istenmemektedir.

Bir başka kıstas servislerin dolaştığı güzergahların mümkün olduğunca kısa mesafeli olmasını sağlamaktır. Servislerin uzun mesafeler dolaşması ekstra maliyet oluşturmaktadır. Bu durumda otobüslerin kullanacakları yakıt masrafı ve düzenli bakımlar için ayrılması gereken harcama da artacaktır.

En son kıstas ise, her bir servisin güzergah üzerinde, kalkışları ve duruşları da göz önüne alınarak, seyahat edeceği sürenin mümkün olduğunca kısa tutulmasıdır. Bu nedenle her bir servisin güzergah üzerinde dolaştığı sürenin 50 dk'yı aşmayacak şekilde belirlenmesi uygun bulunmuştur.

Servislerin dolanım sürelerinin uzun olması hem çalışanlar açısından hem de servisi kullanan çalışan açısından problem yaratmaktadır. Servise ilk binen çalışanlar çok uzun süre seyahat etmek zorunda kalacağı gibi, servisi kullanan çalışan da gitmesi gereken başka servislere yetişemeyecektir.

Tanımlanan kıstaslar göz önünde alındığında, bu kıstasların oluşturduğu maliyet kalemlerinin toplam miktarını olabilecek en düşük düzeye çekmek hedeflenmiştir. Dolayısıyla asıl amaç bu kıstaslar arasındaki dengeyi kurup maliyeti en küçükleyecek bir model oluşturmaktır. Böylece olabilecek en kısa mesafede ve zamanda, tüm servisleri verimli dolulukta kullanacak yeni servis güzergahları oluşturulabilecektir.

Yapılacak maliyet iyileştirilmesinin yanı sıra planlamaları yapan uzmanın üzerinden bir kısım yükün kaldırılması da amaçlanmıştır. Mevcut durumda

servislerin duraklara ataması el ile yapılmaktadır. Veriler Excel ortamında tutulmaktadır. Bu nedenle uzmanın servis planları yaparken karar verme sürecini hızlandıracak ve kolaylaştıracak ayrıca sonuçları raporlar haline getirebilecek bir sistem oluşturulmak istenmiştir.

Yeni sistemin orta düzey yöneticilere hitap eden ve yönetim bilişim sistemlerinden biri olan bir karar destek sistemi olarak hazırlanması hedeflenmiştir. Oluşturulacak karar destek sistemi, üst düzey yöneticilere iletilecek maliyet raporları olan, karar verme ve planlamayı yapan orta yönetime yardımcı ve operasyonel seviyede uygulamayı gerçekleştirecek çalışanları yönlendiren bir sistemdir.

3.3. Problemin Çözümünde Kullanılan Varsayımlar

Ele alınan problem modellenirken, çözüme katkı sayılayacak bir takım varsayımlarda bulunulmuştur. Bunlardan ilki servis güzergahlarının başlangıç noktaları ile ilgili varsayımdır. Her bir servisin, çalışanları toplamaya başladığı noktalar değişkenlik göstermektedir ve bu konuda kesin bir bilgi elde edilememiştir. Ayrıca tüm servisler gün içerisinde birkaç farklı işletmeye servis yaptıklarından büyük bir kısmı organize sanayi bölgesine sıklıkla uğramaktadır. Bu nedenle tüm servislerin güzergah başlangıç noktası fabrika olarak ele alınmıştır.

Kullanılabilir caddeler Eskişehir Büyükşehir Belediyesi internet sitesinden, toplu taşıma hatları [24] bilgisinden yararlanılarak elde edilmiştir. Bu bilgiye göre otobüslerin geçiş yapabileceği yollar da belirlenebilmiştir.

Duraklar bizzat yerlerine gidilerek işaretlenmemiştir. Elde edilmiş durak isimleri yardımı ile bu durakların tahmini yerleri Eskişehir'i bilen bir uzman yardımı ile işaretlenmiştir. Duraklar arası mesafeler el ile ve gerçek değerlerinde hesaplanmıştır. Google'ın sağladığı Eskişehir haritası [25] temel alınarak, Map Info programı sayesinde sadece kullanılacak yollar sayısallaştırılmıştır. Elde edilen durak yerlerinin verileri genellikle belediye otobüsleri ile benzerlik gösterdiğinden harita üzerinde yolların seçimi bir problem yaratmamıştır.

Vardiyalar içerisinde iki adet aynı saatte başlangıcı olan vardiya bulunmaktadır. Bu iki vardiya birbirinden ayrı olarak ele alındığında, özellikle mevcut durumda, bazı servislerin 23 kişiyi bile tamamlayamadığı gözlemlenmiştir. Servislerdeki yolcu sayılarını dengelemek amaçlarından biri olduğundan ve mevcut durumda da bu şekilde kullanıldığından bu iki vardiya için tek bir güzergah belirlenmiştir. Böylece iki vardiyadaki toplam personel sayısı güzergah oluşturabilmek için yeterli hale gelmektedir.

Servislerin dolaşım süreleri hesaplanırken, duraklardaki kişi sayıları göz önüne alınmadan, bir duraktaki bekleme süresi ortalama 1,5 dk olarak düşünülmüştür. Şehir içinde azami hız 50 km/saat olarak düşünüldüğünde, bir servisin dolanım süresi (dakika) Denklem (3.1)'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\frac{\text{Katedilen mesafe (km)}}{50 \text{ km/saat} \times \left(\frac{1 \text{ saat}}{60 \text{ dk}}\right)} + [1,5 \text{ dk} \times (\text{Durak Sayısı})] \quad (3.1)$$

Tüm servisler için, servis başına maksimum dolanım süresi ise 50 dk olarak belirlenmiştir. Denklem (3.1)'de hesaplanan değer 50 dk'yı aştığı durumda bir maliyet kalemi oluşturduğu düşünülmüştür.

Servis planları yapılırken tüm servislerin kapasiteleri 45 olarak alınmıştır. Öncelikle güzergahlar 45 kişilik servislere göre belirlendikten sonra iyileştirme yapılırken kısıtları aşan servislerde düzenleme yapılmıştır.

3.4. Yazılımda Kullanılan Genetik Algoritma Yöntemi

Yapılan araştırmalar sonucunda genetik kümeleme yönteminin elimizdeki problemin çözümünde kullanılmasına karar verilmiştir. İncelenen diğer genetik algoritma ile araç rotalama çalışmalarından [8,9,11] farklı olması amaçlandığı için genetik kümeleme yöntemine başvurulmuştur. Araç rotalama konusunda birçok çalışması olan Thangiah ve Nygard [7] tarafından ortaya konmuş olan genetik kümeleme yöntemi bu problem için seçilmiştir.

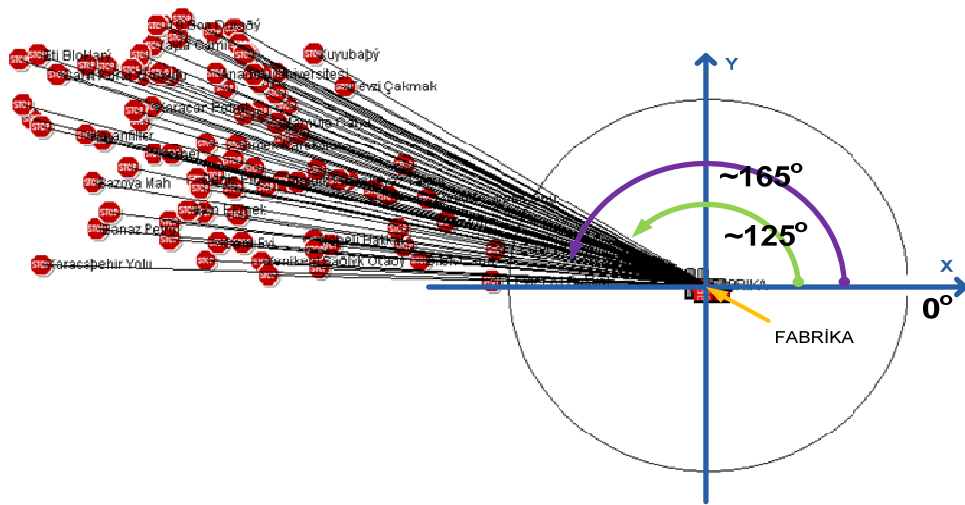
Thangiah ve Nygard [7] tarafından yapılan çalışmada okul servis araçlarının güzergahları iki ayrı yöntem ile belirlenmeye çalışılmıştır. Ele aldıkları problemde

değişik kapasiteli servisler bulunmaktadır. Servislerin, öğrencileri eksiksiz toplamak şartıyla, belli bir süreyi aşmadan ve en kısa yolu kullanarak okula varmalarını sağlamak amaçlanmıştır.

ETİ Gıda A.Ş.'nin servis güzergahlarının belirlenmesinde istenilen çözüm yöntemi bahsi geçen çalışma ile benzerlik göstermektedir. Bu nedenle Thangiah ve Nygard [7]'in çalışmasında kullanılan genetik kümeleme yöntemi uygulanmıştır. Ancak çözümlenecek problemin kapsadığı alan ve diğer değişkenlerinin bulunan çözüm yönteminden bazı farklılıklar göstermesi nedeniyle model üzerinde bazı değişiklikler yapılmıştır.

Çözüm aradığımız problemde tüm servis araçlarının, personeli toplamaya başlayacağı hareket noktası tek bir yer olarak belirlenmiş ve bu nokta fabrika olarak seçilmiştir. Problemin çözüm yönteminde öncelikle başlangıç noktasına göre tüm durakların oluşturduğu yapay açıların belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle başlangıç noktasına ile her bir durağın arasına çizilmiş, Öklid uzaklığına dayanan yardımcı çizgiler oluşturulmuştur. Bu çizgilerin yardımı ile tüm durakların, merkezi fabrika olan hayali bir koordinat düzlemi üzerinde, x ekseninin pozitif yönü 0° kabul edilerek fabrika ile yaptıkları yapay açıların değerleri belirlenmiştir.

Ele alınan problemde yapay açıların belirlenmesi için oluşturulan çizgiler ve açıların örnekleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

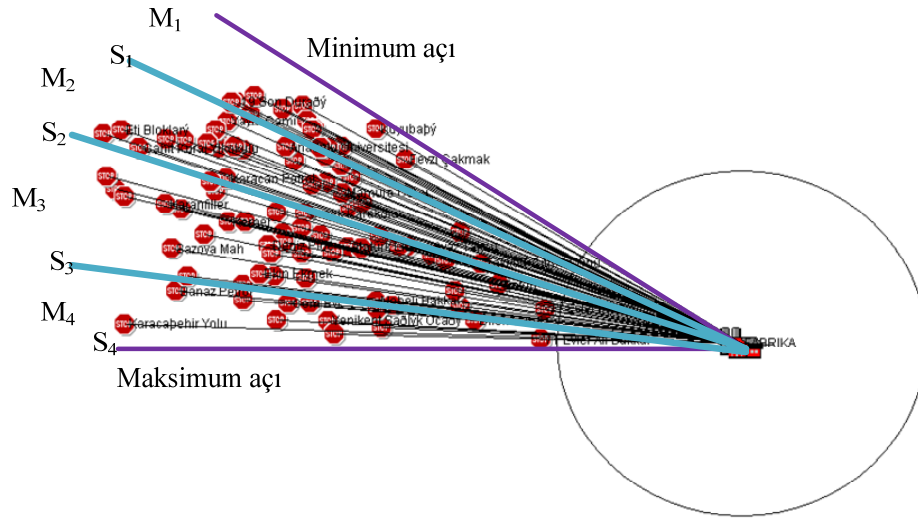


Şekil 3.1. Yapay açıları ve açıların belirlenmesini sağlayan çizgilerin örnek gösterimi

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi fabrika konumu itibariyle durakların bulunduğu bölgenin dışında ve uzak bir noktada bulunmaktadır. Bu nedenle başlangıç noktası ile duraklar arasına çizilen çizgiler oldukça sık aralıklar ile seyretmektedir.

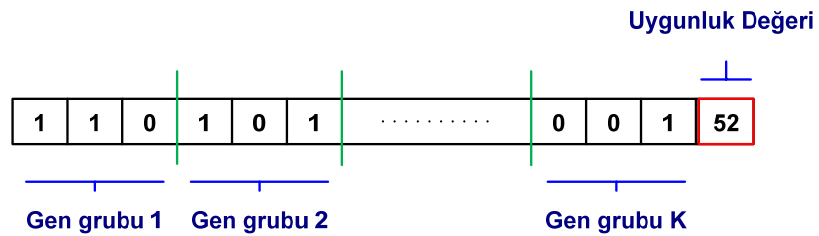
Yapay açıların hesaplanması tamamlandıktan sonra kümeleme yapılabilmesi için durakların buldukları N adet noktanın gruplara ayrılması gerekmektedir. Durakların gruplara ayrılmasına elde edilen yapay açıların değerleri yardımcı olmaktadır. Bu değerler ile sahip olunan maksimum ve minimum açıları belirlenebilmektedir. Maksimum ve minimum açı arasında kalan alan, gruplara ayrılacak olan bölgedir. Ancak bu açıların doğrudan alınması, ilgili açıların sahip olduğu durakları kullanım dışı bırakacağından, maksimum açı, bulunan en büyük açının 1° üstüne, minimum açı ise bulunan en küçük açının 1° altına yuvarlanarak hesaplanmıştır. Böylece N adet noktanın yapay açılarının Ps_1, \dots, Ps_N olduğu düşünüldüğünde, minimum açı değeri $Ps_1 - 1^\circ$, maksimum açı değeri $Ps_N + 1^\circ$ olarak alınmıştır. Sonuç olarak yapılan bu düzenlemenin amacı daha sonra maksimum ve minimum açı değerleri arasında kalan bölge değişik boyutlardaki açı aralıklarına bölündüğünde, her alana belli bir miktar durak eklenebilmesini sağlamaktır.

Durakların olduğu alan K miktarda açı aralığına bölünmektedir. K, başlangıç servis adedidir. Başlangıç servis adedi, güzergahı belirlenmek istenen vardiya seçildikten sonra, bu vardiyadaki toplam personel sayısının 45’e bölünmesi sonucu bulunmaktadır. Elimizde bulunan otobüslerin en büyük kapasiteli 45 kişi taşıyabilmektedir. Problemin genetik kümeleme ile çözümü için hiçbir çalışan dışarıda kalmayacak şekilde bir başlangıç servis adedi bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle her bir servisin kapasitesi mevcut olan en büyük servis kapasitesi ile eşit olarak düşünülmüştür. Her bölüm M_k kümesi olarak adlandırılmaktadır. Başlangıç servis sayısı $K=4$ adet olan bir model Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Dört adet servis bulunması halinde durakların açı aralıklarına (kümelere) paylaşılması

Maksimum ve minimum açılar arasındaki alanın kümelere bölünmesi ile oluşan K adet küme, popülasyondaki her bir kromozomun üzerindeki gen gruplarını (seeds) S_1, \dots, S_K oluşturmaktadır (Şekil 3.2). Her gen grubu 3 bitlik bir değer taşımaktadır. Böylelikle kromozom uzunlukları $K \times 3$ olarak oluşmaktadır. Genlerin taşıdığı değerler, S_k değerlerinin her birinin birbirinden farklı olmasını sağlamaktadır. Böylelikle açı aralıklarının genişlikleri ve bu aralıklara dahil edilen durak sayıları değişiklik gösterecektir. Amaç fonksiyonuna en uygun bölünme şekli belirlendiğinde ise işlem tamamlanacaktır. Oluşan kromozomun temsili hali Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Temsili yapay kromozomun gösterimi [7]

Her bir genin aç ı aralık değ erinin (S_k) hesaplanması için aç ağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$S_i = ((\text{Maksimum aç ı} - \text{Minimum aç ı})/K) + \text{int}(\text{gen grubu}) * C \quad (3.2)$$

Denklem (3.1)'de kullanılan C katsayısı oluş an aç ı aralıklarının çeşitlenmesi ve uygun değ erler alabilmesi için kullanılmıştır. Problemin ç özümünde her farklı servis adedi için farklı C değ erleri belirlenmiştir. Bu değ erler Ç izelge 3.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Denklem (3.2)'de gösterilen $\text{int}(\text{gen grubu})$ fonksiyonu gen içindeki bitlerin onluk sisteme göre tam sayıya çevrilmesini sağ lamaktadır.

Ç izelge 3.2. C katsayıları tablosu

Servis Sayısı	C	Servis Sayısı	C	Servis Sayısı	C
2	0.45	7	0.204	12	0.028
3	0.35	8	0.136	13	0.025
4	0.235	9	0.08	14	0.01
5	0.221	10	0.0485	15	0.007
6	0.214	11	0.034	16	0.005

S değ erlerinin birikimli toplanması sonucunda minimum aç ıdan, maksimum aç ıya kadar K adet gen aç ı aralığı oluş acaktır. Örneğ in minimum aç ı (Ps_1-1°), 150° ve S_1 , 50° ise M_1 kümesi $150^\circ-200^\circ$ 'e kadar olan kısımdaki duraklardan oluş acaktır. Toplam durak adedi N olarak düşünüldüğ ünde bir durağ ın (L_i , $i=1..N$), M_k ($k=1..K$) kümesine dahil olabilmesi için $S_k < Ps_i \leq S_{k+1}$ olmalıdır [7].

Kümeleme iş lemi tamamlandıktan sonra popülasyondaki her kromozom için amaç fonksiyonu hesaplanmaktadır. Amaç fonksiyonu katedilen mesafeyi en küç üklemeyi sağ larken, aynı zamanda kapasite aç ımı yüzünden servise alınamayan ç alış anların ve tüm güzergah boyunca boş kalan koltukların maliyetini azaltmayı hedefleyerek oluş turulmuştur. Bununla birlikte 50 dk'yı aç an servis güzergahlarının oluş turduğ u maliyetin azaltılmasını da göz önünde bulundurmaktadır.

Problemin çözümünde doğrudan maliyetler kullanılmamıştır. Bu maliyetler yerine, ilgili maliyet unsurlarının önem katsayıları kullanılarak minimum maliyet fonksiyonu oluşturulmuştur.

Uzaklıkların hesaplanmasında en yakın komşu algoritması kullanılmıştır [26]. Bu algorithmada öncelikle bir başlangıç noktası belirlenmektedir. Daha sonra belirlenen bu noktaya en yakın olan nokta seçilmektedir. Seçilen en son noktaya seçilmeyenler arasından en yakın olan seçilerek döngü devam ettirilmektedir. Noktalar kümesindeki en son elemana gelindiğinde ise döngü tamamlanarak başlangıç noktasına bağlanır. Bu algoritmanın işlem süresi $O(n^2)$ olarak belirtilmiştir [27,31].

Ele alınan problemde belirlenen her M_k kümesi için öncelikle fabrikadan başlayarak, fabrikaya en yakın olan durak seçilmiştir. Daha sonra son seçilen servis durağına, diğer duraklardan en yakın olan seçilerek, M_k kümesinde seçilmemiş tek bir durak kalıncaya kadar bu işlem devam etmektedir. En son kalan durak için ise bu durağın fabrikaya uzaklığı hesaplanarak bulunan tüm uzaklıklar toplanmıştır. Uzaklık değerleri ile ilgili maliyet en az öneme sahip olan maliyettir. Bu nedenle maliyet açısından 1 önem katsayısına sahiptir.

Amaç fonksiyonunda iki adet daha maliyeti etkileyen unsur vardır. Bunlardan ilki personel sayısıdır. Personel sayısının yarattığı maliyet önem sırasında en üst düzeydedir. Bu nedenle en büyük maliyet katsayıları bu maliyet kalemine verilmiştir. M_k 'ya dahil duraklardaki toplam personel sayısı servis otobüsünün kapasitesinden fazla olduğu takdirde, dışarıda kalan her çalışan başına maliyet 10 katsayısı ile ifade edilmiştir. Eğer servis kapasitesinden az miktarda çalışan bulunuyorsa boş kalan koltuk başına 5 katsayısı verilmesi uygun bulunmuştur.

Diğer unsur ise servislerin güzergah üzerinde dolanım zamanı ile ilgilidir. Eğer M_k içerisindeki belirlenen güzergah üzerinde dolaşım süresi $\text{Max } t=50 \text{ dk}'\text{y}\text{i}$ aşar ise maliyet fonksiyonuna 2 katsayısı ile çarpılarak yansıtılmaktadır. Dolaşım süresi azami hız 50 km/saat olarak düşünülerek, katedilen yola göre hesaplanmış ayrıca durak başına bekleme süresi ortalama olarak 1,5 dk olarak belirlenmiştir. İlgili formül Denklem (3.1)'de verilmiştir. Bir kromozom için amaç fonksiyonu Denklem (3.3)'te gösterilmiştir.

$$\min \text{ maliyet} = \sum_{k=1}^K \left\{ \begin{array}{l} 1 \times \sum ED_{ij} + 10 \times \max[0, (\sum L_{ik} - C_k)] \\ + 5 \times \max[0, (C_k - \sum L_{ik})] \\ + 2 \times \max[0, (((\sum ED_{ij} \times (50/60)) + 1,5 \times D_k) - \text{Max } t)] \end{array} \right\} \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'te görüldüğü üzere tek bir servis için yol uzaklık maliyeti

$$1 \times \sum ED_{ij} \quad (3.4)$$

olarak hesaplanmıştır. Bir servisin dolaştığı toplam yol uzunluğu ED_{ij} olup daha önce belirtildiği gibi önem katsayısı olan 1 ile çarpılarak Denklem (3.4)'ü oluşturmuştur.

Servis kapasiteleri ile ilgili maliyetler

$$10 \times \max[0, (\sum L_{ik} - C_k)] \quad (3.5)$$

$$5 \times \max[0, (C_k - \sum L_{ik})] \quad (3.6)$$

olarak hesaplanmıştır. Servisin kapasitesi aşıldığında Denklem (3.5) ve servisin bir kısmı boş olduğunda Denklem (3.6) devreye girmektedir. Servisin dolu olması durumunda Denklem (3.5) ile hesaplanacak değer sıfırdan büyük olacağı için bu değer 10 önem katsayısı ile çarpılarak amaç fonksiyonuna eklenecektir. Eğer servisin bir kısmı boş olur ise Denklem (3.6) ile hesaplanacak değer sıfırdan büyük olacağı için bu değer 5 önem katsayısı ile çarpılarak amaç fonksiyonuna eklenecektir. Servis kapasitesi C_k olarak tanımlanmış $\sum L_{ik}$ ise bu servisin uğradığı duraklardan topladığı toplam yolcu sayısı olarak verilmiştir.

Son kısım olarak dolaşım süresi ile ilgili maliyetler

$$2 \times \max[0, (((\sum ED_{ij} \times (50/60)) + 1,5 \times D_k) - \text{Max } t)] \quad (3.7)$$

olarak hesaplanmıştır. Bu formül Denklem (3.1)'ide kapsamaktadır. Toplam süre $Max t$ olarak verilmiştir. Bu süreyi aşan servislerin maliyeti 2 önem katsayısı ile çarpılarak amaç fonksiyonuna eklenecektir.

Kromozomu oluşturan her bir gen grubu (servis) için amaç fonksiyonu hesaplanarak birbirleriyle toplanmaktadır. Böylece bu toplam ilgili kromozomun uygunluk değerini vermektedir. Popülasyon içindeki tüm kromozomların uygunluk değerleri hesaplandıktan sonra en uygun değeri belirleyebilmek için küçükten büyüğe doğru bir sıralama yapılmaktadır. Bu sıralamada maliyeti düşürmek amaç olduğundan en küçük değeri alan en iyi kromozomdur.

Bir sonraki nesle kopyalama jenerasyon aralığı yöntemi ile yapılmaktadır. Kromozomların uygunluklarına göre küçükten büyüğe sıralanmış halinin en iyi ilk kromozomdan başlayarak %80'i yeni nesle aktarılacak için aday olmaktadır. Böylece eski nesildeki kötü bireylerin bir kısmı ölmektedir. Ölen bireyler yerine yeni bireyler üretilmekte, ölmeyen bireyler ise rank seçimi yöntemi ile seçilerek yeni popülasyona eklenmektedir. Ayrıca elitizme göre ilk birey doğrudan yeni nesle kopyalanmaktadır. Daha sonra çaprazlama ve mutasyon işlemlerine geçilmektedir. Çaprazlama oranı %60, mutasyon oranı ise %5 seçilmiştir. Mutasyon oranının %5 seçilmesinin nedeni az sayıda popülasyon olması ve mutasyon operatörünün gerçekleşmesini sağlayabilmektir. Ancak bu işlemler gerçekleşirken sıralamadaki ilk en iyi bireye hiçbir işlem yapılmamaktadır. Sadece eski nesilden gelen kromozomlara genetik operatörler uygulanmaktadır. Böylelikle en iyi birey korunmakta ve popülasyona giren yeni bireylere şans verilmektedir. Bunların dışında başlangıç popülasyonu 30 kromozomdan oluşmaktadır. Ancak bu değer sabit olmayıp istenildiği takdirde artırılabilir. Çaprazlama operatörü ise tek kesimli ve kesim noktalarının rastgele belirlendiği yöntemle gerçekleştirilmiştir.

Tüm bu süreç amaç fonksiyonu değeri 60 defa bir önceki en iyi ile aynı değeri verdiğinde sonlanmaktadır.

En uygun açılı aralıkları, genetik kümeleme [7] ile hesaplandıktan sonra duraklardaki personel sayılarının dengelenmesi için kümeler arasında durak değişimi yapılmaktadır. Elde ettiğimiz uğranacak durak sıralamaları, en yakın komşu yöntemine [26,29] göre, her kümedeki en yakın yolları temsil etmektedir.

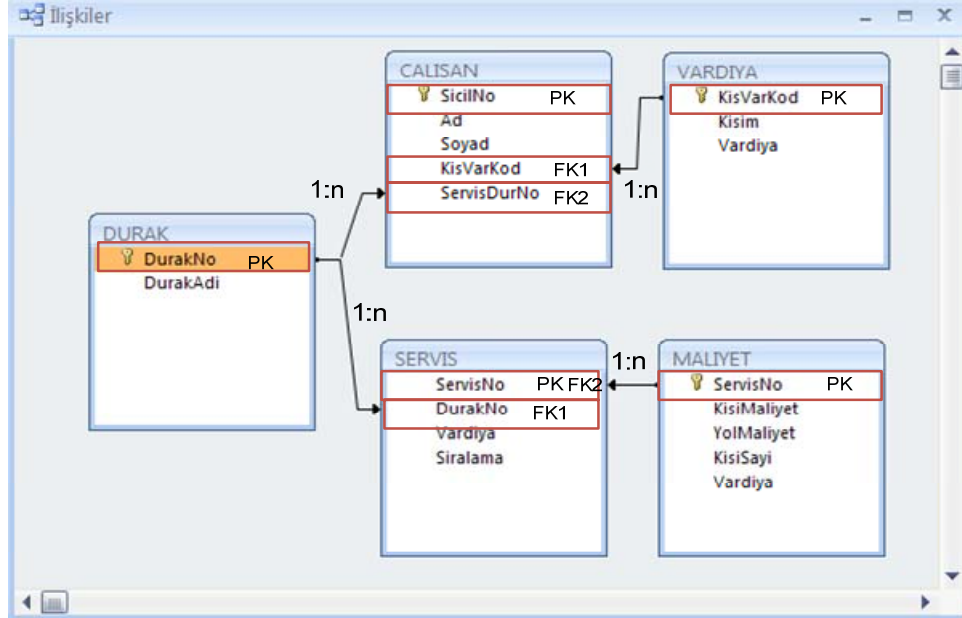
Ayrıca tüm kümelerin birbiriyle yakın olması ve güzergahlarının tek bir noktadan başlayıp tek bir noktada bitmesi nedeniyle 45'ten az personele sahip olan servislere bir sonraki kümeden durak eklemesi yapılmaktadır. 45 personeli aşan servislerdeki fazla olan duraklar da bir sonraki komşu kümeye aktarılmaktadır. Eğer 45'ten az olan personele sahip bir servise, bir sonraki servisten alınarak eklenen duraktaki personel sayısı 45'i aşmasına neden oluyorsa, o zaman hiçbir durak eklenmeden bir sonraki servisi dengelemeye geçilmektedir. 23 kişilik otobüsler, duraklarındaki toplam personel sayısı 31'i aşmayan servislere atanmaktadır. Bunun nedeni atanan katsayılar göre 30 kişilik bir grubun 23 kişilik servise atanma maliyeti 45 kişilik servise atanma maliyetinden daha az olmasıdır. Durak değişimi ile ilgili özel bir algoritma kullanılmamıştır. Daha sonra amaç fonksiyonu tekrar hesaplanarak yapılan işlemin maliyeti ne kadar azalttığı incelenmektedir. İnceleme sonucu oluşan değerler veri tabanına aktarılmaktadır. Harita üzerinde ise her servis için farklı bir renk olacak şekilde ve her vardiya ayrı bir katman üzerinde gösterilecek şekilde güzergahlar işaretlenmektedir.

3.5. Yazılım Öncesi Yapılan Çalışmalar

Yazılıma başlamadan önce verilerin toplandığı ve yazılımın planlandığı bir takım çalışmalar yapılmıştır. Öncelikle Excel ortamında elde edilen verileri en verimli biçimde kullanabilecek bir sistem geliştirilmesi düşünülmüştür. Bu verilerdeki karmaşıklık ve erişim zorluğunu gidermek için ilişkisel bir veri tabanı hazırlanmıştır.

Temin edilen Excel dokümanı içerisinde servis duraklarının kodları ve adları ile ilgili veriler bulunmaktadır. Bunların yanı sıra, bu dokümandan çalışan personelin sicil numaraları, adları, soyadları, çalıştıkları vardiya ve kısım bilgilerinin bulunduğu birtakım veriler elde edilmiştir. Personel bilgilerinin içerisinde, personelin kullandığı durakların ve durak kodlarının da saklandığı görülmüştür. İncelenen tablolarda tekrar eden verilerin çokluğu, belli bir düzen olmaması ve daha sonraki yazılım işlemlerinde bazı kodların kullanılması gerekliliğinden dolayı Access ortamında bu veriler yeniden düzenlenmiştir.

Hazırlanan veri tabanı beş adet tablodan oluşmaktadır. Tablolar ve aralarındaki ilişkiler Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Oluşturulan veritabanının tabloları, alanları ve ilişkileri

İlk ve ana tablo CALISAN tablosudur. Bu tabloda sırasıyla çalışan personelin sicil numaraları, adları, soyadları, çalıştıkları kısım-vardiyanın kodu ve servise bindikleri durakların numaraları bulunmaktadır. Çalışanların sicil numaraları tektir. Bu nedenle birincil anahtar (Primary Key) olarak seçilmiştir. İki adet de yabancı anahtar (Foreign Key) bulunmaktadır. KisVarKod sütunu VARDIYA tablosu ile ve ServisDurNo sütunu da DURAK tablosu ile CALISAN tablosunu ilişkilendirmektedir.

İkinci tablo DURAK tablosudur. DURAK tablosunda bir adet birincil anahtar bulunmaktadır. Bu tablonun oluşturulmasının iki nedeni bulunmaktadır. İlk neden, her çalışanın servise bindiği durağın adının CALISAN tablosunda tutulması halinde, dizi (string) değeri taşıyan durak adlarının sürekli tekrar ederek veri tabanında büyük miktarda yer kaplayacak olmasıdır. Bir diğer neden ise SERVIS tablosuyla ilgili raporlama yapılırken durak isimlerinin kullanılması gerekliliğidir. Bu tablo ayrıca, CALISAN ve SERVIS tabloları arasında bir köprü görevi görmektedir.

Üçüncü tablo VARDIYA tablosudur. Bu tabloda özel bir kodlama geliştirilmiştir. CALISAN tablosunda sürekli tekrar eden kısım ve vardiyalara ortak kodlar verilmiştir. Kodlama şekli örneği Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. VARDIYA tablosunun kodlaması

KODLAR	Sıra No:	KISIMLAR	Sıra No:	VARDİYALAR
01v00	1	100	0	06.45 - 14.45
02v02	2	101	2	08.00 - 16.00
02v03	2	101	3	08.00 - 18.00
03v05	3	102	5	14.45 - 22.45
03v06	3	102	6	22.45 - 06.45

Kodlamada her vardiyaya sıfırdan başlayarak, her kısma ise birden başlayarak sayılar verilmiş ve bu sayılar birbirine, vardiyayı temsil eden v harfi ile bağlanmıştır. KisVarKod sütunu da bu değerlerin saklandığı sütundur. Yine DURAK tablosunda olduğu gibi VARDIYA tablosu da veri tekrarını engellemek ve çalışanların hangi vardiyada ve kısımda çalıştığı bilgilerine kolay bir şekilde ulaşmak için oluşturulmuştur. Bu tablonun sadece CALISAN tablosu ile bağlantısını kuran bir adet birincil anahtarı bulunmaktadır.

Dördüncü tablo SERVİS tablosudur. SERVİS tablosunda da her vardiyadaki servis numaralarının belirtilebilmesi için bir kodlama geliştirilmiştir. Kodlama şekli örneği Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. SERVİS tablosunun kodlaması

KODLAR	Sıra No:	DURAK NO	Sıra No:	VARDİYALAR
11d01	11	102	1	06.45 - 14.45
01d02	1	1005	2	08.00 - 16.00
04d03	4	205	3	08.00 - 18.00
15d05	15	2006	5	14.45 - 22.45
05d06	5	503	6	22.45 - 06.45

Buradaki kodlama genetik algoritma ile çıkan sonuçlarla şekillenmektedir. Çizelge 3.4'te durak no sütunundaki değerler, o durak numarasının, hangi servis güzergahına dahil olduğunu göstermektedir. Vardiyalar ise birden başlayarak numaralandırılmıştır. Bu iki numaralandırma durakları temsil eden d harfiyle birleştirilmiştir. ServisNo sütunu bu değerlerin saklandığı sütundur. Bu sütun birincil anahtar olarak seçilmiş ve tüm duraklar için bu kodlar belirlenmiştir. Ancak vardiyalarda, durakların tamamı kullanılmadığı için, bazı durakların servislere atanması olmamaktadır. Servislere atanmayan duraklara ait servis numaraları sıfır olarak alınmıştır. Bu durakların kodlamaya dahil olmasının nedeni, daha sonra listeye eklenecek yeni çalışanların, bu durakları kullanması durumunda ilgili durakların uygun bir servis güzergahına dahil edilecek olmalarıdır. ServisNo sütunu aynı zamanda MALİYET tablosu ile ilişkiyi sağlayan bir yabancı anahtardır. SERVİS tablosundaki diğer yabancı anahtar olan DurakNo sütunu ise DURAK tablosu ile SERVİS tablosunun dolayısıyla da CALISAN tablosunun birbirleriyle ilişkili olmasını sağlamaktadır.

SERVİS tablosunda ServisNo, DurakNo ve Vardiya sütunlarından başka bir de Sıralama sütunu bulunmaktadır. Bu sütun servis güzergahları genetik algoritma ile belirlendikten sonra servislerin sırayla hangi duraklara uğraması gerektiği bilgisini saklamaktadır.

Son olarak veri tabanına dahil olan MALİYET tablosu bulunmaktadır. Bu tablo genetik algoritma ile oluşmuş güzergahların maliyetlerinin saklandığı kısımdır. MALİYET tablosunun oluşturulma amacı belirlenen güzergahların maliyetlerinin raporlanıp üst düzey yöneticilere gönderilmesi için hazır hale getirmektir. Maliyet tablosunda bir adet birincil anahtar bulunmaktadır. Bu anahtar ServisNo sütunudur ve SERVİS tablosu ile bağlantıyı sağlamaktadır. Bu tabloda, servis numarası, servislerin kapasitelerinin dengelenmesi ile ilgili maliyetler, güzergah uzunluğu ve servislerin dolaştıkları sürenin oluşturduğu maliyetler, servis başına düşen kişi sayıları ve bu maliyetlerin hangi vardiyada gerçekleştiği ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

Veri tabanı hazırlandıktan sonra durakların gösterileceği bir ortam hazırlanmıştır. Bu ortamın gösterimi için Map Info programı kullanılmıştır. İlk olarak Google Maps'in internet üzerinden sağladığı Eskişehir haritası [25]

kullanılarak durakların arasındaki yollar, Eskişehir büyükşehir belediyesi otobüslerinin kullandığı güzergahların [24] da yardımı ile sayısallaştırılmıştır. Ancak sadece kullanılacak yolların bulunduğu bir yol haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan sayısal katmana (Layer) ROTA adı verilmiştir. Daha sonra üzerinde durak verilerini tutulacağı bir katman oluşturulmuştur. Ek 1’de verilen duraklardan seçilerek oluşturulan ve Ek 2’de gösterilen durak tablosundaki duraklar, DURAK adı verilen katman üzerinde işaretlenmiştir. Bu katmanda durak adları ve kodlarının oluşturduğu bir veri tabanı tablosu da bulunmaktadır. İşaretleme ile birlikte oluşan harita Ek 3’te gösterilmiştir.

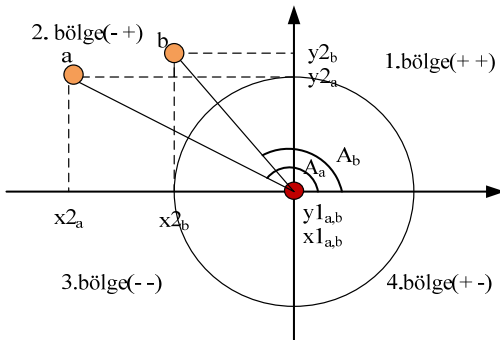
Haritaya eklenen bir diğer katman çizim katmanıdır. Bu katman problemde kullanılacak genetik kümeleme yöntemi [7] ile gerekli açıları hesaplamak için tasarlanmıştır. Genetik kümeleme [7] yöntemi ile oluşan her vardiyaya ait güzergahların harita ile gösterimi de yapılmaktadır. Bu gösterimler için ise her vardiyaya ait birer katman ve yeni eklenecek vardiyalar için yedek 7 adet daha katman oluşturulmuştur. Toplam 12 adet vardiya katmanı bulunmaktadır. Gün içerisinde bölebilecekleri en fazla 12 vardiya olabileceği düşünülerek vardiyalara ait katman sayısı belirlenmiştir. MapInfo programı oluşturduğu her katman için, o katman üzerindeki görsel nesnelerin bilgilerini kendi özel veri tabanında tutmaktadır.

Elde edilecek sonuçların orta ve üst düzey yöneticilere raporlanabilmesi için Crystal Report programı kullanılmıştır. Visual Basic ve MapInfo programlarıyla gelen bu program sayesinde rapor sunulabilir hale gelmekte ve istenilen bilgiler sorgulama sonucu bu raporda görüntülenebilmektedir. Toplamda üç adet raporlama bölümü tasarlanmıştır. Bunlar sırası ile personel raporları, servis raporları ve maliyet raporlarıdır. Personel raporlarında, personel bilgileri ve her çalışanın servise bindikleri durakların bilgileri çeşitli kıstaslara göre raporlanmaktadır. Servis raporlarında servis numaraları ve dahil oldukları vardiyalar ile ilgili bilgiler raporlanmaktadır. Son olarak maliyet raporlarında ise her vardiyadaki servislerin genetik kümeleme sonucu oluşan güzergahlarının maliyetleri rapor olarak sunulmaktadır.

3.6. Yazılımda Kullanılan Diğer Hesaplamalar

CIZIM katmanındaki yardımcı çizgiler ile açılar hesaplanmasında trigonometrik denklemler kullanılmıştır. Daha önce açılar Genetik kümele yöntemi için gerekliliğinden bahsedilmiştir. Açılar hesaplamada MapInfo programından yararlanılarak bir algoritma geliştirilmiştir.

MapInfo programı Şekil 3.1’de gösterilen çizgilerin başlangıç ve bitiş değerlerini tutmaktadır. Fabrika sıfır noktası ve x-ekseninin pozitif bölümü 0° kabul edilerek açılar hesaplanmaya başlanmıştır. Tüm açılar arcsinüs değerlerinden yararlanılarak 0° ’ye göre açı değerleri hesaplanmıştır. Problemden genelde tüm açılar trigonometri çemberinin 2. bölgesinde yer almaktadır. Ancak yazılım içerisinde tüm bölgeler ile ilgili hesaplamalar bulunmaktadır. İkinci bölgedeki açılar hesaplanması ile ilgili şema Şekil 3.5’te gösterilmiştir.



$$A_a = 180 - \left(\arcsin \left(\frac{(y2_a - y1_a)}{L_a} \right) \times \frac{180}{\pi} \right) \quad (3.8)$$

$$A_b = 180 - \left(\arcsin \left(\frac{(y2_b - y1_b)}{L_b} \right) \times \frac{180}{\pi} \right) \quad (3.9)$$

$$L_a = \sqrt{(x2_a - x1_a)^2 + (y2_a - y1_a)^2} \quad (3.10)$$

$$L_b = \sqrt{(x2_b - x1_b)^2 + (y2_b - y1_b)^2} \quad (3.11)$$

Şekil 3.5. Trigonometrik olarak 2. bölge açıları ve açıları hesaplama formülleri

Şekil 3.5’te iki adet noktanın açılarının hesaplanması ile ilgili formüller verilmiştir. Şekil 3.5’te görülen a ve b noktalarının merkezle arasındaki çizgilerin yatay eksenle oluşturdukları açılar A olarak gösterilmiştir. Denklem (3.10) ve denklem (3.11)’deki L değerleri çizgilerin uzunluklarını göstermektedir ve iki noktası bilinen doğru parçasının uzunluğu (hipotenüs) hesaplamasının formülüdür. Bulunmak istenen açıların 180° ’e tümleyenlerinin sinüs değerleri denklem (3.8) ve denklem (3.9)’da gösterildiği gibi hesaplanarak arcsinüs değerleri bulunmuştur. Çıkan sonuç radyan cinsinden olduğu için radyandan

dereceye çeviren $180/\pi$ katsayısı ile çarpılmıştır. Dereceye çevrilmiş sonuçlar 180° 'in tümleyeni olduğu için bu değerler 180° 'den çıkarılarak A değerleri bulunmuştur.

Algoritma şu şekilde ilerlemektedir; çizgilerin başlangıç ve bitiş noktalarındaki x ve y değerleri arasında karşılaştırma yapılarak hangi bölgeye ait olduğu bulunduktan sonra ilgili bölge ile ilgili trigonometrik formül ile açı değerleri hesaplanmıştır. Örneğin 1. bölgeye ait bir çizgi için $x_2 > x_1$ ve $y_2 > y_1$ olacaktır. Başlangıç noktası (x_1, y_1) ve bitiş koordinatları (x_2, y_2) olan bir çizgi için (x_2, y_2) değerleri daha büyük olacağından, bu çizginin pozitif bölgede olduğu söylenebilmektedir.

4. YAZILIMIN TANITILMASI

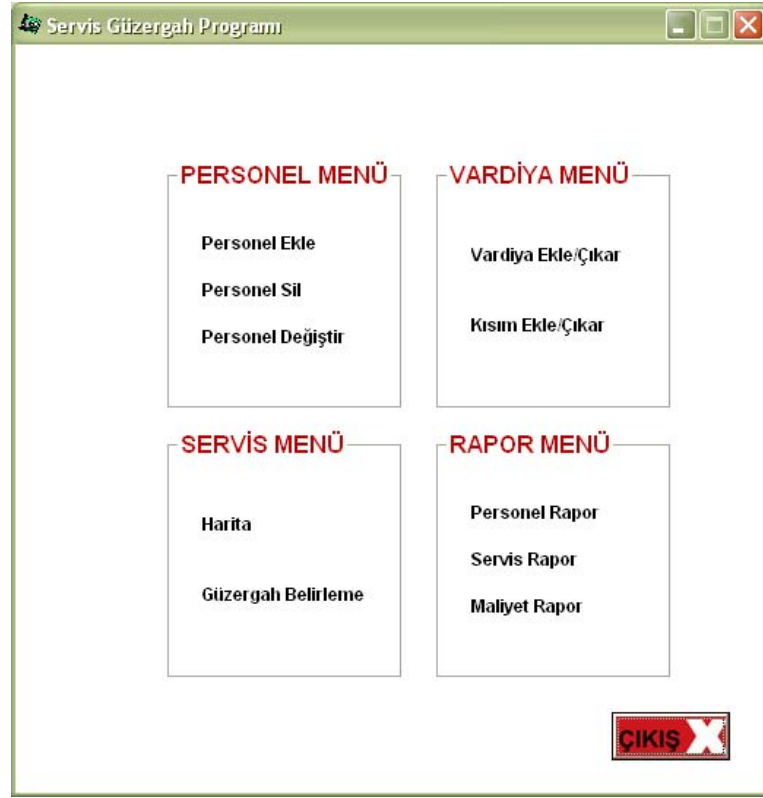
ETİ Gıda A.Ş.'nin servis güzergahı belirlenmesi ile ilgili uygulama programı Visual Basic 6.0 ile yazılmıştır. Yazılan program bir karar destek sistemi olarak hazırlanmıştır. Bu program servis güzergahlarını vardiyadaki personel sayılarına göre belirleyen ve raporlayan bir yapıya sahiptir. Bu bölümde yazılan programın arayüzü, kullanımı ve yaptığı işlemler hakkında bilgi verilecektir.

Program bir ana menü ve dört adet alt menüye sahiptir. Alt menüleri sırasıyla personel menü, servis menü, vardiya menü ve rapor menü olarak belirlenmiştir.

4.1. Ana Menü

Ana menü, programın giriş kısmıdır. Bu form açılırken program bir takım hesaplama işlemleri yapmakta ve bu işlemler program kullanımı sırasında bir daha tekrarlanmamaktadır. Bu işlemlerin ilki açılmanın hesaplanacağı çizim katmanındaki çizgileri çizmektir. Daha sonra çizilen çizgiler referans alınarak Genetik kümelemede kullanılacak açılar hesaplanmaktadır. Bir sonraki işlem ise duraklar arasındaki mesafeler matrisinin oluşturulmasıdır. Matris oluşturulması esnasında daha önceden hesaplaması yapılmış Excel ortamında tutulan duraklar arası mesafeler matrisi, program içerisindeki mshflexgrid bileşenine aktarılmaktadır. Yapılan işlemlerin bir kısmı MapInfo yardımcı programı ve bir kısmı Excel yardımcı programı tarafından yapıldığı için programın açılması da zaman almaktadır.

Tüm hesaplama işlemleri gerçekleştikten sonra ana menü karşımıza çıkmaktadır. Ana menü, yapmak istediğimiz işlemi seçmemiz için tasarlanmış bir arayüzdür. Dört adet alt menüsü bulunmaktadır. Ana form altında çalışan işlemlerden en önemlisi Access ile hazırlanmış servisplanitez veri tabanı ile bağlantının başlatılmasıdır. Bunun dışında ana menüde diğer menülerdeki işlemlere ulaşabilmek için bağlantılar bulunmaktadır. Ana menü Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Ana menü

Veri tabanı ile bağlantıların oluşturulmasında kullanılan fonksiyonlar “db.bas” modülünde bulunmaktadır.

4.2. Personel Menü

Personel alt menüsü Şekil 4.1’de de görüldüğü gibi üç adet bağlantıya sahiptir. Bu bağlantılarda servisplanitez veri tabanı ile ilişkili işlemler gerçekleştirilmektedir. Personelin eklenmesi, çıkarılması ve bilgilerinin değiştirilmesi bu kısımda yapılmaktadır.

4.2.1. Personel ekleme

Personel ekleme formu fabrikaya yeni bir çalışan geldiğinde bu çalışanın servisplanitez veri tabanına kaydı için kullanılmaktadır. Formun görüntüsü Şekil 4.2’de verilmiştir.

The image shows two side-by-side screenshots of a software window titled 'Personel Ekleme Formu'. The left screenshot shows the form with empty input fields: 'Sicil No', 'Ad', 'Soyad', 'Vardiya' (dropdown), 'Kisim' (dropdown), and 'Servis Durağı Adı' (dropdown). There are buttons for 'EKLE', 'İPTAL', and 'ANA MENÜ'. The right screenshot shows the form with data entered: 'Sicil No' is 222, 'Ad' is ÖZLEM, 'Soyad' is TABAK, 'Vardiya' is 06.45 - 14.45, 'Kisim' is 103, and 'Servis Durağı Adı' is 71 Evler İşçiklar. The buttons are the same.

Şekil 4.2. Personel ekleme formu

Form yüklenirken vardiya, kısım ve servis durağı adı bilgilerini taşıyan açılır menüler veri tabanından güncellenerek gelmektedir. Vardiya ve kısım eklemesi veya çıkarılması seçeneklerinin bulunmasından dolayı, güncelliği korumak için bu menülerin mutlaka güncellenmesi gerekmektedir. Daha sonra durak eklenmesi seçeneği istenmesi halinde durak menüsünün de güncellenebileceği düşünöldüğünden servis durağı adı açılır menüsü de güncellenmektedir. Böylece veri tabanı değişiklikleri doğrudan listelere yansıtılmaktadır.

Ekle butonuna basmadan personel ile ilgili tüm verilerin girilmiş olması gerekmektedir. Aksi takdirde program uyarı verecek, tüm değerlerin girilmesini isteyecek ve veri tabanına ekleme yapmayacaktır. İptal tuşu verilerin bir kısmı girilmiş halde ekle butonuna basıp uyarı aldığımızda aktif hale geçmekte ve istersek işlemleri durdurmamızı sağlamaktadır.

Girilen sicil numarası, CALISAN tablosunun birincil anahtarı olduğundan öncelikle daha önceden kayıtlı olup olmadığı araştırılmaktadır. Kayıtlı ise ekleme işlemleri uyarı ile durdurulmaktadır.

Kısım ve vardiya kodu açılır menülerden seçilen değerler kullanılarak *“("SELECT KisVarKod FROM VARDIYA WHERE Kisim=" & kısım & " AND Vardiya=" & vardiya & " ")”* SQL komutu ile VARDIYA tablosundan çağırılmaktadır.

Durak kodu ise *“("SELECT DurakNo FROM DURAK WHERE DurakAdi=" & dadCmb.Text & " ")”* SQL komutu ile DURAK tablosundan çağırılmaktadır.

Bütün istenen veriler sağlandıktan sonra ekle işlemi “(“INSERT into CALISAN values(" & sicil & "," & pname & "," & sname & "," & kisvarno & "," & durakno & ")” SQL komutu ile gerçekleştirilmektedir.

4.2.2. Personel silme

Personel silme formu fabrikadan ayrılan bir çalışan olduğunda, bu çalışanın servisplanitez veri tabanından silinmesi için kullanılmaktadır. Personel silme formu Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

Şekil 4.3. Personel silme formu

Personel silme formunda Şekil 4.3’te görüldüğü gibi önce silinecek personelin sicil numarasının girilmesi istenmektedir. Sicil numarası bilinmiyorsa sil butonuna bir kere basıldığında istenilen personelin sicil numarasının bulunabilmesi için sicil no bul butonu ortaya çıkmaktadır. Sicil no bul butonunun aktif hale geçtiği zaman oluşan form görüntüsü Şekil 4.4’te verilmiştir.

Personel Silme Formu

Sicil No:

Ad:

Soyad:

Vardiya:

Servis Duragi Ad:

Şekil 4.4. Personel silme formu ve sicil no bul butonunun aktif hali

Sicil no bul butonu personelin adı ve soyadının bir arada girilmesi ile çalışmaktadır. Aksi takdirde her ikisinin girilmesi ile ilgili uyarı vermektedir. Ad ve soyadın bir arada girilmesinin nedeni mümkün olduğunca tek bir personelin sicil numarasının bulunmasını sağlamaktır. Aynı isme ve soyada sahip insanlar varsa bir liste açılmaktadır ve o listeden uygun personel seçilmektedir. Bu listenin bir örneği Şekil 4.5'te verilmiştir.

Personel Silme Formu

Sicil No:

Ad:

Soyad:

Vardiya:

Servis Duragi Ad:

Bulunan Personel Listesi

Sicil No	Ad	Soyad	Kisim
222	ÖZLEM	TABAK	04v00
223	ÖZLEM	TABAK	07v06
225	ÖZLEM	TABAK	05v05

Personel Silme Formu

Sicil No:

Ad:

Soyad:

Vardiya:

Servis Duragi Ad:

Şekil 4.5. Personel silme formu ve bulunan personellerin listesi

Listeden doğru sicil numaralı personelin olduğu satırdan herhangi bir yere tıkladığında Şekil 4.5'te gösterildiği gibi çalışanın sicil numarası, sicil no metin kutusuna (textbox) eklenmektedir. Sicil no bul butonu “(SELECT * FROM CALISAN WHERE Ad like '%' & adTxt & '% ' and Soyad=' ' & soyadTxt & ' ')” SQL kodunu kullanarak sicil numarasını bulmaktadır.

Sil butonuna basıldığında ise Şekil 4.6'daki görüntü meydana gelmektedir.

Şekil 4.6. Personel silme formu ve silme işlemi onay kutusu

Eğer hayır seçeneği seçilirse personel silinmeden kalmakta, evet seçilirse “(DELETE FROM CALISAN WHERE SicilNo = ' ' & sicil & ' ')” SQL komutu ile personel silinmektedir.

Sicil numarası bulunan personelin bilgilerinin veri tabanından çağırılması işlemleri SilDegstir.bas modülü altında gerçekleştirilmektedir.

4.2.3. Personel bilgisi değiştirme

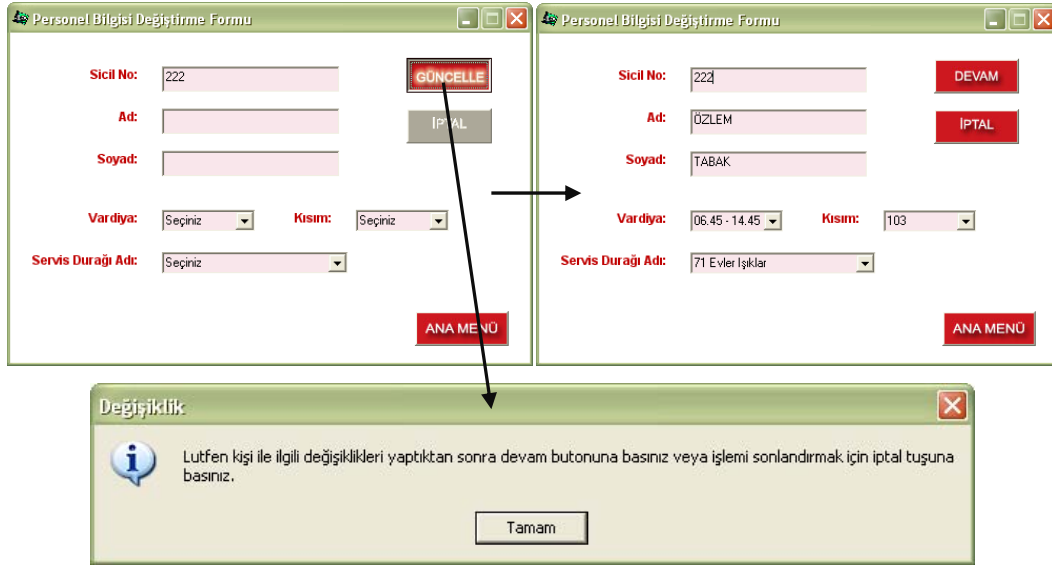
Personel değiştirme formu fabrikada çalışan bir personelin vardiyası, kısmı veya servis durağı değiştiğinde bu değişikliklerin servisplanitez veri tabanında güncellenmesi için kullanılmaktadır. Personel değiştirme formu Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

Şekil 4.7. Personel bilgisi değiştirme formu

Bu formda da personel silme formunda olduğu gibi önce sicil numarası girilmesi gerekmektedir. Eğer personelin sicil numarası bilinmiyor ise güncelle butonuna basıldığında sicil no bul butonu kullanıma açılmaktadır. Bu form personel sil formu ile aynı mantıkla birden fazla personel var ise listelemekte ve seçim yapılmasını sağlamaktadır. Sicil No Bul butonunun aktif haldeki görüntüsü Şekil 4.8’de verilmiştir.

Şekil 4.8. Personel bilgisi değiştirme formu ve sicil no bul butonunun aktif hali

Sicil numarasının bulunmasından sonra güncelle butonuna basıldığında çalışan personelin bilgileri metin kutularına aktarılmakta ve daha sonra yapılacak işlemler hakkında bir uyarı gelmektedir. Güncelle butonunun yerini devam butonu almakta ve iptal butonu aktif olmaktadır. Bu işlemler Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Personel bilgisi değiştirme formu ve bilgilerin ekrana gelmesi

Bilgilerin görüntülenmesinden sonra sicil numarası haricindeki değiştirilmek istenen personele ait tüm bilgiler değiştirilebilmektedir. Hiçbir değişiklik yapılmadan devam butonuna basıldığında iptal işlemi aktif hale gelir. Eğer iptal işlemi onaylanmazsa değiştirme işlemine devam edilebilir. Bir takım değişiklikler yapıldığında ise hangi bölümlerde değişiklik yapıldığına dair bir uyarı gelmekte ve değiştirme işleminin onaylanması istenmektedir. İşlem onaylanırsa değiştirilen bilgiler yeni hali ile kaydedilir. Onaylanmazsa hiçbir işlem yapılmadan menü ilk haline dönmektedir. Güncelleştirme işleminin devam etmesi ile oluşan görüntüler Şekil 4.10'da gösterilmektedir.

Şekil 4.10. Personel bilgisi değiştirme formundaki bilgilerin güncelleştirilmesi

Güncellenen bilgilerin ilk hali Şekil 4.9’da görülmektedir.

Kısım no ve durak no’lar personel ekleme formundaki SQL kodları ile aynı şekilde çalışarak bulunmaktadır. Güncelleştirme işlemi “(“UPDATE CALISAN SET Ad='” & pname & ’”, Soyad='” & sname & ’”, KisVarKod='” & kisvarno & ’”, ServisDurNo='” & durakno & ’” WHERE SicilNo='” & sicil & ’”)’” SQL komutu ile gerçekleştirilir.

4.3. Servis Menü

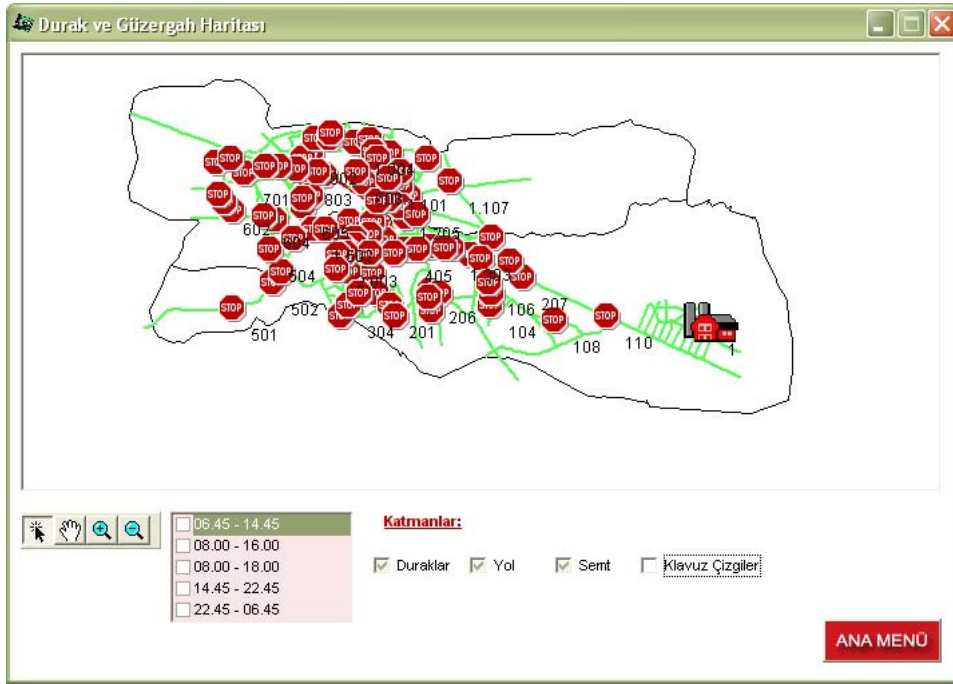
Bu menü servislerin güzergahlarının haritalanması ve güzergah belirleme ile ilgili işlemler için tasarlanmıştır.

4.3.1. Harita

Harita bölümünde MapInfo yardımcı programı ile hazırlanmış harita görüntülenmektedir. Harita üzerindeki her katmanın gizlenebilme özelliği sayesinde semtlerin, yolların, durakların ve güzergahların farklı açılardan incelenebilmesine olanak sağlamaktadır. Bunun yanında haritayı yakınlaştırma ve uzaklaştırma özelliklerinden faydalanılarak daha detaylı veya daha genel bir görünüş elde edilebilmektedir.

Bu form sadece görsel olarak bilgi vermemektedir. Bunun yanında formun kodlama kısmında MapInfo ile birlikte çalışan birçok hesaplama işlemi mevcuttur.

Ana formda bahsedilen, başlangıçta yapılan hesaplamaların büyük bir kısmı burada gerçekleşmektedir. Form ile ilişkili üç adet modül bulunmaktadır. Bunlar AciHesapla.bas, mapinfoglobal.bas ve main.bas'tır. En son bahsedilen modül MapInfo çalışma alanının (workspace) hazırlanmasını ve Visual Basic'te başlatılmasını sağlamaktadır. Haritanın bulunduğu formun görüntüsü Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Harita formu

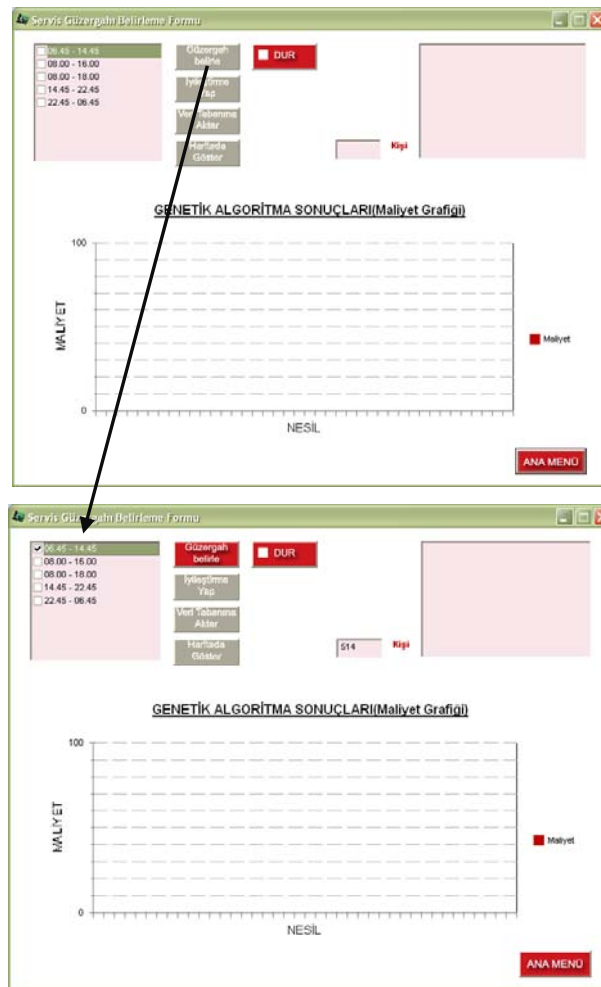
Vardiyalara ait taslak güzergah çizimleri ise her vardiya için ayrı katmanda yapılmaktadır. Her servis güzergahı için ayrı bir renk kullanılmaktadır. İki adet vardiyanın güzergah görüntüleri Ek 4'te verilmiştir.

4.3.2. Yeni güzergah belirleme

Yazılımın en önemli kısmını yeni güzergah belirleme oluşturmaktadır. Bu kısımda genetik algoritma kullanılarak istenilen vardiyaya ait servis güzergahları oluşturulmaktadır. Çalışanların servis durakları, vardiya veya kısımları

değiştğinde genetik algoritma bir kere çalıştırılarak yeni personel sayılarına göre o vardiyadaki güzergahlar tekrar belirlenebilmektedir.

Bu form üzerinde işlemlere başlamadan önce vardiya seçilmesi zorunlu tutulmuştur. Vardiya seçildikten sonra güzergah belirle butonu aktif hale geçmektedir. Aksi halde hiçbir işlemin başlatılması mümkün değildir. Her vardiya için sağ taraflarındaki kutucuk işaretlendiğinde, o vardiyadaki personel sayısı ve vardiyaya dahil duraklar belirlenmektedir. Formun ilk halinin görüntüsü ve vardiya seçiminden sonraki hali Şekil 4.12’de verilmiştir.



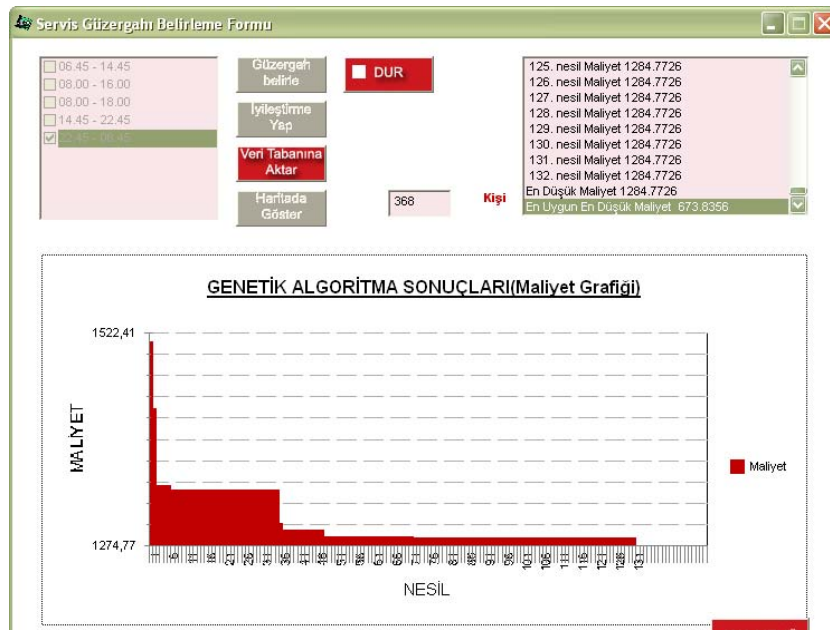
Şekil 4.12. Yeni güzergah belirleme formu

Bu işlem veri tabanı üzerinden “(SELECT count(*) as ifade FROM CALISAN INNER JOIN VARDIYA ON CALISAN.KisVarKod =

VARDIYA.KisVarKod WHERE VARDIYA.Vardiya="" & vardiya & ""AND CALISAN.ServisDurNo="" & servisdurakno & "")” SQL ifadesi ile her servis durağı tek tek çağırılarak ve “*çağırılan servis durağındaki personel sayısı sıfır olmadığı durumda, işaretlenen vardiyanın servis durakları listesine ekle*” algoritması çalıştırılarak yürütülmektedir.

Güzergah belirle butonuna basıldığı anda genetik algoritma işlemleri başlamaktadır. Öncelikle rassal olarak üretilen bir nesil oluşturulmaktadır. Bu nesildeki bireylerin uygunluk değerleri hesaplandıktan sonra en uygun sonuç grafiğe ve liste kutusuna (listbox) yansıtılmaktadır. Daha sonra yeni nesil oluşturmak için bireylerin seçimi yapılmakta, seçilen bireylere ilk en iyi birey haricinde çaprazlama ve mutasyon işlemleri uygulanmakta ve tekrar uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. Uygunluk değerleri 60 defa aynı değer olursa döngü durmaktadır ve en iyi sonuç liste kutusunda gösterilmektedir. Genetik algoritmanın 22.45 - 06.45 vardiyası için çalıştırılma süreci görüntüleri Ek 5’te verilmiştir.

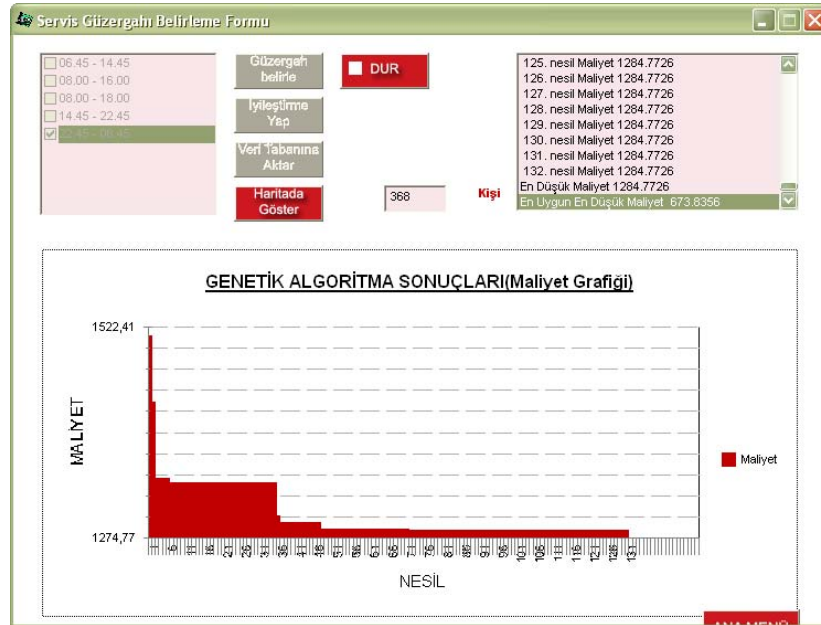
Genetik algoritma işlemleri tamamlandıktan sonra iyileştirme yap butonuna basılarak, uygun olarak dağılmamış servis başına düşen personel sayıları dengelenmektedir. Formun görüntüsü Şekil 4.13’te verilmiştir.



Şekil 4.13. İyileştirme sonrası form görüntüsü

Şekil 4.13'te görüldüğü gibi iyileştirme sonucu oluşan yeni sonuç liste kutusunda “En Uygun En Düşük Maliyet” ifadesinin yanında görülmektedir ve veri tabanına aktar butonu aktif hale gelmektedir.

Veri tabanına aktarma kısmında, servisplanitez veri tabanına tüm hesaplanan bilgiler ve her servis için başlangıç durağından bitiş durağına kadar olan sıralama kaydedilmektedir. Seçilmiş vardiyadaki belirlenen servis sayısına göre servis kodları değişmektedir. Ayrıca iyileştirme sonrası oluşan tüm servislerin maliyetleri MALİYET tablosuna işlenmektedir. İşlem tamamlandıktan sonra harita göster butonu aktif hale gelmektedir. Harita göster butonunun aktif halde görüldüğü form görüntüsü Şekil 4.14'te görülmektedir.



Şekil 4.14. Harita görüntüle butonunun aktif haldeki form görüntüsü

Harita göster butonu, hesaplanan ve veri tabanına aktarılan servis güzergahlarını harita olarak saklamak için kullanılmaktadır. Sıralanmış servis duraklarını, her servis numarası için farklı bir renk kullanarak bağlamaktadır. Ancak bu görüntülere Harita menüsünden ulaşılmaktadır. Bir vardiya için çizim yapıldığında o vardiya ile ilgili katman görünür hale gelmektedir. Böylelikle hesaplama sonrası servis harita bölümü açıldığında hesaplanan güzergah doğrudan görülmektedir.

Harita görüntüleme işlemi tamamlandıktan sonra vardiyaların bulunduğu liste kutusu aktif hale gelmekte ve yeni bir hesaplama başlamak için hazır olmaktadır. Güzergah belirle butonu ile yapılan işlemler sırasında, genetik algoritma ile belirlenen sonucun yeterince iyi olduğu düşünüldüğü takdirde, istenirse bu butonun sağ tarafındaki dur butonu ile işlem durdurularak bir sonraki aşamaya geçilebilmektedir.

4.4. Vardiya Menü

Vardiya menü altında özel olarak çalışan bir algoritma bulunmamaktadır. Sadece listede bulunamayan vardiya veya kısım var ise buradan eklenmektedir veya artık kullanılmayan vardiya ve kısımlar buradan çıkarılabilmektedir. Bu menü kısım ekle/çıkır ve vardiya ekle/çıkır başlığı altında iki kısımdan oluşmaktadır.

4.4.1. Vardiya ekleme ve çıkarma

Bu formda öncelikle eklenmek istenilen vardiyanın, başlangıç ve bitiş saatleri, saat ve dakika olarak açılır menülerden seçilmektedir. Daha sonra her kısım için bir adet olmak koşuluyla kısım-vardiya kodu oluşturularak seçilen vardiya veri tabanına eklenmektedir. Öncelikle eklenmek istenen vardiya daha önceden listede var olması olasılığı nedeniyle kontrol edilmekte, eğer yok ise eklenmektedir. Formun görüntüsü Şekil 4.15'te verilmiştir.

Şekil 4.15. Vardiya ekleme ve çıkarma formu

Mevcut vardiyalar yardımcı olması amacı ile liste olarak formda gösterilmektedir. Vardiyalar, açılır menülerden seçilen saatler arasındaki fark en az 8 saat ise veri tabanına eklenmektedir.

Vardiya ekleme ile ilgili kodlar formun altında çalışan kodların içinde bulunmaktadır. Bunların dışında her yeni vardiya SERVİS tablosuna, o vardiyaya ait olacak yeni servisler için, durak numaraları ile yeni vardiyayı temsil eden servis numarası kodları oluşturularak eklenmektedir.

Vardiya çıkarma işlemi ise, ekleme işleminin tam tersi olarak, seçilen vardiyanın veri tabanı içerisinde geçtiği satırların VARDIYA, SERVİS ve MALİYET tablolarında silinmesiyle gerçekleştirilmektedir.

4.4.2. Kısım ekleme ve çıkarma

Kısım ekle/çıkarm başlığı da vardiya ekle/çıkarm başlığı ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Her vardiya için, yeni eklenen kısım ile ortak kod oluşturularak bu yeni kısım veri tabanına eklenmektedir. Ancak ilgili kısım önce kontrol edilmekte, eğer veri tabanındaki listede yok ise ekleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Rastgele verilerin denenmemesi için kısım formuna eklenecek değerlerin sayı olmasına zorlanmıştır. Ayrıca yardımcı olması amacıyla mevcut kısımlar formun alt kısmında listelenmiştir. Formun görüntüsü Şekil 4.16'da verilmiştir.

Şekil 4.16. Kısım ekleme ve çıkarma formu

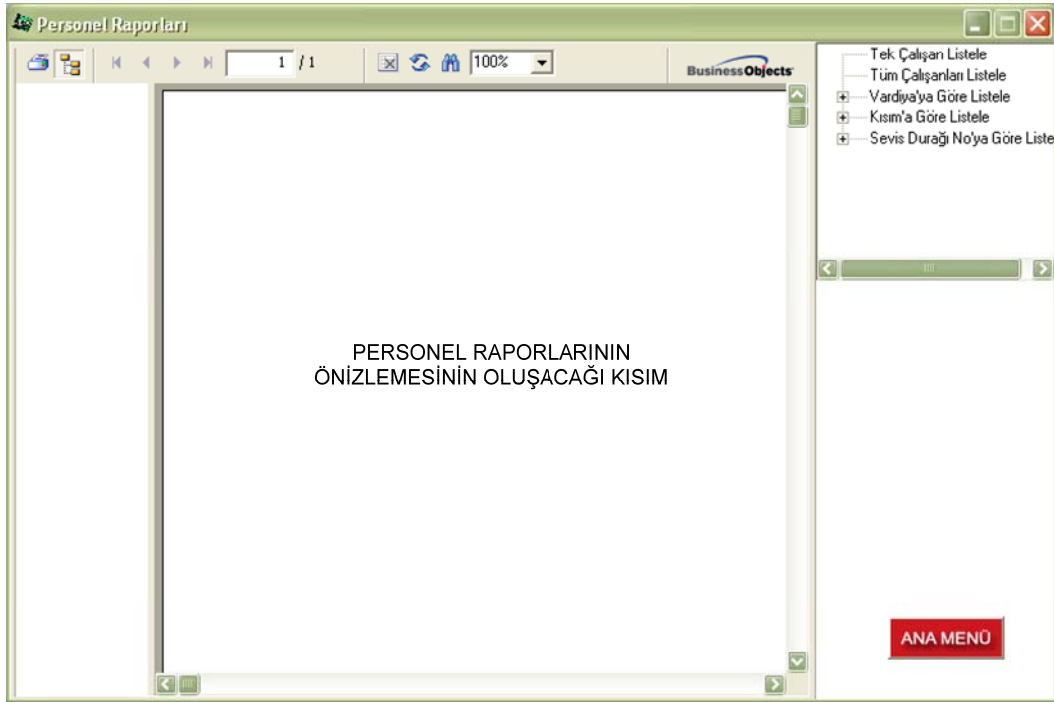
Kısım ekleme ile ilgili kodlar formun altında çalışan kodların içinde bulunmaktadır. Kısım ile servislerin bir ilişkisi bulunmadığından ekstra bir

güncelleme bulunmamaktadır. Kısım silme ise sadece VARDIYA tablosunda silinmesi istenen kısmın olduğu satırlar silinerek gerçekleştirilmektedir.

4.5. Rapor Menü

4.5.1. Personel raporları

Personel raporlama formu daha önceden veri tabanına eklenmiş personel ile ilgili bilgilerin düzenli bir şekilde görüntülenebilmesini, bir dosya içine kayıt edilebilmesini ve yazıcı ile yazdırılabildiğini sağlayan kısımdır. İlgili formun ilk görüntüsü Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Personel raporları formu

Raporlama, Şekil 4.17’de görülen ağaç menüdeki başlıklar seçilerek yapılmaktadır. Bu menüde beş adet ana başlık bulunmaktadır. Ana başlıkların seçiminde, üst düzey yöneticilerin, personelleri hakkında erişmek isteyebilecekleri kişisel bilgiler göz önünde bulundurulmuştur. Bu başlıkların sınıflandırılmasında

ise personel bilgilerinin filtrelenerek istenilen bilgilerin kolayca görülebilir hale gelmesini, kısaca raporlanabilmesini sağlamak amaçlanmıştır. Ana başlıklara ait alt başlıklar, istenilen personel bilgilerinin raporlanması esnasında yapılması istenebilecek sıralama koşullarını sağlamak için ağaç menüye eklenmiştir.

Ağaç menüdeki ilk sekme bir tek personel ile ilgili bilgileri rapor olarak görüntülemek istenildiğinde kullanılmaktadır. Personelin sicil numarası girildiğinde sicil numarası, adı, soyadı, vardiyası, kısmı ve servis durağı numarası bilgileri önizleme olarak form üzerinde görülmektedir. Bu bilgilerin yanı sıra, bilgileri raporlanan personelin hangi servis numarasına kayıtlı olduğu bilgisi de görülebilmektedir. Bir tek personele ait bilgilerin bulunduğu raporun görüntüsü Ek 6'da verilmiştir.

Tüm çalışanları listele başlığı seçildiğinde, fabrikadaki tüm personel Ek 6'da görüldüğü gibi "*sıralama kriterleri*" listesinden istenilen sıralama koşulları seçilerek, bu koşullara altında sıralanmakta ve raporlanmaktadır. Çalışanların sicil numarası, adı ve soyadı aynı anda seçilememektedir. Bu kısıt verilen değerlerin birbirleri ile ilişkili olduğu düşünüldüğü için konulmuştur. Sıralama, seçilen kriterler içerisinde listenin en altındaki kriterden başlamaktadır. Daha sonra aşağıdan yukarı doğru diğer kriterlerde sıralamaya dahil edilmektedir.

Vardiyaya göre listele kısmı başlığı altında artı işaretinden de anlaşılacağı gibi alt başlıklar bulunmaktadır. Bu başlığın amacı seçilen vardiyadaki personelin, sicil numarası, kısım numarası veya servis durağı numarasına göre sıralanabilmesini sağlamaktır. Seçilen vardiyanın sicil numarasına göre listeleme görüntüsü Ek 6'da verilmiştir.

Kısım göre listele kısmında da alt başlıklar bulunmaktadır. Bu başlığın amacı seçilen kısımdaki personelin, sicil numarası, vardiya veya servis durağı numarasına göre sıralanabilmesini sağlamaktır. Seçilen kısmın sicil numarasına göre listeleme görüntüsü Ek 6'da verilmiştir.

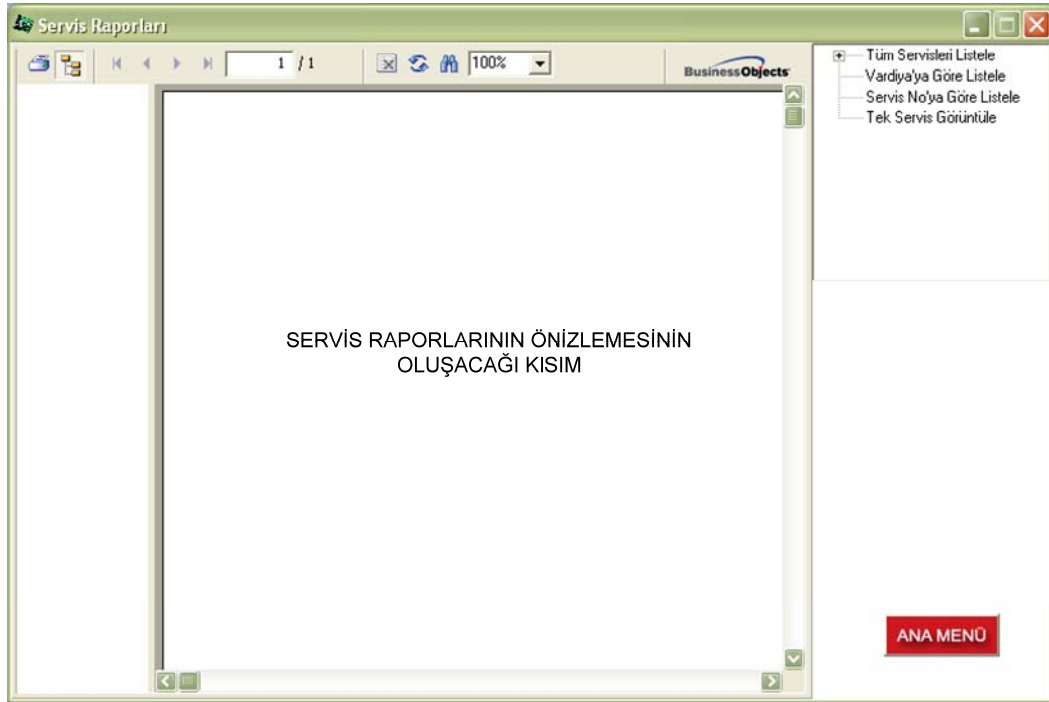
Son kısım ise servis durağı no'ya göre sıralamadır. Bu kısımda seçilen servis durağındaki personeli, sicil numarası, vardiya veya kısım numarasına göre sıralanabilmesini sağlamaktır. Seçilen servis durağı no'nun sicil numarasına göre listeleme görüntüsü Ek 6'da verilmiştir.

Şekil 4.17'deki formda kullanılan rapor önizleme bileşeni, Visual Studio ile gelen Crystal Reports programa aittir. Kendi kodlama stilini kullanan Crystal Reports ile ilgili kodlar report.bas modülünden çalışmaktadır.

Raporların arşivlenebilmesi için alt kısımlarında tarihleri ve sayfa numaraları bulunmaktadır. İstenirse bu raporlar word belgesi, pdf vb. stillerde kaydedilebilmekte veya çıktısı alınabilmektedir. Personel raporlarının bazılarının word belgesi olarak kaydedilmiş örnekleri Ek 7 ve Ek 8'de verilmiştir.

4.5.2. Servis raporları

Bu formda servisler ve güzergahları ile ilgili raporlar bulunmaktadır. Hesaplanmış ve haritası çizilmiş güzergahların her servis için raporları bu kısımda görülebilmektedir. Formun bir görüntüsü Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18. Servis rapor formu

Personel raporlarında olduğu gibi servis raporlarının oluşturulması ve önizlemesi için de Crystal Reports bileşeni kullanılmıştır. Hazırlanan Şekil

4.18'deki formda, raporların oluşturulması için toplam dört adet ana başlık bulunmaktadır. Ana başlıklar, üst düzey yöneticilerin, fabrikaya ulaşımında kullanılan servisler ve bu servislere ait durak ve güzergahlar hakkında edinmek isteyebileceği bilgiler göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca servis raporları ile görüntülenen sonuçlar servisleri kullanan çalışanları da ilgilendirmektedir. Her servisin sırasıyla uğraması gereken duraklar raporlarda belirtilmiştir. Böylece durak sıralaması göz önüne alınarak, bu durakların tümüne uğrayacak şekilde bir güzergah da oluşacaktır.

Tüm servisleri listele başlığı seçildiğinde, tüm vardiyalardaki servislerin servis numarasına göre listesi gelmektedir. İlgili başlık altında artan ve azalan olarak iki adet sıralama seçeneği bulunmaktadır. Bu seçenekler sıralama yönünü belli etmektedir. Tüm servisleri listele seçeneği örnek görüntüsü Ek 9'da verilmiştir.

Vardiyaya göre listele seçeneğinde, seçilen bir vardiyadaki tüm servisler ilk servisten başlayarak sıralanmaktadır. Her bir servisin uğradığı duraklar genetik algoritma çalıştırıldıktan sonra oluşturulmuştur. Bu nedenle elde edilen raporlarda her servis numarasının altında bulunan durak isimleri, servislerin ilk uğradığı duraktan son uğradıkları durağa göre dizilmiş olarak görüntülenmektedir. Vardiyaya göre listele seçeneği örnek görüntüsü Ek 9'da verilmiştir.

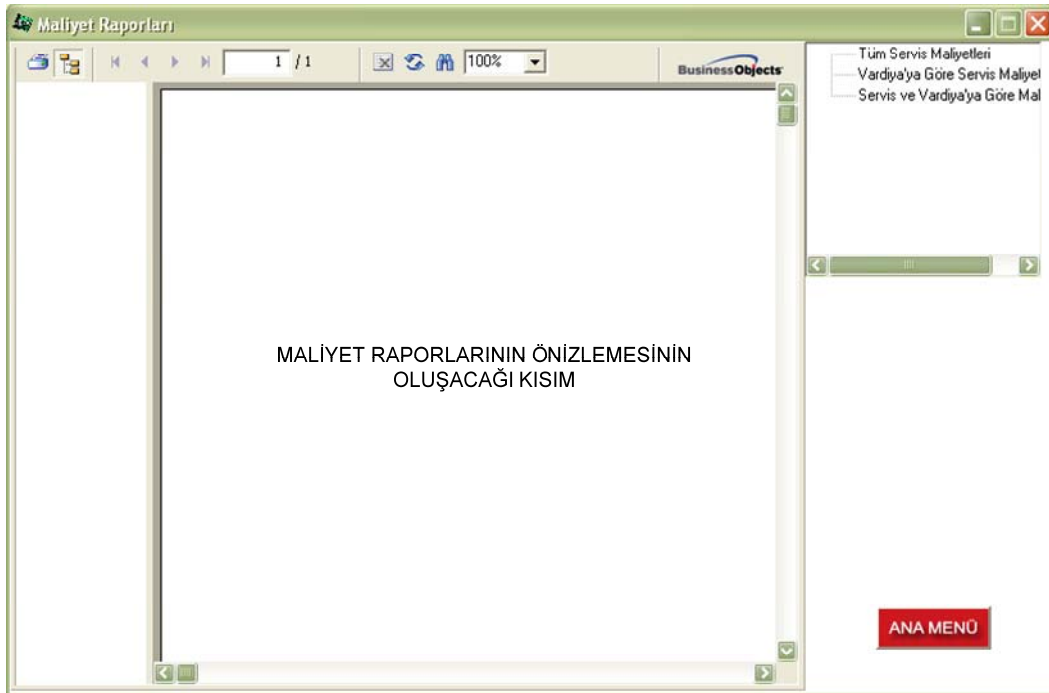
Servis no'ya göre listele seçeneğinde ise tüm vardiyalardaki belirlenen bir servis numarasına sahip servislerin tümü görüntülenmektedir. Örneğin 3 numaralı servis seçildiğinde tüm vardiyalardaki 3 numaralı servisler raporlanmaktadır. Servis no'ya göre listele seçeneği örnek görüntüsü Ek 9'da verilmiştir.

Son ana başlık ise tek servis görüntüle başlığıdır. Başlığın bu adı almasının nedeni seçilen bir vardiyada sadece seçilen bir servis numarasının bilgilerinin ekrana gelmesinden kaynaklanmaktadır. Tek servis görüntüle seçeneği örnek görüntüsü Ek 9'da verilmiştir.

Servis raporları ile ilgili word belgesi olarak kaydedilmiş örnek bir görüntü Ek 10'da verilmiştir.

4.5.3. Maliyet raporları

Bu formda servislerin oluşturduğu maliyetler raporlanmaktadır. Daha önceden genetik algoritma ile hesaplanmış güzergahların oluşturduğu maliyetler bu form sayesinde görüntülenebilmektedir. Formun bir görüntüsü Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19. Maliyet rapor formu

Maliyet raporları formu, personel raporları ve servis raporlarıyla aynı ön izleme bileşenlerine sahiptir. Şekil 4.19’da görüldüğü üzere, raporların oluşturulması için toplam üç adet ana başlık bulunmaktadır. Ana başlıklar, üst düzey yöneticilerin fabrikaya ulaşımda kullanılan servislerin maliyetlerinin fabrika bütçesine etkilerini raporlayabilecek şekilde seçilmiştir. Maliyet raporları, genetik algoritma sonucu oluşan güzergahların uzunlukları, servislerin dolaşım süreleri ve kapasiteleri ilgili maliyetlerin toplamını her bir servis için görüntüleyebilmektedir. Ayrıca her bir vardiya için, o vardiyaya ait servislerin toplam maliyetleri de bu raporlar içerisinde yer almaktadır.

Tüm servis maliyetleri başlığı seçildiğinde, tüm vardiyalardaki servisler vardiya bazında gruplanarak, servis numarası başına düşen maliyetler raporlanmaktadır. Maliyet verilerinin yanı sıra her servis için gerekli servis kapasitesi de bu raporlarda görüntülenmektedir. Bu başlıkta tüm vardiyalardaki servis başına düşen maliyetlerin dışında, vardiya başına düşen toplam maliyetler de rapor içerisinde verilmektedir. Örnek görüntü Ek 11’de verilmiştir.

Vardiyaya göre servis maliyetleri başlığı seçildiğinde, açılır listeden seçilen bir tek vardiyaya ait servisler, bu servislerin maliyetleri, gerekli kapasiteleri ve bu vardiyanın toplam maliyeti bilgileri görüntülenmektedir. Örnek görüntü Ek 11’de verilmiştir.

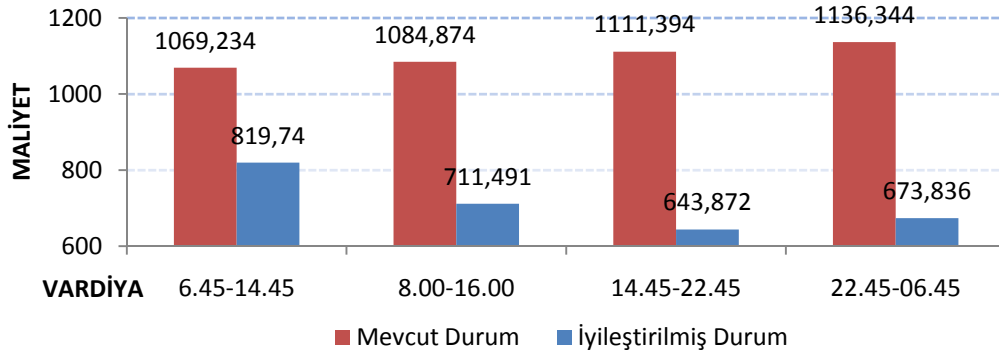
Son başlık olan servis ve vardiyaya göre maliyet başlığı seçildiğinde, listeden seçilen vardiyaya ait, yine listeden seçilen tek bir servisin maliyeti ve kapasitesi görüntülenmektedir. Örnek görüntü Ek 11’de verilmiştir.

Maliyet raporları ile ilgili word belgesi olarak kaydedilmiş örnek bir görüntü Ek 12’de verilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada genetik algoritma kullanılarak ETİ Gıda A.Ş.'nin vardiya bazında servis güzergahları bulunmuştur. Visual Basic yazılım programı ile Access, MapInfo ve Crystal Report programları da kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

Kullanılan genetik algoritma yöntemi ile elde edilen sonuçlar mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Mevcut durum Ek 13'te ve genetik algoritma ile elde edilen güzergahlar Ek 14'te verilmiştir. İki durum arasında karşılaştırma yapıldığında istenildiği gibi bir maliyet azalmasının gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca servis sayıları azalmış ve her bir servis için oluşan maliyetler dengelenmiştir. Maliyetlerin karşılaştırılması Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Mevcut durum ile iyileştirilmiş durumun maliyetlerinin karşılaştırılması

Kullanılan genetik algoritma teoride başarılı bir yöntemdir. Ancak pratikte uygulanması zor olan yanları bulunmaktadır. Hazırlanan yol matrisinde tüm duraklar arasındaki mesafeler, birbirleri arasında olabilecek en yakın yollar kullanılarak hesaplanmıştır. Ancak matrisin basit ölçümlerle hazırlanması ve seçilen yolların çoğunluğunun caddelerden oluşması çözüm için kısıtlı bir güzergah olması anlamına gelmektedir. Bu da tüm alternatif yolların değerlendirilmesine engel olmaktadır. Bu yapıya göre çalışan algoritma her ne kadar yakın yolları doğru olarak seçmiş olsa da bazı duraklardan diğer duraklara geçebilmek için servislerin aynı yolun diğer tarafına geçip ters istikamette

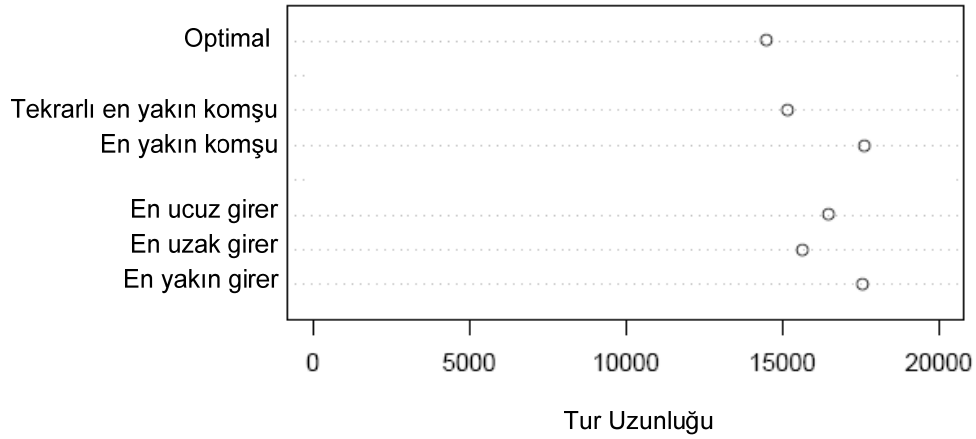
seyretmesi veya otobüslerin geçemeyecekleri ara yolları kullanması gerekmektedir. Bu da elde edilen güzergahların gerçekte uygulanmasını zor bir hale getirmekte veya el ile yapılacak bazı düzenlemeleri gerektirmektedir.

Hazırlanan uzaklık matrisi üzerinde bir uzman tarafından gerçekleştirilecek bir takım düzenlemeler, bahsi geçen ulaşım zorluklarını düzeltecektir. Böylece algoritmanın en kısa yolları doğru olarak seçtiği göz önüne alınırsa, uzman tarafından yapılacak düzenlemeler ile oluşacak güzergahlar daha uygun yollara sahip olacaktır.

Hazırlanan sistem karar destek sistemi olduğundan, gerçek hayatı birebir gerçekleştirmeyecektir. Sadece gerçek hayatı olabildiğince iyi taklit eden bir model oluşturacaktır. Bu nedenle modelin uygulanma yöntemi yine servis güzergahlarını planlayan uzman kişiye bağlıdır. Oluşacak bu model ise uzman kişiye yardımcı olacak ve uzmanın ilgili problemin çözümü ile ilgili karar verme sürecinde istenilen amaca göre uygun çözümü vererek, bu süreci hızlandıracaktır. Böylece uzman kişi yeni oluşacak sistemi kısa süre içerisinde gerçek yaşama yakın bir ortamda gözlemleme şansına da sahip olacaktır.

Kullanılan genetik kümelemede sadece genetik algoritma değil aynı zamanda, sezgisel yöntemlerden de faydalanılmaktadır. Yapılan güzergah belirleme çalışmasında seçilen sezgisel yöntem en yakın komşu yöntemidir [26,28,29]. Bu yöntemin seçilmesinin nedeni baz alınan çalışmadan [7] farklı bir yöntem denemektir. Genetik kümeleme için seçilen kaynakta ise en ucuz girer yöntemi uygulanmıştır [7,29]. Hahsler ve ark. [30] tarafından yapılan bir çalışma sonucunda gezgin satıcı probleminde kullanılan klasik sezgisel yöntemler karşılaştırılmıştır. İçinde bahsi geçen iki yöntemin de bulunduğu 50 şehir için uygulanmış sezgisel yöntemleri karşılaştıran grafik Şekil 5.2’de verilmiştir.

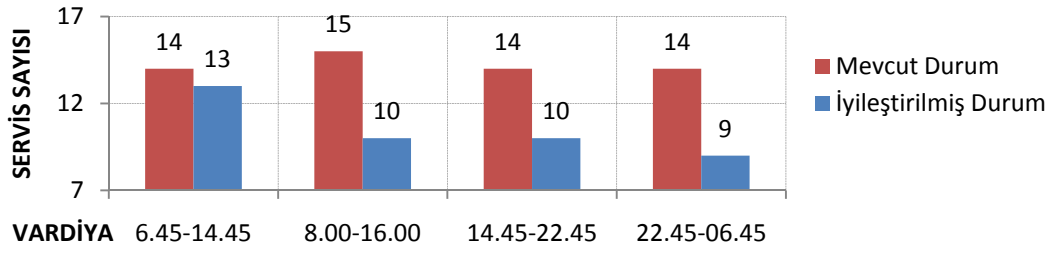
Şekil 5.2’de görüldüğü gibi en ucuz girer yöntemi, en yakın komşu yönteminden daha başarılı sonuç vermiştir. Dolayısıyla en yakın komşu yönteminin yerine, daha uygun sonuçlar veren bir başka yöntemin kullanılması başarının artmasını sağlayacaktır.



Şekil 5.2. 50 şehir için tur sezgisellerinin karşılaştırılması [30]

Problemin çözümünde kullanılan genetik kümeleme yöntemi yerine permütasyon şifreleme kullanan genetik algoritma yöntemleri de kullanılabilir. Kümelere ayırmadaki amaç, birbirine yakın olan yerleri önceden belirleyerek aranacak uzayı parçalara ayırmak ve böylelikle kısa zamanda en iyi sonuca ulaşmaktır. Ancak kümelere bölme biçimi de sonuçları etkileyebilir [8]. Permütasyon yöntemlerde kullanılan sayı sistemi onluk düzendedir. Bu tür şifreleme kullanılan yöntemlerde, durak numaraları genler üzerine yazılarak kromozomlar oluşturulur. Böylece duraklar arasındaki toplam mesafe, kromozom üzerindeki genlerin sıralamasına bağlı olarak değişmekte ve genetik operatörlerle çeşitlenmektedir. Bu yöntemin dezavantajı arama uzayının çok geniş olması ve çözümünün çok uzun sürmesidir. Buna rağmen arama uzayı kısıtlı olmadığı için çözüm çeşitliliği de çok olacaktır.

Konunun önemli noktalarından biri kişi sayılarının servisler arasında eşit dağılımıdır. Amaç fonksiyonu ağırlıklı olarak servislerin doluluğu ile ilgilenmektedir. Kişi sayıları söz konusu olduğunda elimizdeki sonuçlar oldukça tatmin edicidir. Ek 13 ve Ek 14'teki veriler karşılaştırıldığında, her bir vardiyadaki servis miktarının azaldığı (Şekil 5.3), aynı zamanda doluluklarının da arttığı görülmüştür. Ancak amaç fonksiyonun ana ögesi katedilen mesafe olarak değiştirildiğinde sonuçlarda değişecektir. Kullanılan en yakın komşu yöntemi, Şekil 5.2'de de görüldüğü üzere, bu konuda yetersiz kalmaktadır.



Şekil 5.3. Mevcut durum ile iyileştirilmiş durumun servis sayıları karşılaştırılması

Her vardiyadaki güzergahların tayin edilmesi probleminin birbirinden farklı olması, popülasyon büyüklüğünün ve algoritmanın durdurulması için belirlenen tekrar değerinin değiştirilmesi gerektiğini göstermiştir. Açıları hesaplanan servis duraklarının tümünün kullanıldığı bir vardiya bulunmamaktadır. Bu nedenle her vardiyanın harita üzerindeki durak dağılımları, birbirinden farklı olmaktadır. Ayrıca duraklardaki kişi sayıları da birbirinden farklıdır. Bu farklılıklar genetik algoritmanın çözüm uzayını değiştirmektedir. Dolayısıyla her vardiya için oluşacak popülasyon büyüklüğünün ve tekrar değerinin farklı belirlenmesi sonuçların daha iyiye gitmesine yardımcı olacaktır. Bu parametrelerin dışında, kromozomu deşifre etmeye yarayan c katsayıları da problemin arama alanını etkilemektedir. C katsayıları, oluşacak açı aralıklarına en az bir durak düşecek şekilde seçilmiştir. Ancak seçilen katsayılar için özel bir belirleme yöntemi bulunmadığından probleme uygunluğu deneme yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Servis kapasitelerinin doluluk miktarı bu problemin çıkış noktası olduğundan ve sisteme yeni personel eklenmesi veya çıkarılması işlemlerine yazılımın izin vermesinden dolayı bu değerler her ne kadar vardiyaya göre seçilse de kişi sayılarının değişimi genetik algoritma parametrelerini etkileyecektir.

Genetik algoritmanın sonuçlarını görebilmek için bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım içerisinde, bu yazılımı kullanacak personelin, veri tabanları ve Excel ortamında uğraşmadan personel kayıt edebileceği, silebileceği veya bilgilerini değiştirebileceği bir menü bulunmaktadır. Ayrıca genetik algoritma sonucu oluşan güzergahlar da görülebilmektedir. Küçük bir bilgi sistemi olmasına rağmen oluşturduğu personel, servis ve maliyet raporlarıyla üst düzey yöneticilere oldukça faydası dokunacaktır. Yazılımın bir çok programı entegre biçimde kullanması hem görselliği arttırmış hem de bilgi erişimini kolaylaştırmıştır.

Sonuç olarak, program amaçlandığı gibi maksimum doluluk oranı ile minimum mesafedeki duraklar arasından personeli toplayarak maliyeti azaltacak güzergahları hesaplamayı sağlamıştır. Arayüzlerinin kolaylığı sayesinde kullanan kişiye herhangi bir bilgi birikimi gerektirmeden kolay ve hızlı sonuçlar vermektedir. Program standart özelliklere sahip bir bilgisayar üzerinde çalışabilmektedir. Kullanılan farklı yazılımlar sayesinde program çıktıları gerek verisel gerek grafiksel anlamda kolay okunabilir şekildedir. Hazırlanan program amaçlandığı gibi ETİ Gıda A.Ş.'nin kullanımına uygundur.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim, *NP-complete*, Wikipedia, 2008.
<http://en.wikipedia.org/wiki/NP-complete>
- [2] Michalewicz, Z., *Genetic Algorithms + Data Structures = Evaluation Programs*, Springer-Verlag, New York, 1996.
- [3] Güden, H., *Kombinatorial Eniyileme ve Sezgisel Yöntemler*, Başkent Üniversitesi, 2005.
<http://www.baskent.edu.tr/~hsyngdn/END407/END407%20Ders1.pdf>
- [4] Ball, M.O., Magnanti, T.L., Monma, C.L. ve Nemhauser, G.L., *Handbooks in Operations Research and Management Science Network Routing*, Elsevier, No:8, 1995.
- [5] Schittekat, P., Sevaux, M. ve Sirensen, K., “A Mathematical Formulation For a School Bus Routing Problem”, IEEE, 2006.
- [6] Bektaş, T. ve Elmastaş, S., “Okul Araç Rotalama Probleminin Tamsayılı Programlama ile Çözümü,” *YA/EM'2004-Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği-XXIV Ulusal Kongresi*, 2004.
- [7] Thangiah, S.R. ve Nygard K.E., “School Bus Routing Using Genetic Algorithms,” *Applications of Artificial Intelligence X: Knowledge-Based Systems* (Ed: Biswas G.), Proceedings of SPIE, Pennsylvania, A.B.D., No: 1707, 387-398, 1992.
- [8] Thangiah, S.R. ve Salhi, S., “Genetic Clustering: An Adaptive Heuristic For the Multidepot Vehicle Routing Problem,” *Applied Artificial Intelligence*, Taylor & Francis, Pennsylvania, A.B.D., No:15, 361-383, 2001.
- [9] Darrell, W., Starkweather, T. ve Fuquay, D., “Scheduling Problems and the Traveling Salesman: the Genetic Edge Recombination Operator,” *Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms*, Morgan Kaufman Publishers, California, A.B.D., 133-140, 1989.
- [10] Thangiah, S.R., Nygard K.E. ve Paul, L.J., “GIDEON: A Genetic Algorithm System for Vehicle Routing with Time Windows,” *Proceedings of the Seventh IEEE Conference on Artificial Intelligence Application*, Florida, A.B.D., 322-328, 1991.

- [11] Skrlec, D., Filipec, M. ve Krajcar S., “A Heuristic Modification of Genetic Algorithm Used for Solving the Single Depot Capacited Vehicle Routing Problem”, *1997 IASTED International Conference on Intelligent Information Systems (IIS '97)*, 184-188, 1997.
- [12] Şen, Z., *Genetik Algoritmalar ve En İyileme Yöntemleri*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2004.
- [13] Goldberg, D.E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.
- [14] Holland, J., *Adaption in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, 1975.
- [15] Reeves, C.R., Rowe, J.E., *Genetic Algorithms: Principles and Perspectives: A Guide to GA Theory*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 1-63, 2002.
- [16] Deb, K., *Multi-objective Optimization Using Evolutionary Algorithms*, John Wiley and Sons, 2001.
- [17] Işık, Y., *Genetik Algoritma Tabanlı Bulanık Kontrolün Uçuş Kontrol Sistem Tasarımına Uygulanması*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2006.
- [18] Obitko, M., *Genetic Algorithms*, Department of Cybernetics, Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University, Prague, Czech Republic, 1998.
<http://labe.felk.cvut.cz/~obitko/>
<http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/>
- [19] Goldberg, D.E., “*Optimal Initial Population Size for Binary-Coded Genetic Algorithms*”, TCGA Report, No.85001, University of Alabama, Tuscaloosa, 1985.
- [20] Gen, M. ve Cheng, R., *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Wiley & Sons, Japan, 1997.
- [21] Weisstein, E.W., *NP-Problem From MathWorld*, A Wolfram Web Resource, 2008.
<http://mathworld.wolfram.com/NP-Problem.html>

- [22] Lenstra, J.K. ve Rinnooy Kan, A., “Complexity of vehicle routing and scheduling problems”, *Networks*, No:11, 221–227, 1981.
- [23] Toth, P. ve Vigo, D., *The Vehicle Routing Problem*, Society for Industrial and Applied Mathematics, No:9, Philadelphia, A.B.D., 2001.
- [24] Anonim, *Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Otobüs Güzergahları*, 2008.
<http://www.eskisehir-bld.gov.tr/kentrehberi/otohat.php?hat=01>
- [25] Başar Soft, *Eskişehir Haritası*, Google Maps, 2008.
<http://maps.google.com/maps?f=q&hl=tr&q=Eski%C5%9Fehir,+T%C3%BCrkiye&ie=UTF8&cd=1&geocode=0,39.606330,31.011052&ll=39.78031,30.51796&spn=0.123743,0.219727&z=12&iwloc=addr>
- [26] Rosenkrantz, D.J., Stearns, R.E. ve Lewis II, P.M., “An analysis of several heuristics for the traveling salesman problem”, *SIAM Journal on Computing*, No:6, 563–581, 1977.
- [27] Naznin, M., Juell, P., Nygard, K.E. ve Altenburg, K., “A Clustering Heuristic by Effective Nearest Neighbor Selection,” *40th Anniversary: A Celebration of Midwest Computing Heritage*, Proceedings of Midwest Instruction and Computing Symposium, North Dakota, A.B.D., 2007.
http://www.micsymposium.org/mics_2007/papers/Naznin1.pdf
- [28] Güden, H., Çözüm Kurucu Sezgiseller, Başkent Üniversitesi, 2005.
<http://www.baskent.edu.tr/~hsyngdn/END407/END407%20Ders2.pdf>
- [29] Reinelt, G., *The Traveling Salesman LNCS 840*, Springer-Verlag, Berlin, 73-99, 1994.
- [30] Hahsler M. ve Hornik, K., “M. Hahsler and K. Hornik. TSP - Infrastructure for the Traveling Salesperson Problem,” *Journal of Statistical Software*, **23(2)**, 1-21, 2007.
- [31] Nilsson, C., “Heuristics For the ;Traveling Salesman Problem”, Tech. Report, Linköping University, Sweden, 2003.
http://www.ida.liu.se/~TDDDB19/reports_2003/htsp.pdf

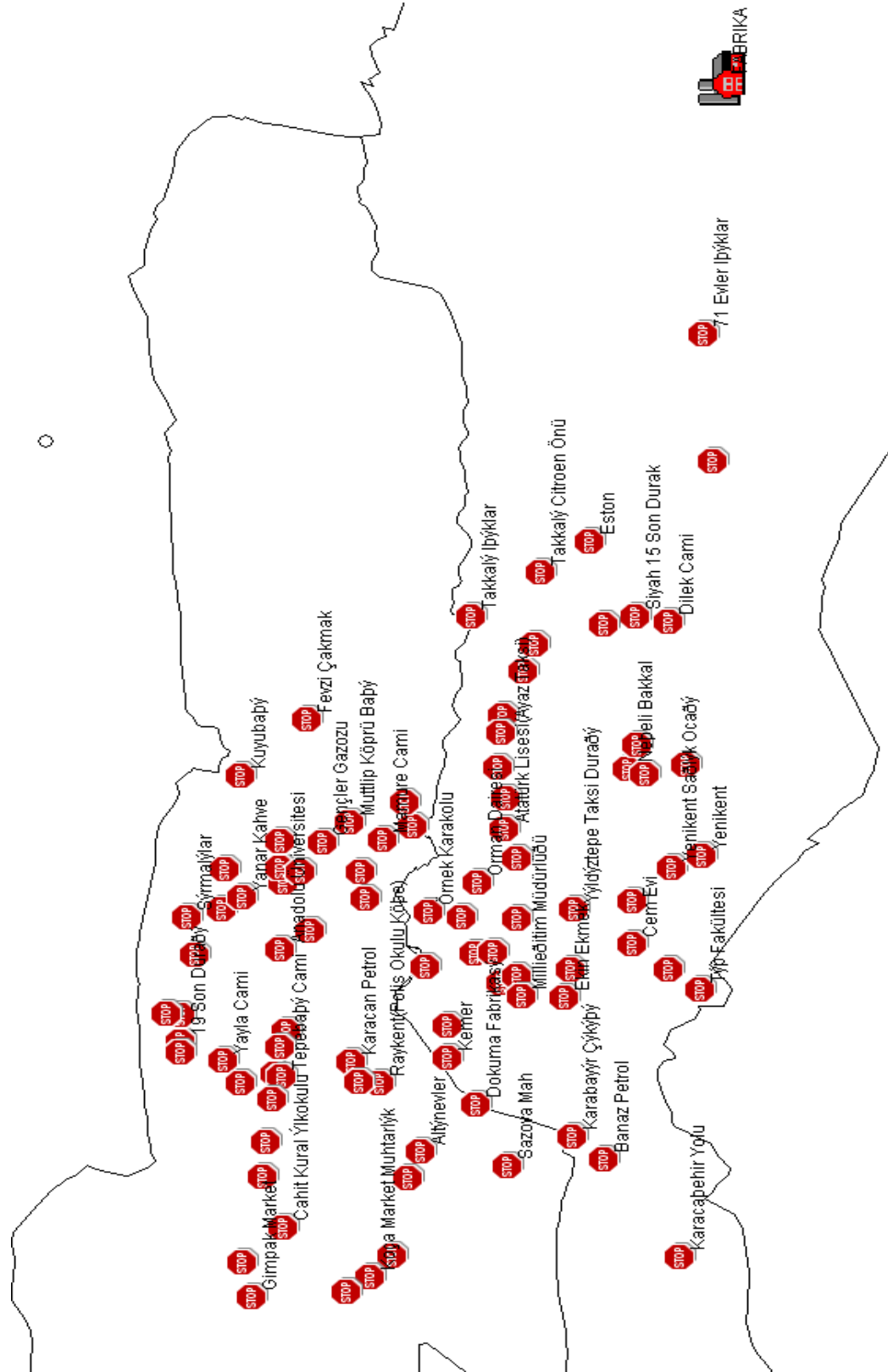
Ek-1 Mevcut Servis Durakları

<p>1.Nolu Servis</p> <p>Siyah 15 son durak 102 Dilek Cami 104 Lüks Ekmek 106 71 Evler Ali Bakkal 108 71 Evler Işıklar 110 FABRIKA</p>	<p>2.Nolu Servis</p> <p>Yenikent Sağlık Ocağı 201 Yenikent 202 Muhtarlık 203 Göçmen Evleri 204 Radar 205 Neşeli Bakkal 206 Eston 207 FABRIKA</p>	<p>3.Nolu Servis</p> <p>Yenikent Işıklar 301 Cem Evi 303 23 Nisan İlkokulu 304 Büyükdere Kahveler 307 Saygın Sitesi 308 Yıldıztepe Taksi Duracağı 309 FABRIKA</p>	<p>4.Nolu Servis</p> <p>Deniz Pide 410 Palmiye Sitesi (H.Polatkan) 402 Çiçek Taksi 403 Akarbaşı 404 Atatürk Lisesi (Ayaz Taksi) 405 FABRIKA</p>	<p>5.Nolu Servis</p> <p>Karacaşehir Yolu 501 Banaz Petrol 502 Karabayır Çıkışı 503 Sazova 504 Altınevler 505 Takkalı Işıklar 506 Takkalı Citroen Önü 507 FABRIKA</p>
<p>6.Nolu Servis</p> <p>Çamlıca Futbol Sahası (Trafo) 601 Koça Market Muhtarlık 602 Beyaz Evler 603 Karanfiller 604 Raykent (Polis Okulu Köşe) 605 Karacan Petrol 607 A.Üniversitesi 608 FABRIKA</p>	<p>7.Nolu Servis</p> <p>Cahit Kural İlkokulu 701 Gimpak Market 702 Eti Blokları 703 Trafo 704 Raykent 705 Yanar Kahve 706 FABRIKA</p>	<p>8.Nolu Servis</p> <p>Tepebaşı Opet 801 Tepebaşı Şimnyer 802 Tepebaşı Cami 803 Bağlar Duracağı 804 FABRIKA</p>	<p>9.Nolu Servis</p> <p>19 Son Duracağı 901 Yayla Cami 902 Paris Kahvesi 903 Tepebaşı Işıklar 904 SSK Işıklar 905 Eczacılık Fakültesi 906 FABRIKA</p>	<p>10.Nolu Servis</p> <p>Ormankent 1001 Sinan Alaç İlkokulu 1002 Yeşiltepe Dörtöl 1003 Yeşiltepe Köprü 1004 Sırmallar 1005 esentepe Cuma pazarı 1006 Çevre Yolu İsmail Ayaz Yıkama 1007 FABRIKA</p>
<p>11.Nolu Servis</p> <p>Sihhiye Kavşağı 1101 Derman caddesi çıkışı 1102 Karakol Önü 1103 Sever Market 1104 Kuyubaşı 1106 Fezî Çakmak 1107 FABRIKA</p>	<p>12.Nolu Servis</p> <p>Haller Geçit 1201 Sakarya Caddesi Geçit 1202 Gençler Gazozu 1203 Muttalip Köprübaşı 1204 Marmure Cami 1205 Güven Petrol 1206 Yımpaş 1207 FABRIKA</p>	<p>13.Nolu Servis</p> <p>Alanönü 1301 Odunpazarı Belediyesi 1302 Devlet Hastanesi 1303 Yenidoğan 1304 Sanayi Yunuskent 1305 FABRIKA</p>	<p>14.Nolu Servis</p> <p>Dokuma Fabrikası 1501 Kemer 1502 Osmangazi Cami 1503 Demirköprü 1504 Örnek Karakolu 1505 Orman Dairesi 1506 FABRIKA</p>	<p>15.Nolu Servis</p> <p>Sarar İmamhatip 2001 Ekin Ekmek 2002 Milli Eğitim 2003 Savaş Cad.Işıklar 2004 Stadyum 2005 İller Bankası 2006 Tıp Fakültesi 2007 FABRIKA</p>

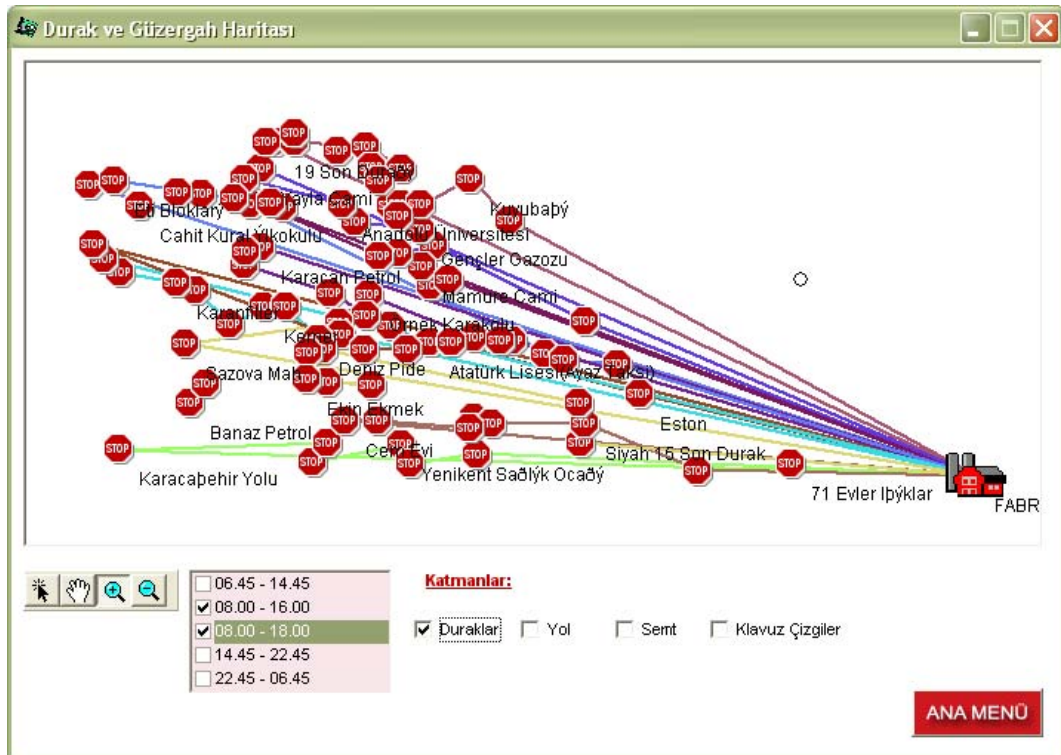
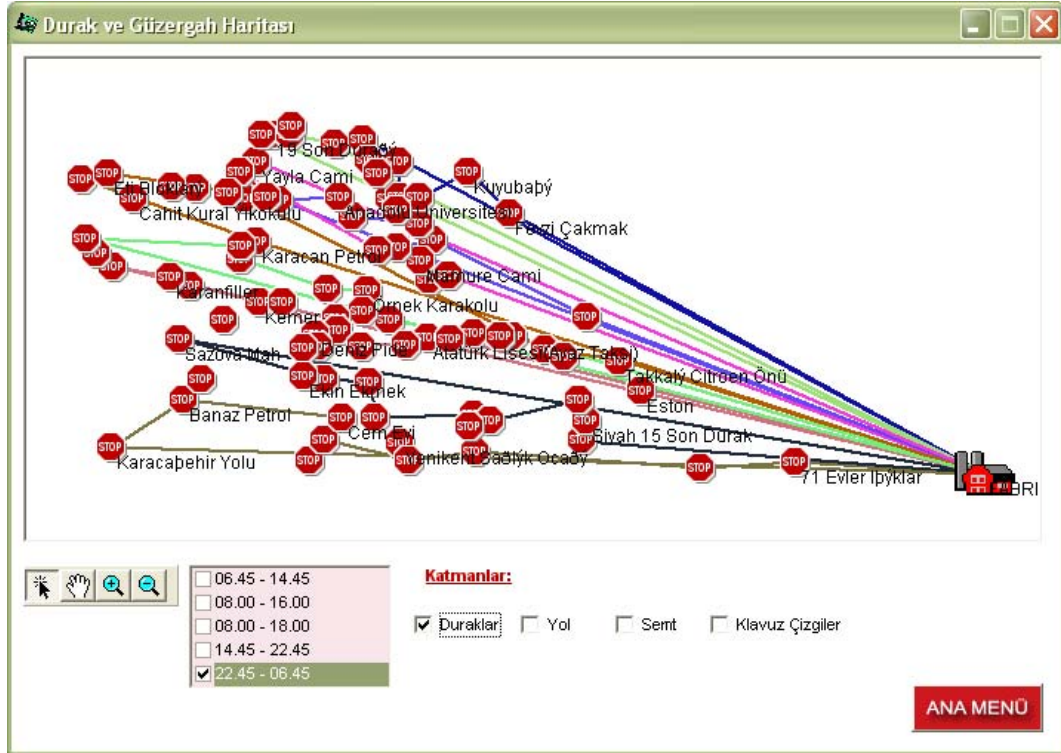
Ek-2 Probleme Dahil Edilen Duraklar Tablosu

Durak No	Durak Adı	Durak No	Durak Adı	Durak No	Durak Adı
1	FABRİKA	602	Koça Market Muhtarlık	1103	Karakol Önü
102	Siyah 15 son durak	603	Beyaz Evler	1104	Sever Market
104	Dilek Cami	604	Karanfiller	1106	Kuyubaşı
106	Lüks Ekmek	605	Raykent (Polis Okulu Köşe)	1107	Fevzi Çakmak
108	71 Evler Ali Bakkal	607	Karacan Petrol	1201	Haller Geçit
110	71 Evler Işıklar	608	A.Üniversitesi	1202	Sakarya Caddesi Geçit
201	Yenikent Sağlık Ocağı	701	Cahit Kural İlkokulu	1203	Gençler Gazozu
202	Yenikent	702	Gimpak Market	1204	Muttalip Köprübaşı
203	Muhtarlık	703	Eti Blokları	1205	Mamure Cami
204	Göçmen Evleri	704	Trafo	1206	Güven Petrol
205	Radar	705	Raykent	1207	Yimpaş
206	Neşeli Bakkal	706	Yanar Kahve	1301	Alanönü
207	Eston	801	Tepebaşı Opet	1302	Odunpazarı Belediyesi
301	Yenikent Işıklar	802	Tepebaşı Şirinyer	1303	Devlet Hastanesi
303	Cem Evi	803	Tepebaşı Cami	1304	Yenidoğan
304	23 Nisan İlkokulu	804	Bağlar Durağı	1305	Sanayi Yunuskent
308	Saygın Sitesi	901	19 Son Durağı	1501	Dokuma Fabrikası
309	Yıldıztepe Taksi Durağı	902	Yayla Cami	1502	Kemer
401	Deniz Pide	903	Paris Kahvesi	1503	Osmangazi Cami
402	Palmiye Sitesi (H.Polatkan)	904	Tepebaşı Işıklar	1504	Demirköprü
403	Çiçek Taksi	905	SSK Işıklar	1505	Örnek Karakolu
404	Akarbaşı	906	Eczacılık Fakültesi	1506	Orman Dairesi
405	Atatürk Lisesi (Ayaz Taksi)	1001	Ormankent	2001	Sarar İmamhatip
501	Karacaşehir Yolu	1002	Sinan Alaç İlkokulu	2002	Ekin Ekmek
502	Banaz Petrol	1003	Yeşiltepe Dört Yol	2003	Milli Eğitim
503	Karabayır Çıkışı	1004	Yeşiltepe Köprü	2004	Savaş Cad. Işıklar
504	Sazova	1005	Sırmalılar	2005	Stadyum
505	Altınevler	1006	Esentepe Cuma pazarı	2006	İller Bankası
506	Takkalı Işıklar	1007	Çevre Yolu İsmail Ayaz Yıkama	2007	Tıp Fakültesi
507	Takkalı Citroen Önü	1101	Sıhhiye Kavşağı		
601	Çamlıca Futbol Sahası (Trafo)	1102	Derman caddesi çıkışı		

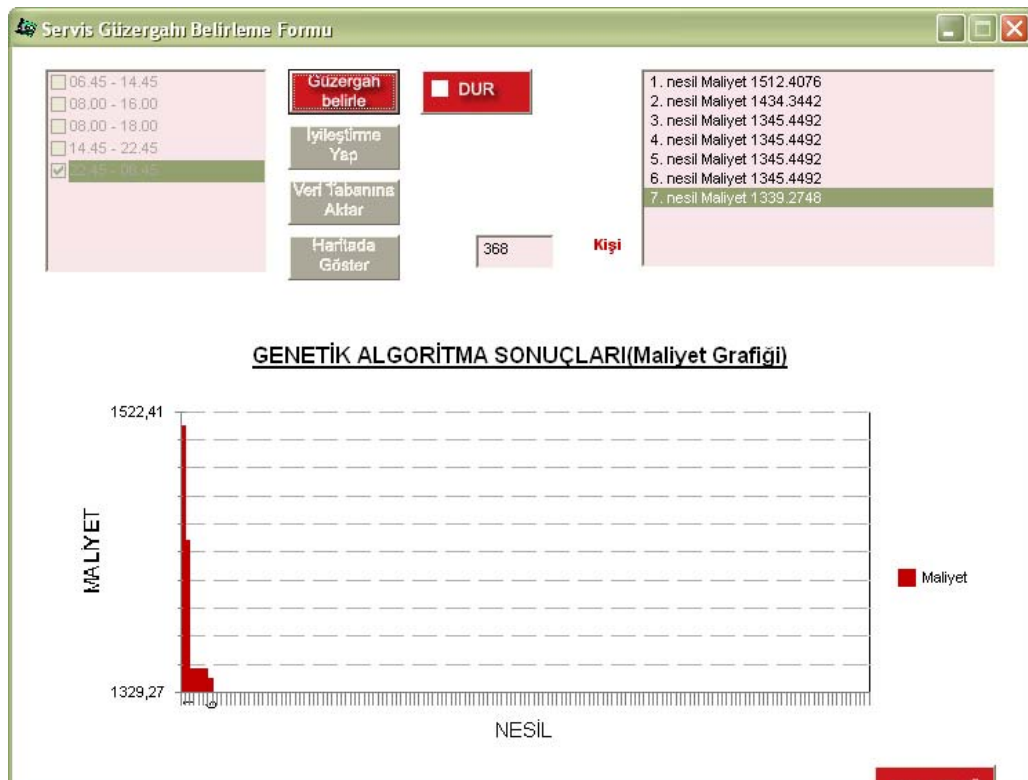
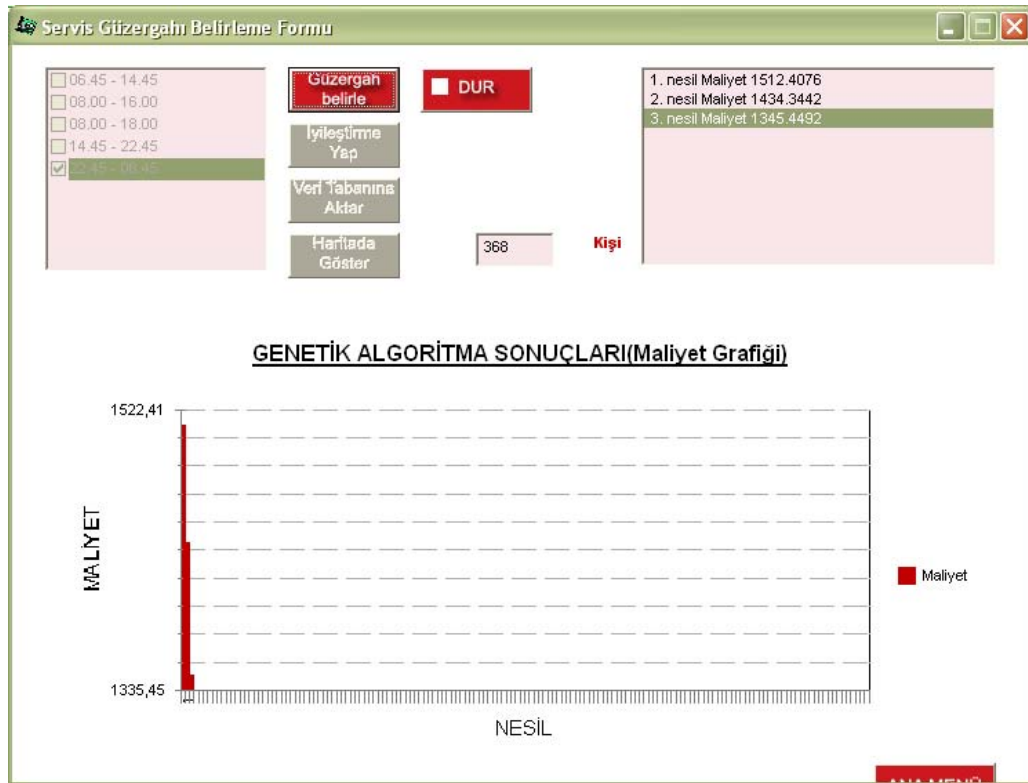
Ek-3 Probleme Dahil Edilen Duraklar Haritası

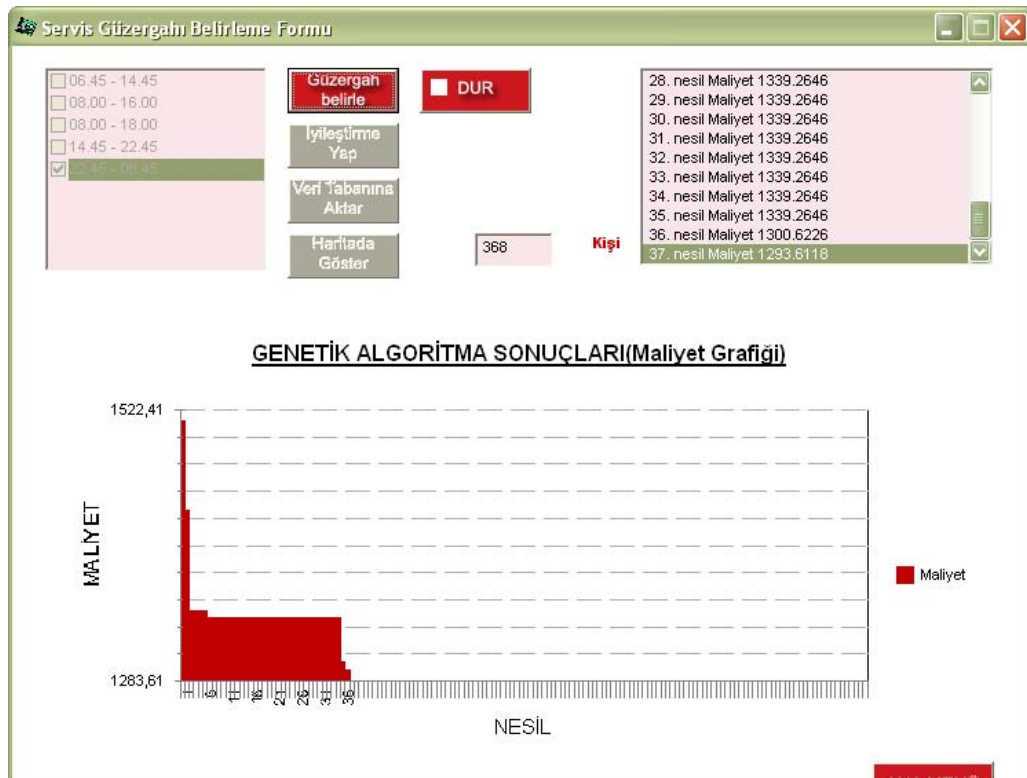
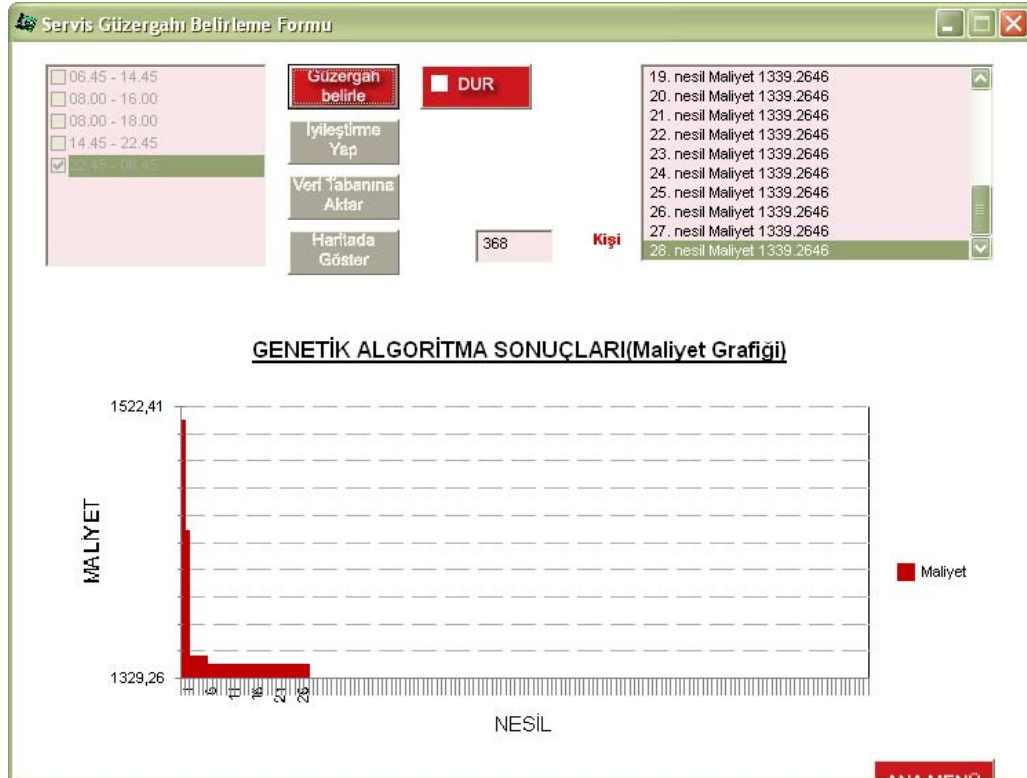


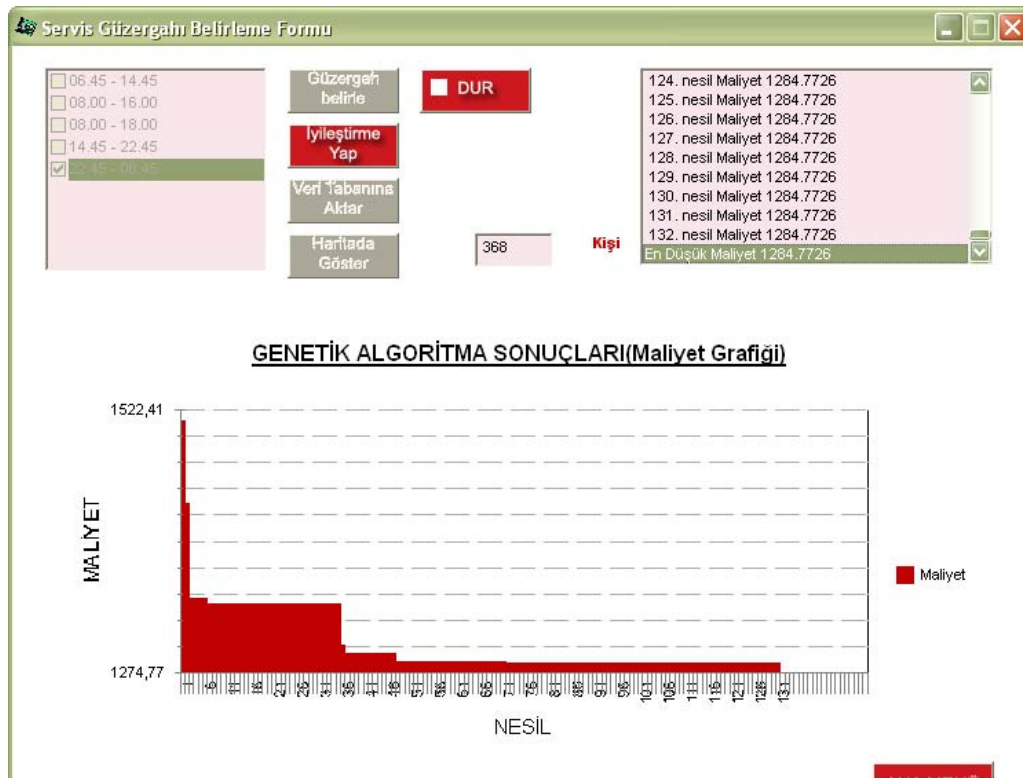
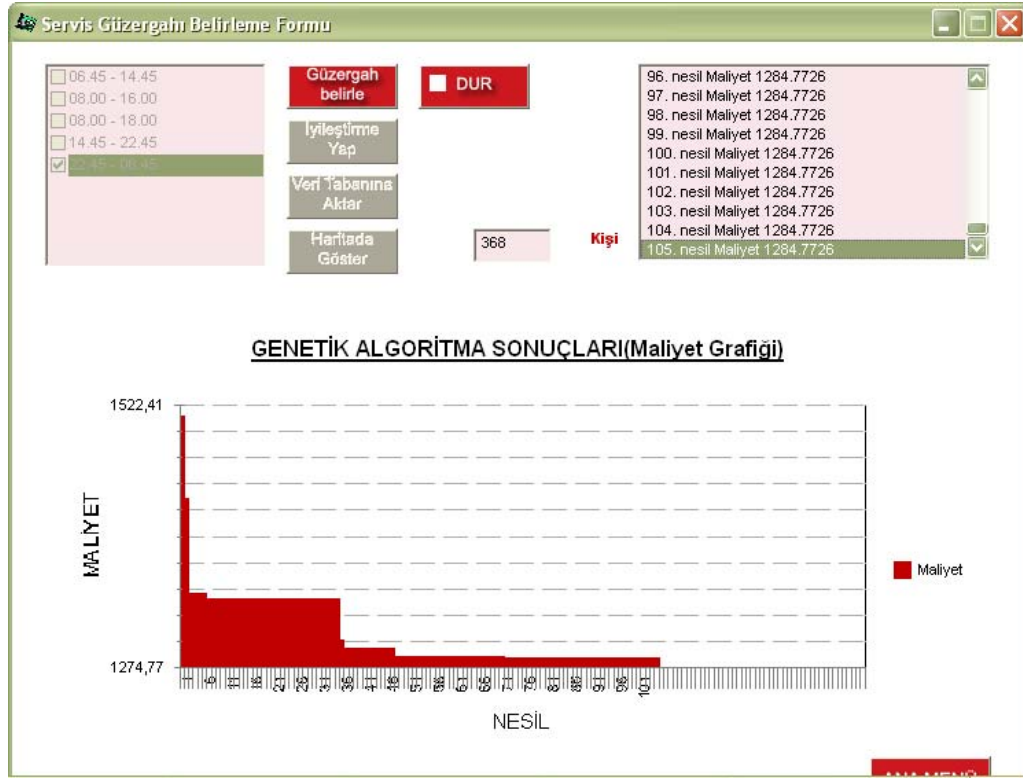
Ek-4 Vardiyalara Göre Güzergahların Harita Üzerindeki Örnekleri



Ek-5 Genetik Algoritma İşlem Süreci Görüntüleri







Ek-6 Personel Raporlama Formu Görüntüleri

Tek Personel Listeleme

Personel Raporları

1 / 1 75%

Business Objects

Firma İsmi A.Ş.
Adresi
Eskişehir/TÜRKİYE
Tel: +90 (222)

ŞİMET LOGOSU

222 SİCİL NOLU PERSONEL RAPORU

Sicil No	Ad	Soyad	Kısım	Vardiya	Servis Durak No
222	MEHMET ALI	ŞAN	103	14.45 - 22.45	201
1 kişi					

Tek Çalışan Listele
Tüm Çalışanları Listele
+ Vardiya'ya Göre Listele
+ Kısım'a Göre Listele
+ Servis Durak No'ya Göre Listele

Bineceği Servis Numarası

Aranacak Çalışanın Sicil Nosu

222

TAMAM IPTAL

ANA MENÜ

Personel Raporları

1 / 1 75%

Business Objects

Firma İsmi A.Ş.
Adresi
Eskişehir/TÜRKİYE
Tel: +90 (222)

ŞİMET LOGOSU

222 SİCİL NOLU PERSONEL RAPORU

Sicil No	Ad	Soyad	Kısım	Vardiya	Servis Durak No
222	MEHMET ALI	ŞAN	103	14.45 - 22.45	201
1 kişi					

Tek Çalışan Listele
Tüm Çalışanları Listele
+ Vardiya'ya Göre Listele
+ Kısım'a Göre Listele
+ Servis Durak No'ya Göre Listele

Bineceği Servis Numarası

10d05

ANA MENÜ

Tüm Çalışanları Listeleme

Personel Raporları

1 / 37

BusinessObjects

Firma İsmi A.Ş.
Adresi
Eskişehir/TÜRKİYE
Tel: +90 (222)

TÜM PERSONEL LİSTE

Sicil No	Ad	Soyad	Kısım	Vardiya	Servis Durak No
39	AYSUN	KESGIN	101	06.45 - 14.45	1201
48	MURTEZA	GÜNDOĞDU	108	06.45 - 14.45	405
252	ÇETİN	GÖKÇE	372	06.45 - 14.45	1001
259	OKAN	ÖZKARA	101	06.45 - 14.45	608
285	HÜSEYİN	ER	108	06.45 - 14.45	601
291	MAHİMUT	ÖZCAN	105	06.45 - 14.45	801
292	MEHMET ALI	ANILIR	372	06.45 - 14.45	1301
297	BÜLENT	ÇAKICIER	220	06.45 - 14.45	903
308	TUGRUL	UYGUN	220	06.45 - 14.45	604
321	ŞENOL	AKTAŞ	106	06.45 - 14.45	1005
340	ŞENOL	YALINÇE	372	06.45 - 14.45	703
344	MUSTAFA	ŞAHİN	105	06.45 - 14.45	108
352	FATİH	ŞORABATUR	220	06.45 - 14.45	1107
355	EKREM	ERDEMİR	261	06.45 - 14.45	1504
371	İBRAHİM	DOĞANAY	107	06.45 - 14.45	1005

Sıralama Kriterleri

Sicil No
 Ad
 Soyad
 Kısım No
 Vardiya
 Servis Durağı No

TAMAM IPTAL

ANA MENÜ

Vardiya'ya Göre Listeleme (Sicil No'ya Göre Sırala)

Personel Raporları

1 / 12

BusinessObjects

Firma İsmi A.Ş.
Adresi
Eskişehir/TÜRKİYE
Tel: +90 (222)

06.45 - 14.45 VARDİYASINDAKİ PERSONEL LİSTESİ

Sicil No	Ad	Soyad	Kısım	Vardiya	Servis Durak No
39	AYSUN	KESGIN	101	06.45 - 14.45	1201
48	MURTEZA	GÜNDOĞDU	108	06.45 - 14.45	405
252	ÇETİN	GÖKÇE	372	06.45 - 14.45	1001
259	OKAN	ÖZKARA	101	06.45 - 14.45	608
285	HÜSEYİN	ER	108	06.45 - 14.45	601
291	MAHİMUT	ÖZCAN	105	06.45 - 14.45	801
292	MEHMET ALI	ANILIR	372	06.45 - 14.45	1301
297	BÜLENT	ÇAKICIER	220	06.45 - 14.45	903
308	TUGRUL	UYGUN	220	06.45 - 14.45	604
321	ŞENOL	AKTAŞ	106	06.45 - 14.45	1005
340	ŞENOL	YALINÇE	372	06.45 - 14.45	703
344	MUSTAFA	ŞAHİN	105	06.45 - 14.45	108
352	FATİH	ŞORABATUR	220	06.45 - 14.45	1107
355	EKREM	ERDEMİR	261	06.45 - 14.45	1504
371	İBRAHİM	DOĞANAY	107	06.45 - 14.45	1005

Sıralama Kriterleri

Sicil No'ya Göre Sırala
 Vardiya'ya Göre Listele
 Kısım'a Göre Sırala
 Servis Durağı No'ya Göre Sırala
 Kısım'a Göre Listele
 Servis Durağı No'ya Göre Listele

Aradığınız Vardiya

06.45 - 14.45

TAMAM IPTAL

ANA MENÜ

Kısma Göre Listeleme (Sicil No 'ya Göre Sırala)

Personel Raporları

BusinessObjects

Firma İsmi A.Ş.
Adresi
Eskişehir/TÜRKİYE
Tel: +90 (222)

107 NOLU KISIM PERSONEL LİSTESİ

Sicil No	Ad	Soyad	Kısım	Vardiya	Servis Durak No
64086	YASIN	ÇEKİCİ	107	06.45 - 14.45	204
74143	ALI	ÖZEL	107	06.45 - 14.45	303
373	RAMAZAN	KILINÇ	107	22.45 - 06.45	303
74089	MUSTAFA	ÖZYANIK	107	22.45 - 06.45	305
72053	SADETTİN	ÇOBAN	107	14.45 - 22.45	307
64031	İBRAHİM	SARIKAYA	107	22.45 - 06.45	307
74158	VEDAT	İYİĞÜN	107	22.45 - 06.45	405
74167	ÖRHAN	YAĞCILAR GİL	107	06.45 - 14.45	504
64051	TEVFİK	KÖSE	107	06.45 - 14.45	505
84032	HULUSİ	YAMAN	107	08.00 - 18.00	506
64053	MUSTAFA	YAMAK	107	14.45 - 22.45	507
74139	AHMET	BÖZKURT	107	22.45 - 06.45	603
74096	İBRAHİM	BEKEN	107	22.45 - 06.45	608
74092	RAMİ	YEŞİLYURT	107	06.45 - 14.45	608
64077	CEMALETTİN	KİCİL	107	06.45 - 14.45	703

Aradığınız Servis Durakı

107

TAMAM IPTAL

ANA MENÜ

Servis Durakı No'ya Göre Listeleme (Sicil No 'ya Göre Sırala)

Personel Raporları

BusinessObjects

Firma İsmi A.Ş.
Adresi
Eskişehir/TÜRKİYE
Tel: +90 (222)

202 NOLU DURAKTAN BİNER PERSONEL LİSTESİ

Sicil No	Ad	Soyad	Kısım	Vardiya	Servis Durak No
322	MUZAFFER	TEKTAŞ	262	08.00 - 16.00	202
457	FUZULİ HAKAN	ERTUĞ	361	08.00 - 18.00	202
530	MAHMUT SEZAL	AVCI	467	08.00 - 18.00	202
21234	RAMAZAN	TEKİN	130	14.45 - 22.45	202
24247	GÖKHAN	UĞRUAÇIK	374	08.00 - 16.00	202
71209	BİLAL	ÖZYER	322	14.45 - 22.45	202
999915	BİROL	DEMİRBAK	boş	22.45 - 06.45	202
999927	RİDVAN	KARAHAN	boş	14.45 - 22.45	202
999928	YAŞAR	MERİÇ	boş	22.45 - 06.45	202

Aradığınız Servis Durakı

Yenikent

TAMAM IPTAL

ANA MENÜ

Ek-7 Sicil Numarasına Göre Sıralı Vardiya Raporu Örneği



Firma İsmi A.Ş.

Adresi

Eskişehir/TÜRKİYE

Tel: +90 (222)

06.45 - 14.45 VARDİYASINDAKİ PERSONEL LİSTESİ

Sicil No	Ad	Soyad	Kısım	Vardiya	Servis Durak No
39	AYSUN	KESGİN	101	06.45 - 14.45	1201
48	MÜRTEZA	GÜNDOĞDU	108	06.45 - 14.45	405
252	ÇETİN	GÖKÇE	372	06.45 - 14.45	1001
259	OKAN	OZKARA	101	06.45 - 14.45	608
285	HÜSEYİN	ER	108	06.45 - 14.45	601
291	MAHMUT	ÖZCAN	105	06.45 - 14.45	801
292	MEHMET ALİ	ANILIR	372	06.45 - 14.45	1301
297	BÜLENT	ÇAKICIER	220	06.45 - 14.45	903
308	TUĞRUL	UYGUN	220	06.45 - 14.45	604
321	ŞENOL	AKTAŞ	106	06.45 - 14.45	1005
340	ŞENOL	YALINIZ	372	06.45 - 14.45	703
344	MUSTAFA	ŞAHİN	105	06.45 - 14.45	108
352	FATİH	ŞORABATUR	220	06.45 - 14.45	1107
355	EKREM	ERDEMİR	261	06.45 - 14.45	1504
371	İBRAHİM	DOĞANAY	107	06.45 - 14.45	1005
375	RUHİ	TUNA	106	06.45 - 14.45	705
376	AHMET	ÇALIŞKAN	108	06.45 - 14.45	504
377	HÜR BURAK	BAYRAKTAR	105	06.45 - 14.45	801
378	AZİZ MURAT	CEYHAN	108	06.45 - 14.45	902
379	HÜSEYİN MANSUR	YALÇIN	106	06.45 - 14.45	1106
380	OĞULCAN	KARAKUŞ	106	06.45 - 14.45	705
381	HATİCE	GÖREL	114	06.45 - 14.45	604
382	ÇETİN	ÇAKIR	105	06.45 - 14.45	801
383	ALİ	ÖZBAY	114	06.45 - 14.45	1201
384	CİHAN	UYKUN	105	06.45 - 14.45	706
385	EKREM	BATTAL	105	06.45 - 14.45	1205
401	MUGE	ERSOZ	108	06.45 - 14.45	803
404	ÜMİT	ÖZGAN	105	06.45 - 14.45	1303
440	MUSTAFA	KAHRAMAN	230	06.45 - 14.45	1005
472	SOMER	PAKOL	101	06.45 - 14.45	1301
489	MUHSİN	ŞENEL	373	06.45 - 14.45	502
491	BİROL	TUNÇEL	105	06.45 - 14.45	104
3943	SUZAN	DÜVENCİ	106	06.45 - 14.45	204
3945	ÖZLEM	YILMAZ	108	06.45 - 14.45	204
5091	MESUT	CAZ	100	06.45 - 14.45	1205
5100	ADNAN	ÜNLÜ	100	06.45 - 14.45	903
5102	İBRAHİM	ULUCAN	108	06.45 - 14.45	604

Ek-8 Kısım Numarasına Göre Sıralı Durak Numarası Raporu Örneği

Firma İsmi A.Ş.

Adresi

Eskişehir/TÜRKİYE

Tel: +90 (222)

607 NOLU DURAKTAN BİREN PERSONEL LİSTESİ

Sicil No	Ad	Soyad	Kısım	Vardiya	Servis Durak No
5374	HAYATI	YILMAZ	108	22.45 - 06.45	607
12178	UĞUR	YILDIRIMKAYA	172	22.45 - 06.45	607
74018	VEDAT	KERTER	203	08.00 - 16.00	607
12118	HASAN	GÜVEN	225	08.00 - 18.00	607
24233	AYHAN	UYGUN	322	08.00 - 16.00	607
4009	LATİF	ÇETİNER	322	08.00 - 16.00	607
24251	ÖMER	ÖZÇELİK	374	08.00 - 16.00	607

7 Kişi

Ek-9 Servis Raporlama Formu Görüntüleri

Tüm Servisleri Listele

Servis Raporları

1 / 11 75%

Tüm Servisleri Listele

Servis No 01 22.45 - 06.45

1.107	Fevzi Çakmak
1.106	Kıybaşı
1.104	Sever Madet
1.103	Karakol Özü
1.102	Demirli Caddesi Çiğnemi
1.101	Sihhiye Kavşağı
1.007	Eski Meşin Çamaşhanası
1.005	Sırmalılar

Servis No 02 22.45 - 06.45

706	Yakar Kalkın
1.004	Yeşiltepe Kışla
1.003	Yeşiltepe Dörtöylü
1.002	Sihhiye Ağız İhtiyacı
901	19 Soru Durakları
1.001	Ömür Akademi

ANA MENU

Vardiyaya Göre Listele

Servis Raporları

1 / 3 75%

14.45 - 22.45

14.45 - 22.45 VARDİYASINDAKİ SERVİSLER VE DURAKLARI

Servis No 01 14.45 - 22.45

1.107	Fevzi Çakmak
1.106	Kıybaşı
1.104	Sever Madet
1.103	Karakol Özü
1.005	Sırmalılar

Servis No 02 14.45 - 22.45

506	Tahkani İşçileri
1.102	Demirli Caddesi Çiğnemi
706	Yakar Kalkın
1.006	Çetire Yolu İsmail Ayaz Yıkama
1.004	Yeşiltepe Kışla
1.003	Yeşiltepe Dörtöylü
1.002	Sihhiye Ağız İhtiyacı
901	19 Soru Durakları
1.001	Ömür Akademi

Aradığınız vardiyayı seçiniz

14.45 - 22.45

TAMAM **IPTAL**

ANA MENU

Servis No'ya Göre Listele

Servis Raporları

BusinessObjects

06.45 - 14.45
10
08.00 - 16.00
08.00 - 18.00
14.45 - 22.45

Firma İsmi A.
Adresi
Eskişehir/TOf
Tel: +90 (222)

10 NUMARALI SERVİSLER VE VARDİYALARI

Servis No 10 06.45 - 14.45

102	Siyah 15 sokak
309	Yıldırım Paşa Sokak
308	Sarı Sokak
401	Değirmentepe
1.502	Kemalpaşa
1.501	Doküman Fabrikası
505	Altınordu
603	Beyaz Evler
504	Sazova

Servis No 10 08.00 - 16.00

204	Göymüş Evleri
202	Yeni Kent
201	Yeni Kent Sağlık Ocağı
2.007	Tip Fakültesi
304	23 Nisan İlkokulu
501	Karacasaklı Yolu

Tüm Servisleri Listele
Azalarak Sırala
Artarak Sırala
Vardiya'ya Göre Listele
Servis No'ya Göre Listele
Tek Servis Görüntüle

Aradığınız Servis Numarasını seçiniz

10

TAMAM İPTAL

ANA MENÜ

Tek Servis Görüntüle

Servis Raporları

BusinessObjects

22.45 - 06.45
03

Firma İsmi A.
Adresi
Eskişehir/TOf
Tel: +90 (222)

3 NUMARALI SERVİS VE VARDİYASI

Servis No 03 22.45 - 06.45

506	Tahkiri İşleri
1.204	Mutluköprübaşı
1.202	Sakarya Caddesi Geçit
1.203	Geçit Gazozu
804	Bağlar Durağı
608	A.Ö. İnce Sokak
906	Eczacılar Fakültesi

Tüm Servisleri Listele
Vardiya'ya Göre Listele
Servis No'ya Göre Listele
Tek Servis Görüntüle

Aradığınız Servis Numarasını ve Vardiya'yı seçiniz

3

22.45 - 06.45

TAMAM İPTAL

ANA MENÜ

Ek-10 22.45-06.45 Vardiyası Servisleri Raporu Örneği



Firma İsmi A.Ş.

Adresi

Eskişehir/TÜRKİYE

Tel: +90 (222)

22.45 - 06.45 VARDİYASINDAKİ SERVİSLER VE DURAKLARI

Servis No	01	22.45 - 06.45
	1.107	Fevzi Çakmak
	1.106	Kuyubaşı
	1.104	Sever Market
	1.103	Karakol Önü
	1.102	Derman caddesi çıkışı
	1.101	Sihhiye Kavşağı
	1.007	Esentepe Cuma pazarı
	1.005	Sımalılar

Servis No	02	22.45 - 06.45
	706	Yanar Kahve
	1.004	Yeşiltepe Köprü
	1.003	Yeşiltepe Dörtüol
	1.002	Sinan Alaç İlkokulu
	901	19 Son Durağı
	1.001	Ormankent

Servis No	03	22.45 - 06.45
	506	Takkalı Işıklar
	1.204	Muttalıp Köprübaşı
	1.202	Sakarya Caddesi Geçit
	1.203	Gençler Gazozu
	804	Bağlar Durağı
	608	A.Üniversitesi
	906	Eczacılık Fakültesi

Servis No	04	22.45 - 06.45
	1.207	Yimpaş
	1.206	Güven Petrol
	1.205	Mamure Cami
	1.201	Haller Geçit
	903	Paris Kahvesi
	902	Yayla Cami

Servis No	05	22.45 - 06.45
	507	Takkalı Citroen Önü

Ek-11 Maliyet Raporlama Formu Görüntüleri

Tüm Servislerin Maliyetleri

Maliyet Raporları

1 / 7 75%

BusinessObjects

06.45 - 14.45
08.00 - 16.00
08.00 - 18.00
14.45 - 22.45
22.45 - 06.45

ŞİRKET LOGOSU

Firma İsmi A.
Adresi
Eskişehir/TÜF
Tel: +90 (222)

TÜM SERVİSLER VE MALİYETLERİ

06.45 - 14.45 VARDİYASI

SERVİS NO	01	62,330 YTL	45 Kış
SERVİS NO	02	40,608 YTL	45 Kış
SERVİS NO	03	54,299 YTL	45 Kış
SERVİS NO	04		

ANA MENU

Tüm Servis Maliyetleri
Vardiyaya Göre Servis Maliyet
Servis ve Vardiyaya Göre Mal

Vardiyaya göre Maliyetler

Maliyet Raporları

1 / 2 75%

BusinessObjects

08.00 - 16.00

ŞİRKET LOGOSU

Firma İsmi A.
Adresi
Eskişehir/TÜF
Tel: +90 (222)

08.00 - 16.00 VARDİYASI SERVİS MALİYETLERİ

08.00 - 16.00 VARDİYASI

SERVİS NO	01	65,140 YTL	45 Kış
SERVİS NO	02	61,792 YTL	45 Kış
SERVİS NO	03	95,093 YTL	45 Kış
SERVİS NO	04		

ANA MENU

Tüm Servis Maliyetleri
Vardiyaya Göre Servis Maliyet
Servis ve Vardiyaya Göre Mal


Servis ve Vardiya Göre Maliyetler

Maliyet Raporları

1 / 1 75%

BusinessObjects

14.45 - 22.45

 ŞİRKET LOGOSU

Firma İsmi A.
Adresi
Eskişehir/TÜRKİYE
Tel: +90 (222)

14.45 - 22.45 VARDİYASI 6 NUMARALI SERVİS MALİYET

14.45 - 22.45 VARDİYASI

SERVİS NO 06

73,988 YTL 45 KİLO

TOPLAM MALİYET 73,99 YTL

ANA MENÜ

Tüm Servis Maliyetleri
Vardiya'ya Göre Servis Maliyetleri
Servis ve Vardiya'ya Göre Maliyetler

Ek-12 22.45-06.45 Vardiyası Maliyet Raporu Örneği



Firma İsmi A.Ş.
Adresi
Eskişehir/TÜRKİYE
Tel: +90 (222)

22.45 - 06.45 VARDİYASI SERVİS MALİYETLERİ

22.45 - 06.45 VARDİYASI

SERVİS NO 01

70,687 YTL

45 Kişilik Servis

SERVİS NO 02

79,584 YTL

45 Kişilik Servis

SERVİS NO 03

79,126 YTL

45 Kişilik Servis

SERVİS NO 04

42,749 YTL

45 Kişilik Servis

SERVİS NO 05

93,437 YTL

45 Kişilik Servis

SERVİS NO 06

75,226 YTL

45 Kişilik Servis

SERVİS NO 07

78,982 YTL

45 Kişilik Servis

SERVİS NO 08

62,799 YTL

45 Kişilik Servis

SERVİS NO 09

91,246 YTL

45 Kişilik Servis

TOPLAM MALİYET**673,84 YTL**

Ek-13 Mevcut Durum Servis Maliyetleri

Mevcut Durum

6.45-14.45	Servis		8.00-16.00 8.00-18.00	Servis		
	No	Maliyet		Kapasitesi	No	Maliyet
	1	85,56	45	1	37,09	23
	2	57,37	45	2	55	45
	3	108,47	45	3	63,47	23
	4	59,16	23	4	59,16	45
	5	104,708	45	5	76,708	23
	6	112,462	45	6	132,462	45
	7	87,322	45	7	101,322	23
	8	106,676	45	8	118,276	45
	9	58,072	45	9	42,08	23
	10	57,234	45	10	76,234	23
	11	69,37	45	11	84,37	23
	12	47,75	45	12	62,75	45
	13	24,95	45	13	84,95	45
	14	90,13	45	14	39,45	23
				15	51,552	23
TOPLAM MALİYET		1069,234			1084,874	

14.45-22.45	Servis		22.45-06.45	Servis		
	No	Maliyet		Kapasitesi	No	Maliyet
	1	107,09	45	1	97,09	45
	2	80	45	2	76,63	23
	3	48,47	23	3	123,47	45
	4	49,16	23	4	39,16	23
	5	152,708	45	5	129,708	45
	6	77,462	23	6	107,462	23
	7	82,322	23	7	69,322	23
	8	51,676	45	8	71,676	23
	9	68,072	23	9	53,072	45
	10	52,234	45	10	82,234	45
	11	59,37	45	11	34,37	23
	12	72,75	45	12	102,75	45
	13	84,95	45	13	59,95	45
	14	125,13	45	14	89,45	23
TOPLAM MALİYET		1111,394			1136,344	

Ek-14 Genetik Algoritma Uygulaması Servis Maliyetleri

Genetik Algoritmadan Sonra

6.45-14.45	Servis		8.00-16.00 8.00-18.00	Servis		
	No	Maliyet		Kapasitesi	No	Maliyet
	1	62,33	45	1	65,14	45
	2	40,608	45	2	61,792	45
	3	54,299	45	3	95,093	45
	4	58,744	45	4	85,649	45
	5	50,277	45	5	81,1	45
	6	106,605	45	6	68,67	45
	7	45,083	45	7	86,093	45
	8	78,425	45	8	72,791	45
	9	78,81	45	9	36,719	45
	10	82,918	45	10	58,444	23
	11	29,866	45			
	12	45,489	45			
	13	86,286	23			
TOPLAM MALİYET		819,74			711,491	

14.45-22.45	Servis		22.45-06.45	Servis		
	No	Maliyet		Kapasitesi	No	Maliyet
	1	51,392	45	1	70,687	45
	2	48,846	45	2	79,584	45
	3	51,333	45	3	79,126	45
	4	78,392	23	4	42,749	45
	5	48,983	45	5	93,437	45
	6	73,988	45	6	75,226	45
	7	49,302	45	7	78,982	45
	8	101,184	45	8	62,799	45
	9	70,472	45	9	91,246	45
	10	69,98	45			
TOPLAM MALİYET		643,872			673,836	