

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**HEMŞİRE VARDİYALAMA PROBLEMİNE
GENETİK ALGORİTMALARIN UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Özgür KELEMCİ**

**Anabilim Dalı : MÜHENDİSLİKTE İLERİ
TEKNOLOJİLER**

Programı : BİLGİSAYAR BİLİMLERİ

HAZİRAN 2007

**HEMŞİRE VARDİYALAMA PROBLEMİNE GENETİK
ALGORİTMALARIN UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Özgür KELEMCİ
704041019**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. A. Şima Uyar
Diğer Jüri Üyeleri Yrd.Doç.Dr. Ender Özcan (Y.Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Osman Kaan EROL (İ.T.Ü.)**

ÖNSÖZ

Tezim sırasında verdiği paha biçilmez katkı ve yönlendirmelerinden ötürü Tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. A. Şima Etaner-Uyar'a teşekkür ederim.

Anneme ve babama eğitim ve öğretim sürecinde verdikleri destekten ötürü teşekkür ederim, onlarsız bu aşamaya asla gelemedim.

Fatih Sultan Mehmet Hastanesine veri bulunmasının çok zor olduğu bir dünyada bana değerli vakitlerini ayırdıkları için, verileri ve senaryoyu sağlayıp yardımlarını esirgemedikleri için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. GENETİK ALGORİTMALAR	3
2.1 Genetik Algoritmaya Giriş	3
2.2 Genetik Algoritma Akışı	3
2.3 Genetik Algoritma Bileşenleri	5
2.3.1 Kodlama ve Başarım Puanı	5
2.3.2 Başlangıç	6
2.3.3 Evrimsel Algoritmalar	6
2.3.4 Seçim	7
2.3.5 Çaprazlaşma	8
2.3.6 Diğer Operatörler	8
3. HEMŞİRE VARDİYALAMA PROBLEMİ	10
3.1 Hemşire Vardiyalama Problemi	10
3.1.1 Matematiksel Programlama (Mathematical Programming)	10
3.1.2 Evrimsel Algoritmalar	10
3.1.3 Tabu Arama	11
3.1.4 Kısıt Programlama	11
3.1.5 Benzetimli Tavlama	12
3.1.6 Değişken Civar Arama	12
3.1.7 Dağılım Kestirim Algoritmaları	12
3.1.8 Melezler	12
3.2 FSMH Hemşire Vardiyalama Problemi	13
3.2.1 Katı Kısıtlar	14
3.2.2 Gevşek Kısıtlar	17
3.2.3 Problemden Sadeleştirme	20
3.3 FSMH Hemşire Vardiyalama Probleminde Kullanılan GA	20
3.3.1 Gösterim	20
3.3.2 Başarım Puanı	21
3.3.3 Başlangıç	21
3.3.4 Tekdüze Çaprazlaşma	22
3.3.5 İki Gen Bileşenli Geleneksel Mutasyon	22

3.3.6	Tepe Tırmanma.....	22
3.3.7	Evrimsel Algoritma Tipi	23
3.3.8	Turnuva	23
3.3.9	Bölüm Yer değıştirme Operatörü	24
4.	TESTLER.....	25
5.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	32
	KAYNAKLAR	34
	Özgeçmiş	37

KISALTMALAR

GA	: Genetik Algoritma
FSMH	: Fatih Sultan Mehmet Hastanesi
TT	: Tepe Tırmanma
EA	: Evrimsel Algoritmalar
KEA	: Kuşaksal Evrimsel Algoritma
E	: Evet
H	: Hayır
MP	: Matematiksel Programlama
HVP	: Hemşire Vardiyalama Problemi
DGA	: Dolaylı Genetik Algoritma
TA	: Tabu Arama
YEIN	: Yerel En İyi Nokta
BT	: Benzetimli Tavlama

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 Genetik Algoritma Konfigürasyonu.....	25
Tablo 4.2 Kurulum Senaryoları.....	26
Tablo 4.3 Senaryo Sonuçları.....	27
Tablo 4.4 Kurulum Senaryoları.....	30
Tablo 4.5 Senaryo Sonuçları.....	31

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : GA Akışı	4
Şekil 2.2 : Standart GA.....	5
Şekil 3.1 : Kromozom Yapısı.....	20
Şekil 3.2 : Gen Bileşenleri.....	21
Şekil 3.3 : Tepe Tırmanma Algoritması.....	23
Şekil 3.4 : Bölüm Yer Değiştirme Operatörü.....	24

SEMBOL LİSTESİ

α	: 50 koşturma içindeki başarı yüzdesi
β	: 50 koşturmada katı kısıtlar üstündeki başarı yüzdesi
E	: Değişken Ağırlık Sabiti
T	: Toplum Boyu
B	: Turnuvaya Giren Birey Sayısı
K	: Turnuvaya Giren Kısıt Sayısı
W	: Kısıt Ağırlığı
V	: Kısıtın Ceza Puanı
N	: Kısıt Sayısı

ÖZET

Hemşire Vardiyalama problemi, farklı özellikteki hemşirelere farklı vardiya tiplerinin problemin içerdği bir çok katı ve gevşek kısıtın sağlanarak atanmaya çalışıldığı nöbet çizelgesi hazırlama problemidir. Bu çalışmada, gerçek bir hemşire vardiyalama problemi (Fatih Sultan Mehmet Hastanesi, İstanbul) genetik algoritmalar kullanılarak çözülmeye çalışılmıştır. Nöbet çizelgeleri elle yetkili kişiler tarafından hazırlanmaya çalışılmaktadır. Bir çok kısıttan dolayı elle hazırlama işlemi çok vakit harcamayı gerektirmektedir ve genelde tüm kısıtlar sağlanamamaktadır. Çalışmanın amacı gerçek bir vardiyalama problemine otomatik olarak üretilebilecek nöbet çizelgeleri hazırlamaktır. Bu çalışma nöbet çizelgelerini bölümler arasında hemşire transferini de sağlayacak şekilde genetik algoritmalar kullanarak çözüm bulma yolu ile ilgili çalışmaların sonuçlarını içermektedir. Bölümler arasında hemşire transferini sağlayabilmek için bir yöntem geliştirilmiştir. Başarım puanının hesaplanması için üstüne ceza puanının normalizasyonu ve değişken ağırlık yöntemleri denenmiştir. Tepe Tırmanma yöntemleri, farklı toplum yaratma yöntemleri bulunmaktadır. Bir çok farklı konfigürasyon ile yöntemlerin avantaj ve dezavantajları ortaya çıkarılmıştır.

SUMMARY

The nurse rostering problem involves assigning shifts to qualified personel under some hard and soft constraint. In this study, the nurse rostering problem instance of the Fatih Sultan Mehmet Hospital is being attempted to be solved using a standard genetic algorithm. Currently, the rosters are being prepared by a head nurse who performs this tedious task by hand. Due to the existence of many constraints usually the resulting schedules are suboptimal. The aim in this study is to generate better schedules automatically for this specific real world instance of the nurse rostering problem. This paper reports the results of the experiments conducted to understand the properties of a good genetic algorithm for this problem. This paper includes transferring nurses between departments. Normalization of penalty points of constraints, adaptive weights for soft constraint penalties are used to calculate fitness. Hill-Climbing and different initialization methods are also used. Different configurations are used to determine advantages and disadvantages of these methods.

1. GİRİŞ

Hemşire vardiyalama problemleri [1,2], vardiyalama problemleri olarak bilinen zor çözülen gerçek dünya problemleri arasına girmektedir. Hemşire vardiyalama probleminde hemşirelere tecrübeleri ve yetkileri ile orantılı olarak vardiyaların atanması amaçlanmaktadır. Hemşire vardiyalama probleminde katı ve gevşek kısıtlar vardır ve problemin çözümünü bu kısıtlar zorlaştırmaktadır. Geleneksel yöntemlerle vardiyalama, yetkilendirilmiş kişiler tarafından elle zorlu bir süreçten geçerek hazırlanmaktadır. Nöbet listelerinin otomatik olarak hazırlanması için literatürde bulunan bazı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar evrimsel algoritmalar (EA) [3,4,5,6,7], benzetimli tavlama (BT) (simulated annealing) [8], tabu arama (TA) (tabu search) [9,10], kısıt programlama (constraint programming) [11], değişken civar arama (variable neighbourhood search) [12], dağılım kestirim algoritmaları (estimation distribution algorithms) [13], melezlerdir (hibridler) [14,15].

Bu çalışmada genetik algoritmalar (GA) kullanarak Fatih Sultan Mehmet Hastanesinin (FSMH, İstanbul, Türkiye) hemşire vardiyalama problemi üstünde çalışılmıştır. Şu anda yetkili hemşire tarafından aylık çizelgeler 3 bölüm için elle deneme yanılma metoduyla çözülmektedir. Bir çok katı ve gevşek kısıtın varlığından dolayı problemin çözümü zordur. Geliştirilen program aylık çizelgeleri genetik algoritmaları kullanarak otomatik olarak üretmektir. Çalışmada farklı başarımlar puanı hesaplama yöntemlerinin, farklı ceza hesaplama yöntemlerinin farklı parametrelerle etkisi bir çok defa denenmiştir. Genleri düzeltebilmek için Tepe Tırmanma (TT) yöntemi kullanılmıştır. Toplumun ilk yaratılmasında problemlili kısıtları çözebilmek için farklı yaklaşımlar denenmiştir.

Benzer bir GA yaklaşımı yazar tarafından başka hemşire vardiyalama problemine de uygulanmıştır [16]. Bu tez çalışmasında ise yeni yaklaşımlar ve yöntemler geliştirilmiştir. Bölümler arasında hemşirelerin yer değiştirmesine imkan sağlanmıştır. Bu sayede kromozomun bir hastaneyi temsil etmesi anlam kazanmıştır. Hemşire transferi olmadan farklı bölümlerin aynı kromozom üstünde tutulmasında bir avantaj bulunmamaktadır. Her bölüm için vardiyalama problemi ayrı olarak ele alınabilir. Bölümler arası hemşire transferini olanaklı

kılabilmek için kromozom gösterimi, genlerde dahil olmak üzere, tümüyle değiştirilmiştir. Buna uygun olarak yeni çaprazlama ve mutasyon operatörleri geliştirilmiştir.

Başarım puanı hesaplama yöntemleri sadece sabit bir kısıt ağırlığı kullanmak yerine değişken ağırlıklı yöntemi de kullanarak başarım puanı hesaplanması yoluna gidilmiştir. Bu sayede ihtiyaca göre istenildiğinde gevşek kısıtların veya katı kısıtların ihlali azaltılabilmektedir. Başarım puanı hesaplama yöntemlerine normalizasyon yöntemi de eklenmiştir. Normalizasyon yöntemi ile tüm kısıtların ceza puanı normalize edilerek daha doğru ceza puanları ve başarım puanları elde edilmiştir. İlk toplumun oluşturulmasında rastgele ilk toplumu oluşturmanın dışında problemlili kısıtları çözebilmek için farklı ilk toplum oluşturma yöntemleri geliştirilmiştir. Arama uzayı 1 aylık bir periyodu kapsamaktadır ve çok daha fazla katı ve gevşek kısıt bulunmaktadır. Problem geçmiş zamandaki nöbet çizelgelerinden tümüyle etkilenmektedir.

Bölüm 2’de GA’dan bahsedilmektedir. Bölüm 3’de hemşire vardiyalama problemi ve GA’ya uygulanması ile ilgili bilgiler verilmektedir. Bölüm 4’de deney planı ve sonuçları ile ilgili bilgiler verilmektedir. Bölüm 5’de sonuçlar ve sonuçlar üstüne yorumlardan bahsedilmektedir.

2. GENETİK ALGORİTMALAR

GA[17], doğadan esinlenerek geliştirilen hesaba dayalı bir modeldir. GA'da belirli bir problemin potansiyel çözümü kromozom benzeri bir veri yapısında taşınır ve birleşme (recombination) operatörleri uygulanarak problemin çözümü bulunmaya çalışılır.

Temel fikir bazı seçim kriterlerine uygun olarak seçilen toplumdaki bireyleri birleştirmek ve toplumdaki diğer bireyleri öldürmektir. Bu sayede toplumun tümü istenen kriterlere uyan bireylere dönüşmektedir. Toplumun bireyleri kendi özelliklerini diğer kuşaklara aktararak ve başarımlarına göre yeni kuşaklara özelliklerini daha çok aktarma şansına sahip olarak kuşaklar oluşmaya devam eder [18]. Bu toplum dinamiği Darwin'in evrim teorisindeki temel kuralı olan doğal seçmeyi (survival of the fittest, natural selection) kullanmaktadır [19].

2.1 Genetik Algoritmaya Giriş

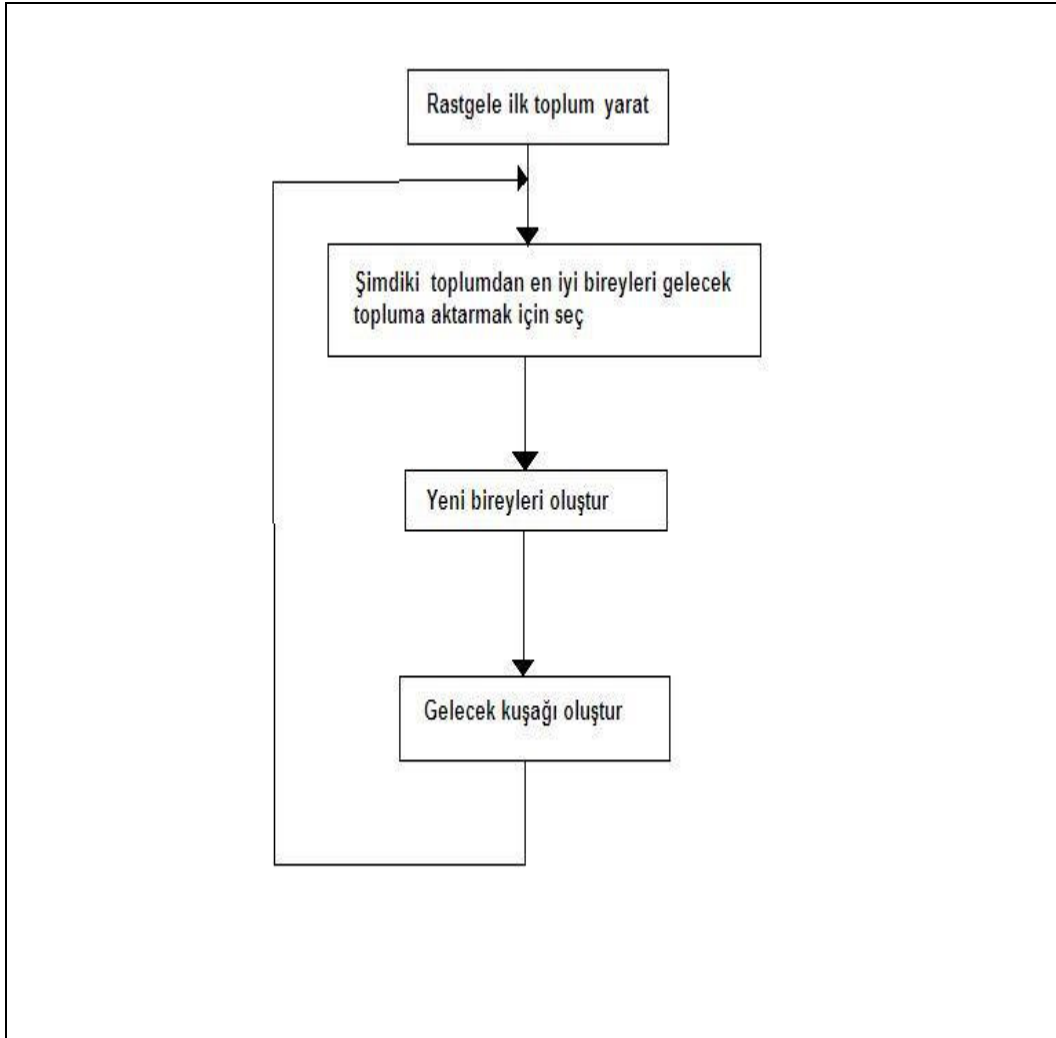
GA, Darwin'in Evrim Teorisi ile Mendel'in Genetik Teorisinin birleşiminden oluşmuştur. Darwin'in Evrim teorisi ile benzeşen kısmı ortama uyum sağlayan bireylerin hayatta kalması ve diğer bireyler ölmesidir. Mendel'in Genetik Teorisi ile benzeşen kısmı ise bireylerin genlerini yani özelliklerini yeni kuşaklara aktarmasıdır.

Evrimsel algoritmaların temel özelliği arama uzayının sadece tek bir noktadan değil toplumdaki aday çözümleri kromozomlarında barındıran tüm bireylerle birlikte aranması ve bireylerin birbirleriyle etkileşimi ile aranmasıdır. Bunun dışında TT gibi farklı yöntemleri kullanarak yerel en iyi noktaya (YEIN) itecek erken oluşmuş yakınsamalara daha dirençli olunması da sağlanmaktadır ve bu yaklaşım memetik algoritma olarak isimlendirilmektedir.

2.2 Genetik Algoritma Akışı

GA akışı şekil 2.1'de açıklanmıştır. GA'daki ilk basamak rastgele bir toplum yaratmaktır. İkinci basamak toplumdaki tüm bireylerin başarımlarını hesaplamaktır. Bu sayede bireylerin

başarısı birbirleriyle karşılaştırılabilir, gelecek kuşaklara genlerini aktaracak bireyler seçilebilir ve aranan çözüme ulaşıldığı başarı puanı ile tespit edilebilir. Üçüncü basamakta bireyler başarı puanıyla orantılı olarak seçilir. Dördüncü basamakta seçilen çaprazlaşma operatörleri seçilen bireylere uygulanır ve yeni yaratılan bireyler topluma katılmaya hazır hale gelir. Beşinci basamakta seçilen mutasyon stratejisine ve mutasyon parametrelerine uygun olarak yeni yaratılan bireylere mutasyon operatörleri uygulanır. Altıncı basamakta toplumdaki yeni bireylerin başarı puanı hesaplanır. Bu döngü toplumdaki tüm bireylerden birisi hedeflenen başarı puanına ulaşana dek veya maksimum kuşak sayısına ulaşılana dek devam eder. Basamaklarla ilgili detaylar Şekil 2.2 'de açıklanmıştır.



Şekil 2.1 : GA Akışı

1. Kromozom yapısında rastgele olarak toplumu yarat.
2. Her bireyin başarımlarını puanını hesapla ve ilk toplumu şu anki toplum olarak ata.
3. Toplumdan başarımlarını kullanarak bireyleri seç.
4. Seçilen bireyler için çaprazlaşma operatörlerini uygula ve yeni yaratılan iki çocuğu şuan ki topluma ekle.
5. Mutasyon stratejisini ve parametrelerini esas alarak yeni yaratılan çocuklara mutasyon operatörünü uygula.
6. Toplumdaki yeni bireylerin başarımlarını puanını hesapla.
7. Eğer Toplumdaki bireylerden birisi hedef başarımlarını puanına ulaşırsa
Süreci bitir.
8. Maksimum kuşak sayısına ulaşılsa
Süreci durdur
9. Basamak 3'e dön.

Şekil 2.2 : Standart GA

2.3 Genetik Algoritma Bileşenleri

GA bileşenleri alt başlıklarda açıklanmıştır.

2.3.1 Kodlama ve Başarım Puanı

Kodlama, kromozomları oluşturmak için kullanılan gösterimdir. Genellikle bit, sayı veya karakterler katarı olarak oluşturulur. Kodlamanın bir çok farklı tipi bulunmaktadır, genellikle sabit uzunluktadır. Kodlama, kromozomların gösteriminin çözümün verimine etkisinden dolayı önemlidir.

Başarım puanı bireylere verilen puanı göstermektedir. Başarım puanı, bireyin toplumdaki yerini belirlemek amacıyla ve istenilen başarım puanına ulaşp ulaşmadığını anlamak amacıyla önemlidir. Ayrıca bireyleri karşılaştırıp iyi olanını seçmek içinde kullanılmaktadır.

2.3.2 Başlangıç

Başlangıç bileşeninde ilk toplumu yaratmak ve kodlamak için kullanılan bir çok yöntem bulunmaktadır. Sabit veya değişken uzunluklu katarlar kullanılarak toplum yaratılır. Başlangıç bileşeninde ilk toplum genelde rastgele kromozom yapısında yaratılmaktadır.

2.3.3 Evrimsel Algoritmalar

Çoğalma, bir veya birden fazla bireyi gelecek topluma aktarmak için kullanılan operatördür. Bunun sonucunda daha iyi başarım puanına sahip bireyler gelecek topluma aktarılır ve daha kötü başarım puanına sahip bireyler toplumdan çıkarılır. Çoğalma operatörünün iki tipi vardır; Kuşaksal EA (KEA) (Trans-Generational EA) ve Kalıcı Durum EA'dır (Steady-State EA).

2.3.3.1 Kuşaksal EA

Kuşaksal EA' da (KEA) tüm toplum bir sonraki toplumla yer değiştirir. Örneğin toplum boyu M ise, iki birey seçilir ve iki çocuk üretilir. Bu işlem $M/2$ kere tekrar edilir. Sonunda M tane birey türetilmiş olur. En çok kullanılan EA' dır.

2.3.3.2 Kalıcı Durum EA

Kalıcı Durum EA' da iki birey seçilir. İki birey üstünde çaprazlaşma uygulanır, oluşan çocuklara mutasyon uygulanır. Toplum oluşturulur. En kötü başarım puanına sahip bireyler toplumdan çıkarılır.

2.3.4 Seçim

GA' da seçimin amacı toplumdaki daha iyi başarımlı bireylere daha çok şans tanımaktır. Bunun sonucunda daha iyi çocuklar üretilir. Bu sayede en iyim uyum sağlayan ayakta kalır. 3 tane seçme yöntemi vardır.

2.3.4.1 Rulet Çarkı (Roulette Wheel Selection)

Bu seçim tipinde, bireyin seçilme olasılığı bireyin başarımlı puanı kullanılarak hesaplanır. f_i , toplumdaki n bireyin başarımlı puanını gösterir. (i,1 ile n arasında bir sayı)

Birey i'nin seçilme olasılığı,

$$P_i = f_i / \sum f_j \quad j = 1 \dots n \quad (2.1)$$

2.3.4.2 Sıra Tabanlı Seçim (Rank-based Selection)

Bu seçim tipinde, olasılıklar bireyin başarımlı puanının değerine göre değil görece toplumdaki durumuna göre hesaplanır [20].

N tane sıralı birey 0,1...,n-1 olarak etiketlenmiş olsun. Sıfır etiketli birey en iyi başarımlı sahip birey olsun. Bu durumda (n-j). bireyin seçilme olasılığı

$$P_{n-j} = j / \sum k \quad k = 1 \dots n \quad (2.2)$$

2.3.4.3 Turnuva Seçimi

Bu seçimde toplumdan belirli sayıda birey rastgele turnuvaya katılır ve en iyi başarımlı puanına sahip olanlar çaprazlama için seçilir. Bu sayede yeni kuşaklara genetik özelliklerini aktaracaklar belirlenmiş olur.

Turnuva boyu, turnuvaya girecek birey sayısını göstermektedir. Turnuva boyu arttıkça, güçsüz bireylerin seçilme ve genetik özelliklerini gelecek kuşaklara aktarma şansı azalır.

2.3.5 Çaprazlaşma

Bu operatörün amacı iki atanın parçalarını yer değiştirerek iki çocuk üretmektir. Bu operatörün çok kullanılan iki tipi aşağıda açıklanmıştır.

2.3.5.1 Tek Noktalı Çaprazlaşma

Tek noktalı çaprazlaşma şu şekilde çalışır. Atalar içinde çaprazlaşma noktası seçilir ve bu noktaya göre genler yer değiştirir. Çaprazlaşma noktası rastgele seçilir fakat kromozom boyundan daha büyük olamaz.

2.3.5.2 Tekdüze Çaprazlaşma

Tekdüze çaprazlaşmada, çocuğun her bir geni iki ataya da eşit olasılık verilerek birinin geni seçilerek oluşturulur. Bu operatörde, iki çocuk birbirini tamamlar.

2.3.6 Diğer Operatörler

GA'da çoğalma, çaprazlaşma operatörleri güdümünde işler ancak başka operatörler de bulunmaktadır. Bu operatörler GA'nın performansını artırmak için kullanılmaktadır. Aşağıda sıklıkla kullanılan operatörler verilmiştir.

2.3.6.1 Evirtim

Evirtim operatörü bir kromozom üstünde uygulanmaktadır. Bu operatörde genlerin sırası rastgele 2 nokta seçilerek ters çevrilir. Bu operatörün amacı daha iyi gen sıralamasını bulmaya çalışmaktır.

Örneğin indeksin 1’den başladığını varsayalım.

1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0

2,7 indeksleri seçilen noktalar olsun. Operatör uygulandığında sıralama aşağıdaki şekilde olmaktadır.

1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0

2.3.6.2 Mutasyon

Mutasyon operatörünün amacı tüm olası gen kombinasyonlarına ulaşılmasını sağlamaktır. Bir diğer amacı yeni ve daha iyi bireyler bulmayı sağlamaktır. Çaprazlaşmadan farkı varolan bireyler üstünde bu operatörün uygulanmasıdır. Çaprazlaşma ise yeni bireyler yaratmaktadır.

3. HEMŞİRE VARDİYALAMA PROBLEMİ

3.1 Hemşire Vardiyalama Problemi

Hastaneler nöbet çizelgelerinin tüm katı kısıtlara uyacak şekilde ve olabildiğince çok tüm gevşek kısıtları kapsayacak şekilde hızlıca hazırlanmasını istemektedirler. Hemşire vardiyalama probleminin çözümüne yönelik bugüne kadar literatürde bir çok yöntem geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Altta bu yöntemler listelenmiştir.

3.1.1 Matematiksel Programlama (Mathematical Programming)

Matematiksel Programlama (MP) yöntemleri ile optimum çözümler bulunmaktadır ancak günümüz hemşire vardiyalama problemlerinin arama uzayının büyüklüğü ve karmaşıklığında yetersiz kalmaktadırlar. MP yöntemlerinin çoğu genellikle basit bir metodun değerinin optimizasyonunu hesaplamaktadır. Bu yönteme örnek olarak 4 gün uzunluklu ikili vardiya desenlerini kullanarak hemşire vardiyalama probleminin çözülmesini örnek gösterilebilir [20]. Bu yapıda bir ağ inşa edilir ve her düğüm bir deseni gösterir ve bu yapıda problem bir algoritma aracılığı ile çözülmeye çalışılır.

3.1.2 Evrimsel Algoritmalar

EA' da bir noktadan değil birden çok noktadan aramaya başlanır ve bu noktalar bir bireyi yani bir aday çözümü, bireylerin toplamı ise bir toplumu oluşturur. Toplum kuşaklar boyu evrimleşerek yeni ve daha güçlü bireyler oluşturup kötü bireyleri yok eder. Bu süreç işledikçe yeni bireylerin çözümü bulması hedeflenir. EA kapsamında bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda bahsedilmiştir.

Dolaylı GA kullanılarak HVP çözülmeye çalışılmıştır [4]. Bu çalışmada amaç her HVP'nde bulunan problemi özgü kuralların tek bir GA yaklaşımı ile çözülmeye çalışılmasını sağlamaktır. Bunu sağlamak için DGA geliştirilmiştir. 52 haftalık gerçek veri üstünde 3 farklı

yönteme göre çalışan kod çözücü tanımlayarak GA uzayından DGA uzayına geçilmesi sağlanmıştır.

3.1.3 Tabu Arama

Tabu Arama (TA) algoritması F. Glover tarafından insan hafızasından esinlenerek oluşturulmuş bir algoritmadır [21,22]. Eldeki adaya komşuluğu esas alan bir dizi işlem uygulayarak yeni adaylar elde edilir. Burada yeni adaylar türetilirken daha önce ziyaret edilmiş veya ziyaret edilmek istenmeyen adaylar tabu listesine eklenirler. Bu sayede YEIN'dan kurtularak çözüme ulaşılabilir.

TA ile yapılan HVP araştırmalarına Burke'nin tabu arama üst-sezgisel yöntemleri (hyper-heuristics) kullanarak yaptığı çalışmaları örnek verebiliriz [9]. Bu çalışmada birden fazla sezgisel yöntem tanımlanmıştır ve problemi çözmek için sezgisel yöntemler arasında bir seçim fonksiyonu aracılığı ile seçimler yapılmaktadır. Tabu arama algoritması kullanılarak bazı sezgisel yöntemler tabu listesine konmakta ve yasaklı konuma gelmektedir.

3.1.4 Kısıt Programlama

Bu yaklaşımda çözümü bulmak için gerekli basamakları kullanmak yerine çözümün uyması gereken kısıtlara odaklanılmaktadır.

Bu çalışmalara örnek olarak Cheng et al [11] tarafından 1997 yılında yapılan çalışmada bir hastanenin hemşire vardiyalama problemini çözmesi için yaptığı çalışmayı örnek verebiliriz. ILOG çözücü kullanarak bir çok kuralı sağlayan (Örneğin hemşireler arasında vardiyalarda eşitlik) bir nöbet çizelgesi oluşturmaya çalışıldı. Kısıtlar gevşek ve katı olarak ikiye ayrıldı. Gerçek bir hastanenin hemşire vardiyalama problemi çözülmüştür.

3.1.5 Benzetimli Tavlama

Benzetimli Tavlama (BT) algoritması, bir çok değişkene sahip fonksiyonun en büyük ve en küçük değerinin bulunması ve bir çok yerel en küçük değeri olan doğrusal olmayan metotların en küçük değerlerinin bulunmasını sağlamaktadır.

BT ile HVP'ni çözmeye Brusco ve Jacobs'ın 1995 yılında yaptığı çalışmaya örnek verebiliriz [8]. Bu çalışmada Benzetimli tavlama ile basit bir yerel arama yapan sezgisel yöntemler nöbet çizelgelerini bulmak amacıyla birleştirilmiştir. Farklı nöbet çizelgelerinin maliyetinin karşılaştırılmasına odaklanılmıştır.

3.1.6 Değişken Civar Arama

Burke, Causmacker, Petrovic, van den Berghe'nin 2003 yılında yaptığı bu çalışmada [12] probleme özgü yöntemlerle çözüm uzayının diğer parçaları en iyi şekilde nasıl aranacağına dair bir çalışma yapılmıştır. Yaptıkları araştırmada arama uzayının kısa sürelerde sezgisel yöntemler ve komşuluklar kullanılarak daha iyi taranması hedeflenmiştir. Sezgisel yöntemleri uygularken komşulukları değiştirerek tek komşu sezgisel yöntemlerde gizli olan nöbet çizelgelerinin bulunmasına çalışılmıştır.

3.1.7 Dağılım Kestirim Algoritmaları

Dağılım Kestirim Algoritmalarına örnek olarak Aickelin ve Li'nin 2006 [13] yılında yaptığı çalışmayı gösterilebilir. Bu HVP'de uygun bir vardiyalama kuralı her bir hemşireye atanan vardiyalama kümesinden seçilerek oluşturulmaktadır. Bayes ağı oluşturarak çözümün bulunması yoluna gidilmiştir. 52 gerçek veri setiyle denenmiştir.

3.1.8 Melezler

Melezler çalışmalarına literatürde örnek olarak Burke'nin 2001 yılındaki çalışması [14] gösterilebilir. Bu çalışmada küçük vardiyalama problemleri için etkili TS sezgisel yöntemleri

geliştirilmiştir ve makul sürelerde çözümlere ulaşılmıştır. Otomatik olarak üretilen nöbet çizelgelerinin elle hazırlananlara göre çok iyi sonuçlar verdiğinden bahsedilmiştir.

3.2 FSMH Hemşire Vardiyalama Problemi

Amaç kısıtları sağlayacak şekilde nöbet çizelgeleri hazırlamaktır. Nöbet çizelgeleri aylık periyotlar halinde hazırlanır. Veriler ve kısıtlar FSMH'den sağlanmıştır. 11 hemşire ve 3 bölüm kullanılmıştır. Hemşire vardiyalama problemi farklı vardiya tipleri ve görevlerin hemşirelere atanmasından oluşmaktadır.

Bu çalışmada FSMH'nin (İstanbul,Türkiye) hemşire vardiyalama probleminin çözülmesine çalışılmıştır. Veriler ve kısıtlar hastane yetkililerinden alınmıştır ve aylık çizelgeler oluşturulmuştur. Problemde 3 bölüm ve 3 bölümdeki 11 hemşire bulunmaktadır. Amaç otomatik olarak aylık nöbet çizelgelerini hazırlamaktır. Program sonuç olarak 11 hemşire için nöbet çizelgeleri oluşturmaktadır. Eğer bölümler arası hemşire transferi gerekliyse hemşire transferi de sağlanmaktadır.

Bir çok katı ve katı olmayan kısıt bulunmaktadır ve problem hafta sonları ve hafta içleri için farklı özelliklere sahiptir. Örneğin hafta içi ve hafta sonu için farklı vardiya tipleri bulunmaktadır. Nöbet çizelgeleri bilinen haftalık ve 2 haftalık çizelgelerin aksine aylık olarak hazırlanmaktadır. Aylar 28, 29, 30, 31 gün içerebileceği için çizelgeler bulunduğu aya ve yıla göre belirlenmektedir. Yıllık izinler 5 günlük ve 15 günlük olabilmektedir. 4 vardiya tipi bulunmaktadır.

- **Boş Vardiya** : Hemşireye vardiya atanmaz.
- **Gündüz Vardiyası** : Hafta içi sabah 08:00'de başlayıp öğleden sonra 16:00'ya kadar sürmektedir
- **Gece Vardiyası** : Hafta içi 16:00'dan bir sonraki günün sabah 08:00'ine kadar sürmektedir
- **Hafta sonu Vardiyası** : Hafta sonu tüm günü kapsayan vardiya tipidir.

3 bölüm bulunmaktadır

- Üroloji (departman numarası 1)
- Dahiliye (departman numarası 2)
- Nöroloji (departman numarası 3)

Üroloji ve Nöroloji küçük bölümler olarak adlandırılmaktadır. Hemşireler ayın herhangi bir diliminde yıllık izin alabilmektedirler. Haftalık ve 2 haftalık yıllık izinler göz önüne alınmıştır. Katı kısıtlar ve gevşek kısıtlar aşağıda sıralanmıştır. H1-9 katı kısıtlardır. S1-6 ise gevşek kısıtlardır. FSMH'nde bulunan katı ve gevşek kısıtlar, ceza puanı hesaplamaları, uygulanan normalizasyon teknikleri ve TT yöntemleri ile ilgili detaylar aşağıda sıralanmıştır.

3.2.1 Katı Kısıtlar

3.2.1.1 Hafta Sonu Vardiya Dağılım Kısıtı, H1

İki hafta üst üste hafta sonu nöbeti (Cumartesi, Pazar) olmasın. Bu hesaba bir önceki ayın hafta sonu da dahildir. Örneğin Temmuz'un son hafta sonu nöbete geldiyse Ağustos'un ilk haftası nöbete gelmez. Ceza puanı şu şekilde hesaplanır: Tüm günler sırayla taranır. Taranan hafta sonu gününün bir sonraki hafta sonu da çalışılmışsa 1 ceza puanı eklenir. Örneğin Cumartesi taranırken bir sonraki hafta Cumartesi ve Pazara nöbet ataması yapılmışsa 2 ceza puanı eklenir. Normalizasyon değeri şu şekilde hesaplanır: Hafta sonu sayısının 2 katına eşittir. Bu hesap şu şekilde yapılmıştır. Ayın son haftası ceza oluşturamaz yani 2 gün göz önünde bulundurulmaz ama geçen ayın son haftasından 2 gün gelir, toplamda hafta sonu sayısı bulunmuş olunur. 2 katı ise diğer günlerin her dolu gün için 2 kat ceza puanı oluşturmasından ileri gelir.

TT yöntemi şu şekilde uygulanmaktadır. Ceza durumu yaratan peş peşe iki günden biri rastgele değiştirilir.

3.2.1.2 Boş Gün Kısıtı, H2

Nöbete kalanlar bir sonraki gün işe gelmezler. Bu hesaba bir önceki ayın son gününde dahildir.

Ceza puanı hesabı şu şekilde yapılmaktadır. Nöbete kalındıktan sonraki geline her gün için bir ceza puanı eklenir. Aydaki toplam gün sayısı ile normalize edilirler. (Son günden dolayı bir gün eksilir, geçen aydan dolayı bir gün eklenir ve toplam gün sayısına ulaşılır).

TT şu şekilde uygulanmaktadır, 2 günden birisi rastgele değiştirilir.

3.2.1.3 Nöbetler Arasında Boş Gün Kısıtı, H3

Nöbetler arasında minimum 2 gün olmalıdır. Geçen ayın son 2 günü de dahildir. Nöbetten sonra gelen 2 gün içinde nöbet atanırsa her nöbet atan gün için ceza puanı yazılır. Normalizasyon değeri şu şekilde hesaplanır: Aydaki gün sayısının 1 fazlasının 2 katı alınır (Son günden dolayı bir gün eksilir, geçen ayın son gününden dolayı 2 gün gelir, toplamda aydaki gün sayısının bir fazlası elde edilir).

TT yöntemi şu şekilde uygulanır. Ceza yaratan 2 günden biri rastgele seçilir ve o gün için uygun olan nöbet olmayan bir vardiya atanır.

3.2.1.4 Nöbet Dağılım Kısıtı, H4

Her gün nöbette sadece iki kişi kalır. Her gün için 2 kişiden daha farklı sayıda kişi nöbete kalırsa aradaki fark kadar ceza puanı yazılır. Her gün herkes nöbette kalınıyormuş diye düşünerek normalize edilir. Bir aydaki toplam gün sayısının, toplam hemşire sayısı ile nöbetteki hemşire sayısı arasındaki farkla çarpımından gelen sayı normalizasyon sayısıdır.

TT şu şekilde uygulanmaktadır. 2'den az ise rastgele nöbet atanmayan hemşireler nöbete atanarak 2'ye tamamlanır. 2'den fazla ise rastgele nöbet atan hemşirelerin nöbeti kaldırılarak 2'ye çekilir.

3.2.1.5 Hafta içi Nöbet Dağılım Kısıtı, H5

Bir ay içerisinde hafta içinin (Cuma da dahildir) aynı 2 gününden fazla aynı gün nöbet düşmemelidir. 2 günü geçtiği kadarı ceza puanı olarak yazılır. Toplam hafta içi gün sayısından hafta içi tekrar gününün 5 ile çarpımından çıkartılmasıyla normalizasyon değeri elde edilir.

TT yöntemi şu şekilde uygulanmaktadır. Ceza durumu yaratan günlerden rastgele günler seçilir ve 2'ye ulaşana kadar rastgele seçilen nöbet olmayan vardiyalar rastgele seçilen günlere atanır.

3.2.1.6 Hafta Sonu Nöbet Dağılım Kısıtı, H6

Eğer nöbet sayısı 1'den fazlaysa bütün nöbetleri cumartesi veya bütün nöbetleri Pazar olmaz. Ceza Puanı şu şekilde hesaplanmaktadır. Sadece Cumartesi günü nöbet atanmışsa ve nöbet sayısı 1'den fazlaysa Cumartesi günü sayısının bir eksiği kadar ceza atanır. Aynı durum Pazar günü içinde geçerlidir. Ayrıca aynı haftada Cumartesi-Pazar nöbeti atanmışsa her bir gün için bir ceza yazılır (her biri için bir ceza yazmanın nedeni ayın sonunda veya başında 1 tane hafta sonu günü olabilir bu durumda sadece bir ceza almasını sağlamaktır). Diğer koşullarda sıfır ceza puanı alır. Aydaki toplam Cumartesi ve Pazar Nöbetleri sayısının ayın aynı haftasında olan tüm günlerin sayısının 2 katının bir eksiği ile toplanmasıyla normalizasyon değeri elde edilir.

TT yöntemi şu şekilde uygulanmaktadır. Eğer Cumartesi gününde 1'den fazla nöbet atandıysa ve Pazara hiç nöbet atanmadıysa veya tam tersi olduysa bu düzeltme yapılır. TT yönteminde rastgele olarak seçilen nöbet atanan bir Cumartesi gününe boş vardiya atanır ve rastgele seçilen bir Pazar gününe bulunduğu haftada başka Cumartesi nöbeti olmayacak şekilde bir nöbet atanır. Eğer aynı haftada iki güne de nöbet atandıysa rastgele birisi seçilir ve boş vardiya atanır.

3.2.1.7 Gündüz Vardiyanında Alt Limit Kısıtı, H7

Her gün için gündüz vardiyalarında çalışacak hemşirelerde alt limitler vardır. Alt limit küçük servisler için 1, diğer servis için 4'dür. Alt limitlerinin altındaysa aradaki fark kadar ceza puanı verilir. 3 vardiyanın alt limit toplamalarının aydaki gündüz vardiyası sayısına çarpımından elde edilen değere göre normalize edilir.

TT yöntemi şu şekilde uygulanmaktadır. İlk önce rastgele hangi departmanın onarılacağı seçilir. Ardından gündüz olmayan vardiyalar arasından rastgele seçim yapılarak gündüz vardiyalarına atama başlatılır. Gündüz olmayan vardiyalar bittiğinde diğer departmanların gündüz vardiyalarına atanan hemşireleri rastgele olarak seçilir ve o anda işlenen departmanın gündüz vardiyasına atanır.

3.2.1.8 Onbeş Günlük Yıllık İzinde Hafta İçi Nöbet Vardiyası Kısıtı, H8

15 günlük senelik izin öncesinde Perşembe ve sonrasında Pazartesi nöbete kalmalıdır. Nöbete kalmadıkları gün kadar ceza puanı alırlar. Maksimum 2 gün nöbete atanma hesabı yapıldığı için 2'ye göre normalize edilir. 5 günlük senelik izin öncesinde Perşembe ve sonrasında Pazartesi nöbete atanarak düzeltilir.

3.2.1.9 Yıllık İzinde Hafta Sonu Boş Vardiya Kısıtı, H9

Yıllık izin aldığı haftanın öncesi ve sonrası hafta sonuna nöbet atanmamalıdır ve izin günleri boş olmalıdır. Bu 5 gün içinde 15 gün içinde geçerlidir. Örneğin izin 5 gün ise ve pazartesi cumaya kadar sürüyorsa izin günlerinin önceki ve sonraki cumartesi ve pazarlarına nöbet atanmaz. Nöbete kaldıkları gün kadar ceza puanı alırlar. Maksimum 4 gün nöbete atanmaması gerektiği için ve hafta içinde 5 gün izin alındığı düşünülerek nöbete atanmama sayısının izin aldığı gün sayısı ve hemşire sayısı ile çarpımından çıkan değere göre normalize edilir. Haftanın öncesi ve sonrası hafta sonuna nöbetleri boş gün olarak atanarak düzeltilir.

3.2.2 Gevşek Kısıtlar

3.2.2.1 Hafta sonu Vardiya Dağılımı Kısıtı, S1

Bir kişiye bir ay içinde atanan hafta sonu nöbetlerinin (Cuma, Cumartesi, pazar) alt ve üst limitleri vardır. Problemden en az 1, en fazla 3 hafta sonu nöbeti atanır. Ceza puanı hesaplamasında, üst sınırdan fazla nöbet atanmışsa aştığı kadar ceza puanı verilir. Alt sınırdan az nöbet atanmışsa az olduğu kadar ceza puanı verilir. Normalizasyon, alt sınır ve üst sınırdan

ikisinden birinde çıkan maksimum değere göre yapılmaktadır. Bu problem için üst sınırın maksimum değeri varsayılarak normalize edilir.

TT yöntemi şu şekilde yapılmaktadır. Alt sınır sayısının altındaysa hemşirelere rastgele daha önceden atanmamış Cuma, Cumartesi, Pazar günlerine seçilerek alt sınır sayısına ulaşılır. Üst Sınır sayısının üstündeyse hemşirelere rastgele daha önceden atanmış Cuma, Cumartesi, Pazar günleri atanmamış hale getirilerek üst sınır sayısına ulaşılır.

3.2.2.2 Bölümünde Çalışma Kısıtı, S2

Küçük servistekiler hafta içi gündüz vardiyalarında kendi bölümünde çalışır. Küçük servistekiler için, hafta içi gündüz vardiyalarında kendi departmanlarında çalışmadıkları vardiya sayısı kadar ceza puanı eklenir. İki küçük servisteki toplam hemşire sayısının bir aydaki gün sayısı ile çarpımı ile normalize edilir.

TT yöntemi şu şekilde yapılmaktadır. Hafta içi gündüz vardiyalarında kendi bölümlerine atanırlar.

3.2.2.3 Farklı Günde Nöbet Kısıtı, S3

Nöroloji ve Üroloji servislerindeki ikişer kişi ayrı günlere nöbete kalır. Aynı kaldıkları nöbet günü kadar ceza puanı eklenir. Nöroloji ve Üroloji servisindekiler aydaki gün sayısının iki departmandaki toplam hemşire sayısına çarpımı ile normalize edilir.

TT şu şekilde uygulanmaktadır. Aynı güne nöbet atanmışsa rastgele birisi seçilir ve rastgele olarak hafta içi ise gündüz veya boş hafta sonu ise boş vardiyasına atanır.

3.2.2.4 Nöbet Çifti Kısıtı, S4

Bir ay Cumartesi-Pazar nöbet çiftinde çalıştıysa sonraki ay Cuma-Pazar nöbet çiftinde çalışır veya nöbet çifti bir ay Cuma-Pazar ise sonraki ay Cumartesi-Pazar olur. Ceza puanı şu şekilde hesaplanmaktadır. Geçen ay Cumartesi-Pazar veya Cuma-Pazar seçilmişse bir sonraki ay sıradaki nöbet çiftine uygunluğu taranır. Geçen ay iki nöbet çiftine de uymuyor veya ikisini de kapsıyor (Cuma,cumartesi,Pazar çalışmış) olabilir. Bu durumda ceza almaz. Geçen ay

Cumartesi-Pazar nöbet çiftinde çalıştıysa bu aydaki Cumartesi günlerinin sayısı ceza puanı olarak yazılır. Geçen ay Cuma-Pazar nöbet çiftinde çalıştıysa bu aydaki Cuma günlerinin sayısı ceza puanı olarak yazılır. Cuma veya cumartesi hangisi fazla ise bu değere göre normalize edilir.

TT şu şekilde uygulanmaktadır; Geçen ay Cuma-Pazar nöbet çiftini yaptıysa bu ay Cumartesi-Pazar yapacak demektir ve Cuma nöbetleri rastgele olarak diğer vardiya tiplerine atanır. Geçen ay Cumartesi-Pazar nöbet çiftini yaptıysa bu ay Cuma-Pazar yapacak demektir ve Cumartesi nöbetleri rastgele olarak boş vardiyaya atanır.

3.2.2.5 Gece Vardiyası Kısıtı, S5

Son aylardaki durumuna bakılarak her hemşire için yapması gereken minimum ve maksimum hafta içi nöbet sayısı (Cuma hariç) vardır. Problemden 1-5 ve 2-3 denenmiştir. Maksimum nöbet sayısını geçtiyse, geçtiği kadar ceza puanı olarak yazılır. Minimum nöbet sayısına ulaşamadıysa aradaki fark ceza puanı olarak yazılır. Maksimum değeri alınır ve ayın içerdiği Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe günlerinin toplamına göre (maksimum hafta içi nöbet günü) normalize edilir.

TT şu şekilde uygulanmaktadır. Limitle olan fark sayısı kadar önceden nöbet atanmamış günler rastgele seçilir ve nöbet atanması yapılır.

3.2.2.6 Beş Günlük Yıllık İzin Kısıtı, S6

5 günlük senelik izin öncesinde Perşembe ve sonrasında Pazartesi nöbete kalmalı. Nöbete kalmadıkları gün kadar ceza puanı alırlar. Maksimum 2 gün nöbete atanma hesabı yapıldığı için 2'ye göre normalize edilir.

5 günlük senelik izin öncesinde Perşembe ve sonrasında Pazartesi nöbete atanarak düzeltilir.



Şekil 3.2 : Gen Bileşenleri

3.3.2 Başarım Puanı

Başarım Puanını hesaplamak için Denklem 3.1 kullanılmaktadır. W , kısıt ağırlığını göstermektedir. V , kısıtın ceza puanını göstermektedir. N , kısıt sayısını göstermektedir. Kısıt ağırlığı sabit veya değişken olabilmektedir. Değişken ağırlık formülü denklem 3.2’de gösterilmektedir. E , değişken ağırlık sabitidir. Sabit bir sayıdır. Her kısıtın ceza puanı normalize edilerek tüm kısıtların ceza puanından bağımsız olarak eşdeğerde başarım puanına katkısı olması sağlanır. Normalizasyon ile ilgili yapılan işlemler Katı ve Gevşek Kısıtlar başlığı altında anlatılmıştır.

Başarım puanı 0 veya daha düşük olabilmektedir. En iyi başarım puanı 0’dır. 0’dan daha düşük puanlar geçersiz çözümler kabul edilmektedir.

$$\sum_{i=1}^N W_i V_i \quad (3.1)$$

$$\text{Ağırlık} = 1 - e^{-(\text{Şu anki Kuşak Sayısı}/E)} \quad (3.2)$$

3.3.3 Başlangıç

Başlangıç aşamasında 2 yöntem bulunmaktadır. Birinci yöntemde tüm kromozomlara rastgele değerler atanmaktadır. İkinci yöntemde ise başlangıç basamağında 2 kısıt için geliştirilen metotlar kullanılarak ilk toplum oluşturulmaktadır. Bu 2 kısıt en çok ceza puanı alınmasına yol açan H3 ve H4 kısıtlarıdır. Toplumun %25’i H3 kısıtına uyacak şekilde yani her nöbet arasında

minimum 2 gün olmasını sağlayacak şekilde atanır. H4 kısıtında ise her güne rastgele seçilen 2 hemşire atanır. H3 kısıtı için yazılan yöntemle toplumun %25'i, H4 kısıtı için yazılan yöntemle toplumun %25'i ve kalan %50 ise rastgele yaratılır.

3.3.4 Tekdüze Çaprazlaşma

Tekdüze çaprazlaşmada, çocuğun her bir geni yani her bir güne atanan vardiya tipi iki ataya da eşit olasılık verilerek birinin geni seçilerek oluşturulur.

3.3.5 İki Gen Bileşenli Geleneksel Mutasyon

Yukarıda bahsedilen geleneksel mutasyondan türetilen bir mutasyon kullanılmıştır. Her bir gen iki parçadan oluştuğu için her biri için ayrı olarak değerlendirilip mutasyona uğratılmıştır. Genin 2 parçası içinde mutasyon ayrı olarak uygulanmaktadır. Mutasyon oranı, kromozom boyunun bire bölünmesiyle elde edilir

3.3.6 Tepe Tırmanma

Bireylerin başarı puanı hesaplandıktan sonra turnuvayı kazanan kısıta göre TT yöntemi uygulanır. TT'de amaç, bireyin ceza puanını kromozomun genlerini değiştirerek azaltmaktır. TT uyguladıktan sonra bireyin başarı puanı daha iyi olursa yeni oluşturulan birey eskisiyle değiştirilir [23,24,25]. Şekil 3.3'de algoritması gösterilmiştir. Kısıtlar bölümünde her bir kısıt için TT yöntemleri anlatılmıştır. Seçilen kısıta göre genler düzeltilirken diğer genler göz önüne alınmaz.

```
While(yeni birey daha iyi olana dek devam et)
{
    Turnuvadan kısıt seç
    Seçilen kısıta göre TT yöntemini uygula
    Yeni bireyin başarıım puanı daha iyi ise eski bireyin
    yerine geçir.
}
```

Şekil 3.3 : TT Algoritması

3.3.7 Evrimsel Algoritma Tipi

Bu çalışmada KEA kullanılmıştır. Toplumun en iyi 2 bireyi hariç tutularak tüm çocuklar ataları ile yer değiştirerek yeni toplum oluşturulur. Testlerde toplum boyu olarak 330 ve 100 kullanıldı.

3.3.8 Turnuva

Turnuvalardan birincisi eş seçimi turnuvasıdır. İkincisi ise TT’de kullanılan kısıtlar arasındaki turnuvadır.

Eş Seçimi turnuvasında önceden belirlenmiş sabit sayıda birey (testlerde 2, 4 ve 8 birey turnuvaya katılmıştır) toplumdan rastgele seçilir ve başarı puanı temel alınarak bir turnuva düzenlenir. Kazanan 2 birey turnuvaya yeni çocukları oluşturmak için seçilir.

TT turnuvasında ise sabit sayıda kısıt (testlerde 2 ve 4 kısıt turnuvaya katılmıştır) seçilen birey için turnuvaya girer. En çok ceza yaratan kısıt turnuvanın galibi olur. Bu turnuvadan çıkan sonuca göre seçilen kısıtın ilgili TT yöntemi kullanılarak bireyin genleri üstünde düzeltme yapılır. Daha iyi başarıım puanlı birey elde edilirse yeni bireyin yerine geçer.

3.3.9 Bölüm Yer değiştirme Operatörü

Bölüm Yer değiştirme Operatörü bu problem için geliştirilmiş özel bir GA operatörüdür.

Bu operatör koşulsuz her bireye uygulanmaktadır. Bu operatörün amacı hemşire transferlerine yardımcı olması amacıyla eğer bölümleri uygun iki birey yer değiştirebilecekse ve bu durum başarımı arttıracaksa yer değiştirmeyi sağlamaktır. Algoritması Şekil 3.4’da gösterilmiştir.

```
While (a bölümünde kayıtlı ve b bölümünde çalışan hemşire  
varsa ve b bölümünde kayıtlı ve a bölümünde çalışan hemşire  
varsa)  
    iki hemşireye atanan vardiyayı yer değiştir.
```

Şekil 3.4 : Bölüm Yer Değiştirme Operatörü

4. TESTLER

GA Kurulumu Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Diğer sütunlar ise 50 koşturma sonucunda ilgili kısıtla ilgili diğer değerleri vermektedir.

Tablo 4.1: GA Konfigürasyonu

GA Tipi	KEA
Kromozom Uzunluğu	11* Aydaki gün sayısı
Toplum Büyüklüğü	330
En Fazla Kuşak Sayısı	5000
Çaprazlama	Tekdüze
Mutasyon	2 gen bileşenli standart mut.
Eş Seçimi	Turnuva, 8 birey
TT Seçimi	Turnuva, 4 kısıt
Koşturma Sayısı	50

18 farklı senaryo tablo 4.2’de listelenmiştir. E (evet) o sütuna tahsis edilen ilgili yöntemin kullanıldığını, H (Hayır) o sütuna tahsis edilen ilgili yöntemin kullanılmadığını göstermektedir. Tabloda ilk sütun senaryoyu göstermektedir. Diğer sütunlar ise senaryoda kullanılan ilgili operatörler ve yöntemlerle ilgili bilgileri içermektedir. Senaryo sonuçları tablo 4.3’de gösterilmiştir. Tabloda ilk sütun senaryoyu göstermektedir. H1-9 ve S1-6 sütunları, katı ve gevşek kısıtlar için 50 koşturma sonucunda her bir kısıt için toplam ceza puanı sayısını göstermektedir. α , 50 koşturma içindeki başarı yüzdesini göstermektedir. Başarı en iyi sonucun bulunduğu bir başka deyişle başarı puanı sıfırın bulunduğu işaret eder. β , 50 koşturma içindeki katı kısıtların ihlal edildiği ancak gevşek kısıtların ihlal edilip edilmediğine bakılmadığı durumda başarı puanını göstermektedir. Örneğin tablonun C1 satırı senaryo C1 ile bilgileri

içermektedir. Senaryo C1 için 50 koşturma sonucunda 8 kere H1 kısıtı ihlal edilmiş, 1 kere H2 kısıtı ihlal edilmiştir.

Tablo 4.2: Kurulum Senaryoları

Sen.	Deği. Ağır.	Normalizasyon	TT	Yer değişti.	Gevşek, Katı Ağırlık	Kısıt S5 (Alt/Üst Limit)	H3 Ağırlığı	E
C1	H	H	H	H	0.1, 1	0.20	1	-
C2	H	H	E	H	0.1, 1	0.20	1	-
C3	H	E	E	H	0.1, 1	0.20	1	-
C4	E	H	E	H	[0.02,1]/1	0.20	1	500
C5	E	E	E	H	[0.02,1]/1	0.20	1	500
C6	H	H	E	E	0.1, 1	0.20	1	-
C7	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	1	500
C8	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	1	-
C9	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	1	100
C10	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	1	-
C11	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.66	1	500
C12	H	E	E	E	0.1, 1	0.66	1	-
C13	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.66	1	500
C14	H	E	E	E	0.1, 1	0.66	1	-
C15	H	E	E	E	0.1, 1	0.66	1	-
C16	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	1	-
C17	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500
C18	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-

Sonuçlar ilk 18 testte C17'nin en iyi başarı oranı yüzdesine sahip senaryo olduğunu göstermiştir. C18 ise β açısından en iyi senaryodur. Tüm operatörler ve yöntemler (gevşek kısıtlar üstünde değişken kısıt ağırlıkları, ceza puanlarının normalizasyonu, TT ve H3 kısıtı için arttırılmış ağırlık) uygulanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki H3'ün geçen ayın son 2 gününün bilgisini kullanmasından dolayı çözümü ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Bu yüzden H3 kısıtının ağırlığı bazı senaryolarda 10 olarak atanmıştır.

Sonuçlardan da görülmektedir ki TT ve normalizasyon kullanıldığında başarı oranı artmaktadır. Değişken ağırlıklı yöntemde ise gevşek kısıtların ağırlığı zaman içinde üstel olarak artmaktadır ve bu sayede gevşek kısıtlardan oluşan ceza puanları düşmektedir ancak bu durumda katı kısıtların başarı puanına katkısı ters yönde artmaya başlamaktadır.

Tablo 4.3: Senaryo Sonuçları

Sen.	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	S1	S2	S3	S4	S5	S6	α	β
C1	8	1	1	36	-	1	-	-	-	17	45	29	48	3	-	0.00	0.20
C2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4	20	1	24	-	-	0.26	0.98
C3	-	-	15	-	-	-	-	-	-	3	11	5	3	-	-	0.48	0.70
C4	-	-	-	27	-	2	-	-	-	10	45	18	37	2	-	0.02	0.36
C5	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.48	0.48
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	4	21	-	-	0.46	1.00
C7	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	0.64
C8	-	-	9	-	-	-	-	-	-	3	3	3	-	-	-	0.74	0.82
C9	-	2	22	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	0.56
C10	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	2	3	12	-	-	0.58	0.92
C11	-	1	34	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.32
C12	-	-	10	-	-	-	-	-	-	1	5	3	3	15	-	0.42	0.80
C13	-	4	38	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.24
C14	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	4	2	13	6	-	0.52	0.94
C15	-	-	27	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	0.42	0.44
C16	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.54	0.54
C17	-	2	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.78	0.78
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3	1	12	-	-	0.70	1.00

TT yöntemlerini kullanarak kromozomlar üstünde düzeltme yapmak başarımlar oranını arttırmaktadır. Örneğin C1 ve C2 kurulumu arasında sadece TT yöntemleri bulunmaktadır ve başarımlar oranı 0.0'dan 0.26'ya çıkmıştır.

Yer değiştirme operatörü başarımlar oranını arttırmaktadır. Örneğin C2 ve C6 kurulumları arasındaki tek fark yer değiştirme operatörüdür ve başarımlar oranı 0.26'dan 0.46'ya çıkmıştır. Benzer kıyaslama C5 ve C7 konfigürasyonları arasında da yapılabilir.

Normalizasyon yönteminde de başarımlar oranı artmıştır. Örneğin C2 ve C3 kurulumunda başarımlar oranı 0.26'dan 0.48'e çıkmıştır. Bir diğer örnek C4 ve C5 kurulumları arasındadır. Başarımlar oranı 0.02'den 0.48'e çıkmıştır.

Değişken ağırlıklı yöntemde ise gevşek kısıtların ağırlığı kuşaklar boyunca arttığı için gevşek kısıtların ceza puanları düşmekte ve başarımlar puanı içindeki katkı yüzdeleri azalmaktadır. Tam tersi yönde gevşek kısıtların ağırlığının artmaya başlaması katı kısıtların ceza puanının sabit ağırlıklı yöntemde göre daha fazla arttığı görülmektedir. Örneğin C8 ve C7 kurulumları arasında

H4 kısıtı için ceza puanı sayısı 9 ve 18'dir. Benzer kıyaslar C3 ve C5 arasında da yapılabilir. Bu yöntem gevşek kısıtları çözmek için amaca uygun bir yöntemdir.

C17 ve C18'in en iyi sonuçları vermesi dolayısıyla C17 ve C18 senaryoları üstünden parametreleri değiştirilerek 14 senaryo (C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31, C32) daha oluşturulmuştur. C17 senaryosu kullanılarak C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25 senaryoları oluşturulmuştur. C18 senaryosu kullanılarak C26, C27, C28, C29, C30, C31, C32 senaryoları oluşturulmuştur. 14 farklı senaryo toplum boyu, turnuvaya giren birey sayısı ve turnuvaya giren kısıt sayısı üstüne farklı konfigürasyon değerleri türetilerek oluşturulmuştur.

Senaryolar Tablo 4.4 'de gösterilmiştir. E (evet) o sütuna tahsis edilen ilgili yöntemin kullanıldığını, H (Hayır) o sütuna tahsis edilen ilgili yöntemin kullanılmadığını göstermektedir. Tabloda ilk sütun senaryoyu göstermektedir. Diğer sütunlar ise senaryoda kullanılan ilgili operatörler ve yöntemlerle ilgili bilgileri içermektedir. Toplum boyu (T) 330 ve 100, turnuvaya giren birey sayısı (B) olarak 2 ve 8, turnuvaya giren birey sayısı (K) olarak 2, 4, 8 denenmiştir. Senaryo sonuçları tablo 4.5'de gösterilmiştir. Tabloda ilk sütun senaryoyu göstermektedir. H1-9 ve S1-6 sütunları, katı ve gevşek kısıtlar için 50 koşturma sonucunda her bir kısıt için toplam ceza puanı sayısını göstermektedir. α , 50 koşturma içindeki başarı yüzdesini göstermektedir. Başarı en iyi sonucun bulunduğu bir başka deyişle başarı puanı sıfırın bulunduğu işaret eder. β , 50 koşturma içindeki katı kısıtların ihlal edildiği ancak gevşek kısıtların ihlal edilip edilmediğine bakılmadığı durumda başarı puanını göstermektedir. Örneğin tablonun C17 satırı senaryo C17 ile bilgileri içermektedir. Senaryo C17 için 50 koşturma sonucunda 2 kere H2 kısıtı ihlal edilmiş, 18 kere H4 kısıtı ihlal edilmiştir.

Sonuçlar göstermektedir ki turnuvaya giren birey sayısı 2'ye düşürüldüğünde yani rastgele 2 birey seçildiğinde başarı oranı büyük ölçüde düşmektedir. Bunun yerine 4 veya 8 kişilik turnuvalar düzenleyip 2 kişiyi seçmek daha iyi kuşakların oluşturulması ve böylece daha kaliteli nöbet çizelgeleri oluşturmak açısından önem taşımaktadır. Turnuvaya giren kişi sayısı artması daha iyi bireylerin seçilmesine olanak sağlamaktadır. C20, C21, C27, C28 senaryoları 2 kişinin seçilmesi üzerinde kurulmuştur ve başarı oranı yüzdesi kötüdür. Diğer senaryolarda ise

turnuvalara 4 veya 8 kişi katılmıştır ve iyi sonuçlar elde edilmiştir. Örneğın C17, C18, C22, C29, C31 senaryoları.

Toplum boyu 100 ve 330 olarak denenmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki toplum boyunu düşük tutmak başarıml oranı yüzdesini düşürmektedir. Örneğın C17 ve C19 ayrıca C18 ve C26 arasındaki fark sadece toplum boyunun 330 yerine 100 olarak atanmasıdır. Buna rağmen etkisi başarıml yüzdelerinin yarı yarıya düşmesine neden olmaktadır. C23 ve C30’da toplum boyunun düşürölmesinin etkisi gözlemlenmektedir. Genin 2 parçadan oluşması, 1 veya 2 haftalık değil de 1 aylık çizelgeleri oluşturulması gibi nedenlerden ötürü büyük bir arama uzayı oluşmaktadır. Bu nedenden ötürü toplum boyunu büyük tutmak, uzayı daha iyi aramak açısından avantaj sağlamaktadır.

TT yönteminde turnuvaya giren kısıt sayısı sonuçlarda büyük etkiler yaratmamaktadır. Değışken ağırlık kullanıldığında (C17 ve türevleri) turnuvaya giren kısıt sayısını düşük tutmak başarıml yüzdesini biraz arttırırken (örneğin C17, C22, C24 arasında), değışken ağırlık kullanılmadığında (C18 ve türevleri) kısıt sayısını 2 veya 8 tutmak görece avantaj sağlamaktadır (C18, C29, C31 arasında). Tüm senaryolar içinde başarıml yüzdesi en iyi senaryo C31’dir. Değışken ağırlığı yöntemi kullanılmamıştır ancak normalizasyon, TT yöntemleri ve yer değıştirme operatörleri kullanılmıştır. H3 kısıtının ağırlığı diğer kısıtlara göre çok daha yüksek bir ağırlığa sahiptir.

Tablo 4.4: Kurulum Senaryoları

Sena r.	Deği. Ağır.	Normaliz asyon	TT	Yer değişt irme	Gevşek, Katı Ağırlık	Kısıt S5 (Alt/Üst Limit)	H3 Ağırlı ğı	E	T	B	K	Yıllı k İzin
C17	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	330	8	4	H
C18	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	330	8	4	H
C19	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	100	8	4	H
C20	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	100	2	4	H
C21	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	330	2	4	H
C22	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	330	8	2	H
C23	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	100	8	2	H
C24	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	330	8	8	H
C25	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	100	8	8	H
C26	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	100	8	4	H
C27	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	100	2	4	H
C28	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	330	2	4	H
C29	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	330	8	2	H
C30	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	100	8	2	H
C31	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	330	8	8	H
C32	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	100	8	8	H
C33	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	330	8	4	E
C34	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	330	8	4	E
C35	E	E	E	E	[0.02,1]/1	0.20	10	500	330	8	2	E
C36	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	330	8	2	E
C37	H	E	E	E	0.1, 1	0.20	10	-	330	8	8	E

Yıllık izinler hesaba katılarak (11 hemşireden 3'ünün yıllık izinleri hesaba katılmıştır, birisinin 5 günlük diğer ikisinin 10 günlük yıllık izni hesaba katılarak problem zorlaştırılmıştır). 5 farklı senaryo daha denenmiştir. Bu 5 senaryo (C33, C34, C35, C36, C37) geçmiş çalışmalarda en iyi sonuçlarını veren senaryolar kullanılarak (C17, C18, C22, C29, C31 senaryoları) oluşturulmuştur. Bu senaryolarda ayrıca başlangıçta toplum rastgele yaratılmamış bunun yerine toplumun %25'i H3 kısıtına uyacak şekilde, %25'i H4 kısıtına uyacak şekilde, %50'si ise rastgele üretilecek şekilde yeni bir yöntem kullanılmıştır. Bu senaryolar Tablo 4.4'de C33, C34, C35, C36, C37 olarak gösterilmiştir. Test sonuçları Tablo 4.5'de gösterilmiştir. Buradan çıkan sonuç değişken ağırlık yöntemini kullanmanın gevşek kısıtlar üstündeki etkisini daha fazla göstermiştir. C33, C35 senaryoları değişken ağırlık yöntemini kullanmıştır ve gevşek kısıtlar üstünde hiçbir ceza alınmayan sonuçlar alınmıştır. C34, C36, C37 senaryoları ise bu yaklaşımı kullanmamıştır, bu yüzden gevşek kısıtlar onarılamamıştır. Senaryolara yıllık izinler

eklendiğinde optimum sonuca ulaşılmamıştır.11 hemşireden 3'ünün yani hemşirelerin %25'den fazlasının aynı ayda izin alması problemi iyice zorlaştırmaktadır.

Tablo 4.5: Senaryo Sonuçları

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	S1	S2	S3	S4	S5	S6	α	β
C17	-	2	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.78	0.78
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3	1	12	-	-	0.70	1.00
C19	-	10	-	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	0.44
C20	4	201	-	1240	-	-	20	-	-	2	7	1		9	-	0.00	0.00
C21	16	205	-	1732	-	6	31	-	-	22	17	1		46	-	0.00	0.00
C22	-	2	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.78	0.78
C23	-	7	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50
C24	-	1	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.68	0.68
C25	-	7	-	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.42	0.42
C26	-	-	-	6	-	-	-	-	-	6	6	1	16	-	-	0.44	0.90
C27	-	62	-	1239	-	-	-	-	-	39	217	24	61	86	-	0.00	0.00
C28	3	98	-	1500	-	1	5	-	-	69	586	11	82	110	-	0.00	0.00
C29	-	-	-		-	-	-	-	-	3	4	-	8	-	-	0.74	1.00
C30	-	-	-	4	-	-	-	-	-	5	9	4	9	-	-	0.58	0.94
C31	-	-	-		-	-	-	-	-	6	2	2	2	-	-	0.78	1.00
C32	-	-	-	1	-	-	-	-	-	9	8	4	12	-	-	0.48	0.98
C33	-	144	-	367	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00
C34	-	75	-	308	-	-	-	-	-	22	108	3	21	-	-	0.00	0.00
C35	-	121	-	368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00
C36	-	65	-	297	-	-	-	-	-	30	127	3	12	-	-	0.00	0.00
C37	-	66	-	251	-	-	-	-	-	31	93	3	20	1	2	0.00	0.00

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Gerçek bir hemşire vardiyalama probleminin standart GA ve standart GA'nın üstüne farklı yöntemlerin geliştirilmesiyle çözümüne çalışılmıştır. Gerçek veriler, katı ve gevşek kısıtlar hastaneden (FSMH, İstanbul, Türkiye) elde edilmiştir. Hastanede nöbet çizelgeleri elle yetkili hemşire tarafından hazırlanmaktadır. Gerektiğinde hemşireler bölümler ait oldukları bölümler dışında diğer bölümlerde de görevlendirilebilmektedir ve aylık çizelgeler hazırlanmaktadır. Bu çalışmada TT, başarımlı puanının normalizasyonu, değişken ağırlıkların kullanılması ve parametre ayarlarının değiştirilmesi yoluyla problemin çözümüne çalışılmıştır. Çalışmalar sonucunda bazı kısıtların çözümünün diğerlerinden çok daha zor olduğu ortaya çıkmıştır. Testler sonucunda görüldüğü gibi ceza puanlarının normalizasyonu, kromozomların onarılması, değişken ağırlık kullanmak çözüme ulaşmak yolunda iyi sonuçlar elde edilmesini sağlanmıştır.

Farklı ve zor bir hemşire vardiyalama problemi tipinin çözülmesine çalışılmıştır. Nöbet çizelgelerinin hazırlanmasında geçmiş aylardan gelen bilgiler de kullanıldığından problem zorlaşmaktadır. Örneğin, geçmiş ayın son 2 gününde nöbet atandığında bu ayın ilk gününe veya ikinci gününe herhangi bir nöbet atanamamaktadır. Geçmiş ayda atanan nöbet sayısı, geçmiş ayın son hafta sonunda atanan nöbetler bu ayın nöbet çizelgesini etkilemektedir. H3 kısıtının geçmiş ay bilgisini de kullanmasından dolayı çözümü zor bir kısıt olduğu ortaya çıkmıştır. Bu kısıt için farklı parametrik değerler (farklı ceza ağırlıkları) denenmiştir.

Bölümler arasında hemşire transferi üstünde çalışılmıştır. Genelde hemşirelerin bağlı olduğu bölümler bellidir ve kendi bölümlerinde çalışmaktadırlar ancak bu çalışmada olduğu gibi hemşire sayısının az olduğu bölümlerde hemşire ihtiyacı artmakta ve hemşirelerin diğer bölümlerden transferi bir zorunluluk haline gelmektedir. Bunu sağlayabilmek için özel bir hemşire transfer operatörü geliştirilmiştir. Ayrıca hemşire transferini sağlayabilmek için farklı bir kromozom kodlaması kullanılmıştır; 2 bileşenden oluşan yeni bir gen tipi gösterimi tanımlanmıştır.

İlk testlerde TT, yer değiştirme operatörü, normalizasyon, değişken ağırlık yöntemlerinin 18 farklı kombinasyonu denenerek en iyi sonucu veren 2 senaryo (C17,C18) seçilmiştir. Bu 2 senaryo üstünde GA özellikleri ilgili parametrik değişiklikler yapılarak 14 yeni senaryo daha türetilmiştir. TT için turnuvalara katılan kısıt sayısı ve yeni kuşağı oluşturmak için kullanılan turnuvaya katılan birey sayısında farklı değerlerin sonuca etkisi incelenmiştir. Bunun dışında toplum boyu da göz önünde bulundurulmuştur ve tüm parametrelerin farklı kombinasyonları değerlendirildi ve daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır.

Sonuçlar göstermektedir ki toplum boyunu büyük tutmak, uzayı daha iyi aramak açısından avantaj sağlamaktadır. Ayrıca turnuvaya giren birey sayısını düşük tutmak yerine yüksek tutmak daha iyi bireylerin genetik özelliklerini gelecek nesillere aktarmasını sağlayarak başarı yüzdesi yüksek sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. TT ve normalizasyon kullanıldığında başarı oranı artmaktadır. TT ile toplumdaki bireyin genleri üstünde düzeltmeler yaparak arama uzayında daha iyi bireylere ulaşılmaktadır. Normalizasyon yöntemi ile tüm kısıtların ceza puanı normalize edilerek daha doğru ceza puanları ve başarı puanları elde edilmiştir. Değişken ağırlıklı yöntemde gevşek kısıtların ağırlığı zaman içinde üstel olarak artmaktadır ve bu sayede gevşek kısıtlardan oluşan ceza puanları düşmektedir ancak bu durumda katı kısıtların başarı puanına katkısı ters yönde artmaya başlamaktadır.

Yıllık izinlerin kullanıldığı senaryolarda değişken ağırlıklı yöntemin gevşek kısıtlara uygun çizelgeler oluşturma konusundaki başarısını göstermiştir ama 5 senaryoda da en iyi sonuca bazı kısıtların tümünün çözülememesinde ötürü ulaşılmamıştır.

Tüm senaryolar sonucunda en iyi çözüm ele alındığında değişken aralıklı metodun kullanılması yerine sabit ağırlıkların kullanılmasının avantaj sağladığı tespit edilmiştir. Bu sayede katı kısıtların çözümü daha kolaylaşmaktadır. Hem kısıt turnuvalarında hem de bireylerin seçimi için yapılan turnuvalarda kısıt ve birey sayısını yüksek tutmak daha iyi bireylerin seçilme şansını arttırmaktadır. Yer değiştirme operatörü kullanmak ve normalizasyon tekniği uygulamak da iyi sonuçlara ulaşma yüzdesini arttırmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Burke E.K., de Causmaecker P., van den Berghe G., Van Landeghem H.,** 2004. “The State of the Nurse Rostering”, J. of Scheduling, 7:441-499, Kluwer.
- [2] **Cheang B., Li H., Lim A., Rodrigues B.,** 2003. “Nurse Rostering Problems – a Bibliographic Survey”, European J. of Operational Research, 151:447-460, Elsevier.
- [3] **Ahmad J., Yamamoto M., Ohuchi A.,** 2000. “Evolutionary Algorithms for Nurse Scheduling Problem”, Proc of IEEE Congress on Evolutionary Computation, 196-203.
- [4] **Aickelin U., Dosland K.,** 2004. “An Indirect Genetic Algorithm for a Nurse Scheduling Problem”, Computers and Operations Research, 31(5):761-778.
- [5] **Aickelin U., Dowsland K.,** 2000. “Exploiting Problem Structure in a GA Approach to a Nurse Rostering Problem”, J. of Scheduling, 3(3):139-153.
- [6] **Burke E. K., de Causmaecker P., Petrovic S., van den Berghe G.,** 2001. “Fitness Evaluation for Nurse Scheduling Problems”, Proc of IEEE congress on Evolutionary Computation, 2:1139-1146.
- [7] **Kawanaka H., K., Yamamoto T., Yoshikawa T., Shirogi T., Tsunoka S.,** 2001. “Genetic Algorithm with the Constraints For Nurse Scheduling Problem”, Proc of IEEE congress on Evolutionary Computation, 2:1123-1130.
- [8] **Brusco M., J., Jacobs L. W.,** 1995. “Cost Analysis of Alternative Formulations for Personnel Scheduling in Continuously Operating Organizations”. European J. of Operational Research, 85:249-261, Elsevier.

- [9] **Burke E., Soubeiga E,** 2003. "Scheduling Nurses Using a Tabu-Search Hyperheuristic", Proc of MISTA, 197-218, 2003.
- [10] **Burke E. K., de Causmaecker P., Vanden Berghe G.,** 1998. "A Hybrid Tabu-Search Algorithm for the Nurse Rostering Problem", Proc of Asian Pacific Conference on Simulated Evolution and Learning, 2:755-760.
- [11] **Cheng B.M.W., Lee J.H.M., Wu J.C.K.,** 1997. "A Nurse Rostering System using Constraint Programming and Redundant Modelling", IEEE Trans. On Information Technology in Biomedicine, 1(1):44-54.
- [12] **Burke E. K., de Causmaecker P., Petrovic S., van den Berghe G.,** 2003. "Variable Neighbour Search for Nurse Rostering Problems", Metaheuristics : Computer Decision Making, Ch. 7, 153-172, Kluwer.
- [13] **Aickelin U., Lee J.,** 2006. "An Estimation of Distribution Algorithm for Nurse Scheduling", Annals of Operations Research, Special Issue on Personnel Scheduling and Planning, 1:157-165.
- [14] **Burke E. K., Cowling P., Causmaecker P., van den Berghe G.,** 2001. "A Memetic Approach to the Nurse Rostering Problem", Applied Intelligence, Special Issue on Simulated Evolution and Learning, 15(3):199-214.
- [15] **Aickelin U., White P.,** 2004. "Building Better Nurse Scheduling Algorithms", Annals of Operations Research, 128:159-177.
- [16] **Kelemci Ö.,** 2004. "Memetic Algorithms For Nurse Rostering", Bitirme Ödevi, Yeditepe Üniversitesi, Turkey.
- [17] **Eiben A.E., Smith J. E,** 2003. "Introduction to Evolutionary Computing", Springer.

- [18] **Streichert F, 2002.** “Introduction to Evolutionary Algorithms”, Frankfurt MathFinance Workshop.
- [19] **Darwin, C, 2003.** “The Origin of Species”, Random House Publishing Group.
- [20] **Millar H. H., Kiragu M., 1998.** “Cyclic and non-cyclic scheduling of 12th shift nurses by network programming”, European Journal of Operational Research, 104(3):582-592.
- [21] **MGlover, F., 1989.** “Tabu Search- Part I”, ORSA Journal of Computing, Vol 1, No. 3, 190-206.
- [22] **MGlover, F., 1990.** “Tabu Search- Part II”, ORSA Journal of Computing, Vol 2, No. 1, 10-26.
- [23] **Alkan, A., Özcan, E., 2003.** “Memetic Algorithms for Timetabling”, Proc of 2003 IEEE Congress on Evolutionary Computation, 1796-1802.
- [24] **Özcan, E., 2005.** “Memetic Algorithms for Nurse Rostering”, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag. The 20th International Symposium on Computer and Information Sciences, 3733:482-492
- [25] **Özcan, E., 2006.** “An Empirical Investigation on Memes, Self-generation and Nurse Rostering, Proc. of the 6th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling, 246-263.

Özgeçmiş

Kişisel Bilgiler

Ad, Soyad : Özgür Kelemci

Adres : Bulgurlu Mah., İzzettin Bey Cad., Levkent Sitesi, A Blok, No :27

Telefon : +90 535 817 75 57

E-Posta : ozgurkelemci@yahoo.com

Doğum Tarihi : 26.12.1980

Eğitim Durumu

- Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Bilgisayar Bilimleri (2004 -)
- Lisans, Yeditepe Üniversitesi(Burslu), Bilgisayar Mühendisliği (3.31/4.00) (Onur listesi)

İlgi Alanları

Yüzme, Latin Dansları, Basketbol, Tiyatro, Sinema, Kitap okumak