

2006 Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi Sayı:19, s.25-39

MESLEK LİSELERİ HAFTALIK DERS ÇİZELGELERİNİN GENETİK ALGORİTMALAR YARDIMIYLA OLUŞTURULMASI

Tuncay YİĞİT¹

ÖZET

Haftalık ders çizelgeleme problemi, öğretmen, derslik ve derslerin belirli kısıtlar göz önünde bulundurularak olası en iyi haftalık ders çizelgesinin oluşturulmasını gerektirir. Bu makalede meslek liselerinde kullanılmak üzere uygun ders çizelgelemelerinin hazırlanabilmesi için Genetik Algoritmaların kullanılabilmesi gösterilmiştir. Geliştirilen algoritma için gerçek veri olarak Gazi Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi (GATEM) model alınmıştır. Bu amaçla, zaman çizelgeleme sistemi için C++ Builder programlama dili kullanılarak bilgisayar ortamında bir program geliştirilmiştir. Geliştirilen program kullanıcı etkileşimli bir arayüze sahiptir ve giriş verileri ile çıkış raporları için bu arayüz kullanılabilir. Deneysel çalışmalar sonucunda, geliştirilen algoritma ile uygun haftalık ders çizelgesinin hazırlanabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritmalar, Otomatik Zaman Çizelgeleme Problemi, Kısıtlı Optimizasyon.

GENERATING WEEKLY TIMETABLE of VOCATIONAL HIGH SCHOOLS by GENETIC ALGORITHMS

ABSTRACT

The weekly courses timetabling problem is the planning of a number of lessons involving a group of teachers for a given period and requiring given rooms or laboratories according with their availability and respecting some others constraints. In this paper, a genetic algorithm for solving timetable scheduling is described for the purpose of using in High School. The algorithm has been tested in a real problem, the timetable of the Gazi High School (GATEM). Therefore, in order to the timetabling systems implemented a program in C++ Builder programming language on PC. The implemented program includes a powerful and interactive graphical user interface for entering input data and viewing the output. Experimental results indicate that the prepared of optimal weekly courses timetabling with algorithm.

Key Words: Genetic Algorithms, Automatic Timetabling Problem, Constrained Optimization

1. GİRİŞ

Zaman çizelgeleme problemi çözülmesi zor bir problemdir [Even et al., 1976: 692]. Haftalık ders çizelgeleme problemi, bir zaman çizelgeleme problemidir ve problemin çözümü için hedef, her şube için derslerin istenen kısıtların göz önünde bulundurulması ile

¹Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Beşevler/Ankara,06500, ytuncay@gazi.edu.tr.

en uygun haftalık ders çizelgesinin elde edilmesi işlemidir. Çizelgeleme problemlerinde kısıtlar, zorunlu olanlar yani keskin kısıtlar ve tercihe bağlı olanlar yani esnek kısıtlar olarak iki guruba ayrılır. Bir öğretmenin aynı anda farklı iki şubede dersinin olamayacağı veya aynı derslikte farklı iki şubenin dersinin olamayacağı keskin kısıtlara birer örnek iken, meslek derslerinin ilk saatlerde olması, esnek kısıt için örnek verilebilir.

Zaman Çizelgeleme probleminin çözümünde, belirlenen kısıtları sağlayabilmesi ve en uygun zaman çizelgesinin elde edilebilmesi için çeşitli araştırma teknikleri kullanılmaktadır. Tavlama benzetimi, tabu arama ve kısıt bazlı mantık programlama bunlara birer örnektir. Abramson, tavlama benzetim yöntemini kullanarak zaman çizelgeleme problemlerini çözmeye çalışmış ve altı farklı tavlama yöntemini karşılaştırmıştır [Abramson, 1991:98]. Hertz ve Schaerf, zaman çizelgeleme problemini tabu arama yöntemi ile çözmeye çalışmışlardır [Hertz, 1992:255, Schaerf, 1996:363]. Kısıt bazlı mantık programlama, bu tür problemleri çözmek için kullanılan diğer bir yaklaşımdır [Abbas and Tsang, 2004:359]. Genetik Algoritma'ların zaman çizelgeleme problemlerinde kullanılması ilk olarak Colorni tarafından uygulanmış ve diğer tekniklere göre GA ile daha iyi çizelgeler elde edildiği rapor edilmiştir [Colorni et al, 1990:55]. Daha sonraları bazı araştırmacılar okulların ders çizelgelerinin elde edilmesinde GA'ı kullanmışlardır [Erben and Keppler,1995:21; Cladeira and Rosa, 1997:115; Yu and Sung, 2002:703; Özcan and Alkan, 2002:104].

Meslek Liseleri, diğer liseler ve üniversitelerle kıyaslandığında haftalık ders yoğunluğunun daha fazla olduğu okul türlerinden biridir. Karışık kısıt ve yapıları gerektirir ve bu kısıtların araştırma uzayında çözümü zordur. Örneğin sadece meslek liseleri için günlük ders saati 8-12 arasında değişmektedir. Buda haftalık ders saatini 40-50 saat arası olmasını sağlar. Bazı durumlarda günlük tek bir atölye dersi 10 saat olabilmekte ve ders müfredatının düzenli işlenmesi için farklı günlere parçalanmaması istenmektedir. Böyle bir durumun haftalık ders çizelgesinin oluşturulmasında zorunlu kısıttan da öte her yeni oluşturulacak ders çizelgesinde kesinlik gerektiren bir durumdur. Bu makalede, Meslek Liseleri için en uygun haftalık ders çizelgesinin oluşturulabilmesi için GA kullanılmıştır. Gerçek veri olarak Gazi Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi (GATEM) model alınmıştır. En uygun ders çizelgesinin oluşturulabilmesi için, tüm sağlanması gerekli kısıtlara birer ceza değerleri atanarak bunların arasında öncelik belirlemesine izin verilmiştir. Bunun için kısıtların girilebilmesi için kullanıcı etkileşimli bir ara yüz ile bu sağlanmıştır. Geliştirilen program kullanıcı etkileşimli bir yapıya sahiptir ve giriş verileri ile çıkış raporları grafik arayüzü kullanılarak yapılabilmektedir. Model alınan Meslek lisesi diğer meslek liseleri içinde örnek teşkil etmektedir. Sonuç olarak Meslek Lisesi ders çizelgesinin belirlenen kısıtlar kapsamında uygun haftalık ders çizelgesinin elde edilmesi anlatılacaktır. 2. bölümde, meslek lisesi için haftalık ders çizelgesinin elde edilmesi anlatılacaktır. 3. bölümde, haftalık ders çizelgesi için GA'lar anlatılacaktır. 4. bölümde hazırlanan programın tanıtılması ve yapılan deneysel çalışmalar anlatılacaktır.

2. MESLEK LİSELERİ İÇİN HAFTALIK DERS ÇİZELGE HAZIRLAMA İŞLEMİ

Meslek liseleri, diğer okul türlerine göre hafta içi daha yoğun ders programlarına sahip liselerdir. Meslek liselerinde eğitim döneme göre verilmekte ve her dönem farklı dersler açılmaktadır. Ayrıca dersler meslek dersleri ve kültür dersleri olarak iki guruba ayrılmıştır. Bu makalede gerçek veri olarak bir Meslek lisesi model alınmıştır. Alınan bu model mevcut bölüm sayısı ve ders yoğunluğu göz önünde bulundurulduğunda diğer meslek liseleri için bir örnek teşkil etmektedir.

Model alınan Meslek Lisesi için,

- Bölüm müfredatlarına göre her şube için o döneme ait 10- 15 arası değişen ders adedi vardır.
- Teknik Lise ve 1. sınıflar için ders müfredatı haftalık 40-50 saat arası değişen bir yoğunlukta işlenmektedir.
- Meslek liseleri 3. sınıflar sanayi stajına gitmekte ve bu günlerde öğrenci okula gelmemektedir.
- Kültür dersleri için bölümler aynı derslikleri kullanmaktadır.
- Bölüm atölyelerini ve dersliklerini bölüm şubeleri ortaklaşa kullanabilmektedir.
- 1. sınıflar müfredata uygun olarak farklı bölümlerin atölyelerini kullanabilmektedir.

Meslek lisesinde haftalık ders çizelgesi, haftada 5 gün ve günde 12 saat olarak toplam haftada 60 saat üzerinden düzenlenmiştir. Üzerinde çalışılan zaman çizelgeleme problemi, Meslek Lisesinin tüm bölümleri için açılan bütün derslerin buluşma saatlerine eldeki kısıtları sağlayacak en uygun şekilde atanmasını hedef almaktadır. Haftalık zaman çizelgesini oluşturmak için öğretim elemanı ve ders için kapamalar ve kısıtlar olmak üzere iki kısımda toplanmaktadır.

2.1 Öğretim Elemanı ve Ders Kapama

Haftalık ders çizelgesinde, her oluşturulacak çizelge için aynen kalması istenen durumdur. Meslek lisesi müfredatına göre 8-12 saat arası değişen atölye dersleri ders müfredatının düzenli işlenmesi için tek bir günde yapılması istenir. Bunun için çizelgede atölye dersleri için bir kapama işlemi yapılmaktadır. Ayrıca okul idaresi tarafından belirlenen hiç dersin olmadığı saatlerinde kapatılması istenebilir. Örneğin sanayi stajına giden 3.sınıflar haftada 25 saat gitmektedir. Bu haftanın üç gününe 8-8-7 saat olarak dağıtılmakta ve öğrencilerin sanayi stajı günlerinde staj sonrası derslerin bu günlerde toparlanmaması için staj günlerinde staj saatleri sonrası kapama işlemi yapılabilmektedir. Ayrıca, öğretim elemanının isteği doğrultusunda atanmasını istediği ders saatine göre ders kapama işlemi yapılabilmektedir.

Kısıtlar

Haftalık ders çizelgeleme kısıtları, meslek liselerinin ihtiyaçlarına göre düzenlenmesi gerekir. Kısıtlar, eğitim kalitesinin iyileştirilmesi, öğrencilerin ve öğretim elemanlarının performansının yükseltilebilmesi, öğretim elemanı isteklerinin karşılanması ve idari ihtiyaçlara cevap verebilmesi esas alınarak oluşturulmuştur.

Tüm kısıtları iki ana grupta toplayabiliriz. Bunlar, ders programında zorunlu olması istenen keskin kısıtlar ve tercihe bağlı olarak esnek kısıtlardır. Her hangi bir kısıt, program çalıştırılmadan önce seçilebilir veya dışarıda bırakılabilir. Seçilen her kısıt sistem tarafından sağlanmaya çalışılır. Önceden belirlenmiş ceza değerlerine göre kısıt önceliği gerçekleştirilmesi gereklidir. Burada haftalık ders çizelgesi için keskin kısıtların tamamen yok edilmesi ve esnek kısıtlar için en iyi başarı performansının sağlanması gereklidir. Aşağıda takip eden kısımda, sistemin desteklediği kısıtlar detaylı olarak anlatılmış ve Şekil 1’de örnek olarak A ve B şubeleri için haftalık ders çizelgelerinde kısıtlar gösterilmiştir.

Keskin Kısıtlar

1. Öğretim elemanının bir dönem içerisinde vermiş olduğu derslerde ders saati kesişmemelidir.
2. Bir derslik için farklı şubelerin dersleri aynı saatte derslikte kesişmemelidir.
3. Belirlenmiş bir gün yada çizelgedeki ders saati boş bırakılabilmelidir.
4. Özel durumu olan derslerin yada öğretim elemanlarının günleri yada hem gün, hem de saatleri önceden tanımlanarak haftalık ders çizelgesinde o saatler için kapama yapılabilmelidir.
5. Özel derslik gerektiren derslere göre uygun sınıflar atanmalıdır (Atölye veya Laboratuvar gibi).

Esnek Kısıtlar

6. Bir dersin buluşma saatleri önceden belirlenerek her bir buluşmanın farklı günlere atanması amaçlanır. Örneğin, toplam buluşma saati 4 olan bir ders 2+2 şeklinde belirlenebilir ve bu iki buluşma farklı günlere atanmaya çalışılır.
7. Önceden belirlenmiş bazı müfredat dönemi derslerinin gün içerisinde sabah saatlerine konması istenebilir. Meslek lisesinde meslek lisesi derslerinin sabah saatlerinde olması tercih edilmektedir.
8. Öğretim elemanının gün içerisindeki tüm dersleri ardışık olarak atanmaya çalışılır. Böylece öğretim elemanlarının gün içerisinde beklemeleri önlenmiş olur.
9. Öğrencilerin gün içerisinde almış oldukları dersler arasında boş ders bırakılmamaya gayret gösterilir.
10. Müfredat dönemine ait bir dersin günlere parçalanmaması istenir.

Şube A

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma |
|-------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| MTA1 Matl A.Buyuk | TDE1 A-6 G.Uyar | COG A-6 N.Yucel | BYSB B.Lab Y.Onder | ING A-6 S.Salman |
| MTA1 Matl A.Buyuk | TDE1 A-6 G.Uyar | COG A-6 N.Yucel | BYSB B.Lab Y.Onder | FZK1 F.Lab N.Oncel |
| MTA1 Matl A.Buyuk | TAR1 A-6 T.Gokce | KMY1 K.Lab..... A.Ersoy | MAT1 A-6 Y.Tunc | ING A-6 S.Salman |
| MTA1 Matl A.Buyuk | TAR1 A-6 T.Gokce | KMY1 K.Lab..... A.Ersoy | MAT1 A-6 Y.Tunc | ING A-6 S.Salman |
| MTA1 Matl A.Buyuk | MAT1 A-6 Y.Tunc | BED E-111 A.Acar | | TDE1 A-6 G.Uyar |
| MTA1 Matl A.Buyuk | MAT1 A-6 Y.Tunc | TAR1 A-6 T.Gokce | ING A-6 S.Salman | TDE1 A-6 G.Uyar |
| MTA1 Matl A.Buyuk | MTK2 M.Tek Y.Koc | MZB1 M.Tek F.Kara | ING A-6 S.Salman | TRS1 MRes Y.Koc |
| MTA1 Matl A.Buyuk | MTK2 M.Tek Y.Koc | | REH A-6 G.Ay | TRS1 MRes Y.Koc |
| MTA1 Matl A.Buyuk | DNK1 A-6 N.Kocak | | | TRS1 MRes Y.Koc |
| MTA1 Matl A.Buyuk | | | | |

Şube B

| Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------|
| ING A-6 S.Salman | REH A-7 N.Er | MTK2 M.Tek S.Kara | MTA1 Matl Z.Duman | |
| ING A-6 S.Salman | BYSB B.Lab P.Celik | MTK2 M.Tek S.Kara | MTA1 Matl Z.Duman | TAR1 A-7 T.Gokce |
| MAT1 A-7 Y.Tunc | BYSB B.Lab P.Celik | KMY1 K.Lab..... A.Ersoy | MTA1 Matl Z.Duman | COG A-7 N.Yucel |
| MAT1 A-7 Y.Tunc | TRS1 MRes N.Er | KMY1 K.Lab..... A.Ersoy | MTA1 Matl Z.Duman | COG A-7 N.Yucel |
| BED E-111 S.Ulusoy | TRS1 MRes N.Er | TDE1 A-7 G.Uyar | MTA1 Matl Z.Duman | ING A-6 S.Salman |
| TDE1 A-7 G.Uyar | TRS1 MRes N.Er | TDE1 A-7 G.Uyar | MTA1 Matl Z.Duman | ING A-6 S.Salman |
| TDE1 A-7 G.Uyar | FZK1 F.Lab N.Oncel | MZB1 M.Tek F.Kara | MTA1 Matl Z.Duman | MTA1 A-7 Y.Tunc |
| DNK1 A-7 N.Kocak | FZK1 F.Lab N.Oncel | | MTA1 Matl Z.Duman | MAT1 A-7 Y.Tunc |
| | TAR1 A-7 T.Gokce | | MTA1 Matl Z.Duman | |
| | | | MTA1 Matl Z.Duman | |

Şekil 1. Kısıtların zaman çizelgesinde gösterilmesi

3. HAFTALIK DERS ÇİZELGELEMESİ İÇİN GENETİK ALGORİTMALAR

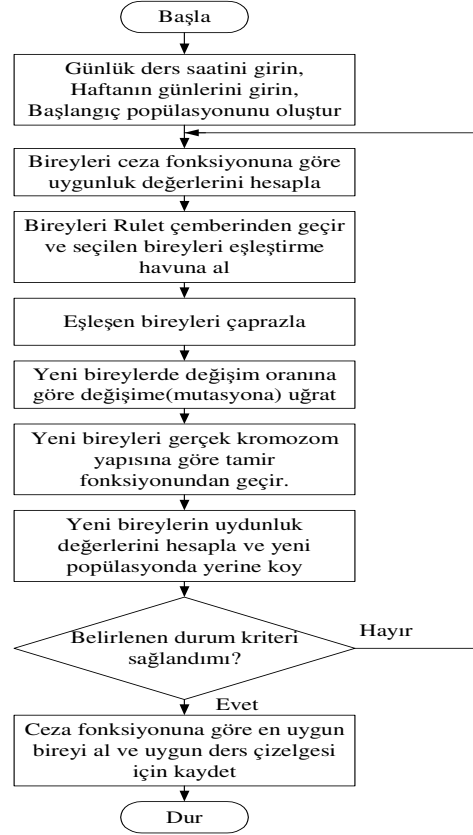
Genetik algoritmalar (GA), evrimsel yaklaşım prensipleri ışığında rastlantısal araştırma metodlarını kullanarak kendi kendine öğrenme ve karar verme sistemlerinin düzenlenmesini hedef alan bir araştırma tekniğidir. Darwin'in "en iyi olan hayatta kalır" prensibini temel alır. Bu temel ile doğadaki canlıların geçirdiği süreci örnek alır ve iyi nesillerin kendi yaşamlarını sürdürüp kötü nesillerin yok olması prensibine dayanır. Biyolojik bir süreç içerisinde, doğal seçim ve genetik popülasyonların modellenmesi olarak John Holland tarafından 1975 yılında geliştirilmiştir. Holland, çalışmalarında bir genetik bileşeni, bir sistemin girişinde kullanmak üzere, bir makine öğrenme tekniğini geliştirmiştir. Daha sonraları ise, GA'nın doğrusal olmayan çok değişkenli eniyileme problemlerin çözümünde kullanılması ile önemli bir araştırma algoritması olduğu kanıtlanmıştır [Goldberg, 1989:2]. Başlangıçta sürekli doğrusal olmayan eniyileme problemlerine uygulanan GA, sonraları gezgin satıcı, kareli atama, yerleşim, atölye çizelgeleme, ders/sınav çizelgelemesi gibi alanlarda başarıyla uygulanmıştır [Türkbey, 2002:317].

GA, sezgisel bir metot olduğundan dolayı verilen bir problem için kesin sonucu bulamayabilir, ancak bilinen metotlarla çözülemeyen yada çözüm zamanı problemin büyüklüğü ile üstsel artan problemlerde kesin sonuca çok yakın çözümler verebilir. Geleneksel eniyileme yöntemlerine göre farklılıkları olan genetik algoritmalar, parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar. Diğer bir önemli üstünlükleri ise çözümlerden oluşan popülasyonu eş zamanlı incelemeleri ve böylelikle yerel en iyi çözümlere takılmamalarıdır [Goldberg, 1989:7].

Araştırma uzayında yüksek uygunluğa sahip çözüm noktalarına ulaşmada genetik operatörler kullanılır. Genel anlamda uygulamalarda çoğunlukla kullanılan genetik operatörler; seçim (selection) yada tekrar üreme (reproduction), çaprazlama (crossover) ve değişim (mutation) operatörlerinin değişik formlarıdır. Bu operatörler ile oldukça fazla sayıda çalışmalar yapılmış ve çok sayıda değişik genetik operatör geliştirilmiştir. GA'nın performansı için bu operatörlerin uygun seçilmesi önemlidir [Goldberg, 1989:63].

Yeniden üreme işlemi, her iterasyonda daha büyük uygunluk değerlerine sahip kromozomların daha yüksek olasılık ile yeni nesilde geniş sayıda kopyalarını üretebilen bir işlemdir. Çaprazlama işlemi, bilgilerin iki kromozom arasındaki değişimi ile ilgilidir. Bu operatör, tercih edilmiş iyi kromozomlar arasında daha iyi özellikleri birleştirir. Çaprazlama işlemi için eşleştirme havuzunda bulunan ebeveynlerin birer çifti rasgele seçilerek bu iki ebeveyninden yeni çocuklar oluşturulur. Değişim operatörü, üreme ve çaprazlama işlemlerinin tamamlayıcı işlemidir. Tekrar üreme ve çaprazlama etkin bir araştırma sağlamasına karşın bazen bunlar aşırı kullanılmış dolayısı ile iyi çözümler kaybedilmiş olabilir. Değişim işlemi, basitçe kromozom içerisindeki genlerin içeriğini değiştirerek böyle kayıplara karşı koruma görevi yapar. Elitizm operatörü, her bir nesilde mevcut en iyi bireyin kopyalanarak bir sonraki nesle aktarılması işlemi yapar.

Şekil 2'de Haftalık ders çizelgeleme işlemi için kullanılan GA'nın akış şeması verilmiştir ve kullanılan operatörler anlatılmıştır.



Şekil 2. Haftalık ders çizelgeleme için GA akış şeması

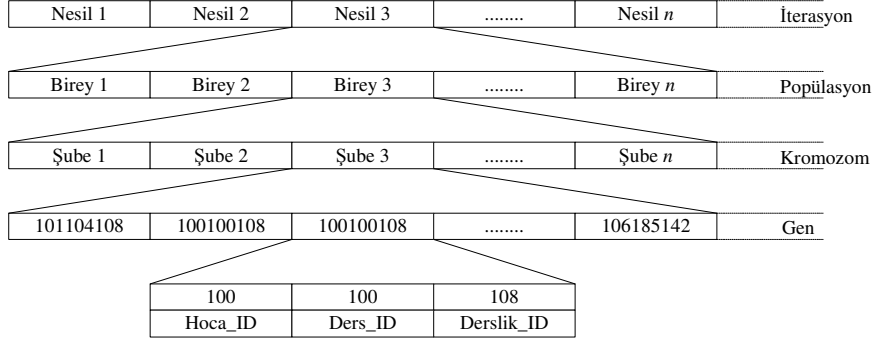
3.1. Kromozomların Kodlanması

GA'da bireylerin oluşturulmasında kodlamanın doğru yapılması ve işlem sonunda bu kodların doğru olarak çıkış ifadelerine dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bu yüzden, aday çözüm için bireylerdeki her gen bir ders saatine karşılık gelir ve bu saat için öğretim elemanı, ders ve derslik bilgileri tutulur. Meslek lisesindeki tüm bölümler için bir dönemde açılan tüm dersler kromozomda kodlanır. Kromozom boyutu aşağıdaki gibi ifade edilecek olursa,

$$\text{Toplam kromozom boyutu} = \text{Günlük ders saati} \times 5 \text{ gün} \times \text{bölüm sayısı} \quad (1)$$

toplam kromozomda boyutunu verir. Bu çalışma için kromozom boyutu, günde 12 saat ve haftanın beş günü toplam 60 saatten oluşmaktadır. Her bir şube için kromozomda 60 gen ayrılmıştır. Her bir gen, öğretim elemanı, ders ve derslik değerlerini tutmaktadır. Veri

tabanında, bunlar için 100'den 999 kadar sıralı kodlar atanmaktadır. Şekil 3'de kromozomun kodlanması için bir temsili gösterim sunulmuştur.



Şekil 3. Kromozomların kodlanması

İlk Popülasyonun oluşturulması

GA'nın ilk aşamasında uzay büyüklüğünü ve bu uzay içindeki dizilerin (bireylerin) belirleneceği başlangıç popülasyonun oluşturulması gerekmektedir. Diziler rastgele oluşturulacağı gibi belirli şartlara bağımlı kalarak da oluşturulabilir. Bu çalışmada, kromozomdaki her gen için zaman hanesi olarak rasgele bir değer atanmaktadır.

Uygunluk fonksiyonu

Uygunluk fonksiyonu herhangi bir kısıta uymayan bir atamanın cezalandırılması ile hesaplanır. Yapılan çalışmada haftalık ders çizelgesinin performansını zorlayacak kısıtlara daha önceden belirlenen ceza değerleri atanır ve popülasyondaki her bir bireyin uygunluğu bu ceza değerlerinin toplanması ile ,

$$F = \sum_{i=1}^n c_j . a_j \quad (2)$$

gibi ifade edilir. Burada c_j , bir bireydeki kısıtları, a_j , açılan kısıt için ceza değerini göstermektedir. n , ise bir popülasyondaki birey sayısını vermektedir. Böylece, bir bireyin ceza toplamını minimize ederek bir bireyin uygunluk fonksiyonu,

$$f = \frac{1}{1 + F} \quad (3)$$

ile bulunabilir. Burada, bir bireyde tüm kısıtlar yerine getirildiğinde uygunluk fonksiyonunun tanımsız olmasını önlemek için paydadaki ceza toplamına bir eklenmiştir.

Genetik operatörlerin kullanılması

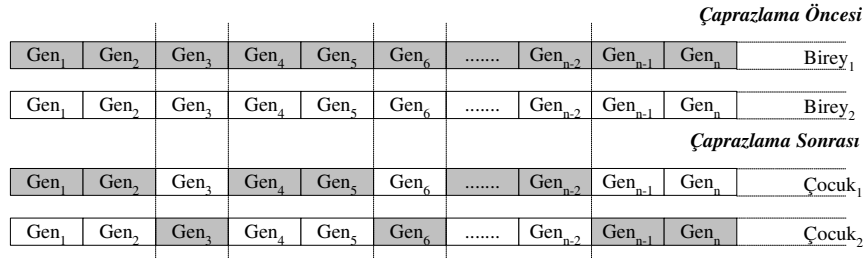
Üretim operatörü; mevcut popülasyondan gelecek popülasyona aktarılacak olan dizilerin seçilme işlemidir. Taşınan diziler, genetik olarak mevcut popülasyonda en uygun yapıya (değere) sahip olan dizilerdir. Bu işlem belirlenen uygunluk değerlerine sahip iyi bireylerin bir sonraki nesile aktarılmasını sağlar. Bu seçimi yapacak olan en basit ve kullanışlı olan seçim mekanizması rulet tekerleği seçimidir. Ancak bu seçim mekanizmasında bir önceki nesilden aktarılan bireylerin daha iyi bir birey oluşturmamaları söz konusudur. Bu durumda ise bir sonraki nesilde görülmesi gereken bireylerdeki uygunluk iyileşmeye karşın bireylerin uygunluğu kötüleşebilir. Bunu önlemek için ise elitizm operatörü kullanılarak üreme operatörlerinin sonucunda mevcut popülasyonda kötüleşme olsa bile bir önceki nesilin en iyi bireyinin bir sonraki nesile aktarımı sağlanır.

GA'da kullanılan çaprazlama ve değişim (mutasyon) operatörleri problemin tipine ve büyüklüğüne göre değişmektedir. Çaprazlama operatörü, yan yana gelen iki dizide (anne birey ve baba birey) karşılıklı gen yapılarının değişimini sağlamaktadır. Böylelikle bir sonraki nesillerde gen çeşitliliği ve yeni iyi gen yapılarının oluşumu sağlamaktadır. Çaprazlama operatörünün uygulanma olasılığı ne kadar yüksek olursa gen çeşitliliği de o kadar korunmuş olur. Literatürde bu çaprazlama oranı %50 ile %95 arasında seçilmektedir [Goldberg,1989:62]. Bu çalışmada, çaprazlama yöntemlerinden biri olan çok noktalı çaprazlama yöntemi kullanılmış ve Şekil 4'de çok noktalı çaprazlama gösterilmiştir.

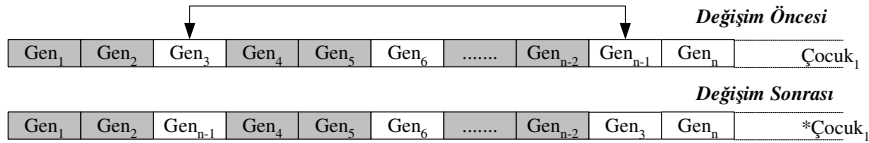
Çaprazlama operatörünün her nesile uygulanmasından sonra ilerleyen nesillerde birbirinin aynı gen yapılarına sahip diziler oluşmaktadır. Bu durumda ise çaprazlama operatörü ne kadar fazla uygulansa da anne ve baba bireylerden meydana gelen çocukların genlerinde çeşitliliğin sağlanamamasına neden olur. Bu durumu ortadan kaldırmak için değişim (mutasyon) operatörü uygulanır. Bu operatörün amacı birbiri tekrarı olan ve çeşitliliğin azaldığı durumda, aynı dizide (bireyde) genlerin yerinin değiştirilmesiyle sağlanır. Ancak bu operatörün uygulanma yüzdesinin fazla olması istenen sonuç değerlerinden çok uzaklaşmaya, çözüm uzayının farklı noktalara kaymasına neden olmaktadır. Bu nedenle değişim operatörünün uygulanma yüzdeliği %0.5 ile %15 arasındadır. Burada değişim operatörü için tek bir şube de rasgele seçilen iki genin yer değişimi kullanılmıştır. Rasgele seçilen iki gen kendi aralarında yer değiştirmektedir. Değişim operatörüne ait yapı Şekil 5'de gösterilmiştir.

Bir kromozomu çaprazlama ve değişim operatörlerinden geçirerek orijinal kromozom yapısı bozulmaktadır. Burada bahsedilen, bireyin uygunluğunu değerlendirmek değil bireyde kodlanan dersler için buluşma saatlerini kontrol etmektir. Örneğin bir şubede bulunan 4 buluşma saatine sahip ders çaprazlama sonrası artmakta veya azalabilmektedir. Bunu önlemek için, her bir kromozom öğretim elemanı, ders ve derslik kontrolünden geçirilerek, derslerdeki artma veya azalma kontrol edilir. Eğer değişiklik var ise eksik olan

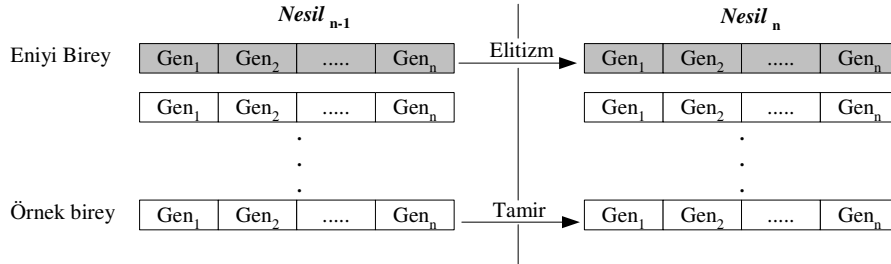
ders saati veya fazla olan ders saati kadar kromozom gen değişiminden geçirilir. Böylelikle değişim operatörü gibi davranan bir tamir operatörü (düzenleyici algoritma) ile bireylerin gerçek kromozom yapısı korunmaktadır. Problemin özelliğine göre geliştirilen bu algorithmada genetik operatörlerin uygulanmasından sonra diziden mevcut bilgilerin yok olması veya fazladan istenmeyen bilgilerin gelmesi çizelgeleme problemlerinde istenmeyen bir durumdur. Bu sorunu ortadan kaldırmak için örnek bir birey ile tüm bireyle kontrolden geçirilir. Tamir operatörüne ait yapı Şekil 6'da gösterilmiştir. Elitizm operatörü, her bir nesilde mevcut en iyi bireyin kopyalanarak bir sonraki nesle aktarılması işlemini yapar. Ardışık nesillerde yüksek kaliteli genetik durumlara ulaşmak için kullanılır. Bu işlem, her bir nesilde en uygun kromozomun daha ilerisi için otomatik olarak kopyalanması yoluyla yapılan basit bir işlemdir. Elitiz operatörüne ait yapı Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 4. Çok noktalı çaprazlama işlemi



Şekil 5. Değişim işlemi

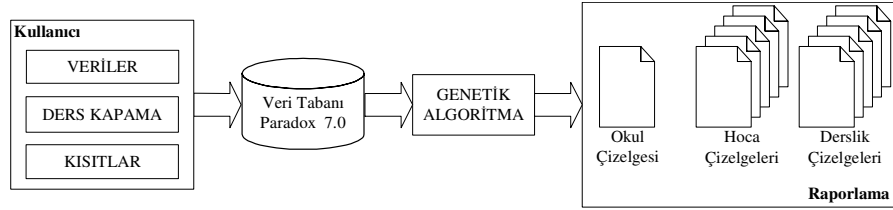


Şekil 6. Elitizm ve tamir fonksiyonu işlemi

4. HAZIRLANAN PROGRAMIN TANITILMASI VE DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Meslek liseleri için hazırlanan haftalık ders çizelgeleme programı genel bir akış şeması Şekil 7'de gösterilmiştir. Program için gerekli parametreler ve kısıtlar kullanıcı etkileşimli bir grafik ara yüzü kullanılarak sisteme girilir. Daha sonra, çizelgeleme işlemi için GA ile en uygun haftalık ders çizelgesi araştırmaya çalışılır. Burada araştırma en iyi bireyin uygunluk değeri istenen performans frekansına ulaşmaya kadar devam eder. Performans kriteri, keskin kısıtların tamamen yok olması ve esnek kısıtların ise başarı performansı sağlayıncaya kadar devam eder. Eğer kullanıcı isterse iterasyonun istenen bir aşamasında çıkarak, o nesildeki ders çizelgesini kaydedebilir ve bu çizelge üzerinde gerekli değişiklikleri yapabilir. Kullanıcı çıkış raporları olarak, üç çeşit zaman çizelgesi alabilmektedir. O döneme ait müfredat çizelgesi, öğretim elemanına ait müfredat çizelgesi ve dersliklerin kaplarına asılmak üzere derslik zaman çizelgelerini alabilmektedir.

Program görsel bir programlama dili olan C++ Builder programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Veri tabanı olarak, Windows üzerinde Paradox 7.0 veri tabanı kullanılmıştır. Veri tabanında öğretim elemanı, ders, derslik ve şubeler için tablolar oluşturulmuş ve bu tablolar şube tablosu ile ilişkilendirilmiştir. Veritabanına erişim çalışmayı yavaşlattığı için sadece başlangıç aşamasında veri tabanı erişimi gerçekleştirilir. Diğer aşamalar ise tamamen GA'ya yüklenmiştir.



Şekil 7. Program genel akış şeması

Haftalık ders çizelgesi için yapılan deneysel çalışmalar, Windows XP kurulu 256 MB RAM'i olan 2,2 GHz'lik Pentium IV bilgisayarda çalıştırılmıştır. Uygun kısıt katsayılarının bulunması ve aralarındaki oran için geliştirilen program bir çok defa çalıştırılmış ve en uygun GA parametreleri ile kısıtlar için katsayılar elde edilmiştir. GA parametreleri için uygun değerler Çizelge 1'de, seçilen Meslek Lisesi için deney verisi Çizelge 2'de ve seçilen kısıtlar için değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Meslek Lisesi ders çizelgesi, hazırlanırken, öğretim elemanlarının ve idarenin ihtiyaçları göz önünde tutularak ders kapamaları yapılmış ve en önemli olan kısıtlar GA'nın araştırması için açılmıştır. Bu kısıtlar arasındaki oran değiştirilerek kısıtlar arasındaki öncelik belirlenebilmektedir.

Çizelge 1. Genetik Algoritma Parametreleri

| Parametre | Değer |
|-------------------|-------|
| Popülasyon boyutu | 20 |
| Çaprazlama oranı | 0,85 |
| Mutasyon oranı | 0,08 |
| Kromozom Boyutu | 2640 |

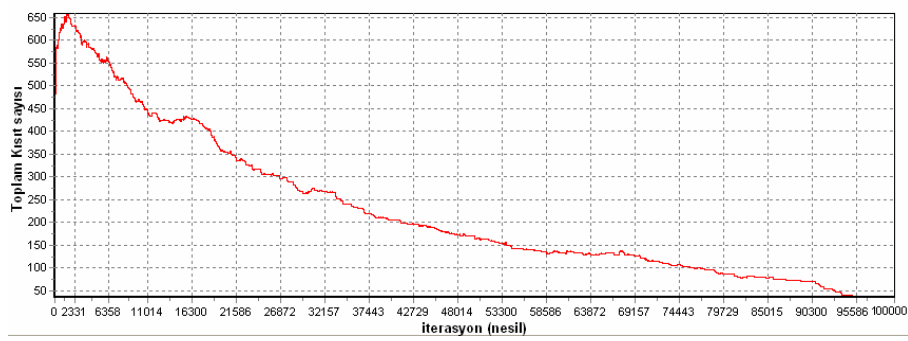
Çizelge 2. Deney Verisinin Özellikleri

| Veriler | Değer |
|------------------------|-------|
| Toplam öğretim elemanı | 111 |
| Toplam bölüm sayısı | 6 |
| Toplam şube sayısı | 44 |
| Toplam ders adedi | 226 |
| Toplam derslik adedi | 70 |
| Haftalık ders saati | 60 |
| Toplam ders saati | 2640 |

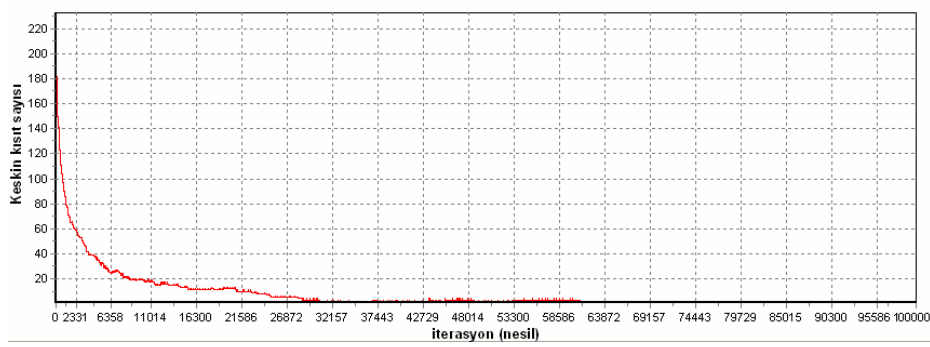
Çizelge 3. Ders Çizelgesi İçin Sağlanmaya Çalışılan Kısıtlar Ve Ceza Değerleri

| Kısıtlar | Ceza Değeri |
|---------------------|-------------|
| 1 nolu keskin kısıt | 1500 |
| 2 nolu keskin kısıt | 3000 |
| 3 nolu keskin kısıt | Ders kapama |
| 4 nolu keskin kısıt | Ders kapama |
| 5 nolu keskin kısıt | Ders kapama |
| 6 nolu esnek kısıt | 500 |
| 7 nolu esnek kısıt | 200 |
| 8 nolu esnek kısıt | 200 |
| 9 nolu esnek kısıt | 200 |
| 10 nolu esnek kısıt | 500 |

Haftalık ders çizelgesi için yapılan deney sonuçları Şekil 8’de ve Şekil 9’da verilmiştir. Zaman eksenini olarak iterasyon, grafiğin y eksenini ise toplam kısıt sayısının göstermektedir. Şekil 8’de GA 100000 nesil çalıştırılmış ve başarı performansı kabul edilir seviyeye düşürülmüştür. Şekil 9’da ise haftalık ders çizelgesinde ders 3., 4. ve 5. kısıt için ders kapamaları yapılarak 1. ve 2. kısıt için tamamen yok edilmesi istenen keskin kısıtların yaklaşık 30000. nesilde tamamen yok edildiği gözlenmiştir. Bunun sebebi kısıt katsayıları ayarlanırken öncelik keskin kısıtlar seçilmiştir. GA diğer esnek kısıtları araştırırken keskin kısıtlarda çok az bir değişimin olduğu görülmüş fakat 60000. nesilden sonra hiç keskin kısıt’ın meydana gelmediği gözlenmiştir. Şekil 8’de ilk nesillerde toplam kısıt sayısında sürekli azalma olması gerekirken başlangıç nesillerinde toplam kısıt sayısında artma olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni, araştırma uzayında öncelikle yok edilmek istenen keskin kısıtlar olduğu için esnek kısıtlarda bir artmanın olduğu gözlenmiştir. Keskin kısıtlardaki belirli bir düşüş ile esnek kısıtlarda da düşüş olduğu gözlenmiştir.



Şekil 8. Toplam Kısıt Sayısının İterasyona Göre Değişim Grafiği



Şekil 9. Keskin Kısıt Sayısının İterasyona Göre Değişim Grafiği

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu makalede, Meslek Liseleri için haftalık ders çizelgelerinin GA kullanılarak hazırlanabileceği gösterilmiştir. Bunun için C++ Builder programlama dili kullanılarak kullanıcı etkileşimli bir program geliştirilmiştir. Kullanıcılar, uygun verileri girerek programın çalışmasına istedikleri zaman müdahale edebilmektedir. Uygun ders çizelgesi elde edildiğinde ders çizelgesini veri tabanına kaydedip saklayabilmekte ve bu ders çizelgesi üzerinden okul, öğretim elemanı ve derslik çizelgelerini raporlandırabilmektedir. Araştırma algoritması olarak GA kullanılması ile yoğun ders çizelgesine sahip meslek lisesinde uygun genetik operatörlerin ve kısıtların seçimi ile uygun ders çizelgesinin elde edilebileceği gösterilmiştir. Yapılan deneysel çalışma ile ders çizelgesinde ders kapama işleminin ve keskin kısıtların tamamen yok edildiği, esnek kısıtların ise seçilen başarı performansının sağlandığı gözlenmiştir.

Geliştirilen program, temelde meslek liseleri için hazırlanmıştır, fakat diğer okul türlerine de kolaylıkla uygulanabilir yapıdadır. Hedef çalışma olarak üniversite ve diğer okul türleri içinde ders çizelgelerinin hazırlanması düşünülmektedir. Ayrıca, ceza değerlerinin çalışma esnasında değiştirilebilmesi için geliştirilecek bir algoritma ile uygun değerlerin bulunabilmesi ve sistemin araştırma zamanını kısaltmak için çeşitli algoritmaların denenmesi hedef çalışmalar olarak düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbas, A., Tsang, E.P.K. (2004). "Software engineering aspects of constraints-based timetabling- a case study", *Information and Software Technology*, 46:359-372.
- Abramson, D. (1991). "Constructing School Timetables Using Simulated Annealing: Sequential and Parallel Algorithms", *Management Science*, 37(1):98-113.
- Cladeira, J.P., Rosa, A.C., (1997). "School Timetabling using Genetic Search", *The 2nd International Conference for the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT'97)*, 115-122.
- Colorni, A., Dorigo, M., Maniezzo, V., (1990), "Genetic Algorithm and Highly Constrained Problems: The Time-Table Case", *Proceeding of the First International Workshop on Parallel Problem solving from Nature*, 55-59.
- Erben, W., Keppler, J. (1995). "A Genetic Algorithm Solving a Weekly Course-Timetabling Problem", *Proc. of the First Int. Conf. on the Practice and Theory of Automated Timetabling (ICPTAT)*, 21-32.
- Even, S., Itai, A., Shamir, A. (1976). "On the Complexity of Timetable and Multicommodity Flow Problems", *SIAM Journal of Computing*, 5(4):691-703.
- Goldberg, D.E., (1989). **Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning**, Addison-Wesley, Reading (MA).
- Hertz, A. (1992). "Finding a feasible course schedule using a tabu search", *Discrete Applied Mathematics*, 35: 255-270.
- Özcan, E., Alkan, A., (2002), "Solving Timetabling Problem using Genetic Algorithm", *The 4th International Conference for the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT'02)*, 104-107.
- Schaerf, A. (1996). "Tabu Search Techniques for Large High-School Timetabling Problems", *Proc. of the Fourteenth National Conference on AI*, August, 363-368.
- Türkbey, O. (2002). "Genetik Algoritmalar ve Tesis Düzenlemesi Probleminde Kullanımı: Teori ve Metodoloji (Kısım 1)", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1): 317-331.
- Yu, E., Sung, K., (2002). "A Genetic Algorithm for a University Weekly Courses Timetabling Problem", *International Transactions in Operational Research*, 9:703-717