



Ders Programı Çizelgeleme Probleminin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu



Oğuz KAYNAR^{*,a}



Ahmet YURTSAL

^a*Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, SİVAS, TÜRKİYE

^b Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, HATAY, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 28.10.2019
Kabul: 26.12.2019

Anahtar Kelimeler:

Genetik Algoritma, Ders Programı, Matlab, Optimizasyon

*Sorumlu Yazar

e-posta:
ahmet_yurtsal@hotmail.com

ÖZET

Günümüzde çoğu eğitim kurumunda hazırlanan ders programı her dönem için yeniden yapılmaktadır. Bu işlemin her dönem tekrardan yapılması ve çoğu kurumda elle hazırlanıyor olması bu olayı zahmetli ve zaman alıcı hale getirmektedir. Bu durum hata yapılma ihtimalini de artırmaktadır. Ayrıca her kurumun farklı özelliklere sahip olması, ders programının hazırlanması noktasında mevcut tek bir çözümün elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada ders programı çizelgeleme problemi için fakültenin her zaman kullanabileceği bir çözüm üzerine çalışılmış ve uygulama için Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi verileri kullanılmıştır. Uygulama Matlab programında geliştirilmiş ve problemin çözümünde bir çok alanda performansı test edilmiş sezgisel bir optimizasyon yöntemi olan Genetik Algoritma kullanılmıştır. Problemin kısıtlarının belirlenmesi noktasında, fakültenin her zaman kullanabileceği bir çözüm geliştirmek için fakültenin bütün özellikleri dikkate alınmıştır. Ayrıca kısıtlar öğrenci, öğretim elamanı ve fakülte personelinin memnun edecek şekilde belirlenmiştir. Bunun yanı sıra algoritmanın performansını artırarak çözüme hızlı yaklaşmasını sağlamak için uygun bir kromozom yapısı ve mutasyon operatörü belirlenmiştir. Çalışmamızda birçok deney yapılmış ve yöntem olarak kullandığımız Genetik Algoritma'nın farklı parametre değerleri ile ders programı çizelgeleme problemi üzerine performansı test edilmiştir.

Optimization of the Course Schedule with Genetic Algorithm

ARTICLE INFO

Received: 28.10.2019
Accepted: 26.12.2019

Keywords:

Genetic Algorithm,
Curriculum, Matlab,
Optimization

*Corresponding Authors

e-mail:
ahmet_yurtsal@hotmail.com

ABSTRACT

Today, the curriculum is prepared in most educational institutions for each period. The fact that this process is carried out again in every period and hand-made in most institutions makes this event demanding and time consuming. This situation increases the possibility of error. In addition, each institution has different characteristics, making it difficult to obtain a single solution for the preparation of the curriculum. In this study, a solution that the faculty can use at any time for the curriculum scheduling problem has been studied and the data of Cumhuriyet University Faculty of Economics and Administrative Sciences is used. The application was developed in the Matlab program and a multi-area performance-tested heuristic optimization method, Genetic Algorithm, was used to solve the problem. In order to determine the constraints of the problem, all the faculties of the faculty have been taken into consideration in order to develop a solution that the faculty can always use. In addition, the constraints were determined to satisfy the students, instructor and faculty staff. In addition, a suitable chromosome structure and mutation operator were determined to improve the performance of the algorithm and to provide a rapid complaint to the solution. Many experiments have been done in our study and we have used the method of the Genetic Algorithm with different parameter values on the course schedule scheduling problem has been tested.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yaşamlarımız, birçok optimizasyon problemiyle doludur. Örneğin; işe geç kalmamak ve yeteri kadar uyumuzu almak için sabahları saat kaçta uyanmalıyız? İşe giderken en kısa yol hangisidir? İşte ilk önce hangi projeye öncelik vermeliyiz? Bir şeyi tasarlarken, maliyeti azaltmak veya bir ürünün çekiciliğini en üst düzeye çıkarmak için ne yapabiliriz? Bu ve buna benzer bir çok problem, optimizasyon tekniğinin ilgi alanına dahildir. Optimizasyon, başlangıçtaki bir fikir üzerinde varyasyonları denemekten ve fikri geliştirmek için mevcut bilgileri kullanmadan oluşur. Optimizasyon, minimum veya maksimum çıktı veya sonucu bulma işlemdir ve minimum veya maksimum değeri bulurken, bazı performans kriterlerini karşılaması gerekir. Bu kriterlerin sağlanması sonucunda çıktı olarak maliyet veya uygunluk elde edilir [4]-[8].

Makul bir şekilde hızlı algoritmalar geliştirilemeyen çok sayıda ilginç problem vardır. Bu problemlerin çoğu sıkça karşımıza çıkan optimizasyon problemleridir. Optimizasyon problemlerinin çözümünde genellikle deterministik ve sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Deterministik optimizasyon yöntemleri, lokal maksimum veya minimuma yakınsayan algoritmalarlardır. Türevsel hesaplamalar veya türevsel yaklaşımlar deterministik yöntemlere örnek verilebilir. Sezgisel arama algoritmaları gibi istatistiksel yöntemler ise global minimum veya maksimumu bulmada bazı stratejileri ve rasgele sayıları kullanırlar. Zor bir optimizasyon problemi göz önüne alındığında, problemin çözümünde deterministik yöntemler yetersiz kalabilmektedir. Bu tür problemler için sezgisel yöntemler ile optimal veya optimale yakın kaliteli çözümler bulmak çoğu zaman daha mümkündür. Bu yöntemler optimum değeri garanti etmez ancak rastgele ürettiği çözümler üzerinde işlemler yaparak hata oranı düşük çözümler üretebilir [2]-[14]. Bu çalışmada yöntem olarak kullandığımız Genetik Algoritma (GA), sezgisel araştırma algoritmalarının bir türüdür. GA, sistemi tam olarak anlamadan karmaşık optimizasyon problemlerini çözebilir ve arama sonuçlarını analiz ederek sistem hakkında derinlemesine bilgi sahibi olur [5]. Günümüze kadar GA, kablo yönlendirme, çizelgeleme, uyarlamalı kontrol, bilişsel modelleme, ulaşım problemleri, seyahat eden satıcı problemleri, optimal kontrol problemleri, veritabanı sorgu optimizasyonu gibi optimizasyon problemlerine oldukça başarılı bir şekilde uygulanmıştır. GA ile ilgili günümüze kadar birçok bilimsel çalışma yapılmıştır [2]-[13].

Literatürde GA yöntemi kullanılarak ders çizelgeleme probleminin çözümü üzerine yapılan çalışmaların bazılarından bahsetmek gerekirse; Salman ve Hanna, ders çizelgeleme problemini çözmek için GA ve sıralı yerel aramaya dayalı yeni

bir algoritma oluşturmuştur. Sıralı yerel aramayı GA ile birlikte kullanarak melez bir algoritma geliştirmiş ve esnek kısıtları azaltmayı amaçlamıştır. Yapılan deneyler sonucunda ümit verici sonuçlar elde edilmiştir [15]. Fredrikson ve Dahl çalışmasında, Tavlama Benzetimi yardımı ile ders programı hazırlama sürecini otomatikleştirmeyi ve sonuçları GA ile karşılaştırmayı amaçlamıştır. Sonuçlar, Tavla Benzetimi yönteminin çok daha iyi performans gösterdiğini ve iki algoritma arasında büyük bir çalışma süresi farkı olduğunu göstermiştir. Ayrıca Tavlama Benzetimi algoritmasının tüm aşamalarda daha iyi olmasına rağmen GA'nın ilk aşamalarda daha iyi bir performansa sahip olduğunu göstermiştir. GA'nın önceki araştırmalarda önerilen gelişmelerden faydalanması koşuluyla iki algoritmadan daha optimize edilmiş bir hibrit algoritmanın yaratılabileceği sonucuna varılmıştır [7]. Çolak, ders programı çizelgeleme problemi için GA yöntemini kullanılarak bir yazılım geliştirmiştir. Uygulama için C# dili ile Sql Sever kullanmıştır. Kromozom yapısı olarak derslik ve zaman periyodu şeklinde bir matris tasarlamıştır. Matrisin hücreleri dersleri temsil edecek şekilde ayarlamıştır. Program farklı popülasyon büyüklüğüne göre farklı çaprazlama ve mutasyon için test edilmiştir. Testler sonucunda uygun ders programlarına ulaşıldığı gözlemlenmiştir [3]. Akkan ve Gülcü, ders çizelgeleme problemlerinin çözümü üzerine yaptığı çalışmada ise; önce problem için bir uygunluk ölçüsü tanımlamıştır, sonra da hem ceza hem de uygunluk değerleri açısından bir dizi iyi çözüm bulmaya çalışmıştır. Problemi iki kriterli bir optimizasyon problemi olarak modellemiştir ve standart GA yaklaşımına ek olarak Tepe Tırmanma ve Tavlama Benzetimi algoritmalarından yararlanan hibrit çok amaçlı GA ile çözmüştür. Algoritma, iyi bilinen ITC-2007 örnekleri üzerinde test edilmiştir ve yüksek kalitede olduğu görülmüştür [1]. Junn vd., çalışmasında ders çizelgeleme problemini çözmek için metasezgisel bir strateji sunmuştur. Bu çalışmada açıklanan metasezgisel algoritma genetik operatörler tarafından çözüm kalitesini geliştirirken GA'nın rolü vurgulanmıştır. Çalışmada yapılan deneyler, GA tarafından üretilen çözümlerin kalitesi ile önceki araştırmalarda yapılan diğer meta bilimsel özellikler karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, GA'nın bu alanda iyi çözümler üretmeyi başardığını ancak diğer algoritmalar çözümlerin kalitesini iyileştirebildiğini göstermiştir [10]. Feng vd., ders çizelgeleme problemi için karışık bir tam sayılı doğrusal program geliştirmiştir. Analiz için ders çizelgeleme problemini üç boyutlu konteyner paketleme probleminin dönüştürmüş ve üç boyutlu konteyner paketleme probleminin çözümünde etkili olduğu gösterilen hibrit bir GA geliştirilmiştir. Ayrıca standart bir Tabu Arama algoritması geliştirilmiş ve hibrit GA ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, hibrit GA'nın makul bir süre içinde Tabu

Arama algoritmasından daha iyi bir çözüm elde ettiğini göstermektedir [6].

2. YÖNTEM (METHOD)

Optimizasyon problemlerinde sıklıkla kullanılan GA yöntemi, J. Holland tarafından ortaya atılmıştır. Holland, arkadaşları ve öğrencileri ile birlikte bu algoritmayı geliştirmiştir. GA, Darwin'in evrim teorisinden ilham alınarak geliştirilen, canlılarda bulunan genetik gelişimi taklit ederek problemlere çözüm arayan bir yaklaşımdır. GA popülasyon temelli bir arama yapmak için en uygun olanın hayatta kalma evrimini kullanır [5]. Evrimsel bir algoritma olan GA yöntemi çözülecek problem için olası çözümlerin bulunduğu başlangıç popülasyonu oluşturmaktadır. Yöntem geleneksel yöntemlerden farklı olarak çok daha fazla sayıda potansiyel çözümü keşfetmeyi mümkün kılar [9]. Algoritma başlangıç popülasyonunu oluşturduktan sonra uygunluk fonksiyonu kullanılarak çözümlere uygunluk değerleri atamaktadır. Sonrasında ise yeni çözümler üretmek için genetik operatörleri kullanmaktadır. Bunlar seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleridir. Bu operatörler problemin çözümüne başlamadan belirlenen iterasyon sayısı veya durdurma kriteri sağlanıncaya kadar sürekli yeni çözümler üreterek problem için daha uygun çözümler aramaktadır. Art arda tekrarlanan bu işlemler sonucunda algoritma problemin çözümünü sonlandırmaktadır. Son çözüm popülasyonunda bulunan en kaliteli çözüm, problemin çözümü olarak kabul edilir. Çizelgeleme, günümüze kadar üzerinde çok fazla araştırma yapılmış sorunlardan biridir. NP-zor bir problem olan ders çizelgeleme problemi her dönem tüm eğitim kurumlarının karşılaştığı bir tür çizelgeleme problemidir. Ders programı çizelgeleme süreci, zorunlu ve esnek kısıtlar göz önünde bulundurularak derslerin zaman periyodlarına ve dersliklere atanması işlemidir. Bu çalışmamızda fakültemizin her dönem rahatlıkla kullanabileceği öğretim elemanı isteklerinin ve fakülteye ait 9 bölümün bilgilerinin bir excel dosyasında tutulduğu ve bu excel dosyasında bulunan bilgilerin değiştirilerek farklı eğitim kurumlarına uygulanabileceği bir program hazırlanmıştır. Hazırlanan programda eğitim kurumu için belirlenen bütün zorunlu kısıtlar kesinlikle sağlanmalı, esnek kısıtlar ise mümkün olduğu kadar sağlanmalıdır. Bu çalışmada fakültemiz için belirlediğimiz kısıtlar aşağıdaki gibidir.

Zorunlu Kısıtlar

1. Bir öğretim elemanı aynı anda birden fazla derste bulunamaz.
2. Bir öğrenci grubu (şube) bir zaman periyodunda birden fazla derste bulunamaz.
3. Bir derslikte aynı anda birden fazla ders olamaz.

4. Özel derslik (laboratuvar vb.) gerektiren derslere uygun derslikler atanmalıdır.

5. Şubelerin dersleri, şubenin 1. Öğretim (gündüz) veya 2. Öğretim (gece) olmasına göre zaman periyodlarına atanmalıdır.

6. Haftalık ders saati dört olan bir ders iki saat şeklinde bölünerek, farklı günlere atanmalıdır.

7. Dersler, yapılması istenilen dersliklere ve öğrenci sayılarına göre dersliklere uygun bir şekilde atanmalıdır.

8. Bir şubenin 1. Öğretim (gündüz) ve 2. Öğretim (gece) dersi aynı güne atanmalıdır.

9. Fakültedeki tüm bölümlerin 1. Sınıf ve 2. Sınıflarında uzaktan eğitim dersleri bulunmaktadır. Bu dersler önceden belirlenen zaman dilimlerine atanmalıdır.

10. Öğretim elemanlarının bazıları gece derslerinin 17.00 'dan önce başlamasını istememektedir. Bu öğretim elemanlarının gece dersleri 17.00'dan önceye atanmamalıdır.

Esnek Kısıtlar

1. Bir öğretim elemanın istemediği bir zaman periyoduna dersi atanmamalıdır.

2. Bir dersin ilk ve son saati aynı derslikte ve aynı gün olmalıdır.

3. Şubelerin gün içerisindeki dersleri arasında boşluk olmamalıdır.

4. Şubeler için günlük ders saati dengeli bir şekilde ayarlanmalıdır.

5. Günlük ders saati çok fazla olmasını istemeyen öğretim elemanların dersleri, günlere dengeli bir şekilde dağıtılmalıdır.

6. Derslerini gün olarak art arda olmasını isteyen öğretim elemanlarının dersleri arasında boşluk olmamalıdır.

Belirlenen bu kısıtlar fakültenin önceki dönemlerde kullandığı ders programları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Belirlenen kısıtlardan sonra GA yönteminin probleme uygulanması için GA'nın yapısı geliştirildi. İlk olarak çok önemli bir aşama olan kromozom yapısı belirlendi. Kromozom yapısı 40 satır 10 sütundan olacak bir matris şeklinde oluşturuldu. Satırlar derslikler, sütunlar zaman periyodları ve matrisin hücreleri derslik numaralarını tutacak şekilde oluşturuldu. Ayrıca zaman periyodları blok şeklinde oluşturuldu. Ders yapılan günler 2 blok şeklinde oluşturuldu. 1. Blok 08.00-12.00 arasında 2. Blok 13.00- 17.00 arasında temsil edecek şekilde oluşturuldu. Fakülte haftada 5 günden, günde 8 saat olmak üzere toplam 40 ders saatine sahiptir. Zaman çizelgesinin ve kromozom kodlamasının karmaşıklığını azaltmak için ders

çizelgesinde 40 saatlik bir ders programı kullanmak yerine 10 zaman dilimi belirlenmiştir. Böylece problem basitleştirilerek hesaplamadaki karmaşıklık da azaltılmıştır.

Fakülte'deki işlenen bütün derslere bir numara verilmiştir. Bu ders numaraları kromozom yapısının hücrelerini temsil etmekte ve ders yapılmayacak derslik ve zaman diliminin kesiştiği hücreler 0 numarası ile temsil edilmektedir. 1. Öğretim (gündüz şubeleri) için yapılan derslerin aynısı 2. Öğretim (gece şubeleri) içinde yapılmakta ve aynı gün olmaktadır. Bundan dolayı 2. öğretim dersleri kromozom yapısına eklenmemiş ve elde edilecek 1. öğretim ders programına göre 2. öğretim ders programı hazırlanacaktır. Bu kromozom yapısının bir örneği Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu kromozom yapısı sayesinde bazı kısıtlar ortadan kaldırılmıştır. Kalan kısıtlar için ceza puanları verilmiştir. Zorunlu kısıtlar için 100 ceza puanı esnek kısıtlar için önem derecelerine göre ama zorunlu kısıtlardan daha az ceza puanları verilmiştir. Uygun bir çözüme ulaşılması için zorunlu kısıtların hepsinin sağlanması, yüksek kalitede bir çözüm elde edilmesi için esnek kısıtların mümkün olduğunca sağlanması gereklidir. Bu ceza puanları bir kromozomun, problemin çözümü için ne kadar uygun olduğunu göstermektedir. Bu puan ne kadar düşerse çözümün kalitesi o kadar artmaktadır.

Derslikler	Zaman periyodları		1. Blok		2. Blok		1. Blok		2. Blok		1. Blok		2. Blok	
	1. Blok	2. Blok	1. Blok	2. Blok	1. Blok	2. Blok	1. Blok	2. Blok	1. Blok	2. Blok	1. Blok	2. Blok	1. Blok	2. Blok
1	12	14	33	21	44	0	0	131	19	42				
2	0	33	8	38	46	52	4	0	40	0				
3	0	76	0	0	0	0	91	0	1	220				
4	11	21	46	0	189	0	55	0	93	0				
5	61	0	33	6	0	71	0	111	0	0				
6	49	0	0	0	2	0	0	0	18	88				
7	22	8	0	219	0	0	64	0	199	0				
...	0	127	0	139	0	67	0	66	7	0				
...	79	0	0	77	0	0	124	0	0	3				
...	51	0	94	9	0	86	92	0	99	0				
40	0	28	99	0	5	0	101	0	14	0				

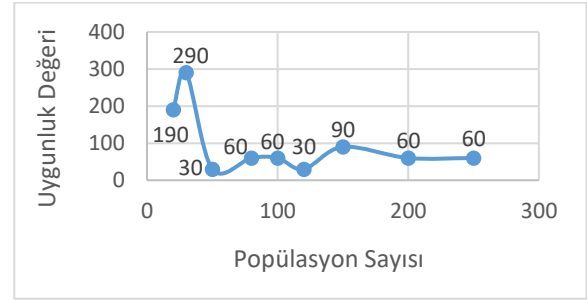
Şekil 1: Kromozom Yapısı
(Chromosome Structure)

3. BULGULAR (RESULTS)

Bu çalışmada GA operatörleri üzerine denemeler yapılarak problemin çözümü için uygun operatör değerleri bulunmaya çalışılmıştır. Bulunan sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

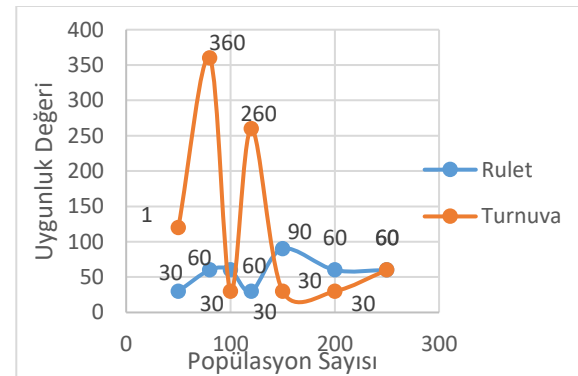
Başlangıç Popülasyonu: GA bir dizi çözüm ile başlangıç popülasyonu oluşturarak problemin çözümüne başlamaktadır. Çalışmamızda öncelikle başlangıç popülasyonu rastgele oluşturulmuştur. Daha sonra programın çözmekte zorlandığı kısıtlar

tespit edilerek başlangıç popülasyonu bu kısıtları sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Başlangıç popülasyonu derslerin uygun dersliklere atanması, derslerin uzaktan eğitim için tahsis edilen zaman dilimlerine atanmaması ve öğretim elemanlarının derslerinin istedikleri zaman dilimlerine atanması kısıtlarını sağlayacak şekilde geliştirilmiştir. Bu şekilde daha iyi sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Şekil 2'de tüm parametreler sabit tutularak popülasyon sayısının uygunluk değeri üzerine etkisi gösterilmiştir. Bu deney sonuçlarına göre 0-50 arası popülasyon sayısı ile algoritmanın uygun değerlere ulaşmakta zorlandığı 50 ve üzeri popülasyon sayıları ile kaliteli çözümlere ulaşıldığı görülmüştür.



Şekil 2: GA yönteminde farklı popülasyon sayılarına göre uygunluk değeri sonuçları
(Fitness value results according to different population numbers in GA method)

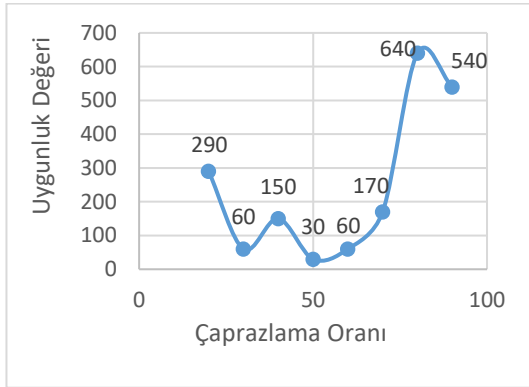
Seçim Operatörü: Oluşturulan popülasyon içerisindeki kromozomların problem için ne kadar uygun oldukları değerlendirildikten sonra bu değerlere göre hangi kromozomlara çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanacağını seçilmesi GA'nın seçim operatörü aşamasında gerçekleştirilir. Problemin çözümünde seçim operatörü olarak Turnuva ve Rulet Tekerleği yöntemleri kullanılmıştır. Şekil 3'te diğer parametreler sabit tutularak farklı popülasyon sayıları ile iki seçim yönteminin uygunluk değeri üzerine etkisi gösterilmiştir. Bu deney sonuçlarına göre farklı popülasyon sayıları ile Rulet Tekerleği yönteminin Turnuva yöntemine göre daha istikrarlı olduğu görülmüştür.



Şekil 3: Rulet Tekerleği ve Turnuva Yöntemlerinin Karşılaştırma Sonuçları
(Comparison Results of Roulette Wheel and Tournament Methods)

Çaprazlama Operatörü: Daha iyi bir kromozom elde etmek için bir çaprazlama operatörü kullanılır. Çaprazlama işleminde, seçim operatörü kullanılarak eşleşme havuzuna eklenen kromozomlar arasında bilgi alışverişi yapılarak yeni kromozomlar oluşturulur [11].

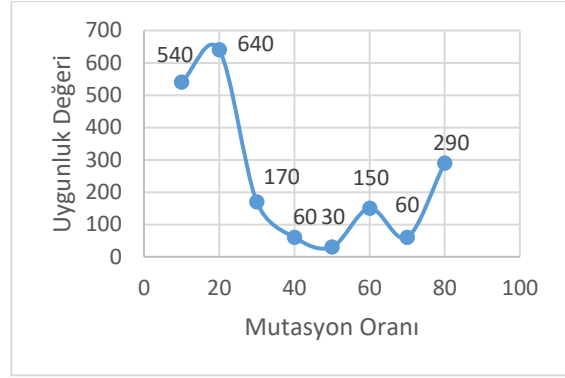
Literatürde çeşitli çaprazlama operatörleri mevcuttur. Bu çalışmada çaprazlama yöntemi olarak kromozom yapımıza uygun olan Kısmen Uyumlu Çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Şekil 5'te 50 popülasyon sayısı ve 1000 iterasyon sayısı sabit tutularak farklı çaprazlama oranları ile uygunluk değerinin değişimi gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre %30-%60 arasında çaprazlama oranının iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 4: GA yönteminin çaprazlama oranına göre uygunluk değeri sonuçları

(Fitness value results of GA method according to crossover)

Mutasyon Operatörü: Mutasyon operatörünün kullanımı GA'nın çözüm geliştirme sürecinin son aşamasıdır. Bu aşamada genellikle kromozomun iki noktası arasında yer değiştirme işlemi yapılmaktadır. Bu çalışmada kromozom yapısı dikkate alınarak bir mutasyon operatörü geliştirilmiştir. Başlangıç popülasyonu geliştirilirken dersler istenilen dersliklere yani kromozom yapısındaki satırlara atanacak şekilde yapılmıştır. Sonrasında mutasyon operatörü iki noktayı rastgele seçmek yerine ilk noktayı rastgele seçip ikinci noktayı ilk nokta ile aynı satırdan seçerek algoritmanın uygun çözüme yakınsaması hızlandırılmıştır. Şekil 5'te 50 popülasyon sayısı ve 1000 iterasyon sayısı sabit tutularak farklı mutasyon oranları ile uygunluk değerinin değişimi gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre %40-%70 arasında mutasyon oranının iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 5: GA yönteminin mutasyon oranına göre uygunluk değeri sonuçları

(Fitness value results of GA method according to mutation rate)

Yapılan deneyler sonucunda, ders programı için uygun çözüme ulaşan deneylerin parametreleri, uygunluk değerleri ve çalışma süreleri Tablo 1'de paylaşılmıştır. Uygun çözüme ulaşamayan bazı deneyler şekillerde paylaşılmış fakat deney tablosuna eklenmemiştir.

Tablo 1: Deneysel Tablosu (Test Table)

Popülasyon Sayısı	İterasyon Sayısı	Seçim Operatörü	Çaprazlama Oranı (%)	Mutasyon Oranı (%)	Elitizm Sayısı	Uygunluk Değeri	Zaman (Dk)
20	1000	Rulet	40	60	2	90	4.9240
20	2000	Rulet	80	20	2	160	7.6189
20	3000	Rulet	60	40	2	120	12.1905
50	1000	Rulet	30	70	2	60	7.1777
50	1000	Rulet	40	60	2	150	7.4854
50	1000	Rulet	60	40	2	60	7.3652
50	1000	Rulet	50	50	2	30	8.0109
50	1000	Türnuva	60	40	2	60	7.2749
50	2000	Türnuva	50	50	2	120	14.1237
80	1000	Türnuva	40	60	2	60	11.1836
80	1000	Rulet	50	50	2	60	10.8797
100	1000	Türnuva	50	50	2	30	12.6741
100	1000	Rulet	40	60	2	30	12.9415
100	1000	Türnuva	30	70	2	60	13.7593
100	1000	Rulet	70	30	2	60	12.9866
100	1000	Rulet	50	50	2	60	12.5832
100	2000	Türnuva	70	30	2	80	27.6699
100	1000	Rulet	30	70	2	30	13.7162
100	2000	Türnuva	80	20	2	40	26.0067
120	1000	Rulet	50	50	2	30	14.7453
150	1000	Türnuva	50	50	2	30	18.9699
150	1000	Rulet	50	50	2	90	20.7375
200	1000	Türnuva	40	60	2	60	25.4325
200	1000	Rulet	50	50	2	60	24.0480
200	1000	Türnuva	50	50	2	30	25.1464
250	1000	Türnuva	50	50	2	60	29.9808
250	1000	Rulet	50	50	2	60	30.2645
500	1000	Rulet	50	50	2	90	57.4138
500	2000	Rulet	80	20	2	60	369.5084
500	1000	Türnuva	50	50	2	30	59.9206

4. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

Bu çalışmada bir optimizasyon yöntemi olan GA'nın farklı operatörleri ve parametreleri kullanılarak yapılan deneyler sonucunda zor bir optimizasyon problemi olan ders programı çizelgeleme probleminin uygun çözümü sunulmuştur. Deneyler için, 9 bölüm, 220 tane ders, 91 tane öğretim elemanı ve 35 şubeye sahip fakülte verileri ve Intel (R) Core (TM) i5-4200U, 1.60-2.30 GHz işlemciye ve 4 GB RAM'e sahip bir bilgisayar kullanılmıştır. GA yönteminin operatörlerinin ve parametrelerinin her birinin birbiriyle önemli ilişkisinin olduğu görülmüştür. GA operatörleri ve parametreleri uygun çözümlere ulaşmada dikkat edilmesi gereken noktalardan birisidir. Bundan dolayı operatör ve parametreler ile birçok deney yapılarak birbirleriyle olan ilişkisi görülmeye çalışılmış ve algoritmanın çalışma süreleri gözlemlenmiştir. Böylelikle uygun çözümlerin bulunması amaçlanmıştır. Bu çalışmada hem bizim fakültemizin hem de farklı fakültelerin kullanabileceği ve bütün bölümlerin ders programını kısa sürede ve tek tabloda hazırlayan bir algoritma geliştirilmiştir. Ayrıca öğretim elemanlarının istekleri ve ilgili fakültenin tüm kaynakları dikkate alınarak hazırlanan bu ders programı, lisansüstü programların ve idari görevlerin ayarlanması konusunda da fakülteye kolaylık sağlayacaktır. Çalışmanın devamı olarak GA'nın diğer optimizasyon teknikleri ile kıyaslaması yapılacak ve GA'nın performansını artırmak için çeşitli algoritmaların birlikte kullanıldığı hibrit yöntemlerle ilgili çalışmalar gerçekleştirilecektir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Akkan, C., & Gülcü, A., "A bi-criteria hybrid Genetic Algorithm with robustness objective for the course timetabling problem.", *Computers & Operations Research*, 90, 22-32, 2018.
- [2] Chambers, L. D., *The practical handbook of genetic algorithms: Applications*. Chapman and Hall/CRC, 2000.

- [3] Çolak, R. "Sezgisel Algoritmalarla Ders Programı Çizelgeleme Problemi Çözümü." Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, 2015.
- [4] Çunkaş, M. "Genetik Algoritmalar ve Uygulamaları Ders Notları." Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Konya, 2006.
- [5] Fang, X. "Engineering design using genetic algorithms." 2007.
- [6] Feng, X., Lee, Y., & Moon, I. "An integer program and a hybrid genetic algorithm for the university timetabling problem." *Optimization Methods and Software*, 32(3), 625-649, 2017.
- [7] Fredrikson, R., & Dahl, J. "A comparative study between a simulated annealing and a genetic algorithm for solving a university timetabling problem." 2016.
- [8] Haupt, R. L., & Ellen Haupt, S. *Practical Genetic Algorithms*, 2004.
- [9] Holland, J., *Genetic Algorithms Scientific American*, 1992.
- [10] Junn, K. Y., Obit, J. H., & Alfred, R. "The Study of Genetic Algorithm Approach to Solving University Course Timetabling Problem." In *International Conference on Computational Science and Technology* (pp. 454-463). Springer, Singapore, 2017.
- [11] Mathew, T. V. *Genetic algorithm. Report submitted at IIT Bombay*, 2012.
- [13] Michalawicz, Z. *Genetic Algorithms+ Data structure= Evaluation Programs*, 1996.
- [14] Palko, S. "Structural optimisation of an induction motor using a genetic algorithm and a finite element method." Helsinki University of Technology, 1996.
- [15] Salman, A., & Hanna, R. "A Comparative Study between Genetic Algorithm, Simulated Annealing and a Hybrid Algorithm for solving a University Course Timetabling Problem.", 2018.