

## GENETİK ALGORİTMA İLE SINAV ÇİZELGELEME\*

Serkan TAŞTAN<sup>1</sup>

Halime SUVAY EKER<sup>2</sup>

### ÖZET

Üniversitelerde sınavların belirli bir düzen içinde gerçekleştirilebilmesi için sınavlara ait tarih, saat ve yer planları bir çizelge şeklinde hazırlanmaktadır. Sınav çizelgeleri hazırlanırken birçok kısıt dikkate alınarak öğrencileri ve öğretim elemanlarını memnun eden bir çizelge oluşturulması amaçlanmaktadır. Ancak bu çizelgelerin genellikle öğretim elemanları tarafından elle hazırlanması çizelgelerin tamamlanma süresini arttırmakta ve istenilen kısıtların sağlanmasını güçleştirmektedir. Bu çalışmanın amacı sınav çizelgeleme problemine genetik algoritma ile çözüm bulmaktır. Bundan hareketle sınav çizelgeleme problemini genetik algoritma yardımıyla çözebilen bir web uygulaması geliştirilmiştir. Problemin çözümünü ve uygulamanın geliştirilmesini kolaylaştırmak amacıyla ilk olarak sınavları belirli tarih aralığına atayan bir genetik algoritma oluşturulmuş daha sonra bu yerleştirilen sınavları sınıflara atayan ikinci bir genetik algoritma oluşturularak problemin iki aşamada çözülmesi sağlanmıştır. Hazırlanan Genetik Algoritma ile Sınav Çizelgeleme Uygulaması Sivas Cumhuriyet Üniversitesi (SCÜ), İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinden (İİBF) alınan gerçek veriler kullanılarak söz konusu fakültenin ihtiyaçları doğrultusunda ara sınav ve final sınav çizelgeleri hazırlamak için çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar genetik algoritmanın sınav çizelgeleme problemini belirlenen kısıtları sağlayarak kısa zamanda başarılı bir şekilde çözebildiğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Genetik Algoritma, Sınav Çizelgeleme, Sezgisel Algoritmalar

## EXAM TIMETABLING WITH GENETIC ALGORITHM

### ABSTRACT

In order to carry out the exams in universities in a certain order, the dates, times and place plans of the exams are prepared in the form of a timetable. While preparing the exam timetabling, it is aimed to create a table that satisfies students and instructors by considering many constraints. However, the manual preparation of these timetables by instructors generally increases completion time. The purpose of this study is to find a solution to the exam timetabling problem by using genetic algorithms. Based on this, a web application was developed to solve the problem of exam timetabling. First, a genetic algorithm was created that assigns exams to a specific date range in order to facilitate the solution process of the problem. Then, a second genetic algorithm was created that places the assigned exams in classes. Thus, the problem was solved in two stages. The developed application used to timetable midterm and final exams according to the needs of the faculty, using real data obtained from the Faculty of Economics and Administrative Sciences of Sivas Cumhuriyet University. The results showed that the genetic algorithm can successfully solve the exam timetabling problem in a short time by satisfying required constraints.

**Keywords:** Genetic Algorithm, Exam Timetabling, Heuristic Algorithms

\* Bu makale, Doç. Dr. Serkan TAŞTAN danışmanlığında, Halime SUVAY EKER tarafından hazırlanan “Sınav Çizelgeleme Probleminin Çözümü İçin Genetik Algoritma Yaklaşımı” başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

<sup>1</sup> Doç. Dr. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İ.İ.B.F., Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Sivas, stastan@cumhuriyet.edu.tr; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0889-9191>

<sup>2</sup> Öğr. Gör. İstanbul Okan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bilişim Sistemleri ve Teknolojileri Bölümü, İstanbul, halime.suvay@okan.edu.tr; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5310-7627>

## Giriş

Üniversitelerde öğrencilerin başarı seviyelerini belirlemek amacıyla yapılan ara sınavlarına ve final sınavlarına ilişkin programlarının hazırlanması, sınavların öğretim elemanlarına, zaman aralıklarına ve fiziki mekânlara minimum kaynak ile atanması sürecini kapsamaktadır. Ancak bu atamaların gerçekleştirilmesinde etkili olan birçok kısıt mevcuttur. Sınava giren öğrenci sayısının atama yapılacak sınıf kapasitesini geçmemesi, bir öğrencinin aynı dönemde aldığı derslere ait sınavların aynı zamana konulmaması, bir öğretim elemanının aynı anda birden çok sınavının olmaması ve sınav takviminin belirli bir zaman aralığında gerçekleştirilmesi bu kısıtlardan bazılarını oluşturmaktadır (Köçken vd., 2014: 29-30).

Sınav çizelgeleme problemleri hem genel problem kısıtlarını hem de öğrenciler, öğretim elemanları gibi farklı grupların tercihlerini veya isteklerini içerdiğinden dolayı, bazı durumlarda, sınav programından sorumlu karar vericiler için genel problem kısıtlarının yanında bu grupların tercihlerini veya isteklerini yerine getirmek oldukça zor olmaktadır. Netice itibarıyla, her grubu memnun eden bir çözümün bulunması çoğunlukla muhtemel olmadığından, çizelgeyi hazırlamakta yükümlü kişiler, dengeli bir sınav çizelgesi için tecrübeye dayalı bir çözüm yolu geliştirmektedirler (Çavdur vd., 2018: 168). Bu tarz çözülmesi zor olan problemleri kısa sürede çözmek, daha tutarlı ve tarafsız sonuçlar almak için modern optimizasyon tekniklerinden faydalanmak gerekmektedir. Bu nedenle, bu makalede, sınav çizelgeleme problemi, optimal olmasa da optimal çözüme yakın değerler bulan sezgisel algoritmalarından biri olan genetik algoritmalar ile ele alınmıştır.

Genetik algoritmalar seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi teknikleri kullanarak verilen bir problem için en uygun çözümü bulmaya çalışmaktadır (Tabassum ve Mathew, 2014: 124). Seçim işlemiyle performansı iyi olan kromozomların seçilme ihtimali daha yüksek olsa bile bütün kromozomlara seçilme fırsatı verilmektedir. Seçilen kromozomların çaprazlanmasıyla aday çözüm kümesinde yer almayan yeni kromozomların üretilmesine olanak tanınmaktadır. Mutasyon operatörü sayesinde ise çözüm uzayının daha önce keşfedilmemiş bölgeleri ortaya çıkarılmaktadır (Genel, 2004: 33-34).

Bu makalede sınav çizelgeleme problemini genetik algoritma yöntemi ile çözmek amaçlanmış bu doğrultuda bir program üzerinde çalışılmıştır. Program bir web uygulaması şeklinde hazırlanarak C# dilinde yazılmıştır. SCÜ, İİBF'den alınan gerçek veriler Sqlite veri

tabanında tutulmuş, programda bu veri tabanından yararlanılmıştır. Programa AForge Genetic Kütüphanesi eklenerek genetik algoritma işlemlerinin bu kütüphane yardımıyla yapılması sağlanmıştır. Problemin çözümünü ve uygulamanın geliştirilmesini kolaylaştırmak amacıyla iki farklı genetik algoritma oluşturulmuştur. Birinci genetik algoritma “Belirlenen Tarih Aralığına Sınavların Atanması”, ikinci genetik algoritma ise “Sınav Salonu Ataması” için çalıştırılmıştır. İlk olarak ara sınav çizelgesi ele alınmış, daha sonra final sınav çizelgesi ele alınarak program çalıştırılmıştır. Programın hem ara sınav hem de final sınav çizelgeleri için çalıştırılması esnasında kullanılacak uygun popülasyon büyüklüğü, iterasyon sayısı, mutasyon ve çaprazlama oranı parametrelerinin değerleri araştırılmıştır. Alınan sonuçlara göre Genetik Algoritma ile Sınav Çizelgeleme Uygulamasının performansı değerlendirilmiştir.

## I. Literatür

Adamidis ve Arapakis (1999), yaptıkları çalışmada gerçek bir ders çizelgeleme problemi üzerinde evrimsel algoritmaları uygulayarak elde edilen sonuçları sunmuşlardır. Sonuçlar, evrimsel algoritmaların her zaman herhangi bir zorunlu kısıtı ihlâl etmeden uygun bir sonuç üretebileceğini göstermiştir (Adamidis ve Arapakis, 1999).

Yu ve Sung (2002), yaptıkları çalışmada üniversitelerde kullanılan haftalık ders çizelgeleme problemi çözümü için sektör tabanlı bir genetik algoritma önermişlerdir. Sektör kavramını tanıtmışlar ve başlatma, çaprazlama ve mutasyon prosedürlerini uygulamışlardır. Kısıtları esnek ve zorunlu kısıtlar olarak bölmüşlerdir. Çözümleri uygun bir uzayda tutmak için, zorunlu kısıtları “kontrol et ve onar” işlemiyle düzenlemişlerdir. Deneyleleri üniversitenin gerçek verileri üzerinde uygulayarak umut veren sonuçlar elde etmişlerdir (Yu ve Sung, 2002).

Čupić, Golub ve Jakobović (2009), genetik algoritma tabanlı çözümü kullanarak sınav zaman çizelgesi problemi ile ilgili bir örnek olay incelemesi sunmuşlardır. Algoritmanın çeşitli varyasyonlarını ve algoritma parametrelerinin etkisini analiz etmişlerdir (Cupic vd., 2009).

Pillay ve Banzhaf (2010), çalışmalarında sınav zaman çizelgesi problemine çözüm üretmek için genetik algoritmaların kullanımını araştırmışlar ve sonuçlarını sunmuşlardır. Bu alanda yapılan genetik algoritma uygulamalarından farklı olarak probleme iki aşamalı bir sistem getirmişlerdir. İlk aşamada zorunlu kısıtları karşılayan zaman çizelgesine odaklanırken, ikinci aşamada esnek kısıtları azaltmak için iyileştirmeler yapmışlardır. Bu sistemi 13 gerçek problem

üzerinde test etmişlerdir. Sistemin gösterdiği performans diğer evrimsel tekniklerle karşılaştırıldığında bazı durumlarda daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca geliştirilen sınav çizelgesinin kalitesinin bu alanda üretilen en iyi sonuçların arasında olduğu belirtilmiştir (Pillay ve Banzhaf, 2010).

Bayata (2012), tarafından yapılan çalışmada NP-zor problemler sınıfına giren ders çizelgeleme probleminin çözümü genetik algoritmalar kullanılarak incelenmiştir. Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde kullanılmak üzere ders programı hazırlamak amacıyla bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılımın geliştirilmesinde genetik programlama ve C++ dili kullanılmıştır. Genetik parametreler üzerinde yapılan deneylerin sonuçlarına bakılarak genetik algoritmanın performansı ölçülmüştür (Bayata, 2012).

Mahto ve Kumar (2015), yaptıkları çalışmada çok kısıtlı bir problem olan sınav zaman çizelgeleme problemi için genetik algoritma kullanarak en uygun zamanlamayı oluşturmayı amaçlamışlardır. Çalışma bittiğinde, özellikle zaman çizelgeleme probleminde genetik algoritmaların ilgi çekici olduğu değerlendirilmiştir. Genetik algoritmanın karmaşık optimizasyon problemlerini etkili bir şekilde çözebileceği ifade edilmiştir. Uygunluğa göre en iyi seçilmiş değer ile verilen parametrelere göre optimize edilmiş bir zaman çizelgesi oluşturulmuştur (Mahto ve Kumar, 2015).

Öztürk (2017), tarafından yapılan çalışmada oldukça zahmetli bir iş olan sınav programı için iki aşamalı sezgisel bir algoritma hazırlamıştır ve bu algoritma ile bir yazılım geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda geliştirilen yazılımın sınav programına ait tüm kısıtları sağladığı görülmüştür. Ayrıca elle oluşturulan sınav programından daha az sınıf ve gözetmen kullanılması, öğrencilerin sınav çakışması yaşamaması gibi avantajlar elde edilmiştir (Öztürk, 2017).

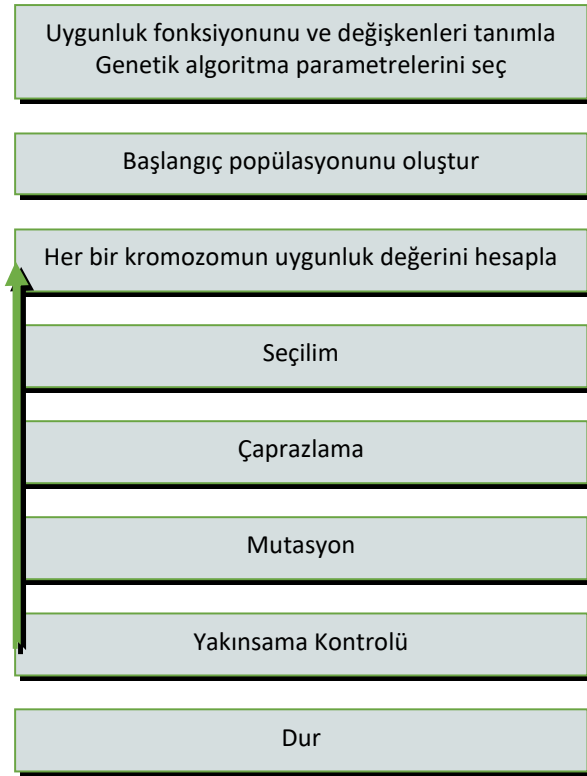
## II. Genetik Algoritmalar

Evrimsel hesaplamaların bir parçası olan genetik algoritmaların günümüzdeki şekli ilk olarak 1975 yılında, psikolog ve bilgisayar bilimleri uzmanı John Henry Holland tarafından Michigan Üniversitesi'nde ortaya atılmıştır (Nabiyev, 2012: 602). John H. Holland'ın David Goldberg isimli öğrencisi tezi için gaz boru hattı iletim kontrolünü içeren zor bir problemi çözmesi sonrasında genetik algoritmalar popülerleşmiştir (Haupt ve Haupt, 2004: 22).

Genetik algoritmalar doğal evrim teorisi sürecinden ilham alınarak oluşturulduğu için genetik algoritmada kullanılan terimler evrimsel kuramdakilere benzemektedir. Evrimsel süreçte ve genetik algoritmalarda ortaklık gösteren kavramlardan gen, doğal evrim sürecinde kendi başına anlamlı genetik bilgi taşıyan en küçük yapıya denilmektedir. Doğada genlerin bir araya gelmesiyle oluşan yapı kromozom şeklinde tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, genetik algoritmalarda gen, kromozomları (dizileri) oluşturan her bir elemanın özelliğini temsil etmektedir (Taşkın ve Emel, 2009: 26). Kromozomların bir araya gelerek oluşturdukları yapıya popülasyon denmektedir. Problem çözümünde genetik algoritmanın kullanılması sırasında popülasyon kümesinden birtakım kromozomlar yaşamını yitirirken yerlerine yeni kromozomların yaratılmasıyla popülasyon büyüklüğü korunmaktadır (Elmas, 2016: 412).

Genel anlamda, genetik algoritmalar kromozomlardan meydana gelmiş bir popülasyona seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını kapsamaktadır. Söz konusu bu operatörler kullanılarak çocuk kromozomlardan oluşan yeni bir popülasyon yaratılmaktadır. Çocuk kromozomların oluşturduğu yeni popülasyon ile ebeveynlerin oluşturduğu eski popülasyon yer değiştirilmektedir. Her bir kromozom uygunluk değerine sahiptir ve kromozomları seçme işlemi uygunluk değerlerine bakılarak yapılmaktadır. Uygunluk değeri ortalama uygunluk değerinden yüksek olan kromozomların gelecek nesillere aktarılma ihtimali daha yüksektir. Popülasyonun ortalama uygunluk değerini gitgide artmasını sağlayan evrim süreci, gelecek nesillerin daha iyi uygunluk değerleri barındıracağına işaret etmektedir (Taşkın ve Emel, 2009: 13-14). Elde edilen en son nesildeki en uygun kromozom problemi optimal çözüme götürmektedir. Bu çözüm daima optimum olmayabilmektedir ancak muhakkak optimuma yaklaşmaktadır (Karaboğa, 2017: 75). Genetik algoritmaların aşamaları Şekil 1'de en basit haliyle gösterilmiştir.

Kodlama işlemi, genetik algoritma ile çözülecek bir problemde uygulanan ilk adımdır. Çözümlerin kodlanmasıyla problemdeki bilgiler genetik algoritmanın kullanacağı şekle dönüştürülmektedir. Farklı tiplerdeki problemler farklı kodlama biçimleri gerektirebilmektedir. Her türden probleme uygulanabilen bir kodlama henüz mevcut değildir. Hatta benzer özellik gösteren problemlere bile farklı kodlama uygulanabilmektedir (Taşkın ve Emel, 2009: 33). Genetik algoritma yöntemi ile bir problem çözüleceği zaman problemin türüne göre kromozomları kodlamak gerekmektedir. Genetik algoritmada kullanılan yaygın kodlama türleri ikili kodlama, permütasyon (sıralı) kodlama, değer kodlama ve ağaç kodlamadır.



**Şekil 1.** Genetik Algoritma Akış Diyagramı

Kaynak: Haupt, Randy L. ve Haupt Sue E. (2004). *Practical Genetic Algorithms*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, s.52.

Genetik algoritmayı en iyi duruma getirmeye çalışan fonksiyona uygunluk fonksiyonu denmektedir. Genetik algoritma tarafından üretilip aday çözüm niteliği taşıyan her bir kromozomun istenilen çözüme ne kadar yakın olduğu uygunluk fonksiyonu yardımıyla ortaya çıkarılmaktadır. Buna göre uygunluk fonksiyonu, kromozomların değerlendirilmesini sağlayan bir mekanizmadır. Bu nedenle bu fonksiyon genetik algoritmanın en önemli parçalarından biridir (Akadal, 2017: 35; Carr, 2014: 2). Uygunluk değeri, popülasyondaki her bir bireyin uygunluk fonksiyonunda işleme konulmasıyla hesaplanmaktadır. Algoritmanın hazırlık aşamasında belirlenen uygunluk fonksiyonu yardımıyla popülasyondaki bütün bireylerin uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. Elde edilen uygunluk değerlerine bakılarak hangi bireylerin bir sonraki kuşakta yer alacağına hangisinin yok edileceğine karar verilmektedir. Uygunluk değeri yüksek

olan bireylerin bir sonraki kuşakta yer alma şansları uygunluk değeri düşük olan bireylere göre daha fazladır (Elmas, 2016: 413).

Karmaşık problemleri çözerken genetik algoritmaların gelişmiş ve probleme özgü genetik operatörlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Başlangıçta bireyler belirlendikten sonra genetik algoritmalar seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleriyle işlem yapmaktadır. Genetik algoritmaların performansı için bu operatörlerin etkin kullanılması oldukça önemlidir (Karaboğa, 2017: 77; Yılmaz, 2017: 149).

Mevcut kuşakta bulunan dizilerin uygunluk değerleri hesaplandıktan sonra elde edilen değerlere bakılarak yeni bir popülasyon oluşturulmaktadır. Seçim operatörü ile bir sonraki kuşakta hangi bireylerin yer alması gerektiğine karar verilmektedir. Genellikle seçilme olasılığı kromozomun sahip olduğu uygunluk değeri ile doğru orantılıdır. Uygunluk değeri ortalamanın üzerinde bulunan dizilerin bir sonraki kuşağa aktarıldıklarında katkıları daha çok olacağı için seçilme ihtimalleri artmaktadır. Bu olay evrim teorisindeki en iyinin hayatta kalması durumuna benzemektedir (Taşkın ve Emel, 2009: 46). Yaygın olarak kullanılan seçim yöntemleri rulet tekerleği ve turnuva seçilimidir.

Çaprazlama operatörü, hücre mayozundaki kromozomların çapraz gen oluşturmasına ve biyolojik çaprazlamaya benzemektedir ve iki kromozomdan rastgele seçilen bir yerin öncesi ve sonrasındaki alt dizinleri birbirleriyle yer değiştirerek iki yavru yaratmaktadır (Carr, 2014: 4; Mitchell, 1996: 8). Bu sayede popülasyonda iyi özelliklere sahip kromozomların bir arada olmasını kolaylaştırarak en iyiye yaklaştırmaya yardımcı olmaktadır (Nabiyev, 2012: 604). Çaprazlamada amaç, bir kuşakta bulunan tüm çözümlerin meydana getirdiği gen havuzunun potansiyelini incelemektir. Genetik algoritmalarda çok farklı çaprazlama türleri görülmektedir. Bunlardan en yaygın kullanılanlara tek noktalı çaprazlama, iki noktalı çaprazlama, tekdüze çaprazlama ve sıralı çaprazlama örnek gösterilmektedir (Taşkın ve Emel, 2009: 18-27). Sıralı kromozomlar için ise PMX ve OX çaprazlama yöntemlerindedir.

Mevcut popülasyon problemin çözülmesi için ihtiyaç duyulan tüm bilgiyi içermediğinde, talebi karşılayan bir çözüm elde edilememektedir. Bu sebeple var olan gen havuzundan yeni diziler yaratabilecek bir operatöre ihtiyaç olmaktadır. İşte bu gibi durumlarda mutasyon operatörü kullanılmaktadır. Mutasyon operatörü basit genetik algoritmada, dizideki herhangi bir genin değerini rastsal olarak değiştirmektedir (Taşkın ve Emel, 2009: 57). İkili kodlama ile kodlanmış

kromozomlardaki 0'ları 1 bitine, 1'leri 0 bitine rastgele çevirmektedir (Carr, 2014: 4). Literatürde 1'lerin 0'lara, 0'ların 1'lere dönüştürülmesinden farklı olarak sıra tabanlı mutasyon yöntemleri de kullanılmaktadır. Tersinme, yerleştirme, karşılıklı değişim ve kaydırma bu yöntemlerdendir.

### III. Genetik Algoritma İle Sınav Çizelgeleme

Çizelgeleme problemleri ile 20. yüzyılın başlarından itibaren ilgilenilmiştir. Henry Grant ve arkadaşlarının çizelgeleme problemlerinin yapısını anlamak için benzer problemleri bir araya getirmeleri ve basit bir modeli baz alarak çözüme ulaşma çabaları bu konu üzerinde yapılan ilk çalışmaları temsil etmektedir. Çizelgeleme problemleri birçok değişik alanda kullanılmaktadır. Örneğin, eğitim, üretim, ulaştırma, hizmet, finans, makine/insan işgücü gibi alanlarda her türlü kaynağın etkili ve verimli bir şekilde kullanılması için yapılan planlamanın temelinde “Çizelgeleme Problemi” yatmaktadır (Gürel, 2012: 2 - 3). Zaman çizelgeleme probleminde amaç belirli kurallar içerisinde oluşturulan kısıtları yerine getirmek üzere sınırlı kaynaklara belirli bir sürede gerekli atamaların yapılmasını sağlamaktır (Köçken vd., 2014: 29).

Temelinde zaman çizelgeleme olan sınav çizelgeleme problemi okullar ve üniversiteler gibi her öğretim kurumunu ilgilendiren bir konudur. Üniversiteler ve çoğu eğitim kurumları, genel olarak sınavları planlarken mevcut kaynaklardan en uygun şekilde yararlanarak zaman ve yer ataması yapmak için sınav zaman çizelgelerini kullanmaktadırlar. Sınav çizelgeleme, sınavların ve sınıfların çeşitli kısıtlara tabi olarak belirli zaman dilimlerinde düzenlenmesini gerektirmektedir. Eğitim kurumları her dönem, mevcut personel, öğrenci ve sınav sayısını göz önünde bulundurarak yeni bir sınav çizelgesi hazırlamaktadır (Dahiya vd., 2015: 165).

SCÜ, İİBF’de yapılan ara sınavların ve final sınavlarının belirlenen tarih aralıklarına, ortak yapılacak sınavları, öğretim elemanlarının ve öğrencilerin isteklerini de dikkate alarak, belirli kısıtlar dahilinde en uygun şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca yerleştirilen sınavların gerçekleştirilmesi için yeterli kapasiteye sahip bir sınıfın atanması ve birden fazla sınıf gerektiren durumlarda sınıfların yakınlığını hesaba katarak atamanın yapılması istenmektedir.



## A. Kromozom Yapısı

Problemin çözümü iki farklı aşamada ele alındığı için iki farklı kromozom yapısı kullanılmıştır. İlk olarak belirlenen tarih aralığına sınavların atanması için ikinci olarak sınav salonu atanması için kromozom yapısı hazırlanmıştır. Aşağıda belirlenen tarih aralığına sınavların atanması için oluşturulan kromozom yapısı örnek ile açıklanmıştır. Tablo 1’de görüldüğü üzere 5 Aralık ve 14 Aralık tarihleri arasında 09:00, 11:00, 13:00, 14:30 ve 16:00 olmak üzere beş oturumda sınavların gerçekleştirildiği varsayılmıştır. Tabloda yer alan 1’den 49’a kadar olan sayıların her biri bir sınav oturumunu temsil etmektedir. Örneğin, 20 numaralı oturum 9 Aralık günü saat 09:00’da bir sınavın atanabileceğini ifade etmektedir. Bu ifade edilen sayılar her bir gende yer alacak değerleri göstermektedir.

Tablo 1. Oturum Kodlaması

	09:00	11:00	13:00	14:30	16:00
5 Aralık	1	2	3	4	5
6 Aralık	5	6	7	8	9
7 Aralık	10	11	12	13	14
8 Aralık	15	16	17	18	19
9 Aralık	20	21	22	23	24
10 Aralık	25	26	27	28	29
11 Aralık	30	31	32	33	34
12 Aralık	35	36	37	38	39
13 Aralık	40	41	42	43	44
14 Aralık	45	46	47	48	49

Bu doğrultuda ders sayısı kadar gen oluşturulacaktır ve her bir gendeki değer yukarıdaki tabloda yer alan sayıyı içermektedir.

Tablo 2. Kromozom Yapısı

d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d1	d1	d1	d1	d1	d1	d1	d1	d21	d21	d21	d21	d21	d21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	...	2	3	4	5	6	7	
2	2	1	3	8	6	2	2	1	3	10	11	48	22	30	44	...	22	1	49	28	43	11	
4	4	5			0			5															

Tablo 2’de, d her bir dersi ifade ederken, genlerdeki değerler bir oturumu temsil etmektedir. Buna göre, SCÜ, İİBF’de bulunan söz konusu 217 ders için 217 genli kromozom

oluşturulması gerekmektedir. d3 ifadesi Borçlar Hukuku dersine karşılık gelmektedir. Genin aldığı 15 değeri Tablo 1’de 8 Aralık 09:00 oturumuna denk gelmektedir. Yani, Borçlar Hukuku dersinin sınavı 8 Aralık tarihinde 09:00 oturumunda gerçekleştirilecektir.

Daha önceki yıllarda yapılan sınav atama çizelgelerine bakılarak her ders için maksimum dört sınav salonu atandığı gözlemlenmiştir. Sınıf atama aşamasında, genetik algoritmanın performansını artırmak amacıyla gen sayısını toplam sınav salonu sayısı kullanılarak oluşturmak yerine maksimum dört sınav salonu atanması sağlanacak şekilde kromozom yapısı oluşturulmuştur. Bu doğrultuda 4 x (Aynı oturumda olan ders sayısı) şeklinde bir kromozom oluşturulmuştur. Genlerdeki her bir değer atanmış sınıfları temsil etmektedir.

**Tablo 3. Sınıf Kromozom Yapısı**

1	0	0	5	0	6	30	0	3	4	0	0	0	0	20	21
d1				d2				d3				d4			

Tablo 3 bir binada bulunan sınav salonlarını ve bu salonlara atanan dersler için kromozom yapısını göstermektedir. Kromozom yapısını oluşturan kutularda bulunan (0 hariç) her sayı bir sınav salonunu temsil etmektedir. 0 ifadesi ise sınav salonu atanmadığını göstermektedir. Buna göre, d1 dersinin sınavı için 1. ve 5. sınav salonları, d2 için 6. ve 30. sınav salonları, d3 için 3. ve 4. sınav salonları, d4 için 20. ve 21. sınav salonları atandığı anlaşılmaktadır.

## B. Uygunluk Fonksiyonu

Sınav çizelgeleme probleminin çözümünde kullanılacak kısıtların sağlanmaması durumunda her bir kısıt için bir ceza puanı uygulanmıştır. Ceza puanları kısıtların esnek ve zorunlu olma durumlarına göre belirlenmiştir. Zorunlu kısıtlara yüksek ceza puanları verilirken, esnek kısıtlara daha düşük ceza puanları verilmiştir. Uygunluk değeri sıfır ile bir arasında sonuç döndürecek şekilde hesaplanmıştır. Bu doğrultuda her bir kısıt için ceza puanı “C” ve toplam kısıt sayısını n olmak üzere uygunluk değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$UygunlukDeğeri = 1 / \left( \sum_{i=1}^n C_i + 1 \right) \quad (1)$$

Uygunluk değerinin bir olması bütün kısıtların sağlandığını ifade etmektedir. Belirlenen tarih aralığına sınavların yerleştirilmesi ve sınav salonu atama işlemlerinde kullanılan kısıtlar Tablo 4’te ve Tablo 5’te belirtilmiştir.

**Tablo 4.** Sınav Yerleştirme Kısıtları ve Ceza Puanları

	<b>Belirlenen Tarih Aralığına Sınavların Atanması İçin Sağlanması Gereken Kısıtlar</b>	<b>Ceza Puanı</b>
<b>C1</b>	Her sınıfın bir günde sadece bir sınavı olabilir.	<b>0,8</b>
<b>C2</b>	Bir öğretim elemanının bir periyotta sadece bir sınavı olabilir. Sınav başlangıç ve bitiş sürülerinde bir çakışma olmamalı.	<b>1</b>
<b>C3</b>	Atanan sınavın süresi periyod dışına çıkmamalı.	<b>1</b>
<b>C4</b>	Aynı periyotta yer alan derslerin öğrenci sayılarının toplamı, sınav salonlarının kapasitelerinin toplamının %70’ini geçemez.	<b>1</b>
<b>C5</b>	Öğretim elemanının sınav yapılmasını istemediği tarih dışında sınav olmasının sağlanması.	<b>0,5</b>
<b>C6</b>	Bir bölümündeki tüm sınıfların aynı anda sadece bir sınavı olabilir.	<b>1</b>

**Tablo 5.** Sınıf Atama Kısıtları ve Ceza Puanları

	<b>Sınav Salonu Ataması İçin Sağlanması Gereken Kısıtlar</b>	<b>Ceza Puanı</b>
<b>CC1</b>	Sınıf kontenjanı öğrenci sayısından az olmamalıdır.	<b>1</b>
<b>CC2</b>	Öğrenci sayısı ile sınıf kontenjanı arasındaki fark en az olmalıdır.	<b>0,02</b>
<b>CC3</b>	Bir sınava atanan tüm sınıfların aynı blokta yer alması gerekmektedir.	<b>0,7</b>
<b>CC4</b>	Bir sınava atanan tüm sınıfların kat farkları en az değildir.	<b>0,2</b>

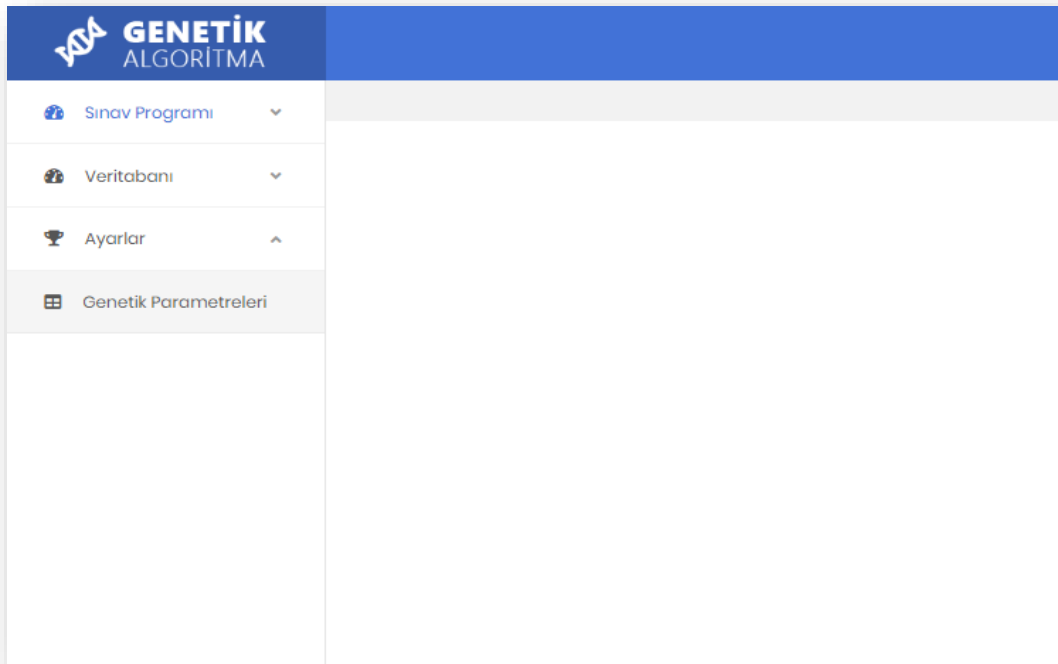
#### IV. Uygulama

Genetik algoritmanın sınav çizelgeleme probleminin çözümü noktasındaki başarısını test etmek amacıyla SCÜ İİBF’den alınan 9 bölüme ait 93 öğretim elemanının vermiş olduğu 217 ders ve 33 adet sınav salonuna ilişkin veriler üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Hazırlanan uygulama belirlenen tarih aralığına sınavları yerleştirip daha sonra salon ataması yapacak şekilde iki aşamalı tasarlandığı için yapılan deneylerde de bu mantık ile hareket edilmiştir. Öncelikle sekiz günü kapsayan ara sınavları için daha sonra on günü kapsayan final sınavları için deneyler yapılmış elde edilen sonuçlara göre Genetik Algoritma ile Sınav Çizelgeleme Uygulamasının başarısı değerlendirilmiştir.

Geliştirilen uygulamada sınav yerleştirme için çalıştırılan genetik algorithmada tek noktalı çaprazlama yöntemi kullanılmış, sınıf atamasında ise OX çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Mutasyon yöntemi olarak hem sınav yerleştirme hem de sınıf atamasında karşılıklı yer değiştirme

ile mutasyon kullanılmıştır. Çaprazlama ve mutasyon esnasında yaşanan değişim sonucunda en iyi kromozomun kaybolmasını önlemek amacıyla bu kromozomun kopyasını alarak saklayan elitizm yöntemi kullanılmıştır. Elitizm yönteminin en iyiyi koruyarak süreç adımlarını izlemesi genetik algoritmanın performansını arttırdığı bilinmektedir.

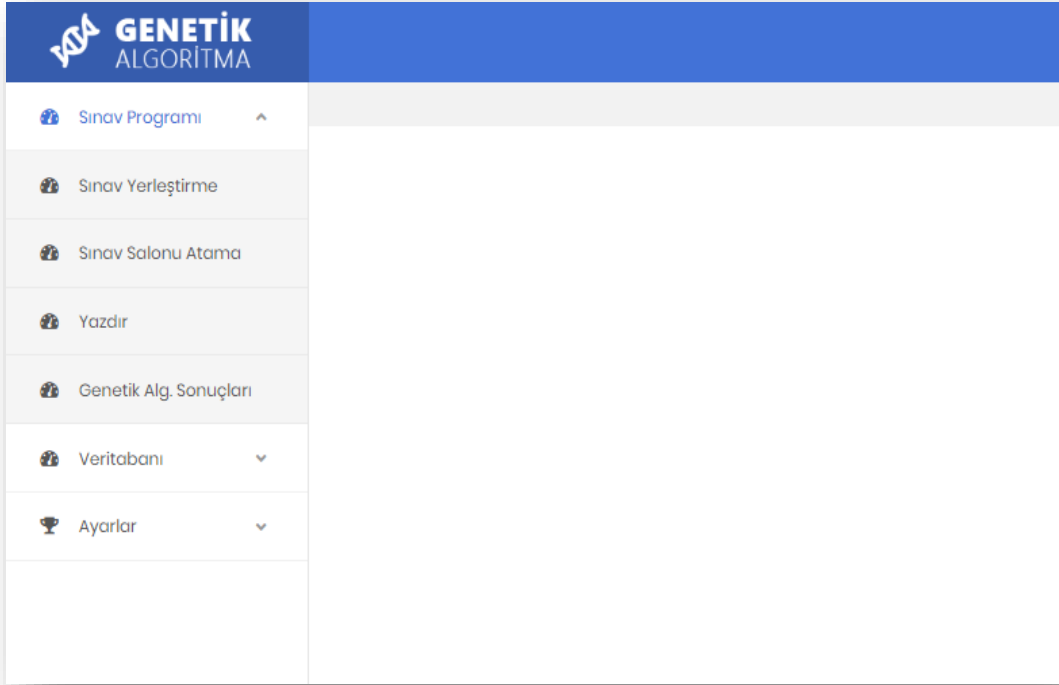
Web uygulaması ilk kez çalıştırıldığında kullanıcının karşısına Şekil 2’de gösterilen ekran gelmektedir. Ekranın sol tarafında Sınav Programı, Veritabanı ve Ayarlar açılır menüleri bulunmaktadır. Ayarlar açılır menüsü altında yer alan Genetik Parametreleri seçeneği tıklandığında genetik algoritmanın sınav ve sınıf ataması için kullanacağı parametre ayarlarını güncelleme ekranı gelmektedir. Sınav yerleştirme ve sınav salonu atama için parametreler ayrı ayrı belirlenmektedir.



**Şekil 1.** Genetik Algoritma ile Sınav Çizelgeleme Programı Giriş Ekranı

Bu aşamadan sonra Sınav Programı açılır menüsü kullanılmaktadır. Sınav Programı açılır menüsü altında; ilgili sınavların belirlenen tarih aralığına ve kısıtlara göre atanmasını sağlayan Sınav Yerleştirme seçeneği, yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra sınavların yapılacağı salonları belirlemek için kullanılan Sınav Salonu Atama seçeneği, atama işlemleri sonuçlarının

listelendiği Yazdır seçeneği ve söz konusu kısıtların ne derecede sağlandığını gösteren grafikleri sunan Genetik Alg. Sonuçları seçeneği yer almaktadır.



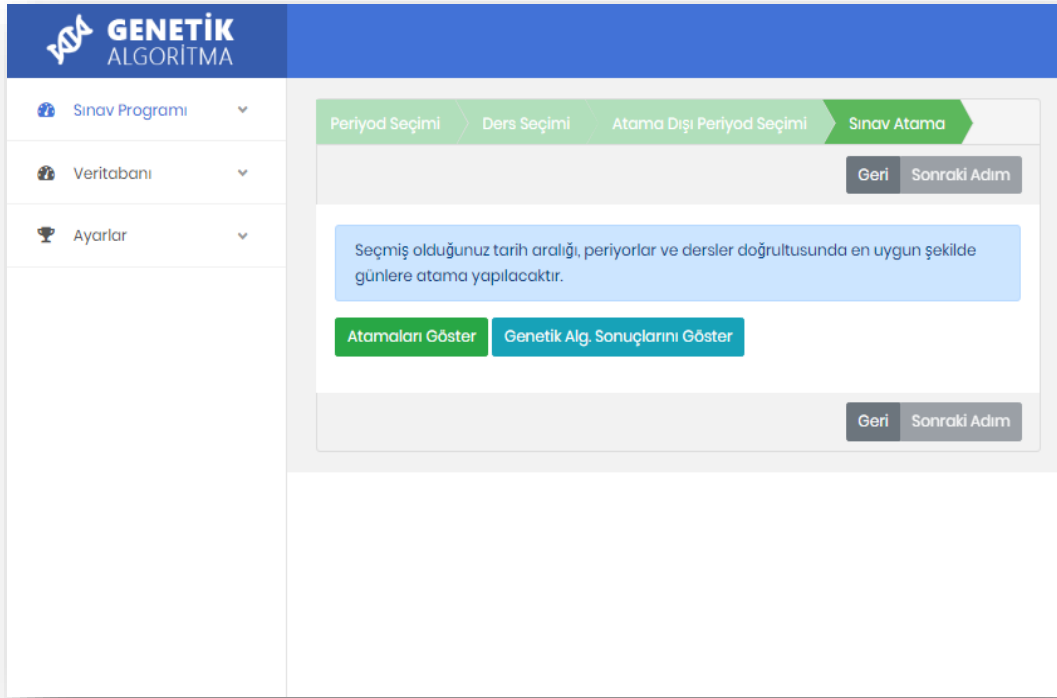
**Şekil 3.** Sınav Programı Açılır Menüsü Altında Yer Alan Seçenekler

Sınav Yerleştirme seçeneğine tıklanarak sınav yerleştirme adımları başlatılmaktadır. Bu aşamada ilk olarak sınavların yapılacağı tarih aralığının belirlendiği ekran gösterilmekte ve ekranda yer alan takvim sayesinde sınavın yapılacağı tarih aralığı işaretlenmektedir.

Tarih aralığı seçildikten sonra kullanıcıya sınav oturumları seçim ekranı gösterilmektedir. Bu ekranda sütunları seçilen günlerden satırları ise 08:00'den başlayarak otuz dakika aralıklarla ilerleyen ve 18:00'a kadar devam eden saatlerden oluşan bir tablo yer almaktadır. Burada seçilen tarih aralığında hangi saatlerin sınav oturumu için kullanılacağı fare yardımıyla ilgili kutu işaretlenerek belirtilmektedir. Yeşil renk ilgili saatlere ve tarihlere sınav atanacağı beyaz renk ise atanmayacağı anlamına gelmektedir.

Sonraki ekranda veri tabanından çekilen dersler öğrenci sayıları ve öğretim elemanları bilgisiyle birlikte listelenmektedir. Sınav yapılacak derse ilişkin seçim bu ekranda gerçekleştirilmektedir. Sınav süreleri uygulamada bir saat ve iki saat olarak belirlenebilmektedir.

Web uygulamasına, öğretim elemanının sınav yapılmasını istemediği tarihlerin girilebilmesini sağlayan ekran da eklenmiştir. Ayrıca bu adımda öğretim elemanlarının farklı bölümlere vermiş olduğu aynı derslerin ortak sınavları da belirtilebilmektedir. Veri girişi tamamlandıktan sonra Sınavları Takvime Yerleştirmeyi Başlat butonuna basılarak sınav ataması başlatılmaktadır.



Şekil 4. Atanan Sınav ve Genetik Algoritma Başarı Sonuçlarına Erişim Ekranı

Sınav atama işlemi tamamlandıktan sonra karşımıza Şekil 4'te gösterilen ekran gelmektedir. Bu ekranda sınav yerleştirme sonuçlarının listelendiği Atamaları Göster butonu ve kısıtların ne kadar sağlandığını gösteren Genetik Algoritma Sonuçlarını Göster butonu yer almaktadır. Atama sonuçları ekranında sınav yerleştirme listeleri; tarih, süre, dersin kodu ve adı, sınıf, öğretim elemanı bilgilerini içerecek şekilde her bölüm için ayrı ayrı oluşturulabilmektedir. Dahası tüm fakülteye ait sınavlar tek bir listede de elde edilebilmektedir. Ayrıca sınav yerleştirme listelerinin xlsx, xls, csv ve txt dosya formatında kaydedilebilmektedir.

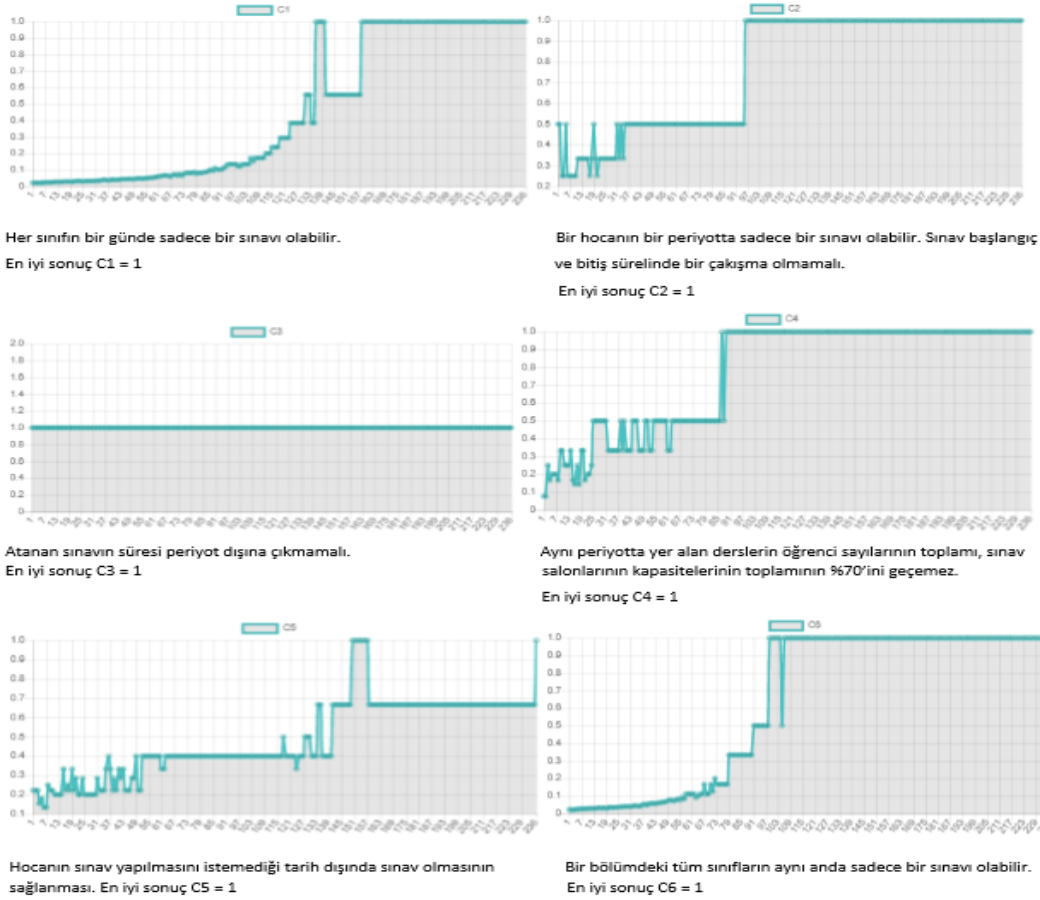
## A. Ara Sınav Durumu

Hazırlanacak ara sınav takvimi için en iyi sınav yerleştirmesini ve sınav salonu atamasını bulmak amacıyla nesil sayısı 500 ve 1000 için popülasyon büyüklükleri (50, 100 ve 200) çaprazlama olasılıkları (0,7, 0,8 ve 0,9) ve mutasyon olasılıkları (0,1, 0,5 ve 0,9) belirlenmiş ve tüm olası kombinasyonları kullanılarak denemeler yapılmıştır.

SCÜ, İİBF’de ara sınavlar sekiz günde yapılmaktadır. Sınavlar 09:00, 11:00, 13:00, 14:30 ve 16:00 olmak üzere beş oturumda gerçekleştirilmektedir. Derslere ait sınav süreleri ise 30 ve 60 dakika sürecek sınavlar için bir saat, 90 ve 120 dakika sürecek sınavlar için iki saat olarak belirlenmiştir.

Sınavlarda genellikle yaklaşık %30 oranında öğretim elemanlarının bazı günlere sınav konulmasını istemediği belirlenmiştir. Bu doğrultuda alınan verilerde bulunan toplam doksan üç öğretim elemanının yirmi yedisi için sınav takviminde bazı günler kapatılmıştır. Yirmi yedi öğretim elemanının on beşi için bir gün, dokuz tanesi için iki gün ve geriye kalan üç tanesi için de üç gün kapatılmıştır. Aynı öğretim elemanının verdiği farklı bölüm kodlarına sahip ancak aynı içerikteki derslerin sınavları öğretim elemanları tarafından ortak olarak yapılmaktadır. Bu doğrultuda ortak özelliğe sahip dersler tek bir ders sayılmış ve bu şekilde ifade edilmiştir. Ortak derslerin seçimi ise yirmi üç öğretim elemanı için yirmi dört ortak ders olarak yazılıma girilmiştir.

Ele alınan kısıtlar doğrultusunda ara sınav çizelgesinin sınav yerleştirme adımı için ilk olarak 500 nesil, 50,100,200,300,400 ve 500 popülasyon, 0,7, 0,8 ve 0,9 çaprazlama oranı ve 0,1, 0,5 ve 0,9 mutasyon oranı ile farklı denemeler yapılmıştır. Ancak bu denemeler sonucunda çoğunlukla C5 ve C4 kısıtının kısmen C1 kısıtının sağlanmadığı görülmüştür. Popülasyon sayısının daha fazla artırılmasının çözümü iyileştirmediğine karar verilmiş ve bu parametre üzerinde yapılan değişikliklere son verilerek nesil sayısında değişikliğe gidilmiştir. Nesil sayısı 1000’e yükseltilmiş ve 200 popülasyon 0,7, 0,8 ve 0,9 çaprazlama oranı ve 0,1, 0,5 ve 0,9 mutasyon oranları ile oluşturulan dokuz farklı deneme yapılmıştır. Bu denemelerde de genellikle C5 ve C4 kısıtının sağlanmayarak uygun çözüme ulaşılamadığı tespit edilmiştir. Yalnız 200 popülasyon 1000 nesil 0,9 çaprazlama oranı ve 0,9 mutasyon oranı ile tüm kısıtların bazen sağlanabildiği görülmüştür.



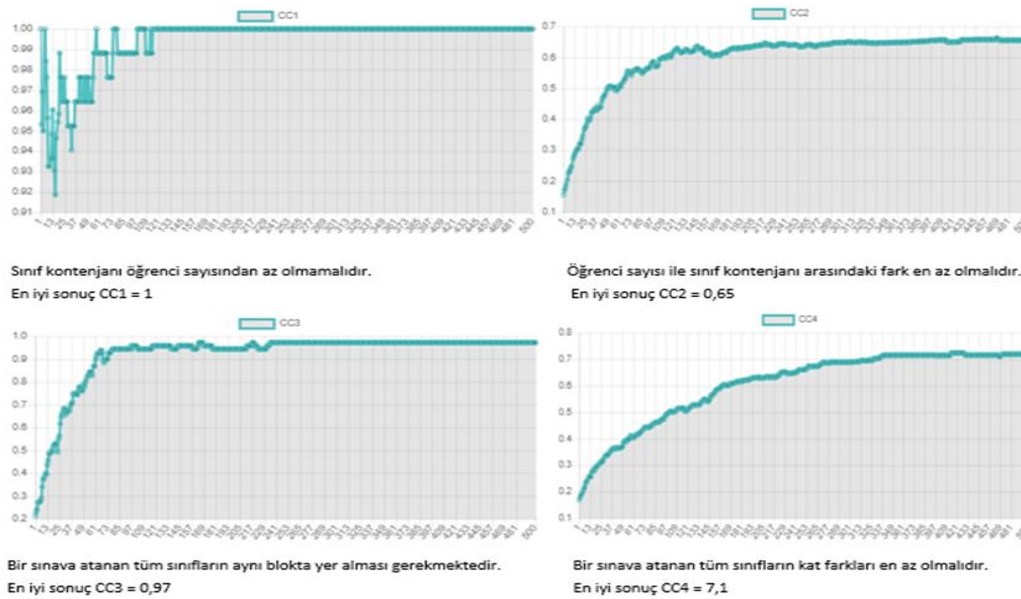
Şekil 5. Ara Sınav Yerleştirme İçin Genetik Algoritma Başarı Grafikleri

Elde edilen bu bilgiler ışığında tekrar iterasyon sayısını ve popülasyon büyüklüğünü arttırmak yerine tekrarlı deneme yapmanın daha doğru olduğu kanısına varılmış ve bundan hareketle 200 popülasyon 1000 nesil 0,9 çaprazlama oranı ve 0,9 mutasyon oranı ile ara sınav yerleştirme adımı için program on kez çalıştırılmıştır. Aynı zamanda kullanıcıya böyle bir problem için çalıştırılan programın ne kadar zamanda tamamlanacağı konusunda fikir vermek amacıyla sonuca ulaşma süreleri kaydedilmiştir. On deneme sonucunda, yedi denemeden üç tanesinin sadece C5 kısıtını sağlayamadığı için, üç tanesinin sadece C4 kısıtını sağlayamadığı için ve kalan bir tanesinin de hem C5 hem de C4 sağlayamadığı için uygun çözümü vermedikleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu uygun çözümü vermeyen yedi denemenin Intel Core i5 (2.5GHz) işlemciye sahip bir bilgisayarda ortalama sonuç döndürme süresi beş saat yirmi dört dakika olarak hesaplanmıştır. On denemenin kalan üç denemesinde tüm kısıtların sağlanarak uygun çözümlere ulaşılabildiği görülmüştür. Tüm kısıtları sağlayan çözümler için ortalama nesil sayısı 239 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca aynı özelliklere sahip bilgisayarda bu üç denemenin sonuç



döndürme süresi ortalama bir saat on bir dakika olarak belirlenmiştir. Şekil 5'te en iyi çözümü gösteren grafikler verilmiştir. Bu grafikler genetik algoritmanın kısıtları ne kadar sağladığı, kaçınıcı nesilde sonuca ulaştığı sorularına cevap vermektedir. Bu sonuçların hepsinin bir olması gerekmektedir birden farklı alınan sonuçlar geçerli bir atamanın yapılmadığı anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak ara sınav yerleştirmesi için belirlenen parametreler ile yapılan on deneme sonucunda %30 oranında uygun çözüme ulaşıldığı görülmektedir. Uygun çözüme genellikle C4 ve C5 kısıtlarının sağlanmadığı için ulaşılamadığı ortaya çıkmıştır.



Şekil 6. Ara Sınav Sınıf Ataması İçin Genetik Algoritma Başarı Grafikleri

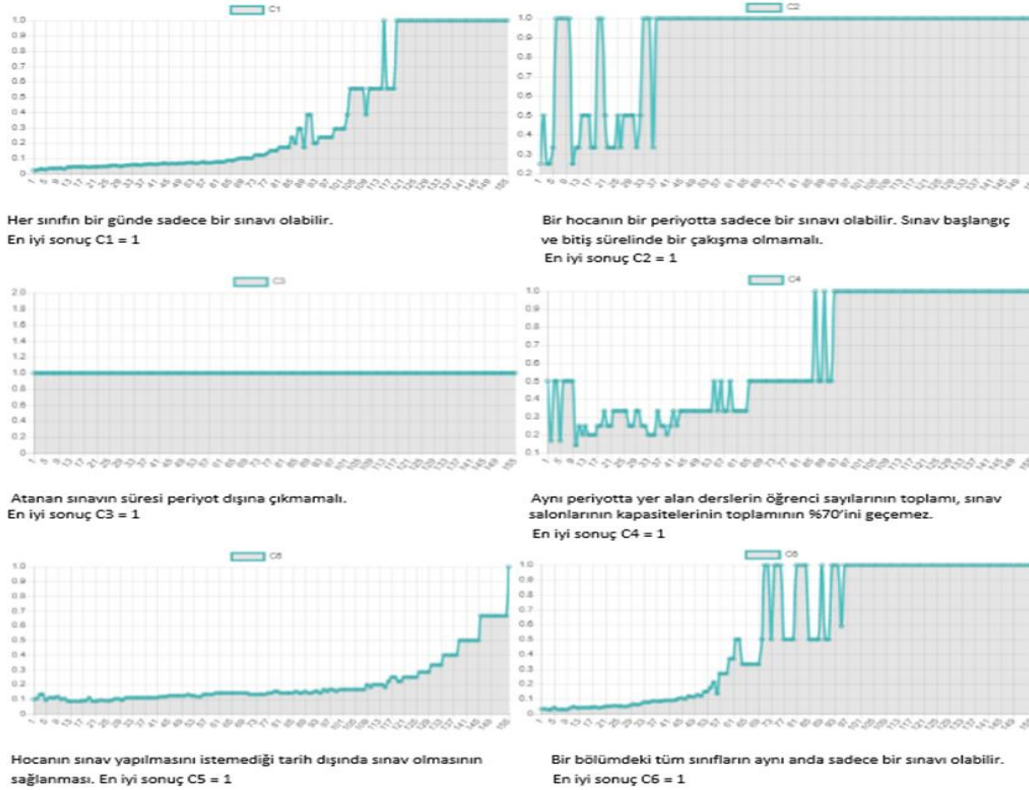
Şekil 6'da Sınıf Ataması İçin Genetik Algoritma Başarı Grafikleri gösterilmektedir. Bu grafikler sayesinde sınıf ataması için belirlenen kısıtların ne oranda sağlandığı bilgisi elde edilmektedir. İlk adımda elde edilen en iyi çözüm için 200 popülasyon, 500 nesil, 0,9 mutasyon ve 0,9 çaprazlama oranı ile sınıf ataması yapılmıştır. Sınıf atama sonuçlarına bakıldığında CC1 zorunlu kısıtının tamamen sağlandığı, CC2, CC3 ve CC4 esnek kısıtlarının büyük oranda sağlandığı görülmüştür.

## B. Final Durumu

SCÜ, İİBF’de final sınavlarının on günde yapıldığı, Cumartesi ve Pazar günlerine sınav konulmadığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda hazırlanan final takviminde Cumartesi ve Pazar günleri kapatılarak sınav atanması engellenmiştir. Final sınavları da ara sınavları gibi 09:00, 11:00, 13:00, 14:30 ve 16:00 olmak üzere beş oturumda gerçekleştirilmektedir. Türk Dili ve Atatürk İlke ve İnkılâpları Tarihi sınavlarının tarihleri önceden belirlenmektedir. Bu aşamada bu sınavların oturumlarına fakültedeki diğer sınavlar atanmasın diye ilgili tarih ve saatlerdeki oturumlar kapatılmaktadır. Kapatılan tarih ve saate sınav atanması engellenmiş olduğu için bu sınavlar herhangi bir çakışma olmadan gerçekleşebilmektedir. Final takviminde yer alan derslere ait sınav süreleri ise yine 30 ve 60 dakika sürecek sınavlar için bir saat, 90 ve 120 dakika sürecek sınavlar için iki saat olarak belirlenmiştir.

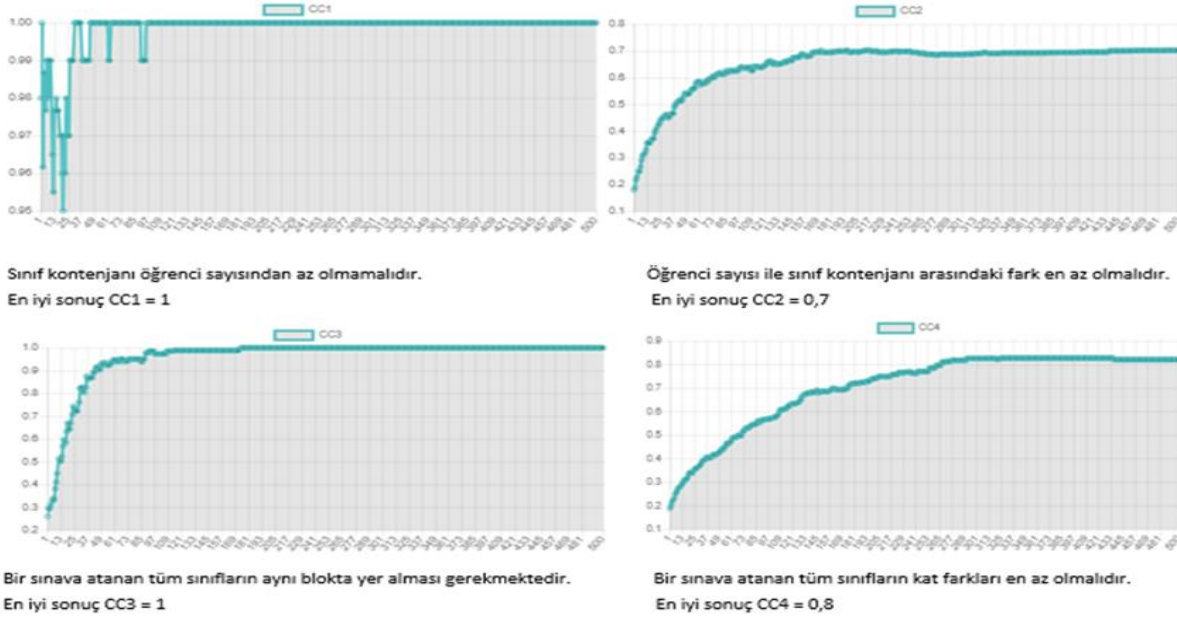
Final sınavları için genellikle yaklaşık %37 oranında öğretim elemanlarının bazı günlere sınav konulmasını istemediği bilgisi kullanılmıştır. Bu doğrultuda, toplam doksan üç öğretim elemanının otuz beş tanesi için on günlük final sınav takviminde bazı günler kapatılmıştır. Otuz beş öğretim elemanının altısı için bir gün, on bir tanesi için iki gün, altı tanesi için üç gün, beş tanesi için dört gün ve geriye kalan yedi tanesi için beş gün kapatılmıştır. Ortak derslerin seçimi yine yirmi üç öğretim elemanı için yirmi dört ortak ders olarak yazılıma girilmiştir.

Final sınav çizelgesi hazırlamak için genetik algoritma parametre değerlerinin ne olacağı araştırılmış ara sınav çizelgesi için yapılan deneme sonuçlarından yola çıkılarak söz konusu parametre değerleri belirlenmiştir. Buna göre 500 nesil, 50 ve 100 popülasyon için yapılacak denemeler ile uygun sonuç alınamayacağı öngörülerek denemeler 500 nesil, 200 popülasyon 0,1, 0,5 ve 0,9 mutasyon oranı ile 0,9 çaprazlama oranı ile oluşturulan üç farklı kombinasyon ile yapılmıştır. 500 nesil, 200 popülasyon, 0,1 mutasyon oranı ve 0,9 çaprazlama oranı ile alınan sonuçta C5 kısıtı sağlanmadığı için uygun çözüme ulaşılamamıştır. 500 nesil, 200 popülasyon, 0,5 ile 0,9 mutasyon oranı ve 0,9 çaprazlama oranı ile alınan sonuçlardan uygun çözüm elde edilmiştir. Ancak 0,5 mutasyon oranı ile 297. nesilde ulaşılan uygun çözüme 0,9 mutasyon oranı ile 155. nesilde ulaşıldığı görülmüştür. Bu nedenle 500 nesil, 200 popülasyon, 0,9 mutasyon oranı ve 0,9 çaprazlama oranı ile alınan sınav yerleştirme sonuçlarının kullanılmasına karar verilmiştir. Bu parametreler ile alınan genetik algoritma başarı grafikleri Şekil 7’de sunulmuştur.



Şekil 7. Final Sınav Yerleştirme İçin Genetik Algoritma Başarı Grafikleri

Final çizelgesi, hafta sonlarında da sınav olacak şekilde (yani 14 gün kullanılarak) tekrar hazırlandığında 500 nesil, 100 popülasyon 0,1, 0,5, 0,9 mutasyon oranı ve 0,7, 0,8, 0,9 çaprazlama oranı ile oluşturulmuş dokuz farklı denemenin tamamından tüm kısıtları sağlayan sonuçların elde edildiği görülmüştür. Programın ikinci aşamasını oluşturan sınav salonu atama işlemine geçilmiştir. Belirlenen parametrelerle (500 nesil, 200 popülasyon, 0,9 mutasyon oranı ve 0,9 çaprazlama oranı) sınıf ataması gerçekleştirilmiştir. Şekil 8’de final sınıf ataması için alınan sonuçlar gösterilmiştir. Belirlenen sınıf kısıtlarından CC1 zorunlu kısıtı ile CC3 esnek kısıtının tam olarak sağlandığı, CC2 ile CC4 esnek kısıtlarının büyük ölçüde sağlandığı görülmüştür.



Şekil 8. Final Sınıf Ataması İçin Genetik Algoritma Başarı Grafikleri

## Sonuç

Üniversitelerde kullanılan sınav çizelgelerinin hazırlanması esnasında meydana gelen problemlere bir çözüm getirmek amacıyla yapılan bu çalışmada yöntem olarak genetik algoritmalar kullanılmıştır. Olası çözümlerin fazla olduğu sınav çizelgeleme probleminde optimal olmasa bile belirlenen kısıtları sağlayan bir çözüme kısa sürede ulaştığı bilindiğinden bu yöntem tercih edilmiştir. Genetik algoritma ile çözülecek problem için uygun kromozom yapısının belirlenmesi algoritmanın başarısı açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle problemin çözümünü ve uygulamanın geliştirilmesini kolaylaştırmak amacıyla iki aşamadan oluşan genetik algoritma tasarlanmıştır ve her bir aşama için farklı bir kromozom yapısı oluşturulmuştur. Birinci aşama “Belirlenen Tarih Aralığına Sınavların Atanması”nı ikinci aşama ise “Sınav Salonu Ataması”nı içermektedir.

Popülasyon büyüklüğü, nesil sayısı, çaprazlama ve mutasyon oranı parametrelerini kullanan genetik algoritmaların bu parametrelere ait hangi değerleri kullanarak uygun çözümler verdiği ele alınan problemlere bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple geliştirilen yazılımın hangi parametre değerleri ile çalıştırıldığında belirlenen kısıtları sağlayarak çözüme ulaştığını saptamak amacıyla birçok farklı denemeler yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda ara sınav programı

için 1000 nesil sayısı, 200 popülasyon büyüklüğü, 0,9 çaprazlama oranı ve 0,9 mutasyon oranı ile uygun çözüme ulaşılabildiği, final sınav programı için ise 500 nesil sayısı, 200 popülasyon büyüklüğü ve 0,9 çaprazlama oranında 0,1, 0,5 veya 0,9 mutasyon oranları ile uygun çözüme ulaşılabildiği görülmüştür. Kullanıcıya fikir vermesi amacıyla her bir denemede çözüme ulaşma süreleri kaydedilmiştir. Buna göre geliştirilen yazılım ile uygun çözüme yaklaşık bir saatte ulaşabilmektedir.

Geliştirilen genetik algoritma ile sınav çizelgeleme programında yapılan denemeler sonucunda öğretim elemanlarının memnuniyeti düşünülerek konulmuş olan “Öğretim elemanının sınav yapılmasını istemediği tarih dışında sınav olmasının sağlanması.” esnek kısıtının ara sınavlarında tam olarak sağlanmasının zor olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak fakültedeki bölüm ve sınav fazlalığı ile birlikte derslik sayısının yeterli olmaması gösterilebilir. Ancak final sınavlarında sınav yapılacak gün sayısının arttırılmasıyla beraber bu kısıt tüm denemeler itibarıyla sağlanabilmiştir.

Alınan sonuçlara bakıldığında, “Her sınıfın bir günde sadece bir sınavı olabilir.”, “Bir öğretim elemanının bir periyotta sadece bir sınavı olabilir. Sınav başlangıç ve bitiş sürelerinde bir çakışma olmamalı.”, “Atanan sınavın süresi periyot dışına çıkmamalı.” ve “Bir bölümdeki tüm sınıfların aynı anda sadece bir sınavı olabilir.” kısıtlarının sürekli sağlandığı görülmüştür.

Sonuç olarak yaptığımız bu çalışmada, öğretim elemanlarının günlerce uğraşarak hazırladıkları yine de öğretim elemanlarının ve öğrencilerin isteklerini ne derece gerçekleştirdiğinden emin olunmayan çizelgelere bir alternatif çözüm sunulmuştur. Böylece belirlenen kısıtların sağlandığı öznellikten uzak çizelgelerin kısa sürede hazırlanabileceği farklı sınav durumları üzerinden gösterilmiştir. Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda, mevcut genetik algoritma tasarımı gözetmen atama sürecini de içerecek şekilde genişletilebilir.

## KAYNAKÇA

- Adamidis, Panagiotis ve Arapakis Panagiotis (1999). "Evolutionary Algorithms in Lecture Timetabling". Evolutionary Computation, Proceedings of the 1999 Congress, 1145-1151, Washington.
- AForge.NET, İnternet Adresi <http://www.aforogenet.com/> (<http://www.aforogenet.com/>), Erişim Tarihi: 12.09.2018.
- Akadal, Emre (2017, Mayıs). "Ham Verilerin Genetik Algoritmalarla İlişkisel Veritabanlarına Dönüştürülmesi ve Bir Uygulama". Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayata, Özgür (2012, Ocak). "Genetik Algoritmaların Ders Çizelgeleme Probleminde Kullanımı ve Eğitim Kurumlarında Uygulaması". Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Carr, Jenna (2014, Mayıs 16). "An Introduction to Genetic Algorithm". Senior Project, 1-40.
- Çavdur Fatih, Değirmen Sema ve Küçük Merve K. (2018). "Sınav Çizelgeleme Problemlerinde Homojen Sınav Dağılımının Oluşturulması İçin Kümeleme ve Hedef Programlama Temelli Bir Yaklaşım". Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 23(1), 167- 188.
- Cupic, Marko, Golub Marin ve Jakobovic Domagoj (2009). "Exam Timetabling Using Genetic Algorithm". Proceedings of the 31st Int. Conf. on Information Technology Interfaces (s. 357 - 362). Cavtat: Croatia: ITI 2009.
- Dahiya, Twinkle, Kapil Er ve Goyal Er A. (2015). "Exam Timetabling Problem Using G.A". International Journal of Recent Research Aspect ISSN:2349- 7688, 2(2), 165-168.
- Elmas, Çetin (2016). Yapay Zeka Uygulamaları. Ankara: Seçkin.
- Genel, Hayrettin (2004). "Genetik Algoritmalarla Portföy Optimizasyonu". Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Gürel, Ülkü Burcu (2012). "Sınav Çizelgeleme Probleminin Optimizasyonu". Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Haupt, Randy L. ve Haupt Sue E. (2004). Practical Genetic Algorithms. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Karaboğa, Derviş (2017). Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları. Ankara: Nobel.
- Köçken, Hale Gonca, Özdemir Rumeysa ve Ahlatcıoğlu Mehmet (2014). "Üniversite Ders Zaman Çizelgeleme Problemi İçin İkili Tamsayı Bir Model ve Bir Uygulama". İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 43(1), 28-54.
- Mahto, Monay Kr. ve Kumar Mr. Lokesh (2015). "Exam Time Table Scheduling using Genetic Algorithm". International Journal of Enhanced Research in Management & Computer Applications, 31-35.
- Mitchell, Melanie (1996). An Introduction To Genetic Algorithms. Cambridge: MIT Press.
- Nabiyev, Vasif Vagifoğlu (2012). Yapay Zeka. Ankara: Seçkin Yayınları.
- Öztürk, Onur (2017). "Sınav Takvimi Atama / Çizelgeleme Problemlerine Yazılımsal Bir Çözüm Denemesi". Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum.
- Pillay, N. ve Banzhaf W. (2010). "An Informed Genetic Algorithm for The Examination Timetabling Problem". Applied Soft Computing, 10(2), 457-467.
- Tabassum, Mujahid ve Mathew Kuruvilla (2014). "A Genetic Algorithm Analysis towards Optimization solutions". International Journal of Digital Information and Wireless Communications, 124-142.
- Taşkın, Çağatan ve Emel Gül Gökay (2009). Sayısal Yöntemlerde Genetik Algoritmalar. Bursa: Alfa Aktüel Yayınları.
- Yılmaz, Atınç (2017). YAPAY ZEKA. İstanbul: Kodlab.
- Yu, Enzhe ve Sung Ki-Seok (2002). "A Genetic Algorithm for A University Weekly Courses Timetabling Problem". International Transactions in Operational Research, 703-717.