



## Yapay Bağışıklık Sistemi ile Ortaöğretim Kurumları Ortak Sınavlarında En İyi Sınav Oturum Planının Oluşturulması

Seval VATANSEVER<sup>\*,a</sup>, Nursal ARICI<sup>b</sup>

<sup>a,\*</sup> Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara 06560, Türkiye

<sup>b</sup> Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara 06560, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 20.01.2019  
Kabul: 12.05.2019

#### **Anahtar Kelimeler:**

ortak sınav, sınav  
çizelgeleme, yapay  
bağışıklık sistemi,  
oturum planı,  
optimizasyon, sezgisel  
algoritma

#### **\*Sorumlu Yazar:**

e-posta:  
sevalilcan81@gmail.c  
om

### ÖZET

Sınavların belirli bir zaman diliminde çok sayıda öğrenciye uygulanması ihtiyacı sınav çizelgeleme problemini (SÇP) ortaya çıkarmıştır. SÇP'lerde sınavların öğrenci ve sınav yeri açısından çakışma olmadan zamanlanması, sınavlara yeterli gözetmen atamasının yapılması, sınav yerlerinin belirlenmesi ve uygun sınav oturum planlarının (SOP) hazırlanması gibi pek çok kısıt vardır. Bu kısıtların önemi kurumdan kuruma değişmektedir. Ortaöğretim kurumlarında yapılan ortak sınavlarda, kalabalık öğrenci gruplarının aynı sınıf ortamında sınava girmesi SÇP'nin önemli bir aşaması olan SOP'un önemini artırmaktadır. Uygun SOP'lar ile istenmeyen yardımlaşmanın önüne geçilecektir. SÇP'ler değişken sayılarındaki çokluk ve karar yapılarındaki karmaşıklık nedeniyle NP zor problem olarak sınıflandırılan optimizasyon problemleridir. Bu nedenle SÇP'lerin çözümünde klasik algoritmaların yeterli olmadığı durumlarda sezgisel yöntemler uygulanabilmektedir. Bu çalışmada, yapay bağışıklık sistemleri kullanılarak ölçme ve değerlendirmede maksimum güvenilirliği sağlamak adına ortak sınavlar için en iyi SOP'u hazırlamak hedeflenmiştir. Önerilen algoritma ile farklı sınıf oturma düzenleri ve farklı öğrenci sayılarında uygun SOP'ların hazırlanmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

DOI:10.30855/AIS.2019.02.01.01

## Creating the Best Exam Session Plan with Artificial Immune System for Common Exam in Secondary Education Institutions

### ARTICLE INFO

Received: 20.01.2019  
Accepted: 12.05.2019

#### **Keywords:**

common exam, exam  
timetabling, artificial  
immune system,  
session plan,  
optimization, heuristic  
algorithm

#### **\*Corresponding**

#### **Authors**

e-mail:  
sevalilcan81@gmail.c  
om

### ABSTRACT

The need to apply the exams to a large number of students in a given time period has revealed the problem of exam timetabling problem (ETP). ETPs, has many constraints such as the timing of examinations without overlap in terms of the student and the place of examination, appointing adequate supervisors for examinations, determining test locations and preparing appropriate exam session plans (ESP). The importance of these constraints varies from institution to institution. In common exams performed in secondary education institutions, ESP is crucial since crowded students group enter the exam at the same time. With appropriate ESP, cheating would be prevented. ETP are classified as optimization problem naming NP hard problem due to the multitude of decision variables and complexity of decision structures. For this reason heuristic methods can be used when classical algorithms are not sufficient for the solution of ETP's. The aim of this study is to prepare the ESP which ensuring the maximum reliability of the measurement and evaluation process with using artificial immune systems. In this study, successful results were obtained with the proposed algorithm. This algorithm is suitable to prepare the appropriate ESP's for different student number and classroom structures.

DOI:10.30855/AIS.2019.02.01.01

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Millî Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim Kurumları Yönetmeliği'nde yer alan madde 45 b bendine göre [1] Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı ortaöğretim kurumlarında aynı sınıf seviyesinde; ortak okutulan derslerin sınavları ortak yapılmaktadır. Ortaöğretim kurumlarında 9-12. sınıf düzeylerinde öğrenciler yer almakta; her sınıf düzeyinde de ortak sınava tabi tutulacak onlarca ders bulunmaktadır. Ortak sınavların dağılımında eğitim-öğretim sürecini aksatmamak adına belirlenen tarih aralığında her gün aynı zaman diliminde sınavlar gerçekleştirilmektedir. Aynı zaman diliminde farklı sınıf seviyeleri için farklı sınavlar karma olarak yapılabilmektedir. Bununla birlikte aynı sınıf seviyesinde yer alan öğrencilerin sınavları ortak yani aynı dersten aynı sorularla olacak şekilde yapılmaktadır. Bu sınavlar için okullarda genelde iki haftalık bir süreç sınav haftası olarak belirlenmekte ve gün içinde iki ders saati sınav zamanı olarak ayrılmaktadır. Aynı anda sınava girecek öğrenci mevcudun artmasıyla birlikte sınav yeri ve gözetmen öğretmen sayısının sınırlı olması göz önünde bulundurulduğunda ölçme ve değerlendirme güvenilirliğini maksimum düzeyde sağlamak için öğrencilerin sınav oturumunun uygun şekilde planlanması oldukça önem kazanmaktadır.

Sınav Çizelgeleme Problemi (SCP); zaman, yer, öğrenci, gözetmen öğretmen öğeleri ile çeşitli esnek ve sert kısıtları göz önünde bulundurarak sınavları atama işlemidir. SCP dört aşamalı olarak düşünülebilir: İlk aşama sınavları belirli veya sınırlı bir zaman dilimine atama; ikinci aşama sınavların gerçekleştirilmesi için sınavın türüne ve sınava girecek öğrencilerin kapasitesine uygun sınav yeri belirleme; üçüncü aşama belirlenen sınav yerleri için öğrenci oturum planlarının hazırlanması; dördüncü aşama ise sınavlar için gözetmen atamasıdır. SCP'nin çözümünde amaç belirlenen kısıtlara en uygun programı oluşturmaktır. Mutlaka uyulması gereken ve ihlal edilemeyen kısıtlar sert kısıtlar; uyulması istenen, fakat ihlal edilebilen kısıtlar esnek kısıtlar olarak tanımlanmaktadır. SCP'nin karşımıza çıktığı eğitim kurumlarının her birinin kendine özgü ihtiyaç ve talepleri olduğundan bu kısıtlar kurumdan kuruma farklılık gösterir. SCP'ler değişken sayılarındaki çokluk ve karar yapılarındaki karmaşıklık nedeniyle NP (Non-Polynomial) zor problem olarak sınıflandırılan optimizasyon problemleridir. Bu nedenle SCP'lerin çözümünde klasik algoritmalar yeterli olmamaktadır. Bu problemlerin çözümünde sezgisel yöntemler uygulanabilmektedir.

Literatürde optimizasyon problemlerinin çözümü için kullanılan pek çok sezgisel yöntem vardır. Karınca kolonileri algoritması, tabu arama algoritması, tavlama benzetimi algoritması, genetik algoritma (GA) ve yapay bağışıklık sistemi (YBS) algoritmaları bunlardan bazılarıdır [2]. Literatürde SCPB ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

Bulut ve Subaşı [3] çalışmalarında, merkezi sınavlardaki kopya çekme ihtimalini en aza indirmeyi amaçlamıştır. Birbirini tanıma ihtimali olan kişilerin aynı sınav salonunda sınava girmelerini engelleyen GA tabanlı bir model önermişlerdir. Kişilerin tanışıklık durumunu belirlemede sınıf arkadaşlığı, akrabalık ve aynı sokakta ya da semtte yaşama durumları olmak üzere üç temel kıstası ele almışlardır. Yapılan çalışmanın hem teorik hem de pratik bir uygulama olduğunu; kısa bir hesaplama zamanı içerisinde geniş kitlelere uygulanabilen sınav senaryolarında başarılı sonuçlar elde ettiklerini; bu çalışmanın bir yazılım uygulamasından çok önerilen bir erken önlem alma modeli olduğunu belirtmişlerdir. Ağalday [4] çalışmasında, merkezi sınavlarda kopya çekme ihtimalini mümkün olduğu kadar minimize etmek amacıyla sınava giren bireylerden birbirini tanıyan kişilerin yan yana veya arka arkaya oturmalarını engelleyen en iyi oturum planı optimizasyonunu gerçekleştirmeyi amaçlamıştır. Yapılan çalışmada; Mardin Artuklu Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden alınan öğrencilere ait doğum yeri, okuduğu program ve ikamet bilgilerinin bulunduğu veriler kullanılmıştır. Yazılım GA ile Python programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Shin-ike ve Ima [5] çalışmalarında, bir sınıftaki öğrencilerin ders esnasında sınıf oturma düzenini belirleyen GA kullanarak geliştirdikleri yeni bir model önermişlerdir. Sınıfta en uygun oturma düzenini belirlemek amacıyla öğrencilere anket uygulamışlardır. Önerilen yöntem ile öğrencilerin fiziksel özelliklerine ve kimlik numaralarına dayalı eski yöntemi karşılaştırmak için deneyler yapmışlardır. Sonuçta, önerilen yöntemin öğrenme faaliyetini daha iyi desteklediğini belirtmişlerdir. Chaki ve Anirban [6] çalışmalarında üniversitede sınav güvenliğini sağlayacak en iyi sınav oturumu için algoritma geliştirmişler ve Python dilini kullanmışlardır. Çalışmalarını Daffodil International University'nin Fen Fakültesi ve Bilişim Fakültelerinin sınav oturma veri setini kullanarak test etmişlerdir. Algoritmalarının tüm sert kısıtlamaları başarıyla karşıladıklarını belirtmişlerdir. Dener ve Calp [7] çalışmalarında, GA ile eğitim kurumlarının merkezi sınav organizasyonu için genel amaçlı bir çözüm sunmuştur. Çalışma iki aşamalıdır. İlk aşamada derslere ait sınav oturumları belirlenmektedir. İkinci aşamada ise ilgili oturumda sınava girecek öğrencilerin sınav salonlarına atanması işlemi gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışma

ile oturularda yer alan ortak öğrenci sayısının artırılması, oturularda asgari bina kullanımı, asgari düzeyde sınıf ve sıra kullanılarak gözetmen sayısının azaltılmasının amaçlandığı belirtilmiştir. Önerilen GA'yı test etmek için Gazi Üniversitesi Uzaktan Eğitim programına dahil üç bölüm ile düzenlenen vize ve final oturumları için örnek bir senaryo hazırlanmıştır. Sonuçta önerilen GA'nın başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Chandewar ve ark. [8]; Nikam ve ark. [9] ve Alam [10] çalışmalarında, üniversite sınavları için sınav oturum düzenini hazırlamada kullanılabilecek yazılım geliştirmişlerdir. Ayob ve Malik [11] çalışmalarında öncelikle Malezya Kebangsaan Üniversitesi lisans öğrencilerinin gereksinimlerini belirlemek amacıyla öğrencilere sınav çizelgeleme konusundaki algı ve beklentilerini sordukları kısa bir anket çalışması yapmışlardır. Çalışmada, sınavlarda görevli personel sayısını en aza indirmek için her sınava asgari şekilde sınav yeri atanması ve birbirini takip eden sınavlarda sınava girecek öğrencilerin sıkıntı yaşamaması için arka arkaya gelen sınavlarda sınav yerleri arasındaki mesafenin az olmasının dikkate alınması amaçlanmıştır. Sınav çizelgeleme için çalışmalarında cezalandırma temelli bir amaç fonksiyonu kullanılarak sistemi minimize etmeyi amaçlayan bir buluşsal görüş önermişlerdir. Kahar ve Kendall [12] çalışmalarında, Malezya Phang Üniversitesi için sınavları zaman ve mekan bakımından atayan bir SÇP üzerinde çalışmıştır. Maliyet hesabı ile sistemi minimize eden graf tabanlı sezgisel bir yaklaşım kullanarak sistemlerini modellemişlerdir. Sistemde yerine getirilecek şartlar(kısıtlamalar) üniversite ilgili birimlerinde çalışanların katkıları ile belirlenmiştir. Sonuçta üniversitenin mevcut yazılımı kullanılarak üretilen çözümlerden daha üstün ve daha kaliteli çalışan ve istenen tüm kısıtları yerine getiren bir çözüm ürettiklerini belirtmişlerdir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde genel olarak üniversite düzeyinde SÇP'nin ele alındığı görülmüştür. Bu çalışmalarda çoğunlukla sınavların sınav yeri ve zaman bakımından belirlenen sert ve esnek kısıtlara göre uygun şekilde dağılımı ve gözetmen ataması dikkate alınmıştır. İncelenen çalışmaların sadece bir kaçında oturma planının oluşturulması da amaçlanmıştır. Ortak sınav çizelgeleme problemi (OSÇP) ile üniversite SÇP'sinde benzer kısıtlar olmakla birlikte; OSÇP'yi üniversite SÇP'den ayıran en önemli kısıt sınavlarda öğrencilerin sınav yapılacak sınıflara dağılımı ve oturma düzenidir. Ölçme değerlendirmede güvenilirliği sağlamak için öğrencilerin oturma planı çok önemlidir. Ortaöğretim kurumlarında kalabalık öğrenci gruplarının aynı sınıf ortamında her sırada iki öğrenci olacak şekilde çok yakın bir oturma şekliyle sınava girmesi oturma planının önemini artırmaktadır. Sınavlar karma olarak yapılmakla birlikte aynı sınıfta aynı sınava girecek aynı sınıf seviyesindeki öğrencilerin çaprazda, yan yana ya da önlü arkalı gelmeyecek şekilde yerleşimi yapılmalıdır. Bu şekilde öğrencilerin kopya çekme ve kopya verme gibi ölçme ve değerlendirmenin güvenilirliğini etkileyecek faaliyetleri yani, istenmeyen yardımlaşmaları önlenmiş olacaktır. Ölçme ve değerlendirme sürecine sadece öğrencinin ilgili dersten geçme notunun belirlenmesi olarak bakılmamalıdır. Aynı zamanda sınavlardan sonra yapılan sınav analizleri ile öğretme ve öğrenme sürecinin verimliliği ve etkisi hem sınıf bazında hem de her öğrenci için ayrı ayrı bireysel olarak değerlendirilmektedir. Bu analizler ile sınavda yer alan soruların cevaplanma düzeylerine bakılarak sorulara ait kazanımların ulaşılma düzeyi sınıf ve öğrenci bazında tespit edilmektedir. Öğretme ve öğrenme süreci bu veriler baz alınarak yeniden düzenlenebilmektedir. Bu açıdan tespit edilen verilerle öğrencilerin ilgili ders için belirlenen eksik öğrenimleri tamamlanmaya çalışılmaktadır. Dolayısıyla ölçme ve değerlendirme sürecinin doğru şekilde işlemesi öğrencinin öğrenme sürecinin de doğru işleyişini etkilemektedir. Aynı zamanda öğrencilerin ortaöğretim mezuniyet notları onların bir üst öğrenime geçme aşamasında başvuru puanlarına etki ettiğinden öğrencilerin kopya çekerek haksız yere yüksek notlar alması durumunda birçok öğrencinin kaderi de olumsuz yönde etkilenecektir. Bu sebeple ölçme ve değerlendirme sürecinin doğru işleyişi yanında güvenli bir şekilde yürütülmesi de oldukça önemlidir.

Literatürde, SÇP'de uygun sınav oturum planının hazırlanması aşamasını konu alan meta sezgisel çözüm yaklaşımlarının az olması yapılan çalışmanın özgünlüğü ve literatüre katkısı açısından önemli bir unsurdur. Bu çalışmada meta sezgisel algoritmalar içerisinde yer alan YBS'yi kullanarak ölçme ve değerlendirmede maksimum güvenilirliği sağlamak adına ortak sınavlar için en iyi oturma planını hazırlamak hedeflenmiştir.

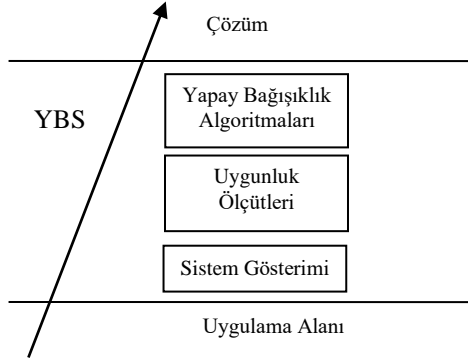
Doğal bağışıklık sisteminde yer alan prensipleri ve mekanizmaları temel alan YBS'ler çizelgeleme, sınıflandırma, optimizasyon, veri madenciliği, bilgisayar ve ağ güvenliği gibi pek çok alanda kullanılmaktadır [13].

Doğal bağışıklık sistemi, kendi hücrelerimizde meydana gelen işlev bozukluklarını ve vücuda dışarıdan giren enfekte edici yabancı mikroorganizmaları tanıyan; bunlarla mücadele edebilen bir hücre, molekül ve organ kompleksidir [14].

YBS'ler problemleri çözmek için teorik immünoloji ile gözlemlenen bağışıklık fonksiyonları, ilkeleri ve mekanizmalarından esinlenilmiş bilgisayar sistemleri olarak tanımlanabilir. Bir YBS aşağıdaki unsurlardan oluşur [15]:

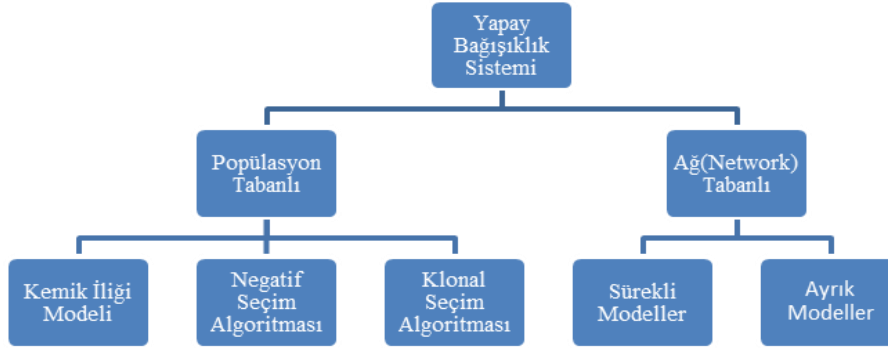
1. Sistemi oluşturan bileşenlerin gösterimi
2. Bileşenlerin her birinin uygunluğunu değerlendiren bir dizi işlev
3. Sistemin genel davranışlarını yöneten bir dizi algoritma.

YBS genel yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir [16].



Şekil 1. YBS'nin Genel Yapısı (General Structure of AIS)

YBS'de doğal bağışıklık mekanizmalarından esinlenilerek modellenen farklı algoritmalar vardır. YBS algoritmalarını uygulama alanlarına ve yapılarına göre Şekil 2'de gösterildiği gibi kategorize etmek mümkündür [16].



Şekil 2. YBS Algoritmaları (AIS Algoritms)

Mutlak bir kısıt olmaksızın bağışıklık algoritmalarının dört tipi için temel uygulama alanları Tablo1'de gösterilmiştir [17].

Tablo 1. YBS Algoritmaları ve Uygulama Alanları (AIS Algorithms and Applications)

Yapay Bağışıklık Algoritması	Uygulama Alanı
Klonal seçim algoritması	Örüntü tanıma,optimizasyon ve çizelgeleme
Negatif seçim algoritması	Bilgisayar ve ağ güvenliği, anormallik ve hata tespiti, desen tanıma ve dinamik çizelgeleme
Sürekli ağ tabanlı modeller algoritması	Bilgisayar ve ağ güvenliği, kontrol, robotik, optimizasyon ve örüntü tanıma
Ayrık ağ tabanlı modeller algoritması	Örüntü tanıma, veri analizi, makine öğrenmesi ve optimizasyon

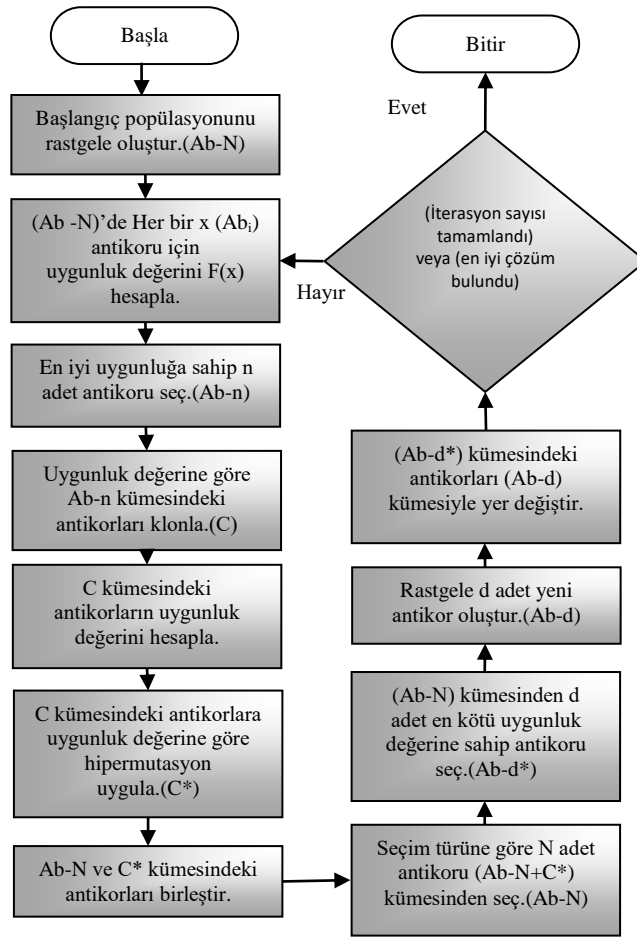
Literatür incelendiğinde spam filtreleme, ağ saldırılarının tespiti, yazılım kusur kestirimi, bilgisayar güvenliği, biyomedikal sınıflama problemleri, protein örüntülerinin hücredeki yerleşim yerlerinin belirlenmesi, medikal teşhisler, asenkron motor hata teşhisi, dinamik yerleşim probleminin çözümü, atölye ve akış tipi iş çözelgeleme, akıllı ulaşım sistemleri ile en kısa yol algoritmalarının geliştirilmesi, web sitelerinde öneri sistemleri, doküman sınıflandırma, uydu görüntülerinin sınıflandırması ile arazi kullanımını belirleme ve sınav çözelgeleme gibi pek çok konuda YBS ile geliştirilmiş çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan optimizasyon ve çözelgeleme ile ilgili olanlarından bazılarına aşağıda yer verilmiştir.

Uslu [18] çalışmasında, çözelgeleme problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere YBS, Karınca Kolonisi Optimizasyonu ve GA olmak üzere üç farklı algoritma ile çalışmıştır. Algoritmaların istenilen parametreler ile çalıştırılarak; çeşitli grafiklerle performans değerlendirmesinin yapılabileceği bir internet sayfası ve JavaScript kütüphanesi oluşturulmuştur. Çalışmada, oluşturulan algoritmaların performansları da karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. He ve ark. [19] çalışmalarında, çok kısıtlı üniversite ders çözelgeleme problemine YBS klonal seçim algoritmasını kullanarak çözüm geliştirmişlerdir. Malim ve ark. [20] çalışmalarında, ders programı çözelgeleme ve SÇP'nin sınavları uygun zaman dilimine atama aşaması için klonal seçim algoritması, negatif seçim algoritması ve bağışıklık ağ modeli algoritması (ağ tabanlı) olmak üzere üç ayrı YBS algoritması geliştirmişlerdir. Sınav çözelgeleme algoritmalarını on iki Carter veri setinde; ders programı çözelgeleme algoritmalarını üç Schfafer veri setini kullanarak beşer kez çalıştırıp karşılaştırmışlardır. Gonsalves ve Oishi [21] çalışmalarında, Tokyo Sophia Üniversitesi Bilgi ve İletişim Bilimleri Bölümü'nde son sınıf sunumlarına ilişkin sınav oturumlarının uygulamalı bir SÇP'sini çözmek için YBS'de klonal seçim algoritması ile çözüm geliştirmişlerdir. Sonuçta uygulama ile hazırlanan sınav oturum çözelgelerinin yetkili bölüm tarafından tatmin edici bulunduğunu belirtmişlerdir. Baykasoğlu ve ark. [22] çalışmalarında, gezgin satıcı probleminin çözümü için YBS algoritmalarından klonal seçim algoritmasını kullanmışlardır. Algoritmayı çoklu etmen benzetim ortamında modellemiş ve algoritmanın çalışmasını incelemek için Netlogo yazılımı ile 8 farklı gezgin satıcı problemi seti üzerinde benzetim deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Algoritmanın performansını arttırmak için önerilen modele reseptör değişim süreci ve çaprazlama mekanizmasını entegre etmişlerdir. Çalışma sonuçlarının literatürde bilinen en iyi sonuçlara oldukça yakın olduğunu ve çalışmanın meta sezgisel algoritmaların etmen temelli olarak modellendiğinde de yüksek olasılıkla etkin sonuçlar üretebileceğini ortaya koyduğunu belirtmişlerdir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL and METHODS)

Oturum planının hazırlanmasında De Castro ve Von Zuben [23]'in geliştirdiği CLONALG (Klonal Seçim Algoritması) algoritması temel alınmıştır. Algoritmanın bazı adımlarında probleme özgün uyarlamalar yapılmıştır.

Klonal seçim algoritmasında antijen problemi; antikorlar ise problemin olası çözümlerini temsil etmektedir. Olası antikor çözümlerinin tümü hafıza hücrelerini (popülasyon) oluşturmaktadır. Popülasyonda yer alan antikorlar daha iyi çözümler elde etmek için klonlama ve mutasyon işlemlerine tabi tutulur. Klonlama ve mutasyon işlemi için popülasyondaki en iyi üyeler seçilmektedir. En iyi üyelerin seçiminde antikorların antijene benzerlik oranına bir başka ifade ile uygunluk değerine bakılır. Klonlama antijene benzerliği yüksek olan antikorların kopyalanması işlemidir. Klonlanan antikorlar daha iyi çözümler elde etmek için mutasyona uğratılır. Sonuçta antijene benzerliği yüksek olan antikorlar hafıza hücresi olarak saklanırken; benzerliği yani uygunluk değeri kötü olan antikorlar yok edilir. Oturum planı için geliştirilen probleme özgün uyarlanmış CLONALG algoritmasının akış şeması Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Akış Şeması (Flow Chart)

Geliştirilen algorithmada yer alan parametreler ve algoritma aşamaları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

#### A. Antikor Gösterimi (Antibody Display)

Antikor, oturma planı çözümünü temsil etmektedir. Antikor gösteriminde dizi yapısı kullanılmıştır. Dizi, sınavın yapılacağı sınıfın sıra yerleşimine göre boyutlandırılmaktadır. Antikordaki her bir gen sınıfta öğrencilerin oturabildiği yerleşim yerlerini temsil etmektedir. Bu genlerin alabileceği değerler sınıf seviyeleridir. Dolayısıyla her bir genin alabileceği değer 9-12 arasında bir rakamdır. Örnek olarak sınıftaki sıra sayısı satırda 5 sütunda 3 kabul edildiğinde; sınıfta 15 sıra yer aldığından ve her sırada 2 kişi oturabildiği için toplam  $3*5*2= 30$  adet oturma yeri bulunmaktadır. Dolayısıyla kromozomdaki toplam gen sayısı 30 olmaktadır. Dizi yapısı Şekil 4'de; sınıftaki sıra düzenine göre yerleşimi ise Şekil 5'de gösterilmiştir.

	1	2	3	4	5	6
5	10	9	11	12	12	9
4	12	11	10	9	11	10
3	10	9	12	11	11	9
2	12	11	9	10	10	12
1	9	10	12	11	11	12

Şekil 4. Dizi Yapısı (Structure of Array)

10	9
12	11
10	9
12	11
9	10

11	12
10	9
12	11
9	10
12	11

12	9
11	10
11	9
10	12
11	12

Şekil 5. Sınıftaki sıra düzenine göre yerleşim gösterimi (A layout plan representation in the order of the class)

### B. Hafıza Hücreleri Boyutu $Ab-N$ (Size of Memory Cells $Ab-N$ )

Antikor popülasyon boyutu olarak ta ifade edilebilir. Çözüm olarak kabul edilen toplam antikor sayısıdır.

### C. İlk Popülasyonun Oluşturulması (Creating the First Population)

İlk popülasyon sınıf seviyelerini temsil eden 9-12 arasında bilgisayar tarafından rastgele üretilen rakamların antikorun her bir genine atanması ile oluşturulmuştur. Bu atamada sınava girecek öğrencilerin sınıf düzeylerine göre toplam sayıları dikkate alınmıştır. Her bir sınıfta hangi düzeyden kaç tane öğrencinin sınava gireceği homojen bir dağılım olacak şekilde önceden belirlenmektedir.

### D. Seçim Havuzunun Boyutu $Ab-n$ (Selection Size $Ab-n$ )

Klonlanmak için popülasyondan seçilen antikor topluluğunu temsil etmektedir. Antijene karşı uyarılan yani uygunluk değeri yüksek olan antikorların belirli bir yüzdesi seçim havuzuna alınmaktadır.

### E. Ag Antijen Hedefi (Ag Antigen Target)

Aynı sıralarda ya da seçime göre aynı hizada yer alan sıralarda aynı sınıf seviyesinde öğrencilerin yan yana gelmediği; oturum olarak aynı sütunda yer alan sıralarda çaprazda aynı sınıf seviyelerinde öğrencilerin bulunmadığı; aynı sütunda yer alan sıralarda arka arkaya aynı sınıf seviyelerinde öğrencilerin bulunmadığı oturum planı hedeflenmektedir.

### F. Uygunluk Değerinin Belirlenmesi (Calculation of Fitness Value)

Amaç fonksiyonun belirlenmesinde cezalandırma yöntemi kullanılmış ve sistemi minimize etmek amaçlanmıştır. Aynı sınıfta aynı sınava girecek öğrencilerin çaprazda, yan yana ya da önlü arkalı gelmeleri durumunda ceza puanı verilmektedir. Amaç fonksiyonu aynı zamanda uygunluk değerini belirlemektedir. En az cezayı alan bireyler(antikorlar) en uygun bireyler olacaktır.

y: x kromozomunda yan yana gelen öğrenci sayısı olmak üzere; x kromozomunda yan yana gelen öğrencilerin toplam ceza puanı:

$$\sum cp = 10 * y \quad (1)$$

a: x kromozomunda arka arkaya gelen öğrenci sayısı olmak üzere; x kromozomunda arka arkaya gelen öğrencilerin toplam ceza puanı:

$$\sum ca = 2 * a \quad (2)$$

c: x kromozomunda çaprazda çakışan öğrenci sayısı olmak üzere; x kromozomunda çaprazda çakışan öğrencilerin toplam ceza puanı:

$$\sum cc = 5 * c \quad (3)$$

Uygunluk Değeri( $F(x)$ ):

$$F(x) = \left( \sum cp + \sum ca + \sum cc \right) \quad (4)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

### G. Klon Havuzu Boyutu C (Clone Size C)

Seçim havuzuna alınan n adet antikör uygunluk değerine göre hesaplanan klonlama sayısında klonlanarak klon havuzunu (C kümesi) oluşturmaktadır. Uygunluk değeri daha iyi olan antikörler uygunluk değeri daha kötü olan antikörlere göre daha fazla sayıda klonlanmaktadır. Uygunluk değeri ile birlikte klon havuzunun boyutu popülasyon büyüklüğüne de bağlıdır. Toplam klon sayısının belirlenmesinde Denklem (5), seçim havuzunda yer alan her bir antikörün kaç adet klonlanacağıın belirlenmesinde Denklem (6) kullanılmaktadır [23].

$x_i$ : x antikörünün uygunluk değerine göre popülasyondaki sırası,

$\beta$ : Klonlanma katsayısı ve

n: Seçim havuzuna alınan antikör sayısı olmak üzere;

Klonlanan toplam antikör sayısı(C):

$$C = \sum_{x=1}^n \text{round} \left( \frac{\beta * n}{x_i} \right) \quad (5)$$

x antikörünün klon sayısı( $ka(x)$ ):

$$ka(x) = \text{round} \left( \frac{\beta * n}{x_i} \right) \quad (6)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

### H. Somatik Hipermutasyon (Somatic Hypermutation)

GA'daki mutasyon işlemine benzerdir ve mutasyon olarak ta ifade edilebilmektedir. Klon havuzunda (C kümesi) yer alan bireyler uygunluk değerleri ile ters orantılı olacak şekilde mutasyona uğratılır. Yani uygunluk değeri daha iyi olan antikörler uygunluk değeri daha kötü olan antikörlere göre daha az mutasyona uğrar. Mutasyon oranının belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$F(x)$ : x antikörüne ait uygunluk değeri,  $x_i$ : x antikörünün uygunluk değerine (toplam ceza puanı) göre klonlar arasındaki sırası, C: toplam klon sayısı ve  $F(n)$ : En yüksek ceza puanına (en kötü uygunluk değeri) sahip antikörün uygunluk değeri olmak üzere x antikörünün mutasyon oranı( $\alpha$ ):

$$\alpha = F(x) * x_i / F(n) * C \quad (7)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Seçim havuzuna alınarak klonlanan antikörler iki farklı şekilde mutasyona uğratılmıştır.

- Rastgele Mutasyon: Her bir antikörün her bir geni için 0-1 aralığında rastgele bir reel sayı üretilmekte; eğer üretilen sayı ilgili antikörün hesaplanan mutasyon oranından küçükse ilgili gen ilgili antiköre ait rastgele seçilen bir genle yer değiştirmektedir.
- İyileştirilmiş Mutasyon: Her bir antikörün her bir geni için 0-1 aralığında rastgele bir reel sayı üretilmekte; eğer üretilen sayı ilgili antikörün hesaplanan mutasyon oranından küçükse ilgili gen ilgili antiköre ait şarta göre seçilmiş bir genle yer değiştirmektedir. Seçim şartları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.



1. İlk olarak oturum planı için aynı sırada yan yana gelen ve aynı değeri içeren genlerden rakamsal olarak ilk sırada yer alanı seçilir.
2. Birinci seçime uyan gen yoksa ikinci olarak oturum planı için aynı sütunda çaprazda peş peşe gelen ve aynı değeri içeren genlerden rakamsal olarak ilk sırada yer alanı seçilir.
3. Birinci ve ikinci seçim aşamalarında herhangi bir gen seçilmemişse oturum planı için aynı sütunda arka arkaya gelen ve aynı değeri içeren genlerden rakamsal olarak ilk sırada yer alanı seçilir.
4. 1, 2 ve 3. seçim şartlarına bağlı olarak herhangi bir gen seçilmemiş ise rastgele bir gen seçilmektedir.

### I. Tüm Çözümlerin Toplanması (*Collection of All Solutions*)

Klonlama ve mutasyon sonucu oluşan antikorlar(C\*) ile hafıza hücresinde yer alan antikorlar(Ab-N) birleştirilerek tüm çözümler bir araya toplanır.

### J. Yeni Popülasyonun Oluşturulması (*Generating a New Population*)

Tüm çözümlerden seçime göre iki farklı yolla yeni popülasyon oluşturulmaktadır.

- En İyiiler: Tüm çözümlerin toplandığı antikor havuzundan en iyi uygunluk değerine sahip yani en az ceza puanını alan antikorlardan N tanesi hafıza hücrelerini oluşturmak üzere seçilmektedir.
- Farklı En İyiiler: Tüm çözümlerin toplandığı antikor havuzundan en iyi uygunluk değerine sahip yani en az ceza puanını alan antikorlardan N tanesi aynı uygunluk değerinde ikinci bir antikor seçilmemek koşulu ile hafıza hücrelerini oluşturmak üzere seçilmektedir.

### K. Popülasyondaki En Kötü Bireylerin Atılması (*Destruction of the Worst Individuals in the Population*)

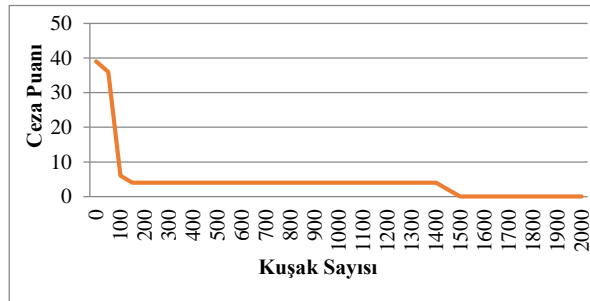
En kötü atıkların atılması olarak ta ifade edilebilir. Elde edilen yeni popülasyonda yer alan en kötü bireylerden d tanesi popülasyondan silinmekte yerine rastgele yeni bireyler oluşturulmaktadır. En kötü seçiminde d değerini atık yüzdesi belirlemektedir. Bu işlem ile popülasyonda çeşitlilik sağlanarak; istenmeyen bir çözümde algoritmanın takılıp kalması engellenmektedir.

### L. Kuşak sayısı J (*Number of Generations*)

Algoritmanın iterasyon sayısını göstermektedir. Bir iterasyonda algoritma bir kez çalışır. Bu parametre öğrenme miktarını kontrol eder. İterasyon sayısı 2000 olarak belirlenmekle birlikte; algoritma en iyi çözüme ulaştığında iterasyon sayısını tamamlamadan kırılmaktadır.

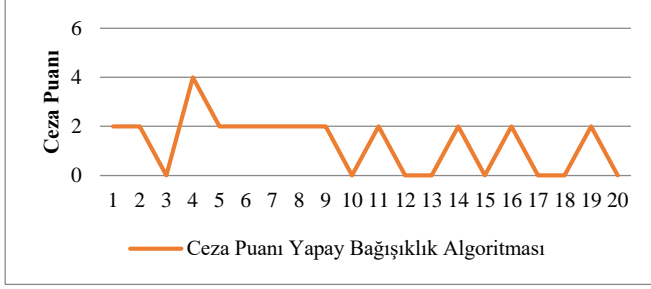
## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (*RESULTS and DISCUSSIONS*)

Sınava girecek öğrenci sayıları 9.Sınıf:70, 10.Sınıf: 70, 11.Sınıf: 80, 12.Sınıf: 80 olmak üzere sınıf adedi:10 ve sıra yapısı: 5\*3 (Oturum Yeri Sayısı: 30) şeklinde seçildiğinde; Tablo 2'deki Deney 12'e ait YBS parametreleri ile algoritma çalıştırıldığında 2000 kuşak boyunca ceza puanı değişim grafiği Şekil 6'daki gibidir.



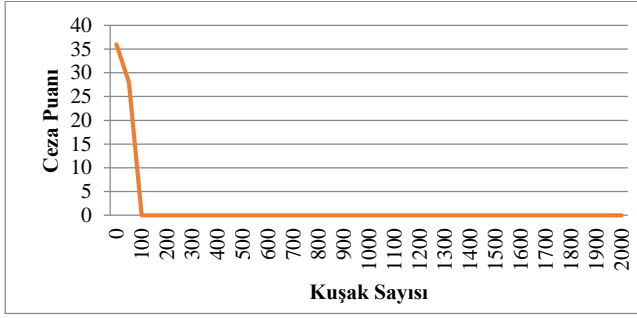
Şekil 6. 5\*3 için YBS Algoritması Ceza Puanı Değişim Grafiği (*AIS Algorithm Penal Score Change Graph for 5\*3*)

5\*3'lük yerleşim için aynı veriler ile algoritma 20 farklı kez çalıştırıldığında elde edilen oturum planı ceza puanı değişimi Şekil 7'deki gibi gözlenmektedir.



Şekil 7. 5\*3 için YBS Algoritması 20 Deneme için Ceza Puanı Değişim Grafiği (AIS Algorithm Penal Score Change Graph for 20 Trials for 5\*3)

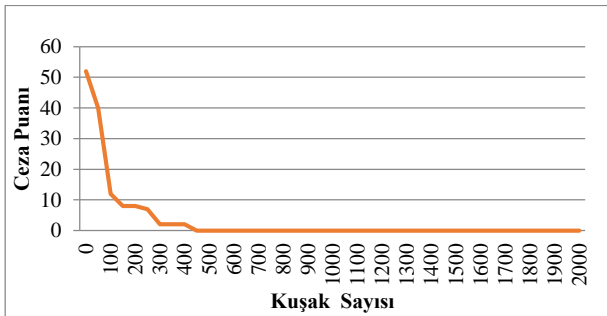
Sınava girecek öğrenci sayıları 9.Sınıf: 80, 10.Sınıf: 80, 11.Sınıf: 80, 12.Sınıf: 80 olmak üzere sınıf adedi:10 ve sıra yapısı: 4\*4 (Oturum Yeri Sayısı: 32) şeklinde seçildiğinde; Tablo 2'deki Deney 12'e ait YBS parametreleri ile algoritma çalıştırıldığında 2000 kuşak boyunca ceza puanı değişim grafiği Şekil 8'deki gibidir.



Şekil 8. 4\*4 için YBS Algoritması Ceza Puanı Değişim Grafiği (AIS Algorithm Penal Score Change Graph for 4\*4)

4\*4'lük yerleşim için aynı veriler ile algoritma 20 farklı kez çalıştırıldığında tüm denemelerde ceza puanı olarak sıfır elde edilmiştir. Şekil 7'de sonuçları gösterilen 5\*3'lük yerleşim ile yapılan denemelerinin aksine 4\*4'lük yerleşimde tüm denemelerde mükemmel oturum planı çözümü bulunmuş ve bu yüzden grafiksel gösterime yer verilmemiştir.

Sınava girecek öğrenci sayıları 9.Sınıf: 90, 10.Sınıf: 90, 11.Sınıf: 90, 12.Sınıf: 90 olmak üzere sınıf adedi:10 ve sıra yapısı:6\*3 (Oturum Yeri Sayısı: 36) şeklinde seçildiğinde; Tablo 2'deki Deney 12'e ait YBS parametreleri ile algoritma çalıştırıldığında 2000 kuşak boyunca ceza puanı değişim grafiği Şekil 9'daki gibidir.



Şekil 9. 6\*3 için YBS Algoritması Ceza Puanı Değişim Grafiği (AIS Algorithm Penal Score Change Graph for 6\*3)

6\*3'lük yerleşim için aynı veriler ile algoritma 20 farklı kez çalıştırıldığında tüm denemelerde ceza puanı olarak sıfır elde edilmiştir. Şekil 7'de sonuçları gösterilen 5\*3'lük yerleşim ile yapılan denemelerinin aksine 6\*3'lük yerleşimde tüm denemelerde mükemmel oturma planı çözümü bulunmuş ve bu yüzden grafiksel gösterime yer verilmemiştir.

Sınava girecek öğrenci sayıları 9.Sınıf:70, 10.Sınıf: 70, 11.Sınıf: 80, 12.Sınıf: 80; sınıf adedi:10 ve sıra yapısı 5\*3 (30 oturma yeri) şeklinde ayarlanarak algoritma YBS parametrelerinin farklı değerleri ile 16 farklı şekilde çalıştırılarak deneyler yapılmıştır. Deney sonuçlarının güvenilirliğini artırmak üzere her bir deney için algoritma 10 farklı kez çalıştırılarak elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır. Her bir deney için kullanılan YBS parametreleri ve elde edilen ortalama deney sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Deneylerde mutasyon yöntemi olarak iyileştirilmiş mutasyon, atık yüzdesi olarak 20 değeri ve kuşak sayısı olarak 2000 değeri alınmıştır.

Tablo 2. YBS Algoritmasının Farklı Parametre Değerleri ile Elde Edilen Çalışma Sonuçları (Results of the AIS Algorithm with Different Parameter Values)

	Deney1	Deney2	Deney3	Deney4	Deney5	Deney6	Deney7	Deney8	Deney9	Deney10	Deney11	Deney12	Deney13	Deney14	Deney15	Deney16
<b>Parametreler</b>																
<b>Popülasyon Büyüklüğü</b>	10	10	15	15	10	10	15	15	10	10	15	<b>15</b>	10	10	15	15
<b>Klonlama Değeri</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	<b>0,9</b>	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Seçim Havuzu Yüzdesi</b>	70	70	70	70	70	70	70	70	90	90	90	<b>90</b>	90	90	90	90
<b>Seçim Yöntemi</b>	En iyiler	Farklı En iyiler	En iyiler	Farklı En iyiler	En iyiler	Farklı En iyiler	En iyiler	Farklı En iyiler	En iyiler	Farklı En iyiler	En iyiler	<b>Farklı En iyiler</b>	En iyiler	Farklı En iyiler	En iyiler	Farklı En iyiler
<b>Ortalama Ceza Puanı</b>	4,6	4,2	2,2	3	9	5,2	3,2	1,8	2,2	2	2,6	<b>0,8</b>	2,2	2,4	2,8	1,6
<b>Ortalama Süre (ms)</b>	4231,1	1908,3	4314,6	3121	2935	2129	5845	3384,2	727	1015,4	1651,1	<b>1623,6</b>	878,6	729	1583	1700,4

Grafiklerde ve algoritma deney sonuçlarında görüldüğü gibi sınıfta yer alan sıra sayısının artmasıyla birlikte yerleşimde optimizasyonun kolaylaşması ile algoritmanın en iyi ceza puanı bulma süresi azalmakta ve en iyi ceza puanını bulma ihtimali yükselmektedir. Algoritmanın sınıf sıra yapısı 4\*4 ve 6\*3 seçimlerinde 5\*3'e göre daha başarılı sonuçlar elde ettiği gözlenmiştir. Bununla birlikte 5\*3 sıra yerleşimlerinde de çoğunlukla en iyi çözümü bulabilmektedir. Aynı sınıfta sınava girecek sınıf seviyelerindeki çeşitliliğin azalması durumunda örneğin; sınava girecek öğrencilerin sadece 9. ve 10. sınıflar olduğu kabul edilirse istenilen tüm kısıtları sağlayan optimizasyon işleminin imkansız hale gelmesi ile birlikte algoritmanın bulduğu oturma planlarının ceza puanı sonuçları da yükselecektir. Bununla birlikte sınıf sıra yapısının yanında; YBS'de kullanılan Popülasyon Büyüklüğü, Klonlama Değeri, Seçim Havuzu Yüzdesi ve Seçim Yöntemi gibi parametreler için belirlenen değerlerin de algoritma deney sonuçlarına etkisinin yüksek olduğu Tablo 2'de gözlemlenmektedir. Önerilen algoritmanın kod yazımı Visual Studio 2017 C#.NET ile gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen uygulamanın örnek çalışma ara yüzü Şekil 10'da verilmiştir.

	1	2	3	4	5	6
1	11	12	11	10	12	9
2	11	9	12	9	10	11
3	10	12	11	10	12	9
4	9	11	9	12	10	11
5	10	12	11	10	9	12

Deneme 1: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1628  
Deneme 2: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1728  
Deneme 3: Toplam İterasyon: 1076 Son Ceza: 0 Sure: 903  
Deneme 4: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1704  
Deneme 5: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1606  
Deneme 6: Toplam İterasyon: 1413 Son Ceza: 0 Sure: 1209  
Deneme 7: Toplam İterasyon: 766 Son Ceza: 0 Sure: 691  
Deneme 8: Toplam İterasyon: 1352 Son Ceza: 0 Sure: 1132  
Deneme 9: Toplam İterasyon: 1423 Son Ceza: 0 Sure: 1195  
Deneme 10: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1686  
Deneme 11: Toplam İterasyon: 861 Son Ceza: 0 Sure: 782  
Deneme 12: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 4 Sure: 1806  
Deneme 13: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1620  
Deneme 14: Toplam İterasyon: 975 Son Ceza: 0 Sure: 839  
Deneme 15: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1762  
Deneme 16: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 4 Sure: 1688  
Deneme 17: Toplam İterasyon: 1649 Son Ceza: 0 Sure: 1388  
Deneme 18: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1648  
Deneme 19: Toplam İterasyon: 538 Son Ceza: 0 Sure: 490  
Deneme 20: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1751  
Deneme 21: Toplam İterasyon: 371 Son Ceza: 0 Sure: 422  
Deneme 22: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 4 Sure: 1860  
Deneme 23: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1715  
Deneme 24: Toplam İterasyon: 2000 Son Ceza: 2 Sure: 1646

Şekil 10. Uygulama Arayüzü (Application Interface)

Literatürde yapılan az sayıda SÇP’de sınav oturum planı hazırlanması ile ilgili çalışmalar genellikle üniversite düzeyine yöneliktir. Oturumun planlanmasında öğrencilerin birbirini tanıma ihtimali ve sınav konusu verileri ile optimizasyon işlemi yapılmıştır. Çalışma literatürde ortaöğretim kurumları SÇP’de sınav oturum planının hazırlanmasında YBS’nin kullanıldığı ilk çalışmadır. İncelenen çalışmalarda da görüldüğü üzere SÇP’de istenen kısıtlar kurumdan kuruma farklılık göstermektedir. Önerilen ve uygulanan algoritmada oturum planının optimizasyonunda ise öğrencilerin birbirini tanıma ihtimali ve sınav konusu kısıtlarından farklı olarak etken kısıt sınıf seviyeleridir.

#### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

Yapılan çalışmada önerilen algoritma ile farklı sınıf oturma düzenleri ve farklı öğrenci sayılarında ölçme ve değerlendirme sürecinin güvenilirliğini sağlamak adına uygun oturum planlarının hazırlanmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Algoritma bu hali ile SÇP’nin sınav oturum planı hazırlama aşamasında kullanılabilir. İlerleyen çalışmalarda önerilen algoritmanın SÇP’nin tüm aşamalarında kullanılmak üzere geliştirilecek yazılıma entegre edilmesi hedeflenmektedir. Bu şekilde geliştirilen yazılım ile ortaöğretim kurumları için oturum planının hazırlanması dâhil tüm SÇP aşamalarında kolay ve hızlı bir şekilde uygun sınav programları hazırlanabilecektir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim Kurumları Yönetmeliği (2013). *T.C. Resmi Gazete* (28758, 7 Eylül 2013).
- [2] H. Yurttakal, “İş Akışı Çizelgeleme Probleminin Yapay Bağımsızlık Sistemi İle Optimizasyonu,” Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2014.
- [3] F. Bulut ve S. Subaşı, “Merkezi Sınavlar İçin Genetik Algoritmalar İle En İyi Oturma Planı,” *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, vol. 17, no. 3, pp. 122-137, Eylül 2015.
- [4] M. F. Ağalday, “Genetik Algoritma İle Merkezi Sınavlarda Tek ve Çok Boyutlu Yakınlığa Göre En İyi Oturma Planının Oluşturulması,” Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.

- [5] K. Shin-ike and H. Iima, "A Method Based on a Genetic Algorithm for Classroom Seating Arrangements," *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, vol. 9 no. 3, pp. 144–150, May 2016. Doi:10.9746
- [6] P. K. Chaki and S. Anirban, "Algorithm For Efficient Seating Plan For Centralized Exam System," in *2016 International Conference on Computational Techniques in Information and Communication Technologies (ICCTICT), March 11-13, 2016, New Delhi, India*, pp. 502-507. Doi:10.1109/ICCTICT.2016.7514601
- [7] M. Dener and M. H. Calp, "Solving the exam scheduling problems in central exams with genetic algorithms," *Mugla Journal of Science and Technology*, vol. 4 no:1, pp. 102-115, June 2018. Doi:10.22531
- [8] D. Chandewar, M. Saha, P. Deshka, P. Wankhede and S. Hajare, "Automatic Seating Arrangement of University Exam," *IJSTE - International Journal of Science Technology&Engineering*, vol. 3, issue. 9, pp.145-149, March 2017.
- [9] N. Nikam, A. Jagdale, G. Patil and P. Patil, "Algorithm for efficient seat allocation process in college exam system," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 4, issue. 3, pp. 2844-2851, March 2017.
- [10] F. Alam, "Automatic seating arrangement tool for examinations in universities/colleges," *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology (IJEAST)*, vol. 1, issue. 4, pp. 8-10, January-February 2016
- [11] M. Ayoband A. Malik, "A New Model for an Examination-Room Assignment Problem," *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, vol.11, no.10, pp. 187-190, October 2011.
- [12] M. N. M. Kahar and G. Kendall, "The examination timetabling problem at Universiti Malaysia Pahang: Comparison of a constructive heuristic with an existing software solution," *European Journal of Operational Research*, vol. 207, issue 2, pp. 557-565, December 2010. Doi: 10.1016
- [13] Y. Atay, "Yapay Bağışıklık Sistemleri İle Atölye Çizelgeleme Problemlerinin Optimizasyonu," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2012.
- [14] L.N. De Castro and F.J. Von Zuben, "Artificial Immune Systems: Part I-Basic theory and Applications", Tech.Rep., No. TR-DCA 01/99, Feec/Unicamp, Brazil, 1999.
- [15] L.N. De Castro and J. Timmis, "Artificial immune systems as a novel soft computing paradigm," *Soft Computing*, vol. 7, issue. 8, pp. 526-544, August 2003. Doi:10.1007/s00500-002-0237-z
- [16] S. Şahan, "Yapay Bağışıklıkta Yeni Algoritmalar," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2004
- [17] A. Döyen, "Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Yapay Bağışıklık Sistemleri ile Çözümü ve Parametre Optimizasyonu," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2004.
- [18] M. F. Uslu, "Melez Sezgisel ve Meta-Sezgisel Algoritmalar Kullanarak Çizelgeleme Problemlerinin Çözümlemesi," Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
- [19] Y. He, S. C. Hui and E. M.-K. Lai, "Automatic timetabling using artificial immune system," in *First International Conference: Algorithmic Applications in Management, June 22-25,2005, Xian, China*, N. Megiddo, Y. Xu, and B. Zhu, Lecture Notes in Computer Science 3521:55-65, 2005, pp.55-65. Doi: 10.1007/11496199\_8
- [20] M. R., Malim, A. T. Khader and A. Mustafa, "Artificial Immune Algorithms For University Timetabling," in *Proceedings of the 6th International Conference On Practice And Theory Of Automated Timetabling - PATAT 2006, August 30- September 1, 2006, Masaryk University, Brno, Czech Republic*, E. K. Burke and H. Rudova, pp. 234–245.
- [21] T. Gonsalves and R. Oishi, "Artificial Immune Algorithm For Exams Timetable," *Journal Of Information Sciences And Computing Technologies(JISCT)*, vol. 4, no. 2, pp. 287-296, July 2015.
- [22] A. Baykasoğlu, A. Saltabaş, A. S. Taşan ve K. Subulan, "Yapay Bağışıklık Sisteminin Çoklu Etmen Benzetim Ortamında Realize Edilmesi Ve Gezgin Satıcı Problemine Uygulanması," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 27 , no: 4, pp. 901-909, Ocak 2012
- [23] L.N. De Castro and F.J. Von Zuben, "Learning and optimization using the clonal selection principle," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 6, no. 3, pp. 239–251, June 2002. Doi: 10.1109/TEVC.2002.1011539

**Seval VATANSEVER\***

16 Kasım 1981 yılında Türkiye Ankara’da dünyaya geldi. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Bilgisayar Eğitimi (Bilgisayar Öğretmenliği) bölümünden mezun oldu. 2003-2008 yılları arasında Ankara’nın Çubuk ilçesinde yer alan şimdiki adıyla Fatih Sultan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi’nde Bilişim Teknolojileri öğretmeni olarak görev yaptı. 2008 Ekim ayından beri Çankırı ilinde yer alan Çankırı Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi’nde Bilişim Teknolojileri öğretmeni olarak görev yapmaktadır. Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Elektronik Bilgisayar Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrencisi olarak öğrenimine devam etmektedir. Mevcut araştırma alanları yapay zeka algoritmalarıdır.

**Nursal ARICI**

Doç. Dr. / Gazi Üniversitesi

Lisans eğitimini 1985 yılında Gazi Üniversitesi Matematik Bölümü’nde tamamlamıştır. Yüksek lisansını Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde, doktorasını Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde tamamlamıştır. 1988-2002 yılları arasında Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Bilgisayar Eğitimi Bölümünde, 2002-2011 yılları arasında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümünde Öğretim Görevlisi ve Öğretim Üyesi olarak çalışmıştır. Halen Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Çalışma konuları arasında Bilgi Sistemleri Analiz, Tasarım ve Gerçekleşmesi, Doğal Dil İşleme, Veri analizi, Veri Madenciliği ve Yapay Zekâ Teknikleri yer almaktadır.