

Çok Oturumlu Sınavlarda Kitapçık Optimizasyonu

Zehra KAMIŞLI ÖZTÜRK^{1*}, Emine TUTSUN²

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir

²Anadolu Üniversitesi, Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi, Eskişehir

¹<https://orcid.org/0000-0003-3156-6464>

²<https://orcid.org/0000-0003-0291-8635>

*Sorumlu yazar: zkamisli@eskisehir.edu.tr

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 13.10.2022

Kabul tarihi: 21.03.2023

Online Yayınlanma: 04.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Çok oturumlu sınav
Kitapçık-oturma atama
Optimizasyon

Bu çalışmada, her sınav döneminde dört oturumda yapılan Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi sınavlarında basılacak kitapçık türü sayısını en küçükmek için derslerin sınav oturum ve kitapçıklarına yerleştirilme sırasının oluşturulduğu bir 0-1 tam sayılı matematiksel model önerilmiştir. Açıköğretim Fakültesinin büyük bir öğrenci nüfusunun olması nedeniyle; çalışma sonunda elde edilecek küçük bir iyileşmenin dahi ekonomik olarak katkıda bulunacağı öngörülmektedir. Problemin karmaşıklığı nedeniyle; önerilen matematiksel modelin gerçek boyutlu problem için en iyi çözümü sağlayamamasından dolayı çözüm için bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Algoritmanın sonuçları mevcut sistemin sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve elde edilen iyileştirmeler ile uygulanabilirlikleri tartışılmıştır.

Booklet Optimization in Multiple Session Exams

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 13.10.2022

Accepted: 21.03.2023

Published online: 04.12.2023

Keywords:

Multiple session exam
Booklet-session assignment
Optimization

In this study, in order to minimize the number of booklet types to be printed in Anadolu University Open Education Faculty exams held in four sessions during each exam period, a 0-1 integer mathematical model is proposed in which the order of placement of the courses in the exam sessions and booklets is established. Since the Faculty of Open Education has a large student population, it is predicted that even a small improvement at the end of the study will contribute economically. Because of the complexity of the problem, the proposed mathematical model could not provide the best solution for the real-sized problem, so a heuristic algorithm was developed for the solution. The results of the algorithm are compared with the results of the current system and the improvements obtained and their applicability are discussed.

To Cite: Kemişli Öztürk Z., Tutsun E. Çok Oturumlu Sınavlarda Kitapçık Optimizasyonu. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(3): 1908-1926.

1.Giriş

Açık ve uzaktan eğitim sistemi; öğrenciyi, öğreticiyi ve öğrenme ortamını bir araya getiren bir sistemdir. Teknolojinin gelişmesi ve gelişen teknolojinin de uzaktan eğitim ortamına entegre edilmesi ile birlikte bu eğitim ortamlarına kayıtlı öğrenci sayısı büyük bir hızla artmaktadır. Açık ve uzaktan eğitim sistemlerinde her bir sınav döneminde birden fazla oturumda gerçekleştirilen sınav organizasyonu; belli adımlardan oluşan büyük ve özverili bir süreçtir. Öğrencilerin sınav binalarına

atanması, görevlilerin sınav bina ve salonlarına atanması, sınav kitapçıklarının ve sınav evraklarının hazırlanması, kontrolü ve basılması, sınav sonuçlarının değerlendirilmesi ve açıklaması gibi farklı birçok alt süreç bulunmaktadır. Bu süreçlerden biri olan *oturma düzeninin hazırlanması*; genel anlamıyla, belirli kısıtlar altında bir sınav kitapçığının içinde hangi derslerin yer alacağına ve o kitapçığın hangi oturumda olacağına karar veren çalışmalar bütünüdür.

Ders ve sınav çizelgeleme problemleri eğitimsel zaman çizelgeleme problemlerinin alt kümesi olan ve eğitim kurumlarında sıklıkla karşılaşılan eniyileme problemleridir. Bu tarz problemler sınıf kapasitelerinin aşılmaması, kullanılan tüm sınıflara gözetmen atamasının yapılması, ortak derslere sahip öğrencilerin farklı sınav oturumlarına atanması gibi kısıtlardan oluşurken, amaç fonksiyonları da ders ataması yapılan günlerin en küçüklenmesi ya da sınavlarda kullanılacak derslik sayısının en küçüklenmesi gibi kurumdan kuruma değişen amaçlardır.

Bu çalışmada; sınav çizelgeleme probleminden farklı olarak, ancak bir eğitim çizelgeleme probleminin altında ele alınan, her sınav döneminde birden çok oturumda gerçekleştirilen sınavlar için en az kitapçık türünün basılmasını amaçlayarak derslerin, sınav oturumlarına ve sınav kitapçıklarına yerleştirilme işlemi olan oturma düzeni oluşturulması problemi ele alınmıştır. Çalışmanın odak noktası olan Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi (AÖF) sınavları için hazırlanan sınav oturma düzenlerinde, öğrencilere atanan kitapçık türü sayısının eniyilenmesi amaçlanmıştır. Burada sadece mevcut sistemdeki sınavların kitapçık türlerinin sayısının iyileştirilmesi hedeflenmemiş, yeni uygulanabilecek sınavlar da göz önünde bulundurularak bir çalışma tasarlanmıştır. Çalışmada seçilen bir AÖF yurt dışı programına ait bir dönem sonu sınavı verileri örneklem veri olarak alınmıştır. Kitapçık türü sayısının en küçüklenmesi hedeflenerek, kitapçıkların oluşturulması ve derslerin sınav-kitapçık ve sınav oturumlarına en uygun şekilde yerleştirilmesi yapılmıştır. Bu problemin seçilme amacı, AÖF Türkiye ve yurt dışı programlarına kayıtlı öğrenci sayısının çok fazla olması ve buna bağlı olarak ufak bir iyileştirmenin sağlayacağı katkının çok büyük ve önemli olacağına düşünülmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ilk olarak çok oturumlu sınavlarda kitapçık optimizasyonu problemi için geliştirilen matematiksel model tanıtılmıştır. Bununla birlikte, Gunawan ve ark. (2007) çalışmalarında belirttiği gibi, matematiksel programlama modelleri, özellikle büyük ölçekli çizelgeleme problemleri için bir en iyi çözümün varlığını bulmak için etkili bir yol olmayabilir. Geliştirilen model küçük boyutlu bir örneklem için doğrulandıktan sonra, gerçek boyutlu AÖF probleminin çözümü için bir sezgisel algoritma önerilmiş ve üçüncü bölümde elde edilen sayısal sonuçlar analiz edilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve gelecek çalışmalar için öneriler belirtilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Anadolu Üniversitesi AÖF, günümüzde iki milyona yakın öğrenci sayısı ile dünyanın önde gelen uzaktan eğitim sistemlerinden bir tanesi haline gelmiştir. Ülke genelinde büyük hizmetler veren AÖF, son yıllarda uluslararası alanlara da genişleyerek dünyanın birçok yerine eğitim hizmeti sunmaya başlamıştır. Her sene, ilgili eğitim-öğretim dönemi (güz ve bahar) içerisinde bir ara ve bir dönem sonu sınavı olmak üzere iki sınav Türkiye ve yurt dışı programları için gerçekleştirilmektedir. Ayrıca yaz döneminde de öğrenciler yaz okulu sınavına katılabilmektedir. Böylelikle, her AÖF programı için, bir eğitim öğretim yılında toplamda beş sınav gerçekleştirilmektedir. Bu bölümde, bahsi geçen sınavlarda oturum düzenini oluşturmak için önce bir matematiksel model önerilmiş, ardından gerçek büyük boyutlu problemlerin çözümü için bir sezgisel algoritma sunulmuştur.

2.1. Çok Oturumlu Sınavlarda Kitapçık Optimizasyonu için Önerilen Matematiksel Model

Çok oturumlu sınavlarda ders-kitapçık ve kitapçık-oturum atama sonucunu veren oturum düzeni oluşturma problemi için bir 0-1 tam sayılı matematiksel model geliştirilmiştir. Model parametreleri, karar değişkenleri, kısıtlar ve amaç fonksiyonu izleyen sırada verilmiştir.

Küme ve indisler:

Ders indisleri kümesi	$I = \{i \mid i=1, \dots, m\}$
Öğrenci indisleri kümesi	$S = \{s \mid s=1, \dots, n\}$
Oturum indisleri kümesi	$O = \{o \mid o=1, \dots, 4\}$
Kitapçık indisleri kümesi	$K = \{k \mid k=1, \dots, l\}$

Parametreler:

M: çok büyük pozitif bir sayı

NC_s : s. öğrencinin kayıtlı olduğu ders sayısı

P_{si} : 0-1 öğrenci-ders matrisi

s. öğrenci i. derse kayıtlı ise, P_{si} matrisinin karşı gelen değeri 1'dir.

Karar değişkenleri:

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & i. \text{ ders, } k. \text{ kitapçık türüne atanırsa} \\ 0, & d. d. \end{cases}$$

$$z_{io} = \begin{cases} 1, & i. \text{ ders, } o. \text{ oturuma atanırsa} \\ 0, & d. d. \end{cases}$$

$$y_{ko} = \begin{cases} 1, & k. \text{ kitapçık türü, } o. \text{ oturuma atanırsa} \\ 0, & d. d. \end{cases}$$

$$q_k = \begin{cases} 1, & k. \text{ kitapçık türü kullanıldıysa} \\ 0, & d. d. \end{cases}$$

Yukarıda verilen tanımlar doğrultusunda, çok oturumlu sınavlarda kitapçık optimizasyonu problemine ait önerilen matematiksel model izleyen şekildedir:

$$1 \leq \sum_i x_{ik} \leq 10 \quad \forall k \quad (1)$$

$$\sum_o z_{io} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_o y_{ko} = 1 \quad \forall k \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} \geq 1 \quad \forall i \quad (4)$$

$$\sum_i P_{si} * z_{io} \leq 5 \quad \forall (s, o) \quad (5)$$

$$q_k \leq \sum_o y_{ko} \leq M * q_k \quad \forall k \quad (6)$$

$$q_k \leq \sum_i x_{ik} \leq M * q_k \quad \forall k \quad (7)$$

$$\sum_i \sum_o P_{si} * z_{io} = NC_s \quad \forall s \quad (8)$$

$$-(1 - x_{ik}) \leq z_{io} - y_{ko} \leq (1 - x_{ik}) \quad \forall (i, o, k) \quad (9)$$

$$x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall (i, k) \quad (10)$$

$$z_{io} \in \{0,1\} \quad \forall (i, o) \quad (11)$$

$$y_{ko} \in \{0,1\} \quad \forall (k, o) \quad (12)$$

$$q_k \in \{0,1\} \quad \forall k \quad (13)$$

kısıtları altında

$$enk \ a = \sum_k q_k \quad (14)$$

Kısıt kümesi (1) ile bir ders bir kitapçık türüne atandığında, her kitapçık türü için içinde yer alacak derslerin toplam sayısının 10'u geçmesi engellenmekte ve o kitapçık türünde en az bir ders olması sağlanmaktadır. AÖF sınavlarında kullanılan cevap kâğıdı şablonuna göre, bir oturumda bir öğrenci en fazla beş ders alabilir, daha az olması ise muhtemel ve modelde de izin verilen bir durumdur. (1) numaralı kısıt kümesindeki alt ve üst sınırlar, bir öğrencinin bir oturumda aldığı ders sayısı beşi

geçmediği sürece değiştirilebilir. Sınav soruları aynı olacağından, bir ders farklı kitapçıklarda yer alsa bile, bir dersin sadece bir oturumda yer alması zorunludur. Kısıt kümesi (2) ile bir dersin sadece bir oturuma atanması ve aynı zamanda tüm derslerin mutlaka bir oturuma atanması sağlanmaktadır.

Bir kitapçık türü de sadece bir oturuma atanabilir. Bu koşul da (3) numaralı kısıt kümesi ile sağlanmaktadır. Tüm derslerin mutlaka bir kitapçık türüne yerleştirilmesi zorunludur. Bu durum, (4) numaralı kısıt kümesi ile sağlanmaktadır. Cevap kâğıdı şablonu dolayısıyla bir öğrencinin bir oturumda sınavını gireceği ders sayısı da en fazla beştir. Kısıt kümesi (5) ile bir öğrencinin bir oturumda beşten fazla dersin sınavına girmesi engellenmektedir. Herhangi bir k . kitapçık türü, oturum o 'ya atanırsa, kısıt kümesi (6)'daki eşitsizliğin sağ tarafı q_k 'nın 1 değerini almasını zorlar. k . kitapçık türünün, o . oturuma atanmaması durumunda ise yine kısıt kümesi (6)'daki eşitsizliğin sol tarafı sıfır değerini alır. Böylece bu kısıt kümesi, q_k 'nın 0 değerini almasını zorlamaktadır. Herhangi bir i dersi, k . kitapçık türüne atanırsa, kısıt kümesi (7)'deki eşitsizliğin sağ tarafı q_k 'nın 1 değerini almasını zorlar. i . dersin, k . kitapçık türüne atanmaması durumunda ise yine kısıt kümesi (7)'deki eşitsizliğin sol tarafları sıfır değerini alır. Böylece kısıt kümesi (7), q_k 'nın 0 değerini almasını zorlamaktadır.

Kısıt kümesi (8) ile bir i dersi o oturumuna atanırsa, her öğrenci için, öğrenci ders matrisi olan P_{si} oturum ve dersler üzerinden toplanarak, bulunan değerler her öğrencinin ders sayısını veren NC_s parametresine eşit olup olmadığının kontrolü yapılır. Kısıt kümesi (9) çift yönlü çalışan bir kısıt kümesidir. Bir i dersi k . kitapçık türüne atandığında, yani x_{ik} değişkeni 1 değerini aldığı anda, bir i dersinin o . oturuma atanması karar değişkeni z_{io} ve bir k kitapçık türünün o . oturuma atanması karar değişkeni olan y_{ko} karar değişkenlerinin de 1 değerini almasını zorlar. Böylelikle bir i dersi k . kitapçık türüne atandığında, i . dersin ve k . kitapçık türünün oturumu aynı olmaya zorlanır. (14) numaralı denklem ise kullanılan toplam kitapçık türünün en küçüklendiği amaç fonksiyonudur.

2.2. Önerilen Matematiksel Model ile Elde Edilen Sonuçlar

Çalışma kapsamında AÖF Kuzey Amerika programlarına ait bir eğitim- öğretim yılı güz dönemi dönem sonu sınavı örneklem sınav olarak seçilmiştir. Bu sınav için, GAMS optimizasyon yazılımının 23.3.3 versiyonu CPLEX çözücüsü kullanılarak önerilen matematiksel model ile en iyi çözüm araştırılmıştır. Bu sınava ait örneklemde 149 öğrenci ve 185 adet ders bulunmaktadır. Örneklem boyutunun büyüklüğü sebebiyle bir en iyi çözüme ulaşamamıştır. 30 öğrenci ve bu öğrencilere ait 88 ders alınarak daha küçük boyutlu yeni bir örneklem oluşturulmuştur. Bu yeni verilere göre model çözdürülmüş ve tüm kısıtların sağlandığı en iyi çözüm elde edilmiştir. Buna göre elde edilen oturum düzeni örnek olarak 1. ve 3. oturum için Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen oturum düzeninde, 88 dersin her birinin ve her bir kitapçık türünün sadece bir oturumda yer aldığı, kitapçık türü ile derslerin atandıkları oturumların aynı olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Matematiksel model ile elde edilen örnek oturum düzeni

1. oturum kitapçık ve dersleri			3. oturum kitapçık ve dersleri			
Kitapçık 6	Kitapçık 9	Kitapçık 11	Kitapçık 1	Kitapçık 5	Kitapçık 8	Kitapçık 12
EDB403U	BIL101U	EDB401U	ING201U	CEK101U	EDB103U	IKT203U
FOT103U	ISL105U	ILH2005	IST203U	EDB105U	MUH103U	ILH1004
ILH1005	ISL107U	ILT107U	ISL301U	FOT105U	SOS101U	ILH2001
ILH2002	ISL293U	ISL201U	MUH301U	ILH2003	SOS205U	ILH2004
MUH201U	SOS203U	MAT103U	SOS315U	SOS103U	SOS313U	ING301U
SOS113U	TAR113U	TDE403U	SOS317U	TAR201U	TDE401U	MAT105U
SOS321U	TUR201U	ULI201U	ULI305U	TDE101U		SOS319U

2.3. Önerilen Matematiksel Modele Ait Boyut Analizi

i öğrenci, s ders, o oturum ve k kitapçık türü olmak üzere, önerilen matematiksel modelde $(2i + 4k + s + s * o + i * o * k)$ tane kısıt ve $(k + i * k + i * o + k * o + 1)$ tane de değişken vardır. Açıköğretim sistemi sınavları içinde en az bir milyon aktif öğrenci içerisinden oldukça az öğrenciye sahip olan bir programın, sadece küçük bir parçası alındığında bile modelin kısıt ve değişken sayıları çok büyük değerlerdir. Boyut analizinde bulunan değerlere göre, 30 öğrenci ve 88 ders için bir örneklem için modelde 4598 kısıt ve 1469 değişken bulunmaktadır. 30 öğrencili en küçük örneklem için bile, problem büyüklüğü oldukça fazladır. Matematiksel modelin oldukça küçük boyutlu bir örneklem için çözüm vermesi ve hem Açıköğretim sistemi sınavlarının öğrenci sayısının fazlalığı hem de sistemin kendi başına oldukça karmaşık bir yapısının olması sebebiyle aynı kısıtlar ve amaç fonksiyonu kullanılarak, bir sezgisel çözüm algoritmasının geliştirilmesine karar verilmiştir.

Bu çalışmada da olduğu gibi, küçük boyutlu optimizasyon problemleri kesin çözüm algoritmaları ile çözülebilirken, gerçek hayat problemlerinin çoğu büyük boyutlu problemlerdir. Dolayısıyla, makul zamanda uygun çözümleri elde etmek için sezgisel ve metasezgisel yöntemlere ihtiyaç vardır. Özellikle ders ve sınav çizelgeleme problemlerinin çözümünde en çok kullanılan metasezgisel yöntemler, yasaklı arama (Bellio ve ark., 2016), tavlama benzetimi (Goh ve ark., 2018), genetik ve evrimsel algoritmalar (Matias ve ark., 2018; Susan ve Bhutani, 2018; Kamışlı Öztürk ve Sağır, 2019), parçacık sürü optimizasyonu (Imran Hossain ve ark., 2019), yapay bağışıklık algoritması (Yazdani ve ark., 2017) olarak verilebilir. Bu metasezgisel algoritmaların yanı sıra, probleme özgü geliştirilen sezgisel algoritmalar da kullanılmaktadır. İzleyen bölümlerde, ilgili problemin çözümü için önerilen sezgisel algoritma ve elde edilen sonuçlar sırasıyla verilmiştir.

2.4. Çok Oturumlu Sınavlarda Kitapçık Optimizasyonu Algoritması

Mevcut sistemde, Açıköğretim sistemi sınavları için hazırlanan oturum düzenleri bölüm bilgisini de göz önünde bulundurarak hazırlanmaktadır. Her bölümün kendi içinde kitapçık-oturum, ders-oturum, ders-kitapçık yerleştirmesi yapılmaktadır. Matematiksel model geliştirilirken bölüm bilgisi dikkate alınmadan; girdi olarak sadece öğrenciler ve üzerlerindeki dersler alınmış ve bölüm bilgisi dışarıda bırakılmıştır. Sezgisel algoritma geliştirilirken de yine aynı şekilde bölüm bilgisi göz ardı edilip sadece

öğrenciler ve üzerlerindeki dersler dikkate alınarak bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Problem verisi olarak da matematiksel modellemede de kullanılan yurt dışı programı Kuzey Amerika Programına ait bir eğitim- öğretim yılı güz dönemi dönem sonu sınavına ait verilerin tamamı kullanılmıştır.

Geliştirilen sezgisel çözüm algoritması, ilk önce öğrencilerin sorumlu oldukları derslerin oturlara atanmasını, sonrasında ise oturlara atanan derslerin sırasıyla her oturum için kitapçıklara atanmasını gerçekleştirmektedir. Bu işlemler derslerin oturlara ve derslerin kitaplara atanması şeklinde iki ardışık süreç olarak tasarlanmıştır.

Önerilen algoritmanın başlangıç noktası öğrencilerin aldıkları ders sayısına bakılarak belirlenmektedir. Sınavlarda öğrenciler farklı sayılarda dersten sorumlu olabilirler. Algoritma her bir öğrencinin sorumlu olduğu ders sayısını bulmakta, bulduğu değerlere göre büyükten küçüğe doğru gruplama yapmaktadır. Devamında ise en büyük ders sayısına sahip gruptan başlayarak ilerlemektedir. Ders sayısı parametresi ile birlikte diğer önemli bir parametre dersin ağırlığı parametresidir. Dersin ağırlığı her bir dersin kaç öğrenci tarafından alındığı ile hesaplanmaktadır. Örneğin BİL101 dersini 59 öğrenci alıyorsa bu dersin ağırlığı 59'dur. Algoritmada her bir dersin ağırlığı bulunduğundan sonra, öğrencilerin sorumlu oldukları derslerin ağırlıkları da toplanarak öğrencilerin ders ağırlıkları hesaplanmaktadır. Algoritma en fazla ders alan öğrenci grubu ile başlarken, aynı sayıda ders sayısına sahip öğrenciler ile karşılaştığında ise öğrenci ders ağırlık parametresini kontrol ederek ilerlemektedir. Örneğin ilgili dönemde üç ders alan bir öğrencinin dersleri, BİL101U, HUK101U ve İKT 103U olsun. Bu derslerin ağırlıkları sırasıyla 59, 37 ve 33 ise bu öğrenci için öğrenci-ders ağırlığı değeri 129 olmaktadır. Algoritma üç ders alan öğrencilerin derslerini oturlara yerleştirirken, tüm öğrenci ders ağırlıklarını kontrol etmekte en büyük ağırlık değerine sahip öğrenciyi seçerek sürece devam etmektedir. Algoritmanın ilk adımı en küçük ders sayısına sahip en son öğrencinin dersleri oturlara yerleştirilene kadar devam etmektedir. İkinci adım ise oturlara atanan tüm derslerin kısıtlar dahilinde bir kitaba yerleştirilmesi ile son bulmaktadır. Algoritmanın tüm parametreleri ve adımları izleyen alt bölümlerde detaylı olarak verilmiştir.

2.4.1. Algoritmanın Parametreleri

Üst sınır kitapçık- ders sayısı: Bu parametre; bir kitapçıkta yer almasına izin verilen en fazla ders sayısını gösteren parametredir. Algoritma, dersleri yerleştireceği uygun kitapçığı ararken her bir kitapçık için bu değeri kontrol eder. Parametrenin değeri 10 olarak belirlenmiştir.

Dersin oturumu: Bu parametre; dersin hangi oturumda yer aldığını gösteren parametredir. Oturum düzeninde bir ders sadece bir oturumda yer alabilir. Bir ders bir oturuma atandığı zaman, o dersin oturum bilgisi bir listeye kaydedilir ve bu liste ders gösterim kodu ve oturum bilgisi sütunlarından oluşur. Algoritma bir dersi bir oturuma atadıktan sonra tekrar bu ders ile karşılaşır, bu ders için tekrar oturum ataması gerçekleştirmez. Bu dersle ilk karşılaşması olmadığı için oturumu olan bu dersi

atlar ve sıradaki derse geçer. Ders oturumu parametresi listesi için bir örnek gösterim Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Örnek dersin oturumu listesi

Ders no	Ders gösterim kodu	Oturum no
1	BİL101U	2
2	MAT105U	4
3	İKT101U	3
-	-	-
185	YBS309U	1

Üst sınır öğrenci- oturum- ders sayısı: Bu parametre; oturum bazında her bir öğrencinin aldığı ders sayısını göstermektedir. Bir öğrenci bir oturumda en fazla beş ders alabilir. Farklı çözümler denenmek istendiğinde parametre değeri en fazla beş olacak şekilde değiştirilebilir.

Üst sınır öğrenci – oturum- kitapçık sayısı: Bu parametre; oturum bazında öğrencinin aldığı kitapçık sayısını göstermektedir. Bir öğrenci bir oturumda sadece bir kitapçık alabilir. Öğrenci, dört oturumluk bir sınavda sorumlu olduğu ders sayısına bağlı olarak 1 ila 4 oturum arasında sınava katılabilir. Öğrencinin bir oturumda ders veya dersleri varsa, hepsinin sadece bir kitapçıkta yer alması gerekmektedir. Algoritma için bu parametrenin değeri 1’dir.

Kitapçıkta dersi sayısı: Bu parametre; bir t anında her bir kitapçıkta toplam kaç ders olduğunu gösteren parametredir. İlgili oturuma atanmış derslerin kitapçıklara yerleştirilmeleri yapılırken, bu parametreye bakılarak ders yerleştirme işlemi gerçekleştirilir. Kitapçıklara her ders yerleştirilmesi yapıldığında bu parametre değeri güncellenir.

Öğrenci dersi katsayısı: Bu parametre; öğrencinin oturum bazında aldığı ders sayısını gösteren parametredir. Bu parametre algoritmanın ikinci adımı olan derslerin kitapçıklara yerleştirilmesi adımında kontrol edilir. İlgili oturumda dersleri olan öğrenciler, katsayısı en büyük öğrenciden en küçük öğrenciye ilerleyecek şekilde sıralanır ve katsayısı en büyük öğrencinin derslerinden başlayarak derslerin kitapçıklara yerleştirilme işlemi yapılır.

2.4.2. Algoritmanın Adımları

Algoritma; birbirini izleyen iki ardışık süreç olarak tasarlanmıştır. İlk süreç öğrencilerin sorumlu oldukları derslerin oturumlara yerleştirilmesi işlemidir. İkinci süreç ise, oturumlara atanmış olan derslerin, yine o oturumlarda oluşturulacak kitapçıklara yerleştirilmesi sürecidir.

Derslerin oturumlara yerleştirilmesi için algoritmanın adımları izleyen şekilde verilebilir:

Adım 1: Öğrencilerin ders sayılarının bulunması; Her bir öğrencinin kaç ders aldığı hesaplanır.

Adım 2: Ders ağırlıklarının bulunması; Her bir dersin kaç öğrenci tarafından alındığı bulunur. Bu değer dersin ağırlığı olarak belirlenmiştir.

Adım 3: Öğrencilerin ders ağırlıklarının bulunması; Her bir öğrenci için, aldığı ders ya da derslerin Adım 2’de bulunan ağırlık değerleri toplanarak öğrenci-ders ağırlığı değeri elde edilir. Örnek bir gösterim Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Örnek öğrenci-ders ağırlığı listesi

Öğrenci	Öğrencinin sorumlu olduğu dersler	Derslerin ağırlığı	Öğrenci ders ağırlığı
Tc1	BİL101U	59	
Tc1	HUK101U	37	
Tc1	İKT103U	33	186
Tc1	TÜR201U	30	
Tc1	SOS113U	27	
Tc2	ULİ305U	18	
Tc2	İŞL401U	15	33

Adım 4: Öğrenci derslerinin oturlara yerleştirilmesi; En fazla alınan ders sayısı grubundan ve bu grup içinde de en yüksek öğrenci ders ağırlığına sahip öğrenci seçilerek dersler yerleştirilmeye başlanır. Dersler, en az ders sayısına sahip ve en küçük numaralı oturumdan başlayacak şekilde, her bir öğrencinin dersi bitene kadar oturlara birer birer yerleştirilir. Oturlarının ders sayılarının eşit olması durumunda yerleştirmeye en küçük numaraları oturumdan başlanır.

Adım 5: Dersin oturumunun olup olmadığının kontrolü; Öğrencinin dersleri oturlara yerleştirilirken, ilk önce dersin oturumu parametresine bakılır. Eğer dersin oturumu varsa o ders için oturum ataması yapılmaz, öğrencinin oturum ataması yapılmayan diğer dersine geçilir. Öğrencinin tüm derslerinin oturumu var ise, sıradaki öğrenciye geçilir.

Adım 6: Öğrencilerin oturum bazında ders sayısı kontrolü; Bir öğrencinin bir dersi bir oturuma atandığında, tüm öğrencilerin dersleri kontrol edilerek o oturumda, üst sınır öğrenci- oturum- ders sayısı parametre değeri olan 5’i geçip geçmediği kontrol edilir. Eğer 5 dersi geçen öğrenci tespit edilirse, o ders sıradaki oturuma atanır. Adım 6, yeni oturum için de tüm öğrenciler üzerinden tekrarlanır. Parametre değerini aşan bir öğrenci söz konusu değilse, öğrencinin sıradaki dersine, öğrencinin tüm dersleri yerleştirildiyse sıradaki öğrenciye geçilir. Parametre değerini aşan bir durum söz konusu ise ders sorunsuz bir şekilde yerleştirilene kadar Adım 6 tekrarlanır.

Adım 7: Dersin Oturumu Listesinin Güncellenmesi; Adım 6’da bir öğrencinin bir dersinin oturum ataması yapıldıktan sonra, o ders ve oturumu bilgileri, algoritma parametresi olan dersin oturumu

listesine eklenir. Böylelikle algoritma bu ders ile tekrar karşılaştığında, ders bu listede hali hazırda yer aldığı için algoritma bu ders için tekrardan bir işlem uygulamaz.

Adım 8: Öğrencinin bütün derslerinin atandığının kontrolü; Öğrencinin sorumlu olduğu tüm derslerin oturlara atanıp atanmadığı kontrol edilir. Eğer henüz bir oturuma atanmamış dersi varsa, bu öğrenci için Adım 4 tekrarlanır, öğrencinin tüm dersleri bir oturuma yerleştirildiyse Adım 9'a geçilir.

Adım 9: Bütün öğrencilerin derslerinin atandığının kontrolü; Sınavda yer alan tüm öğrencilerin derslerinin oturlara atanıp atanmadığının kontrolü yapılır. Eğer sistemde oturum ataması yapılmamış dersi olan öğrenci varsa Adım 4 tekrarlanır. Eğer sistemde oturum ataması yapılmamış dersi olan öğrenci kalmadıysa, derslerin oturlara yerleştirilme süreci için algoritma sonlanır. Derslerin oturlara yerleştirilmesi sürecine ait süreç akış şeması EK-1'de gösterilmiştir.

Oturlara atanmış derslerin kitapçıklara yerleştirildiği ikinci aşamanın adımları da izleyen şekilde verilmiştir:

Adım 10: Oturumun belirlenmesi; Anadolu Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen sınavlar 1, 2, 3 ve 4 gibi farklı sayıda oturlarda gerçekleştirilebilir. Algoritma, oturum atamaları gerçekleştirilen dersleri kitapçıklara atamak için bir oturumu seçmelidir. Bunun için de en küçük oturum numarasından başlar ve o oturumdaki tüm dersleri kitapçıklara yerleştirmeyi tamamladığında küçükten büyüğe olacak şekilde bir sonraki oturuma geçer.

Adım 11: Oturumdaki dersleri alan öğrencilerin bulunması; İşlem yapılan oturumdaki dersleri alan öğrenciler bulunur.

Adım 12: Öğrenci ders katsayılarının hesaplanması; Oturumdaki dersleri alan öğrenciler bulunduktan sonra, her bir öğrencinin o oturumda ne kadar ders aldığı bulunur. Bu değer öğrencinin ders katsayısı olarak belirlenmiştir. Örneğin 1.oturumda 5 dersi olan bir öğrencinin öğrenci ders katsayısı 5 olacaktır.

Adım 13: Öğrenciye ait derslerin kitapçıklara yerleştirilmesi; Bir öğrencinin oturumdaki dersleri kitapçıklara yerleştirilirken, öğrenci seçimi Adım 12'de hesaplanan öğrenci ders katsayısına göre yapılır. Oturum içinde öğrenci ders katsayısı en fazla olan öğrenci seçilir ve en fazladan en aza doğru ilerlenir. Öğrenci ders katsayılarında eşitlik olması durumunda ise öğrenci ders katsayı ağırlıkları listesi devreye girer. Her bir öğrencinin, her oturumda aldığı ders ağırlıkları toplanarak öğrenci ders katsayı ağırlığı bulunur. Aynı katsayıya sahip öğrencilerde öğrenci ders katsayısı ağırlığı en yüksek öğrenciden başlanarak en düşük öğrenciye ilerleyecek şekilde dersler kitapçıklara atanır. İlgili katsayı grubundaki öğrencilerin ders yerleştirmeleri tamamlandığında, bir sonraki katsayı grubuna geçilir.

Oturumdaki tüm öğrencilerin dersleri kitapçıklara atandıktan sonra sıradaki oturuma geçilir. Öğrenci ders katsayısı 5 olan iki öğrenciye ait örnek bir gösterim Tablo 4’te verilmiştir. Algoritma burada ders katsayıları eşit olduğu için, öğrenci ders katsayı ağırlığı yüksek olan öğrenciyi seçecektir.

Adım 14: Sistemde kitapçık var mı kontrolü ve yeni kitapçık üretimi; Öğrenci seçiminden sonra, algoritma daha önce sistemde üretilmiş kitapçık türünün bulunup bulunmadığını kontrol eder. Eğer işleme alınan ilk öğrenciyse ve sistemde hiç kitapçık bulunmuyorsa, yeni bir kitapçık üretilir ve öğrencinin tüm dersleri o kitapçığa eklenir.

Tüm öğrencilerin dersleri yerleştirildiğinde, süreç bir sonraki oturuma geçer. Sistemde hala dersleri kitapçıklara yerleştirilmeyen öğrenciler varsa Adım 13 tekrarlanır.

Tablo 4. Örnek öğrenci ders katsayı ağırlığı listesi

Öğrenci	Ders gösterim kodu	Ders ağırlığı	Öğrenci	Ders gösterim kodu	Ders ağırlığı
Tc1	İKT103U	33	Tc2	PSİ103U	24
Tc1	TÜR201U	30	Tc2	İLT107U	23
Tc1	SOS113U	27	Tc2	MUH103U	21
Tc1	TAR201U	26	Tc2	MAT103U	19
Tc1	PSİ103U	24	Tc2	SOS101U	19
Öğrenci ders katsayı ağırlığı		140	Öğrenci ders katsayı ağırlığı		106

Adım 15: Birebir eşleşen kitapçık kontrolü; Sistemde daha önceden üretilen kitapçıklar olduğunda, üretilen kitapçıkların işlem yapılan öğrencinin o oturumdaki tüm derslerini içerip içermediği kontrol edilir. Öğrencinin tüm derslerini içeren bir kitapçık sistemde mevcutsa, algoritmanın o öğrencinin derslerini yeni bir kitapçığa koymasına gerek yoktur, çünkü öğrencinin derslerinin olduğu bir kitap hâlihazırda mevcuttur. Tüm öğrencilerin dersleri yerleştirildiğinde, süreç bir sonraki oturuma geçer. Sistemde hala dersleri kitapçıklara yerleştirilmeyen öğrenciler varsa Adım 13 tekrarlanır.

Adım 16: En az bir ders kesişimi içeren kitapçık kontrolü; Adım 15’teki kontrolde eğer öğrencinin tüm dersleri, sistemde var olan kitapçıklardan birinde birlikte yer almıyorsa, en az bir dersi kesişen kitapçık var mı? kontrolü yapılır. Kesişim sayısı sadece bir olabileceği gibi birden fazla da olabilir, önemli olan algoritmanın bir kesişim yakalayabilmesidir. Kesişim içeren kitapçık bulunursa Adım 17’ye, kitapçık bulunmazsa Adım 18’e geçilir.

Adım 17: Kesişim ders içeren kitapçık listesinin bulunması; Sistemde öğrencinin dersleriyle en az bir dersin kesiştiği kitapçıklar bulunur. Burada bir ya da birden fazla kitapçık söz konusu olabilir, bulunan kitapçıklar listelenir.

Adım 18: Sistemde uygun kitapçık var mı kontrolü; Adım 16’da eğer en az bir dersin kesiştiği bir kitapçık bulunmazsa, sistemde var olan kitapların üst sınır kitapçık ders sayısı parametresine göre uygunlukları kontrol edilir. Uygun bulunan kitapçık listeleri arasından, en az ders sayısına sahip olan

kitaba dersler yerleştirilir. Tüm öğrencilerin dersleri yerleştirildiyse, süreç bir sonraki oturuma geçer. Sistemde hala dersleri kitapçıklara yerleştirilmeyen öğrenciler varsa Adım 13 tekrarlanır.

Eğer bu kontrolde uygun kitapçık bulunmazsa Adım 14 uygulanarak yeni kitapçık yaratılarak tüm dersler o kitaba eklenir. Tüm öğrencilerin dersleri yerleştirildiyse, süreç bir sonraki oturuma geçer. Sistemde hala dersleri kitapçıklara yerleştirilmeyen öğrenciler varsa Adım 13 tekrarlanır.

Adım 19: Kesişen derslerin kitapçığına öğrencinin diğer derslerinin yerleştirilmesi; Adım 17’de listelenen kesişim içeren kitaplar arasından, en fazla ders kesişimine sahip ilk kitaba öğrencinin kesişim dışında kalan dersleri yerleştirilir.

Adım 20: Kitapçık üst sınırı aştı mı kontrolü; Adım 19’da en fazla ders kesişiminin bulunduğu kitaba öğrencinin kalan dersleri yerleştirildikten sonra, kitabın uygunluğu üst sınır kitapçık ders sayısı parametresine göre kontrol edilir. Eğer kitaptaki ders sayısı bu parametreyi geçiyorsa Adım 19 tekrarlanır ve dersler bir sonraki uygun kitaba yerleştirilir. Eğer derslerin atandığı kitapçık üst sınır kitapçık ders parametresine göre uygunsa, sistem tüm öğrencilerin derslerinin kitapçıklara atanıp atanmadığını kontrol eder. Sistemde dersleri kitapçıklara yerleştirilmeyen öğrenciler varsa adım 13 tekrarlanır. Eğer tüm öğrenciler için derslerin kitapçıklara yerleştirilme süreci tamamlandıysa, algoritma bir sonraki oturuma geçer. Tüm bu algoritma adımları sırayla sistemdeki tüm oturumlar için tekrarlanır. Sistemdeki en son sıradaki oturum için de tüm adımlar tamamlandığında derslerin kitapçıklara yerleştirilme süreci algoritması sonlanır. Böylelikle çok oturumlu sınavlarda kitapçık optimizasyonu problemi için algoritma adımları tamamlanmış olur. Derslerin kitaplara yerleştirilmesi sürecine ait süreç akış şeması EK-2’de gösterilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Java programlama dili ile kodlanan Çok Oturumlu Sınavlarda Kitapçık Optimizasyonu Algoritması, Anadolu Üniversitesi Kuzey Amerika Programlarına ait bir eğitim-öğretim yılı güz dönemi dönem sonu sınav verileri için çalıştırılmıştır. Örnek problem 3 oturum olacak şekilde düzenlenmiştir. Tablo 5’te, önerilen algoritma ile elde edilen oturum düzeninin sistemin tüm kısıtlarına uygunluğu hazırlanan testler ile kontrol edilmiştir.

Tablo 5. Önerilen algoritma ile elde edilen oturum düzeni

1. oturum kitap ve dersleri									
10001	10002	10003	10004	10005	10006	10007	10008	10009	10010
MAT103U	MAT103U	FEL207U	İŞL205U	FEL207U	TİC205U	MLY201U	MAİ201U	MLY201U	İKT303U
BİL101U	ARA2001	MLY201U	İKT311U	BİL101U	BİL101U	İKT311U	İŞL205U	TİC205U	İŞL203U
İNG101U	BİL101U	ÇEK403U	ULİ407U	SOS103U	İNG101U	EDB203U	EDB305U	KOİ409U	İNÖ407U
FOT15U	SOS113U	SOS101U	YBS203U	SOS101U	SOS113U	ULİ405U	EDB201U	İKT311U	SYT203U
SOS113	SOS101U	İŞL405U	SOS305U	EDB101U	SOS101U	EDB201U	İLT203U	EDB401U	LBV209U
SOS101U	İLH1002	SOS205U	İNG301U	SOS205U	LOJ101U	ULİ407U	MEİ303U	ÇEK403U	SOS315U
İNG301U	MUH101U	İNG301U	SOS313U	SOS305U	MUH201U	İNG301U	YBS203U	MLY403U	SOS313U
HUK209U	İLH2004	HUK301U	MAT105U	SOS203U	HUK209U	İKT307U	YBS303U	KOİ401U	İNG201U
SOS207U	İLH1004	FIN201U	ULİ401U	İNG301U	İKT307U	İKT403U	TDE305U	EDB407U	LBV203U
EST101U	MAT105U	PZL103U	SOS307U	MAT105U	PZL103U	ULİ401U			

2. oturum kitap ve dersleri

20001	20002	20003	20004	20005	20006	20007	20008	20009
TAR119U	İŞL105U	ULİ305U	İKT201U	İLT213U	PZL193U	EDB205U	EDB403U	LBV205U
ULİ305U	LOJ207U	PSI201U	SOS301U	HUK101U	İKT401U	LOJ207U	ULİ305U	MUH303U
HUK101U	İŞL301U	MLY203U	MLY203U	HİT201U	İŞL205U	EDB105U	İŞL209U	İNÖ307U
MLY203U	İŞL401U	İLH2002	TÜR201U	SOS111U	ÇEK401U	EDB301U	YBS307U	KOİ405U
MUH103U	HUK101U	SİY201U	SOS319U	İLT107U	PZL207U	EDB103U	FOT101U	LBV211U
SİY301U	İLT107U	İLH1003	İST201U	MUH103U	HUK101U	MUH103U	İLT107U	EMY205U
SİY201U	MUH103U	İLH2005	KYT401U	İLT207U	HUK401U	FIN401U	PSİ103U	
FRA301U	TÜR201U	TÜR201U	SOS309U	MEİ101U	TÜR201U	TDE203U	YBS205U	
TÜR201U	İŞL201U	SOS319U	SOS317U	PZL303U	SOS319U	TDE301U	TDE401U	
ULİ301U	TRZ205U	ARA1001	İKT305U	TÜR201U	ÇMH201U			
3. oturum kitap ve dersleri								
30001	30002	30003	30004	30005	30006	30007	30008	30009
İST205U	EDB107U	İKT203U	İKT103U	İKT103U	İŞL403U	EDB107U	KYT201U	LBV207U
İKT103U	İŞL303U	PZL305U	İKT101U	TİC203U	İKT203U	TDE101U	ULİ403U	KOİ407U
TİC203U	YBS309U	İKT103U	TR201U	TAR201U	MLY301U	EDB303U	İKT103U	İNÖ405U
İLH1005	KYT201U	İKT101U	HUK221U	MEİ105U	İŞL305U	SOS201U	HUK211U	FOT103U
SOS201U	TAR201U	HİT203U	MEİ105U	İŞL107U	İŞL293U	SOS311U	ÇEK405U	SOS321U
TAR201U	TDE205U	TAR201U	TAR113U	MEİ103U	MUH301U	SOS303U	HUK403U	TDE403U
İLH1001	TDE103U	İLT301U	İŞL107U	İLT303U	İKT309U	TDE303U	SOS105U	EDB405U
İLH2003	İST203U	İŞL107U	İLH2003	FIN205U	İKT405U	İST203U	İŞL293U	LBV201U
SOS105U	TDE201U	ULİ201U	ULİ201U	SYT201U	ULİ303U	TDE103U	ÇEK101U	
İST203U	YBS201U	İLH2001	İLH2001	MUH301U	SİY303U	TDE201U	SİY303U	

Gerçekleşmiş olan bu sınavın ders atama verileriyle, algoritma ile elde edilen oturum düzeni kullanılarak yapılan ders atama verileri karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Gerçekleşen ve önerilen atama sonuçları

Sınav-ders ataması gerçekleşen değerler		Önerilen algoritma ile elde edilen sınav-ders ataması sonuçları	
Kullanılan kitapçık türü	52	Kullanılan kitapçık türü	29
Toplam basılan kitapçık sayısı	315	Toplam basılan kitapçık sayısı	424
Toplam basılan sayfa	5386	Toplam basılan sayfa	8240

Oluşturulan kitapçık sayısı önerilen algoritma sonucunda daha az değere ulaşmıştır. Bununla beraber, öğrencilerin derslerinin oturumlara dağıtılması işleminin dengeli bir şekilde gerçekleştirilmesi sonucunda, öğrenciler daha fazla oturumda sınava girmekte ve oturumlarda birbirine yakın değerlerde dersten sınava girmektedir. Öğrencilerin sınavda aldıkları ders sayısı çeşitliliği bu sınav için 1 ile 12 arasında değişmektedir. Oturumda en fazla 5 ders alınabilir kısıtı ile birlikte, bu ders sayısındaki çeşitlilik oranı derslerin oturumlara dengeli dağıtılması durumunu beraberinde getirmiştir.

Öğrencinin daha fazla sınava katılması, toplam basılan kitapçık sayısındaki artışı açıklamaktadır. Gerçek sınav ve algoritma verileriyle gerçekleştirilen ders atamaları farklı kriterler için de karşılaştırılmış ve edinilen sonuçlarla, geliştirilen algoritmanın avantaj ve dezavantajları araştırılmıştır. Tespit edilen avantajlar, dezavantajlar ve karşılaştırma yapılan veri grubu izleyen sırada verilmiştir.

Avantajlar:

1. Bölüm bilgisi kullanılmadığı için, oturum düzeni hazırlamaya olan yaklaşım daha kolay bir hale getirilmiştir. Bölüm bazında çalışma yapılmasına duyulan ihtiyaç ortadan kaldırılmış, sınavdaki öğrencilerin kimlik numaraları ve ders gösterim kodlarını içeren bir liste oturum düzeni oluşturmak için yeterli hale gelmiştir.

2. Mevcut sistemde oturum düzenleri manuel hazırlanmakta iken, geliştirilen algoritmanın Java programlama dilinde kodlanması sonucu, program çıktısı ile oturum düzeni elde edilebilir bir sistem geliştirilmiştir. Böylelikle oturum düzeni hazırlamak için harcanan süre oldukça kısalmıştır.

3. Sınavın oturumu kümesi parametre bazlı hale getirilmiştir. Böylelikle, algoritma çalıştırılarak sınav öğrenci-ders verilerinin 1, 2, 3 veya 4 oturum değerleri için uygunlukları denenip sınav oturumuna karar verilebilir. Öğrencilerin 1 oturumda alabildiği maksimum ders sayısı olan 5 engeline takılmadan, sınavların kaç oturumda gerçekleştirilebileceği kontrol edilebilir bir durum haline gelmiştir. Daha az oturumda gerçekleştirilen sınavlar görevli ve baskı maliyetleri açısından iyileştirme sağlayan bir durumdur.

Örnekleme sınavı olan Kuzey Amerika Programı sınavı, öğrenci verisi az olduğu için diğer Açıköğretim sistemi sınavlarından farklı olarak üç oturumda gerçekleştirilmiştir. Algoritma oturum sayısı 3 seçilerek çalıştırılmıştır. Ancak algoritma 4 oturum seçilerek de çalıştırılmış, sınavın 3 ve 4 oturumda gerçekleşmesi durumunda atama sonucu Tablo 7'deki gibi bulunmuştur. Sınavın 4 oturum gerçekleştirilmesi durumunda basılan kitapçık ve sayfa sayısının arttığı görülmektedir.

Tablo 7. Farklı oturum sayıları için elde edilen sonuçlar

Toplam 3 oturum için algoritma ile elde edilen sınav-ders ataması sonuçları		Toplam 4 oturum için algoritma ile elde edilen sınav-ders ataması sonuçları	
Kitapçık türü	29	Kitapçık türü	26
Toplam basılan kitapçık	424	Toplam basılan kitapçık	545
Toplam basılan sayfa	8240	Toplam basılan sayfa	10672

4. Kitapçıkta en fazla yer alabilecek ders sayısı parametreye bağlanmıştır. Böylelikle öğrencilerin oturum bazında en fazla alabildikleri ders sayısı olan 5 engeline takılmadan, kitapçıkta yer alabilecek en fazla ders sayısı sınav bazında belirlenebilir bir durum haline getirilmiştir. Böylelikle kitapçıklarda aynı sayılarda ya da birbirine yakın değerlerde ders yer alabilecektir.

5. Dersler, kitapçıklar ve öğrenciler oturumlara dengeli dağılmaktadır. Böylelikle her oturumda birbirine yaklaşık değerlerde ders, kitapçık ve öğrenci bulunmaktadır. Bu durum, bazı sınavlar için bir oturumda fazla yığılma olurken, bir oturumda belki sadece birkaç kitapçık için sınav yapılma durumunu ortadan kaldırır hale gelmiştir. Bu kriter için gerçek sınav ve algoritma ders atama değerlerinin karşılaştırılması Tablo 8 ve 9'da verilmiştir.

Tablo 8. Oturum bazlı öğrenci ve kitapçık sayısı karşılaştırması

Gerçek sınav oturum düzeni		Algoritma ile elde edilen oturum düzeni	
Oturum bazlı öğrenci ve kitapçık sayısı		Oturum bazlı öğrenci ve kitapçık sayısı	
1	138	1	142
2	141	2	142
3	135	3	140
Toplam	314	Toplam	424

Tablo 9. Oturum bazlı ders sayısı karşılaştırması

Gerçek sınav oturum düzeni		Algoritma ile elde edilen oturum düzeni	
Oturum bazlı ders sayısı		Oturum bazlı ders sayısı	
1	90	1	62
2	64	2	62
3	31	3	61
Toplam	185	Toplam	185

Belirtilen avantajlarının yanında önerilen sistemin dezavantajlarından biri dört ve daha az dersi olan öğrencilerin derslerinin oturumlara bölünmesi istenmeyen bir durum olabilir. Toplamda üç veya iki dersi olan öğrencilerin sadece bir oturumda sınava girmeleri istenen bir durumdur. Örneğin üç ders alan bir öğrenci tüm derslerini tek bir oturumda vermek isteyebilir. Her bir ders için üç kere sınava gitmek öğrenci açısından zaman ve maliyet sınırı getirmektedir. Ancak, önerilen algoritma ile oturumda en fazla beş ders alınabilmesi ve derslerin oturumlara eşit sayıda bölünmesi böyle bir sonucu da beraberinde getirmektedir.

Geliştirilen algoritma ile daha az kitapçık türüne erişilirken, daha fazla basılan kitap ve sayfa sayısına erişilmiştir. Kurumlar için daha dengeli bir sınav oturumunun elde edilmesi olumlu bir gelişme iken, daha fazla kitap basılması istenmeyen bir durum olarak görülebilir. Ancak örneklem sayısının oldukça küçük olmasının bu durumu tetikleyebileceği düşünüldüğünden, bu bağlamda algoritmanın daha büyük örneklem grupları ile çalıştırılıp bu kıyaslanmanın tekrar yapılmasında fayda görülmektedir.

4. Sonuç

Türkiye’de çok oturumlu sınavlar birçok kurum tarafından uygulanmaktadır. Yükseköğretime geçiş sınavları, kamu personelinin yerleştirilmesi için yapılan sınavlar, açık ve uzaktan eğitim veren kurumların gerçekleştirdiği sınavlar birden fazla oturumda gerçekleştirilen, çok oturumlu sınavlara örnek gösterilebilecek sınavlardır. Bu çalışma kapsamında, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim sistemi sınavlarında, öğrencilerin derslerinin sınav kitapçıklarına ve oturumlarına yerleştirilme işlemi olan oturum düzeni hazırlama işlemi ele alınmıştır. Oluşturulacak kitapçık türünün en küçüklenmesi hedeflenerek, sistemin kısıtları altında oturum düzeni oluşturulması çalışılmıştır. Örneklem sınav olarak, gerçek sınav olan Açıköğretim sistemi yurt dışı programlarından Kuzey Amerika Programlarına ait bir eğitim-öğretim yılı güz dönemi dönem sonu sınavı seçilmiştir.

İlk çözüm yaklaşımı olarak; problemin kısıtları, karar değişkenleri ve amaç fonksiyonu belirlenerek, 0-1 tam sayılı doğrusal bir matematiksel model geliştirilmiştir. GAMS eniyileme yazılımı ile örneklem sınav verisi için en iyi çözüm araştırılmıştır. Ancak hem kısıt ve değişken sayılarının fazla olması hem de modelin karmaşıklığından dolayı matematiksel model ile en iyi çözüm sağlanamamış; problem örneklem 2 olarak adlandırdığımız daha küçük bir boyutlu probleme indirgenmiştir. Örneklem 2 için geliştirilmiş matematiksel model ile en iyi çözüm elde edilmiştir.

Geliştirilen matematiksel model ile büyük boyutlu çok oturumlu sınavlarda kitapçık optimizasyonu problemine en iyi çözüm elde edilemediğinden, yeni çözüm yaklaşımı olarak bir sezgisel algoritma önerilmiştir. Algoritma adımları iki ardışık süreçten oluşacak şekilde tasarlanmıştır. İlk süreç öğrenci derslerinin sistem kısıtları altında oturlara yerleştirilmesi, ikinci süreç ise, oturma atamaları yapılan derslerin yine sistem kısıtları altında kitapçıklara yerleştirilmesi şeklinde oluşturulmuştur. Algoritma sonucu oturma düzeni, gerçek sınavın oturma düzeni verileriyle karşılaştırılmış ve yeni sistemin oldukça fazla avantaja sahip olduğu görülmüştür.

Gelecek çalışmalarda, farklı sezgisel yöntemler denenerek sistemin performansı ölçülebilir. Derslerin sınav oturumlarına ve sınav kitapçıklarına yerleştirilme işlemi seçenekleri çok fazla kombinasyon kümesine sahip olduğu için farklı sezgisel yaklaşımların sonuçlarının sistemin performansını nasıl etkilediği araştırılabilir. Ayrıca örneklem büyüklüğünün bu çalışmanın sonuçlarını nasıl etkileyeceği de incelenebilir. Seçilen örneklem Açıköğretim sistemi için oldukça küçük boyutta bir örnektir. Daha fazla öğrencinin yer aldığı örneklem sınavlar seçilip algoritma sonuçları ile gerçekleşen sınavların verilerinin karşılaştırılması da merak edilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Anadolu Üniversitesi BAP Komisyonunda kabul edilen 1706F390 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

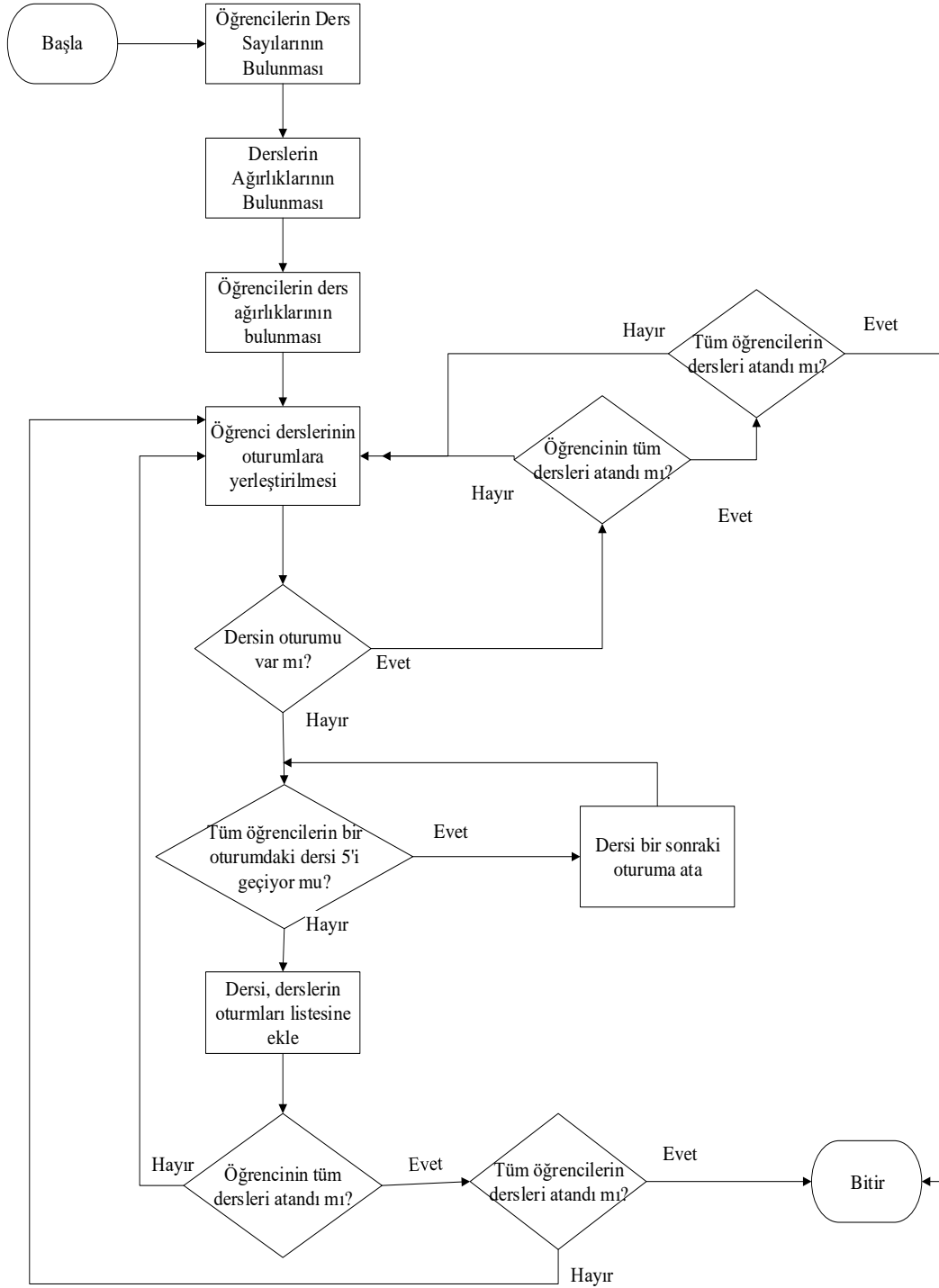
Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Bellio R., Ceschia S., Di Gaspero L. Schaerf, A., Urli T. Feature-based tuning of simulated annealing applied to the curriculum-based course timetabling problem. *Computers & Operations Research* 2016; 65: 83-92.
- Goh SL., Kendall, G., Sbar NR. Simulated annealing with improved reheating and learning for the post enrolment course timetabling problem. *Journal of the Operational Research Society* 2018; 70(6): 873-888.
- Gunawan A., Ng KM., Poh KL. Solving the teacher assignment-course scheduling problem by a hybrid algorithm. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering* 2007; 1(2): 136-141.

- Imran Hossain SK., Akhand MAH., Shuvo MIR., Siddique NH., Adeli H. Optimization of university course scheduling problem using particle swarm optimization with selective search. *Expert Systems with Applications* 2019; 127: 9-24.
- Kamışlı Öztürk, Z, Sağır, M. A new mathematical model and random key based metaheuristic solution approach for course-room-time assignment problem. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2019; 27(2): 67-76.
- Matias, JB., Fajardo, A., Medina R. A hybrid genetic algorithm for course scheduling and teaching workload management. 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), IEEE; 2018, p. 1-6.
- Susan S., Bhutani A. Data mining with association rules for scheduling open elective courses using optimization algorithms. 2018 International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), Springer; 2018, p. 770-778.
- Yazdani M., Naderi B., Zeinali E. Algorithms for university course scheduling problems. *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette* 2017; 24: 241–247.

Ek 1. Derslerin Oturlara Yerleştirilme Süreci Akış Şeması



EK 2. Derslerin Kitapçılara Yerleştirilme Süreci Akış Şeması

Üsköds: Üst sınır kitap ders sayısı

