

Mazeret/Telafi sınavı çizelgeleme problemi için bir hedef programlama modeli

A goal programming model for the make-up/compensation examination problem

Tuğba SARAÇ^{1*}, Feriştah ÖZÇELİK², Hatice ERDOĞAN³

^{1,2}Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.
tsarac@ogu.edu.tr, fdurmaz@ogu.edu.tr

³Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Antalya Bilim Üniversitesi, Antalya, Türkiye.
hatice.erdogan@antalya.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 19.10.2018, Kabul Tarihi/Accepted: 13.02.2019

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2019.01033

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Üniversitelerde ve diğer eğitim kurumlarında, sınav çakışması, sağlık problemleri vb. nedenlerle planlanan sınav dönemlerinde sınava giremeyen öğrencilere mazeret/telafi sınavları yapılmaktadır. Özellikle bu sınavlara girecek öğrenci sayısının çok olduğu durumlarda, sınav çizelgesinin hazırlanması oldukça zor ve zaman alıcı olabilmektedir. Literatürde genellikle sınav çizelgeleme problemleri, oturum sayısı, sınavlar ve sınavlara katılacak öğrenciler belirli iken sınavların gözetmen, derslik gibi kaynak kısıtlarını da dikkate alarak oturumlara atanması şeklinde ele alınmaktadır. Bu çalışmada ise oturum sayısı belli değildir ve sınavların kısa bir zaman diliminde tamamlanması gerektiğinden toplam oturum sayısının mümkün olduğunca az olması istenmektedir. Ayrıca oturumların sınav sayısı açısından mümkün olduğunca dengeli olması ve bir öğrenci bir günde birden fazla sınava girecekse mümkünse sınavlarının art arda olmaması hedeflenmektedir. Ele alınan problem için bir hedef programlama modeli önerilmiştir. Geliştirilen model, bir üniversitenin Endüstri Mühendisliği Bölümünden alınan gerçek veriler kullanılarak test edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Sınav çizelgeleme, Hedef programlama, GAMS

Abstract

In the universities and other educational institutions, make-up/compensation examinations are made for students who cannot take the exam at the scheduled exam periods due to examinations, health problems and so on. Especially when there are a lot of students going into these examinations, preparing the exam schedule can be very difficult and time consuming. In the literature, generally exam scheduling problems are considered as when the number of sessions, examinations and students attending to the examinations are certain, examinations are assigned to the sessions by considering resource constraints such as supervisor, classroom. In this study, number of sessions is not known and desired to be minimized because the examinations must be completed within a short period. It is also aimed that the sessions are balanced as much as possible in terms of number of examinations and if a student will attend more than one examination in one day, the examinations will not be consecutive. A goal programming model is proposed for the considered problem. The developed model has been tested using real data from the Industrial Engineering Department of a University.

Keywords: Examination scheduling, Goal programming, GAMS

1 Giriş

Zaman çizelgeleme problemleri, eğitim zaman çizelgeleme, hemşire çizelgeleme, spor zaman çizelgeleme ve ulaşım çizelgeleme gibi çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Eğitim zaman çizelgeleme problemi, en çok incelenen sınıflardan birisidir [1]. Problemin literatürde sıklıkla yer almasının nedeni hem teorik açıdan zor bir problem olması hem de yaygın bir uygulama alanının olmasıdır.

Burke ve diğ. [2] eğitim zaman çizelgeleme problemini, bir dizi olayın (ör. dersler, sınavlar vb.), probleme özel kısıtlar altında belirli zaman aralıklarına atanması şeklinde tanımlamıştır. Sınav çizelgeleme problemlerinde kullanılan kısıtlar genellikle katı kısıtlar ve esnek kısıtlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

- **Katı Kısıtlar**, mutlaka sağlanması gereken kısıtlardır. Örneğin, sınav zaman çizelgesinde, aynı öğrencinin girmesi gereken iki sınav aynı zaman dilimine atanamaz,
- **Esnek Kısıtlar**, mümkün olduğunca sağlanması istenen kısıtlardır ancak sağlanmaması durumuna da izin verilmektedir. Örneğin, her oturuma en fazla bir sınav atanmasının istendiği sınav çizelgeleme probleminde,

zorunluluk halinde bir oturuma birden fazla sınav atanabilmektedir.

Literatürde eğitim kurumlarında sınav çizelgeleme problemi elli yılı aşkın süredir ele alınmaktadır. Sınav çizelgeleme problemleri sınavların oturumlara atanması, sınavların oturumlara ve sınıflara atanması ve sadece sınavlara gözetmen atanması gibi farklı şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Sınav çizelgeleme probleminin çözümünde serim tabanlı yöntemler, kısıt programlama, yerel aramaya dayalı yöntemler (yasaklı arama, tavlama benzetimi vb.), popülasyon tabanlı yöntemler (evrimsel algoritmalar, memetik algoritmalar, karınca kolonisi vb.), çok kriterli yaklaşımlar, hiper sezgiseller, ayrıştırma/kümeleme yöntemleri gibi çeşitli çözüm yaklaşımları kullanılmaktadır [1].

Literatürde sınav çizelgeleme ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Lotfi ve Cervený [3], final sınavı çizelgeleme problemini ele almış ve çok aşamalı bir çözüm yaklaşımı önermişlerdir. İlk aşamada sınavlar öğrenci sayısını en aza indirecek şekilde gruplandırılmıştır. İkinci aşamada, günde iki veya daha fazla sınavı olan öğrenci sayısını en aza indirecek şekilde, sınav grupları (oturumlar) günlere tahsis edilmektedir. Üçüncü aşamada gün bazında ve oturum bazında ardışık sınavlara sahip öğrenci sayısını en küçükmeye çalışmışlardır.

Son aşamada ise gün ve saatleri belirlenmiş oturumlara derslik atanması problemi çözülmüştür. Güngör [4], sınav çizelgelemesi problemi için öğrenci isteklerini dikkate alan bir tam sayılı doğrusal karar modeli önermiştir. Dimopoulou ve Miliotis [5], üniversite ders ve sınav çizelgelemesi problemlerini birlikte ele almışlardır. Öncelikle tam sayılı programlama modeli ile dersleri ilgili zaman aralıklarına ve sınıflara atamamış ve ardından sezgisel bir algoritma ile sınav atamasını gerçekleştirmişlerdir. Azami [6], tavlama benzetimi, yasaklı arama, genetik algoritma ve karınca kolonisi yöntemlerini kullanarak üç farklı melez yöntem önermiştir. Sınav çizelgeleme probleminin çözümü için White ve diğ. [7] yasaklı arama algoritması ve Mirhassani [8] tam sayılı programlama modeli önermiştir. Dammak ve diğ. [9], sınav çizelgesi biliniyorken, sınavlara derslik atanması problemini ele almışlardır. Problemin çözümü için bir 0-1 tamsayı matematiksel model önermişlerdir. Burke ve diğ. [2], eğitimsel zaman çizelgelemesi için serim tabanlı bir hiper sezgisel geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem hem sınav çizelgeleme problemine hem de ders çizelgeleme problemine uygulanmıştır. Pillay ve Banzhaf [10] sınav çizelgeleme probleminin çözümü için Genetik Algoritma tabanlı iki aşamalı bir çözüm yaklaşımı önermişlerdir. Sağır ve Öztürk [11], sınavlara gözetmen atanması problemini Analitik Ağ Süreci yöntemini kullanarak çözmüşlerdir. Turabieh ve Abdullah [12], sınav çizelgeleme problemi için melez bir çözüm yaklaşımı geliştirmişlerdir. Çavdur ve diğ. [13], derslerin kritiklik seviyesini dikkate alarak sınavların dengeli dağıtılması için bir hedef programlama modeli önermişlerdir. Kahar ve diğ. [14], bir lisede sınav çizelgelemesi problemi için matematiksel model önermişlerdir. Lei ve diğ. [15] sınav çizelgeleme problemini çok amaçlı olarak ele almışlar ve problemin çözümü için çok amaçlı bir evrimsel algoritma önermişlerdir. Keskin ve diğ. [16], kaynak kısıtlı sınav çizelgeleme problemi için iki aşamalı bir çözüm yaklaşımı önermişlerdir. Qu ve diğ. [1] yaptıkları yayın taramasında sınav çizelgeleme problemlerinde kullanılan teknikleri sınıflandırmış ve ileriye dönük potansiyel araştırma konuları hakkında önerilerde bulunmuşlardır.

Mazeret/Telafi Sınavı çizelgeleme problemi, klasik sınav çizelgeleme probleminden farklılık göstermektedir. Klasik sınav çizelgeleme probleminde, bir dersin sınavına o derse kayıtlı tüm öğrencilerin katılması gerekirken, Mazeret/Telafi Sınavı çizelgeleme probleminde sadece normal sınav döneminde çeşitli nedenlerle sınava katılmayan öğrenciler dahil edilmektedir. Literatürde genellikle klasik sınav çizelgeleme problemleri, oturma sayısı, sınavlar ve sınavlara katılacak öğrenciler belirli iken sınavların gözetmen, derslik gibi kaynak kısıtlarını da dikkate alarak oturma ataması şeklinde ele alınmaktadır. Bu çalışmada ele alınan Mazeret/Telafi Sınavı çizelgeleme probleminde ise oturma sayısı belli değildir ve sınavların kısa bir zaman diliminde tamamlanması gerektiğinden toplam oturma sayısının mümkün olduğunca az olması istenmektedir. Ayrıca oturumların sınav sayısı açısından mümkün olduğunca dengeli olması ve bir öğrenci bir günde birden fazla sınava girecekse mümkünse sınavlarının art arda olmaması hedeflenmektedir. Ele alınan problem için bir hedef programlama modeli önerilmiştir.

Makalenin ikinci bölümünde ele alınan problem ve geliştirilen matematiksel model sunulmuştur. Üçüncü bölümde deneysel sonuçlar verilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

2 Ele alınan problem ve geliştirilen matematiksel model

Bu çalışmada Mazeret/Telafi sınav çizelgesi oluşturma problemi için bir hedef programlama modeli önerilmiştir. Ele alınan problemde Mazeret/Telafi sınavına girecek n öğrenci mevcuttur. m adet sınavın, toplam kaç oturumda yapılacağı ve sınavların hangi oturumlara atanacağı belirlenmelidir. Öğrencilerin birden fazla sınava girmesi mümkündür ve hangi sınavlara girecekleri (a_{ij}) bilinmektedir. Bir oturuma atanabilecek öğrenci sayısı (b) , sınavların tamamlanması gereken gün sayısı (f) , bir günde açılacak en fazla oturma sayısı (q) ve sınav dönemi içinde açılacak toplam oturma sayısı (p) sınırlıdır. Bu çalışmada, oturumların sınav sayısı açısından mümkün olduğunca dengeli olması, bir öğrenci bir günde birden fazla sınava girecekse mümkünse sınavlarının art arda olmaması, toplam oturma sayısının mümkün olduğunca az olması hedeflenmektedir. Her üç hedefin aynı önceliğe ve öneme sahip olduğu varsayılmıştır. Ele alınan problem için geliştirilen matematiksel model aşağıda verilmiştir.

2.1 İndisler

- i : Öğrenci ($i = 1, \dots, n$),
 j : Sınav yapılacak ders ($j = 1, \dots, m$),
 k, k' : Oturma ($k, k' = 1, \dots, p$),

2.2 Parametreler

- n : Öğrenci sayısı,
 m : Sınav yapılacak ders sayısı,
 q : Bir günde açılacak en fazla oturma sayısı
 f : Sınavların tamamlanması gereken gün sayısı,
 p : Sınav dönemi içinde açılacak toplam oturma sayısı ($p = q * f$),
 c : En çok sınava girecek öğrencinin sınav sayısı ($c = \max_i \sum_{j=1}^m a_{ij}$),
 b : Bir oturuma atanabilecek en fazla öğrenci sayısı,
 a_{ij} : i . öğrenci j . sınava girecekse 1, diğer durumda 0,
 e_k : k . oturma gününü.

2.3 Karar değişkenleri

- x_{jk} : j . ders k . oturuma atanırsa 1, diğer durumda 0,
 z_k : k . oturma açılırsa 1, diğer durumda 0,

$d1_{kk'}^-, d1_{kk'}^+, d2_{ik}^-, d2_{ik}^+, d3^-, d3^+$: sapma değişkenleri.

2.4 Kısıtlar

$$\sum_j a_{ij} x_{jk} \leq 1 \quad \forall i, k \quad (1)$$

$$\sum_j x_{jk} \geq 1 - (1 - z_k) m \quad \forall k \quad (2)$$

$$\sum_j x_{jk} \leq z_k m \quad \forall k \quad (3)$$

$$\sum_j x_{jk} = 1 \quad \forall j \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_j a_{ij} x_{jk} \leq b \quad \forall k \quad (5)$$

$$\sum_j x_{jk} - \sum_j x_{jk'} + d1_{kk'}^- - d1_{kk'}^+ = 0 \quad \forall k, k' | k < k' \quad (6)$$

$$\sum_j a_{ij}x_{jk} + \sum_j a_{ij}x_{jk+1} + d2_{ik}^- - d2_{ik}^+ = 1 \quad \forall i, k | e_k \quad (7)$$

$$= e_{k+1} \text{ ve } k < p$$

$$\sum_k z_k + d3^- - d3^+ = c \quad (8)$$

$$x_{jk} \in \{0,1\} \quad (9)$$

$$z_k \in \{0,1\} \quad (10)$$

2.5 Amaç fonksiyonu

$$enk \ z = \frac{\sum_k \sum_{k' < k} d1_{kk'}^-}{(p-1)(m-p)} + \frac{\sum_k \sum_{k' < k} d1_{kk'}^+}{(p-1)(m-p)} + \frac{\sum_l \sum_k d2_{lk}^+}{(q-1)f} + \frac{d3^+}{p} \quad (11)$$

(1) No.lu kısıt, her öğrencinin her oturumda en fazla bir sınavın olmasını garanti etmektedir. (2) ve (3) No.lu kısıtlar, açılan her oturuma en az bir sınavın atanmasını sağlar ve açılmayan oturumlara sınav atanmasını engeller. (4) No.lu kısıt, her sınavın mutlaka bir oturuma atanmasını sağlamaktadır. (5) No.lu kısıt, bir oturuma atanabilecek öğrenci sayısını sınırlamaktadır. (6) No.lu kısıt, Hedef 1 (H1)'e ait kısıttır ve açılan herhangi iki oturum arasındaki sınav sayısı farkının mümkün olduğunca az olmasını sağlamaktadır. H1 için hedef değeri sıfırdır. (7) No.lu kısıt, Hedef 2 (H2)'e ait kısıttır ve bir öğrencinin bir günde birden fazla sınava girmesi durumunda mümkün olduğunca sınavlarının art arda olmamasını sağlamaktadır. H2 için hedef değeri birdir. (8) No.lu kısıt, Hedef 3 (H3)'e ait kısıttır ve toplam oturum sayısının mümkün olduğunca en çok sınava girecek öğrencinin sınav sayısına yakın olmasını sağlamaktadır. H3 için hedef değeri c' 'dir. (9) ve (10) No.lu kısıtlar, işaret kısıtlarıdır. Amaç (11) ise (6), (7) ve (8) No.lu hedeflerden istenilmeyen yöndeki sapmaların enküçülenmesidir. Tüm hedeflere ait sapmaların $[0,1]$ aralığında değer alabilmesi için, her bir hedefe ait sapma değeri bir üst sınır değerine bölünmüştür.

3 Deneysel sonuçlar

Geliştirilen matematiksel model öncelikle örnek bir problem kullanılarak ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Daha sonra bir üniversitenin Endüstri Mühendisliği Bölümünden alınan geçmiş dönemlere ait veriler kullanılmıştır. Tüm testler Intel

(R) Core (TM) i7- 4790 CPU@3.66 GHz işlemcisi, 16 GB belleği olan bir bilgisayarda yapılmıştır. Matematiksel model GAMS 24.1.3 ile kodlanmış, çözücü olarak Cplex kullanılmış ve çözüm süresi 1000 sn. ile sınırlanmıştır.

3.1 Küçük boyutlu örnek problem

Rassal olarak türetilen küçük boyutlu örnek problemde 15 öğrenci ve 17 sınav vardır. Bir günde en çok üç oturum açılabilen ve tüm sınavların üç günde tamamlanması gerekmektedir. Öğrencilerin hangi dersin Mazeret/Telafi sınavına gireceği bilgisi Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'den de görülebileceği gibi öğrenci Ö1, beş farklı dersin (D1, D5, D9, D12 ve D13) sınavlarına girecektir ve en fazla sınavı olan öğrencinin (Ö11) sınav sayısı 7'dir. Derslik kapasitesi nedeniyle bir oturuma en fazla 6 öğrenci atanabilmektedir.

Örnek problem, önerilen matematiksel model kullanılarak 7 sn.'de çözülmüştür. Elde edilen sınav çizelgesi Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'den de görülebileceği gibi sınavlar üç günde üçer oturum halinde çizelgelenmiştir.

Hedef değerlerinden sapmalar incelenecek olursa; oturumların sınav sayısı açısından mümkün olduğunca dengeli olması hedefi (H1) için hedef değerinden pozitif ve negatif sapmaların toplamı 22 olarak gerçekleşmiştir. H1 için üst sınır değeri $((p-1)(m-p))$, 64 olarak hesaplanmıştır.

Bir öğrenci bir günde birden fazla sınava girecekse mümkünse sınavlarının art arda olmaması hedefi (H2) için pozitif sapma değerleri toplamı iki olarak gerçekleşmiştir. Sadece en çok sınavı olan Ö11, ikinci sınav gününde tüm oturumlarda (O4, O5, O6) sınava girdiği için ilgili sapmalar gerçekleşmiştir. H2 için üst sınır değeri $((q-1)f)$, 6 olarak hesaplanmıştır.

En çok sınavı olan öğrencinin sınav sayısı yedi iken toplamda dokuz oturum açıldığından, oturum sayısının mümkün olduğunca az olması hedefi (H3) için pozitif sapma değeri iki olarak gerçekleşmiştir. H3 için üst sınır değeri (p) , 9'dur. Örnek problemin amaç fonksiyonu değeri ise 0.8993'dür.

3.2 Gerçek hayattan alınan problemler

Önerilen modelin gerçek hayat problemlerini çözmedeki başarısı bir üniversitenin Endüstri Mühendisliği Bölümünün geçmiş üç döneme ait Mazeret/Telafi sınavı çizelgeleme verileri kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar mevcut çizelgeler ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 1: Öğrencilerin hangi dersin mazeret/telafi sınavına gireceği bilgisi (a_{ij}).

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17
Ö1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Ö2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Ö3	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ö4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Ö5	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ö6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Ö7	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ö8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Ö9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ö10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ö11	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Ö12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ö13	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ö14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ö15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Tablo 2: Elde edilen sınav çizelgesi.

Oturum	Atanan Dersler	Ders Sayısı	Atanan Öğrenciler	Öğrenci Sayısı
01	D1	1	Ö1, Ö5, Ö7, Ö9, Ö10, Ö11	6
02	D3, D6	2	Ö3, Ö4, Ö14, Ö15	4
03	D12, D16	2	Ö1, Ö6, Ö8, Ö11	4
04	D2, D9	2	Ö1, Ö2, Ö3, Ö9, Ö11	5
05	D7, D15, D17	3	Ö4, Ö5, Ö8, Ö11, Ö12, Ö13	6
06	D5, D14	2	Ö1, Ö3, Ö6, Ö11, Ö15	5
07	D4	1	Ö2, Ö3, Ö7, Ö8, Ö11, Ö13	6
08	D10, D13	2	Ö1, Ö6, Ö12	3
09	D8, D11	2	Ö2, Ö4, Ö5, Ö7, Ö11	5

İlgili üniversitenin akademik takvimine göre Mazeret/Telafi sınavlarının en fazla iki gün içinde tamamlanması gerekmektedir. Bir günde en fazla beş oturum açılabilir. Bir oturuma atanabilecek en fazla öğrenci sayısı ise derslik kapasitesi nedeniyle 40 ile sınırlandırılmıştır.

İlk uygulama olarak 2016-2017 Güz Dönemine ait geçmiş veriler kullanılmıştır. İlgili dönemde öğrencilerin hangi dersin Mazeret/Telafi sınavına gireceği bilgilerini içeren bir örnek Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: 2016-2017 Güz dönemi mazeret/telafi sınavına giren öğrencilerin bilgileri

Öğrenci	Ders Adı
Ö1	Mühendislik Ekonomisi
Ö1	İmalat Süreçleri
Ö2	Kesikli Sistemler
Ö3	Kesikli Sistemler
Ö4	Kabul Örnekleme
Ö5	Kimya
Ö6	Teknik Resim
Ö6	İngilizce I
Ö7	Kesikli Sistemler
Ö8	Maliyet Analizi
Ö9	Bilgi Teknolojileri
.	.
.	.
.	.
Ö51	Algoritmalar
Ö52	Ergonomide Uy.Yönt.
Ö53	İst. ve Altı Sigma Y.
Ö54	İst. ve Altı Sigma Y.

2016-2017 Güz Döneminde 54 öğrenci toplam 38 tane Mazeret/Telafi sınavına katılmıştır. Toplam 10 oturumda sınav gerçekleştirilmiştir. Bir günde beş oturum açılmış olup sınavlar iki günde tamamlanmıştır. Sınava girecek öğrencilerden en çok sınava girecek öğrencinin sınav sayısı 8'dir. 2016-2017 Güz dönemine ait mevcut sınav çizelgesi Tablo 4'te verilmiştir.

İlgili döneme ait problem, önerilen matematiksel model kullanılarak çözülmüştür. Süre 1000 sn. limitine kadar kullanılmıştır. Elde edilen sınav çizelgesi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4: 2016-2017 Güz dönemi mevcut sınav çizelgesi.

Oturum	Atanan Dersler	Ders Sayısı	Atanan Öğrenciler	Öğrenci Sayısı
01	D1, D2, D3, D4, D5	5	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15	15
02	D6	1	Ö9, Ö16	2
03	D7	1	Ö3, Ö17	2
04	D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14	7	Ö6, Ö7, Ö8, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25, Ö26, Ö27, Ö28, Ö29	17
05	D15	1	Ö3, Ö30, Ö31	3
06	D16, D17, D18, D19, D20	5	Ö3, Ö5, Ö6, Ö9, Ö15, Ö16, Ö19, Ö20, Ö31, Ö33, Ö34, Ö35, Ö36, Ö37, Ö38, Ö39, Ö40, Ö43	18
07	D21, D22, D23, D24, D25	5	Ö3, Ö5, Ö8, Ö9, Ö15, Ö16, Ö41, Ö42, Ö44, Ö45	10
08	D26, D27, D28, D29, D30	5	Ö3, Ö15, Ö20, Ö35, Ö46, Ö47, Ö48, Ö49, Ö50	9
09	D31, D32, D33	3	Ö1, Ö3, Ö4, Ö16, Ö20, Ö51, Ö52, Ö53, Ö54	9
010	D34, D35, D36, D37, D38	5	Ö3, Ö8, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö24, Ö31, Ö35, Ö45, Ö46, Ö47	12

Tablo 5: 2016-2017 güz dönemi önerilen sınav çizelgesi.

Oturum	Atanan Dersler	Ders Sayısı	Atanan Öğrenciler	Öğrenci Sayısı
01	D7, D10, D18, D25	4	Ö3, Ö6, Ö15, Ö16, Ö17, Ö19, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö34, Ö35, Ö46	13
02	D1, D9, D11, D27	4	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö7, Ö20, Ö25, Ö26, Ö46, Ö47, Ö48	11
03	D17, D34, D37, D38	4	Ö3, Ö8, Ö15, Ö16, Ö31, Ö32, Ö35, Ö45	8
04	D21, D22, D29, D33	4	Ö5, Ö41, Ö49, Ö50, Ö53, Ö54	6
05	D14, D23, D24, D31	4	Ö3, Ö8, Ö9, Ö15, Ö16, Ö20, Ö28, Ö29, Ö42, Ö44, Ö51, Ö52	12
06	D4, D6, D26, D28	4	Ö3, Ö8, Ö9, Ö15, Ö16, Ö20	6
07	D2, D8, D13, D20	4	Ö5, Ö6, Ö18, Ö19, Ö27, Ö39, Ö40, Ö43	8
08	D3, D5, D32	3	Ö1, Ö3, Ö4, Ö7, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16	12
09	D12, D15, D30, D35	4	Ö3, Ö8, Ö24, Ö30, Ö31, Ö35, Ö46	7
010	D16, D19, D36	3	Ö3, Ö5, Ö6, Ö9, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20, Ö32, Ö36, Ö37, Ö38, Ö47	14

Mevcut ve önerilen çizelgelere ait H1 hedef değerinden pozitif ve negatif sapmaların toplamı Tablo 6'nın H1 sütununda, H2 hedef değerinden pozitif sapmaların toplamı H2 sütununda ve H3 hedef değerinden pozitif sapma H3 sütununda verilmiştir.

Tablo 6: 2016-2017 Güz dönemi için mevcut ve önerilen çizelgelere ait sapma değerleri.

Çizelge	H1	H2	H3	Açılan oturum sayısı ($\sum_k z_k$)
Mevcut	108	12	2	10
Önerilen	16	4	2	10

Mevcut ve önerilen çizelgeler karşılaştırıldığında, Tablo 4'ten de görülebileceği gibi mevcut çizelgede O2, O3 ve O5 oturumlarına sadece bir sınav atanmış iken O7 oturumuna ise yedi sınav atanmıştır. Önerilen çizelgede oturumlara atanan sınav sayıları arasında bu kadar büyük farklılık yoktur. Tablo 5'ten de görülebileceği gibi her oturuma üç ya da dört sınav atanmıştır. H1 için hedef değerinden sapma mevcut çizelge için 108 iken, önerilen çizelge için 16 olarak gerçekleşmiştir. H1 hedefinden pozitif ve negatif sapmaların toplamı oldukça azaltılmıştır. H2 için pozitif sapma değerleri

toplamı mevcut çizelge için on iki değerini almış iken önerilen çizelge için dört olarak gerçekleşmiştir. Önerilen çizelgede sadece en çok sınavı olan Ö3, birinci sınav gününde O1, O2, O3 ve ikinci sınav gününde O8, O9, O10 oturumlarında sınava girdiği için ilgili sapmalar gerçekleşmiştir. En çok sınavı olan öğrencinin sınav sayısı sekiz iken toplamda on oturum açıldığından, H3'ün hedef değerinden pozitif sapma değeri hem mevcut çizelge hem de önerilen çizelge için iki olarak gerçekleşmiştir. İlgili döneme ait problemin amaç fonksiyonu değeri ise 0.7635'tir.

İkinci uygulamada 2011-2012 Bahar dönemine ait geçmiş veriler kullanılmıştır. İlgili dönemde 72 öğrenci 43 Mazeret/Telafi sınavına katılmıştır. İlk gün beş oturum, ikinci gün üç oturum açılmış olup sınavlar iki günde tamamlanmıştır. En çok sınava giren öğrencinin sınav sayısı 6'dır. 2011-2012 Bahar dönemine ait mevcut sınav çizelgesi Tablo 7'de verilmiştir.

İlgili döneme ait problem, önerilen matematiksel model kullanılarak çözülmüştür. Süre 1000 sn. limitine kadar kullanılmıştır. Elde edilen sınav çizelgesi Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 7: 2011-2012 Bahar dönemi mevcut sınav çizelgesi.

Oturum	Atanan Dersler	Ders Sayısı	Atanan Öğrenciler	Öğrenci Sayısı
O1	D1,D2, D3,D4, D5,D6, D7,D8, D9,D10, D11	11	Ö1,Ö2,Ö3,Ö4, Ö5,Ö6,Ö7,Ö8, Ö9,Ö10,Ö11, Ö12,Ö13,Ö14, Ö15,Ö16,Ö17, Ö18,Ö19,Ö20, Ö21,Ö22,Ö23,Ö24,Ö25,Ö26,Ö27, Ö28,Ö29,Ö30, Ö31	31
O2	D12,D13	2	Ö8,Ö21,Ö24,Ö26,Ö32,Ö33,Ö34, Ö35,Ö36,Ö37, Ö38,Ö39,Ö40, Ö41,Ö42	15
O3	D14,D15, D16,D17, D18,D19, D20	7	Ö8,Ö11,Ö25,Ö40,Ö43,Ö44,Ö45, Ö46,Ö47,Ö48, Ö49,Ö50,Ö51, Ö52,Ö53	15
O4	D21	1	Ö32,Ö54	2
O5	D22,D23, D24,D25, D26,D27	6	Ö8,Ö11,Ö14,Ö21,Ö24,Ö25,Ö32, Ö39,Ö49,Ö52, Ö54,Ö55,Ö56, Ö57,Ö58,Ö59, Ö60	17
O6	D28,D29, D30,D31, D32,	5	Ö6,Ö13,Ö14, Ö24,Ö25,Ö26, Ö32,Ö33,Ö36, Ö37,Ö38,Ö39, Ö42,Ö43,Ö44, Ö61,Ö62,Ö63, Ö64,Ö67,Ö68, Ö69,Ö70,Ö71, Ö72	25
O7	D33,D34, D35,D36, D37,D38, D39	7	Ö6,Ö7,Ö8,Ö11, Ö12,Ö14,Ö15, Ö17,Ö21,Ö24, Ö25,Ö32,Ö39, Ö45,Ö54,Ö55, Ö64,Ö65,Ö66, Ö67,Ö70	21
O8	D40,D41, D42,D43	4	Ö6,Ö24,Ö25, Ö26,Ö32,Ö39, Ö43,Ö54,Ö55, Ö56	10

Tablo 8: 2011-2012 Bahar dönemi önerilen sınav çizelgesi.

Oturum	Atanan Dersler	Ders Sayısı	Atanan Öğrenciler	Öğr. Sayısı
01	D8,D13, D16,D33, D43	5	Ö6,Ö8,Ö11, Ö21,Ö24,Ö25, Ö26,Ö32,Ö39, Ö42,Ö43,Ö47, Ö54,Ö55,Ö64	15
02	D2,D4, D5,D15	4	Ö3,Ö4,Ö13, Ö14,Ö15,Ö16, Ö17,Ö46	8
03	D14,D15,D20,D32	4	Ö8,Ö11,Ö24, Ö25,Ö32,Ö36, Ö37,Ö38,Ö40, Ö43,Ö44,Ö45, Ö50,Ö53	14
04	D19,D30,D31,D37, D39	5	Ö5,Ö12,Ö14, Ö17,Ö33,Ö51, Ö52,Ö67,Ö69, Ö70,Ö71,Ö72	12
05	D21,D23,D34,D40	4	Ö6,Ö7,Ö8, Ö21,Ö24,Ö25, Ö32,Ö39,Ö45, Ö54,Ö55,Ö65	12
06	D12,D25,D29,D36	4	Ö14,Ö15,Ö24, Ö25,Ö26,Ö32, Ö33,Ö34,Ö35, Ö36,Ö37,Ö38, Ö39,Ö40,Ö41, Ö66,Ö67,Ö68	18
07	D9,D11, D27,D38	4	Ö27,Ö31,Ö49, Ö70	4
08	D3,D7, D24,D41, D42	5	Ö5,Ö6,Ö7, Ö8,Ö9,Ö10, Ö11,Ö12,Ö14, Ö21,Ö22,Ö23, Ö24,Ö25,Ö26, Ö32,Ö39,Ö54, Ö56	19
09	D1,D6, D10,D26	4	Ö1,Ö2,Ö18, Ö19,Ö20,Ö28, Ö29,Ö30,Ö52	9
010	D17,D22,D28,D35	4	Ö8,Ö11,Ö13, Ö21,Ö24,Ö25, Ö26,Ö32,Ö39, Ö42,Ö43,Ö44, Ö48,Ö49,Ö54, Ö55,Ö56,Ö57, Ö58,Ö59,Ö60, Ö61,Ö62,Ö63, Ö64	25

Mevcut ve önerilen çizelgelere ait sapma değerleri Tablo 9'da verilmiştir. H1 için hedef değerinden sapma, mevcut çizelge için 105 iken, önerilen çizelgede bu değer 21'e düşmüştür. H2 için pozitif sapma değerleri toplamı mevcut çizelge için 23 iken önerilen çizelgede hedefe ulaşılmıştır. En çok sınavı olan öğrencinin sınav sayısı 6 iken mevcut çizelgede 8, önerilen çizelgede 10 oturum açıldığı için H3 hedefinden pozitif sapma değeri sırasıyla 2 ve 4 olarak gerçekleşmiştir. İlgili döneme ait problemin amaç fonksiyonu değeri ise 0.4707'dir.

Son olarak 2017-2018 Güz dönemine ait veriler kullanılmıştır. İlgili dönemde, 75 öğrenci 33 Mazeret/Telafi sınavına katılmıştır. İlk gün beş oturum, ikinci gün üç oturum açılmış olup sınavlar iki günde tamamlanmıştır. En çok sınavı olan

öğrencinin sınav sayısı 10'dur. 2017-2018 Güz dönemine ait mevcut sınav çizelgesi Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9: 2011-2012 Bahar dönemi için mevcut ve önerilen çizelgelere ait sapma değerleri.

Çizelge	H1	H2	H3	Açılan oturum sayısı
Mevcut	105	23	2	8
Önerilen	21	0	4	10

Tablo 10: 2017- 2018 Güz dönemi mevcut sınav çizelgesi.

Oturum	Atanan Dersler	Ders Sayısı	Atanan Öğrenciler	Öğrenci Sayısı
01	D1,D11, D15,D18	4	Ö1,Ö2,Ö3,Ö4,Ö6, Ö7,Ö8,Ö9,Ö10, Ö11,Ö24,Ö25, Ö31,Ö32,Ö33, Ö34,Ö35	17
02	D2,D19, D26,D31	4	Ö5,Ö9,Ö10,Ö11, Ö12,Ö13,Ö14, Ö20,Ö26,Ö37, Ö63,Ö73,Ö74	13
03	D3,D21, D29	3	Ö9,Ö12,Ö14, Ö16,Ö40,Ö41, Ö49,Ö50,Ö51, Ö67,Ö68	11
04	D4,D25, D27	3	Ö9,Ö20,Ö36, Ö24,Ö59,Ö64, Ö65,Ö66	8
05	D5,D20, D28	3	Ö5,Ö9,Ö12, Ö15,Ö22,Ö25, Ö29,Ö33,Ö36, Ö38,Ö39,Ö40, Ö41,Ö42,Ö43, Ö44,Ö45,Ö52	18
06	D6,D16, D23,D32	4	Ö6,Ö9,Ö24, Ö26,Ö27,Ö28, Ö33,Ö37,Ö44, Ö46,Ö47,Ö48, Ö54,Ö55	14
07	D7,D14, D33	3	Ö5,Ö9,Ö14, Ö17,Ö21,Ö22, Ö23,Ö25,Ö38, Ö41,Ö43,Ö75	12
08	D8,D22, D30	3	Ö1,Ö6,Ö9, Ö26,Ö28,Ö35, Ö52,Ö53,Ö69, Ö70,Ö71,Ö72	12
09	D9,D12,D17	3	Ö5,Ö9,Ö29,Ö30	4
010	D10,D13, D24	3	Ö9,Ö12,Ö14, Ö15,Ö16,Ö17, Ö18,Ö19,Ö20, Ö31,Ö33,Ö34, Ö44,Ö56,Ö57, Ö62	16

İlgili döneme ait problem, önerilen matematiksel model kullanılarak çözülmüştür. Süre 1000 sn. limitine kadar kullanılmıştır. Elde edilen sınav çizelgesi Tablo 11'de verilmiştir.

Mevcut ve önerilen çizelgelere ait sapma değerleri Tablo 12'de verilmiştir. H1 için hedef değerinden sapma hem mevcut çizelge hem de önerilen çizelgede 21'dir. H2 için pozitif sapma değerleri toplamı mevcut çizelge için 13 iken önerilen çizelgede 8'dir. En çok sınavı olan öğrencinin sınav sayısı 10'dur. Her iki çizelgede de H3 hedefinden sapma sıfır olarak gerçekleşmiştir. İlgili döneme ait problemin amaç fonksiyonu değeri ise 1.1014'tür.

Tablo 11: 2017- 2018 Güz dönemi önerilen sınav çizelgesi.

Oturum	Atanan Dersler	Ders Sayısı	Atanan Öğrenciler	Öğrenci Sayısı
01	D3,D28,D30, D32	4	Ö1,Ö9,Ö22,Ö25, Ö26,Ö28,Ö37, Ö52,Ö69,Ö70, Ö71,Ö72	12
02	D1,D24, D26	3	Ö6,Ö7,Ö8,Ö9, Ö12,Ö14,Ö20, Ö31,Ö33,Ö34, Ö44,Ö56,Ö57, Ö58,Ö59,Ö60, Ö61,Ö62,Ö63	19
03	D5,D14, D25,D33	4	Ö5,Ö9,Ö21, Ö22,Ö23,Ö24, Ö25,Ö36,Ö38, Ö41,Ö43,Ö75	12
04	D6,D13, D17,D22	4	Ö6,Ö9,Ö14,Ö15, Ö16,Ö17,Ö18,Ö19, Ö29,Ö30,Ö35,Ö46 Ö47,Ö48,Ö52, Ö53	16
05	D2,D27, D31	3	Ö5,Ö9,Ö10,Ö11, Ö12,Ö13,Ö26,Ö59,Ö64,Ö65,Ö66, Ö73,Ö74	13
06	D8,D18, D21	3	Ö6,Ö9,Ö10, Ö11,Ö12,Ö14, Ö16,Ö31,Ö32, Ö33,Ö34,Ö35, Ö40,Ö41,Ö49, Ö50,Ö51	17
07	D9,D16, D29	3	Ö9,Ö24,Ö26, Ö27,Ö28,Ö67, Ö68	7
08	D10,D12,D23	3	Ö5,Ö9,Ö20,Ö33, Ö44,Ö54,Ö55	7
09	D7,D11, D15	3	Ö1,Ö2,Ö3,Ö4, Ö9,Ö14,Ö17, Ö24,Ö25	9
010	D4,D19, D20	3	Ö5,Ö9,Ö12, Ö15,Ö20,Ö29, Ö33,Ö36,Ö37, Ö38,Ö39,Ö40, Ö41,Ö42,Ö43, Ö44,Ö45	17

Tablo 12: 2017-2018 Güz dönemi için mevcut ve önerilen çizelgelere ait sapma değerleri.

Çizelge	H1	H2	H3	Açılan Oturum Sayısı
Mevcut	21	13	0	10
Önerilen	21	8	0	10

Her üç gerçek hayat problemi de 1000 sn. süre limitine ulaştığı için durduğundan, elde edilen çözümlerin eniyi çözüm olup olmadığını belirleyebilmek için süre limiti 100000 sn.'ye çıkarılarak her üç problem yeniden çözülmüştür. 2016-2017 Güz dönemi probleminin 7193 sn. ve 2017-2018 Güz dönemi probleminin 3679 sn.'de eniyi çözümüne ulaşılmıştır. Elde edilen eniyi çözümler problemlere 1000 sn.'de bulunan çözümler ile aynıdır. Ancak, 2011-2012 Bahar dönemi probleminin 1000 sn. limitinde ulaşılan çözümünün eniyi çözüm olduğu 100000 sn. içinde doğrulanamamış ve daha iyi bir çözüme de ulaşamamıştır.

4 Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada Mazeret/Telafi sınav çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Mazeret/Telafi sınavı çizelgeleme problemi, normal sınav döneminde çeşitli nedenlerle sınava katılmayan öğrencilerin sınavlarının oturumlara atanması ve kaç oturum açılacağına belirlenmesi problemidir. Ayrıca oturumların

sınav sayısı açısından mümkün olduğunca dengeli olması ve bir öğrenci bir günde birden fazla sınava girecekse mümkünse sınavlarının art arda olmaması hedeflenmektedir. Ele alınan problem için bir hedef programlama modeli önerilmiştir. Önerilen hedef programlama modeli örnek bir problem kullanılarak sınanmış ve bir üniversitenin Endüstri Mühendisliği bölümüne ait geçmiş dönem verileri kullanılarak uygulamalar yapılmıştır. Mevcut ve önerilen çizelgeler karşılaştırıldığında, ele alınan hedeflerden gerçekleşen sapmaların dikkate değer bir şekilde azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca çizelgenin herhangi bir sistematik yaklaşım kullanılmadan yapıldığı mevcut durumda, oluşturulan çizelgenin başarısı ve oluşturulma süresi çizelgeyi yapan kişinin bilgi ve tecrübesine göre çok farklılık gösterebilmektedir. Geliştirilen model ile uzmana bağımlılık ortadan kaldırılarak kısa sürede başarılı çizelgelerin tecrübeli elemana gereksinim duyulmadan yapılabilmesi sağlanmıştır.

Gelecekte, önerilen matematiksel model, veri girişini kolaylaştıracak bir ara yüz ve elde edilen çözüm sonuçlarını anlaşılır biçime dönüştürebilecek sonuç raporları ile desteklenerek Karar Destek Sistemine dönüştürülebilir.

5 Kaynaklar

- [1] Qu R, Burke EK, McCollum B, Merlot LTG, Lee SY. "A Survey of search methodologies and automated system development for examination timetabling". *Journal of Scheduling*, 12(1), 55-89, 2009.
- [2] Burke EK, McCollum B, Meisels A, Petrovic S, Qu R. "A graph-based hyper-heuristic for educational timetabling problems". *European Journal of Operational Research*, 176(1), 177-192, 2007.
- [3] Lotfi V, Cervený R. "A final-exam-scheduling package". *Journal of the Operational Research Society*, 42(3), 205-216, 1991.
- [4] Güngör İ. "Tamsayılı doğrusal programlama yaklaşımı ile sınav planlaması". *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(3), 105-112, 1998.
- [5] Dimopoulou M, Miliotis P. "Implementation of a University Course and examination timetabling system". *European Journal of Operational Research*, 130(1), 202-213, 2001.
- [6] Azami ZN. "Hybrid heuristics for examination timetabling problem". *Applied Mathematics and Computation*, 163(2), 705-733, 2005.
- [7] White GM, Xie BS, Zonjic S. "Using tabu search with longer-term memory and relaxation to create examination timetables". *European Journal of Operational Research*, 153(1), 80-91, 2004.
- [8] Mirhassani SA. "Improving paper spread in examination timetables using integer programming". *Applied Mathematics and Computation*, 179(2), 702-706, 2006.
- [9] Dammak A, Elloumi A, Kamoun H. "Classroom assignment for exam timetabling". *Advances in Engineering Software*, 37(10), 659-666, 2006.
- [10] Pillay N, Banzhaf W. "An informed genetic algorithm for the examination timetabling problem". *Applied Soft Computing*, 10(2), 457-467, 2010.
- [11] Sağır M, Öztürk ZK. "Exam scheduling: mathematical modeling and parameter estimation with the analytic network process approach". *Mathematical and Computer Modelling*, 52(5-6), 930-941, 2010.
- [12] Turabieh H, Abdullah S. "An Integrated Hybrid Approach to The Examination Timetabling Problem". *Omega*, 39(6), 598-607, 2011.
- [13] Çavdur F, Değirmen S, Küçük MK. "Sınav çizelgeleme problemlerinde homojen sınav dağılımının oluşturulması için kümeleme ve hedef programlama temelli bir yaklaşım". *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(1), 167-188, 2018.
- [14] Kahar MNM, Abu Bakar S, Shing LC, Mandal AK. "Solving kolej poly-tech mara examination timetabling problem". *Advanced Science Letters*, 24(10), 7577-7581, 2018.
- [15] Lei Y, Shi J, Yan Z. "A memetic algorithm based on MOEA/D for the examination timetabling problem". *Soft Computing*, 22(5), 1511-1523, 2018.
- [16] Keskin ME, Doyen A, Akyer H, Guler MG. "Examination timetabling problem with scarce resources: A case study". *European Journal of Industrial Engineering*, 12(6), 855-874, 2018.