

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ders Programı Çizelgeleme Problemi için 0-1 Tamsayı Programlama Yaklaşımı

Hakan ALTUNAY

AĞUSTOS 2015

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Hakan ALTUNAY tarafından hazırlanan DERS PROGRAMI ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN 0-1 TAMSAYILI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Burak BİRGÖREN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Tamer EREN
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : (Yrd. Doç. Dr. Erdal CANIYILMAZ) _____
Üye (Danışman) : (Doç. Dr. Tamer EREN) _____
Üye : (Yrd. Doç. Dr. Suna Özel ÇETİN) _____

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

DERS PROGRAMI ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN 0-1 TAMSAYILI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

ALTUNAY, Hakan

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Tamer EREN

Ağustos 2015, 93 sayfa

Ders programı çizelgeleme probleminin, bütün eğitim kurumları açısından oldukça uğraştırıcı ve önemli bir problem olduğu bilinen bir gerçektir. Üniversitelerdeki eğitim-öğretim dönemi süresince açılması planlanan derslerin, öğrenciler ve öğretim üyeleri açısından en uygun zaman dilimleri ve dersliklere atanabilmesi işlemi, artan bölüm ve program sayıları dikkate alındığında çözümü giderek güçleşen bir sorun haline gelmiştir. Geleneksel bir yaklaşımla, idareciler tarafından büyük vakit ve çaba harcanarak elle hazırlanan ve ne yazık ki birçok karışıklığa yol açan verimsiz çizelgeler, günümüz koşullarında eğitim kurumlarının ihtiyaçlarını karşılamakta oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple kurumların ihtiyaçlarını mümkün olan en üst seviyede karşılayacak ders programlarının, teknolojik gelişmelerden faydalanılarak otomatik olarak hazırlanması gerekliliği kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışmada eğitimsel zaman çizelgeleme problemlerinin bir alt parçası olan ders programı çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Daha önce bu alanda yapılan çalışmalara değinilerek, problemin çözümüne ilişkin yeni bir 0-1 tamsayılı programlama modeli önerilmiştir. Önerilen matematiksel model, Uludağ Üniversitesi ve Fırat Üniversitesinde yapılan iki örnek uygulama ile test edilmiştir.

Çalışma sonucunda, önerilen matematiksel model aracılığıyla, bir döneme ait derslerin; öğretim üyelerinin tercihleri dikkate alınarak, en uygun derslik, gün ve zaman dilimine atanması gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, daha önce bilgisayar yardımı olmaksızın çözülmeye çalışılan, büyük çaba ve vakit sarfiyatına sebep olan ders programı çizelgeleme sorununun, otomatik olarak makul süreler içinde çözülmesi sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Ders Programı Çizelgeleme Problemi, 0-1 Tamsayılı Programlama, Çizelgeleme, Yöneylem Araştırması

ABSTRACT

A 0-1 INTEGER PROGRAMMING APPROACH TO COURSE SCHEDULING PROBLEM

ALTUNAY, Hakan

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, M.Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tamer EREN

August 2015, 93 pages

The course scheduling problem is known as a challenging and major problem for all educational institutions. The assignment of courses planned to be offered during the semesters, according to the most suitable time-slots and classes for the students' and instructors' becomes even more difficult when the number of departments and programs taken into consideration increases. The timetables that are prepared by administrators in a traditional way, with great efforts and a lot of time spent; are insufficient to supply the needs of today's educational institutions. Therefore, it has become an inevitable necessity to prepare these timetables automatically with the help of technological improvements which will supply the needs of institutions at the highest level.

In this study, the course scheduling problem, which is a sub-section of educational timetabling, is handled. Firstly, previous studies in this field are mentioned. Then, a novel 0-1 integer programming model is proposed for the problem. The proposed mathematical model is also tested with case studies from Uludag University and Firat University.

As an outcome of the study, the assignment of the courses to the most suitable classes, days and time-slots are realized, regarding the instructors' preferences, with the suggested mathematical model. In this way, the course scheduling problem is

solved automatically within a reasonable time, which was tried to be solved without computer and required huge amount of time and effort previously.

Key Words: Course Scheduling Problem, 0-1 Integer Programming, Scheduling, Operations Research

TEŐEKKÖR

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımcı esirgemeyen ve biz genç araştırmacılara büyük destek olan, bilimsel deney imkânlarını sonuna kadar bizlerin hizmetine veren, tez yöneticisi hocam, Sayın Doç. Dr. Tamer Eren'e, tez çalışmalarım esnasında, bilimsel konularda daima yardımını gördüğüm bölüm hocalarıma, büyük fedakârlıklarla bana destek olan asistan arkadaşım Kezban Bulut'a ve son olarak bana birçok konuda olduğu gibi, tezimi hazırlamam esnasında da yardımlarını esirgemeyen, bugüne kadar her zaman yanımda olan sevgili ailemin bütün üyelerine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ZAMAN ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ	4
2.1. Eğitimsel Zaman Çizelgeleme Problemleri	5
2.1.1. Okul Çizelgeleme Problemi	6
2.1.2. Sınav Programı Çizelgeleme Problemi	7
2.1.3. Ders Programı Çizelgeleme Problemi.....	8
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
4. DERS PROGRAMI ÇİZELGELEME PROBLEMİ ve	
MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA	20
4.1. Ders Programı Çizelgeleme Probleminin Genel Özellikleri.....	20
4.1.1. Kısıt Yapıları.....	21
4.1.1.1. Zorunlu Kısıtlar	22
4.1.1.2. Esnek Kısıtlar	23
4.1.2. Amaç Fonksiyonu İfadesi	24
4.2. Matematiksel Programlama	25
4.3. Matematiksel Programlama Modelinin Çözümünde Kullanılan Araçlar.....	27
4.3.1. MPL Paket Programı.....	28
4.3.2. Gurobi Çözücüsü.....	28
5. DERS PROGRAMI ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN	
MODELLENMESİ	30
5.1. Ders Programı Çizelgeleme Probleminin Matematiksel Modeli	30
5.1.1. Karar Değişkeni ve Parametrelerin Tanımlanması	31

5.1.2. Kısıtlar	32
5.1.3. Amaç Fonksiyonu	36
6. UYGULAMA	37
6.1. Uludağ Üniversitesi Örneği.....	37
6.2. Fırat Üniversitesi Örneği.....	44
6.2.1. Fırat Üniversitesi Örneği için Farklı Senaryolar.....	49
7. SONUÇ ve ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ders Programı Çizelgeleme Problemi.....	8

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Ders Programı Çizelgeleme Problemi Alanında Yapılan Çalışmalar.....	17
5.1. İndisler ve Tanım Kümeleri.....	32
5.2. Parametreler ve Tanımları.....	32
6.1. UÜ Endüstri Mühendisliği, 2014-2015 Güz Yarıyılı Zorunlu Dersleri.....	39
6.2. UÜ Endüstri Mühendisliği, Derslere Atanacak Öğretim Üyeleri.....	40
6.3. UÜ Endüstri Mühendisliği, Ders-Derslik (b_{jk}) Matrisi Değerleri.....	41
6.4. UÜ Endüstri Mühendisliği, 1. Yarıyıl için Oluşturulan Ders Çizelgesi.....	42
6.5. UÜ Endüstri Mühendisliği, 3. Yarıyıl için Oluşturulan Ders Çizelgesi.....	42
6.6. UÜ Endüstri Mühendisliği, 5. Yarıyıl için Oluşturulan Ders Çizelgesi.....	43
6.7. UÜ Endüstri Mühendisliği, 7. Yarıyıl için Oluşturulan Ders Çizelgesi.....	43
6.8. UÜ Öğretim Üyelerinin Tercih Ettikleri ve Atandıkları Günler.....	44
6.9. FÜ İşletme Bölümü, 2014-2015 Bahar Yarıyılı Zorunlu Dersleri.....	46
6.10. FÜ İşletme Bölümü, Derslere Atanacak Öğretim Üyeleri.....	46
6.11. FÜ İşletme Bölümü, 1. Yarıyıl için Oluşturulan Ders Çizelgesi.....	47
6.12. FÜ İşletme Bölümü, 3. Yarıyıl için Oluşturulan Ders Çizelgesi.....	48
6.13. FÜ İşletme Bölümü, 5. Yarıyıl için Oluşturulan Ders Çizelgesi.....	48
6.14. FÜ İşletme Bölümü, 7. Yarıyıl için Oluşturulan Ders Çizelgesi.....	49
6.15. FÜ Öğretim Üyelerinin Tercih Ettikleri ve Atandıkları Günler.....	50
6.16. 1.Senaryo için Yeniden Düzenlenen Öğretim Üyesi-Ders (a_{ji}) Matrisi....	51
6.17. 1. Senaryo Sonucu Öğretim Üyelerinin Atandıkları Ders, Derslik ve Zaman Dilimleri.....	53
6.18. 1. Senaryo Sonucu Öğretim Üyelerinin Tercih Ettikleri ve Atandıkları Günler.....	54
6.19. 2. Senaryo Sonucu Öğretim Üyelerinin Tercih Ettikleri ve Atandıkları Günler.....	55
6.20. 3.Senaryo için Yeniden Düzenlenen Ders-Derslik (b_{jk}) Matrisinin Bir Bölümü.....	57

6.21. 3. Senaryo ve Derslik Sayısının 3 Olduğu Durum Sonucunda Öğretim Üyelerinin Tercih Ettikleri ve Atandıkları Günler	58
6.22. 4. Senaryo için Öğretim Üyelerinin Yeni Tercih Puanları.....	59
6.23. 4. Senaryo Sonucunda Öğretim Üyelerinin Tercih Ettikleri ve Atandıkları Günler.....	60
6.24. FÜ Örneği İçin Orijinal Durum ve Uygulanan Farklı Senaryoların Sonuçlarını Gösteren Özet Tablo	62

KISALTMALAR DİZİNİ

EZÇP	Eğitimsel Zaman Çizelgeleme Problemleri
OÇP	Okul Çizelgeleme Problemi
SPÇP	Sınav Programı Çizelgeleme Problemi
DPÇP	Ders Programı Çizelgeleme Problemi
KKO	Karınca Kolonisi Optimizasyonu
UÜ	Uludağ Üniversitesi
FÜ	Fırat Üniversitesi
MPL	Mathematical Programming Language

1. GİRİŞ

Çizelgeleme, birçok imalat ve hizmet endüstrisinde önemli rol oynayan bir karar verme sürecidir. İşletmeler içerisinde; satın alma, üretim, ulaştırma, dağıtım, bilgi işleme ve haberleşme gibi birçok alanda çizelgeleme fonksiyonundan faydalanılmaktadır. Çizelgeleme fonksiyonu hizmet veya mamul üreten bir işletmede, matematiksel veya sezgisel teknikler yardımı ile işlerin gerçekleştirilmesi için sınırlı kaynakların tahsis edilmesine imkân sağlar. Kaynakların en uygun görevlere tahsisi ise işletmelerin amaçlarının eniyilenmesine ve belirlenen hedeflere erişilmesine olanak tanır (Baker, 1974; Eren ve Güner, 2004).

Çizelgelemenin bir alt dalı olarak değerlendirilen zaman çizelgeleme ise; uygulama alanına göre çeşitlilik gösteren sınırlı kaynakların, önceden belirlenmiş kısıtlar dikkate alınarak en uygun yerlere ve zaman dilimlerine atanması işlemini ifade etmektedir. Üretim ve hizmet endüstrileri içerisindeki farklı alanlarda zaman çizelgeleme problemleri ile karşılaşmaktadır.

Eğitim kurumlarında birçok problemin çözümünde zaman çizelgelemeden yararlanılmaktadır. Okul çizelgeleme, sınav programı çizelgeleme ve ders programı çizelgeleme problemleri eğitim kurumlarında karşılaşılan zaman çizelgeleme problemlerine birer örnektir. Bu problem tiplerinde genel amaç; eğitim-öğretim dönemi içerisindeki sınavlar veya derslerin; hangi dersliklerde, hangi öğretim elemanları tarafından, hangi zaman dilimlerinde uygulanacağını belirlemesidir.

Ders programı çizelgeleme probleminin, bütün eğitim kurumları açısından oldukça uğraştırıcı ve önemli bir problem olduğu bilinen bir gerçektir. Üniversitelerdeki eğitim-öğretim dönemi süresince açılması planlanan derslerin, öğrenciler ve öğretim elemanları açısından en uygun zaman dilimleri ve dersliklere atanabilmesi işlemi, artan bölüm ve program sayıları dikkate alındığında çözümü giderek güçleşen bir sorun haline gelmiştir. Önceleri idareciler tarafından büyük vakit ve çaba harcanarak elle hazırlanan ve ne yazık ki birçok karışıklığa yol açan verimsiz çizelgeler, günümüz koşullarında eğitim kurumlarının ihtiyaçlarını karşılamakta oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple kurumların ihtiyaçlarını mümkün olan en üst

seviyede karşılayacak çizelgelerin, teknolojik gelişmelerden faydalanılarak otomatik olarak hazırlanması gerekliliği kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışmada eğitimsel zaman çizelgeleme problemlerinin bir alt parçası olan ders programı çizelgeleme problemi incelenmiştir. Daha önce bu alanda yapılan bilimsel çalışmalara değinilerek; problemin çözümüne ilişkin, öğretim üyelerinin memnuniyet seviyesini artırmayı amaçlayan yeni bir matematiksel model önerisi sunulmuştur. Çalışmanın uygulama aşamasında ise; Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ve Fırat Üniversitesi, İşletme Bölümlerinin 2014-2015 eğitim-öğretim yılına ait dönemlik ders programları hazırlanarak, önerilen matematiksel modelin ürettiği sonuçlar oluşturulan farklı senaryolar ile test edilmiştir.

Bu tez çalışması yedi bölümden oluşmaktadır: Çalışmanın ikinci bölümünde; zaman çizelgeleme problemleri, eğitimsel zaman çizelgeleme problemleri özelinde değerlendirilerek genel bir bakış açısıyla sunulmuştur. Eğitimsel zaman çizelgeleme problemleri de; okul çizelgeleme problemleri, sınav programı çizelgeleme problemleri ve ders programı çizelgeleme problemleri şeklinde üç kategoriye ayrılarak incelenmiştir. Bir eğitimsel zaman çizelgeleme problemi olan ders programı çizelgeleme problemi de bu bölümde özellikleriyle birlikte sunulmuştur.

Çalışmanın üçüncü bölümünde; ders programı çizelgeleme problemi ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar; yöneylem araştırması temelli yaklaşımlar, metasezgisel temelli yaklaşımlar ve yeni yaklaşımlar olarak üç ana başlıkta değerlendirilmiştir. Böylece problemin çözümüne ilişkin kullanılan yöntemlerin karşılaştırmalı olarak incelenmesi sağlanmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde ise; ders programı çizelgeleme probleminin genel özelliklerine, kısıt yapıları ve amaç fonksiyonu ifadelerine yer verilmiş ve problemin çözümünde kullanılan matematiksel programlama yönteminin kısa bir tanıtımı sağlanmıştır. Ayrıca bu bölümde önerilen matematiksel modelin çözümünde kullanılan MPL (Matematiksel Programlama Dili) Maximal Software paket programı ve Gurobi çözücüsüne ilişkin bazı tanıtıcı bilgilere yer verilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde ise; ders programı çizelgeleme probleminin çözümüne yönelik olarak önerilen matematiksel programlama modeli tüm ayrıntılarıyla ifade edilmiştir. Modeli oluşturan amaç fonksiyonunun, oluşturulan kısıt yapıları ile birlikte anlaşılır bir şekilde verilmesi, farklı özellikteki kurumların ihtiyaçları doğrultusunda modelin revize edilebilmesine yardımcı olacaktır.

Altıncı bölümde de, önerilen matematiksel modelin test edilmesi ve işlerliğinin görülmesi açısından Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ve Fırat Üniversitesi İşletme bölümlerinde yapılan iki ayrı örnek uygulamaya yer verilmiştir. Bu uygulama çalışmaları oluşturulan çeşitli senaryolar ile zenginleştirilerek, modelin farklı durumlara karşı üreteceği sonuçlar analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, öğretim üyelerinin tercihleri ile karşılaştırılarak önerilen matematiksel modelin sağladığı fayda sorgulanmıştır.

Çalışmanın son bölümünde ise önerilen matematiksel modele ilişkin sonuçlara yer verilmiştir. Modelin, yapılan uygulama çalışmaları ve farklı senaryolara karşı ürettiği sonuçlar dikkate alınarak bazı değerlendirmelere yer verilmiş, ileriki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. ZAMAN ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ

Çizelgeleme, üretim ve hizmet endüstrilerinde sıklıkla kullanılan bir karar verme sürecidir. Çizelgeleme fonksiyonu, bir işletme içerisindeki sınırlı miktardaki kaynağın çeşitli matematiksel veya sezgisel yöntemler kullanılarak ilgili görevlere atanmasını ifade eder. Bu atama işlemi işletmelerin amaçlarını en iyi şekilde karşılar nitelikte olmalıdır. Çeşitli görevlerle eşleştirilecek kıt kaynaklar ise; atölyedeki tezgâhlar, bir havalimanındaki pistler, bir inşaattaki işçiler veya bilgisayardaki işlem birimleri gibi sektör ve işletmelerin niteliğine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Pinedo, 2005). Sözü edilen kıt kaynakların, işletmenin hedeflerini optimize edecek şekilde uygun görevlere atanması işlemi çizelgeleme sürecinin amacını ortaya koyar. Etkin bir çizelgeleme süreci sayesinde belirli faaliyetlerin, daha az kaynak kullanarak ve daha kısa sürede tamamlanabilmesi sağlanır (Güldalı, 1990).

Çizelgeleme problemleri çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. İlk örneklerine üretim sistemleri alanında rastlanılmasına rağmen, özellikle 1980'den sonra kalite anlayışının önem kazanması ve hizmet sektörünün ekonomideki payının fark edilmesiyle birlikte, hizmet sistemleri alanında da çizelgeleme çalışmaları uygulanmaya başlanmıştır (Palamutçuoğlu, 2008).

Hizmet sektöründe yer alan işletmelerde de üretim sektörüne benzer bir çizelgeleme sürecinin olduğu düşünülebilir. Çizelgeleme açısından iki kavram arasındaki tek farklılık zaman dilimlerine atanması gereken görev ve kaynakların nitelikleridir. Örneğin; hizmet sektörü içerisinde yer alan hastane, üniversite, okul, belediye gibi kurumlarda; çeşitlilik gösteren görevlerin, insan kaynağı açısından uygun zaman dilimlerinde tamamlanabilmesi için çizelgeleme çalışmalarından yoğun olarak faydalanılmaktadır.

Kurum ve sektöre göre farklılık gösterebilen faaliyetler; hastanelerde görev yapan hemşire ve doktorların çalışma saatlerinin düzenlenmesi, üniversite ve okul gibi eğitim kurumlarındaki ders veya sınav programlarının hazırlanması veya

belediyelerdeki toplu taşıma araçlarının hareket saatlerinin belirlenmesi gibi zamana bağlı aktiviteler olabilmektedir. Tüm bu örnekler gibi haftalık veya günlük olarak planlanması gereken faaliyetler zaman çizelgeleme problemleri kapsamında değerlendirilmektedir (Özyandı, 2010).

Zaman çizelgeleme, bazı kısıtlar gözetilerek; verilen kaynakların tamamlanması gereken görevlere ve uygun zaman dilimlerine hedeflerin olabildiğince karşılanmasını sağlayarak atanması şeklinde ifade edilmektedir (Wren, 1996).

Burke vd. (2006a) ise zaman çizelgeleme problemlerini; sınav, ders, toplantı gibi belirli sayıdaki faaliyetlerin, kısıtların mümkün olabildiğince sağlanarak sınırlı miktardaki zaman aralıklarına yerleştirilmesi olarak tanımlamaktadır.

1960'lı yıllardan günümüze kadar geçen süreçte oldukça fazla sayıda araştırmaya konu olan zaman çizelgeleme problemleri, 50 yılı aşkın bir süre geçmesine rağmen yeni uygulama alanları ve çözüm yöntemleri ile birlikte halen güncelliğini koruyan bir çalışma alanı olma özelliğine sahiptir.

Zaman çizelgeleme, uzun yıllar boyunca yöneylem araştırması ve yapay zekâ alanlarında çalışan araştırmacılar için oldukça ilgi çekici ve önemli bir çalışma alanı olma özelliğini korumuştur. Yapılan çalışmalar incelendiğinde zaman çizelgelemenin; eğitimsel zaman çizelgeleme, hemşire çizelgeleme, spor faaliyetleri çizelgeleme ve nakliye çizelgeleme gibi çeşitli şekillerde ele alındığı görülmektedir (Qu vd. 2009).

2.1. Eğitimsel Zaman Çizelgeleme Problemleri

Zaman çizelgeleme problemleri çok farklı uygulama alanlarına sahip olsa da çoğunlukla eğitim kurumlarındaki ders ve sınav çizelgeleme faaliyetlerine yönelik olarak kullanılmaktadır. Okul ve üniversite gibi kurumlarda; yöneticiler, öğretim üyeleri ve öğrencilerin isteklerine cevap verecek, mümkün bir ders programının oluşturulma zorluğu eğitimsel zaman çizelgeleme problemlerinin önemini ve amacını

ortaya koymaktadır. Öyle ki; bazı durumlarda tek bir uygun çizelge oluşturulması bile imkânsız hale gelebilmektedir (Botsalı, 2000).

Uzun yıllardan beri araştırmacıların ilgisini çeken eğitimsel zaman çizelgeleme problemlerinin çözümü için birçok algoritma denenmiştir. Ancak probleme özgü genel bir çözüm yöntemi geliştirilememiştir. Bunun en önemli sebepleri arasında eğitim kurumları arasındaki farklılıklardan kaynaklanan ihtiyaç ve taleplerin çok çeşitli şekilde ortaya çıkmaları gösterilebilir. Örneğin; eğitim sistemleri ülkeden ülkeye farklılık gösterirken, aynı bölgedeki okul ve üniversitelerde bile çeşitli uygulamalarla karşılaşılabilir (MirHassani, 2006).

Eğitimsel zaman çizelgeleme problemleri (EZÇP), karakteristik özellikleri ve sahip oldukları kısıt yapılarına göre farklı kategorilerde incelenmektedir. Ancak bu kategorilerden en yaygın şekilde kullanılanı, problemi; okul çizelgeleme problemi, sınav programı çizelgeleme problemi ve ders programı çizelgeleme problemleri şeklinde sınıflandıran yaklaşımdır (Schaerf, 1999; Schaerf ve Gaspero, 2001; Qu vd. 2009). EZÇP alanında çeşitli sınıflandırma şekilleri kullanılmasına rağmen, probleme özgü olan; ders, derslik, zaman dilimleri, öğretim üyesi ve öğrenci grupları bileşenleri değişkenlik göstermemektedir.

2.1.1. Okul Çizelgeleme Problemi

Bir okul içerisindeki her bir seviyedeki öğrenci grubunun sorumlu olduğu derslerin, dersi veren öğretmenlerle birlikte daha önceden belirlenmiş zaman aralığına ve dersliğe haftalık programlar halinde atanmasını ifade etmektedir. İlköğretim seviyesindeki okullarda genellikle bir öğretmenler belirli bir öğrenci grubundan sorumlu tutulmaktadır. Ortaöğretim seviyesindeki okullarda ise branş öğretmenleri farklı öğrenci gruplarından sorumlu olmakla birlikte gün içerisinde farklı dersliklerde de bulunabilmektedirler. Okul çizelgeleme probleminde her sınıfın belirli bir dersliği olduğundan, diğer problemlerden farklı olarak derslik atama işlemi yapılmaz. Derslik ve zaman dilimi bileşenleri, çözüm uzayında sabit olarak değerlendirilmektedir.

Problem bütün zaman çizelgeleme problemlerine özgü zorunlu kısıtlamaların yanında, çizelgenin kalitesini artıracak bazı esnek kısıtlara da sahiptir. Söz konusu zorunlu kısıtlamalar öğrenci grubu veya öğretmenlerin aynı zaman diliminde farklı dersliklere ve derslere atanamaması gibi kısıtlardır. Ayrıca eksiksiz olarak bütün derslere ait atamaların yapılması gerekmektedir. Bu gibi zorunlu kısıtlar sağlandığında mümkün bir çizelgeleme sağlanmış olur. Bunların yanında gün içindeki ardışık ders saatleri arasındaki boş zamanın en aza indirilmesi, öğretmenlerin ders yüklerinin dengelenmesi veya yorucu dersler arasına öğrencileri dinlendirmeye yönelik derslerin yerleştirilmesi gibi esnek kısıtlardan da okul çizelgeleme problemlerinin modellenmesinde sıklıkla yararlanılmaktadır (Bufé vd. 2001; Abdullah, 2006).

2.1.2. Sınav Programı Çizelgeleme Problemi

Bir diğer zaman çizelgeleme problemi türü olan sınav programı çizelgeleme problemi (SPÇP), bütün eğitim kurumlarını ilgilendiren temel bir aktiviteye dayanmaktadır. Okullar ve üniversitelerdeki dönemler içerisinde uygulanması gereken sınavların, çakışmaları önleyecek şekilde belirli zaman dilimlerine ve dersliklere atanması işlemi sınav çizelgeleme problemi olarak tanımlanmaktadır.

Probleme özgü zorunlu kısıtlar;

- Eksiksiz olarak bütün sınavların bir zaman dilimine atanması,
- Herhangi bir öğrenci grubunun sorumlu olduğu sınavların çakışmaları önleyecek şekilde programlanması,
- Sınava girecek öğrenci sayısının sınavın yapılacağı dersliğin kapasitesini aşmayacak şekilde düzenlenmesi gibi kısıtlamalardan oluşur.

Yapılacak çizelgeleme işleminin kalitesini artırmaya yönelik olan esnek kısıtlar ise (Burke vd. 1996; Di Gaspero ve Schaerf, 2001; Abdullah, 2006);

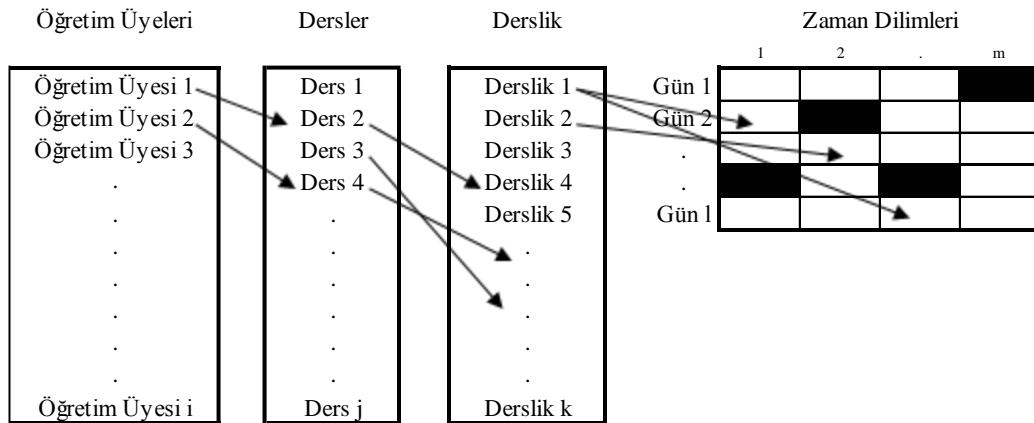
- Herhangi bir öğrenci grubunun sorumlu olduğu sınavların, sınav dönemine olabildiğince eşit olarak dağıtılması,
- Bir öğrenci grubunun bir gündeki sorumlu olduğu toplam sınav sayısının belirli bir miktardan fazla olmasının engellenmesi,

- Ardışık iki sınav arasında belirli bir dinlenme süresi bırakılması,
- Sınav salonlarının, aynı sürelerle sahip farklı sınavlarla birlikte yapılabilecek şekilde düzenlenmesi,
- Katılımı yüksek olan sınavların önce yapılması şeklinde çeşitlendirilebilir.

Yapılan önceki çalışmalarda, sınav çizelgeleme problemi çoğunlukla iki aşamalı bir problem olarak ele alınmıştır. Problemin boyutunun kısıt ve değişken sayısına bağlı olarak üstel biçimde artması riskine karşı, ilk olarak sınavların zaman dilimlerine yerleştirilmesi, daha sonra derslik atamalarının yapılması sağlanmıştır (Eley, 2007; Öztürk, 2010). Bunun yanında probleme özgü esnek ve zorunlu kısıtların getirdiği işlemsel yük, sınav çizelgeleme probleminin NP-Hard tipi problem sınıfında değerlendirilmesine sebep olmaktadır.

2.1.3. Ders Programı Çizelgeleme Problemi

Carter tarafından çok boyutlu bir atama problemi olarak tanımlanan ders programı çizelgeleme problemi; ders, öğretim üyesi ve derslik gibi belirli sayıdaki kaynağın, mümkün zaman dilimlerine atanması olarak ifade edilmektedir (Carter ve Laporte, 1998; Burke vd. 2001). Şekil 2.1.'de DPÇP'nin en genel hali görülmektedir.



Şekil 2.1. Ders programı çizelgeleme problemi (Karmaker vd., 2015)

Ders programı çizelgeleme problemleri, üniversitelerde her dönemin başında uzun uğraş ve vakit kaybına sebebiyet veren, bölüm derslerinin haftalık programının oluşturulması sürecini temel almaktadır. Kurum ve bölüm şartlarına göre çeşitlilik gösterebilen bu işlemde elde edilecek fayda; zorunlu ve esnek kısıtlamalar şeklinde sınıflandırılan kısıt yapılarının karşılanma derecesine bağlı olarak değişmektedir.

Bir üniversitenin herhangi bir bölümü veya fakültesine ait ders programı çizelgeleme probleminin etkin bir şekilde çözülebilmesi için öncelikle; ders, derslik ve öğretim üyeleri gibi kaynakların özelliklerinin doğru tanımlanmış olması gerekmektedir. Çalışmanın başlangıç aşamasında öncelikle toplanması gereken veriler:

Bölüm içerisindeki derslere ilişkin,

- Haftalık ders saati bilgisi,
- Zorunlu veya seçimsel olması,
- Hangi öğretim üyeleri tarafından verilebileceği,
- Özel bir teçhizat gerektirip, gerektirmediği gibi özellikler,

Bölüm tarafından kullanılacak dersliklere ilişkin,

- Kapasite bilgileri,
- Kullanıma açık oldukları zaman dilimleri,
- Laboratuvar özelliğinin olup olmadığı gibi özellikler,

Ders vermek ile görevli öğretim üyelerine ilişkin;

- Hangi derslerden sorumlu olabilecekleri,
- Tam zamanlı veya yarı-zamanlı çalışma özellikleri,
- Ders saati için uygun zaman dilimleri,
- Olası özel tercihleri gibi bilgiler olarak ifade edilebilir. Bunların yanında;
- Günlük olarak mümkün ders saati bilgisi,

- Öğle arası veya ders araları haricinde kalan uygun zaman dilimleri bilgilerinin de ön aşamada toplanması gerekmektedir (Soule, 2006; Özyandı, 2010).

Sonraki aşamada da, problemin tanımlanmasına yardımcı olacak; ders, öğretim üyesi ve derslikler ile ilgili veriler kuruma özgü bazı kısıt yapılarına dönüştürülmektedir. Önceki bölümlerde de ifade edilen bu kısıt yapıları, özelliklerine göre zorunlu ve esnek kısıtlar olarak ayrılmaktadır. Zorunlu (katı) kısıtlar; derslerin uygun zaman dilimlerine atanarak çakışmaların önleendiği bir çizelgenin oluşturulabilmesi için kesinlikle sağlanması gereken kısıtlardır. Esnek kısıtlar ise karşılanması zorunlu olmayan, ancak karşılanması durumunda çözümün kalitesine katkı sağlayacak nitelikte olan kısıt yapılarıdır. Özetle; mümkün bir çizelgenin elde edilebilmesi için gerek ve şart koşul zorunlu kısıtların sağlanmasıdır. Elde edilen mümkün çizelgenin verimi ise esnek kısıtların karşılanma derecesine bağlıdır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümünde 1960'lı yıllardan günümüze kadar geçen süredeki ders programı çizelgeleme problemi alanında yapılan çalışmalar incelenmiştir. DPÇP alanında yapılan 200'den fazla bilimsel yayın incelenerek, kullanılan çözüm yöntemleri ve araştırma eğilimleri analiz edilmiştir.

Yöneylem araştırması ve yapay zekâ alanında çalışan araştırmacılar arasında popülerliği 50 yılı aşkın bir süredir devam eden zaman çizelgeleme probleminin tanımı, ilk olarak Gotlib (1963) tarafından yapılmıştır. İlerleyen dönemlerde farklı yöntemler kullanılarak zaman çizelgeleme problemlerine çözüm aranmıştır. 2010 ve sonrasına baktığımızda ise genel eğilimin, bu yöntemlerin birlikte kullanıldığı hibrit(melez) algoritmalarından yana olduğunu görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, kullanılan çözüm yöntemleri; yöneylem araştırması temelli yaklaşımlar, metasezgisel temelli yaklaşımlar ve yeni çözüm yöntemleri şeklinde 3 ayrı kategoride değerlendirilmiştir (Çizelge 3.1.):

- Yöneylem araştırması temelli yaklaşımlar: Matematiksel programlama (tamsayı ve doğrusal programlama), grafik renklendirme, kısıt programlama, ağ modelleri ve çok kriterli/çok amaçlı modelleme.
- Metasezgisel (tek çözümlü/popülasyon tabanlı algoritmalar) temelli yaklaşımlar: Tabu arama algoritması, tavlama benzetimi, değişken komşuluk arama, yerel arama, genetik algoritma, karınca kolonisi optimizasyonu, parçacık sürü optimizasyonu, memetik algoritma ve harmoni arama algoritması.
- Yeni yaklaşımlar ise: Hibrit algoritmalar, bulanık yöntemler, kümeleme algoritmaları, karar destek sistemleri/uzman sistemler, yapay sinir ağları, çoklu ajan sistemleri ve hiper sezgiseller.

Yapılan literatür incelemesi sonucu tez çalışması açısından önemli bulunan ve yukarıdaki yöntemlerin kullanıldığı bazı yayınlara değinmek gerekirse:

Welsh ve Powell (1967), zaman çizelgeleme problemlerinin çözümünde grafik renklendirme yönteminin kullanılabilirliğini göstermiştir. Grafik renklendirme yöntemi, DPÇP için uygulanabilirliği en kolay ve en yaygın yöntemdir. Dolayısıyla problemin çözümünde bu yöntemin kullanıldığı birçok çalışmaya rastlanmaktadır (Çizelge 3.1.).

Akkoyunlu (1973), üniversitenin sadece bir bölümü için geliştirdiği ve derslik boyutunu içermeyen doğrusal programlama modeli ile en iyi çözümü bulmayı başarmıştır.

Aubin ve Ferland (1989), zaman çizelgeleme problemlerini; zaman çizelgeleme ve gruplama olarak adlandırdıkları iki ayrı alt problem şeklinde ele almışlardır. Yaptıkları çalışmada, bu iki alt problemi her aşamada mümkün olan en iyi çözüme yaklaştırmayı amaçlayan bir sezgisel prosedürü tanımlamışlardır.

Deris vd. (1999), ders çizelgeleme problemlerine ilişkin optimum çözümlerin genetik algoritmalar ile elde edilmesinin güçlüğüne dikkat çekmişlerdir. Bu güçlüğü, kullanılacak uygunluk fonksiyonunun belirlenmesi aşamasındaki belirsizlikten kaynaklandığına değinilmiştir. Bu çalışma ile kısıt programlama ve genetik algoritmanın birlikte kullanıldığı bir melez algoritma önerilerek bu sorunun giderilmesi amaçlanmıştır.

Dimopoulou ve Miliotis (2001), çalışmalarında ders ve sınav programlarının bir bilgisayar sistemi yardımıyla oluşturulması gerekliliği üzerinde durmuşlardır. Buna neden olarak, öğrenci ve öğretilerinin tercihlerindeki çeşitlilik, derslik veya zaman dilimlerinden kaynaklanan kısıtlamaları göstermişlerdir. Dışarıdan yapılabilecek müdahalelere açık, tamsayılı programlama yöntemini temel alarak geliştirdikleri karar destek sisteminin bir üniversitede başarılı bir şekilde uygulandığına da değinilmiştir. Yaklaşık 1000 değişken ve 500 kısıt içeren gerçek hayat problemleri üzerinde denen sistem; ders çizelgeleme sonucunda elde ettiği çözümü, sınav

izelgeleme probleminin bazı sezgisel yöntemlerle olan çözümünde kullanarak iki problem için de uygun çizelgelerin oluşturulmasını sağlamıştır.

Alvarez vd. (2002), temelinde tabu arama algoritması olan, kullanıcı dostu bir paket program geliştirmişlerdir. Bu alışma bir anlamda Alvarez (2000)'e de atıfta bulunmaktadır.

Socha vd. (2002), ders programı çizelgeleme probleminin çözümünde karınca kolonisi algoritmasını kullanmışlardır. Oluşturdukları algoritmayı ise 3 problem sınıfından derlenen 11'den fazla örnek setiyle test etme imkânı bulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar, karınca kolonisi algoritmasının, rastgele çözümlerle başlayan yerel arama tekniklerinden daha verimli çizelgeler oluşturduğunu göstermektedir.

Daskalaki vd. (2004), DPP zm için yeni bir 0-1 tamsayılı programlama modeli ortaya koymuşlardır. Bu alışma çok sayıda kurum ve niversitenin şartlarını dikkate alması özelliğiyle büyük önem taşımaktadır. Modelin amaç fonksiyonuna eklenen maliyet katsayıları ile birlikte çözüm uzayının daraldığı ve problemin daha kolay çözülebilecek hale geldiğine değinen yazarlar, bir mühendislik fakültesinde yaptıkları örnek bir uygulamayı ve test sonuçlarını da paylaşmışlardır.

Daskalaki ve Birbas (2005), tamsayılı programlamanın kombinatorik problemler için yaygın bir çözüm yöntemi olmasına rağmen, problemin boyutundan kaynaklı bazı hesaplama güçlüklerinin bulunmasından yola çıkarak, iki aşamalı bir yaklaşım önermişlerdir. zmu zorlaştıran kısıtların yumuşatılmasına dayanan prosedür sayesinde, çizelgelerin kalitesinden ödün verilmeden hesaplama zamanının ciddi oranda azaltıldığına değinilmiştir.

Zhang ve Lau (2005), yaptıkları çalışmada, kısıt programlama yönteminin DPP'nin çözümünde kullanılabileceğini göstermişlerdir. Yazarlar yararlandıkları ILOG aracının, sahip olduğu zengin dil ve kütüphanesiyle problemin çözümüne yönelik büyük kazanımlar sağlayacağı görüşünü belirtmişlerdir.

Abdullah vd. (2007), genetik algoritmalar ve yerel arama algoritmalarının birlikte kullanıldığı melez sistemlerin diğer yöntemlere karşı üstünlüklerini ortaya koymuşlardır. Literatürden alınan 11 test problemi ile en iyi sonuca ulaşan yöntemin, esnek kısıtların ihlalini engelleyen ceza maliyetlerini ciddi oranda düşürdüğüne dikkat çekmişlerdir.

Schimmelpfeng ve Helder (2007), Almanya’da bir üniversitenin ders programı çizelgeleme probleminin çözümü için tamsayı programlama yöntemini kullanmışlardır. Kısıtların ihlalini minimize edecek şekilde kurulan matematiksel model; 156 ders, 181 öğrenci grubu, 99 öğretim üyesi, 30 zaman dilimi ve farklı kapasitedeki 13 derslik için en iyi sonucu vermiştir.

Tuga vd. (2007), tarafından yapılan çalışmanın amacı bütün zorunlu kısıtların sağlandığı bir mümkün ders çizelgesi oluşturmaktır. İlk aşamada grafik tabanlı bir sezgisel kullanılarak esnetilen problemin mümkün bir çözümü bulunurken, ikinci aşamada tavlama benzetimi yöntemi kullanılarak yumuşak kısıtların ihlalini en aza indirecek şekilde çözüm iyileştirilmektedir.

Bakır ve Aksop (2008), öğrenci ve öğretim üyelerinin memnuniyetsizliğinin en aza indirilmesine yönelik olan bir 0-1 tamsayı programlama modeli önermişlerdir. Önerilen model Gazi Üniversitesi, İstatistik bölümünün bahar dönemine ilişkin ders programının oluşturulmasında kullanılmıştır. Yazarlar modele bazı kısıtların eklenerek, problemin fakülte ve üniversite boyutunda çözümler üretilecek şekilde genişletilmesi gerekliliğini vurgulamışlardır.

Mayer vd. (2008), geliştirdikleri karınca kolonisi optimizasyonu tabanlı sezgisel algoritma ile önemli çalışmalardan birine imza atmışlardır. Zaman çizelgeleme alanında bilinirliği yüksek bir yarışmada, 24 örnekten 5’i dışında en iyi çözüme ulaşarak bütün algoritmalar arasında 4. sırada yer almıştır.

Aladağ vd. (2009), ders programı çizelgeleme probleminin çözümünde tabu arama algoritmasını kullanmışlardır. Algoritma içerisinde farklı hareket türleri kullanılarak

iki yeni komşuluk yapısı tanımlanmıştır. Hacettepe Üniversitesi İstatistik Bölümünü verilerinin kullanılarak 4 ayrı komşuluk yapısının karşılaştırması yapılmıştır.

Ayob ve Jaradat (2009), iki ayrı melez algoritma geliştirmişlerdir. İlk algoritma tavlama benzetimi ve KKO; ikincisi ise tabu arama algoritma ve KKO yöntemlerinin birlikte kullanıldıkları hibrit sistemlerden oluşmaktadır. Önerilen algoritmalarından elde edilen test sonuçları, literatürdeki farklı yöntem ve yaklaşımlardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar önerilen sistemlerin, diğer KKO örneklerinden daha üstün sonuçlar ürettiğini göstermiştir.

Khonggamnerd ve Innet (2009), otomatik olarak hazırlanan ders çizelgelerinin verimini artırmak amacıyla bir genetik algoritma modeli önermişlerdir. Seçim, çaprazlama ve mutasyon olmak üzere üç genetik operatör kullanılmıştır. Modelin çözümünden elde edilen sonuçlar genetik algoritmaların DPÇP'nin çözümünde kullanılabilceğini gösterir niteliktedir. 0,7 çaprazlama oranı ile bütün zorunlu kısıtların sağlandığı bir çizelge elde edilmiştir.

Chaudhuri ve Kajal (2010), daha önce birçok çözüm yönteminin uygulandığı DPÇP için bir bulanık genetik sezgisel algoritma önermişlerdir. Modeldeki bulanık mantık bileşeni, amaç satırı içerisindeki esnek kısıtların karşılanma derecesinin kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır. Hindistan'da büyük boyutlu bir problem üzerinde test edilen yöntem, zorunlu kısıtların tamamını, esnek kısıtların ise önemli bir kısmını karşılayarak başarılı sonuçlar üretmiştir. Yine bu çalışmada hesaplama karmaşıklığının azaltılması konusunda gelecek çalışmalara yönelik önerilerde de bulunulmuştur.

Joudaki vd. (2010), memetik algoritma ve bir yerel arama tekniği olarak, tavlama benzetimi algoritmasının birlikte kullanıldığı hibrit bir sistem önerisi ile probleme yaklaşmışlardır. Ayrıca memetik algoritmaya eklenen gelişim işlemcisi ile üretilen kromozomların iyileşmesini ve kısıt ihlallerinin azalmasını sağlamışlardır. Önerilen yöntemin bu yapısıyla, önceki yaklaşımlara kıyasla daha verimli sonuçlar sağladığına değinilmiştir.

Alsmadi vd. (2011), ders programı çizelgeleme probleminin çözümü için yeni bir genetik algoritma yaklaşımı sunmuşlardır. Çalışma sonucunda elde edilen çizelgelerin zorunlu kısıtların tamamını, esnek kısıtların ise çoğunu sağlar nitelikte olduğu görülmektedir. Önerilen yöntemin diğer yaklaşımlara göre; esnek kısıtların daha fazla karşılanması, uygun dersliklerin tercih edilmesi ve ders yükünün dengeli dağıtımı şeklinde avantajları bulunmaktadır.

Asham ve arkadaşları (2011), ders çizelgeleme ve sınav programı çizelgeleme problemi için, grafik renklendirme ve genetik algoritmanın birlikte kullanıldığı genetik renklendirme isimli bir hibrit model sunmuşlardır. Geliştirilen melez yöntemin en iyi sonucu vermediğini ancak; genetik algoritma ve grafik renklendirme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, yöntemin bazı yönleriyle daha iyi sonuçlar ürettiğini ifade etmişlerdir.

Kohshori ve Abadeh (2012), DPÇP'nin NP-Zor yapısına ve klasik algoritmalarla çözümünün zor olmasına değinerek 3 yeni genetik algoritma hibriti (FGARI, FGASA ve FGATS) önermişlerdir. Ayrıca çalışmada esnek kısıtların ihlal derecesinin belirlenmesi amacıyla bulanık mantıktan da yararlanılmıştır.

Açıklamalarıyla birlikte sunulan bu bilimsel çalışmalar haricinde ders programı çizelgeleme problemi alanında yapılmış, farklı yöntem ve uygulamaları içeren makale, bildiri ve rapor nitelikli çok sayıda kaynağa erişmek mümkündür. DPÇP alanında yapılan bu çalışmaların kapsamlı bir şekilde incelenebileceği kaynaklar Çizelge 3.1.'de literatür araştırmaları başlığı altında ifade edilmiştir.

Bu tez araştırması kapsamında incelenen ders programı çizelgeleme problemi içerikli yayınların sunulduğu tablo (Çizelge 3.1.); söz konusu çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan yöntem ve yaklaşımların bir özeti niteliğindedir. Özet tablo oluşturulurken çalışma alanına yönelik en sık kullanılan yöntemleri içerecek şekilde bir gruplandırma yöntemine başvurulmuştur (Babaei vd., 2015).

Çizelge 3.1. Ders programı çizelgeleme problemi alanında yapılan çalışmalar

Yaklaşım	Yöntem	Kaynaklar
Yöneylem Araştırması	Tamsayılı/ Doğrusal Programlama	Andrew ve Collins (1971), Akkoyunlu (1973), Harwood ve Lawless (1975), Breslaw (1976), Shih ve Sullivan (1977), Tripathy (1980), McClure ve Wells (1984), Ferland ve Roy (1985), Gosselin ve Truchon (1986), Laporte ve Desrochers (1986), Dinkel vd. (1989), Tripathy (1992), Johnson (1993), Ferland ve Fleurent (1994), Badri (1996), Badri vd. (1998), Boronico (2000), Dimopoulou ve Miliotis (2001), Baker vd. (2002), Dimopoulou ve Miliotis (2004), Özdemir ve Gasimov (2004) Daskalaki vd. (2004), Martin (2004), Avella ve Vasil'Ev (2005), Sarin (2005), Daskalaki ve Birbas (2005), Al-Yakoob ve Serali (2006), Günalay ve Şahin (2006), MirHassani (2006), Ismayilova (2007), Al-Yakoob ve Serali (2007), Cheng ve Kruk (2007), Schimmelpfeng ve Helber (2007), Gunawan vd. (2008), Burke vd. (2008), Bakır ve Aksop (2008), Van Den Broek vd. (2009), Sarin vd. (2010), van den Broek vd. (2012), Cacchiani vd. (2013).
	Grafik Renklendirme	Welsh ve Powell (1967), Werra (1985), Selim (1988), Cangalovic ve Schreuder (1991), Mathaisel ve Comm (1991), Hertz ve Robert (1998), Redl (2004), Razak vd. (2010), Dandashi ve Al-Mouhamed (2010).
	Kısıt Programlama	Kang ve White (1992), Frangouli vd. (1995), Deris vd. (1997), Goltz vd. (1998), Deris vd. (1999), Deris vd. (2000), Abdennadher vd. (2000), Zervoudakis ve Stamatopoulos (2001), Müller (2002), Legierski ve Widawski (2003), Rudova ve Murray (2003), Valouxis ve Housos (2003), Cambazard vd. (2005), Zhang ve Lau (2005), Hossain ve Zibrán (2007).
	Ağ Modelleri	Dyer ve Mulvey (1976), Mulvey (1982), Dinkel vd. (1989).
	Çok Kriterli/Çok Amaçlı Modelleme	Miyaji vd. (1981), Lee ve Sehniederjans (1983), Schniederjans ve Kim (1987), Badri vd. (1998), Şahin (2004), Özdemir ve Gasimov (2004).
Metasezgisel (Tek Çözümlü/ Popülasyon Tabanlı Algort.)	Tabu Arama	Hertz (1992), Costa (1994), Alvarez vd. (2000), Alvarez vd. (2002), Burke vd. (2003), Arntzen ve Lokketangen (2005), Mushi (2006), Dammak vd. (2008), Aladag vd. (2009), Lü ve Hao (2010).
	Tavlama Benzetimi	Dowland (1990), Abramsen (1991), Dige vd. (1993), Elmohamed vd. (1998), Kostuch (2005), Bai vd. (2006), Tuga vd. (2007), Aycañ ve Ayav (2008), Abdullah vd. (2010), Basir vd. (2013), Cura (2007), Ceschia vd. (2012).
	Değişken Komşuluk Arama	Abdullah vd. (2005), Lü vd. (2010).
	Yerel Arama	Hertz (1991), Kiarer ve Yellen (1992), Schaerf ve Gaspero (2001), Asratian ve Werra (2002), Rossi-Doria vd. (2002), Müller vd. (2004), Beyrouthy vd. (2007), Murray vd. (2007), Shengxiang ve Jat (2011), Yang ve Jat (2011), Kohshori vd. (2011).
	Genetik Algoritma	Burke vd. (1994), Paechter vd. (1994), Deris vd. (1999), Carrasco ve Rato (2001), Ueda vd. (2001), Yu ve Sung (2002), Wang (2003), Jat ve Yang (2009), Khonggamnerd ve Innet (2009), Asham vd. (2011), Alsmadi vd. (2011), Kohshori vd. (2011).
	Karınca Kolonisi Optimizasyonu	Socha vd. (2002), Mayer vd. (2008), Ayob ve Jaradat (2009), Nothegger vd. (2012).
	Parçacık Sürü Optimizasyonu	Shiau (2011), Chen and Shih (2013).
	Memetik Algoritma	Jat ve Yang (2008), Joudaki vd. (2010).
	Harmoni Arama Algoritması	Al-Betar vd. (2008), Al-Betar ve Khader (2009), Nguyen vd. (2012), Wahid ve Hussin (2013).

Çizelge 3.1. (Devam)

Yeni Yaklaşımlar	Hibrit Algoritmalar	Deris vd. (1999), Mirrazavi vd. (2003), Rachmawati ve Srinivasan (2005), Chiarandini vd. (2006), Abdullah vd. (2007), Gunawan vd. (2007), Tuga vd. (2007), Rahoual ve Saad (2007), Abdullah ve Hamdan (2008), Pongcharoen vd. (2008), Ayob ve Jaradat (2009), Turabieh ve Abdullah (2009), Joudaki vd. (2010), Jat ve Yang (2011), Shiau (2011), Kohshori vd. (2011), Gunawan vd. (2012), Abdullah vd. (2012), Kohshori ve Abadeh (2012), Asham vd. (2011), Kohshori ve Liri (2012), Cambazard vd. (2012), Bolaji vd. (2014), Badoni vd. (2014), Fong vd. (2014).
	Bulanık Yöntemler	Asmuni vd. (2005), Golabpour vd. (2008), Chaudhuri ve Kajal (2010), Kohshori vd. (2011).
	Kümeleme Algoritmaları	Amintoosi ve Haddadnia (2005), Shatnawi vd. (2010).
	Karar Destek Sistemleri / Uzman Sistemler	Dyer ve Mulvey (1976), Kassicieh vd. (1986), Glassey ve Mizrach (1986), Chahal ve Werra (1989), Dinkel vd. (1989), Ferland ve Fleurent (1994), Piechowiak ve Kolski (2004), Foulds ve Johnson (2000), Dasgupta ve Khazanchi (2005), Günalay ve Şahin (2006)
	Yapay Sınır Ağları	Carrasco ve Pato (2004).
	Çoklu Ajan Sistemleri	Meisels ve Kaplansky (2003), Yanga vd. (2006), Strnad ve Guid (2007), Oprea (2007), Obit vd. (2011), Yanga ve Paranjape (2011).
	Hiper Sezgiseller	Petrovic ve Qu (2002), Burke vd. (2003), Burke vd. (2005), Burke vd. (2007), Soria-Alcaraz vd. (2014).
Literatür Araştırmaları	Schmidt ve Strohleim (1980), Werra (1985), Stallaert (1997), Carter ve Laporte (1998), Schaerf (1999), Burke (2004), Petrovic (2004), Lewis (2008), MirHassani ve Habibi (2013), Pillay (2014), Babaei vd. (2015).	

DPÇP, 1960'lı yıllardan günümüze kadar yüzlerce çalışmaya araştırma konusu olmuştur. Bu bölümde bütün eğitim kurumları için oldukça uğraştırıcı ve bu derece önemli bir aktivite olan ders programı çizelgeleme problemine ilişkin bir literatür taramasına yer verilmiştir. İncelenen bilimsel kaynaklara ilişkin bir analiz gerçekleştirmek gerekirse; ; ders programı çizelgeleme probleminin çözümü için başvurulan ilk yaklaşımların yöneylem araştırması temelli yöntemlerinin olduğu görülmektedir. İlerleyen çalışmalarda kısıt ve değişken sayılarına bağlı olarak problemin boyutunun üstel şekilde büyüdüğünün farkedilmesiyle birlikte polinom zamanda en iyi çözüme erişilemeyeceği gerçeği, araştırmacıları en iyi çözümü garanti etmeyen, metasezgisel temelli yöntemlere yöneltmiştir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanlarının ise tabu arama, tavlama benzetimi ve genetik algoritma gibi metasezgisel yaklaşımların olduğu görülmektedir. Sonraki çalışmalarda ise; yöneylem araştırması ve metasezgisel temelli yaklaşımların üstün yönlerinin dikkate alınarak, birlikte kullanıldığı hibrit (melez) yöntemlerin öne çıktığı söylenebilir. Özellikle son yıllarda da ders programı çizelgeleme problemini alanında yapılan

Çalışmaların, yeni geliştirilen hibrit algoritmalar ve hipersezgiseller yönünde geliştiği görülmektedir.

4. DERS PROGRAMI ÇİZELGELEME PROBLEMİ ve MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA

4.1. Ders Programı Çizelgeleme Probleminin Genel Özellikleri

Ders programı çizelgeleme problemi bütün yükseköğretim kurumlarının, her eğitim-öğretim yılı içerisinde en az iki defa karşılaştığı uğraştırıcı bir aktivitedir. Öyle ki bu çizelgeler bilgisayar yardımı olmaksızın yapılmaya çalışıldığında çok fazla vakit almakta ve çok ciddi aksaklıklara sebep olmaktadır. Bu aksaklıklar da öğrenciler ve öğretim üyeleri açısından çözülmesi olanaksız problemlere yol açabilmektedir. Tüm bu sebepler DPÇP'nin bir eğitim kurumu için ne derece önemli olduğunu göstermektedir. Üniversitelerde verilen eğitimin kalite seviyesini doğrudan etkileyebilen ders çizelgeleme faaliyeti, elle çözülemeyecek kadar karmaşık ve zor bir süreci beraberinde getirmektedir. Bu zorluğun üstesinden gelmek ve kaliteli çizelgeler oluşturmak amacıyla, çok sayıda bilgisayar destekli yöntem kullanılmıştır.

Ders programı çizelgeleme alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde bütün kurumların ihtiyacını giderecek genel bir ders çizelgeleme modelinin oluşturulamadığı görülmektedir. Bunun en önemli sebebi aynı ülkedeki üniversitelerin bile farklı özelliklere ve kural yapılarına sahip olmalarıdır.

Problemin çözümü için standart bir model geliştirilemese de; ders programı çizelgeleme problemlerini genel bir çerçeveye oturtmak elbette mümkündür. Örneğin; zorunlu kısıt yapıları adı verilen, özellikle bireylerin aynı zaman diliminde, farklı fiziksel ortamlarda olamayacağı gerçeği gibi kısıtlar, ders programı çizelgeleme probleminin karakteristik özelliklerini oluştururlar. Bunların yanında üniversiteler içerisinde ortak olan bazı kurallarda modellerin değişmeden kullanılan parçalarını meydana getirmektedir. Ayrıca zaman süreci bakımından farklılıklar görülse de, ders programları genellikle haftalık olarak düzenlenmektedir.

Ders programı çizelgeleme problemi NP-Zor problem sınıfında değerlendirilen bir problem tipidir. Bazı durumlarda değişken sayısındaki ciddi artışlar problemin

polinom zamanda çözümlenmesini imkânsız hale getirmektedir. Problemin boyutu değişken ve kısıt sayısı ile birlikte üstel olarak artmaktadır. Bu durumda sezgisel yaklaşımlar gibi farklı çözüm yöntemleri devreye girmektedir. Önceki çalışmalarda bu özelliğinden dolayı problemin parçalara ayrılarak, aşamalı olarak çözüldüğü de görülmüştür.

Bu özellikler dışında ders çizelgeleme problemlerine yönelik modeller; eğitim kurumlarının özellikleri ve birimlerin beklentilerine göre çeşitlendirilebilmektedir.

4.1.1. Kısıt Yapıları

Ders çizelgeleme alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde, kullanılan yöntemlerden kaynaklı farklılıklara rastlanmaktadır. Probleme has bazı özelliklerin ise neredeyse bütün çalışmalarda değişmeden korunduğu görülmektedir. Problemin karakteristik özellikleri şeklinde ifade edebileceğimiz bu özelliklerinden birisi de kısıt yapılarıdır.

Önceki bölümde de ele alındığı üzere ders programı çizelgeleme problemlerinde kısıt yapıları; zorunlu kısıtlar ve esnek kısıtlar olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir.

Ders programı çizelgeleme problemlerinde dikkate alınan bu kısıtlar, eğitim kurumlarının özelliklerine, beklenti ve ihtiyaçlara göre farklı şekillerde düzenlenebilmektedir. Zorunlu kısıtlar mümkün bir çizelgenin oluşturulması için olmazsa olmaz yapıları meydana getirirken; esnek kısıtlar çizelgenin kalitesini artırıcı, olabildiğince sağlanması hedeflenen yapıları ifade etmektedir. Zorunlu kısıtlar, esnek kısıtlara göre nispeten daha da kalıplaşmış ifadelerden oluşmaktadır. Kimi araştırmacılar bazı zorunlu kısıtları, esnek kısıtlar olarak değerlendirebilmektedir. Bu da zorunlu kısıtlar ve esnek kısıtların kesin çizgilerle birbirlerinden ayrılmadığını, araştırmaların kapsamına ve amacına bağlı olarak bu yapıların değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Ders çizelgeleme alanında yapılan çalışmaları birbirinden ayıran, elde edilen çözümlerin verimliliğini doğrudan etkileyen zorunlu ve esnek kısıtların doğru anlaşılması bu alanla ilgilenen araştırmacılar için oldukça önemlidir. Tez çalışmasının bu aşamasında da yaygın olarak kullanılan zorunlu ve esnek kısıtlara değinilecektir. Önceki çalışmalar dikkate alınarak, en çok kullanılan zorunlu ve esnek kısıtların bir bütün halinde görülmesi bundan sonraki çalışmalar için de yararlı olacaktır.

4.1.1.1. Zorunlu Kısıtlar

Zorunlu kısıtlar; mümkün bir çizelgenin elde edilmesi için kesinlikle sağlanması gereken yapıları ifade etmektedir. DPÇP çalışmalarında kullanılan zorunlu kısıt yapılarının kullanım amacı genellikle; ders, derslik, öğretim üyesi ve öğrenciler açısından oluşabilecek çakışmaları önlemeye yönelik olmuştur. Ancak birçok çalışmada zorunlu kısıtların; tamamlanma, ardışıklık, laboratuvar, ön belirleme, değişken sınırlaması gibi amaçları sağlamaya yönelik olarak kullanıldığı da görülmektedir. Gerçekleştirilen atamaların zaman ve mekan açısından tek olması (teklik), tüm derslerin eksiksiz olarak atanması (tamamlanma), öğrenci, öğretim üyesi, ders ve derslikler açısından çakışmaların önlenmesi, ders-derslik atamasında kapasitelerin dikkate alınması, ders sayısı fazla olan derslerin oturumlarının ardışık şekilde yer almasının sağlanması (ardışıklık) kısıtlamaları, zorunlu kısıtların kullanım amaçlarından sadece birkaçıdır (Köçken vd., 2014).

Ders programı çizelgeleme problemi için zorunlu kısıtlar üniversiteler ve birimlerin özelliklerine göre çeşitlilik gösterse de genel örnekleri aşağıdaki gibidir (Socha vd. 2002; Mirhassani ve Habibi, 2013):

- Z1:** Hiçbir öğrenci grubu veya öğretim üyesi aynı zaman diliminde birden fazla ders veya dersliğe atanamaz.
- Z2:** Bir öğrenci grubunun sorumlu olduğu herhangi bir derse birden fazla öğretim üyesi atanamaz.

- Z3:** Program içerisindeki bütün derslerin atamaları eksiksiz olarak tamamlanmalıdır.
- Z4:** Derslerin atandığı dersliğin kapasitesi, dersten sorumlu öğrenci sayısına eşit veya büyük olmalıdır.
- Z5:** Herhangi bir dersliğe, aynı zaman dilimi içerisinde birden fazla ders atanamaz.
- Z6:** Her öğretim üyesi belirlenen sayıda derse atanabilir.
- Z7:** Bir öğretim üyesinin önceden belirlenmiş bir zaman dilimi veya güne atanması gerekebilir.
- Z8:** Bazı dersler arasındaki olası öncelik ilişkilerine dikkat edilmelidir.
- Z9:** İki ders saatine sahip dersler ardışık zaman dilimlerinde yer almalıdır.
- Z10:** Herhangi bir dersin aynı gün içerisindeki ders saati üçten fazla olmamalıdır.
- Z11:** Bütün derslikler, derslerin özelliklerini karşılayacak şekilde atanmalıdır.
- Z12:** Öğrenciler veya öğretim üyeleri açısından belirli günlerin belirli zaman dilimlerine ders konulmaması istenebilir.

4.1.1.2. Esnek Kısıtlar

Bir zorunluluk içermese de karşılanması arzu edilen ifadeler esnek kısıt yapılarını oluşturmaktadır. Esnek kısıtların kullanım amacı, oluşturulan çizelgelerin kalitesini olabildiğince üst seviyeye çıkarmaktır. Modele ait bu yapılar genellikle amaç fonksiyonu ifadesine öncelik katsayıları ile birlikte dâhil edilerek işlerlik kazanmaktadır.

Çalışma konusu kurum ve birimlerin farklı özellikleri dikkate alındığında, zorunlu kısıtlara göre daha fazla çeşitlilik gösteren esnek kısıtlardan en çok kullanılanları (Hilton ve Slivnik, 2001; Özdemir ve Gasimov, 2004; Öztürk, 2010; Mirhassani ve Habibi, 2013):

- E1:** Öğretim üyelerinin olabildiğince tercih ettikleri zaman dilimleri ve dersliklere atanması,
- E2:** Öğretim üyelerinin ders yüklerinin olabildiğince eşit dağıtılması,
- E3:** Herhangi bir öğrenci grubu için gün içinde sadece bir ders atanmasının engellenmesi,
- E4:** Derslerin ve ders saatlerinin bir haftalık zaman dilimine dengeli bir şekilde yayılmasının sağlanması,
- E5:** Bölünmüş herhangi bir dersin, farklı günlerdeki diğer oturumları için de aynı derslikte uygulanması,
- E6:** Öğle molası için ayrılan zamanın 12.00 ve 14.00 saatleri arasına denk getirilmesi,
- E7:** Belirli bir zaman diliminde öğle arasında bulunan öğrenci sayısının dikkate alınması,
- E8:** Öğrenci gruplarının ardışık derslerinin atandığı dersliklerin aynı binada olması,
- E9:** Herhangi bir gün içerisindeki ders saati miktarının sınırlandırılması,
- E10:** Derslik atamasının olabildiğince bölüme ait veya belirlenmiş sınıflara yapılması,
- E11:** Görece kavranması zor derslerin sabah saatlerine atanması,
- E12:** Gün içerisindeki; ilk ders ve son ders arasındaki sürenin olabildiğince kısa tutulması,
- E13:** Programın, haftanın en azından bir gününü boşaltacak şekilde hazırlanması,
- E14:** Pedagojik açıdan bakıldığında, dikkat dağınıklığının arttığı veya verimin düştüğü saatlere mümkün olduğunca az ders ataması yapılması, şeklinde sıralanabilir.

4.1.2. Amaç Fonksiyonu İfadesi

Bir optimizasyon probleminin çözümüne ilişkin kurulan matematiksel modelin, değişkenlerin optimum değere ulaşılacak şekilde değer almasını sağlayan bölümüne amaç fonksiyonu ifadesi denir. Amaç fonksiyonu, probleme özgü olarak

bir minimizasyon veya maksimizasyon ifadesi olarak düzenlenebilmektedir. Ders çizelgeleme problemlerinde en kaliteli çizelgelerin oluşturulması için amaç fonksiyonu bölümünün doğru şekilde tasarlanması çok önemlidir.

Ders Programı Çizelgeleme Probleminin çözümüne ilişkin kurulan modellerin birçoğunun amaç fonksiyonu ifadesi, sağlanan esnek kısıtların miktarını artırmaya ve öğrenci veya öğretim üyelerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak düzenlenmektedir. DPÇP alanında yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde amaç fonksiyonu yapısının farklı şekillerde kullanıldığı görülmektedir. Bunlardan en çok kullanılanları (Mirhassani ve Habibi, 2013):

- A1:** Öğrencilerin istek ve taleplerinin en üst düzeyde karşılanması,
- A2:** Öğretim üyelerinin tercihlerinin karşılanma seviyesinin eniyilenmesi,
- A3:** Tercih edilmeyen bir zaman dilimine atanan derslerin sayısının enküçüklenmesi,
- A4:** Sınıf içerisinde ayakta kalan öğrenci sayısının enküçüklenmesi,
- A5:** Kullanılan derslik sayısının enküçüklenmesi,
- A6:** Oluşabilecek ders çakışmalarının en düşük düzeyde tutulması,
- A7:** Gün içerisinde, bir öğrenci grubunun sorumlu olduğu iki ders arasında kalan boş zamanın enküçüklenmesi şeklinde örneklenebilir.

4.2. Matematiksel Programlama

İnsanoğlu var olduğu yıllardan beri bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde, her zaman yaptığı işte en iyiye ulaşmayı planlamış ve arzu etmiştir. Bu uğraşlar bazen bir işçinin belirli bir kuvvetle en fazla yükü kaldırabilmesi, bazen de uçaklardaki sürtünmenin en aza indirilmesi şeklinde belirmiştir. Kısacası insan, yaşamının her anında kendisini en iyiyi ararken ve sorgularken bulmaktadır. Ünlü matematikçi Leonhard Euler de bu durumu: “Doğada maksimum ya da minimum duyusunun bulunmadığı hiç bir olay yoktur” şeklinde özetlemektedir (Çetin, 2004).

Yüzyıllardır var olan eniyileme kaynaklı bu sorunların çözümü için bazı analitik yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en çok bilineni, bir yöneylem araştırması tekniği olan matematiksel programlamadır. Matematiksel programlama; doğrusal programlama, tamsayılı programlama ve karışık tamsayılı programlama gibi alt dallarda incelenmektedir.

Matematiksel programlamanın geçmişine bakıldığında ise, yeni çözüm yöntemleri ve yaklaşımlar ile kullanım alanının her geçen gün giderek yaygınlaştığı görülmektedir. İlk olarak doğrusal programlamanın çözümü için 1947'de G.B. Dantzig tarafından Simpleks algoritması geliştirildiğinde, bu yenilik optimizasyon alanında bir devrim olarak görülmüştür. Bu gelişmeyi 1950'de R. Bellman'ın dinamik programlama modeli ve çözümünü ortaya koyması takip etmiştir. Daha sonraları, 1951'de ise H. Kuhn ve A. Tucker tarafından doğrusal olmayan modeller üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Aynı senelerde J. Von Neumann, G. Dantzig ve A. Tucker matematiksel modellerin primal ve dual modelleri üzerinde araştırmalar yapmışlardır. 1955'de G.B. Dantzig tarafından stokastik programlama geliştirilmiştir. R. Gomory ise 1958 yılında tamsayılı programlama alanında önemli çalışmalara imza atmıştır. Günümüzde ise optimizasyon (eniyileme) alanında çözüm yöntemleri ve uygulama alanlarına yönelik önemli katkılar yapılmakta ve gelişim hız kesmeden sürdürülmektedir (Gass, 2002; Çetin, 2004).

Yukarıdaki paragraflarda da belirtildiği üzere bir optimizasyon probleminin çözümü için kullanılacak en etkili yöntem matematiksel programlamadır. Matematiksel programlama; optimizasyon problemlerine ilişkin bilinmeyenlerin değişken olarak tanımlandığı ve bu değişkenlerin bir eniyilemeyi gerçekleştirecek şekilde kısıt ve amaç fonksiyonu yapılarını oluşturduğu bir modelleme aracıdır. Matematiksel programlamada amaç; belli kısıtlar dâhilinde, amaç fonksiyonunu en iyiye götürecek değişken değerlerini tespit etmektir. Bir matematiksel modelin genel ifadesi aşağıdaki gibidir (Bronson, 1982):

4.3.1. MPL Paket Programı

Yöneylem araştırması alanındaki uygulama problemlerinin çözümü amacıyla kurulan matematiksel programlama modelleri genellikle binlerce kısıt ve değişkenden oluşmaktadır. Klasik yöntemlerle çözümü mümkün olmayan bu tip problemlerin çözülebilmesi için çok sayıda ticari veya açık erişime sahip paket program geliştirilmiştir. LINGO, MPL, LINDO, GAMS gibi yazılımlar, doğrusal veya doğrusal olmayan matematiksel modellerin çözümleri için geliştirilen bu paket programlara birer örnektir. Bu modelleme programları, kurulan matematiksel programlama modelinin bir bilgisayar sisteminde doğrudan girdi olarak kullanılabilmesine aracılık etmektedir (Erdoğan, 2003).

Bu çalışmada öğretim üyelerinin memnuniyet ve ihtiyaçlarının optimum seviyede karşılanmasına yönelik olarak geliştirilen 0-1 tamsayılı programlama modelinin çözümünde MPL (Mathematical Programming Language) paket programından yararlanılmıştır. MPL paket programı, matematiksel modellerin kısa ve etkili bir biçimde bilgisayar diline çevrilmesine olanak tanıyan bir modelleme aracıdır. Yazılımın içerisinde yer alan çok sayıda çözücü ile oluşturulan modeller kolaylıkla çözülebilmektedir. MPL, matematiksel ifadeler kullanılarak, modellerin anlaşılır bir şekilde kodlanmasına olanak tanıyan zengin bir modelleme diline sahiptir. Paket program, kendine özgü bir dilde kodlanan matematiksel modelin çözümünü içerisinde barındırdığı çeşitli çözücüler yardımıyla arka planda gerçekleştirmektedir. Böylelikle, kullanıcılar matematiksel modeli paket programın diline uygun şekilde kodlayarak kolaylıkla çözüme ulaşabilmektedirler. Çoğu matematiksel programlama çözüm aracı gibi MPL de, kolay öğrenilen, modelleri hızlı formüle edilmesine olanak tanıyan ve daha az programlamaya ihtiyaç duyan bir paket programdır. Bu sebeple MPL, optimizasyon modellerinin oluşturulmasında ve çözülmesinde en çok kullanılan araçlardan birisidir (Küçük, 2013).

4.3.2. Gurobi Çözücüsü

LINGO, MPL, LINDO, GAMS gibi optimizasyon araçlarının büyük çoğunluğu Cplex, Xpress ve Gurobi gibi çözücülerle, kurulan matematiksel model arasında

köprü görevi görmektedir. Paket programlar sadece programlama diline özgü olarak yazılan matematiksel modellerin çözümlere iletilmesine ve sonuçların görüntülenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yani oluşturulan matematiksel modellerin çıktılarıyla ilgili çözüm kalitesi, süre gibi önemli parametreler büyük oranda bu araçların içerisindeki çözümlerle ilişkilidir.

Matematiksel programlama problemlerinin çözümünde kullanılan çözümleri; açık kaynak kodlu ve ticari yazılımlar olmak üzere iki grupta incelenmektedir. En çok kullanılan açık kaynak kodlu çözümler: GLPK, LP SOLVE, CLP, SCIP, SoPlex, ticari çözümler ise: Cplex, Xpress ve Gurobi şeklinde sıralanmaktadır (Meindl ve Templ, 2012).

Bu çalışmada önerilen matematiksel modelin çözümü için MPL paket programı ile birlikte Gurobi çözümleri kullanılmıştır. Gurobi çözümleri; karışık tamsayılı programlama, tamsayılı programlama, doğrusal programlama ve doğrusal olmayan programlama modellerinin çözümünde etkin sonuçlar veren bir optimizasyon aracıdır. C dilinde kodlanan çözümler, içerisinde simpleks ve dual simpleks algoritmalarını barındırmaktadır. Gurobi optimizasyon aracı ve çözüm algoritması hakkında detaylı bilgiye MPL paket programına ait internet sayfasından erişilebilir (Anonim, Optimization Solvers).

5. DERS PROGRAMI ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN MODELLENMESİ

Ders programı çizelgeleme problemi, bir üniversitenin herhangi bir bölümünde öğrenim gören öğrencilerin sorumlu olduğu derslerin ve bu derslerle bağlantılı öğretim üyelerinin, mümkün olabilecek en uygun zaman dilimi ve dersliklere atanmasını içermektedir. Önceki bölümde de ifade edildiği üzere DPÇP ile elde edilmek istenen amaç, hem öğrenci grupları hem de öğretim üyeleri açısından memnuniyet katsayısı en üst seviyedeki ders programının belirlenmesidir. Bu amacı gerçekleştirmeye yönelik olan ilk aşama, problemin doğru şekilde modellenmesidir.

Ders programı çizelgeleme probleminin modellenmesi, kurum özelliklerinin ve söz konusu çizelgeye yönelik beklentilerin iyi analiz edilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Önceki çalışmalara da bakıldığında bütün kurumların istek ve ihtiyaçlarını karşılayacak genel bir ders çizelgeleme modelinin oluşturulamadığı görülmektedir. Bu istek ve ihtiyaçların çeşitliliği dikkate alındığında böylesine genel bir modelin kurulamayacağı açıktır. Buna rağmen genel bir modelin kurulamayacağı gerçeği, yapılan önceki modelleme çalışmalarının birbirinden bağımsız şekilde ilerlemesini gerektirmez. Çünkü üzerinde çalışılan, kuruma özgü bir ders programı çizelgeleme probleminin, önceki çalışmalara ait modeller üzerinde yapılacak bazı değişiklikler ile çözülmesi mümkündür. Bu değişiklikler genellikle bir eğitim kurumunun sahip olduğu özellikler veya bünyesindeki kaynakların beklentilerini yansıtan kısıt ve amaç fonksiyonu yapıları olarak karşımıza çıkmaktadır.

5.1. Ders Programı Çizelgeleme Probleminin Matematiksel Modeli

Bu tez çalışmasında ders programı çizelgeleme probleminin çözümünde kullanılacak modelleme tekniği matematiksel programlama olarak belirlenmiştir. Matematiksel programlama tekniği, 1960'lı yıllardan günümüze değin uzanan süreçte DPÇP ve diğer zaman çizelgeleme problemlerinin çözümü için kullanılan en etkili yöntemlerden biri olmuştur.

DPÇP alanında yapılmış önceki çalışmalar incelendiğinde; tamsayılı programlama, karma tamsayılı programlama, doğrusal programlama ve hedef programlama yöntemleri kullanılarak oluşturulan matematiksel programlama modelleriyle sıklıkla karşılaşmaktadır (Çizelge 3.1.).

Bu çalışmada, ders programı çizelgeleme probleminin çözümü için literatürdeki modellerle de bağlantılı olan bir matematiksel programlama modeli önerisi sunulmuştur. Açıklamalarıyla birlikte verilen bu matematiksel programlama modelinin işlerliği iki örnek uygulama ve çeşitli senaryolar ile test edilmiştir.

5.1.1. Karar Değişkeni ve Parametrelerin Tanımlanması

Ders Programı Çizelgeleme Probleminin çözümü için önerilen matematiksel programlama modeline ilişkin belirlenen karar değişkeni aşağıda verildiği gibidir (5.1).

$$x_{ijklm} = \begin{cases} 1, & \text{i.öğretim üyesi, j. ders, k. derslik, l.gün ve m. zaman dilimine atanırsa,} \\ 0, & \text{diğer durumlar.} \end{cases} \quad (5.1)$$

Karar değişkeni x_{ijklm} ; öğretim üyesi, ders, derslik, gün ve zaman dilimi bilgilerini içerecek şekilde, 0-1 tamsayılı (ikili-binary) özellikli bir değişken olarak düzenlenmiştir. Karar değişkenini oluşturan indislere ait açıklayıcı bilgiler ve tanım kümeleri ise Çizelge 5.1.'de ifade edildiği gibidir:

Çizelge 5.1. İndisler ve tanım kümeleri

	İndisler	Tanım Kümesi	
Öğretim Üyesi	i	$i= 1,2,3,\dots,I$	I: Mevcut öğretim üyesi sayısı
Ders	j	$j= 1,2,3,\dots,J$	J: Akademik dönem için toplam ders sayısı
Derslik	k	$k= 1,2,3,\dots,K$	K: Kullanıma açık toplam derslik sayısı
Gün	l	$l= 1,2,3,\dots,L$	L: Ders programında yer alan toplam gün sayısı
Zaman Dilimi	m	$m= 1,2,3,\dots,M$	M: Bir gün için belirlenen zaman dilimi sayısı

Önerilen matematiksel programlama modelinde kullanılan parametrelere ilişkin bilgiler ise Çizelge 5.2.'de sunulmuştur:

Çizelge 5.2. Parametreler ve tanımları

Parametre	Parametre Tanımı
a_{ji}	j. dersin i. öğretim üyesi tarafından verilebilme durumunu gösteren matris yapısı.
b_{jk}	j. dersin kapasite ve donanım gibi çeşitli özellikleri dikkate alınarak k. derslikte uygulanabilme durumunu belirten matris yapısı.
r_{il}	Her bir öğretim üyesi için oluşturulan gün bazındaki tercih matrisi.
S_i	i. öğretim üyesine ait ders yükünün alt sınır değeri.
U_i	i. öğretim üyesine ait ders yükünün üst sınır değeri.
M	Büyük bir sayı değeri.
C_n	n. sınıftaki dersleri ifade eden küme.
c_n	n. sınıftaki öğrenci grubunun sorumlu olduğu ders sayısı.
A_j	j dersi ile ortak öğrenci grubu içeren derslerin kümesi.
B_t	t saatlik derslerin kümesi.
L_i	i. öğretim üyesinin tercih etmediği günler kümesi.

5.1.2. Kısıtlar

Ders Programı Çizelgeleme Probleminin çözümüne ilişkin önerilen 0-1 tamsayılı programlama modelinin en önemli bölümünü kısıt yapıları oluşturmaktadır. Olası çakışmaların engellenerek tüm derslerin uygun öğretim üyesi, derslik, gün ve zaman

aralıklarına atanması, modeldeki kısıt yapılarının doğru şekilde düzenlenmesiyle doğrudan ilişkilidir.

Çalışmanın bu bölümünde modeli oluşturan kısıt yapılarına açıklamalarıyla birlikte yer verilmiştir.

i. Çakışma Engelleyici Kısıtlar

- Bir öğretim üyesinin, belirli bir gün ve zaman dilimi içerisinde iki farklı ders ve dersliğe atanmasını engelleyen kısıt:

$$\sum_j^J \sum_k^K x_{ijklm} \leq 1 \quad \forall i, l, m \quad (5.2)$$

- Aynı gün ve zaman dilimi içerisinde; bir dersliğe, birden fazla ders ve öğretim üyesinin atanmasını engelleyen kısıt:

$$\sum_i^I \sum_j^J x_{ijklm} \leq 1 \quad \forall k, l, m \quad (5.3)$$

- Bir ders için birden fazla derslik ve öğretim üyesi atanmasını engelleyen kısıt:

$$\sum_i^I \sum_k^K \sum_l^L \sum_m^M x_{ijklm} \leq 1 \quad \forall j \quad (5.4)$$

- Ortak öğrenci grubu içeren derslerin aynı gün ve zaman dilimine atanmasını engelleyen kısıt:

$$\sum_i^I \sum_{j \in A_j} \sum_k^K x_{ijklm} \leq 1 \quad \forall j, l, m \quad (5.5)$$

ii. Dersler ile İlgili Kısıtlar

- Programda yer alması planlanan tüm derslerin, öğretim üyesi ve derslik atamaları eksiksiz yapılarak bir gün ve zaman dilimine mutlaka yerleştirilmesini sağlayan kısıt:

$$\sum_i^I \sum_k^K \sum_l^L \sum_m^M a_{ji} x_{ijklm} = 1 \quad \forall j \quad (5.6)$$

- Her bir dersin özelliklerine uygun bir dersliğe atanmasını sağlayan kısıt:

$$\sum_i^I \sum_k^K \sum_l^L \sum_m^M b_{jk} x_{ijklm} = 1 \quad \forall j \quad (5.7)$$

- B3 kümesinde yer alan derslere ait oturumların aynı günlerde yer almasını sağlayan kısıt:

$$x_{ijklm} - M x_{ij+1klm+1} < 0 \quad \forall i, j \in B_3, k, l, m \quad (5.8)$$

- B3 kümesinde yer alan derslere ait oturumların ardışık olarak yer almasını sağlayan kısıt:

$$x_{ijklm} - x_{ij+1klm+1} - x_{ij+1klm-1} < 0 \quad \forall i, j \in B_3, k, l, m \quad (5.9)$$

- B4 kümesinde yer alan derslere ait oturumların aynı günlere atanmasını engelleyen kısıt:

$$\sum_i^I \sum_j^{j+1} \sum_k^L \sum_m^M x_{ijklm} \leq 1 \quad \forall l, j \in B_4 \quad (5.10)$$

iii. Öğrenciler ile İlgili Kısıtlar

- Öğrenciler açısından sıkışık bir ders programının oluşturulmasını engellemek amacıyla, her bir sınıfa ait derslerin haftanın günlerine dengeli bir şekilde dağıtılmasını sağlayan kısıt:

$$\sum_i^I \sum_{j \in C_n} \sum_k^K \sum_m^M x_{ijklm} \leq C_n / L \quad \forall l, n \quad (5.11)$$

iv. Öğretim Üyeleri ile İlgili Kısıtlar

- Her bir öğretim üyesine atanacak maksimum ve minimum ders sayısının belirtildiği kısıtlar:

$$\sum_j^J \sum_k^K \sum_l^L \sum_m^M x_{ijklm} \leq U_i \quad \forall i \quad (5.12)$$

$$\sum_j^J \sum_k^K \sum_l^L \sum_m^M x_{ijklm} \geq S_i \quad \forall i \quad (5.13)$$

v. Özel Kısıtlar

Genellikle bölüm dışından gelen veya idari görevi bulunan öğretim üyeleri için ders saati ve dersliklerin önceden belirlenmesi söz konusu olabilmektedir. Buna benzer olarak, bazı günlerin veya zaman dilimlerinin kapatılması gibi olası durumlar da mevcuttur.

- Bir ders veya öğretim üyesinin, belirli bir gün ve zaman dilimine atanmasını sağlayan kısıt:

$$x_{ijklm} = 1 \quad (5.14)$$

- Bir öğretim üyesinin belirli günlerinin boşaltılmasını sağlayan kısıt:

$$\sum_j^J \sum_k^K \sum_{l \in L_i} \sum_m^M x_{ijklm} = 0 \quad \forall i \quad (5.15)$$

vi. Değişkenlere Ait Kısıtlar

- Değişkenlerin tanım aralığı ve özelliklerini belirten kısıt:

$$x_{ijklm} \in \{0,1\} \quad (5.16)$$

5.1.3. Amaç Fonksiyonu

Ders Programı Çizelgeleme Probleminin çözümüne ilişkin önerilen matematiksel modelin amaç fonksiyonu, öğretim üyelerinin tercihlerini olabilecek en üst düzeyde karşılamaya yönelik olarak düzenlenmiştir. Öğretim üyelerinin gün bazında tercihlerini içeren, “ r_{il} ” tercih matrisi; amaç fonksiyonun en önemli parçasıdır. r_{il} matrisi öğretim üyelerinin unvanları ve özellikleri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Örneğin; bölüm dışından gelen öğretim üyelerine ilişkin çarpım katsayısı en fazla iken bunu profesör ünvanlı öğretim üyeleri izlemektedir.

$$Maks Z = \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K \sum_l^L \sum_m^M r_{il} x_{ijklm} \quad \forall i, j, k, l, m \quad (5.17)$$

6. UYGULAMA

6.1. Uludağ Üniversitesi Örneği

Ders programı çizelgeleme probleminin çözümüne yönelik olarak geliştirilen matematiksel programlama modelinin işlerliğinin test edilmesi amacıyla çalışmanın uygulama aşamasında; Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümüne ait 2014-2015 güz yarıyılı için ders programının hazırlanması sağlanmıştır.

Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 1990 yılında kurulmuş ve ilk lisans mezunlarını 1994 yılında vermiştir. 1994 yılında Yüksek Lisans Programını, 2006 yılında Doktora Programını, 2011 yılında ise Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Tezsiz Yüksek Lisans programını başlatmıştır. Bölümde, Endüstri Mühendisliği ve Yöneylem Araştırması olmak üzere iki Anabilim Dalında toplam 19 akademik personel ile 330 lisans, 91 tezli yüksek lisans, 83 tezsiz yüksek lisans ve 18 doktora öğrencisine eğitim öğretim hizmeti verilmektedir (Anonim, Uludağ Üniversitesi).

Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimi Güz yarıyılı süresince verilen zorunlu derslerden (Çizelge 6.1.) sorumlu Çizelge 6.2’de de görüldüğü gibi çeşitli unvanlara sahip 12 öğretim üyesi ve 13 bölüm dışı öğretim üyesi bulunmaktadır. Bu öğretim üyelerinin müfredattaki dersleri verebilme özelliklerine göre a_{ji} matrisi oluşturulmuştur. Her bir derse ait ders saati bilgisi de Çizelge 6.1.’de görülmektedir.

Bu tez çalışmasında DPÇP’nin çözümüne ilişkin bazı varsayımlardan yararlanılmıştır. Bunlardan en önemlisi ders çizelgesinin 2 saatlik bloklar halinde düzenlenmesidir. Bir ders günü içerisinde 2 saatlik bloklar halinde 4 ayrı zaman dilimi dikkate alınarak atamalar yapılmıştır. Ders programı oluşturulurken tüm derslerin, haftalık programdaki 5 gün ve 4 zaman dilimine en uygun şekilde atanması sağlanmıştır. 2 saatlik dersler tek oturumda gerçekleştirilirken; 3 ve 4 saatlik dersler iki ayrı oturuma ayrılmıştır. 3 oturumlu derslere ait iki oturum aynı gün ve ardışık; 4

oturumlu dersler ise 2 oturumlu ve farklı günlerde uygulanacak şekilde programa dâhil edilmiştir. 3 ve 4 saatlik derslere ait oturumlar ayrı dersler kodları gibi düşünülerek modele eklenmiştir. Böylece uygulama çalışmasında programa dâhil edilecek ders sayısı 46'ya yükselmiştir. Ortak derslere sahip öğrenci grubu sayısı ise 4 ayrı sınıfa ifade edecek şekilde düzenlenmiştir.

Çizelge 6.1. UÜ Endüstri Mühendisliği, 2014-2015 güz yarıyılı zorunlu dersleri

Ders Kodu	1. Sınıf Dersleri	Ders saati
ATA101	ATA TÜRK İLKELERİ ve DEVRİM TARİHİ I	2
TUD101	TÜRK DİLİ I	2
YAD101	YABANCI DİL I (İNGİLİZCE I)	2
MAT1071	MATEMATİK I	3
FZK1071	TEMEL FİZİK I	3
FZKL1071	TEMEL FİZİK LAB.	2
KMY1077	GENEL KİMYA	3
END1015	TEKNİK RESİM I	3
END1061	ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ	2
END1013	COMPUTER PROGRAMMING I	3
2. Sınıf Dersleri		
MAT2071	İLERİ ANALİZ	4
END2013	MÜHENDİSLİK MEKANİĞİNE GİRİŞ	3
END2017	MALZEME BİLİMİNE GİRİŞİ	2
ELN2060	ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİNİN TEMELLERİ	2
ISL1203	MUHASEBE İLKELERİ VE MALİYET YÖNETİMİ	3
END2027	STATISTICS I	3
3. Sınıf Dersleri		
END3031	SAYISAL ANALİZ	2
ENDL3032	SAYISAL ANALİZ LAB	2
END3033	OPERATIONS RESEARCH I	2
ENDL3034	OPERATIONS RESEARCH I LAB	2
END3061	SİSTEM ANALİZİ VE MÜHENDİSLİĞİ	2
END3065	İŞBİLİM I	3
END3068	COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING	2
ENDL3069	COMPUTER INTEGRATED MANUF. LAB	2
4. Sınıf Dersleri		
END4033	TESİS PLANLAMASI	3
END4069	FİNANSMAN MÜHENDİSLİĞİ	2
END4275	DYNAMIC DATABASES	3
END4267	LOGİSTİCS MANAGEMENT	2
END4075	YALIN ÜRETİM	2
ENDL4070	PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I LAB	2
END4071	PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I	3
END4073	QUALITY CONTROL	3

Çizelge 6.2. UÜ Endüstri Mühendisliği, derslere atanacak öğretim üyeleri

Öğretim Üyeleri												
Prof. Dr.	Prof. Dr.	Prof. Dr.	Prof. Dr.	Doç. Dr.	Doç. Dr.	Yrd. Doç.	Yrd. Doç.	Yrd.Doç.	Yrd.Doç.	Yrd. Doç.	Araş. Gör. Dr.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A1	A2	A3	A4	B1	B2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Bölüm Dışı Öğretim Üyeleri												
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13

Uygulama çalışmasının yapıldığı bölümde derslerin atanabileceği: Y104, Y202, Y203, Y322, YLAB1, YLAB2, YLAB3, MMF gibi farklı özelliklere sahip 8 adet derslik bulunmaktadır. Bu dersliklerin kapasite ve donanım özellikleri dikkate alınarak b_{jk} matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 6.3.). Oluşturulan bu matris yardımıyla her bir ders için uygun dersliğin atanması sağlanmıştır. Her bir öğretim üyesi için ders yükü alt sınırı (S_i) 0, üst sınır değeri ise (U_i) 5 olarak belirlenmiştir.

Geliştirilen matematiksel modelin çözümünde MPL (Matematiksel Programlama Dili) Maximal Software paket programı ve Gurobi çözücüsü kullanılmıştır. Önerilen tamsayılı doğrusal programlama modeli 184000 (0-1) tamsayılı değişken ve 104953 kısıttan oluşmaktadır.

Çizelge 6.3. UÜ Endüstri Mühendisliği, ders-derslik matrisi (b_{jk}) değerleri

Ders Kodu	Dersler	1	2	3	4	5	6	7	8
		Y104	Y202	Y203	Y322	YLAB1	YLAB2	YLAB3	MMF
ATA101	ATATÜRK İLKELERİ ve DEVRİM TARİHİ I	1	0	0	0	0	0	0	0
TUD101	TÜRK DİLİ I	1	0	0	0	0	0	0	0
YAD101	YABANCI DİL I (İNGİLİZCE I)	1	0	0	0	0	0	0	0
MAT1071	MATEMATİK I	1	0	0	0	0	0	0	0
FZK1071	TEMEL FİZİK I	1	0	0	0	0	0	0	0
FZK1071	TEMEL FİZİK LAB.	0	0	0	0	0	0	0	1
KMY1077	GENEL KİMYA	0	0	0	0	0	0	1	0
END1015	TEKNİK RESİM I	0	0	0	0	0	0	1	0
END1061	ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ	1	0	0	0	0	0	0	0
END1013	COMPUTER PROGRAMMING I	0	0	0	0	1	0	0	0
MAT2071	İLERİ ANALİZ	0	0	0	0	0	0	1	0
END2013	MÜHENDİSLİK MEKANIĞINA GİRİŞ	0	0	1	0	0	0	0	0
END2017	MALZEME BİLİMİNE GİRİŞİ	0	0	0	0	0	1	0	0
ELN2060	ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİNİN TEMELLERİ	0	0	1	0	0	0	0	0
ISL1203	MUHASEBE İLKELERİ VE MALİYET YÖNETİMİ	0	0	1	0	0	0	0	0
END2027	STATISTICS I	0	0	0	0	1	0	0	0
END3031	SAYISAL ANALİZ	0	0	0	1	0	0	0	0
ENDL3032	SAYISAL ANALİZ LAB	0	0	0	0	0	0	1	0
END3033	OPERATIONS RESEARCH I	0	0	0	1	0	0	0	0
ENDL3034	OPERATIONS RESEARCH I LAB	0	0	0	0	0	0	1	0
END3061	SİSTEM ANALİZİ VE MÜHENDİSLİĞİ	0	0	0	0	0	0	1	0
END3065	İŞBİLİM I	0	0	0	0	1	0	0	0
END3068	COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING	0	0	0	0	1	0	0	0
ENDL3069	COMPUTER INTEGRATED MANUF. LAB	0	0	0	1	0	0	0	0
END4033	TESİS PLANLAMASI	0	1	0	0	0	0	0	0
END4069	FİNANSMAN MÜHENDİSLİĞİ	0	1	0	0	0	0	0	0
END4275	DYNAMIC DATABASES	0	0	0	0	1	0	0	0
END4267	LOGISTICS MANAGEMENT	0	1	0	0	0	0	0	0
END4075	YALIN ÜRETİM	0	1	0	0	0	0	0	0
ENDL4070	PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I LAB	0	0	0	0	0	1	0	0
END4071	PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I	0	1	0	0	0	0	0	0
END4073	QUALITY CONTROL	0	1	0	0	0	0	0	0

Çalışmanın bu bölümünde önerilen 0-1 tamsayı matematiksel programlama modelinin; Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliğinin 2014-2015 Güz yarıyılı örnek alınarak bir uygulamaya yer verilmiştir. Yapılan varsayımlar ve örnek uygulamaya ilişkin veriler kullanılarak düzenlenen matematiksel model, MPL (Matematiksel Programlama Dili) Maximal Software paket programı ve Gurobi çözücüsü kullanılarak çözüme ulaştırılmıştır. Paket programın diline uygun olarak kodlanan örnek uygulamaya ilişkin matematiksel modelin, 1014 iterasyon sayısı ile birlikte en iyi çözüm elde edilmiştir. Öğretim üyelerinin tercihlerine yönelik olarak hesaplanan r_{ij} matrisine bağlı olarak bulunan amaç fonksiyonu değeri ise 1454 şeklindedir. Böylelikle, 0-1 tamsayı matematiksel programlama yöntemi kullanılarak, ilgili bölümün öğretim üyelerinin memnuniyetini mümkün olan en üst düzeyde sağlayacak şekilde bir dönemlik ders çizelgesi oluşturulmuştur. 1, 3, 5 ve 7.

Yarıyılar için elde edilen ve öğretim üyesi atamalarını da içeren ders programları aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

Çizelge 6.4. UÜ Endüstri Mühendisliği, 1. yarıyıl için oluşturulan ders çizelgesi

1.Yarıyıl																	
Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma					
						TÜRK DİLİ I	Y104	D2									
						TÜRK DİLİ I	Y104	D2	GENEL KİMYA	YLAB3	D6	COMPUTER PROGRAMMING I	YLAB1	C2			
ATATÜRK İLKELERİ ve DEVRİM TARİHİ I	Y104	D1	TEMEL FİZİK LAB.	MMF	D5	TEMEL FİZİK I	Y104	D5	GENEL KİMYA	YLAB3	D6	COMPUTER PROGRAMMING I	YLAB1	C2			
ATATÜRK İLKELERİ ve DEVRİM TARİHİ I	Y104	D1	TEMEL FİZİK LAB.	MMF	D5	TEMEL FİZİK I	Y104	D5	GENEL KİMYA	YLAB3	D6	COMPUTER PROGRAMMING I	YLAB1	C2			
ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ					
TEKNİK RESİM I	YLAB3	D7	MATEMATİK I	Y104	D4	TEMEL FİZİK I	Y104	D5	YABANCI DİL I (İNGİLİZCE I)	Y104	D3	ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ	Y104	C3			
TEKNİK RESİM I	YLAB3	D7	MATEMATİK I	Y104	D4				YABANCI DİL I (İNGİLİZCE I)	Y104	D3	ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ	Y104	C3			
TEKNİK RESİM I	YLAB3	D7	MATEMATİK I	Y104	D4												

Çizelge 6.5. UÜ Endüstri Mühendisliği, 3. yarıyıl için oluşturulan ders çizelgesi

3.Yarıyıl																	
Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma					
MALZEME BİLİMİNE GİRİŞİ	YLAB2	D10	MÜHENDİSLİK MEKANIĞINA GİRİŞ	Y203	D11	STATISTICS I	YLAB1	A4	MUHASEBE İLK VE MALİYET YÖN	Y203	D9						
MALZEME BİLİMİNE GİRİŞİ	YLAB2	D10	MÜHENDİSLİK MEKANIĞINA GİRİŞ	Y203	D11	STATISTICS I	YLAB1	A4	MUHASEBE İLK VE MALİYET YÖN	Y203	D9						
İLERİ ANALİZ	YLAB3	D8	MÜHENDİSLİK MEKANIĞINA GİRİŞ	Y203	D11	STATISTICS I	YLAB1	A4	MUHASEBE İLK VE MALİYET YÖN	Y203	D9	İLERİ ANALİZ	YLAB3	D8			
İLERİ ANALİZ	YLAB3	D8										İLERİ ANALİZ	YLAB3	D8			
ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ					
												ELEKTRİK MÜH TEMELLERİ	Y203	D12			
												ELEKTRİK MÜH TEMELLERİ	Y203	D12			

Çizelge 6.6. UÜ Endüstri Mühendisliği, 5. yarıyıl için oluşturulan ders çizelgesi

5.Yarıyıl														
Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma		
COMPUTER INTEGRATED MANUF. LAB	Y322	A1				SAYISAL ANALİZ	Y322	A3						
COMPUTER INTEGRATED MANUF. LAB	Y322	A1				SAYISAL ANALİZ	Y322	A3						
ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ		
COMPUTER INTEG MANUF	YLAB1	A1	İŞBİLİM I	YLAB1	B1	SAYISAL ANALİZ LAB	YLAB3	A3	OPERATIONS RESEARCH I	Y322	C4	OPERATIONS RESEARCH I LAB	YLAB3	C5
COMPUTER INTEG MANUF	YLAB1	A1	İŞBİLİM I	YLAB1	B1	SAYISAL ANALİZ LAB	YLAB3	A3	OPERATIONS RESEARCH I	Y322	C4	OPERATIONS RESEARCH I LAB	YLAB3	C5
			İŞBİLİM I	YLAB1	B1							SİSTEM ANALİZİ VE MÜHENDİSLİĞİ	YLAB3	C2
												SİSTEM ANALİZİ VE MÜHENDİSLİĞİ	YLAB3	C2

Çizelge 6.7. UÜ Endüstri Mühendisliği, 7. yarıyıl için oluşturulan ders çizelgesi

7.Yarıyıl														
Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma		
PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I	Y202	C1	DYNAMIC DATABASES	YLAB1	A2	QUALITY CONTROL	Y202	B2				TESİS PLANLAMASI	Y202	A3
PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I	Y202	C1	DYNAMIC DATABASES	YLAB1	A2	QUALITY CONTROL	Y202	B2				TESİS PLANLAMASI	Y202	A3
PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I	Y202	C1	DYNAMIC DATABASES	YLAB1	A2	QUALITY CONTROL	Y202	B2				TESİS PLANLAMASI	Y202	A3
ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ		
PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I LAB	YLAB2	C1	YALIN ÜRETİM	Y202	C3	LOGISTICS MANAGEMENT	Y202	C1				FİNANSMAN MÜHENDİSLİĞİ	Y202	D13
PRODUCTION PLANNING AND CONTROL I LAB	YLAB2	C1	YALIN ÜRETİM	Y202	C3	LOGISTICS MANAGEMENT	Y202	C1				FİNANSMAN MÜHENDİSLİĞİ	Y202	D13

Çizelge 6.8.'de ise öğretim üyelerinin başlangıçtaki tercih ettikleri ve önerilen matematiksel modelin sonucunda atandıkları günleri gösteren bir tablo sunulmuştur. Bu tablo yardımı ile her bir öğretim üyesi için tercihlerin gerçekleşme durumu analiz edilmektedir. Daha önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi, uygulama aşamasında

matematiksel modele veri girişi yapılmadan önce öğretim üyelerinden haftanın 5 günü içerisinde, öncelik ilişkisine göre 3 adet tercihte bulunmaları istenmiştir. Bu tercihler, yine öncelik ilişkisine göre 5, 3 ve 1 şeklinde puanlandırılarak amaç fonksiyonuna eklenmiştir. Böylece öğretim üyelerinin tercihlerini dikkate alacak şekilde atamaların gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Önerilen matematiksel modelin ürettiği sonuçlar yardımıyla oluşturulan ders programları incelendiğinde; öğretim üyelerinin tercihlerinin yüksek oranda sağlandığı görülmüştür. Yapılan 46 adet atanmanın; 33 tanesi(% 71,74) 1. tercih edilen, 10 tanesi(%21,74) ikinci tercih edilen, 1 tanesi(%2,17) ve 2 tanesi de hiç tercih edilmeyen günlere yapılmıştır.

Çizelge 6.8. UÜ Öğretim üyelerinin tercih ettikleri ve atandıkları günler

öğretim üyesi	Tercihler					Gerçekleşen (atama sayısı)					Ağırlık
	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	
A1	1	3	2	0	0	2					8
A2	0	1	3	2	0		2				8
A3	0	0	1	3	2			2		2	8
A4	1	3	2	0	0			2			8
B1	0	1	3	2	0		2				5
B2	2	3	1	0	0			2			5
C1	1	3	2	0	0	3		1			3
C2	0	0	2	3	1					3	3
C3	0	2	1	3	0		1			1	3
C4	3	0	0	1	2				1		3
C5	3	2	0	0	1					1	3
C6	0	3	2	1	0						1
D1	1	2	3	0	0	1					10
D2	2	3	1	0	0			1			10
D3	1	0	0	2	3				1		10
D4	0	1	3	2	0		2				10
D5	3	2	1	0	0		1	2			10
D6	0	3	0	1	2				2		10
D7	2	1	3	0	0	2					10
D8	1	2	3	0	0	1				1	10
D9	0	0	3	1	2				2		10
D10	1	2	3	0	0	1					10
D11	2	1	3	0	0		2				10
D12	0	0	2	1	3					1	10
D13	0	0	3	2	1					1	10

Sonuç itibariyle, sadece 2 adet atamanın tercih edilmeyen günlere, 1 atamanın ise 3. tercih edilen güne yapıldığı görülmektedir. Bu ihlaller ise, öğrencilere yönelik olan ve bir sınıfa ait derslerin haftanın günlerine dengeli şekilde dağıtılmasını öngören (5.11) kısıt sebebiyle gerçekleşmektedir. Ancak genel itibariyle, yapılan atamaların öğretim üyelerinin tercihlerini büyük oranda karşılar nitelikte olduğu ve önerilen matematiksel modelin verimli çizelgeler ürettiği görülmüştür.

6.2. Fırat Üniversitesi Örneği

Ders programı çizelgeleme probleminin incelendiği bu çalışmada, önerilen matematiksel model ile birlikte Fırat Üniversitesi, İşletme Bölümüne ait verilerin kullanıldığı bir örnek uygulamaya daha yer verilmiştir. Bu örnek uygulama ile de söz konusu bölümün bir dönemlik ders programı çizelgeleme işlemi önerilen model yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Güncel ve gerçek veriler kullanılarak yapılan bu uygulama çalışması ile önerilen matematiksel modelin ürettiği sonuçlar analiz edilmiştir. Fırat Üniversitesi İşletme Bölümünde lisans programında bahar yarıyılı süresince verilen dersler ve haftalık ders saatleri (HDS) Çizelge 6.9.'de ifade edilmiştir. Bu derslerden sorumlu, 8 bölüm içi olmak üzere, toplam 17 öğretim üyesi yer almaktadır (Çizelge 6.10.). Bu öğretim üyelerinin dersleri verebilme özelliklerine göre a_{ji} matrisi düzenlenmiştir. Bu matris yapısına benzer şekilde, derslerin özellikleri ve kapasitelerine göre bölüm içerisindeki 8 adet derslikten hangilerine atanabileceğini gösteren b_{jk} matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 6.9. FÜ İşletme Bölümü, 2014-2015 bahar yarıyılı zorunlu dersleri

Yarıyıl	Ders	HDS	Yarıyıl	Ders	HDS
2	Yönetim İlkeleri	3	6	Pazarlama Yönetimi II	3
	Makro İktisat	3		Finansal Yönetim II	3
	İstatistik II	3		Yöneylem Araştırması II	3
	Davranış Bilimleri	3		Mali Tablolar Analizi	3
	Matematik II	3		İşletme Ahlakı	3
	Türk Dili	2		Maliye Politikası	3
	Pazarlama İlkeleri II	3		Verimlilik Yönetimi	3
	İngilizce II	4		Satış Yönetimi	3
4	Araştırma Yöntemleri	3	8	Stratejik Yönetim	3
	Genel Muhasebe II	3		Üretim ve İşlemler Yönetimi II	3
	İnsan Kaynakları Yönetimi	3		Kalite Yönetimi	3
	Şirketler ve Kıymetli Evr. Huk.	3		Pazarlamada Uyg. Oyunlar	3
	Uluslararası İşletme Politikası	3		Denetim	3
	Atatürk İlkeleri ve İnk. Tarihi	2		Lojistik ve Ted. Zin. Yön.	3
	İşletme İngilizcesi II	3		Zaman Yönetimi	3
				Dış Ticaret Muhasebesi	3

Çizelge 6.10. FÜ İşletme Bölümü, derslere atanacak öğretim üyeleri

Kodu	Bölüm İçi Ünvanı	Kodu	Bölüm Dışı Ünvanı
B1	Doç. Dr.	D1	Okutman
B2	Doç. Dr.	D2	Prof. Dr.
B3	Doç. Dr.	D3	Yrd. Doç. Dr.
C1	Yrd. Doç. Dr.	D4	Okutman
C2	Yrd. Doç. Dr.	D5	Yrd. Doç. Dr.
C3	Yrd. Doç. Dr.	D6	Öğr. Gör.
C4	Yrd. Doç. Dr.	D7	Yrd. Doç. Dr.
C5	Yrd. Doç. Dr.	D8	Yrd. Doç. Dr.
		D9	Yrd. Doç. Dr.

Bazı varsayımlar dikkate alınarak hazırlanan ders çizelgesi, 2 saatlik bloklar halinde düzenlenmiştir. Bu 2 saatlik bloklar haftanın bir günü içerisinde 4 ayrı zaman dilimini oluşturmaktadır. Böylece ders programı oluşturulurken tüm öğretim üyesi, ders ve dersliklerin, haftalık programdaki 5 gün ve toplamda 20 farklı zaman dilimine en uygun şekilde yerleştirilmesi sağlanmıştır.

Ders programı hazırlanırken, dersler; haftalık ders saatlerine göre birkaç oturuma bölünmüştür. 2 saatlik dersler tek oturumda gerçekleştirilirken; 3 ve 4 saatlik dersler iki oturuma ayrılmıştır. 3 oturumlu derslere ait iki oturum aynı gün ve ardışık; 4 oturumlu dersler ise 2 oturumlu ve farklı günlerde uygulanacak şekilde düzenlenmiştir. 3 ve 4 saatlik derslere ait oturumların, ayrı ders kodlarına sahip olduğu varsayılarak matematiksel modele dâhil edilmiştir. Böylece uygulama aşamasında ders programına dâhil edilecek ders sayısının toplamda 60 olduğu varsayılmıştır. Ortak derslere sahip öğrenci grubu sayısı ise 4 ayrı sınıfı ifade edecek; her bir öğretim üyesi için önceden belirlenmiş ders yükü değerleri ise en az 0, en çok 8 olacak şekilde düzenlenmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde Fırat Üniversitesi, İşletme Bölümünün bir dönemine ait ders programı çizelgeleme faaliyetine yer verilmiştir. Önerilen matematiksel model bölüme ilişkin veriler dâhil edilerek yeniden düzenlenmiş, MPL paket programı ve Gurobi çözücüsü kullanılarak makul süreler içerisinde çözdürülmüştür. Elde edilen sonuçlar yardımıyla ilgili bölümün bahar dönemine ait ders programı çizelgesi, öğretim üyelerinin tercihlerini optimize edecek şekilde otomatik olarak oluşturulmuştur (Çizelge 6.11. - 6.14.). Öğretim üyelerini temsilen oluşturulan amaç fonksiyonu değeri ise 1518 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 6.11. FÜ İşletme Bölümü, 2. yarıyıl için oluşturulan ders çizelgesi

Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma		
Davranış Bilimleri	Z1	C3										İstatistik II	Z1	D3
Davranış Bilimleri	Z1	C3										İstatistik II	Z1	D3
Davranış Bilimleri	Z1	C3	İngilizce II	Z5	D1	İngilizce II	Z5	D1	Türk Dili	Z5	D4	İstatistik II	Z1	D3
			İngilizce II	Z5	D1	İngilizce II	Z5	D1	Türk Dili	Z5	D4			
ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ			ÖĞLE TATİLİ		
Makro İktisat	Z1	D5	Pazarlama İlkeleri II	Z5	C4	Yönetim İlkeleri	Z1	B3	Matematik II	Z5	D2			
Makro İktisat	Z1	D5	Pazarlama İlkeleri II	Z5	C4	Yönetim İlkeleri	Z1	B3	Matematik II	Z5	D2			
Makro İktisat	Z1	D5	Pazarlama İlkeleri II	Z5	C4	Yönetim İlkeleri	Z1	B3	Matematik II	Z5	D2			

Çizelge 6.12. FÜ İşletme Bölümü, 4. yarıyıl için oluşturulan ders çizelgesi

Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma		
			İnsan Kaynakları Yönetimi	Z3	C2	Uluslararası İşletme Politikası	Z7	C3						
			İnsan Kaynakları Yönetimi	Z3	C2	Uluslararası İşletme Politikası	Z7	C3						
Atatürk İlkeleri ve İnk. Tarihi	Z7	D7	İnsan Kaynakları Yönetimi	Z3	C2	Uluslararası İşletme Politikası	Z7	C3						
Atatürk İlkeleri ve İnk. Tarihi	Z7	D7												
<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>		
Genel Muhasebe II	Z3	C1	İşletme İngilizcesi II	Z7	C2	Şirketler ve Kıy. Evr. Hk.	Z3	D6				Araştırma Yöntemleri	Z8	B3
Genel Muhasebe II	Z3	C1	İşletme İngilizcesi II	Z7	C2	Şirketler ve Kıy. Evr. Hk.	Z3	D6				Araştırma Yöntemleri	Z8	B3
Genel Muhasebe II	Z3	C1	İşletme İngilizcesi II	Z7	C2	Şirketler ve Kıy. Evr. Hk.	Z3	D6				Araştırma Yöntemleri	Z8	B3

Çizelge 6.13. FÜ İşletme Bölümü, 6. yarıyıl için oluşturulan ders çizelgesi

Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma		
Pazarlama Yönetimi II	Z4	C4	Yöneylem Araştırması II	Z4	B2	Finansal Yönetim II	Z4	C1	Verimlilik Yönetimi	Z2	B2	Satış Yönetimi	Z2	C5
Pazarlama Yönetimi II	Z4	C4	Yöneylem Araştırması II	Z4	B2	Finansal Yönetim II	Z4	C1	Verimlilik Yönetimi	Z2	B2	Satış Yönetimi	Z2	C5
Pazarlama Yönetimi II	Z4	C4	Yöneylem Araştırması II	Z4	B2	Finansal Yönetim II	Z4	C1	Verimlilik Yönetimi	Z2	B2	Satış Yönetimi	Z2	C5
<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>		
İşletme Ahlakı	Z2	C3	Mali Tablolar Analizi	Z2	D8				Maliye Politikası	Z2	D9			
İşletme Ahlakı	Z2	C3	Mali Tablolar Analizi	Z2	D8				Maliye Politikası	Z2	D9			
İşletme Ahlakı	Z2	C3	Mali Tablolar Analizi	Z2	D8				Maliye Politikası	Z2	D9			

Çizelge 6.14. FÜ İşletme Bölümü, 8. yarıyıl için oluşturulan ders çizelgesi

Pazartesi			Salı			Çarşamba			Perşembe			Cuma		
Denetim	Z6	C1	Dış Ticaret Muhasebesi	Z7	D8	Stratejik Yönetim	Z3	B3						
Denetim	Z6	C1	Dış Ticaret Muhasebesi	Z7	D8	Stratejik Yönetim	Z3	B3						
Denetim	Z6	C1	Dış Ticaret Muhasebesi	Z7	D8	Stratejik Yönetim	Z3	B3						
<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>			<i>ÖĞLE TATİLİ</i>		
Pazarlamada Uyg. Oyunlar	Z6	C4	Loj. ve Ted. Zin. Yön.	Z6	B2	Zaman Yönetimi	Z7	C3	Kalite Yönetimi	Z3	C2	Üretim ve İşlemler Yönetimi II	Z3	C5
Pazarlamada Uyg. Oyunlar	Z6	C4	Loj. ve Ted. Zin. Yön.	Z6	B2	Zaman Yönetimi	Z7	C3	Kalite Yönetimi	Z3	C2	Üretim ve İşlemler Yönetimi II	Z3	C5
Pazarlamada Uyg. Oyunlar	Z6	C4	Loj. ve Ted. Zin. Yön.	Z6	B2	Zaman Yönetimi	Z7	C3	Kalite Yönetimi	Z3	C2	Üretim ve İşlemler Yönetimi II	Z3	C5

Yapılan ikinci örnek uygulamada da öğretim üyelerinin tercihlerinin sağlanma derecesini analiz etmek amacıyla tercih edilen günler ve atama yapılan günler bir tablo aracılığıyla karşılaştırılmıştır (Çizelge 6.15).

Çizelge 6.15.'de görüldüğü üzere 60 adet atamanın %75'i öğretim üyelerinin ilk tercih ettiği günlere, %21,67'si ikinci tercih ettikleri günlere, %3,33'ü ise 3. tercih ettiği günlere yapılmıştır.

Sonuç olarak, hiçbir öğretim üyesi tercih etmediği bir güne atanmamıştır. Üstelik atamalar, büyük oranda ilk tercih edilen günlere yapılmıştır. Tüm bu sonuçlar önerilen matematiksel modelin ikinci örnek uygulamada da verimli çizelgeler sağladığını kanıtlamaktadır.

Çizelge 6.15. FÜ Öğretim üyelerinin tercih ettikleri ve atandıkları günler

Öğretim üyesi	Tercihler					Gerçekleşen (atama sayısı)					Ağırlık
	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	
B1	1	3	2	0	0						5
B2	0	1	3	2	0		4		2		5
B3	0	0	1	3	2			4		2	5
C1	1	3	2	0	0	4		2			3
C2	0	1	3	2	0		4		2		3
C3	2	3	1	0	0	4		4			3
C4	1	3	2	0	0	4	2				3
C5	0	0	2	3	1					4	3
D1	0	2	1	3	0		1	1			10
D2	3	0	0	1	2				2		10
D3	3	2	0	0	1					2	10
D4	0	3	2	1	0				1		10
D5	1	2	3	0	0	2					10
D6	2	3	1	0	0			2			10
D7	1	0	0	2	3	1					10
D8	0	1	3	2	0		4				10
D9	3	2	1	0	0			2			10

6.2.1. Fırat Üniversitesi Örneği için Farklı Senaryolar

Çalışmanın bu bölümünde; önerilen 0-1 tamsayılı programlama modeli, uygulama çalışmasında kullanılan verilerde bazı değişiklikler yapılarak oluşturulan farklı senaryolar ile test edilecektir.

i. 1. Senaryo: Bölüm Derslerinin Bütün Bölüm İçi Öğretim Üyeleri Tarafından Verilebildiği Durum

İlk senaryoda, Fırat Üniversitesinde yapılan uygulama çalışmasının verilerini kullanarak, bütün bölüm derslerinin bölüm içerisindeki 8 öğretim üyesinin tamamı tarafından verilebildiği varsayılmıştır.

1. Senaryonun uygulanabilmesi için öncelikle, Çizelge 6.16.'da ifade edildiği gibi matematiksel modele ait bir parametre olan öğretim üyesi-ders (a_{ji}) matrisi yeniden düzenlenmiştir.

a_{ji} Matrisi yeniden düzenlenerek revize edilen matematiksel model, paket program ile çözdürülmüş ve bölüme ait bütün derslerin; bölüm içerisindeki öğretim üyelerinin tamamı tarafından uygulanabilmesi durumunda üretilen sonuçlar incelenmiştir.

Çizelge 6.16. 1.Senaryo için yeniden düzenlenen öğretim üyesi-ders (a_{ji}) matrisi

Dersler	Ders Saati	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Yönetim İlkeleri	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yönetim İlkeleri	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Makro İktisat	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Makro İktisat	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
İstatistik II	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
İstatistik II	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Davranış Bilimleri	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Davranış Bilimleri	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Matematik II	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Matematik II	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Türk Dili	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pazarlama İlkeleri II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pazarlama İlkeleri II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İngilizce II	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
İngilizce II	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Araştırma Yöntemleri	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Araştırma Yöntemleri	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Genel Muhasebe II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Genel Muhasebe II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İnsan Kaynakları Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İnsan Kaynakları Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Şirketler ve Kıymetli Evrak Hukuku	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Şirketler ve Kıymetli Evrak Hukuku	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Uluslararası İşletme Politikası	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uluslararası İşletme Politikası	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atatürk İlkeleri ve İnk. Tarihi	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
İşletme İngilizcesi II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İşletme İngilizcesi II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 6.16. (Devamı)

Dersler	Ders Saati	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Pazarlama Yönetimi II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pazarlama Yönetimi II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finansal Yönetim II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finansal Yönetim II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yöneylem Araştırması II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yöneylem Araştırması II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mali Tablolar Analizi	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Mali Tablolar Analizi	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
İşletme Ahlakı	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İşletme Ahlakı	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maliye Politikası	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Maliye Politikası	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Verimlilik Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verimlilik Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Satış Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Satış Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stratejik Yönetim	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stratejik Yönetim	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Üretim ve İşlemler Yönetimi II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Üretim ve İşlemler Yönetimi II	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalite Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalite Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pazarlamada Uygulamalı Oyunlar	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pazarlamada Uygulamalı Oyunlar	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Denetim	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Denetim	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zaman Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zaman Yönetimi	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dış Ticaret Muhasebesi	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Dış Ticaret Muhasebesi	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Öğretim üyelerinin tercihlerinin karşılanmasını sağlayan amaç fonksiyonu değeri 1630 olarak elde edilmiştir. Bütün öğretim üyelerinin atandıkları ders, derslik, gün ve zaman dilimini gösteren sonuçlar Çizelge 6.17.'de sunulmuştur. Öğretim üyeleri tarafından tercih edilen ve atamaların gerçekleştirildiği günler ise Çizelge 6.18.'de verildiği gibidir. Oluşturulan ders çizelgelerinde herhangi bir aksaklık olmadığı gibi, atamaların %78,33'ü ilk tercih edilen günlere ve %21,67'si ise ikinci tercihte belirtilen günlere yapılmıştır. Çizelge 6.18.'de de görüldüğü üzere bütün öğretim üyeleri birinci ve ikinci tercih ettikleri günlere atanmışlardır.

Çizelge 6.17. 1. Senaryo sonucu öğretim üyelerinin atandıkları ders, derslik ve zaman dilimleri

Öğretim Üyesi	Ders	Derslik	Gün	Zaman Dilimi
B1	Davranış Bilimleri	Z1	Pazartesi	08.15-10.00
B1	Davranış Bilimleri	Z1	Pazartesi	10.15-12.00
B1	Pazarlamada Uygulamalı Oyunlar	Z6	Çarşamba	13.15-15.00
B1	Pazarlamada Uygulamalı Oyunlar	Z6	Çarşamba	15.15-17.00
B1	Denetim	Z6	Çarşamba	08.15-10.00
B1	Denetim	Z6	Çarşamba	10.15-12.00
B1	Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi	Z6	Pazartesi	13.15-15.00
B1	Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi	Z6	Pazartesi	15.15-17.00
B2	Pazarlama İlkeleri II	Z5	Salı	08.15-10.00
B2	Pazarlama İlkeleri II	Z5	Salı	10.15-12.00
B2	Genel Muhasebe II	Z3	Perşembe	08.15-10.00
B2	Genel Muhasebe II	Z3	Perşembe	10.15-12.00
B2	Finansal Yönetim II	Z4	Perşembe	13.15-15.00
B2	Finansal Yönetim II	Z4	Perşembe	15.15-17.00
B2	Yöneylem Araştırması II	Z4	Salı	13.15-15.00
B2	Yöneylem Araştırması II	Z4	Salı	15.15-17.00
B3	Yönetim İlkeleri	Z1	Çarşamba	08.15-10.00
B3	Yönetim İlkeleri	Z1	Çarşamba	10.15-12.00
B3	İnsan Kaynakları Yönetimi	Z3	Cuma	13.15-15.00
B3	İnsan Kaynakları Yönetimi	Z3	Cuma	15.15-17.00
B3	Verimlilik Yönetimi	Z2	Çarşamba	13.15-15.00
B3	Verimlilik Yönetimi	Z2	Çarşamba	15.15-17.00
B3	Stratejik Yönetim	Z3	Cuma	08.15-10.00
B3	Stratejik Yönetim	Z3	Cuma	10.15-12.00
C1	İşletme İngilizcesi II	Z7	Pazartesi	13.15-15.00
C1	İşletme İngilizcesi II	Z7	Pazartesi	15.15-17.00
C1	İşletme Ahlakı	Z2	Pazartesi	08.15-10.00
C1	İşletme Ahlakı	Z2	Pazartesi	10.15-12.00
C2	Araştırma Yöntemleri	Z8	Salı	13.15-15.00
C2	Araştırma Yöntemleri	Z8	Salı	15.15-17.00
C2	Üretim ve İşlemler Yönetimi II	Z3	Salı	08.15-10.00
C2	Üretim ve İşlemler Yönetimi II	Z3	Salı	10.15-12.00
C3	Uluslararası İşletme Politikası	Z7	Çarşamba	13.15-15.00
C3	Uluslararası İşletme Politikası	Z7	Çarşamba	15.15-17.00
C4	Pazarlama Yönetimi II	Z4	Pazartesi	13.15-15.00
C4	Pazarlama Yönetimi II	Z4	Pazartesi	15.15-17.00
C4	Kalite Yönetimi	Z3	Pazartesi	08.15-10.00
C4	Kalite Yönetimi	Z3	Pazartesi	10.15-12.00
C5	Satış Yönetimi	Z2	Cuma	08.15-10.00
C5	Satış Yönetimi	Z2	Cuma	10.15-12.00
C5	Zaman Yönetimi	Z7	Cuma	13.15-15.00
C5	Zaman Yönetimi	Z7	Cuma	15.15-17.00

Çizelge 6.17.(Devam)

Öğretim Üyesi	Ders	Derslik	Gün	Zaman Dilimi
D1	İngilizce II	Z5	Çarşamba	13.15-15.00
D1	İngilizce II	Z5	Salı	13.15-15.00
D2	Matematik II	Z5	Perşembe	13.15-15.00
D2	Matematik II	Z5	Perşembe	15.15-17.00
D3	İstatistik II	Z1	Cuma	08.15-10.00
D3	İstatistik II	Z1	Cuma	10.15-12.00
D4	Türk Dili	Z5	Perşembe	10.15-12.00
D5	Makro İktisat	Z1	Pazartesi	13.15-15.00
D5	Makro İktisat	Z1	Pazartesi	15.15-17.00
D6	Şirketler ve Kıymetli Evrak Hukuku	Z3	Çarşamba	08.15-10.00
D6	Şirketler ve Kıymetli Evrak Hukuku	Z3	Çarşamba	10.15-12.00
D7	Atatürk İlkeleri ve İnk. Tarihi	Z7	Pazartesi	10.15-12.00
D8	Mali Tablolar Analizi	Z2	Salı	08.15-10.00
D8	Mali Tablolar Analizi	Z2	Salı	10.15-12.00
D8	Dış Ticaret Muhasebesi	Z7	Salı	13.15-15.00
D8	Dış Ticaret Muhasebesi	Z7	Salı	15.15-17.00
D9	Maliye Politikası	Z2	Çarşamba	08.15-10.00
D9	Maliye Politikası	Z2	Çarşamba	10.15-12.00

Çizelge 6.18. 1. Senaryo sonucu öğretim üyelerinin tercih ettikleri ve atandıkları günler

öğretim üyesi	Tercihler					Gerçekleşen (atama sayısı)					Ağırlık
	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	
B1	1	3	2	0	0	4		4			5
B2	0	1	3	2	0		4		4		5
B3	0	0	1	3	2			4		4	5
C1	1	3	2	0	0	4					3
C2	0	1	3	2	0		4				3
C3	2	3	1	0	0			2			3
C4	1	3	2	0	0	4					3
C5	0	0	2	3	1					4	3
D1	0	2	1	3	0		1	1			10
D2	3	0	0	1	2				2		10
D3	3	2	0	0	1					2	10
D4	0	3	2	1	0				1		10
D5	1	2	3	0	0	2					10
D6	2	3	1	0	0			2			10
D7	1	0	0	2	3	1					10
D8	0	1	3	2	0		4				10
D9	3	2	1	0	0			2			10

ii. 2. Senaryo: Bölüm Derslerinin Bütün Bölüm İçi Öğretim Üyeleri Tarafından Verilebildiği ve Ders Yüğü Alt Sınırının 1, Üst Sınırın ise 6 Olduğu Durum

Uygulama çalışmasına ilişkin 2. Senaryo ise; 1. Senaryoda uygulanan, bölümün kendi bünyesindeki öğretim üyelerinin bölüm içerisindeki tüm dersleri verebildiği varsayımına ek olarak, ders yüğü alt sınırının 1, üst sınırının ise 6 olduğu durumu içermektedir. Belirtilen ders yüğü sınırları ders atanmayan hiçbir öğretim üyesinin kalmamasını sağlarken; bir öğretim üyesine 6'dan fazla ders ataması yapılmasını engellemektedir.

Önerilen matematiksel model, 2. Senaryoya uyarlanarak çözdürüldüğünde amaç fonksiyonu 1594 değerini almıştır. İlk senaryoda bulunan 1630 amaç değerinin, ders yüğü kısıtında yapılan değişlikle ikinci senaryoda kötüleştiği görülmektedir. Yapılan atamalara ilişkin bir analiz Çizelge 6.19.'da sunulmuştur.

Çizelge 6.19. 2. Senaryo sonucu öğretim üyelerinin tercih ettikleri ve atandıkları günler

öğretim üyesi	Tercihler					Gerçekleşen (atama sayısı)					Ağırlık
	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	
B1	1	3	2	0	0	4		2			5
B2	0	1	3	2	0		4		2		5
B3	0	0	1	3	2			4		2	5
C1	1	3	2	0	0	4					3
C2	0	1	3	2	0		4		2		3
C3	2	3	1	0	0		2	4			3
C4	1	3	2	0	0	4					3
C5	0	0	2	3	1					4	3
D1	0	2	1	3	0		1	1			10
D2	3	0	0	1	2				2		10
D3	3	2	0	0	1					2	10
D4	0	3	2	1	0				1		10
D5	1	2	3	0	0	2					10
D6	2	3	1	0	0			2			10
D7	1	0	0	2	3	1					10
D8	0	1	3	2	0		4				10
D9	3	2	1	0	0			2			10

Modelin çözdürülmesiyle elde edilen atamalar incelendiğinde, bütün kısıtların sağlandığı ve 2. Senaryo için optimum çizelgenin başarıyla oluşturulduğu görülmüştür. Öğretim üyelerinin tercihlerinin gerçekleşme oranlarına bakıldığında ise; %81,67 gibi yüksek bir oranda ilk tercihe, %15,00 ikinci tercihe, % 3,33'lük küçük bir oranda son tercihe atama yapılmış; tercih edilmeyen günlere ise hiçbir atama yapılmamıştır (Çizelge 6.19.).

iii. 3. Senaryo: Derslik Sayısının 5 ile Sınırlandırıldığı ve Bu Derslikleri Bütün Dersler için Atanmaya Elverişli Olduğu Durum

Oluşturulan 3. Senaryoda da Fırat Üniversitesinde yapılan uygulama çalışmasına ilişkin veriler aynen kullanılarak, mümkün derslik sayısı 8'den 5'e düşürülmüş; bu dersliklerin, özellikleri ve kapasiteleri itibariyle bütün dersler için atanmaya elverişli oldukları varsayılmıştır.

3. Senaryonun uygulanabilmesi için öncelikle, önerilen matematiksel modelin önemli bir parametresi olan ders-derslik (b_{jk}) matrisi yeniden düzenlenmiştir Örnek teşkil etmesi açısından matrisin 1. Sınıf derslerini içeren bölümü sunulmuştur (Çizelge 6.20.).

Atama sonuçları incelendiğinde, öğretim üyelerinin tercih ettiği günlere atanma oranlarının orijinal durumla aynı kaldığı (%75'i öğretim üyelerinin ilk tercih ettiği günlere, %21,67'si ikinci tercih ettikleri günlere, %3,33'ü ise 3. tercih ettiği günlere) görülmektedir. Buradan çıkarılacak en önemli sonuç; dersliklerin bütün dersler için mümkün olması ve sayısının azaltılması gibi iki değişikliğin amaç değerinde bir değişikliğe sebep olmadığıdır.

Bu bölümde değinilecek bir diğer önemli nokta ise; en az kaç derslikle atamaların sorunsuz yapılabileceğidir. Bu sorusunun cevabı amaç fonksiyonu satırına eklenebilecek bir ifadeyle kolaylıkla bulunabilir. Ancak, 5 olan mümkün derslik sayısı kademeli olarak azaltılarak da (uygulama çalışması şartları ve sınırları

içerisinde) mümkün bir atama için gerekli olan minimum derslik sayısı belirlenebilmektedir.

Çizelge 6.20. 2.Senaryo için yeniden düzenlenen ders-derslik (b_{jk}) matrisinin bir bölümü

Dersler	Derslikler				
	D1	D2	D3	D4	D5
Yönetim İlkeleri	1	1	1	1	1
Yönetim İlkeleri	1	1	1	1	1
Makro İktisat	1	1	1	1	1
Makro İktisat	1	1	1	1	1
İstatistik II	1	1	1	1	1
İstatistik II	1	1	1	1	1
Davranış Bilimleri	1	1	1	1	1
Davranış Bilimleri	1	1	1	1	1
Matematik II	1	1	1	1	1
Matematik II	1	1	1	1	1
Türk Dili	1	1	1	1	1
Pazarlama İlkeleri II	1	1	1	1	1
Pazarlama İlkeleri II	1	1	1	1	1
İngilizce II	1	1	1	1	1
İngilizce II	1	1	1	1	1

2. Senaryonun bir devamı olarak; dersliklerin bütün dersler için elverişli olduğu varsayımı altında önerilen matematiksel modelde değişiklikler yaparak; öncelikle derslik sayısı 4, daha sonra 3'e, son olarak da 2'e düşürülmüştür. Derslik sayısının 4 olduğu durumda da amaç fonksiyonu değeri değişmemiş, atamalar sorunsuz şekilde gerçekleşmiştir. Ancak derslik sayısının 3'e düşürüldüğü durumda amaç fonksiyonu 1396 değerine gerilemiştir. Derslik sayısının 2 olduğu durumda ise mümkün bir çözüm bulunamamıştır. Dolayısıyla 3. Senaryoda şeklinde ifade edilen örnek durum kapsamında mümkün bir atama için gerekli olan minimum derslik sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Derslik sayısının 3 olduğu durumda öğretim üyelerinin tercihlerinin gerçekleşme durumuna yönelik analiz de Çizelge 6.21.'de sunulmuştur. Tabloda da görüldüğü üzere, atamaların; % 68,33'i öğretim üyelerinin ilk tercih ettiği günlere, % 20,00'si ikinci tercih ettikleri günlere, % 1,67'ü ise 3. tercih ettiği günlere ve % 10'unu ise tercih edilmeyen günlere olmuştur. Daha önceki durumlara göre memnuniyet oranlarının düşmesinin sebebi mümkün derslik sayısının en alt seviyede

tutulmasıdır. Tercih edilmeyen günlere ait atamaların; C1, C3 ve C4'e yani en az ağırlık değerine sahip öğretim üyelerine yapılması da matematiksel modelin maksimum faydaya yönelik çalıştığının bir göstergesidir.

Çizelge 6.21. 3. Senaryo ve derslik sayısının 3 olduğu durum sonucunda öğretim üyelerinin tercih ettikleri ve atandıkları günler

öğretim üyesi	Tercihler					Gerçekleşen (atama sayısı)					Ağırlık
	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	
B1	1	3	2	0	0						5
B2	0	1	3	2	0		4		2		5
B3	0	0	1	3	2			2		4	5
C1	1	3	2	0	0	4			2		3
C2	0	1	3	2	0		4		2		3
C3	2	3	1	0	0	2		4	2		3
C4	1	3	2	0	0	4				2	3
C5	0	0	2	3	1					4	3
D1	0	2	1	3	0			1	1		10
D2	3	0	0	1	2				2		10
D3	3	2	0	0	1					2	10
D4	0	3	2	1	0			1			10
D5	1	2	3	0	0	2					10
D6	2	3	1	0	0			2			10
D7	1	0	0	2	3				1		10
D8	0	1	3	2	0		4				10
D9	3	2	1	0	0			2			10

iv. 4. Senaryo: Bütün Öğretim Üyelerinin Haftanın İlk Üç Gününü Tercih Ettiği Durum

Oluşturulan 4. Senaryoda ise 17 öğretim üyesinin de haftanın ilk üç gününü tercih ettikleri örnek durum ele alınmıştır. Bu senaryo için öncelikle öğretim üyelerinin tercih puanlarını gösteren matris yeniden düzenlenmiştir. Böylece bütün öğretim üyeleri için ilk tercih edildiği varsayılan pazartesi günü için 5, ikinci tercih edildiği varsayılan salı günü için 3 ve üçüncü tercih olarak değerlendirilen çarşamba günü için 1 puan olacak şekilde tercih matrisi revize edilmiştir (Çizelge 6.22.).

Tercih matrisi yeniden düzenlenerek matematiksel modele ilave edilmiş ve model çözdürülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre öğretim üyelerinin memnuniyet

seviyesini gösteren amaç fonksiyonu değeri 1032 değerini almıştır. 4. Senaryoya ait amaç değerinin diğer senaryoların sonuçlarına göre daha düşük olması, tercih edilen günlerin ortak olması sebebiyle beklenen bir durumdur.

Çizelge 6.22. 4. Senaryo için öğretim üyelerinin yeni tercih puanları

Öğretim Üyesi	Tercih Puanları				
	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma
B1	5	3	1	0	0
B2	5	3	1	0	0
B3	5	3	1	0	0
C1	5	3	1	0	0
C2	5	3	1	0	0
C3	5	3	1	0	0
C4	5	3	1	0	0
C5	5	3	1	0	0
D1	5	3	1	0	0
D2	5	3	1	0	0
D3	5	3	1	0	0
D4	5	3	1	0	0
D5	5	3	1	0	0
D6	5	3	1	0	0
D7	5	3	1	0	0
D8	5	3	1	0	0
D9	5	3	1	0	0

4. Senaryodaki örnek duruma ilişkin gerçekleşen atama sonuçları, önem derecesi yüksek olan öğretim üyelerine tercih ettikleri günlere atanmada öncelik verildiğini göstermektedir.

Çizelge 6.23.'de gerçekleşen atama sonuçlarına ilişkin bir analiz sunulmuştur. Tablodan da görüleceği üzere; % 23,33'ü öğretim üyelerinin ilk tercih ettiği günlere, % 15'i ikinci tercih ettikleri günlere, % 25'i ise 3. tercih ettiği günlere ve % 36,67'i de tercih edilmeyen günlere yapılmıştır.

Çizelge 6.23. 4. Senaryo sonucunda öğretim üyelerinin tercih ettikleri ve atandıkları günler

öğretim üyesi	Tercihler					Gerçekleşen (atama sayısı)				
	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma	Pzt	Salı	Çrş	Per	Cuma
B1	1	3	2	0	0					
B2	0	1	3	2	0	2	4			
B3	0	0	1	3	2		4	2		
C1	1	3	2	0	0		2	2	2	
C2	0	1	3	2	0		2	4		
C3	2	3	1	0	0			4	2	2
C4	1	3	2	0	0				2	4
C5	0	0	2	3	1			2	2	
D1	0	2	1	3	0		1	1		
D2	3	0	0	1	2	2				
D3	3	2	0	0	1	2				
D4	0	3	2	1	0		1			
D5	1	2	3	0	0		2			
D6	2	3	1	0	0	2				
D7	1	0	0	2	3	1				
D8	0	1	3	2	0	4				
D9	3	2	1	0	0	2				

Uygulama çalışmalarının farklı senaryolarla desteklendiği bu bölümde; önerilen matematiksel modelin mevcut veya farklı koşullar altında, verimli ders çizelgelerinin oluşturulmasında başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür. Değişen örnek durumlar için ayrı ayrı analiz çalışmaları yapılarak; öğretim üyelerinin tercihlerinin sağlanma derecesi tüm senaryolarda kontrol edilmiştir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada bütün eğitim kurumları için oldukça uğraştırıcı ve önemli bir aktivite olan ders programı çizelgeleme problemi ele alınmıştır. DPÇP, özellikle üniversitelerde artan bölüm, program ve öğrenci sayıları dikkate alındığında çözümü giderek güçleşen bir sorun haline gelmiştir. İdareciler tarafından geleneksel bir yaklaşımla, büyük çaba harcanarak elle hazırlanan ve ne yazık ki birçok karışıklığa yol açan verimsiz çizelgeler, günümüz koşullarında eğitim kurumlarının ihtiyaçlarını karşılamakta oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple kurumların ihtiyaçlarını mümkün olan en üst seviyede karşılayacak çizelgelerin, teknolojik gelişmelerden faydalanılarak otomatik olarak hazırlanması gerekliliği kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu tez çalışmasında da DPÇP'nin çözümü için yeni bir 0-1 tamsayı programlama modeli önerilmiştir. Önerilen bu modelin:

- Sadece tek bir karar değişkeni kullanması, anlaşılabilirliğinin üst seviyede olması ve farklı uygulamalara kolaylıkla uyarlanabilecek bir yapıya sahip olması,
- Çok sayıda çalışmada iki veya üç aşamada çözülen DPÇP gibi NP-Hard tipindeki bir problem için, tek aşamada ve dışarıdan bir ara müdahale gerektirmeksizin oldukça makul sürelerde verimli çözümler üretmesi,
- Diğer modellerde kullanılan kümeleme mantığının aksine; veri girişlerinin Excel gibi basit araçlarda oluşturulan matrisler yardımıyla yapıldığı pratik bir yapıya sahip olması,
- Öğretim üyelerinin derslere önceden atandığı modellerin aksine; eş zamanlı olarak öğretim üyesi-ders eşleştirilmesinin de adaletli ve tercihe bağlı olarak yapılabilmesini sağlayan bir kurguya sahip olması,

gibi birçok özelliği içerisinde barındırması, çalışmanın literatüre katkısını ve oluşturulan matematiksel modelin önceden önerilen modellerden farkını ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada önerilen 0-1 tamsayı programlama modeli, Uludağ Üniversitesi ve Fırat Üniversitesinde yapılan iki adet örnek uygulama ile test edilmiştir. Bununla birlikte uygulanan farklı senaryolar ile de matematiksel modelin değişen koşullara ve parametrelere karşı ürettiği sonuçlar ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Modelin amaç fonksiyonu ifadesini oluşturan öğretim üyelerinin tercihleri, gerçekleşen atamalarla karşılaştırılarak tablolar halinde sunulmuştur. Böylece önerilen matematiksel modelin verimliliği çok sayıda örnek durum için sorgulanmıştır. Çizelge 6.24.'de Fırat Üniversitede uygulanan orijinal durum ve oluşturulan farklı senaryolar için elde edilen sonuçlar ifade edilmiştir. Gerçek durum için elde edilen amaç fonksiyonu ve tercihlerin gerçekleşme oranları değerlerinin yüksek seviyelerde olduğu açıkça görülmektedir. Oluşturulan farklı senaryolar ise; modelin karmaşıklığını artırıcı veya atama alternatiflerinin çoğaltılması amacıyla, parametrelerin değiştirildiği örnek durumları temsil etmektedir. Gerçek durum ve 4 farklı senaryodan elde edilen sonuçlar, önerilen matematiksel modelin her türlü değişen koşul ve durumda verimli çizelgelerin elde edilmesini sağladığını göstermektedir.

Çizelge 6.24. FÜ örneği için orijinal durum ve uygulanan farklı senaryoların sonuçlarını gösteren özet tablo

Fırat Üni. Örneği	Amaç Fonksiyonu Değeri	Gerçekleşme Oranları (%)			
		1. Tercih	2. Tercih	3. Tercih	İstenmeyen Tercih
Gerçek Durum	1518	75,00	21,67	3,33	0
1. Senaryo	1630	78,33	21,67	0	0
2. Senaryo	1594	81,67	15,00	3,33	0
3. Senaryo	1518	75	21,67	3,33	0
4. Senaryo	1032	23,33	15,00	25,00	36,67

Sonuç olarak, önerilen matematiksel programlama modeli ile iki örnek uygulama için bir döneme ait derslerin; öğretim üyelerinin tercihleri dikkate alınarak, en uygun

derslik, gün ve zaman dilimine atanması sağlanmıştır. Elde edilen atama sonuçları, bölümlerde daha önce elle oluşturularak büyük çaba ve vakit sarfiyatına sebep olan çizelgeleme sorununu otomatik olarak, makul süreler içinde çözen bir aracın geliştirildiğini göstermektedir.

İlerleyen çalışmalarda; kuruma özgü, öğrenci veya öğretim üyelerine yönelik esnek kısıtlar ve amaç ifadeleri eklenerek, kurulan 0-1 tamsayılı programlama modeli genişletilebilir. Bu esnek kısıtların sağlanma derecesi amaç fonksiyonuna eklenecek katsayılarla kontrol edilebilmekle birlikte, bu amaca yönelik bir hedef programlama modeli de kullanılabilir. Ancak eklenecek yeni kısıtlar ve değişkenler modelin boyutunu artıracığından, problemin optimal çözümünün elde edilmesi zorlaşmaktadır. Bu durumda en iyi çözümü garanti etmeyen ama mümkün bir çizelgenin elde edilebilmesini sağlayan sezgisel yöntemlerden yararlanılabilir. Modele dahil edilecek amaç fonksiyonu ifadeleri ise öğretim üyelerinin ders ve zaman dilimi tercihlerini de kapsayacak şekilde olabileceği gibi öğrencilere yönelik tercihleri de içerecek şekilde düzenlenebilir. Bunun yanında kurumlara özgü kısıtları da içeren karar destek sistemleri tasarlanabilir.

KAYNAKLAR

- A., Güldalı, Seri İş-Akışlı Atölye Çizelgelemesinde Sezgisel Teknikler. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 1990.
- Aarts, E.H.L., Korst, J.H., Simulated annealing and Boltzmann machines: a stochastic approach to combinatorial optimization and neural computing. Wiley, New York, 1989.
- Abdennadher, S., Saft, M., Will, S., Classroom assignment using constraint logic programming. Proceedings of Second International Conference and Exhibition on the Practical Application of Constraint Technology and Logic Programming (PACLP 2000), 10-12 April 2000, Manchester, United Kingdom, 2000.
- Abdullah, S., Burke, E.K., McCollum, B., An investigation of variable neighbourhood search for university course timetabling. 2nd Multidisciplinary International Conference on Scheduling and Applications, New York, USA, 413-427, 2005.
- Abdullah, S., Burke, E.K., McCollum, B., A hybrid evolutionary approach to the university course timetabling problem. In Proceedings of CEC: The IEEE Congress on Evolutionary Computation, 1764-1768, 2007.
- Abdullah, S., Hamdan, A.R., A hybrid approach for university course timetabling. International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS) 8 (8): 127-131, 2008.
- Abdullah, S., Shaker, K., McCollum, B., McMullan, P., Dual sequence simulated annealing with round-robin approach for university course timetabling. In Evolutionary computation in combinatorial optimization, 1-10, Springer, 2010.

- Abdullah, S., Turabieh, H., McCollum, B., McMullan, P., A hybrid metaheuristic approach to the university course timetabling problem. *Journal of Heuristics* 18(1): 1–23, 2012.
- Abramson, D., Constructing school timetables using simulated annealing: sequential and parallel algorithm. *Management Science* 37: 98-113, 1991.
- Akkoyunlu, E.A., A linear algorithm for computing the optimum university timetable. *The Computer Journal* 16 (4): 347-350, 1973.
- Aladag, C.H., Hocaoglu, G., The effect of neighborhood structure and of move types in the problem of course timetabling with the tabu search algorithm. In *Proceedings of the 5. Statistics Conference*, 14–19, 2007.
- Aladag, C.H., Hocaoglu, G., Basaran, M.A, The effect of neighborhood structures on tabu search algorithm in solving course timetabling problem. *Expert Systems with Applications* 36, 12349-12356, 2009.
- Aladağ, Ç.H., Hocaoğlu, G., Yeniay, Ö., Tabu arama algoritmasında farklı hareket türlerinin birleştirilmesi. 6. İstatistik Kongresi, Antalya, Türkiye, 516-523, 2009.
- Al-Betar, M.A., Khader, A.T., Gani, T.A. A harmony search algorithm for university course timetabling. In: *7th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT 2008)*, Montreal, Canada, 18-22, 2008.
- Al-Betar M.A. and Khader A.J., A hybrid harmony search for university course timetabling. *Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA 2009)*, 10-12 August 2009, Dublin, Ireland, 2009.

- Alkan, A., Özcan, E., Memetic algorithms for timetabling. Proceedings of 2003 IEEE Congress on Evolutionary Computation, 1796–1802, 2003.
- Alsmadi, O. M.K., Abo-Hammour, Z.S., Abu-Al-Nadi, D.I., Algsoon, A., A novel genetic algorithm technique for solving university course timetabling problems. IEEE, 2011.
- Alvarez, R., Crespo, E., Tamarit, J.M., Assigning students to course sections using tabu search. Annals of Operations Research 96, 1-16, 2000.
- Alvarez, R., Crespo, E., Tamarit, J.M., Design and implementation of a course scheduling system using Tabu Search. European Journal of Operational Research 137, 512-523, 2002.
- Al-Yakoob, S.M., Sherali, H.D., Mathematical programming models and algorithms for a class-faculty assignment problem. European Journal of Operational Research 173 (2), 488-507, 2006.
- Al-Yakoob, S.M., Sherali, H.D., A mixed-integer programming approach to a class timetabling problem: A case study with gender policies and traffic considerations. European Journal of Operational Research 180 (3): 1028-1044, 2007.
- Amintoosi, M., Haddadnia, J., Fuzzy C-means clustering algorithm to group students in a course into smaller sections. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 147-160, 2005.
- Andrew, G. M., and Collins R., Matching faculty to courses. College and University 46 (2): 83-89, 1971.
- Appleton, D.R., An interactive computer model of university room usage. Journal of the Operational Research Society 24, 19-25, 1973.

- A.R., Botsalı A Timetabling Problem: Constraint and Mathematical Programming Approaches. Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi, Ankara, 2000.
- Arntzen, H., Lokketangen, A., A Tabu search heuristic for a university timetabling problem. In: Ibaraki T., Nonobe K., Yagiura M. eds., Meta-heuristics: Progress as Real Problem Solvers, Selected Papers from the 5th Metaheuristics International Conference MIC 2003, 65-85, 2005.
- Asham, G.M., Soliman, M.M., Ramadan, A.R., Trans genetic coloring approach for timetabling problem. Artificial Intelligence Techniques Novel Approaches & Practical Applications IJCA, 17-25, 2011.
- Asmuni, H., Burke, E.K., Garibaldi, J.M., Fuzzy multiple heuristic ordering for course timetabling. Proceedings of the 5th United Kingdom Workshop on Computational Intelligence (UKCI 2005), London, UK, 302-309, 2005.
- Asratian, A.S., Werra, D., A generalized class-teacher model for some timetabling problems. European Journal of Operational Research 143, 531–542, 2002.
- Aubin, J., Ferland, J.A., A large scale timetabling problem. Computers and Operations Research 16, 67-77, 1989.
- Avella, P., Vasiliev, I., A computational study of a cutting plane algorithm for university course timetabling. Journal of Scheduling 8(6): 497-514, 2005.
- Aycan, E., Ayav, T., Solving the course scheduling problem using simulated annealing. IEEE, 2008.
- Ayob, M., Jaradat, G., Hybrid ant colony systems for course timetabling problems. IEEE 2nd Conference on Data Mining and Optimization, 27-28 October 2009, Selangor, Malaysia, 120-126, 2009.

- B.T., Palamutçuoğlu, Üretim ve Hizmet Planlamasında Çizelgeleme Problemlerinin Yöneylem Teknikleriyle Çözümü: Ders ve Sınav Programlarının Optimizasyonu Üzerine Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa, 2008.
- Babaei, H., Karimpour, J., Hadidi, A., A survey of approaches for university course timetabling problem, *Computers and Industrial Engineering*, 43-59, 2015.
- Badoni, R.P., Gupta, D.K., Mishra, P., A new hybrid algorithm for university course timetabling problem using events based on groupings of students. *Computers & Industrial Engineering* 78, 12-25, 2014.
- Badri, M.A., A two-stage multiobjective scheduling model for faculty-course-time assignments. *European Journal of Operational Research* 94, 16-28, 1996.
- Badri, M.A., Davis, D.L., Davis, F.D., and Hollingsworth, J., A multi-objective course scheduling model: Combining faculty preferences for courses and times, *Computers and Operations Research* 25 (4): 303-316, 1998.
- Bai, R, Burker, E.K, Kendall, G., Collum, B.M., A simulated annealing hyper-heuristic for university course timetabling. In *Proc. International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling VI*, 30 August-1 September 2006, Brno, Czech Republic, 2006.
- Baker, K.R., *Introduction to Sequencing and Scheduling*. John Wiley and Sons, New York, 1974.
- Baker, K.R., *Elements of sequencing and scheduling*, tuck school of Business Administration College. Hanover, NH, 1997.
- Baker, K.R., Magazine, M.J., Polak, G.G., Optimal block design models for course timetabling. *Operations Research Letters* 30, 1-8, 2002.

- Bakır, M.A., Aksop, C., A 0-1 integer programming approach to a university timetabling problem. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics* 37 (1): 41–55, 2008.
- Basir, N., Ismail W., Norwawi, N.M., A simulated annealing for Tahmidi course timetabling. *Procedia Technology* 11, 437-445, 2013.
- Beyrouthy, C., Burke, E.K., Landa Silva, J.D., McCollum, B., McMullan, P. Parkes, A.J., Towards improving the utilization of university teaching space. *Journal of Operational Research Society*, 1-14, 2007.
- Blum, C., Correia, S., Dorigo, M., Paechter, B., Rossi-Doria, O., Snoek, M., A GA evolving instructions for a timetable builder. *Proceedings of the 4th international conference on the Practice And Theory of Automated Timetabling (PATAT 2002)*, Gent, Belgium, 120-123, 2002.
- Bolaji, A.S., Khader, A.T., Al-Betar, M.A., Awadallah, M.A., University course timetabling using hybridized artificial bee colony with hill climbing optimizer. *Journal of Computational Science* 5 (5): 809-818, 2014.
- Boronico, J., Quantitative modeling and technology driven departmental course scheduling, *The International Journal of Management Science* 28 (3): 327-346, 2000.
- Breslaw, J.A., A linear programming solution to the faculty assignment problem. *Socio-Economic Planning Science* 10, 227-230, 1976.
- Bronson, R., *Theory and Problems of Operations Research*. Schaum's Outline Series, USA, McGraw-Hill, 1982.
- Bufé, M., Fischer, T., Gubbles, H., Häcker, C., Hasprich, O., Weicker, K., Weicker, N., Wenig, M. ve Wolfangel, C., Automated solution of a highly constrained school timetabling problem-preliminary results. In *Proceedings*

of the EvoWorkshops on Applications of Evolutionary Computing, Lecture Notes In Computer Science 2037, Springer-Verlag, London, 431-440, 2001.

Burke, E., Elliman, D., Weare, R., A genetic algorithm based university timetabling system. Proceedings of the 2nd East-West International Conference on Computer Technologies in Education, Crimea, Ukraine, 1994.

Burke, E.K., Ross, P., Practice and Theory of Automated Timetabling. First International Conference, Edinburgh, U.K., Springer, 1996.

Burke, E.K., MacCarthy, B., Petrovic, S., Qu, R., Case-based reasoning in course timetabling: an attribute graph approach. Proceedings of the 4th International Conference on Case-Based Reasoning, Vancouver, Canada, 90-104, 2001.

Burke, E.K., Kendall, G., Soubeiga, E., A Tabu Search hyperheuristic for timetabling and rostering. Journal of Heuristics 9, 451–470, 2003.

Burke, E.K., MacCarthy, B.L., Petrovic, S., Qu, R., Knowledge discovery in a hyperheuristic for course timetabling using case-based reasoning. Lecture Notes in Computer Science 2740, 276-287, 2003.

Burke, E.K, Werra, D., Kingston, J., Applications to timetabling, In Handbook of Graph Theory, 445-474, CRC Press London, 2004.

Burke, E.K., Silva, J.D.L., Soubeiga, E., Multi-objective hyper-heuristic approaches for space allocation and timetabling, meta-heuristics: Progress as real problem solvers. Selected papers from the 5th Metaheuristics International Conference MIC 2003, 129-158, 2005.

Burke, E.K., Petrovic, S., Qu, R., Case-based heuristic selection for timetabling problems. Journal of Scheduling 9 (2): 115-132, 2006.

- Burke, E.K., MacCarthy, B. L., Petrovic, S. Qu, R., Multiple-Retrieval case-based reasoning for course timetabling. *Journal of Operations Research Society* 572, 148-162, 2006.
- Burke, E. K., Meisels, A., Petrovic, S., Qu, R., McCollum, B., A graph-based hyper-heuristic for educational timetabling problems. *European Journal of Operational Research*, 176, 177–192, 2007.
- Burke, E.K., Marecek, J., Parkes, A.J., Rudová, H., Penalising patterns in timetables: Novel integer programming formulations. *Operations Research Proceedings*, Berlin, Springer, Germany, 409-414, 2008.
- Cacchiani, V., Caprara, A., Roberti, R., Toth, P., A new lower bound for curriculum-based course timetabling. *Computers & Operations Research* 40 (10): 2466-2477, 2013.
- Cambazard, H., Demazeau, F., Jussien, N., David, P., Interactively solving school timetabling problems using extensions of constraint programming. *Practice and Theory of Automated Timetabling V*, Pittsburgh, USA, 190-207, 2005.
- Cambazard, H., Hebrard, E., O’Sullivan, B., Papadopoulos, A., Local search and constraint programming for the post enrolment-based timetabling problem. *Annals of Operational Research* 194, 111-135, 2012.
- Cangalovic, M., Schreuder, J.A.M., Exact coloring algorithms for weighted graphs applied to timetabling problems with lectures of different lengths. *European Journal of Operational Research* 51, 248-258, 1991.
- Carrasco, M.P., Rato, M.V., A multiobjective genetic algorithm for the class/teacher timetabling problem. In E. Burke, W. Erben (Eds.), *Practice and Theory of Timetabling III*, Lecture Notes in Computer Science 2079, Springer-Verlag, 3-17, 2001.

- Carrasco, M.P., Pato, M.V., A comparison of discrete and continuous neural network approaches to solve the class/teacher timetabling problem. *European Journal of Operational Research* 153(1): 65-79, 2004.
- Carter, M.W., A survey of practical applications of examination timetabling algorithms. *Operations Research* 34 (2): 193-202, 1986.
- Carter, M.W., Laporte, G., Recent developments in practical course scheduling. In E.K., Burke, P., Ross (Eds.), *The Practice and Theory of Automated Timetabling 2*, Springer, Berlin, 3-19, 1998.
- Ceschia, S., Di Gaspero, L., Schaerf, A., Design, engineering, and experimental analysis of a simulated annealing approach to the post enrolment course timetabling problem. *Computers and Operational Research* 39, 1615-1624, 2012.
- Chahal, N., Werra, D., An interactive system for constructing timetables on a PC. *European Journal of Operational Research* 40, 32–37, 1989.
- Chaudhuri, A., Kajal, D., Fuzzy genetic heuristic for university course timetable problem. *Int. J. Advance. Soft Comput. Appl.* 2 (1), 2010.
- Chen, R.M., Shih, H.F., Solving university course timetabling problems using constriction particle swarm optimization with local search. *Algorithms* 6(2): 227–244, 2013.
- Cheng, E., Kruk, S., A case study of an integer programming model for instructor assignments and scheduling problem. *Proceedings of the 3rd Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA)*, Paris, France, 267-275, 2007.

- Chiarandini, M., Birattari, M., Socha, K., Rossi-Doria, O., An effective hybrid algorithm for university course timetabling. *Journal of Scheduling* 9, 403-432, 2006.
- Costa, D., A tabu search algorithm for computing an operational timetable. *European Journal of Operational Research* 76, 98-110, 1994.
- Cura, T., Timetabling of faculty lectures using simulated annealing algorithm. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 6 (12): 1-20, 2007.
- Daban, F., Özdemir, E., Eğitimde verimliliği artıran ders programlarının hazırlanması için genetik algoritma kullanımı. *Journal of Educational Sciences & Practices*, 3 (6): 245-257, 2004.
- Dammak, A., Elloumi, A., Kamoun, H., Ferland, J., A tabu search procedure for course timetabling problem at a Tunisian university. *PATAT*, 12-13, 2008.
- Dandashi, A., Al-Mouhamed, M., Graph coloring for class scheduling. Department of Computer Science, University of Balamand, Koura, Lebanon, 2010.
- Dasgupta, P., Khazanchi, D., Adaptive decision support for academic course scheduling using intelligent software agents. *International Journal of Technology in Teaching and Learning* 1(2): 63-78, 2005.
- Daskalaki, S., Birbas, T., Housos, E., An integer programming formulation for a case study in university timetabling. *European Journal of Operational Research* 153, 117–135, 2004.
- Daskalaki, S., Birbas, T., Efficient solutions for a university timetabling problem through integer programming. *European Journal of Operational Research* 160 (1): 106-120, 2005.

- Deris, S., Ormatu, S., Ohta, H., Samat, P.A.B.D., University timetabling by constraint-based reasoning: A case study. *Journal of the Operational Research Society* 48, 1178-1190, 1997.
- Deris, S., Omatu, S., Ohta, H., Saad, P., Incorporating constraint propagation in genetic algorithm for university timetable planning. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 12, 241-253, 1999.
- Deris, S., Omatu, S., Ohta, H., Timetable planning using the constraint-based reasoning. *Computers & Operations Research* 27, 819-840, 2000.
- Dige, P., Lund, C, Ravn, H.F., Timetabling by simulated annealing. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 396, 151-174, 1993.
- Dimopoulou, M., Miliotis, P., Implementation of a university course and examination timetabling system. *European Journal of Operational Research* 130, 202-213, 2001.
- Dimopoulou, M. ve Miliotis, P. An automated university course timetabling system developed in a distributed environment: A case study. *European Journal of Operational Research* 153, 136-147, 2004.
- Dinkel, J.J., Mote, J., Venkataramanan, M.A., An efficient decision support system for academic course scheduling. *Operations Research* 37 (6): 853-864, 1989.
- Dowland, K.A., A timetabling problem in which clashes are inevitable. *Journal of Operations Research* 41 (10): 907-918, 1990.
- Dyer, J.S., Mulvey, J.M., An integrated optimization/information system for academic departmental planning. *Mgmt. Sci.* 22, 1332-1341, 1976.

- E., Çetin, Stokastik Programlama Yöntemiyle Bir Portföy Optimizasyonu Modelinin Geliştirilmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, 2004.
- Eley, M., Ant algorithms for the exam timetabling problem. Lecture Notes in Computer Science 3867, 364-382, 2007.
- Elmohamed, M.A.S, Coddington, P., Fox, G., A comparison of annealing techniques for academic course scheduling. In: Burke EK, Carter M (ed) The Practice and Theory of Automated Timetabling II (PATAT'97), Lecture Notes in Computer Science 1408, Springer, Berlin, 92-112. 1998.
- Erben, W., Keppler, J., A Genetic algorithm solving a weekly course-timetabling problem, Lecture Notes in Computer Science 1153, 198-211, 1995.
- Erdoğan, N.K., Cebirsel modelleme programları ve uzaktan erişim kaynakları. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 2003.
- Eren, T., Güner, E., Çok ölçütlü akış tipi çizelgeleme problemleri için bir literatür taraması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10 (1): 19-30, 2004.
- Feizi-Derakhshi, M.R., Babaei, H., Heidarzadeh, J., A survey of approaches for university course timetabling problem. Proceedings of 8th International Symposium on Intelligent and Manufacturing Systems (IMS 2012), Sakarya University Department of Industrial Engineering, Adrasan, Antalya, Turkey, 307-321, 2012.
- Ferland, J.A., Roy, S., Timetabling problem for university as assignment of activities to resources. Computers and Operations Research 12 (2): 207-218, 1985.
- Ferland, J.A., Fleurent, C., SAPHIR: A decision support system for course scheduling, Interfaces 24, 105-115, 1994.

- Fong, C.W., Asmuni, H., McCollum, B., McMullan, P., Omatu, S., A new hybrid imperialist swarm-based optimization algorithm for university timetabling problems. *Information Sciences* 283, 1-21, 2014.
- Foulds, L.R., and Johnson, D.G., SlotManager: a microcomputer-based decision support system for university timetabling. *Decision Support Systems* 27, 367-381, 2000.
- Frangouli, H., Harmandas, V., Stamatopoulos, P., UTSE: Construction of optimum timetables for university courses-A CLP based approach. In the Third International Conference and Exhibition on Practical Applications of Prolog, 1995.
- G., Özyandı, Ders Çizelgeleme Probleminin 0-1 Tamsayılı Programlama Tabanlı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2010.
- Gass, S.I., Great Moments in HistORy, *OR/MS Today* 29, 31-37, 2002.
- Gaspero, L., Schaerf, A., Tabu search techniques for examination timetabling. In *Practice and Theory of Automated Timetabling III, Lecture Notes in Computer Science*, 104-117, 2001.
- Gaspero, L.D., Missaro, S., Schaerf, A., A multi-agent architecture for distributed course timetabling. *Proceedings of the 5th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT '04)*, 471-474, 2004.
- Glasse, C.R., Mizrach, M., A decision support system for assigning classes to rooms. *Interfaces* 16, 92-100, 1986.
- Golabpour, A., Mozdorani Shirazi, H., Farahi, A., Kootiani, M., Beige, H., A fuzzy solution based on Memetic algorithms for timetabling. *IEEE International Conference on MultiMedia and Information Technology*, 108-110, 2008.

- Goltz, H.J., Küchler, G. Matzke, D., Constraint-Based timetabling for universities. In: Proceedings of 11th International Conference on Applications of Prolog (INAP-98), Tokyo, Japan, 1998.
- Gosselin, K., Truchon, M., Allocation of classrooms by linear programming, The Journal of the Operational Research Society 37 (6): 561-569, 1986.
- Gotlib, C.C., The construction of class-teacher timetables. Proc. IFIP Congress 62, 73-77, 1963.
- Gunawan, A., Ng, K.M., Poh, K.L., Solving the teacher assignment-course scheduling problem by a hybrid algorithm. International Journal of Computer, Information, Systems Science and Engineering 1 (2): 136-141, 2007.
- Gunawan, A., Ng, K. M., Ong, H. L., A genetic algorithm for the teacher assignment problem for a university in Indonesia. Information and Management Sciences 19 (1): 1-16, 2008.
- Gunawan, A., Ng, K.M., Poh, K.L., A hybrid algorithm for the university course timetabling problem. PATAT19, 2008.
- Gunawan A., Ng K. M., Poh K. L., A hybridized Lagrangian relaxation and simulated annealing method for the course timetabling problem. Computers & Operations Research 39 (12): 3074-3088, 2012.
- Gurobi Optimization Inc. Gurobi Optimizer Software. <http://www.gurobi.com/welcome.html> (Erişim Tarihi: 22.08.2015)
- Günalay, Y., Şahin, T., A decision support system for the university timetabling problem with instructor preferences. Asian Journal of Information Technology 5 (12): 1479-1484, 2006.

- Harwood, G.B., Lawless, R.W., Optimizing organizational goals in assigning faculty teaching schedules. *Decision Sciences* 6 (3), 513-524, 1975.
- Head, C., Shaban, S., A heuristic approach to simultaneous course/student timetabling. *Computers and Operations Research* 34, 919-933, 2007.
- Hertz, A., Tabu search for large scale timetabling problems. *European Journal of Operational Research* 54, 39-47, 1991.
- Hertz, A., Finding a feasible course schedule using tabu search. *Discrete Applied Mathematics* 35 (3): 255-270, 1992.
- Hertz, A., Robert, V., Constructing a course schedule by solving a series of assignment type problems. *European Journal of Operational Research* 108, 585-603, 1998.
- Hilton, A.J.W., Slivnik, T., Stirling, D.S.G., Aspects of edge list-colourings. *Discrete Mathematics* 231, 253-264, 2001.
- Hossain, S., Zibran, M.F., A multi-phase approach to the university course timetabling problem. 6th Cologne Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization, May 29-31, University of Twente, Enschede, the Netherlands, 73-77, 2007.
- Ismayilova, N.A., Sagir, M., Gasimov, R.N., A multiobjective faculty-course-time slot assignment problem with preferences. *Mathematical and Computer Modelling*, 46 (7-8): 1017-1029, 2007.
- J.H., Obit, Developing Novel Meta-heuristic, Hyper-heuristic and Cooperative Search for Course Timetabling Problems. Ph.D. Thesis, School of Computer Science University of Nottingham. 2010.

- Jat, S.N, Shengxiang, Y., A Memetic Algorithm for the University Course Timetabling Problem. IEEE 20th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, 427-433, 2008.
- Jat, S. N., Yang, S., A guided search genetic algorithm for the university course timetabling problem. 4th Multidisciplinary Int. Conf. Scheduling: Theory Appl., 180-191, 2009.
- Jat, S.N, Yang, S., A hybrid genetic algorithm and tabu search approach for post enrolment course timetabling. Journal of Scheduling 14, 617-637, 2011.
- Johnson, D., A database approach to course timetabling, Journal of the Operational Research Society 49, 1146-1152, 1993.
- Joudaki, M., Imani, M., Mazhari, N., Using improved Memetic algorithm and local search to solve University Course Timetabling Problem (UCTTP). Islamic Azad University, Doroud, Iran, 2010.
- K., Soule, Faculty Scheduling Using Genetic Algorithms. Master Project, Rochester Institute of Technology, Department of Computer Science, New York, United States, 2006.
- K.S., Sandhu, Automating Class Schedule Generation in the Context of a University Timetabling Information System. Ph.D. dissertation, School of Management, Griffith University, 2001.
- Kara, İ., Özdemir, M.S., Minmax approaches to the faculty-course assignment problem. Proceedings of the Second International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling, 167-181, 1997.
- Kang, L., White, G.M., A logic approach to the resolution of constraints in timetabling. European Journal of Operational Research 61, 306–317, 1992.

- Kanoh, H., Sakamoto, Y., Interactive timetabling system using knowledge-based genetic algorithms. IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics (SMC'2004), 5852-5857, 2004.
- Karmaker, D., Islam, M.R., Imteaj, N., A heuristic approach to course scheduling problem. http://cs.aiub.edu/d.karmaker/under_preparation/course_scheduling_problem (Erişim Tarihi: 10.05.2015)
- Kassicieh, S.K., Burleson, D.K., Lievano, R.J., Design and implementation of a decision support system for academic scheduling. Information and Operational Research 54 (1): 39-47, 1986.
- Kazarlis, S., Solving university timetabling problems using advanced genetic algorithms. 5th International Conference on Technology and Automation (ICTA'05), 2005.
- Khonggamnerd, P., Innet, S., On improvement of effectiveness in automatic university timetabling arrangement with applied genetic algorithm. IEEE, 2009.
- Kiarer, L., Yellen, J., Weighted graphs and university course timetabling, Computers and Operations Research 19 (1): 59-67, 1992.
- Kohshori, M.S., Abadeh, M.S., Sajedi, H., A fuzzy genetic algorithm with local search for university course timetabling. Department of Computer Science and Research Branch, Islamic Azad University, Khouzestan, Iran, 2011.
- Kohshori, M.S., Liri, M.S., Multi population hybrid genetic algorithms for university course timetabling. International Journal for Advances in Computer Science 3 (1): 12-22, 2012.

- Kohshori, M.S., Abadeh, M.S., Hybrid genetic algorithms for university course timetabling. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues* 9 (2), 2012.
- Kostuch, P., The university course timetabling problem with a three-phase approach. *Practice and Theory of Automated Timetabling V, Lecture Notes in Computer Science* 3616, 109-125, 2005.
- Köçken, H.G., Özdemir R., Ahlatcıoğlu, M., Üniversite ders zaman çizelgeleme problemi için ikili tamsayılı bir model ve bir uygulama. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi* 43 (1): 28-54, 2014.
- Laporte, G., Desrochers, S., The problem of assigning students to course sections in a large engineering school. *Computational Operations Research* 13, 387-394, 1986.
- Lee, S., Sehniederjans, M., Multi criteria assignment problem: A goal programming approach. *Interfaces* 13, 75-81, 1983.
- Legierski, W., Widawski, R., System of automated timetabling. *25th Int. Conf. Information Technology Interfaces, Cavtat, Croatia*, 495-500, 2003.
- Lewis, R., A survey of metaheuristic-based techniques for university timetabling problems, *OR Spectrum* 30, 167-190, 2008.
- Lewis, R., A time-dependent metaheuristic algorithm for post enrolment based course timetabling. *Annals of Operational Research* 194(1): 273-289, 2012.
- Lewis, R., Thompson J., Analyzing the effects of solution space connectivity with an effective metaheuristic for the course timetabling problem. *European Journal of Operational Research* 240 (3): 637-648, 2015.

- Lü, Z., Hao, J. K., Adaptive tabu search for course timetabling. *European Journal of Operational Research* 200(1): 235–244, 2010.
- M.R.R., Lewis, Metaheuristics for University Course Timetabling. Ph.D. Thesis, Napier University, 2006.
- M., Küçük, Bir Çelik Boru Üretim Fabrikasının Lojistik Süreçlerinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2013.
- Mahar, K., Automatic generation of university timetables: An evolutionary approach. *IADIS International Conference Applied Computing*, 570-574, 2006.
- Mahdi, O., Aion, R.N., Zainuddin, R., Using a genetic algorithm optimizer tool to generate good quality timetables. *Proceedings of the 10th IEEE International Conference, Electronics, Circuits and Systems*, Sharjah, United Arab Emirates, 1300-1303, 2003.
- Mahiba, A.A., Durai, C.A.D., Genetic algorithm with search bank strategies for university course timetabling problem. *Procedia Engineering* 38, 253-263, 2012.
- Malim, M.R., Khader, A.T., Mustafa, A., An immune-based approach to university course timetabling: Negative selection algorithm. *Proceedings of the 2nd IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Applications*, Universiti Sains Malaysia, Penang, 1-6, 2006.
- Martin, C.H., Ohio University's college of business uses integer programming to schedule classes. *Interfaces* 34 (6): 460-465, 2004.
- Mathaisel, D., Comm, C., Course and classroom scheduling: An interactive computer graphics approach. *Journal of Systems and Software* 15 (2): 149-157, 1991.

- Mayer, A., Nothegger, C., Chwatal, A., Raidl, G.R., Solving the post enrollment course timetabling problem by ant colony optimization. PATAT7, 2007.
- Mayer, A., Nothegger, C., Chwatal, A., Raidl, G., Solving the post enrolment course timetabling problem by ant colony optimization. In Proceedings of the 7th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling, 2008.
- Meindl, B., Templ, M., Analysis of commercial and free and open source solvers for linear optimization problems. Deliverable of the ESSnet on common tools and harmonised methodology for SDC in the ESS, 2012.
- McClure, R.H., Wells, C.E., A mathematical programming model for faculty course assignment. *Decision Sciences* 153, 409-420, 1984.
- Meisels, A., Kaplansky, E., Scheduling agents-distributed timetabling problems. Springer-Verlog Berlin Heidelberg, LNCS 2740, 166-177, 2003.
- MirHassani, S.A., A computational approach to enhancing course timetabling with integer programming. *Applied Mathematics and Computation* 175 (1): 814-822, 2006.
- MirHassani, S.A., Habibi, F., Solution approaches to the course timetabling problem. *Artificial Intelligence Review* 39 (2): 133-149, 2013.
- Mirrazavi, S.K., Mardle, S.J., Tamiz, M., A two-phase multiple objective approach to university timetabling utilising optimisation and evolutionary solution methodologies. *Journal of the Operational Research Society* 54, 1155-1166. 2003.
- Miyaji, I., Ohno, K., Mine, H., Solution method for partitioning students into groups. *European Journal of Operations Research* 33, 82–90. 1981.

- Mulvey, J.M., A classroom/time assignment model, *European Journal of Operational Research* 9, 64-70, 1982.
- Murray, K., Muller, T., Rudova, H., Modeling and solution of a complex university course timetabling problem. In *Practice and Theory of Automated Timetabling*, Springer-Verlag, LNCS 3867, 189-209, 2007.
- Mushi, A.R., Tabu search heuristic for university course timetabling problem. *African Journal of Science and Technology (AJST) Science and Engineering Series* 7 (1): 34–40, 2006.
- Müller, T., Some novel approaches to lecture timetabling. *CPDC*, 31-37, 2002.
- Müller, T., Bartak, R., Rudova, H., Iterative forward search: Combining local search with maintaining arc consistency and conflict based statistics. *Local Search Techniques in Constraint Satisfaction*, 1-16, 2004.
- Nguyen, K., Nguyen, P., Tran, N., A hybrid algorithm of Harmony Search and Bees algorithm for a university course timetabling problem. *International Journal of Computer Science Issues* 9 (1), 2012.
- Norberciak, M., Universal method for timetable construction based on evolutionary approach. *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology* 15, 91-103, 2006.
- Nothegger, C., Mayer, A., Chwatal, A., Raidl, G., Solving the post enrolment course timetabling problem by ant colony optimization. *Annals of Operational Research* 194, 325-339, 2012.
- Obit, J.H., Landa-Silva, D., Ouelhadj, D., Khan Vun, T., Alfred, R. Designing a multi-agent approach system for distributed course timetabling. *IEEE*, 2011.

- Oprea, M., MAS_UP-UCT: A multi-agent system for university course timetable scheduling. *International Journal of Computers, Communications & Control* 2 (1): 94-102, 2007.
- Optimization Solvers Supported by MPL, Solver Descriptions, <http://www.maximalsoftware.com/solvers/GUROBI.html> (Erişim Tarihi: 22.08.2015)
- Özdemir, M.S., Kara, İ., Faculty-course assignment problem. *Annual Meeting of Mathematical Association of America* 18, 1997.
- Özdemir, M.S., Gasimov, R.N., The analytic hierarchy process and multiobjective 0-1 faculty course assignment. *European Journal of Operational Research* 157, 398-408, 2004.
- Paechter, B., Cumming, A., Luchian, H., Petriuc, M., Two solutions to the general timetable problem using evolutionary methods. In the *Proceedings of the IEEE Conference on Evolutionary Computing*, 1994.
- Parthiban, P., Ganesh, K., Narayanan, S., Dhanalakshmi, R., Preferences based decision-making model (PDM) for faculty course assignment problem. *Engineering Management Conference Proceedings, IEEE International, Singapore* 3, 1338-1341, 2004.
- Petrovic, S., Qu, R., Case-based reasoning as a heuristic selector in a hyperheuristic for course timetabling problems. *Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems and Allied Technologies* 82, 336-340, 2002.
- Petrovic, S., Burke, E.K., University timetabling, In *Handbook of Scheduling: Algorithms, Models and Performance Analysis*, Chapman Hall/CRC Press, 2004.

- Piechowiak, S., Kolski, C., Towards a generic object oriented decision support system for university timetabling: an interactive approach. *International Journal of Information Technology and Decision Making* 3 (1): 179-208, 2004.
- Pillay, N., A review of hyper-heuristics for educational timetabling. *Annals of Operations Research*, 2014.
- Pinedo, M.L., Chao, X., *Operation Scheduling With Applications in Manufacturing and Services*. Irwin/McGraw-Hill, New York, 1999.
- Pinedo, M.L., *Scheduling Theory, Algorithms and Systems*, Prentice Hall, Second Edition, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- Pinedo, M. L., *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*. Springer, New York, 2005.
- Pongcharoen, P., Promtet, W., Yenradee, P., Hicks, C., Stochastic optimisation timetabling tool for university course scheduling. *International Journal of Production Economics* 112 (2): 903-918, 2008.
- Qu, R., Burke, E.K., McCollum, B., Merlot, L.T.G., Lee, S.Y., A survey of search methodologies and automated system development for examination timetabling. *Journal of Scheduling* 12(1): 55–89, 2009.
- Qaurooni, D., Akbarzadeh, M., Course timetabling using evolutionary operators. *Applied Soft Computing* 13(5): 2504-2514, 2013.
- Rachmawati, L., Srinivasan, D., A hybrid fuzzy evolutionary algorithm for a multi-objective resource allocation problem. *IEEE Proceedings of the Fifth International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, 2005.

- Rahoual, M., Saad, R., Solving timetabling problems by hybridizing genetic algorithms and tabu search. In the Practice and Theory of Automated Timetabling VI (PATAT'06, Selected Papers), Lecture Notes in Computer Science 3867, Springer, Berlin, 467-472, 2007.
- Razak, H.A., Ibrahim, Z, Hussin, N.M., Bipartite graph edge coloring approach to course timetabling. IEEE, 229-234, 2010.
- Ross, P., Corne, D., Fang, H., Successful lecture timetabling with evolutionary algorithms. In Proceedings of the workshop on applied genetic and other evolutionary algorithms (ACAI'94), 1994.
- Rossi-Doria, O., Blum, C., Knowles, J., Sampels, M., Socha, K., Paechter B., A local search for the timetabling problem. In the Proceedings of the 4th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT 2002), Aug. 2002, 124-127, 2002.
- Rossi-Doria, O., Sampels, M., A comparison of the performance of different metaheuristics on the timetabling problem. Proceedings of Fourth International the Conference on Practice and Theory of Automated Timetabling, 115-119, 2002.
- Rossi-Doria, O., Sampels, M., Birattari, M., Chiarandini, M., Dorigo, M., Gambardella, L.M., Knowles, J., Manfrin, M., Mastrolilli, Paetcher, B., Paquete, L., Stützle, T.A., Comparison of the performance of different metaheuristics on the timetabling problem. Lecture Notes in Computer Science 2740, 329-351, 2003.
- Rudova, H., Murray, K., University course timetabling with soft constraints. In the Practice and Theory of Automated Timetabling IV, KaHo St.-Lieven, Gent Belgium, Springer, 310-328, 2003.

- S. Abdullah, Heuristic Approaches for University Timetabling Problems, PhD Thesis, Department of Computer Science, University of Nottingham, UK, 2006.
- Sabin, G.C.W., Winter, G.K., The impact of automated timetabling on universities- a case study. *Journal of Operations Research Society* 37 (7): 689-693, 1986.
- Santiago-Mozos, R., Salcedo-Sanz, S., dePrado-Cumplido, M., Bousoño-Calzón, C., A two-phase heuristic evolutionary algorithm for personalizing course timetables: a case study in a Spanish university. *Computers and Operations Research* 32, 1761-1776, 2005.
- Sarin, S.C., Wang, Y., Varadarajan A., Solving a timetabling problem using benders' decomposition. In proceedings of the 2nd Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA 2005), 18 -21 July 2005, New York, USA, 673-675, 2005.
- Sarin, S.C, Wang Y., Varadarajan A., A university-timetabling problem and its solution using Benders' partitioning: a case study. *Journal of Scheduling*, 13(2): 131-141, 2010.
- Schaerf, A., A survey of automated timetabling. *Artificial Intelligent Review* 13, 87–127, 1999.
- Schaerf, A., Di Gaspero, L., Local search techniques for educational timetabling problems. *Proceeding of the 6th International Symposium on Operational Research (SOR-01)*, Preddvor, Slovenia, 13–23, 2001.
- Schimmelpfeng, K., Helber, S., Application of a real-world university-course timetabling model solved by integer programming. *OR Spectrum* 29, 783-803, 2007.

- Schmidt, G., Strohlein, T., Timetable construction-an annotated bibliography. *Computer Journal* 23, 307-316, 1980.
- Schniederjans, M.J., Kim, G.C., A goal programming model to optimize departmental preference in course assignments. *Computers and Operations Research* 14 (2): 87-96, 1987.
- Selim, S.M., Split vertices in vertex colouring and their application in developing a solution to the faculty timetable problem. *The Computer Journal* 31 (1): 76-82, 1988.
- Selim, S.M., An algorithm for constructing a university faculty timetable. *Comput. Educ.* 6 (4): 323-332. 1982.
- Selim, S.M., An algorithm for producing course and lecturer timetables. *Comput. Educ.* 7 (2): 101-107. 1983.
- Shatnawi, S., Al -Rababah, K., Bani-Ismail, B., Applying a novel clustering technique based on fp-tree to university timetabling problem: a case study. *IEEE*, 2010.
- Shengxiang, Y., Jat, N.S., Genetic algorithms with guided and local search strategies for university course timetabling. *IEEE Transactions on Systems, MAN, and Cybernetics-PART C: Applications and Reviews* 41 (1), 2011.
- Shiau, D.F., A hybrid particle swarm optimization for a university course scheduling problem with flexible preferences. *Expert Syst. Appl.* 38 (1): 235-248, 2011.
- Shih, W., Sullivan, J.A., Dynamic course scheduling for college faculty via zero-one programming. *Decision Sciences* 8, 711-721, 1977.

- Sigl, B., Golub, M., Mornar, V., Solving timetable scheduling problem using genetic algorithms. *Information Technology Interfaces, Proceedings of the 25th International Conference, Dubrovnik, Croatia, 519–524, 2003.*
- Socha, K., Knowles, J., Samples, M., A max-min ant system for the university course timetabling problem. *Proceedings of the Third International Workshop on Ant Algorithms (ANTS'02), Springer LNCS 2463, 1-13, 2002.*
- Soria-Alcaraz, J.A., Ochoa, G., Swan, J., Carpio, M., Puga, H., Burke, E.K., Effective learning hyper-heuristics for the course timetabling problem. *European Journal of Operational Research, 238 (1): 77-86, 2014.*
- Stallaert, J., Automated timetabling improves course scheduling at UCLA. *Interfaces, 27(4): 67-81, 1997.*
- Strnad, D., Guid, N., A multi-agent system for university course timetabling, *Applied Artificial Intelligence 21, 137-153, 2007.*
- T., Şahin, Goal Programming Approach To Solve The Timetabling Problem At Turkish Military Academy. Master Thesis, Bilkent University Department of Management, Ankara, 2004.
- T.A., Redl, A Study of University Timetabling that Blends Graph Coloring with the Satisfaction of Various Essential and Preferential Conditions. Ph.D. Thesis, Rice University, Houston, Texas, 2004.
- Tripathy, A., A lagrangean relaxation approach to course timetabling, *Journal of Operations Research Society 31, 599-603, 1980.*
- Tripathy, A., School timetabling-a case in large binary integer linear programming, *Management Science 30 (12): 1473-1489, 1984.*

- Tripathy A., Computerised decision aid for timetabling - A case analysis. *Discrete Applied Mathematics* 35(3): 313-323, 1992.
- Tuga, M., Berretta, R., Mendes, A., A hybrid simulated annealing with kempe chain neighborhood for the university timetabling problem. 6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2007), 2007.
- Turabieh, H., Abdullah, S., Incorporating tabu search into memetic approach for enrolment-based course timetabling problems. *IEEE 2nd Conference on Data Mining and Optimization, Selangor, Malaysia*, 115-119, 2009.
- Ueda, H., Ouchi, D., Takahashi, K., Miyahara, T., A co-evolving timeslot/room assignment genetic algorithm technique for university timetabling. In the *Practice and Theory of Timetabling III, Lecture Notes in Computer Science*, 2079, Springer-Verlag, 48–63, 2001.
- Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölüm Sayfası, <http://endustri.uludag.edu.tr/tr/> (Erişim tarihi: 06.04.2015)
- Ünal, Y.Z., Uysal, Ö., A new mixed integer programming model for curriculum balancing: Application to a Turkish university. *European Journal of Operational Research* 238 (1): 339-347, 2014.
- Valdes, R.A., Crespo, E., Tamarit, J.M., Design and implementation of a course scheduling system using tabu search. *European Journal of Operational Research* 137, 512-523, 2002.
- Valouxis, C., Housos, E., Constraint programming approach for school timetabling. *Computers and Operations Research* 30, 1555-1572, 2003.

- Van Den Broek, J., Hurkens, C., Woeginger, G., Timetabling problems at the TU Eindhoven. *European Journal of Operational Research*, 196 (3): 877-885, 2009.
- Van Den Broek, J., Hurkens, C. An Ip-based heuristic for the post enrolment course timetabling problem of the ITC2007. *Annals of Operational Research* 194, 439-454, 2012.
- Wahid, J., Hussin, N.M., Harmony great deluge for solving curriculum based course timetabling problem. *IEEE International Conference on System Engineering and Technology*, 152-156, 2013.
- Wang, Y.Z., An application of algorithm methods for teacher assignment problems. *Expert Systems with Applications*, 22 (4): 295-302, 2002.
- Wang, Y.Z., Using genetic algorithm methods to solve course scheduling problems. *Expert Systems with Applications*, Tainan, Taiwan, 39-50, 2003.
- Welsh, D.J.A., Powell, M.B., An upper bound for the chromatic number of a graph and its application to timetabling problems. *The Computer Journal* 10, 85-86, 1967.
- Werra, D., An introduction to timetabling. *European Journal of Operational Research* 19, 151-162, 1985.
- Werra D., The combinatorics of timetabling, *European Journal of Operational Research* 96, 504-513, 1997.
- Wren, A., Scheduling, Timetabling and rostering-a special relationship. In *Proceedings of the Practice and Theory of Automated Timetabling*, LNCS 1153, Springer Verlag, 46-76, 1996.

- Yang, Y., Paranjape, R., Benedicenti, L., Reed, N., A mobile agent system for university course timetabling. Indian International Conference on Artificial Intelligence (IICAI-05), Pune, India, 2926-2937, 2005.
- Yanga, Y., Paranjape, R., Benedicenti, L., An agent based general solution model for the course timetabling problem. AAMAS'06, Hakodate, Hokkaido, Japan, ACM, 2006.
- Yanga, Y., Paranjape, R., A multi-agent system for course timetabling. Intelligent Decision Technologies 5 (2): 113-131, 2011.
- Yang, S., Jat, S.N., Genetic algorithms with guided and local search strategies for university course timetabling. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews 41(1): 93-106, 2011.
- Yiğit, T., Meslek liseleri haftalık ders çizelgelerinin genetik algoritmalar yardımıyla oluşturulması. Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi 19, 25-39, 2006.
- Yu, E., Sung, K.S., A genetic algorithm for a university weekly courses timetabling problem. Intl. Trans. in Op. Res. 9, 703-717, 2002.
- Z.K., Öztürk, Eğitimsel Zaman Çizelgeleme Problemleri İçin Çözüm Yaklaşımları ve Web Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi Önerisi. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Ankara, 2010.
- Zervoudakis, K., Stamatopoulos, P., A generic object-oriented constraint-based model for university course timetabling. In Practice and Theory of Timetabling III, Lecture Notes in Computer Science 2079, Springer-Verlag, 28-47. 2001.
- Zhang, L., Lau, S., Constructing university timetable using constraint satisfaction programming approach. Proceedings of the International Conference on

Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'05), 55-60, 2005.