

**DERS ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN 0-1 TAMSAYILI
PROGRAMLAMA TABANLI UYGULAMASI**

Gözde ÖZYANDI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OCAK 2010
ANKARA**

Nurcan BİLGİLİ tarafından hazırlanan KONİK METRİK UZAYLARDA
BÜZÜLME DÖNÜŞÜMÜ PRENSİBİ VE SABİT NOKTA TEOREMLERİ adlı bu
tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. A. Duran TÜRKOĞLU

.....

Tez Danışmanı, Matematik Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Matematik Anabilim Dalında Yüksek
Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cihan ORHAN

.....

Matematik Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Doç. Dr. A. Duran TÜRKOĞLU

.....

Matematik Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Bahri TURAN

.....

Matematik Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih : 12 / 01 / 2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini
onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orjinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nurcan BİLGİLİ

**DERS ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN
TAMSAYILI PROGRAMLAMA TABANLI UYGULAMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Gözde ÖZYANDI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2010**

ÖZET

Eğitim öğretim kurumlarında karşılaşılan zaman çizelgeleme problemleri; dersler, derslikler, öğretim elemanları ve sınavlar gibi kaynakların haftalık çizelge içerisindeki uygun zaman dilimlerine önceden belirlenmiş kısıtlarla uygun bir şekilde atanmasını içerir. Günümüz teknoloji çağının getirdiği büyük kolaylıklara rağmen halen birçok eğitim kurumunda bu çizelgeler eski düzen ve sisteme dayalı olarak elle oluşturulmaktadır. Bu şekilde oluşturulan çizelgeler idarecilere çok zaman kaybettirmekte ve istenilen verimi sağlayamamaktadır. Bu çalışma kapsamında üniversitelerde ders çizelgeleme problemi ele alınmış ve gerçek bir durum için haftalık çizelge içerisindeki uygun zaman dilimlerine derslerin atanmasını sağlayan 0-1 tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Model öncelikle gerçek durumun verileri kullanılarak oluşturulmuş ve farklı boyutlarda çözümü gerçekleştirilmiştir. Farklı boyutlarda yapılan problem çözümlerinde kabul edilebilir süreler içinde uygun çözümlere ulaşılmıştır. Son aşamada, geliştirilen farklı bir senaryo için modele yeni kısıtlar eklenmiş ve amaç fonksiyonu değiştirilmiştir. Sonuçta kabul edilebilir süreler içinde uygun çözüme ulaşılmıştır.

Farklı senaryo için geliştirilen modelin çözümleri ile gerçek durum modelinin çözümleri karşılaştırılmış ve oluşturulan senaryo için geliştirilen model ile daha iyi ve esnek ders çizelgeleri elde edildiği belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.148
Anahtar Kelimeler : Ders, çizelgeleme, tamsayılı programlama
Sayfa Adedi : 74
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ertan GÜNER

**APPLICATION OF THE COURSE SCHEDULING PROBLEMS BASED ON
0-1 INTEGER PROGRAMMING**

(M.Sc. Thesis)

Gözde ÖZYANDI

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2010

ABSTRACT

Timetabling problems in educational institutions concern with assigning resources such as lectures, lecturers, classrooms and exams to suitable time periods in the weekly course schedule with predefined constraints. In spite of the convenience of recent technology, in most of the educational institutions the schedules are still generated manually based on the old adjustments and the system. Schedules generated by this rule, adversely affects the education process and the desirable productivity cannot be obtained. In this research, the course timetabling problem has been discussed and for a real case an integer programming model is developed to assign courses to the suitable time periods in a weekly schedule. Firstly the model was generated by the data of the real case and it was solved in different dimensions. While solving the problem with different dimensions the appropriate solutions were achieved in desirable amount of time. Then the model was developed by the new additional objective function and the constraints based on a new scenario, appropriate solutions were again achieved in desirable amount of time.

Finally, solutions of the developed model for the new scenario and the real case model were compared and it is determined that the more flexible course schedules were obtained from the developed model for the new scenario.

Science Code : 906.1.148

Key Words : Course, scheduling, integer programming

Page Number: 74

Adviser : Prof. Dr. Ertan GÜNER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Ertan GÜNER'e ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli babam Mehmet ÖZYANDI, annem Teksin ÖZYANDI ve nişanlım Tezcan Arda SİLİ' ye teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. EĞİTİM ÖĞRETİM KURUMLARINDA ZAMAN ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ	3
2.1. Okul Çizelgeleme Problemleri	4
2.2. Üniversite Çizelgeleme Problemleri	4
2.2.1. Sınav çizelgeleme problemleri	4
2.2.2. Ders çizelgeleme problemleri.....	5
2.2.3. Ders çizelgeleme problemleri çözüm yaklaşımları	8
2.2.4. Ders çizelgeleme problemleri literatür çalışmaları	14
3. DERS ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN MODELLENMESİ	28
3.1. 0-1 Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli	29
3.1.1. Karar değişkeni, kümeler ve parametreler	29
3.1.2. Kısıtların oluşturulması	30
3.1.3. Amaç fonksiyonu	36
3.2. Uygulama	37

Sayfa

3.2.1. Örnek durum	37
3.2.2. Modelin farklı boyutlarda test edilmesi	43
3.2.3. Farklı senaryo için geliştirilen ders çizelgeleme modeli	46
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	52
EKLER.....	59
EK-1 Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu.....	60
EK-2 Toplam 37 ders için elde edilen ders çizelgeleri	68
EK-3 Toplam 45 ders için elde edilen ders çizelgeleri	70
EK-4 Farklı senaryo için geliştirilmiş modelden elde edilen ders çizelgeleri	72
ÖZGEÇMİŞ	74

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ders çizelgeleme ile ilgili yapılan çalışmalar	26
Çizelge 3.1. 2008-2009 bahar yarıyılı için bölümde açılmış olan dersler ve bu derslere atanan öğretim elemanları	38
Çizelge 3.2. Birinci sınıflar için elde edilen ders çizelgesi	41
Çizelge 3.3. İkinci sınıflar için elde edilen ders çizelgesi.....	41
Çizelge 3.4. Üçüncü sınıflar için elde edilen ders çizelgesi.....	42
Çizelge 3.5. Dördüncü sınıflar için elde edilen ders çizelgesi	42
Çizelge 3.6. Toplam 37 ders için problemin çözüm sonuçları.....	43
Çizelge 3.7. Toplam 45 ders için problemin çözüm sonuçları.....	44
Çizelge 3.8. Toplam 50 ders için problemin çözüm sonuçları.....	45
Çizelge 3.9. Problemin farklı boyutlarda çözümlerinin karşılaştırılması	45
Çizelge 3.10. Örnek durum ile senaryonun karşılaştırılması	48

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
AD	Akşam saatlerine atanacak derslerden oluşan küme
Ai	i dersinin haftalık ders saati
Bi	Birinci sınıf derslerinden oluşan küme
Ci	İkinci sınıf derslerinden oluşan küme
Di	Üçüncü sınıf derslerinden oluşan küme
Ei	Dördüncü sınıf derslerinden oluşan küme
i	Dersler
I	Dördüncü sınıf derslerinin sayısı (I-t)
j	Gün
k	Günlük ders saati
K	Öğle arasından sonraki ders saati miktarı (K-p)
m	Birinci sınıf derslerinin sayısı
n	İkinci sınıf derslerinin sayısı (n-m)
p	Öğle arasından önceki ders saati miktarı
Si	Seçimlik derslerden oluşan küme
t	Üçüncü sınıf derslerinin sayısı (t-n)
Xijk	i dersinin j günü k ders saatinde olup olmaması
YAD	Yeni durumda akşam saatlerine atanacak derslerden oluşan küme
Yij	i dersinin j günü olup olmaması

Kısaltmalar**Açıklama****GAMS**

Soysal cebirsel modelleme sistemi (generic algebraic modeling system)

CPLEX

Matematiksel programlama çözücüsü

1. GİRİŞ

Sürekli gelişen ve yenilenen bilgisayar teknolojisinin hayatın her alanında kullanılabilmesine rağmen bugün hala birçok kurumda bilgisayarların yapabildiği işler çalışan işgücü tarafından yapılmaktadır. Bu durum ciddi oranlarda zaman ve işlem kaybına sebep olmaktadır. Ayrıca gerçekleştirilen işlemlerde insan faktörünün dikkatsizliklerinden dolayı çoğu zaman hatalar oluşabilmektedir. Bu hataların düzeltilmesi için yapılan çalışmalar da yine zaman ve işlem kayıplarına sebep olmakta ve verimlilik açısından olumlu sonuçlar elde edilememektedir.

Tüketimi kolay olan zamanın etkin olarak kullanılabilmesi için, zamana bağlı her aktivite önceden planlanmalıdır. Hastanelerde hemşirelerin ve doktorların nöbet saatlerinin belirlenmesi, üretim sektöründe çalışan işgücü için vardiya saatlerinin belirlenmesi, otobüs, uçak, tren gibi toplu taşıma araçlarının planlanması, polislerin devriye saatlerinin belirlenmesi ve eğitim öğretim kurumlarında sınavların planlanması ile ders programlarının oluşturulması ve daha birçok günlük aktivite zamana bağlı aktivitelerdir. Tüm bu günlük veya haftalık aktivitelerin planlanması aşamasında zaman çizelgeleme problemleri karşımıza çıkmaktadır.

Zaman çizelgeleme problemleri bir takım kaynakların uygun zaman dilimlerine atanması ile ilgilenmektedir. Yaklaşık 1950 yılının başlarından itibaren araştırmacıların yoğun ilgisini çeken zaman çizelgeleme problemleri için analitik ve sezgisel birçok çözüm algoritması geliştirilmiş ancak kurumdan kuruma ortaya çıkan farklılıklar, kısıtlar ve ihtiyaçlar sebebi ile bu problemler genel bir yapıya oturtulamamıştır.

Bu tez çalışmasında bir zaman çizelgeleme problemi olan üniversite ders çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Problemin çözümüne yönelik birçok üniversitede geçerli olabilecek temel kısıtlar ele alınarak gerekli tüm atamaları tek aşamada gerçekleştirebilen bir matematiksel programlama tekniği olan tamsayılı doğrusal programlama modeli önerilmiştir.

Önerilen model için gerçek veri olarak Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü örnek alınmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, eğitim öğretim kurumlarında karşılaşılan zaman çizelgeleme problemlerinden bahsedilmiş ve bir zaman çizelgeleme problemi olan üniversite ders çizelgeleme problemi detaylı olarak incelenmiştir. Bu kapsamda, üniversitelerde ders çizelgeleme problemleri, çözüm yaklaşımları ve ders çizelgelemeyle ilgili literatürde yapılmış çalışmalar verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, ele alınan örnek durum için ders çizelgeleme problemi açıklanarak, probleme ilişkin tamsayılı doğrusal programlama modeli; karar değişkeni, kümeleri, parametreleri, kısıtları ve amaç fonksiyonu verilmiştir. Uygulama safhasında, ele alınan örnek durum için oluşturulan model çalıştırılmış ve sonuçları incelenmiştir. Daha sonra oluşturulan model farklı boyutlarda yapılan çözümlerle test edilmiştir. Takiben amaç fonksiyonunda ve kısıtlar üzerinde yapılan değişiklikler ile farklı bir senaryo modeli oluşturulmuş ve sonuçları örnek durum sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın dördüncü ve son bölümünde elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

2. EĞİTİM ÖĞRETİM KURUMLARINDA ZAMAN ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ

Zaman çizelgeleme problemi, en genel tanımıyla bir kaynak atama problemi olarak ifade edilen çizelgeleme problemlerinin özel bir türünü oluşturmaktadır. Bir takım olayların uygun zaman dilimlerine atanması temeline dayanan zaman çizelgeleme problemlerinin en belirgin örnekleri; otobüs, tren ve uçak kalkış saatlerinin belirlenmesi, hastanelerde hemşirelerin vardiyalarının düzenlenmesi ve eğitim-öğretim kurumlarında karşılaşılan sınav ve ders programlarının hazırlanmasıdır.

Diğer çizelgeleme problemleri gibi NP zor problemler sınıfında yer alan zaman çizelgeleme problemleri yaklaşık 1950’li yıllardan itibaren araştırmacıların yoğun ilgisini çekmiş ve bu problemlerin çözümü için birçok algoritma geliştirilmiştir. Ancak problem genel bir yapıya oturtulamamıştır. Bunun nedeni, problemin çok farklı alanlarda kullanılması ve özel kısıtlar ile ihtiyaçlardan dolayı geliştirilen algoritmaların birbirine uyarlanamamasıdır. Özellikle eğitim-öğretim kurumlarında karşılaşılan zaman çizelgeleme problemleri okul seviyelerinin, okul kurallarının ve eğitim sisteminin ülkeden ülkeye değişmesinden dolayı birbirleri aralarında büyük farklılıklar göstermektedirler [Mir Hassani, 2006].

Eğitim öğretim kurumlarında karşılaşılan zaman çizelgeleme problemleri iki ana grupta incelenmektedir. Bunlar, okul çizelgeleme problemleri ve üniversite çizelgeleme problemleridir. Üniversite çizelgeleme problemleri de kendi aralarında ders çizelgeleme problemleri ve sınav çizelgeleme problemleri olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadırlar. Eğitim öğretim kurumlarında karşılaşılan bu problemler, zaman çizelgeleme problemlerinin temel özelliklerini içermesine rağmen birbirlerinden oldukça farklıdırlar. Bu farklılık, her bir problemin kendisine ait farklı kısıtları, ihtiyaçları ve kuralları olmasından kaynaklanmaktadır [Abdullah, 2006].

Bu tez çalışmasında eğitim öğretim kurumlarında karşılaşılan üniversite ders çizelgeleme içinde yer alan ders çizelgeleme problemleri detaylı olarak ele alınmıştır. Problemin çözümüne yönelik pek çok üniversitede geçerli sayılabilecek temel kısıtlar

içeren ve tek bir aşamada gerekli olan tüm atamaları gerçekleştirebilen bir tamsayılı programlama modeli örnek bir durum üzerinden oluşturulmaya çalışılmıştır.

2.1. Okul Çizelgeleme Problemleri

Okul çizelgeleme problemi, bir okulda işlenen tüm derslerin haftalık olarak çizelgelenmesi ile ilgilenen eğitim öğretim kurumlarına ait bir zaman çizelgeleme problemidir. Atama yapılacak haftalık zaman dilimleri önceden belirlenmiştir ve problem derslerin ve öğretim elemanlarının bu zaman dilimlerine atanmasını içermektedir. Esnek bir çizelge elde edilebilmesi için çizelgeleme işlemi belirli kısıtlar altında yapılmaktadır. Okul çizelgeleme probleminin en belirgin kısıtları; derslik kapasiteleri, derslikler, öğretmen yükleri ve iki ders arasındaki dinlenme zamanlarıdır [Abdullah, 2006].

2.2. Üniversite Çizelgeleme Problemleri

Eğitim öğretim kurumlarında karşılaşılan zaman çizelgeleme problemlerinden diğeri üniversite çizelgeleme problemleridir. Üniversite çizelgeleme problemleri kendi aralarında iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Bunlar; ders çizelgeleme problemleri ve sınav çizelgeleme problemleridir. Ders çizelgeleme problemleri belli zaman dilimlerine ve dersliklere öğretim elemanı, ders ve öğrenci gibi farklı olayların atanmasıyla ilgilenirken sınav çizelgeleme problemleri zaman dilimlerine ve dersliklere sadece sınavların atanmasıyla ilgilenmektedirler. Bu iki problem birbirleriyle benzer özelliklere taşınmalarına rağmen aralarında keskin farklılıklar da söz konusu olmaktadır. Örneğin, sınav çizelgeleme probleminde birden fazla sınav büyük bir dersliğe atanabilirken, ders çizelgeleme probleminde böyle bir durum mümkün değildir [Abdullah, 2006].

2.2.1. Sınav çizelgeleme problemleri

Sınav çizelgeleme problemleri eğitim öğretim kurumlarında karşılaşılan temel bir yönetsel aktivitedir. Problem temel olarak, sınavların belli kısıtlar altında limitli

zaman aralıklarına atanması ile ilgilenmektedir. Sınav çizelgeleme problemine ait kısıtlar sıkı kısıtlar ve yumuşak kısıtlar olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadırlar. Sıkı kısıtlar her sınav çizelgeleme probleminde olması gereken zorunlu kısıtlardır ve ihlal edilmeleri durumunda uygun bir çözüm elde edilemez. Aşağıda sınav çizelgeleme problemlerinin sıkı kısıtlarına bazı örnekler verilmiştir.

- Yüksek sayıda öğrencinin katılacağı sınavlar sınav döneminde ilk sıradaki zamanlara atanmalıdır. Bu kısıt ile, öğretim elemanlarının bu sınavları puanlandırmak için yeterli zamanları olacaktır.
- Aynı öğretim elemanı tarafından verilen derslerin sınavları aynı zaman aralığına ve yakın dersliklere atanmalıdır.
- Bir öğrenciye aynı zaman dilimi içerisinde birden fazla sınav atanamaz.

Yumuşak kısıtlar ise, özel tercihleri ifade eden kısıtlardır. Sınav çizelgeleme problemlerinde kullanılan bazı yumuşak kısıtlar aşağıda verildiği gibidir.

- Bir öğrenciye bir günde birden fazla sınav atanmamalıdır.
- Bir öğrenci aynı gün içerisinde ardışık zaman dilimlerinde farklı sınavlara girmemelidir.
- Aynı sınav süresine sahip sınavlar aynı dersliklere atanmalıdır.
- Sınavlar ilgili bölümün dersliklerine atanmalıdır.

Yukarıda verilen yumuşak kısıtların ihlal edilmeleri durumunda uygun çözümün elde edilmesi engellenmez ancak, daha kaliteli çizelgeler elde edilebilmesi amacıyla bu kısıtlar da mümkün olduğu kadar sağlanmaya çalışılmalıdır [Abdullah, 2006].

2.2.2. Ders çizelgeleme problemleri

Geniş uygulanabilirliğinden dolayı oldukça fazla araştırmaya konu olan ders çizelgeleme problemi bir çok üniversitenin her akademik dönem başında karşılaştığı önemli bir yönetsel problemdir [Gunawan ve ark., 2008].

“İlk olarak Carter tarafından çok boyutlu atama problemleri olarak tanımlanan ders çizelgeleme problemi”; dersler, sınıflar ve öğretim elemanları gibi kaynakların haftalık çizelge içindeki uygun zaman dilimlerine önceden belirlenmiş kısıtlarla uygun bir şekilde atanmasını içerir [Burke ve ark., 2001].

Uygun bir çizelgenin elde edilebilmesi için üniversite derslerinin yapısı, ders içerikleri ve kullanılan kaynaklar (insanlar ve sınıflar) belirgin bir şekilde tanımlanmalıdır. Üniversitelerde her bölüm için istenen dersler; asıl dersleri, laboratuvar çalışmalarını ve sunumları (konu tekrarı, alıştırımların çözümü, ödev ve proje sunumları) içermektedir. Bu derslerin kaçar saat olması gerektiği ve hangi öğretim elemanı tarafından verileceği öğretim elemanları tarafından belirlenmektedir. Bazı durumlarda bir dersi iki öğretim elemanının vermesi söz konusu olabilir. Böyle durumlarda bu öğretim elemanları bu dersi nasıl paylaşacaklarına kendileri karar verebilmektedirler. Laboratuvar çalışmaları ve sunumlar için öğrenciler genellikle küçük gruplara ayrılır. Bu durumda her gruba farklı öğretim elemanı veya araştırma görevlisi girebilir. Her gruba ders verecek öğretim elemanları ve araştırma görevlileri yine öğretim elemanları tarafından önceden belirlenir.

Birçok üniversitede dersler zorunlu dersler ve seçmeli dersler olmak üzere ikiye ayrılır. Zorunlu dersler bölümün temel derslerini, seçmeli dersler ise öğrenciler tarafından seçilen dersleri içerir. Genellikle 1 ve 2 gibi küçük sınıflarda zorunlu dersler çoğunlukta, 3 ve 4 gibi büyük sınıflarda seçmeli derslerin sayısı artar. Öğrenciler hangi konuya ilgi duyuyorlarsa ya da iş hayatında hangi alanda çalışmak istiyorlarsa ona göre seçimler yapabilirler. Öğrencilerin seçim şansının azaltılmaması için bu derslerin zorunlu derslerle ve diğer seçmeli derslerle çakışmaması gerekir [Daskalaki ve ark., 2004].

Üniversitelere ait bu gibi özelliklerin bilinmesi ile ders çizelgeleme problemi için ihtiyaç duyulan girdiler belirlenebilir. Bir çizelgeleme problemi için ihtiyaç duyulan girdiler; genel girdiler (günlük ders saati sayısı, derslerin sabah saat kaçta başlayacağı, ara saatleri, dersler, öğretim elemanları, uygun laboratuvar ve sınıflar), ders girdileri (dersin kaç saat olduğu, haftada kaç gün olacağı, dersin kaç şubesi

olduğu), sınıf girdileri (sınıf tipi, sınıf sayısı, sınıf kapasitesi, bir sınıfta işlenecek derslerin listesi) ve öğretim elemanları girdileri (öğretim elemanının hangi dersi kaç saat verdiği ve tercihleri) olarak sınıflandırılabilir [Soule, 2006].

Ders çizelgeleme problemleri üç alt probleme ayrılmıştır. Bunlar; ders-öğretim elemanı atama problemleri, olay-zaman atama problemleri ve olay-sınıf atama problemleridir. Ders-öğretim elemanı atama problemlerinde öğretim elemanlarının tüm sınıflar için olaylara atanması yapılır. Olay-zaman atama problemlerinde tüm sınıfların tüm olayları belli zaman dilimlerine atanır, olay-sınıf atama problemlerinde ise tüm olaylar belirli sınıflara atanır. Birçok eğitim kurumunda derslerin öğretim elemanlarına atanması elle yapılmaktadır ve olayların belli zaman dilimlerinde sınıflara atanması ikinci plana atılarak daha sonradan ayrıca yapılmaktadır. Gerçek hayat uygulamalarında bu üç problem ayrı ayrı çözülmektedir [Malim, 2006].

Eğitim sürecinin verimli olabilmesi için, oluşturulan ders çizelgesi kurumun belirli kısıtlarını karşılamalıdır. Ders çizelgeleme problemine ait tüm kısıtlar 2 ana grupta toplanabilir. Bunlar sıkı kısıtlar ve yumuşak kısıtlardır. Sıkı kısıtlar her akademik kurumda olması gereken, mutlak ihtiyaçları ifade eden zorunlu kısıtlardır. İhlal edilmeleri durumunda problem çözülemez. Yumuşak kısıtlar ise, akademik kurumun isteklerine bağlı olan kısıtları ifade eder. Bu kısıtların ihlali çok fazla tercih edilmese de uygun çözümün elde edilmesine engel olmaz [Botsalı, 2000]. Yumuşak kısıtlar ne kadar çok arttırılırsa, akademik kurumların istekleri bir o kadar sağlanmış olacağından oluşturulan çizelgenin verimliliği de bir o kadar artacaktır. Ancak bu kısıtların arttırılması problem boyutunu da arttıracığından çoğu zaman uygun çözümün elde edilmesi zorlaşacaktır. Bu durumda bu kısıtlar gevşetilerek, amaç fonksiyonu içerisinde çözüm kalitesini ölçmek amacıyla kullanılabilir [Burke ve ark., 2007]. Bir derslikte aynı ders saatinde farklı iki şubenin dersinin olamayacağı sıkı kısıtlara birer örnek iken müfredat dönemi derslerinin gün içerisinde sabah saatlerine konması isteği yumuşak kısıtlar için örnek olarak verilebilir [Yiğit, 2006].

Problem boyutu açısından NP- zor problemler sınıfında yer alan üniversite ders çizelgeleme problemleri yaklaşık 50 yıldır araştırmacıların yoğun ilgisini çekmektedir. Bu problemler üzerine birçok çalışma yapılmış ve çözüme ulaşmak

amacıyla pek çok değişik çözüm yöntemi ve algoritma geliştirilmiştir. Ancak, özel ihtiyaçlar ve kısıtlar sebebi ile kurumdan kuruma değişiklik gösteren ders çizelgeleme problemleri genel bir yapıya oturtulamamıştır [Lai ve ark., 2006].

2.2.3. Ders çizelgeleme problemleri çözüm yaklaşımları

Yaklaşık 1950 yılından itibaren çeşitliliği ve karmaşıklığından dolayı araştırmacıların yoğun ilgisini çeken ders çizelgeleme problemlerinin çalışmalarına günümüzde de devam edilmektedir. Literatür incelendiğinde problemin çözümü için pek çok değişik çözüm yaklaşımı ve algoritmanın geliştirildiği görülmektedir. Bu yaklaşımlardan grafik renklendirme sezgiselleri, matematik programlama, tavlama benzetimi, tabu arama, genetik algoritmalar ve kısıt programlama problemin çözümünde en çok karşılaşılan yaklaşımlardır [Burke ve ark., 2001]. Eğitim öğretim kurumlarında karşılaşılan zaman çizelgeleme problemlerinden okul çizelgeleme ve üniversite sınav çizelgeleme problemlerinin çözümü için de aynı yaklaşımların kullanıldığı görülmektedir. Aşağıda bu yaklaşımların bir özeti verilmiştir.

Grafik Renklendirme Sezgiselleri ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için geliştirilen ilk yaklaşımlardandır. Bunun öncesinde üniversitelerde hazırlanan ders çizelgeleri her seferinde bir önceki dönemin çizelgesi üzerinde değişiklikler yapılarak elle oluşturulmaktaydı. Grafik renklendirme, graf üzerinde birbirine komşu olan düğümlere farklı renk atama işlemidir. Amaç; en az sayıda renk kullanılarak tüm düğümlere komşularından farklı birer renk vermektir. Renklendirmede kullanılan renk sayısı kromatik sayı olarak adlandırılır [Balık ve ark., 2006]. Grafik renklendirme problemleri Np-zor tipli bir problemdir ve literatürde bu problemler için birçok sezgisel yaklaşım geliştirilmiştir [Erdoğan, 2003].

Derslerin belirli zaman periyotlarına çizelgelenmesi ile ilgilenen ders çizelgeleme problemleri grafik renklendirme problemlerine denktir. Grafik renklendirme problemlerinin ders çizelgeleme problemlerine uyarlanması aşağıda verildiği gibi olabilir.

Ders çizelgeleme problemlerinde şebekeler; dersler ve bu dersler arasındaki komşuluklara göre oluşturulabilir. Komşuluklar bir öğrencinin aldığı derslere bakılarak kurulabilir. Aynı öğrencinin aldığı dersler komşu ilan edilir. Şebeke üzerindeki düğümler dersleri, düğümler arasındaki bağlantılar da komşulukları ifade etmektedir. Uygun bir algoritma seçilerek, bu algoritma tüm düğümler renklendirilinceye kadar uygulanır. Sonuç olarak; renklendirme yapılırken kullanılan renk sayısı, ders yerleştirme için ihtiyaç duyulan saat sayısını vermektedir. [Balık ve ark., 2006]

Matematik programlama ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için geliştirilen bir diğer çözüm yaklaşımıdır. Bu kapsamda problemin çözümü için, doğrusal programlama, tamsayı programlama ve amaç programlama yaklaşımları kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Bilgisayar teknolojisinin sınırlı olduğu zamanlarda matematik programlama büyük boyutlu problemlerin çözümünde yetersiz kalıyordu bu sebeple çok boyutlu ve karmaşık yapıda olan ders çizelgeleme problemlerinin geçmişine bakıldığında bu çözüm yaklaşımının çok tercih edilmediği görülmektedir. Ancak günümüz bilgisayar donanımı ve yazılımı oldukça geliştiği için bu çözüm yaklaşımı yine yoğun olarak araştırmacıların ilgisini çekmekte ve ders çizelgeleme problemlerinin de çözümünde yoğun olarak kullanılmaktadır [Daskalaki ve ark., 2004].

Tavlama benzetimi ilk defa Kirkpatrick tarafından ortaya konulmuş olasılıklı bir yerel arama yaklaşımıdır. Yerel bir en iyi noktaya yakalanmadan en iyi çözümün araştırılması için geliştirilmiş iteratif iyileştirme algoritmalarıdır [Benli ve Botsalı, 2004]. Tavlama benzetimi tekniği ders çizelgeleme problemlerinin çözümünde aşağıda verildiği gibi kullanılabilir.

Metallerin tavlama işlemini baz alan tavlama benzetimi tekniğine göre rasgele atamaların yapılmış olduğu bir ders çizelgesi başlangıç çözümü olarak kabul edilir. Belirli bir sıcaklık ve maliyet değerine sahip olan bu başlangıç çözümü üzerinde belirli hareket mekanizmaları kullanılarak yeni bir komşu çözüm elde edilir. Bu işlem metallerin tavlama aşamasında uygulanan soğutma işlemine denktir. Elde edilen yeni komşu çözümün maliyet değeri ile başlangıç çözümünün maliyet değeri

karşılaştırılır. Bu aşamada tavlama benzetimi kullanılmasının sebebi başlangıç çözümünü iyileştirmektir. İstenen sonuca ulaşıldığında, yani komşu çözümün maliyet değeri başlangıç çözümünün maliyet değerinden daha iyiye, bu komşu çözüm mevcut başlangıç çözümünün yerini alır. Aksi takdirde yani; komşu çözümün maliyet değeri başlangıç çözümünün maliyet değerinden daha kötüye, başlangıç çözümü değişmeden mevcut çözüm olarak kalır. Tavlama benzetimi tekniği kullanılarak geliştirilen model istenilen bir durdurma kriterine ulaşana kadar devam eder. Belirlenen bir sıcaklık değeri veya iterasyon sayısı durdurma kriteri olabilir. Durdurma kriteri gerçekleştiğinde en iyi maliyete sahip olan ders çizelgesi en iyi çözüme yakın çözüm olarak kabul edilir.

Tabu Arama Algoritması ilk kez 1986 yılında Glover ve bundan bağımsız olarak Hansen tarafından geliştirilmiştir. Tavlama benzetimi gibi yerel en iyi noktalara takılmayı önlemek amacıyla geliştirilmiş iteratif bir iyileştirme algoritmasıdır. Tabu arama algoritmasının ana bileşenleri; başlangıç çözümü, hareket mekanizması, tabu yıkma kriterleri, hafıza, tabu listesi ve durdurma kriterinden oluşmaktadır. Tabu aramada başlangıç çözümü ya rasgele ya da çözüm kurucu bir algoritma kullanılarak oluşturulabilir. Uygun bir hareket mekanizması seçilerek mevcut çözüm üzerinde değişiklikler yapılır ve yeni komşu çözümler elde edilir. Elde edilen en iyi çözüm mevcut çözümle yer değiştirir. Tabu yıkma kriterleri; tabu olarak belirlenen kullanılması yasak bir hareketin yapılabileceği durumları belirtmek için kullanılır. Örneğin; aramada mevcut iterasyona kadar elde edilen çözümden daha iyi bir çözüm varsa, hareket tabu olmasına rağmen yapılabilir. Tabu aramada iki tip hafıza söz konusudur. Bunlar kısa süreli hafıza ve uzun süreli hafızalardır. Kısa süreli hafıza yakın zamanda yapılmış olan hareketlerin kümesidir. Uzun süreli hafıza ise, sıklıkla gerçekleşmiş olan hareketlerin kümesidir. Kısa süreli hafızalar döngü oluşumunu engellemek için, uzun dönemli hafızalar ise; çözüm uzayını çeşitlendirmek ve kuvvetlendirmek için kullanılmaktadır. Tabu arama algoritmasında tabu listesi kısa ve uzun süreli hafızaların listesidir. Aramada yapılan tüm hareketler tabu listesinde tutulur. Her iterasyonda yeni çözümü elde etmek için yapılan hareket tabu listesine eklenir ve eğer liste doluysa en son hareket listeden çıkartılır. Tabu araması, durdurma kriterlerinden biri gerçekleştiğinde biter. Bu ölçütler, en iyi çözüme

ulaşmak, zaman aşımı veya azami tekrar sayısına ulaşmak olabilmektedir [Dammak ve ark., 2008].

Tabu arama algoritmasının ders çizelgeleme problemlerine uyarlanması, ilk olarak dersler rasgele ya da çözüm kurucu bir algoritma yardımıyla başlangıç tablosuna yerleştirilir. Bu şekilde elde edilen ders çizelgesi başlangıç çözümü olarak kabul edilir. Daha sonra uygun hareket mekanizmaları seçilerek bu başlangıç çözümü üzerinde değişiklikler yapılır ve yeni komşu çözümler üretilir. Bu aşamada kullanılacak en temel hareket mekanizması iki farklı derse atanan zaman dilimlerinin yer değiştirmesi olabilir. Elde edilen yeni komşu çözümün amaç fonksiyonu değeri başlangıç çözümünün amaç fonksiyonu değerinden daha iyiye, bu komşu çözüm başlangıç çözümüyle yer değiştirir. Tabu listesinde, değiştirilen ders ve dersin atandığı zaman dilimi saklanır. Eğer bir hareket tabu almasına rağmen, amaç fonksiyonu değerini iyileştiriyorsa, bu hareket tabu yıkma kriteri olarak ifade edilir ve yeni komşu çözümlerin aranmasında kullanılabilir. Tabu araması, durdurma kriterlerinden biri gerçekleştiğinde veya amaç fonksiyonunda bir gelişme olmayıncaya kadar devam eder. Tabu araması sonlandırıldığında en iyi çözüme sahip olan komşu çözüm en iyi çözüme yakın çözüm olarak kabul edilir.

Genetik algoritmalar, temel ilkeleri John Holland tarafından ortaya atılmış doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Geleneksel optimizasyon yöntemlerine göre farklılıkları olan genetik algoritmalar, parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar. Diğer bir önemli üstünlükleri ise çözümlerden oluşan popülasyonu eş zamanlı incelemeleri ve böylelikle yerel en iyi çözümlere takılmamalarıdır. Genetik algoritmalar, çözümlerin kodlanmasını, uygunlukların hesaplanmasını, çoğalma, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içermektedirler.

Genetik algoritmalar ders çizelgeleme problemlerinde aşağıda verildiği sırada kullanılabilirler.

- Arama uzayındaki tüm mümkün çözümler yani ders çizelgeleri dizi olarak kodlanır.
- Genellikle rassal bir çözüm kümesi seçilir ve bu küme başlangıç popülasyonu olarak kabul edilir.
- Her bir dizi için bir uygunluk değeri hesaplanır, bulunan uygun değerleri dizilerin çözüm kalitesini gösterir.
- Bir grup dizi belirli bir olasılık değerine göre rassal olarak seçilip çoğalma işlemi gerçekleştirilir.
- Yeni bireylerin uygunluk değerleri hesaplanarak, çaprazlama ve mutasyon işlemlerine tabi tutulur.
- Önceden belirlenen kuşak sayısı boyunca yukarıdaki işlemler devam ettirilir.
- İterasyon, belirlenen kuşak sayısına ulaşınca işlem sona erdirilir. Amaç fonksiyonuna göre en uygun olan dizi en iyi çözüme yakın çözüme sahip ders çizelgesi olarak seçilir [Emel ve Taşkın, 2002].

Kısıt programlama, büyük boyutlu problemlerin çözümünde etkin sonuçlar veren yeni yaklaşımlardan biridir. Kısıt programlama yaklaşımında, ders çizelgeleme problemleri kısıt tatmin problemi olarak modellenmektedir. Bir kısıt tatmin problemi üç ana bileşenden oluşur. Bunlar; değişkenler, her bir değişkenin alabileceği değerler seti ve değişkenlerin aynı zamanda alabileceği değerleri sınırlayan kısıtlardır. Ders çizelgeleme probleminde dersler kısıt programlamanın değişkenlerini, çizelgeleme kısıtları da kısıt setini oluşturmaktadır. Kısıt tatmin probleminde amaç, tüm kısıtları sağlayan değişkenlerin değerlerinin bulunması iken problemin optimizasyon yaklaşımında ise amaç; kısıtların sağlanmasının yanında amaç fonksiyonunu en iyileyen değerlerin bulunmasıdır. Kısıt programlamada; mevcut kısıt setine bağımlı olarak değişkenlerin alabileceği değerler için yeni kısıtlar üreten bir kısıt üretimi mekanizması söz konusudur. Burada amaç; iki değişkenin aynı anda alabileceği değerleri sınırlamaktır. Kısıt programlamanın bu özelliği ile değişkenlere değerleri atanırken, arama uzayı da küçültülmektedir. Bu durum, ders sayılarının çok fazla olduğu, dolayısıyla çözüm uzayının çok geniş olduğu problemlerin çözümünde kolaylıklar sağlamaktadır. Bu özellikleri ile kısıt programlama, ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için olumlu etkiler yaratmaktadır [Benli ve Botsalı, 2004].

Ders çizelgeleme problemlerinin çözümünde yukarıda verilen geleneksel çözüm yaklaşımlarının dışında son yıllarda gelişmekte olan karınca kolonisi optimizasyonu, bulanık mantık ve melez algoritma yaklaşımlarının da yoğun olarak kullanılmaya başlandığı görülmektedir.

Karınca kolonisi optimizasyonu, son yıllarda gelişen üst sezgisel yaklaşımlardan biridir. Doğadaki karıncaların yuva ve yiyecekleri arasında gidip gelirken işbirliği yapmaları temeline dayanan bu yaklaşımın ders çizelgeleme problemlerine uyarlanması ilk adım dersler ve derslerin atanacakları zaman dilimlerine bağlı olarak başlangıç feromon değerinin belirlenmesidir. Daha sonra, karınca kolonisi başlangıç dersini seçer. Her karınca çizelgeyi tamamlayana kadar bir sonraki derse seçmek için feromon miktarına bağlı olarak geçiş kuralını uygular. Çizelge oluşturulurken bir karınca diğer karıncaların turunu değiştirmek ve yerel en iyi noktalara takılmayı önlemek için yerel güncelleme kuralını uygulayarak seçilen dersler arasındaki feromon miktarını azaltır. Tüm karıncalar çizelgelerini tamamladıklarında o anki iterasyondaki en iyi ders çizelgesinin dersleri arasındaki feromon miktarını arttırmak ve diğer yolların feromon miktarlarını azaltmak için global güncelleme kuralı uygulanır. Böylelikle tüm karıncalar en iyi çizelge üzerinde odaklanacaklardır. Bu işlemler belirli bir durdurma kriterine kadar ardışık olarak tekrarlanmaktadır [Stützle ve Dorigo, 2003].

Bulanık mantık, doğrusal olmayan, karmaşık, modellenmesi güç ve bilgilerin niteliklerinin belirsiz olduğu durumlarda kullanılan bir yaklaşımdır. İnsan mantığında olduğu gibi çok az, az, orta vb. ara değerlere göre çalışmaktadır. Ders çizelgeleme problemlerinin bulanık mantık ile çözümü aşamasında her derse bulanık ağırlıklar verilmektedir ve en az maliyete sahip olan ders çizelgeye yerleştirilmektedir [Asmuni ve ark., 2005].

Bu tez çalışması kapsamında ders çizelgeleme problemlerinin çözümüne yönelik sunulan çözüm yaklaşımlarından iki veya ikiden fazlası birleştirilerek de problemin çözümüne ulaşılmaya çalışıldığı görülmektedir. Melez algoritmalar adını alan bu yaklaşımların yapılan deneyler sonucunda tek çözüm yaklaşımlarına göre daha

uygun zamanlarda daha etkin çözümler elde ettikleri görülmüştür [Gunawan ve ark., 2008].

2.2.4. Ders çizelgeleme problemleri literatür çalışmaları

Çalışmanın bu bölümünde bir önceki bölümde verilen ders çizelgeleme problemleri çözüm yaklaşımlarının uygulandığı çalışmalar verilmiştir.

Hertz ve Robert, ders çizelgeleme problemini daha basit alt problemlere bölerek çözümlerinde dersler, öğretim elemanları ve sınıflar açısından çakışmalar olduğunu görmüşlerdir. Bu çakışmaları engellemek amacıyla grafik renklendirme sezgisellerini kullanmışlar ve istenen sonuçlara ulaşmışlardır [Hertz ve Robert, 1998].

Boronic, matematiksel programlama ile benzetim tekniklerini birleştirerek bir model oluşturmuştur. Oluşturulan bu modelle her ders için ihtiyaç duyulan şube sayıları belirlenerek, öğretim görevlilerinin bu derslere atanması işlemi gerçekleştirilmiştir [Boronic, 2000].

Botsalı, ele aldığı ders çizelgeleme probleminin çözümü için matematiksel modelleri ve kısıt programlama yaklaşımını bir arada kullanmıştır. Üç aşamada çözülen problemin ilk iki aşamasında kısıt programlama yöntemi kullanılarak derslerin günlere atanması ve gün içinde derslerin saatlere atanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Üçüncü ve son aşamada ise, matematiksel programlama kullanılarak derslerin sınıflara atanması işlemi gerçekleştirilmiştir [Botsalı, 2000].

Dimopoulou ve Miletis, geliştirdikleri tamsayılı programlama modeline, öğretim elemanlarına atanan derslerin çakışmalarını önceden engelleyen bir veri setini girdi olarak vererek, ders çizelgeleme problemlerinin en önemli sorunlarından biri olan çakışma sorununu ortadan kaldırmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada büyük boyutlu problemlerin matematiksel programlama ile en iyi çözümünün zaman açısından çok zor bulunacağına değinmişler ve matematiksel modelden elde ettikleri çözümü, daha sonra sezgisel bir yöntemin başlangıç çözümü olarak kullanarak son çözüme ulaşmışlardır [Dimopoulou ve Miletis, 2001].

Müller, ders çizelgeleme problemini bir kısıt tatmin problemi olarak ifade etmiş ve buna bağlı olarak problemin çözümü için bir kısıt modeli ve çözüm algoritması geliştirmiştir. Geliştirilen algoritma, ileri bir arama algoritmasıdır ve içerisinde hem yerel arama hem de geri izleme yaklaşımlarını barındırmaktadır. Sonuç olarak, Charles Üniversitesi Matematik ve Fizik Fakültesi'nde denenen algoritmanın tüm kısıtları sağlayarak çok iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [Müller, 2002].

Wang, ders çizelgeleme problemleri kapsamında öğretim elemanlarının kişisel özelliklerine göre derslere atanması gerektiği üzerinde durmuş ve bu amaçla problemin çözümü için genetik algoritmaları kullanmıştır. Genetik algoritmalar ile öğretim görevlilerinin atanmalarında harcanan zamanın oldukça azaltıldığını belirterek, diğer yöntemlere göre daha etkin ve esnek çizelgelere ulaşıldığını ifade etmiştir. Çalışmanın devamında, aşırı kısıtlandırılmış problemleri çözmek, öğretim elemanlarının ders yüklerini dengelemek ve tüm sistemin memnuniyetini ölçmek amacıyla oluşturduğu genetik algoritmayı geliştirmiş ve oldukça iyi sonuçlar elde etmiştir [Wang, 2002].

Valouxis ve Housos, Yunan liselerindeki ders çizelgeleme probleminin çözümü için kısıt programlama yaklaşımını kullanmış ve oldukça iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Bu yaklaşımı, öğrencilerin ders gördükleri sınıfta sabit oldukları ve öğretim elemanlarının sınıflar arasında dolaştıkları varsayımına göre uygulamışlardır [Valouxis ve Housos 2003].

Sigl ve ark., büyük boyutlu problemlerin çözümünde de kullanılması amacıyla problemin çözümü için genetik algoritmaları kullanmışlardır. Geliştirdikleri algoritmada kullandıkları akıllı operatörler sayesinde çakışmaların tümünü engellemişler ve algoritmanın performansını oldukça iyileştirmişlerdir [Sigl ve ark., 2003].

Mahdi ve ark., ders çizelgeleme probleminin çözümü için parametre kontrollü bir genetik bir algoritma geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda genetik algoritmanın parametre setlerinin kontrol edilmesi ile çizelgenin kalitesinin artırılabilceğini ispat etmişlerdir [Mahdi ve ark., 2003].

Wang; Far East Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde bir döneme ait dersleri çizelgelemek için genetik algoritmaları kullanmıştır. Uygulama sonucunda, çizelgeleme zamanında ciddi azalmaların olduğu ve sonuçların öğretim elemanları tarafından tam olarak kabul edildiği belirtilmiştir [Wang, 2003].

Legierski ve Widawski, çizelgeleme sürecinde meydana gelebilecek bir değişikliğin anında oluşturulan modele yansıtılabilmesini sağlamak amacıyla, ders çizelgeleme probleminin çözümü için, kısıt programlama tekniğini kullanmışlardır. Kısıt programlama tekniği ile geliştirilen model, yeni kısıtları anında çözüme dahil edebilme özelliğine sahip esnek bir modeldir [Legierski ve Widawski, 2003].

Burke ve ark., birbirinden farklı ders çizelgeleme problemlerini çözebilmek amacıyla otomatik çizelgeleme metotlarının geliştirilmesi gerektiği üzerinde durmuşlar ve bu otomasyonun sağlanması için hiper-sezgisel bir çözüm yaklaşımı geliştirmişlerdir. Geliştirilen yaklaşımda tabu arama algoritması kullanılmıştır. Tabu arama algoritmasının kullanılmasının sebebi, bu algoritmanın çok çeşitli problemlerde kabul edilebilir sonuçlar vermesi ve tekrar kullanılabilirlik özelliğine sahip olmasıdır. Sonuç olarak, geleneksel çözüm yaklaşımlarına göre oldukça iyi sonuçlar elde edilmiş, ancak geliştirilen yaklaşımın genel bir yaklaşım olmasından dolayı, kurumların özel istek ve ihtiyaçlarında yetersiz kalabileceği ifade edilmiştir [Burke ve ark., 2003].

Daskalaki ve ark., ders çizelgeleme probleminin çözümü için tamsayı programlama modeli kullanmışlar ve bu modelden çok iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Model birçok akademik kurum için ortak ve sıkı olan kısıtları tam anlamıyla karşılamaktadır. Yumuşak kısıtlar amaç fonksiyonuna dahil edilerek modele aktarılmıştır. Amaç fonksiyonunun maliyet katsayılarının uygun bir şekilde düzenlenmesiyle arama uzayı daraltılmış ve bu şekilde çözüme daha rahat ulaşılabildiği gösterilmiştir [Daskalaki ve ark., 2004].

Şahin, ders çizelgeleme problemlerini dört öncelik grubu içeren bir amaç fonksiyonu oluşturarak hedef programlama yaklaşımı ile çözmeye çalışmıştır. Ancak, problem

boyutu açısından tek aşamada çözülemeyeceğinden, modeli beş alt aşamaya bölmüş ve sezgisel bir yöntem aracılığıyla çözüme ulaşmıştır [Şahin, 2004].

Parthiban ve ark., ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için personel tercihlerinin önemli bir yeri olduğunu ve bu tercihlerin değerlendirilmesinin problemi daha karmaşık bir hale dönüştürdüğünü belirtmişlerdir. Tercihlerin eksiksiz olarak dikkate alınması amacıyla analitik hiyerarşik proses tekniği kullanarak problemin çözümü için bir karar destek sistemi oluşturmuşlardır [Parthiban ve ark., 2004].

Müller ve ark., Purdue Üniversitesi ders çizelgeleme problemi için iteratif ileri arama algoritması geliştirmişlerdir. Ders çizelgeleme problemleri üzerine yapılan bir çok çalışmanın statik problemler üzerine yapıldığını ve bu problemlerin meydana gelebilecek bir değişiklik olması durumunda çözülemeyeceğini belirten araştırmacıların bu algoritmayı geliştirmelerindeki amaç, idareden gelecek her türlü değişikliğe karşı kısa zamanda etkin çizelgeler elde etmektir. Yapılan deneyler sonucunda algoritmanın çok kısa zamanlarda yeni değişiklikleri yansıtan yüksek verimli çizelgeler oluşturabildiği ispat edilmiştir [Müller ve ark., 2004].

Santiago-Mazos ve ark., bir İspanyol üniversitesinde kullanılmak üzere iki aşamalı genetik bir algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelin amacı, olabildiğince sık ve kişiselleştirilmiş çizelgelerin elde edilmesi olarak ifade edilmiştir. Modelin ilk aşamasında öğrenci tercihlerine göre öğrenciler gruplandırılmakta ve uygun çizelgeler elde edilmektedir. İkinci aşamada ise, modelin birinci aşamasından elde edilen çizelgeler geliştirilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, modelin amaca uygun, oldukça başarılı çizelgeler elde ettiği görülmüştür [Santiago-Mazos ve ark., 2005].

Cambazard ve ark., aşırı kısıtlandırılmış ders çizelgeleme problemleri üzerinde çalışmışlar ve çözüme daha kolay ulaşılabilmesi amacıyla bu kısıtları otomatik olarak gevşetebilen bir kısıt programlama modeli geliştirmişlerdir [Cambazard ve ark., 2005].

Daskalaki ve Birbas, gerçek hayat problemlerinin tamsayı programlama ile çözümünün bilgisayar zamanı açısından zor olacağını belirterek, ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için iki aşamalı yumuşatılmış bir tamsayı programlama modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelin ilk aşamasında çok zaman alan ardışıklık kısıtları için yumuşatılma işlemi yapılırken, ikinci aşamasında ise bu kısıtların iyileştirilmesi işlemi yapılmaktadır. Sonuçta, çözümler tek aşamalı modelle kıyaslanmış ve çözüm kalitesinde hiçbir azalma olmadan çözüm süresinin iki aşamalı model ile oldukça kısaldığı gösterilmiştir [Daskalaki ve Birbas, 2005].

Dasgupta ve Khazanchi, ders çizelgeleme problemini, dinamik karar destek problemi olarak tanımlamışlar ve problemin çözümü için kullanıcıların dinamik ve belirsiz durumlar altında karar vermelerini kolaylaştırmak amacıyla yazılım ajanları kullanmışlardır. Geliştirilen yaklaşımda kullanıcı sorgu modülü, ajan yaratma modülü, ajan çalıştırma platformu ile öğrenim yapan ve bu sayede karar verme sürecini iyileştiren akıllı ajanlar bulunmaktadır. Çalışmanın sonunda oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiş ve yazılım ajanlarının ders çizelgeleme problemlerinin çözümünde etkin olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir [Dasgupta ve Khazanchi, 2005].

Yang, ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için değişken çoklu ajan sistemi önermektedir. Bu sistemde 4 tür ajan bulunmaktadır. Bunlar, değişken ders ajanları ve sabit çizelge, yayınlayıcı ve ara yüz ajanlarıdır. Sistemdeki her ders ajanı, çizelge ajanı içerisinde birbirleriyle görüşmekte ve en tatmin edici atama bu görüşmeler sonucunda gerçekleştirilmektedir. Sonuçta kabul edilebilir uygun çözümler elde edilmiştir [Yang, 2005].

Asmuni ve ark., ders çizelgeleme probleminde olayların eş zamanlı sıralanmasıyla ilgilenmişler ve problemin çözümü için bulanık metotları kullanarak 3 farklı sezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Bu sezgiseller, en büyük derece, doygunluk derecesi ve en büyük kayıt sezgiselleridir. Yapılan çalışmada her olaya bir bulanık ağırlık değeri atanmıştır. Bu ağırlık değeri, olayların çizelgelenmesinin ne derece zor olduğunu ifade etmektedir. Bu ağırlıklar büyükten küçüğe doğru sıralanmakta ve ceza maliyet değeri en küçük olan olay haftalık çizelge içerisindeki en son zaman dilimine

atanmaktadır. Bu işlem tüm olayların çizelgelenmesi gerçekleştirilene kadar devam etmektedir. Önerilen algoritma 11 farklı veri seti üzerinde denenmiş ve bu algoritma ile iyi kalitede çözümler elde edildiği tespit edilmiştir [Asmuni ve ark., 2005].

Abdullah ve ark., ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için değişken komşuluk arama yaklaşımı geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu arama yaklaşımında, rastsal yerel aramalar söz konusu olup, komşuluk yapısı üstel monte carlo kriterine göre değerlendirilmektedir. Çözüm, bu kriteri göre komşuluk yapısı kabul edildiği takdirde elde edilmektedir. Geliştirilen yaklaşım 11 farklı veri seti üzerinde test edilmiş ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir [Abdullah ve ark., 2005].

Mushi, uygun olmayan çözümlere ceza değerleri vererek, bu cezaları minimuma indirmek amacıyla sezgisel olarak ders çizelgeleri üreten tabu arama algoritmasını kullanmıştır. Geliştirilen algoritma belirli bir üniversitede uygulanmış ve sonuçları üniversitede önceden elle hazırlanmış ders çizelgeleri ile kıyaslanmıştır. Bu tür çalışmalarda tabu aramanın en iyi hareket seçim algoritması olduğunu ifade eden araştırmacı, tabu arama algoritmasında dikkatli ve özenli parametre seçimiyle, elle hazırlanan çizelgelere göre çok daha iyi sonuçlar elde edildiğini tespit etmiştir [Mushi, 2006].

Mir Hassani, Shahrood Üniversitesi'nin ders çizelgelerini hazırlamak amacıyla tamsayılı programlama modeli geliştirmiştir. Geliştirilen modelde, çözümün kolay olması için, sınıf atamaları ve öğrenci tercihleri dolaylı olarak ele alınmıştır. Burada amaç, modelin boyutlarının büyümesini engellemektir. Tamsayılı programlama modellerinin oluşturulmasının basit ve uygulamalarının hızlı olduğunu belirten Mir Hassani, çalışmasının sonunda tamsayılı programlamanın gücünden ve özelliklerinden dolayı modelin birçok üniversiteye uygun şekilde genişletilebileceğini ifade etmiştir [Mir Hassani, 2006].

Lai ve ark., uzman sistemler ile kısıt programlamayı bir arada kullanarak ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir yapay zeka yaklaşımı geliştirmişlerdir. Uzman sistemler ile meydana gelebilecek değişikliklere karşı esneklik sağlarken,

kısıt programlama ile de önceden belirlenen kısıtların önceliklerine göre sağlanması işlemi gerçekleştirilmiştir [Lai ve ark., 2006].

Yiğit, meslek liselerinde kullanılmak üzere; uygun ders çizelgelerinin hazırlanabilmesi için genetik algoritmaları kullanmıştır. Ders çizelgeleme işlemi için; C++ programlama dilini kullanarak kullanıcı ara yüzü bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Geliştirilen kullanıcı ara yüzü program sayesinde, kullanıcılar modeli anlamalarına gerek olmaksızın, istenen verileri programa girebilmekte ve çıktılarına yani ders çizelgelerine kolaylıkla ulaşabilmektedirler. Bu çalışmanın sonunda yapılan deneysel çalışmalar ile genetik algoritmalar ile uygun ders çizelgeleri elde edilebileceği gösterilmiştir [Yiğit, 2006].

Mahar, ders çizelgeleme problemlerinin çok boyutlu ve yüksek kısıtlı problemler olması sebebiyle, çizelgeleme işleminin elle yapılmasının tatminkar sonuçlar veremeyeceğini ve çok zaman alacağını, bu sebeple çizelgelerin otomatik olarak üretilmesi gerektiğini belirtmektedir. Mahar, çizelgelerin otomatik olarak üretilmesi için genetik algoritmaları kullanarak bir model geliştirmiştir. Geliştirilen model, Mısır'da bir lisede uygulanmış ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda; genetik algoritmaların klasik algoritmalara göre daha verimli ve esnek sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [Mahar, 2006].

Malim ve ark., ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için ters seçim algoritmasını kullanmışlardır. Deneysel çalışmalarında; 3 farklı veri setinde geliştirdikleri yöntemi test etmişler ve kısıtları çok iyi şekilde karşılayan oldukça kaliteli çizelgeler elde ettiklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılar bir sonraki çalışmalarında; geliştirdikleri algoritmanın sonuçlarını diğer algoritma sonuçlarıyla karşılaştıracaklarını ifade etmişlerdir [Malim ve ark., 2006].

Norberciak, ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için iki aşamalı bir genetik algoritma geliştirmiştir. Algoritmanın ilk aşamasında işlem parametreleri kümesi üzerinden çözüm bulunmakta, ikinci aşamasında ise bu parametreler tespit edilmektedir. Algoritmanın ilk aşamasında aramayı genişletmek ve çözüme daha

hızlı bir şekilde ulaşmak amacıyla tabu arama algoritması kullanılmıştır. Deneyler sonucunda, geliştirilen modelin tatminkar çözümler ürettiği görülmüştür [Norberciak, 2006].

Dammak ve ark., Tunus Üniversitesi'nin bir bölümüne ait ders ve eğitselleri çizelgelemek için 0-1 tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Dersler ve eğitselleri ifade eden iki karar değişkenli modelin geliştirilmesindeki amaç, farklı öğrenci grupları tarafından alınan tüm dersler ve eğitseller için uygun çizelgelerin üretilmesidir. Kısıtların çok fazla olması sebebiyle, çözüme ulaşılabilmesi için 3 farklı sezgisel prosedür kullanılmıştır. İlk prosedürde, farklı öğrenci gruplarına ait derslerin sınıf kapasiteleri dikkate alınarak atanması işlemi, ikinci prosedürde ise; eğitsellerin atanması işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu iki prosedürden sonra problem geliştirilen tamsayı programlama modeli ile çözülmekte ve sonuçlar elde edilmektedir. Son olarak elde edilen sonuçların iyileştirilmesi işlemi 3. sezgisel prosedürü ile gerçekleştirilmektedir [Dammak ve ark., 2006].

Al-Yakoob ve Sherali ders çizelgeleme problemini oluşturdukları iki aşamalı matematiksel programlama modeli ile çözmeye çalışmışlardır. Modelin ilk aşamasında derslerin verileceği saatler belirlenirken, ikinci aşamasında ise; derslere öğretim elemanları atanmaktadır. Kuveyt üniversitesi için oluşturulan bu model, üniversitedeki birçok değişik örnek durum için ayrı ayrı çalıştırılmış ve her durum için modelin çok iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu çalışmanın devamında yönetimden gelecek her türlü değişikliğe kolay uyum sağlanması, çakışmaların tam olarak engellenmesi amacıyla modele cinsiyet politikalarına kadar inen özel kısıtlar eklenmiş ve geliştirilen karışık tamsayılı programlama modeli ile daha etkin çizelgeler elde edilmiştir [Al-Yakoob ve Sherali, 2006, 2007].

Cheng ve Kruk, üniversitelerde her dönem başında karşılaşılan ders çizelgeleme probleminin çözümü için tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelde örnek bir durum ele alınmış ve öğretim elemanlarının memnuniyetleri optimize edilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen modelde çözüme 2 aşamada ulaşılabilir. İlk aşamada öğrenci ve sınıf ihtiyaçları ile ilgilenilirken, ikinci aşamada öğretim elemanları tercihleri ile ilgilenilmektedir. Sonuçta, modelin tüm

çözücülerinin problemi oldukça hızlı çözdüğü ve optimum çözümlerin elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca, öğretim elemanlarının her yeni istekleri modele yansıtılmış ve modele dahil edilen hiçbir değişikliğin çözüm süresini etkilemediği tespit edilmiştir. Bu durum, bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılan en belirgin özellik olarak ifade edilmiştir [Cheng ve Kruk, 2007].

Burke ve ark., ders çizelgeleme problemlerinin çözümünde ilk olarak geliştirilen grafik renklendirme sezgisellerine dayalı basit bir genetik hiper-sezgisel model geliştirmişlerdir. Oluşturulan düğümlerin renklendirme işlemi için tabu arama algoritması kullanılarak ders çizelgeleri elde edilmiştir. Geliştirilen yaklaşımda kullanılan sezgiseller arama uzayını ve bununla ilişkili olarak bilgisayar çalışma zamanını oldukça arttırmaktadır. Buna rağmen, yapılan deneyler sonucunda geliştirilen bu algoritma ile daha iyi ve kabul edilebilir sonuçlar elde edildiği görülmüştür [Burke ve ark., 2007].

Mayer ve ark., ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için daha çok son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlayan sezgisel yaklaşımlardan karınca kolonisi optimizasyonunu kullanmışlardır. Bu çözüm yaklaşımında yapay karıncalar doğal olayları ve yerel bilgileri kullanarak çözümleri üretmektedir. Geliştirilen algoritmanın en belirgin özelliği, zaman dilimleri ve olaylar gibi birbiriyle ilişkili ve birbirinden farklı matrisleri kullanmasıdır. Buradaki amaç, yakınsamanın geliştirilmesidir. Böylelikle yerel bir iyileştirme metodu üretilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, oldukça esnek ve başarılı çözümler elde edilmiş, birçok örnek durum için ise en iyi çözümün elde edildiği gözlemlenmiştir [Mayer ve ark., 2007].

Cura, fakülte derslerinin çizelgelenmesi problemini tavlama benzetimi algoritmasını kullanarak çözmüştür. Yapılan çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak öğretim görevlilerinin kıdemleri dikkate alınmıştır. Geliştirilen algorithmada; çözüme iki aşamada ulaşılabilmektedir. Algoritmanın ilk aşamasında, aynı zaman dilimine yerleştirilebilecek dersler aranmakta, ikinci aşamasında ise; dersler zaman çizelgesinde en uygun yerlere yerleştirilmektedir. Algoritma; İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi'nin belirli bir döneme ait verileri üzerinde denenmiş ve sonuçları genetik algoritmalar ve tabu arama algoritmalarının sonuçları ile kıyaslanmıştır.

Sonuç olarak, tavlama benzetiminin diğer algoritmalarla göre daha iyi çizelgeler ürettiği tespit edilmiştir [Cura, 2007].

Hossain ve Zibran, kısıt programlama teknolojisini kullanarak ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için çok evreli bir uygulama geliştirmişlerdir. Geliştirilen uygulama 4 evreden oluşmaktadır. İlk evrede, öğretim görevlileri derslere, laboratuvarlara ve eğitsellere; ikinci evrede dersler günlere, üçüncü evrede dersler haftalık çizelge içerisindeki zaman dilimlerine, dördüncü ve son evrede de gün içerisindeki uygun saatler bulunarak, laboratuvar ve eğitseller günlere atanmaktadır. Amaç fonksiyonu kısıtların ve tercihlerin maksimizasyonu olarak tanımlanan uygulamanın her evresi uygun sezgiseller kullanılarak kısıt programlama yaklaşımı ile çözülmüştür. Sonuçta uygun çözümlere ulaşılmıştır [Hossain ve Zibran, 2007].

Gunawan ve ark., ders çizelgeleme ve öğretim elemanı atama problemini aynı anda ele almışlar ve problemleri eş zamanlı çözebilmek amacıyla matematiksel programlama modeli geliştirmişlerdir. Matematiksel programlamanın büyük boyutlu problemleri çözmede yetersiz kalmasından dolayı, sezgisel algoritmalarla yararlanmaya karar vermişler ve içerisinde hem tavlama benzetimi hem de tabu arama algoritmasını barındıran melez bir algoritma geliştirmişlerdir. Önerilen algoritmada, her iki sezgiselin yararlı özellikleri kullanılmış ve sonuç olarak uygun çözüm zamanlarında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir [Gunawan ve ark., 2008].

Abdullah ve Hamdan, ders çizelgeleme problemlerinin çözümünde sıkı kısıtların sağlanması ile uygun çözümün elde edilmesinin yanı sıra, yumuşak kısıtların da verimliliğin artırılması açısından büyük oranda sağlanması gerektiği üzerinde durmuşlar ve bu amaçla melez bir sezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritma 3 bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, çözüm kurucu bir sezgiselle başlangıç çözümü üretilmektedir. Bu başlangıç çözümü, algoritmanın ikinci bölümünde rastsal yinelemeli bir algoritma ile geliştirilmektedir. Geliştirme işlemi yeni komşu çözümlerin üretilmesi ve sonuçlarının başlangıç çözümü sonuçlarıyla kıyaslanması ile gerçekleşmektedir. Komşu çözümlerin üretilmesinde tavlama benzetimi algoritması kullanılmıştır. Algoritmanın üçüncü ve son aşamasında elde

edilen çözümü daha çok geliştirmek amacıyla, tepe tırmanma yaklaşımı uygulanmıştır. Geliştirilen çözüm yaklaşımı, 11 farklı veri seti üzerinde test edilmiş ve melez algoritmanın geleneksel algoritmalara rakip olacak şekilde başarılı çözümler elde ettiği görülmüştür. Araştırmacılar, çalışmanın sonunda büyük veri setleri için melez algoritmaların daha başarılı sonuçlar verdiklerini belirtmişlerdir [Abdullah ve Hamdan, 2008].

Bakır ve Aksop, Gazi Üniversitesi İstatistik Bölümünde kullanılmak üzere, ders çizelgelerinin hazırlanabilmesi için 0-1 tamsayı programlama modeli geliştirmişlerdir. Modelin asıl amacı, öğrenci ve öğretim elemanlarının memnuniyetsizliklerinin en aza indirilmesi olarak tanımlanmıştır. Model, meydana gelebilecek yeni kısıt ve kriterlere uyum sağlayacak şekilde esnek bir model olarak üretilmiştir. Sonuçta, bölüm için oldukça başarılı ders çizelgeleri elde edilmiş ancak en iyi sonuç elde edilememiştir. Problem boyutunun yüksek olması sebebiyle, en iyi sonucun elde edilmesinin bilgisayar çalışma zamanını çok arttıracığından araştırmacılar bir sonraki çalışmalarında değişken sayısını azaltarak sezgisel algoritmalarından yararlanacaklarını belirtmişlerdir [Bakır ve Aksop, 2008].

Lü ve Hao, üniversite ders çizelgeleme probleminin çözümü için tabu arama algoritmasını kullanmışlardır. Önerilen algoritma; başlangıç, kuvvetlendirme ve çeşitlendirme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Algoritmanın başlangıç bölümünde çözüm kurucu bir algoritma aracılığıyla başlangıç çözümü oluşturulmakta, diğer iki aşamada ise sert kısıtlar sağlanırken; bununla eş zamanlı olarak yumuşak kısıtların ihlali azaltılmaya çalışılmaktadır. Önerilen algoritmada, farklı arama mekanizmalarıyla farklı komşuluk yapıları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar 5 farklı algoritmanın sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve en iyi sonuca modelde kullanılan tabu arama algoritması ile ulaşıldığı gösterilmiştir [Lü ve Hao, 2008].

Gunawan ve ark., ders çizelgeleme probleminden önce öğretim elemanı atama probleminin çözülmesi gerektiği üzerinde durmuşlar ve bu çalışmalarında öğretim elemanı atama problemini çözmeye çalışmışlardır. Bu atama problemini ilk olarak matematiksel programlama modeli olarak formüle eden araştırmacılar daha sonra iki farklı çaprazlama operatörünün kullanıldığı iki aşamalı bir genetik algoritma

geliştirmişlerdir. Algoritmanın ilk aşamasında, öğretim elemanlarına atanacak ders ve ders sayılarına karar verilirken, ikinci aşamada öğretim elemanlarının ders yüklerini dengeleyecek şekilde atama gerçekleştirilmektedir. Geliştirilen algoritma Endonezya’da bir üniversitede iki farklı bölüme ait veriler üzerinde test edilmiş ve bölümlerin elle yaptıkları atamalara göre çok daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir [Gunawan ve ark., 2008].

Pongcharoen ve ark., üniversite ders çizelgeleme problemlerinin çözümü için içerisinde genetik algoritmalar, tavlama benzetimi ve rassal arama algoritması barındıran olasılıklı bir optimizasyon aracı geliştirmişlerdir. Bu araç içerisindeki her algoritma bir bakım süreci içermekte ve bu bakım sürecinde uygun olmayan çözümler düzeltilmektedir. Geliştirilen algoritmalar çizelgeleri yumuşak kısıtlara göre değerlendirmektedir. Öğrenci hareketlerinin en aza indirilmeye ve çakışmaların engellenmeye çalışıldığı algoritmalarda öğretim elemanları tercihleri de dikkate alınmaktadır. Algoritmalar, işbirliği yapılan bir üniversitenin verileri ile test edilmiş ve hem genetik algoritmalar hem de tavlama benzetimi ile çok iyi çizelgeler elde edildiği görülmüştür. Yapılan testler sonucunda, genetik algoritmaların tavlama benzetimine göre % 54 daha hızlı çalıştığı tespit edilmiştir [Pongcharoen ve ark., 2008].

Aladağ ve ark., Hacettepe Üniversitesi İstatistik Bölümü’nde kullanılmak üzere uygun ders çizelgelerinin hazırlanabilmesi için tabu arama algoritmasını kullanmışlardır. Geliştirdikleri algoritmada, tanımlanan komşuluk yapılarına bağlı olarak, basit ve değiş tokuşlu hareketlerin çözüme etkileri incelenmiştir. Bu hareketlerle birlikte farklı iki komşuluk yapısı daha öneren araştırmacılar 4 komşuluk yapısı kullanarak geliştirdikleri algoritmalarını bölüm için test etmişler ve oldukça iyi sonuçlar elde etmişlerdir [Aladağ ve ark., 2009].

Broek ve ark., Eindhoven Üniversitesi ders çizelgeleme problemlerini çözmek için matematik programlama modeli geliştirmişlerdir. Problem 4 alt probleme ayrıştırılarak çözülmektedir. Her alt problem için tamsayı doğrusal programlama modelleri oluşturulmuş ve model CPLEX ile çözdürülmüştür. Optimum sonuçların elde edildiği bu yaklaşım üniversitede uygulamaya geçmiştir [Broek ve ark., 2009].

Çizelge 2.1. Ders çizelgeleme ile ilgili yapılan çalışmalar

S.No	Yazar	Yılı	Yöntem
1	Yang Y., Paranjape R., Benedicenti L., Reed N.	2005	Akıllı Ajan Sistemi
2	Parthiban P., Ganesh K., Narayanan S., Dhanalakshmi R.	2004	Analitik Hiyerarşi Tekniği
3	Asmuni H., Burke E.K., Garibaldi J.M.	2005	Bulanık Mantık
4	Abdullah S., Burke E.K., McCollum B.	2005	Değişken Komşuluk Arama Yaklaşımı
5	Wang Y.-Z.	2002	Genetik Algoritmalar
6	Sigl B., Golub M., Mornar V.	2003	Genetik Algoritmalar
7	Mahdi O., Ainon R.N., Zainuddin R.	2003	Genetik Algoritmalar
8	Wang Y.-Z.	2003	Genetik Algoritmalar
9	Santiago-Mozos R., Salcedo-Sanz S., DePrado-Cumplido M., Bousoño-Calzón C.	2005	Genetik Algoritmalar
10	Yiğit T.	2006	Genetik Algoritmalar
11	Mahar K.	2006	Genetik Algoritmalar
12	Norberciak M.	2006	Genetik Algoritmalar
13	Pongcharoen P., Promtet W., Yenradee P., Hicks C.	2008	Genetik Algoritmalar Tavlama Benzetimi Rassal Arama Algoritması
14	Hertz A., Robert V.	1998	Grafik Renklendirme Sezgiselleri
15	Şahin T.	2004	Hedef Programlama
16	Müller T., Bartak R., Rudova H.	2004	İteratif İleri Arama Algoritması
17	Dasgupta P., Khazanchi D.	2005	Karar Destek Sistemi
18	Mayer A., Nothegger C., Chwatal A., Raidl G.	2007	Karınca Kolonisi Optimizasyonu
19	Botsalı A. R.	2000	Kısıt Programlama
20	Müller T.	2002	Kısıt Programlama
21	Valouxis C., Housos E.	2003	Kısıt Programlama
22	Legierski W., Widawski R.	2003	Kısıt Programlama
23	Cambazard H., Demazeau F., Jussien N., David P.	2005	Kısıt Programlama
24	Hossain S., Zibran M.F.	2007	Kısıt Programlama
25	Boronico J.	2000	Matematiksel Programlama
26	Al-Yakoob S.M., Sherali H.D.	2006	Matematiksel Programlama
27	Al-Yakoob S.M., Sherali H.D.	2007	Matematiksel Programlama
28	Gunawan A., Ng K.M., Poh K.L.	2008	Matematiksel Programlama
29	Gunawan A., Ng K. M., Ong H. L.	2008	Matematiksel Programlama Genetik Algoritmalar
30	Abdullah S., Hamdan A.R.	2008	Melez Algoritmalar
31	Burke E.K., Kendall G., Soubeiga E.	2003	Tabu Arama Algoritması
32	Mushi A. R.	2006	Tabu Arama Algoritması
33	Burke E.K., McCollum B., Meisels A., Petrovic S., Qu R.	2007	Tabu Arama Algoritması
34	Lü Z., Hao J.-K.	2008	Tabu Arama Algoritması
35	Aladağ Ç.H., Hocaoglu G., Yeniay Ö.	2009	Tabu Arama Algoritması
36	Dimopoulou M., Miliotis P.	2001	Tamsayılı Programlama

Çizelge 2.1. (Devam) Ders çizelgeleme ile ilgili yapılan çalışmalar

37	Daskalaki S., Birbas T., Housos E.	2004	Tamsayılı Programlama
38	Daskalaki S., Birbas T.	2005	Tamsayılı Programlama
39	MirHassani S.A.	2006	Tamsayılı Programlama
40	Dammak A., Elloumi A., Kamoun H.	2006	Tamsayılı Programlama
41	Cheng E., Kruk S.	2007	Tamsayılı Programlama
42	Bakır M.A. ve Aksop C.	2008	Tamsayılı Programlama
43	Van Den Broek J., Hurkens C., Woeginger G.	2009	Tamsayılı Programlama
44	Cura T.	2007	Tavlama Benzetimi
45	Malim M.R., Khader A.T., Mustafa A.	2006	Ters Seçim Algoritması
46	Lai L., Hsueh N., Huang L., Chen T.	2006	Uzman Sistemler Kısıt Programlama

3. DERS ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN MODELLENMESİ

Bu tez çalışmasında Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü için ders çizelgeleme problemi ele alınmıştır ve problemin çözümüne yönelik pek çok üniversitede geçerli sayılabilecek temel kısıtlar içeren ve tek bir aşamada gerekli olan tüm atamaları gerçekleştirebilen bir model oluşturulmaya çalışılmıştır.

İncelenen bölümde ders çizelgeleri her müfredat dönemi başında yapılmaktadır. Ders çizelgeleri oluşturulmadan önce; tüm sınıflar için açılacak olan dersler, her dersin haftalık ders saatleri, derslerin şubeleri, dersleri veren öğretim elemanları ve derslerin verileceği derslikler ilgili birimler tarafından planlanmaktadır. Bölümde tam zamanlı öğretim elemanlarının dışında yarı zamanlı öğretim elemanları da görev almaktadır. Tam zamanlı öğretim elemanlarının başka üniversiteden doktora dersi almaları ve ya yarı zamanlı öğretim elemanlarının başka üniversitelerde tam zamanlı olarak görev almaları gibi durumlardan dolayı öğretim elemanları ders verecekleri saatleri kendileri belirleyebilmektedir.

Dersler haftalık süre içerisindeki ders saatlerine her gün öğleden önce dört ve öğleden sonra dört ders saati olacak şekilde atanmaktadır. Bu aşamalardan sonra hangi dersin, hangi gün, hangi ders saatine atanması gerektiği problemi idareciler tarafından elde çözülmekte, bu da idarecilerin oldukça fazla zamanını almaktadır. Bu şekilde oluşturulan çizelgeler bölümün isteklerini tam olarak karşılayamadıkları için, bu çizelgelerden istenilen verim elde edilememektedir.

Bölüm müfredatı 8 dönemden oluşmaktadır ve oluşturulan müfredata göre öğrenciler her dönemde en az 5 en fazla 8 adet ders alabilmektedirler. Dersler temel mühendislik dersleri, bölüm dersleri, teknik seçimlik dersler ve sosyal seçimlik dersler olarak ayrılmaktadır. Ders saatleri genellikle en az 2 en çok 5 saatten oluşmaktadır. Zaman çizelgesi, bölümde her dönem olduğu gibi haftada 5 gün ve günde 8 saat üzerinden oluşturulmuştur. Bu günler içerisinde ilk 4 saat sabah saatleri, son 4 saat de akşam saatleri olarak kabul edilmiştir. Bu dörder saatlik dersler

arasında bir saat öğle yemeği saati vardır. Üzerinde çalışılan problem dört sınıfa ait bütün derslerin bu zaman çizelgesi hanelerine mevcut kısıtları sağlayacak şekilde atanmasıdır.

3.1. 0-1 Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli

Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünün ders çizelgelerinin oluşturulması amacıyla oluşturulan atama modelinde 0-1 Tamsayı Doğrusal Programlama yönteminden yararlanılmış, modelin çözümünde çözücü olarak CPLEX ve optimizasyon yazılımı olarak GAMS 21.2 kullanılmıştır.

3.1.1. Karar değişkeni, kümeler ve parametreler

Geliştirilen ders çizelgeleme modelinin karar değişkeni aşağıda verildiği gibidir:

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1; & \text{i. ders, j. günün, k. ders saatine atanırsa;} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Karar değişkeninde kullanılan indisler ve tanımlamaları şu şekildedir:

i : Dersler (i = 1,2,...,i_m,...,i_n,...,i_t,...,I) olmak üzere;

m : Birinci sınıf derslerinin sayısı

n-m : İkinci sınıf derslerinin sayısı

t-n : Üçüncü sınıf derslerinin sayısı

I-t : Dördüncü sınıf derslerinin sayısı

j : Gün; j = 1,...,J

k : Günlük ders saati (k = 1,2,...,p,...,K) olmak üzere;

p : Öğle arasından önceki ders saati miktarı

K-p : Öğle arasından sonraki ders saati miktarı

Önerilen modelde modele girilen bazı veriler birbirleriyle olan ilişkilerine göre gruplandırılmıştır. Bu gruplandırma kümeler halinde yapılmıştır. Modelde kullanılan kümeler aşağıda verildiği gibidir:

$B_i : i \in \{ 1, 2, \dots, i_m \}$ olmak üzere birinci sınıf derslerinden oluşan kümedir.

$C_i : i \in \{ i_m, \dots, i_n \}$ olmak üzere ikinci sınıf derslerinden oluşan kümedir.

$D_i : i \in \{ i_n, \dots, i_t \}$ olmak üzere üçüncü sınıf derslerinden oluşan kümedir.

$E_i : i \in \{ i_t, \dots, I \}$ olmak üzere dördüncü sınıf derslerinden oluşan kümedir.

$S_i : i \in I$ olmak üzere seçimlik derslerden oluşan kümedir.

$AD = \{ AD_1, AD_2, \dots, AD_s \}$ olmak üzere temel mühendislik derslerinden sözel olan dersler ve sosyal seçimlik derslerden oluşan kümedir.

$A_i : i \in \{ 1, 2, \dots, I \}$ olmak üzere her i dersinin haftalık ders saatlerinden oluşan kümedir. Bu kümenin elemanları önerilen modelin parametrelerini oluşturmaktadır.

3.1.2. Kısıtların oluşturulması

Çalışmanın ikinci bölümünde bahsedildiği üzere; eğitim sürecinin verimli olabilmesi için; oluşturulan ders çizelgesi kurumun belirli kısıtlarını karşılamalıdır. Ders çizelgesi problemine ait tüm kısıtlar 2 ana grupta toplanabilir. Bunlar sıkı ve yumuşak kısıtlardır. Sıkı kısıtlar; kullanılan çözüm yöntemi ne olursa olsun uyulması zorunlu olan kısıtlardır. Yumuşak kısıtlar ise; akademik kurumların özel istek ve tercihlerine bağlı olarak oluşturulan kısıtlardır. Yumuşak kısıtlar ne kadar çok arttırılırsa, akademik kurumların istekleri bir o kadar sağlanmış olacağından daha verimli ders çizelgeleri ortaya çıkacaktır. Ancak bu kısıtların arttırılması problem boyutunu da arttıracığından çoğu zaman uygun çözümün elde edilmesi zorlaşacaktır. Bu durumda; bu kısıtlar gevşetilerek amaç fonksiyonu içerisinde çözüm kalitesini ölçmek amacıyla kullanılabilir. Takip eden bölümlerde Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün yapısı incelenerek, öğretim elemanları, müfredat dönemi ve dersler için oluşturulmuş kısıtlar sunulmuştur.

Öğretim elemanı kısıtları

Ders çizelgeleme problemleri kapsamında ele alınması gereken konulardan ilki, ders çizelgelemesi yapılacak akademik dönem içerisinde açılacak olan dersleri hangi öğretim elemanlarının vereceğidir. İlgilenilen bölümde, hangi öğretim elemanının hangi dersi vereceği bölüm tarafından önceden belirlenmektedir. Ancak verecekleri derslerin ders saatleri için kendilerine seçim imkanı sunulmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, öğretim elemanları ile ilgili görülen ve geliştirilen modelde dikkate alınan kısıtlar aşağıda verildiği gibidir:

- Dönem içerisinde açılmış tüm mevcut derslere bir öğretim elemanı atanmalıdır. Öğretim elemanı olmayan ders olamayacağı için; bu kısıt zorunlu olan sıkı kısıtlardandır. Daha öncede belirtildiği üzere, ilgilenilen kurumda her öğretim elemanının hangi dersi vereceği ilgili bölüm tarafından önceden planlanmaktadır. Buna bağlı olarak öğretim elemanlarının verdikleri dersler geliştirilen modelin girdilerini oluşturmaktadır ve modelin ilgili bölümlerinde verilmişlerdir.
- Öğretim elemanları ders vermek istemedikleri veya ders veremeyecekleri saatleri kendileri belirleyebilmektedir. Bu kısıt tercihe bağlı yumuşak bir kısıt olarak görülsede; yarı zamanlı öğretim elemanlarının başka üniversitede ders vermeleri veya tam zamanlı öğretim elemanlarının başka üniversiteden doktora dersi almaları gibi durumlardan dolayı bu kısıt çoğu modelde zorunlu olan sıkı bir kısıt olarak ele alınmaktadır.

Bu kısıt her öğretim elemanı için aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

i : bir öğretim elemanının vermiş olduğu dersler ,

j : bir öğretim elemanının ders vermek istemediği günler,

k : bir öğretim elemanının ders vermek istemediği ders saatleri olmak üzere;

$$X_{ijk} = 0 \quad (3.1)$$

- Bir öğretim elemanının bir dönem içerisinde vermiş olduğu derslerin ders saatleri çakışmamalıdır. Bu kısıt tüm öğretim elemanları için olmak zorunda olan sıkı kısıtlardandır.

Bu kısıt her öğretim elemanı için aşağıda verildiği gibi oluşturulmuştur.

i : bir öğretim elemanının verdiği dersler olmak üzere;

$$\sum_{i \in I} X_{ijk} \leq 1, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.2)$$

- Bir öğretim elemanı üst üste iki farklı derse veya ders saati dört, beş saat gibi uzun olan derslere girmemelidir. Bu durum, dersi veren öğretim elemanının ve buna bağlı olarak dersten elde edilen verimliliğin düşmesine sebep olacaktır. Bu gibi durumlarda öğretim elemanının ve öğrencilerin dinlenmesi için en az bir saat ara olmalıdır. Bu kısıt yapısı itibari ile yumuşak bir kısıt olmasına rağmen, geliştirilen modelde sıkı bir kısıt olarak ele alınmıştır ve ileriki bölümlerde ders kısıtları içinde sağlandığı için modelde ayrı bir kısıt olarak verilmemiştir.

Müfredat dönemi kısıtları

Daha öncede belirtildiği üzere, akademik kurumlarda her müfredat dönemi başında içinde bulunan döneme ait ders çizelgelemesi yapılmaktadır. Bu durumda bir sınıf için tüm dersler aynı müfredat dönemine ait olacağından, seçimlik dersler dışındaki derslerin o dönem içerisinde alınması gerekmektedir. Sonuç olarak, içinde bulunan dönem için bir takım kısıtlamalar söz konusu olacaktır. Müfredat dönemi ile ilgili görülen ve geliştirilen modelde dikkate alınan kısıtlar aşağıda verildiği gibidir:

- Bir müfredat dönemine ait derslerin ders saatlerinde çakışma olmamalıdır. Elde edilecek çizelgenin geçerli olabilmesi için, sınıf derslerinin çakışmaması ve öğrencilerin o döneme ait zorunlu dersleri hiçbir problem yaşamadan alabilmeleri gerekmektedir. Bu kısıt zorunlu olan sıkı kısıtlardandır. Ayrıca seçim şanslarının

yüksek olması için seçimlik derslerin de birbirleri ile çakışmaması gerekmektedir. Bu kısıt tercihe bağlı yumuşak bir kısıt olmasına rağmen geliştirilen modelde sıkı bir kısıt olarak ele alınmıştır

Bu kısıt her müfredat dönemi için aşağıda verildiği gibi oluşturulmuştur.

i : dersler olmak üzere;

$$\text{İkinci müfredat dönemi için : } \sum_{i \in Bi} X_{ijk} \leq 1, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.3)$$

$$\text{Dördüncü müfredat dönemi için : } \sum_{i \in Ci} X_{ijk} \leq 1, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.4)$$

$$\text{Altıncı müfredat dönemi için: } \sum_{i \in Di} X_{ijk} \leq 1, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.5)$$

$$\text{Sekizinci müfredat dönemi için: } \sum_{i \in Ei} X_{ijk} \leq 1, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.6)$$

$$\text{Seçimlik dersler için: } \sum_{i \in Si} X_{ijk} \leq 1, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.7)$$

- Belirlenen bazı dersler esneklik açısından tercihe bağlı olarak günün sabah saatlerine veya akşam saatlerine konulabilir. Temel mühendislik derslerinden sayısal olanların, bölüm derslerinin ve teknik seçimlik derslerin günün sabah saatlerine, temel mühendislik derslerinden sözel olanların ve sosyal seçimlik derslerin günün akşam saatlerine konması tercih edilebilir. Bu çalışma kapsamında kullanılan tek yumuşak kısıt budur. Bu kısıt amaç fonksiyonu içerisinde oluşturulmuştur.

Ders kısıtları

Geliştirilen modelde asıl amacımız tüm sınıflar için derslerin uygun zaman dilimlerine atanmasını sağlamaktır. Bu aşamada karşımıza derslerle ilgili birtakım kısıtlamalar çıkacaktır. Bu kısıtlar bir sonraki sayfada verildiği gibidir.

- Bölüm tarafından önceden belirlenen tüm derslerin bütün saatlerinin ataması yapılmalıdır. Bu kısıt modelde olması zorunlu olan sıkı bir kısıttır.

Bu kısıt her ders için aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$A_i : i \in \{ 1, 2, \dots, I \}$ her dersin haftalık toplam ders saatleri olmak üzere;

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{ijk} = A_i, \quad \forall i \in I \quad (3.8)$$

- Derslerin haftalık ders saatleri, bölüm tarafından önceden belirlenerek uygun ders bloklarına bölünmektedirler. İlgilenilen bölümde ders saatleri en az 2 en çok 5 saatten oluşmaktadır ve ders blokları 2 saatlik dersler için 2 saat; 3 saatlik dersler için 3 saat; 4 saatlik dersler için 2+2 saat ve 5 saatlik dersler için 3+2 saat olarak belirlenmiştir. Ders bütünlüğünün bozulmaması için; ders bloklarının arasında başka bir ders olmamalı ve aynı blok bir günün son saati başlayıp ertesi günün ilk saati devam edecek şekilde bölünmemelidir. Bunların sağlanabilmesi için modele bir günde bir dersin 3 saatten fazla işlenememesi kısıtı ve ardışıklık kısıtları eklenmiştir. Bu kısıtlar zorunlu olan sıkı kısıtlardandır.

Bu kısıtlar modelde aşağıda verildiği şekilde yer almaktadırlar:

$$\sum_{k=1}^K X_{ijk} \leq 3; \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.9)$$

$$X_{ijk} - X_{ij(k+1)} - X_{ij(k-1)} = 0; \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.10)$$

- Aynı dersin birden fazla şubesi olduğu durumlarda; eğer her şubeye aynı öğretim elemanı ders veriyorsa; bu şubeler farklı iki ders olarak değerlendirilir. Bu durum, modelde aynı ders saatine birden fazla ders atama yapılamaması kısıtı içerisinde sağlanmaktadır. Eğer bir dersin farklı şubelerine farklı öğretim elemanları ders veriyorsa ve öğrencilerin şube seçme hakları yok ise; bu ders şubeleri aynı ders saatlerine atanabilir. Bu durumda; bu dersler aynı ders saatine atama yapılamaması kısıtına dahil olmazlar; sadece diğer dersler ile çakışmama

kısıtı içerisinde yer alırlar. Öğretim elemanları ile ilgili kısıtlar bölümünde de bahsedildiği üzere, ilgilenilen bölümde bir dersin farklı şubelerine farklı öğretim elemanları girebilmektedir. Öğrencilerin şube seçme haklarının olmadığı varsayımı altında yukarıda belirtilen sıkı kısıtlar modele dahil edilmiştir.

- Bölüm için kullanılabilir 10 derslik olması varsayımı altında; aynı ders saatinde 10'dan fazla ders olamaması kısıtı da sıkı bir kısıt olarak modele dahil edilmiştir.

Bu kısıt modelde aşağıda verildiği gibi kullanılmıştır:

$$\sum_{i \in I} X_{ijk} \leq 10 ; \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.11)$$

- Derslerin atamaları yapılırken öğretim elemanlarının tercihleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kısıt isteğe bağlı yumuşak bir kısıttır. Bölümde öğretim elemanlarının ders veremeyecekleri saatler, dönem başında her öğretim elemanı tarafından bölüme bildirilmektedir. Buna bağlı olarak, derslerin atamasının yapılamayacağı saatler, model içerisinde ilgili yerlere girilmiştir. Bu kısıt öğretim elemanı kısıtları içerisinde verilen öğretim elemanları tercih kısıtlarında sağlanmaktadır.

İlgilenilen bölümde ders çizelgelemesi günlük K ders saati üzerinden yapılmış ve $k = (1, \dots, p)$; öğleden önceki ders saatleri, $k = (p+1, \dots, K)$ öğleden sonraki ders saatleri olarak belirlenmiştir. Bu durumda p ve $(p+1)$. ders saatlerinin arası öğle arası olarak kabul edilmiş ve bu aradan kaynaklı ders bloklarının bölünmelerini engellemek amacıyla modele bu saatlere aynı dersin atanmasını engelleyen aşağıda verilmiş olan kısıt eklenmiştir.

$$X_{ijp} + X_{ij(p+1)} \leq 1; \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.12)$$

Bu tez çalışmasında Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün ders çizelgeleme problemini çözmek için 0-1 tamsayılı programlama tekniği kullanılmıştır. Buna bağlı olarak, yukarıda verilen tüm kısıtlara ek olarak karar

değişkeninin 0-1 tamsayılı değişkenlerden oluştuğunu gösteren kısıt da modele sıkı bir kısıt olarak dahil edilmiştir. Bu kısıt aşağıda verildiği gibidir:

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad (3.13)$$

3.1.3. Amaç fonksiyonu

Üniversitelerde ders çizelgeleme probleminin çözümü için oluşturulan kısıtlar hemen hemen aynı özellikleri taşımaktadır. Buna rağmen bu problemin çözümü için oluşturulan çeşitli modeller vardır. Bunun nedeni her kurumun amacının farklı olmasıdır. Ders çizelgeleme problemleri ile ilgili literatür çalışmalarına bakıldığında, çok çeşitli amaç fonksiyonlarının oluşturulduğu görülmüştür. Ayrıca birçok çalışmada da, modeller kısıt tatmin edici olarak geliştirilmiş ve hiçbir amaç fonksiyonunun oluşturulmadığı gözlemlenmiştir.

Bu tez çalışmasında kısıtlar bölümünde de bahsedildiği üzere yumuşak bir kısıt gevşetilmiş ve bu kısıt amaç fonksiyonu içerisinde sağlanmaya çalışılmıştır. Geliştirilen modelde amaç fonksiyonu, temel mühendislik derslerinden sayısal olanların, bölüm derslerinin ve teknik seçimli derslerin günün sabah saatlerine, kalan diğer tüm derslerin günün akşam saatlerine konması tercihini en büyükleyecek şekilde oluşturulmuştur. Geliştirilen modelin amaç fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir:

$$\text{Max } z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^p X_{ijk} - \sum_{i \in AD} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^p X_{ijk} + \sum_{i \in AD} \sum_{j=1}^{p+1} \sum_{k=p+1}^K X_{ijk} \quad (3.14)$$

Oluşturulan amaç fonksiyonu, yapısı itibari ile yapılacak eklemelere uygundur, ancak bu durum problemin boyutunu daha da çok büyüteceğinden çözüme ulaşmak zorlaşacaktır.

3.2. Uygulama

Bu tez çalışmasının uygulama aşamasında geliştirilen 0-1 Tamsayılı Doğrusal Programlama modeli örnek bir durum üzerinden GAMS 21.2 optimizasyon yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve CPLEX çözücüsü ile model çalıştırılarak sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra önerilen model farklı boyutlarda yapılan çözümlerle test edilmiş ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Son aşamada ise farklı senaryolar için, örnek durum üzerinden birtakım eklentiler ve değişiklikler yapılmış ve modelin bu senaryolar karşısındaki tutumu elde edilen sonuçlar üzerinden değerlendirilmiştir.

3.2.1. Örnek durum

Örnek durum olarak Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 2008-2009 Bahar Yarıyılı ders çizelgelerinin oluşturulması ele alınmıştır. Bu durumda birinci sınıflar için ikinci müfredat dönemi dersleri, ikinci sınıflar için dördüncü müfredat dönemi dersleri, üçüncü sınıflar için altıncı müfredat dönemi dersleri ve dördüncü sınıflar için sekizinci müfredat dönemi dersleri oluşturulan ders çizelgelerinde yer alacaktır.

Daha önce de belirtildiği üzere bölümde dersler, ders saatleri ve bu derslere atanan öğretim elemanları, ilgili birimler tarafından önceden planlanmaktadır.

Çizelge 3.1’de Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 2008-2009 Bahar Yarıyılı için bölümde açılmış olan dersler, her dersin haftalık ders saatleri ve bu derslere atanan öğretim elemanları verilmiştir. Veriler Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nden elde edilmiştir. Çizelgede yanında (Y) olan öğretim elemanları yarı zamanlı öğretim elemanlarını ifade etmektedir. Bu çizelgede yer alan veriler örnek durumun girdilerini oluşturmaktadırlar.

Çizelge 3.1. 2008-2009 bahar yarıyılı için bölümde açılmış olan dersler ve bu derslere atanan öğretim elemanları

	Ders No	Ders Kodu	Şube	Dersin Adı	Ders Saati	Öğretim Elemanı
1.SINIF	1	FİZ 110	1	Genel Fizik II	4	Prof. Dr. Hüseyin Akçay
	2	FİZ 110	2	Genel Fizik II	4	Yrd. Doç. Dr. Sıtkı Çağdaş İnam
	3	FİZ 104	1	Elektrik Laboratuvarı	2	Prof. Dr. Cevdet Tezcan
	4	FİZ 104	2	Elektrik Laboratuvarı	2	Yrd. Doç. Dr. Sıtkı Çağdaş İnam
	5	MAT 152		Matematiksel Analiz II	5	Yrd. Doç. Dr. Mustafa Azreg
	6	BİL 102	1	Bilgisayar Yazılımı II	4	Öğr. Grv. Muhammet Yorulmaz
	7	BİL 102	2	Bilgisayar Yazılımı II	4	Öğr. Grv. Muhammet Yorulmaz
	8	BİL 106	1	Programlama Laboratuvarı II	2	Öğr. Grv. Güven Köse
	9	BİL 106	2	Programlama Laboratuvarı II	2	Öğr. Grv. Kaya Kılan
	10	KİM 110		Genel Kimya	4	Yrd. Doç. Dr. Nuray Çelebi
	11	KİM 116		Genel Kimya Laboratuvarı	2	Yrd. Doç. Dr. Nuray Çelebi
	12	MÜH 122	1	Teknik Resim	3	Yrd. Doç. Dr. Adem Acır (Y)
	13	MÜH 122	2	Teknik Resim	3	Yrd. Doç. Dr. Adem Acır (Y)
	14	TÜRK 102		Türk Dili II	2	BÜDAM
2.SINIF	15	END 202		Yöneylem Araştırması I	4	Prof. Dr. İmdat Kara
	16	END 204	1	Olasılık ve İstatistiğe Giriş	4	Öğr. Grv. Pelin Toktaş
	17	END 204	2	Olasılık ve İstatistiğe Giriş	4	Öğr. Grv. Pelin Toktaş
	18	MÜH 232		Üretim Yöntemleri	4	Dr. Yusuf Tansel İç (Y)
	19	SOS 222	1	Maliyet Analizi	4	Yrd. Doç. Dr. Azer Önel (Y)
	20	SOS 222	2	Maliyet Analizi	4	Yrd. Doç. Dr. Azer Önel (Y)
	21	SOS 212		Ekonomi II	3	Prof. Dr. Zülal Güngör (Y)
	22	ATA 202		Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi II	2	Öğr. Grv. Dr. Kemal Çelik
3. SINIF	23	END 304		Üretim Sistemleri ve Tesis Planlaması	3	Doç. Dr. Muzaffer Kapanoğlu (Y)
	24	END 306		Rassal Modeller	4	Prof. Dr. Fulya Altıparmak (Y)
	25	END 310		Üretim Planlama ve Kontrol I	4	Prof. Dr. Serpil Erol (Y)
	26	END 320		Benzetim	4	Prof. Dr. Berna Dengiz
	27	END 312	1	İşbilim	3	Yrd. Doç. Dr. Ergün Eraslan
	28	END 312	2	İşbilim	3	Yrd. Doç. Dr. Ergün Eraslan
	29			SOSYAL SEÇİMLİK DERS	3	
4.SINIF	30	SOS 412		İş Hukuku	3	Öğr. Grv. Eda Manav
	31	END 450	1	Mesleki Yeterlilik	2	Doç. Dr. Fatma Pakdil
	32	END 450	2	Mesleki Yeterlilik	2	Yrd. Doç. Dr. Ergün Eraslan
	33	END 430	1	Presentation Skills	4	İngilizce Hazırlık
	34	END 430	2	Presentation Skills	4	İngilizce Hazırlık
	35	END 430	3	Presentation Skills	4	İngilizce Hazırlık
	36			TEKNİK SEÇİMLİK DERS	3	
	37			SOSYAL SEÇİMLİK DERS	3	

Çizelge 3.1.'e bakıldığında ele alınan örnek durumda tüm sınıflar için çizelgelenecek 37 adet ders olduğu görülmektedir. Bu dersler daha öncede belirtildiği üzere; temel mühendislik dersleri, bölüm dersleri, teknik ve sosyal seçimlik dersler olmak üzere gruplara ayrılmışlardır. Bu tez çalışması kapsamında; tüm bu derslerin haftada 5 gün ve günde 8 saat üzerinden haftalık çizelge üzerindeki ders saatlerine atanması işlemleri gerçekleştirilecektir.

Bölümde; bahar yarıyılı ders dönemi için 3. sınıfta alınması gereken 1 adet sosyal seçimlik ders, 4. sınıfta alınması gereken 1 adet sosyal seçimlik ders ve 1 adet teknik seçimlik ders bulunmaktadır. Bu dersler; o dönem içerisinde açılmış olan teknik ve sosyal seçimlik dersler arasından öğrenciler tarafından seçilmektedir. Uygulama aşamasında bölümde ilgilenilen yarıyıl için 3 adet sosyal seçimlik ders ve 3 adet teknik seçimlik ders olmak üzere toplam 6 adet seçimlik ders açıldığı ve her seçimlik dersin farklı öğretim elemanları tarafından verildiği varsayılmıştır. Bu derslerden 1 adet sosyal seçimlik ders altıncı müfredat dönemi için, kalan diğer 5 adet seçimlik ders de sekizinci müfredat dönemi açılmıştır. Bu durumda çizelgelenecek toplam ders sayısı 40 olmuştur.

Üçüncü sınıfa giden bir öğrenci, ders programının uygunluğuna göre almakla yükümlü olduğu sosyal seçimlik dersi sekizinci müfredat dönemi için açılmış olan sosyal seçimlik dersler içerisinde seçebilmektedir. Benzer şekilde dördüncü sınıfa giden bir öğrenci de, alacağı sosyal seçimlik dersi ders programının uygunluğuna göre altıncı müfredat dönemi için açılmış olan sosyal seçimlik dersler arasından seçebilmektedir.

Derslerden temel mühendislik derslerinden sayısal olanların, bölüm derslerinin ve teknik seçimlik derslerin haftalık çizelge içerisinde günün sabah saatlerine konması ve temel mühendislik derslerinden sözel olanlar ve sosyal seçimlik derslerin ise haftalık çizelge içerisinde günün akşam saatlerine konması tercih edilmektedir. Bu tercih; daha önce de belirtildiği üzere amaç fonksiyonu içerisinde sağlanmaya çalışılmıştır. Bu durumda; günün akşam saatlerine atanması istenen derslerin kümesi; Türk Dili II (TÜRK 102), Maliyet Analizi (SOS 222), Ekonomi II (SOS 212), Atatürk İlkeleri ve İnkılâp Tarihi II (ATA 202), İş Hukuku (SOS 412) ve sosyal

seçimlik derslerden oluşmaktadış. Kalan diğery derslerin de günün sabah saatlerine konması tercih edilmektedir.

Bölümde; toplam 26 ğretim elemanı görev almaktadır. Bu ğretim elemanlarının 7 tanesi yarı zamanlı olarak, kalan 19 tanesi de tam zamanlı olarak görev yapmaktadır.

Geçmiş verilere bakıldığında; tüm derslerin haftalık ders süresi boyunca 10 ila 15 derslikte işlendiğiy bilgisi elde edilmiştir. Bu çalışmada; bölüm için kullanılabilir 10 derslik olduğu varsayımı yapılmıştır.

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda daha öncede belirtildiğiy üzere GAMS 21.2 optimizasyon yazılımı kullanılarak oluşturulan model örnek durum için çalıştırılmış ve CPLEX zcs ile sonuçlar elde edilmiştir. Problemin zm için hazırlanan GAMS kodu EK-1’de sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde problemin toplam 1600 tamsayıly değişkenden (X_{ijk}) oluştuğu görülmektedir. Problemin tipi Karmaşık Tamsayıly Programlamadış ve Dal-Sınır Tekniğiy kullanılmıştır. Kullanılan GAMS optimizasyon programı yaklaşık 1000 saniyeye kadar çözüm yapmaktadır. Model rnek durum için çalıştırıldığında programın zaman limitine ulaştığı ve bu sebeple en iyi çözümün elde edilemediğiy görülmüştür. Programın maksimum çalışma süresi içerisinde; yani yaklaşık 16 dakikada, 7198951 iterasyon sonucunda örnek durum için ulaşılabilen en iyi çözümün amaç fonksiyonu değeri 105 olarak hesaplanmıştır ve olası en iyi amaç fonksiyonu değerinin 112 olduğu belirtilmiştir. Buna göre, en iyi amaç fonksiyonu değerine % 93,75 yaklaşıldığı gözlemlenmiştir. Takip eden bölümde verilen izelge 3.2., 3.3., 3.4. ve 3.5.’te çözümün dört sınıf için elde edilen ders çizelgeleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Birinci sınıflar için elde edilen ders çizelgesi

1. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	KİM 116	BİL 102(2)	BİL 102(1)		BİL 106(1) BİL 106(2)
2	KİM 116	BİL 102(2)	BİL 102(1)	MAT 152	BİL 106(1) BİL 106(2)
3	FİZ 104(1) FİZ 104(2)	BİL 102(1)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	MAT 152	BİL 102(2)
4	FİZ 104(1) FİZ 104(2)	BİL 102(1)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	MAT 152	BİL 102(2)
ÖĞLE ARASI					
5	KİM 110	KİM 110			TÜRK 102
6	KİM 110	KİM 110	MÜH 122(1)	MÜH 122(2)	TÜRK 102
7	MAT 152	FİZ 110(1)	MÜH 122(1)	MÜH 122(2)	FİZ 110(2)
8	MAT 152	FİZ 110(1)	MÜH 122(1)	MÜH 122(2)	FİZ 110(2)

Çizelge 3.3. İkinci sınıflar için elde edilen ders çizelgesi

2. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	END 204(2)	MÜH 232	MÜH 232	END 204(1)	END 204(1)
2	END 204(2)	MÜH 232	MÜH 232	END 204(1)	END 204(1)
3		END 204(2)	END 202		END 202
4		END 204(2)	END 202		END 202
ÖĞLE ARASI					
5	SOS 222(2)	SOS 212			
6	SOS 222(2)	SOS 212	SOS 222(1)	SOS 222(2)	
7	SOS 222(1)	SOS 212	SOS 222(1)	SOS 222(2)	ATA 202
8	SOS 222(1)				ATA 202

Çizelge 3.4. Üçüncü sınıflar için elde edilen ders çizelgesi

3. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	END 306	END 304	END 310		END 312(2)
2	END 306	END 304	END 310	END 312(1)	END 312(2)
3	END 310	END 304	END 320	END 312(1)	END 312(2)
4	END 310		END 320	END 312(1)	
ÖĞLE ARASI					
5		DERS-29		END 306	END 320
6		DERS-29		END 306	END 320
7		DERS-29			
8					

Çizelge 3.5. Dördüncü sınıflar için elde edilen ders çizelgesi

4. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	END 430(3)		END 450(1) END 450(2)		END 430(1)
2	END 430(3)	DERS-40	END 450(1) END 450(2)	DERS-38	END 430(1)
3	END 430(2)	DERS-40	END 430(2)	DERS-38	END 430(3)
4	END 430(2)	DERS-40	END 430(2)	DERS-38	END 430(3)
ÖĞLE ARASI					
5	DERS-37				DERS-39
6	DERS-37		DERS-36	SOS 412	DERS-39
7	DERS-37	END 430(1)	DERS-36	SOS 412	DERS-39
8		END 430(1)	DERS-36	SOS 412	

3.2.2. Modelin farklı boyutlarda test edilmesi

Bu aşamada oluşturulan model üç farklı durum için yeniden çalıştırılmış ve bu durumlardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

İlk olarak problem boyutunun küçültülmesi amacıyla ders sayısı azaltılmıştır. Temel mühendislik dersleri ve bölüm dersleri üzerinde herhangi bir değişiklik yapılamayacağından dolayı bu azaltma işlemi seçimlik dersler üzerinden yapılmıştır. Bölümde altıncı müfredat döneminde alınması gereken bir adet sosyal seçimlik ders ve sekizinci müfredat döneminde alınması gereken bir adet sosyal seçimlik ve bir adet teknik seçimlik ders mevcuttur. Buna bağlı olarak bölümde ilgilenilen yarıyıl için yalnızca 2 adet sosyal seçimlik ders ve 1 adet teknik seçimlik ders açıldığı varsayımı altında toplam çizelgelenecek ders sayısı 37'ye düşürülmüştür. Model kısıtları ve amaç fonksiyonu bu duruma göre yeniden düzenlenmiştir. Oluşturulan bu durum için çözümler yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Toplam 37 ders için problemin çözüm sonuçları

	Ders Sayısı	Kısıt Sayısı	Değişken Sayısı	Çözüm Süresi(sn.)	İterasyon	Amaç Fonksiyon Değeri	Durum
Durum 1	37	5099	1480	29,109	190359	105	En iyi çözüm

Çizelge 3.6. incelendiğinde ele alınan durum için 29,109 saniyede en iyi çözüme ulaşıldığı görülmüştür. Bu durum için elde edilen ders çizelgeleri EK-2'de sunulmuştur.

Takip eden aşamada problem boyutunun büyütülmesi amacıyla ders sayısı artırılmıştır. Örnek durumda hiçbir değişiklik yapılmadan, dördüncü müfredat dönemi derslerine haftalık ders saati 2 olan 3 adet ders, altıncı müfredat dönemi derslerine de haftalık ders saati 2 olan 2 adet sosyal seçimlik ders eklenmiştir. Eklenen bu dersler için model kısıtları ve amaç fonksiyonu yeniden düzenlenmiş ve

model çalıştırılmıştır. Toplam 45 adet dersin yer aldığı bu durum için elde edilen sonuçlar Çizelge 3.7.'de verildiği gibidir.

Çizelge 3.7. Toplam 45 ders için problemin çözüm sonuçları

	Ders Sayısı	Kısıt Sayısı	Değişken Sayısı	Çözüm Süresi(sn.)	İterasyon	Amaç Fonksiyon Değeri	Durum
Durum 2	45	5507	1800	1000,218	6950160	114	Ulaşılabilen En İyi Çözüm

Çizelge 3.7. incelendiğinde ele alınan durum için programın maksimum çalışma süresi limitine ulaştığı ve bu süre içerisinde en iyi çözümün elde edilemediği görülmektedir. Toplam ders sayısının 45 olduğu bu durum için yaklaşık 16 dakikada ulaşılabilen en iyi çözümün amaç fonksiyonu değeri 114 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu amaç fonksiyonu değeri ile 116 olarak belirtilen olası en iyi amaç fonksiyonu değerine % 98 yaklaşıldığı program çıktısında belirtilmiştir. Bu durum için elde edilen ders çizelgeleri EK-3'de sunulmuştur.

Son aşamada yine problem boyutunun büyütülmesi amacıyla örnek durumda hiçbir değişiklik yapılmadan belirli müfredat dönemlerinin ders sayısı arttırılmıştır. Dördüncü müfredat dönemi derslerine haftalık ders saati 2 olan 5 adet ders, altıncı müfredat dönemi derslerine de haftalık ders saati 3 olan 3 adet sosyal seçimlik ve sekizinci müfredat dönemine de haftalık ders saati 3 olan 2 adet teknik seçimlik ders eklenerek toplam ders sayısı 50'ye çıkarılmıştır. Eklenen bu dersler için model kısıtları ve amaç fonksiyonu yeniden düzenlenmiş ve model çalıştırılmıştır. Toplam 50 adet dersin yer aldığı bu durum için elde edilen sonuçlar Çizelge 3.8.'de verildiği gibidir.

Çizelge 3.8. Toplam 50 ders için problemin çözüm sonuçları

	Ders Sayısı	Kısıt Sayısı	Değişken Sayısı	Çözüm Süresi(sn.)	İterasyon	Amaç Fonksiyon Değeri	Durum
Durum 3	50	5722	2000	1000,281	-	-	Çözüm elde edilemedi

Çizelge 3.8. incelendiğinde de ele alınan durum için programın maksimum çalışma süresi limitine ulaşıldığı ve bu süre içerisinde hiçbir çözümün elde edilemediği görülmektedir.

Problemin farklı boyutları için elde edilen tüm çözümleri karşılaştırabilmek amacıyla aşağıda verilen Çizelge 3.9. oluşturulmuştur.

Çizelge 3.9. Problemin farklı boyutlarda çözümlerinin karşılaştırılması

	Ders Sayısı	Kısıt Sayısı	Değişken Sayısı	Çözüm Süresi(sn.)	İterasyon	Amaç Fonksiyon Değeri	Durum
Durum 1	37	5099	1480	29,109	190359	105	En iyi çözüm
Örnek Durum	40	5252	1600	1000,281	7198951	105	Ulaşılabilen En İyi Çözüm
Durum 2	45	5507	1800	1000,218	6950160	114	Ulaşılabilen En İyi Çözüm
Durum 3	50	5722	2000	1000,281	-	-	Çözüm elde edilemedi

Çizelge 3.9. incelendiğinde 50 dersin yer aldığı durum dışındaki tüm durumlarda makul süreler içerisinde çözüme ulaşıldığı görülmektedir. Problem boyutu büyüdükçe iterasyon sayısı da artmakta ve problem daha karmaşık bir hal aldığı için çözüme ulaşmak zorlaşmaktadır. İterasyon sayısına bakıldığında toplam 40 ders içeren örnek durumda, 37 ders içeren duruma göre büyük artış olduğu gözlemlenmektedir. Aynı artış 40 ders içeren örnek durumla 45 dersin yer aldığı

durum için geçerli olmamış gibi görünsede, bu sonuç her iki durum için programın maksimum zaman limitine ulaşmasından kaynaklanmıştır. Her iki durum için çözüm süresi limitsiz olsaydı 45 ders içeren durumda çözümün 40 ders içeren duruma göre daha fazla iterasyonda oluşturulacağı gözlemlenebilecekti. Toplam 50 dersin yer aldığı duruma bakıldığında da, problem boyutunun diğer durumlara göre oldukça büyüdüğü ve makul süreler içerisinde hiçbir çözüm elde edilemediği görülmektedir. Program zaman limiti olmadan çalıştırıldığında, toplam 50 dersin yer aldığı durum için çözüm elde edilecektir.

3.2.3.Farklı senaryo için geliştirilen ders çizelgeleme modeli

Çalışmanın bu aşamasında, hem daha esnek ders çizelgeleri elde edebilmek hem de farklı durumlar için modelin tutumunu gözlemleyebilmek amacıyla model yeniden düzenlenmiş ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

Senaryo: Geliştirilen bu senaryoda Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü için önerilen ders çizelgeleme modeline birtakım kısıtlar eklenerek daha esnek ders çizelgeleri elde edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, özel isteklere bağlı olarak oluşturulan kısıtlar aşağıda verildiği gibidir.

- Dördüncü sınıf öğrencilerinin haftalık çizelge içerisinde öğleden sonraları mümkün olduğu kadar boş olmalıdır. Bu kısıt tercihe dayalı yumuşak bir kısıttır. Bu kısıt sayesinde, bitirme projesi yapan dördüncü sınıf öğrencileri bu boş saatlerinde proje çalışmalarını yürütebileceklerdir. Bu durumun sağlanabilmesi için dördüncü sınıfın seçimlik dersler haricindeki tüm derslerinin mümkün olduğu kadar sabah saatlerinde, seçimlik derslerinin de akşam saatlerinde olması istenmektedir. Dördüncü sınıfa giden bir öğrenci bir adet sosyal seçimlik, 1 adet de teknik seçimlik ders almakla yükümlü olduğu için, yalnızca seçtiği derslerin olduğu gün öğleden sonraları okula gidecek, diğer günlerde öğleden sonraları boş olacaktır. Bu yumuşak kısıt amaç fonksiyonu içerisinde gevşetilerek sağlanmaya çalışılmıştır. Oluşturulan yeni amaç fonksiyonun da dördüncü sınıfın seçimlik dersleri haricindeki tüm derslerinin sabah saatlerine konması durumu ve açılan

tüm seçimlik derslerin akşam saatlerine konması durumu en büyüklenmeye çalışılmıştır. Bu durum örnek durumda diğer sınıflar için oluşturulan amaç fonksiyonuna eklenmiştir. Yeni durumda akşam saatlerine atanması istenen derslerin kümesi YAD olarak ifade edildiğinde, YAD kümesi Türk Dili II (TÜRK 102), Maliyet Analizi (SOS 222), Ekonomi II (SOS 212), Atatürk İlkeleri ve İnkılâp Tarihi II (ATA 202), İş Hukuku (SOS 412) ve açılan tüm seçimlik derslerden oluşacaktır. Sonuçta oluşturulan amaç fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir.

$$\text{Max } z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^p X_{ijk} - \sum_{i \in \text{YAD}} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^p X_{ijk} + \sum_{i \in \text{YAD}} \sum_{j=1}^{p+1} \sum_{k=p+1}^K X_{ijk} + \sum_{i=30}^{35} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^p X_{ijk} \quad (3.15)$$

- Bir derse ait ders blokları ardışık günlere atanmamalıdır. Öğrencilerin işlenen dersi tekrar edebilmeleri ve ödevleri olması durumunda zaman problemi yaşamamaları için bu kısıt sağlanmalıdır. Bu kısıt yapısı gereği yumuşak bir kısıttır ancak geliştirilen modelde sıkı bir kısıt olarak ele alınmıştır. Bir ders bloğunun maksimum uzunluğu 3 saattir. 3 saatlik dersler gün içerisinde ardışık olarak işlendiği için ardışık günlerde bir dersin toplam ders saati uzunluğu 3 saat olacaktır. Bu kısıt modelde aşağıda verildiği gibi kullanılmıştır.

$$X_{ijk} + X_{i(j+1)k} \leq 3 ; \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.16)$$

Tüm bu çalışmalardan sonra model çalıştırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, problemin toplam 1600 tamsayılı değişkenden (X_{ijk}) oluştuğu ve 1000,250 saniye içerisinde 5869712 iterasyon sonucunda ulaşılabilen en iyi amaç fonksiyonu değerinin 117 olarak hesaplandığı gözlemlenmiştir. 117 olarak hesaplanan bu amaç fonksiyonu değeri ile en iyi çözüme % 91 yaklaşıldığı belirtilmiştir. Olası en iyi amaç fonksiyonu değeri program çıktısında 128 olarak gözlemlenmiştir. Geliştirilen yeni modelden dört sınıf için elde edilen elde edilen ders çizelgeleri EK-4'te sunulmuştur.

Takip eden aşamada yeni kısıtların eklendiği bu senaryodan elde edilen sonuçlar ile örnek durum sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalı sonuçlar Çizelge 3.10.'da verildiği gibidir.

Çizelge 3.10. Örnek durum ile geliştirilen senaryonun karşılaştırılması

	Ders Sayısı	Kısıt Sayısı	Değişken Sayısı	Çözüm Süresi(sn.)	İterasyon	Amaç Fonksiyon Değeri	Durum
Örnek durum	40	5252	1600	1000,281	7198951	105	Ulaşılabilen En İyi Çözüm
Senaryo	40	5412	1600	1000,250	5869712	117	Ulaşılabilen En İyi Çözüm

Çizelge 3.10. incelendiğinde geliştirilen senaryo için de programın maksimum zaman limitine ulaştığı görülmektedir. Her iki durum için de iyi çözümler elde edilmiştir. Amaç fonksiyonu değerlerine bakıldığında da bu senaryo için geliştirilen modelden daha iyi ders çizelgeleri elde edildiği kanıtlanmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada üniversitelerde her dönem başında karşılaşılan ve her üniversitenin yapısı nedeni ile farklılık gösteren ders çizelgeleme problemi incelenmiştir. Ders çizelgeleme problemi, bir öğretim elemanının aynı ders saatinde farklı iki ders verememesi gibi sıkı kısıtların ihlal edilmeden, derslerin, öğretim elemanlarının, dersliklerin haftalık çizelge içerisindeki uygun zaman dilimlerine atanmasını içeren özel bir zaman çizelgeleme problemidir.

Bu çalışmada ele alınan üniversitede hangi dersin, hangi gün, hangi ders saatine atanması gerektiği problemi çözülmeye çalışılmıştır. Bu amaçla belirli kısıtlar altında atamaları gerçekleştirebilecek 0-1 tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Bu sayede idarecilere her dönem başında büyük bir yük getiren ve elle oluşturulduğu için büyük zaman ve işlem kaybına yol açan ders çizelgeleme probleminin bilgisayar ortamında makul süreler içerisinde belirli kısıtlar altında çözülmesi amaçlanmıştır.

Geliştirilen 0-1 tamsayılı doğrusal programlama modeli için CPLEX çözücüsü ve GAMS 21.2 optimizasyon yazılım programı kullanılarak çözümlere ulaşılmıştır.

İlk olarak ele alınan örnek durumun geçmiş verileri kullanılarak problem çözülmüş ve sonuçları incelenmiştir. Daha sonra modelin performansını test etmek amacıyla farklı boyutlarda testler yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda problem boyutunun büyümesiyle çözüm sürelerinin arttığı gözlemlenmiştir. Kullanılan program limitli bir zaman içerisinde çözüm yapabilmektedir. Problem boyutu büyüdükçe bu limitli zamana ulaşıldığı ve en iyi çözümler yerine iyi çözümlerin elde edildiği gözlemlenmiştir. Problem boyutunun en büyük olduğu durumda ise, programın limitli çalışma süresi içerisinde hiçbir çözüm elde edilememiştir.

Bir sonraki safhada hem daha esnek ders çizelgeleri elde edebilmek hem de modelin yeni bir kısıt veya amaç fonksiyonu eklentisiyle nasıl çalışacağını gözlemleyebilmek amacıyla problem kısıtlarına birtakım yumuşak kısıtlar eklenmiştir. Bu yumuşak

kısıtlardan biri modelde sıkı bir kısıt olarak ele alınmış ve kısıtlar bölümünde oluşturulmuş biri de gevşetilerek amaç fonksiyonu içerisinde sağlanmaya çalışılmıştır. Model çalıştırılıp, çözümler elde edildiğinde makul süreler içerisinde iyi çözümlere ulaşılmış ve örnek durumun çözümünün amaç fonksiyonu değerinden daha iyi bir amaç fonksiyonu değerine sahip bir çözüm elde edilmiştir. Böylelikle ele alınan örnek durum için daha esnek ders çizelgeleri üreten bir model geliştirilmiştir.

Daha öncede belirtildiği üzere ele alınan kurumda ders çizelgeleri elle oluşturulmaktadır ve insan faktörünün dikkatsizliklerinden dolayı çoğu zaman hatalı çizelgeler elde edilmektedir. Bu çalışmada ele alınan kurumun ders çizelgelerini oluşturmak amacıyla geliştirilen tamsayılı doğrusal programlama modeli ile kurumun sıkı kısıtları ve tercihlere dayalı yumuşak kısıtları karşılanmaktadır. Modelin kısıtları oluşturulurken hem öğretim elemanlarının hem de öğrencilerin menfaatleri göz önünde bulundurulmuş ve her ikisi açısından da daha verimli ders çizelgeleri elde edilmiştir.

Geliştirilen model gerçek hayat kısıtlarını temel almakta ve makul süreler içerisinde gerçekçi çözümler vermektedir. Çok büyük boyutlu problemlerde çözüm elde edilememesi durumunda model sadece uygun bir atama yapılabilmesi amacıyla değiştirilebilir.

Bu konu üzerine ileride yapılacak olan çalışmalarda önerilen model küçük değişikliklerle bir hedef programlama modeli haline getirilebilir. Öğretim elemanı ve öğrenci tercihleri gibi çeşitli tatmin seviyesi göstergeleri amaç fonksiyonuna dahil edilebilir.

Programın limitli çalışma süresi içerisinde en iyi çözümün elde edilemediği durumlar için ulaşılabilen en iyi çözüm değerleri bir sezgisel yöntemin başlangıç çözümü olarak kabul edilerek sezgisel yöntemlerle ulaşılabilen en iyi çözümden daha iyi bir çözüm elde edilip edilemeyeceği araştırılabilir.

Ayrıca kullanıcıların model ile uğraşmamaları ve sadece veri girişi yapıp çözüm elde edebilmeleri amacıyla basit işlevsel kullanıcı ara yüzleri geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

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*, Newyork, USA, 2: 413-427 (2005).

Abdullah, S., “Heuristic approaches for university timetabling problems”, PhD Thesis, Department of Computer Science, *University of Nottingham*, UK, 10-14 (2006).

Abdullah, S., Hamdan, A.R., “A hybrid approach for university course timetabling”, *IJCSNS(International Journal of Computer Science and Network Security)*, 8 (8): 127-131 (2008).

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).

Aladağ, Ç.H., Hocaoglu, G., Yeniay, Ö., “Tabu arama algoritmasında farklı hareket türlerinin birleştirilmesi”, *6. İstatistik Kongresi*, Antalya,Türkiye, 516-523 (2009).

Al-Yakoob, S.M., Sherali, H.D., “Mathematical programming models and algorithms for a class–faculty assignment problem”, Sept. 3, *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”, Aug. 1, *European Journal of Operational Research*, 180 (3): 1028-1044 (2007).

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).

Balık, H. H., Akbal, A., Barut, İ. O., Solakoğlu, L., “Grafik renklendirme algoritması kullanılarak otomatik ders programı geliştirme yazılımı”, *Akademik Bilişim + BilgiTek Kongresi IV*, Denizli, 12 (2006).

Benli, Ö.S., Botsalı, A.R., “An optimization-based decision support system for a university timetabling problem: An integrated constraint and binary integer programming approach”, *Bilkent University Computers and Industrial Engineering*, 4-6 (2004).

Boronico, J., “Quantitative modeling and technology driven departmental course scheduling”, *The International Journal of Management Science*, 28 (3): 327-346 (2000).

Botsalı, A. R., “A timetabling problem: Constraint and mathematical approaches”, Master Dissertation, *The Institute of Engineering and Sciences of Bilkent University*, Ankara, Turkey, 1-15 (2000).

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., Petrovic, S., Qui, R., “Case-based reasoning in course timetabling: An attribute graph approach. Case-based reasoning research and development”, Jul- Aug, *Proceedings of the 4th International Conference on Case-Based Reasoning*, Vancouver, Canada, 90-104 (2001).

Burke, E.K., McCollum, B., Meisels, A., Petrovic, S, Qu, R., “A graph-based hyperheuristic for educational timetabling problems”, Jan 1, *European Journal of Operational Research*, 176 (1): 177-192 (2007).

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, 5th International Conference*, Pittsburgh, PA, USA, 190-207 (2005).

Cheng, E., Kruk, S., “A case study of an integer programming model for instructor assignments and scheduling problem”, Aug 28-31, *Proceedings of the 3rd Multidisciplinary International Conference on Scheduling : Theory and Applications (MISTA)*, Paris, France, 267-275 (2007).

Cura, T., “Timetabling of faculty lectures using simulated annealing algorithm”, Güz 2007/2, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (12): 1-20 (2007).

Dammak, A., Elloumi, A., Kamoun, H., “Lecture and tutorial timetabling at a Tunisian university”, *PATAT*, 384–390 (2006).

Dammak, A., Elloumi, A., Kamoun, H., Ferland, J., “A tabu search procedure for course timetabling problem at a Tunisian university”, *PATAT*, 12-13 (2008).

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 (1): 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).

Dimopoulou, M., Miliotis, P., “Implementation of a university course and examination timetabling system”, *European Journal of Operational Research*, 130: 202-213 (2001).

Emel, G.G., Taşkın, Ç., “Genetik algoritmalar ve uygulama alanları”, Uludağ Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21 (1): 129-152 (2002).

Erdogmus, P., “Atama modellerinde timetabling problemi ve ders çizelgeleme için uygulama geliştirme denemesi”, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erzurum:76-82 (2003).

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”, *PATAT*, 19 (2008).

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).

Hossain, S., Zibran, M.F., “A multi-phase approach to the university course timetabling problem”, May 29-31, *6th Cologne Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization*, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 73-77 (2007).

Lai, L., Hsueh, N., Huang, L., Chen, T., “An artificial intelligence approach to course timetabling”, *Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligenc*, Washington D.C., USA, 389-396 (2006).

Legierski, W., Widawski, R., “System of automated timetabling”, *25th Int. Conf. Information Technology Interfaces*, Cavtat, Croatia, 495-500 (2003).

Lü, Z., Hao, J.K., “Adaptive tabu search for course timetabling”, *European Journal of Operational Research*, 200 (1) : 235-244 (2008).

Mahar, K., “Automatic generation of university timetables: An evolutionary approach”, *IADIS International Conference Applied Computing*, 570-574 (2006).

Mahdi, O., Ainon, R.N., Zainuddin, R., “Using a genetic algorithm optimizer tool to generate good quality timetables”, Dec 14-17, *Proceedings of the 10th IEEE*

International Conference, Electronics, Circuits and Systems, Sharjah, United Arab Emirates, 3: 1300-1303 (2003).

Malim, M.R., Khader, A.T., Mustafa, A., “An immune-based approach to university course timetabling: Negative selection algorithm”, June 13-15, *Proceedings of the 2nd IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Applications*, Universiti Sains Malaysia, Penang, 1-6 (2006).

Mayer, A., Nothegger, C., Chwatal, A., Raid, G.R., “Solving the post enrollment course timetabling problem by ant colony optimization”, *PATAT*, 7 (2007).

MirHassani, S.A., “A computational approach to enhancing course timetabling with integer programming”, Apr 1, *Applied Mathematics and Computation*, 175 (1): 814-822 (2006).

Mushi, A.R., “Tabu search heuristic for university course timetabling problem”, *24. 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).

Norberciak, M., 2006, “Universal method for timetable construction based on evolutionary approach”, Oct, *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 15: 91-103 (2006).

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).

Pongcharoen, P., Promtet, W., Yenradee, P., Hicks, C., “Stochastic optimisation timetabling tool for university course scheduling”, April, *International Journal of Production Economics*, 112 (2): 903-918 (2008).

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 (7): 1761-1776 (2005).

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).

Soule, K., “Faculty scheduling using genetic algorithms”, Master Project, *Rochester Institute of Technology, Department of Computer Science*, New York, United States, 5-6 (2006).

Stützle, T. ve Dorigo, M., “The ant colony optimization metaheuristic: Algorithms, applications and advances”, Glover F., Kochenberger G., Handbook of Metaheuristics, *Kluwer Academic Publishers*, Norwell, MA., 251-285 (2003).

Şahin, T., “Goal programming approach to solve the timetabling problem at Turkish military academy”, Master Thesis, *Bilkent University Department of Management*, Ankara, 1-13 (2004).

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”, Aug 1, *European Journal of Operational Research*, 196 (3): 877-885 (2009).

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).

Yang, Y., Paranjape, R., Benedicenti, L., Reed, N., “A mobile agent system for university course timetabling”, Dec 20-22, *Indian International Conference on Artificial Intelligence (IICAI-05)*, Pune, India, 2926-2937 (2005).

Yiğit, T., “Meslek liseleri haftalık ders çizelgelerinin genetik algoritmalar yardımıyla oluşturulması”, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19: 25-39 (2006).

EKLER

EK-1 Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu

SETS i dersler/1*40/, j gunler /1*5/, k saat /1*8/;

BINARY VARIABLES

x(i,j,k) gun j nin k saatinde i dersi varsa 1 yoksa 0

y(i,j) i dersi j gununde var ise 1 yoksa 0;

PARAMETERS ozellikler(i) Her ders icin ders saatlerini gosterir

/1 4

2 4

3 2

4 2

5 5

6 4

7 4

8 2

9 2

10 4

11 2

12 3

13 3

14 2

15 4

16 4

17 4

18 4

19 4

20 4

21 3

22 2

23 3

24 4

25 4

26 4

27 3

28 3

29 3

30 3

31 2

32 2

33 4

34 4

35 4

36 3

37 3

38 3

EK-1 (Devam) Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu

39 3

40 3

/

Variable

score amac fonksiyon puani ;

equations

amac,
ders_saatleri(i),
gunler(i,j),
akademisyen_muhammet(j,k),
akademisyen_pelin(j,k),
akademisyen_adem(j,k),
akademisyen_azer(j,k),
akademisyen_ergun(j,k),
akademisyen_nuray(j,k),
akademisyen_sitki(j,k),
yari_zamanli_muzaffer,
yari_zamanli_yusuf,
yari_zamanli_muhammet,
yari_zamanli_berna,
yari_zamanli_cevdet,
yari_zamanli_fulya,
yari_zamanli_huseyin,
yari_zamanli_imdat,
yari_zamanli_zulal,
yari_zamanli_adem,
yari_zamanli_azer,
yari_zamanli_serpil
cakisma_engelleme_1(j,k),
cakisma_engelleme_1_2(j,k),
cakisma_engelleme_1_3(j,k),
cakisma_engelleme_1_4(j,k),
cakisma_engelleme_1_5(j,k),
cakisma_engelleme_1_6(j,k),
cakisma_engelleme_1_7(j,k),
cakisma_engelleme_1_8(j,k),
cakisma_engelleme_1_9(j,k),
cakisma_engelleme_1_10(j,k),
cakisma_engelleme_1_11(j,k),
cakisma_engelleme_1_12(j,k),
cakisma_engelleme_1_13(j,k),

EK-1 (Devam) Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu

```

cakisma_engelleme_1_14(j,k),
cakisma_engelleme_1_15(j,k),
cakisma_engelleme_1_16(j,k),
cakisma_engelleme_1_17(j,k),
cakisma_engelleme_1_18(j,k),
cakisma_engelleme_1_19(j,k),
cakisma_engelleme_1_20(j,k),
cakisma_engelleme_1_21(j,k),
cakisma_engelleme_1_22(j,k),
cakisma_engelleme_1_23(j,k),
cakisma_engelleme_1_24(j,k),
cakisma_engelleme_1_25(j,k),
cakisma_engelleme_1_26(j,k),
cakisma_engelleme_1_27(j,k),
cakisma_engelleme_1_28(j,k),
cakisma_engelleme_1_29(j,k),
cakisma_engelleme_1_30(j,k),
cakisma_engelleme_1_31(j,k),
cakisma_engelleme_1_32(j,k),
cakisma_engelleme_1_33(j,k),
cakisma_engelleme_1_34(j,k),
cakisma_engelleme_1_35(j,k),
cakisma_engelleme_1_36(j,k),
cakisma_engelleme_1_37(j,k),
cakisma_engelleme_1_38(j,k),
cakisma_engelleme_1_39(j,k),
cakisma_engelleme_1_40(j,k),
cakisma_engelleme_1_41(j,k),
cakisma_engelleme_1_42(j,k),
cakisma_engelleme_1_43(j,k),
cakisma_engelleme_1_44(j,k),
cakisma_engelleme_1_45(j,k),
cakisma_engelleme_1_46(j,k),
cakisma_engelleme_1_47(j,k),
cakisma_engelleme_1_48(j,k),
cakisma_engelleme_1_49(j,k),
cakisma_engelleme_1_50(j,k),
cakisma_engelleme_1_51(j,k),
cakisma_engelleme_1_52(j,k),
cakisma_engelleme_1_53(j,k),
cakisma_engelleme_1_54(j,k),
cakisma_engelleme_1_55(j,k),
cakisma_engelleme_2(j,k),
cakisma_engelleme_3(j,k),
cakisma_engelleme_4_1(j,k),

```

EK-1 (Devam) Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu

```

cakisma_engelleme_4_2(j,k),
cakisma_engelleme_4_3(j,k),
cakisma_engelleme_4_4(j,k),
cakisma_engelleme_4_5(j,k),
cakisma_engelleme_4_6(j,k),
cakisma_engelleme_4_7(j,k),
cakisma_engelleme_4_8(j,k),
cakisma_engelleme_4_9(j,k),
cakisma_engelleme_4_10(j,k),
cakisma_engelleme_4_11(j,k),
cakisma_engelleme_4_12(j,k),
cakisma_engelleme_4_13(j,k),
cakisma_engelleme_4_14(j,k),
secimlik(j,k),
derslik_kapasite(j,k),
ardisiklik1(i,j),
ardisiklik2(i,j),
ardisiklik3(i,j),
ardisiklik4(i,j),
ardisiklik5(i,j),
ardisiklik6(i,j),
ardisiklik7(i,j),
ardisiklik8(i,j),
oglearasi(i,j);

amac.. score=E=SUM((i,j),x(i,j,'1')+x(i,j,'2')+x(i,j,'3')+x(i,j,'4'))
-SUM(j,x('14',j,'1')+x('14',j,'2')+x('14',j,'3')+x('14',j,'4')
+x('19',j,'1')+x('19',j,'2')+x('19',j,'3')+x('19',j,'4')
+x('20',j,'1')+x('20',j,'2')+x('20',j,'3')+x('20',j,'4')
+x('21',j,'1')+x('21',j,'2')+x('21',j,'3')+x('21',j,'4')
+x('22',j,'1')+x('22',j,'2')+x('22',j,'3')+x('22',j,'4')
+x('29',j,'1')+x('29',j,'2')+x('29',j,'3')+x('29',j,'4')
+x('30',j,'1')+x('30',j,'2')+x('30',j,'3')+x('30',j,'4')
+x('36',j,'1')+x('36',j,'2')+x('36',j,'3')+x('36',j,'4')
+x('37',j,'1')+x('37',j,'2')+x('37',j,'3')+x('37',j,'4') )
+SUM(j,x('14',j,'5')+x('14',j,'6')+x('14',j,'7')+x('14',j,'8')
+x('19',j,'5')+x('19',j,'6')+x('19',j,'7')+x('19',j,'8')
+x('20',j,'5')+x('20',j,'6')+x('20',j,'7')+x('20',j,'8')
+x('21',j,'5')+x('21',j,'6')+x('21',j,'7')+x('21',j,'8')
+x('22',j,'5')+x('22',j,'6')+x('22',j,'7')+x('22',j,'8')
+x('29',j,'5')+x('29',j,'6')+x('29',j,'7')+x('29',j,'8')
+x('30',j,'5')+x('30',j,'6')+x('30',j,'7')+x('30',j,'8')
+x('36',j,'5')+x('36',j,'6')+x('36',j,'7')+x('36',j,'8')
+x('37',j,'5')+x('37',j,'6')+x('37',j,'7')+x('37',j,'8'));
Ders_saatleri(i).. SUM((j,k),x(i,j,k))=E= Ozellikler(i);

```

EK-1 (Devam) Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu

```

gunler(i,j).. SUM(k,x(i,j,k))=L=3;
akademisyen_muhammet(j,k).. x('6',j,k)+ x('7',j,k)=L=1;
akademisyen_pelin(j,k).. x('16',j,k)+ x('17',j,k)=L=1;
akademisyen_adem(j,k).. x('12',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
akademisyen_azer(j,k).. x('19',j,k)+ x('20',j,k)=L=1;
akademisyen_ergun(j,k).. x('27',j,k)+ x('28',j,k)+x('32',j,k)=L=1;
akademisyen_nuray(j,k).. x('10',j,k)+ x('11',j,k)=L=1;
akademisyen_sitki(j,k).. x('2',j,k)+ x('4',j,k)=L=1;
yari_zamanli_muzaffer.. x('23','2','1')+ x('23','2','2')+x('23','2','3')=E=3;
yari_zamanli_yusuf.. x('18','2','5')+ x('18','2','6')+x('18','2','7')+x('18','2','8')=E=0;
yari_zamanli_muhammet.. SUM(k,x('6','1',k)+
x('7','1',k)+x('6','4',k)+x('7','4',k))=E=0;
yari_zamanli_berna.. SUM(k,x('26','1',k)+ x('26','2',k))=E=0;
yari_zamanli_cevdet.. x('3','3','5')+x('3','3','6')=E=0;
yari_zamanli_fulya.. SUM (k,x('24','3',k)+x('24','5',k))=E=0;
yari_zamanli_huseyin.. x('1','3','5')+x('1','3','6')=E=0;
yari_zamanli_imdat.. x('15','3','5')+x('15','3','6')=E=0;
yari_zamanli_zulal..
x('21','4','1')+x('21','4','2')+x('21','4','3')+x('21','4','4')+x('21','5','1')+x('21','5','2')+x('21'
,'5','3')+x('21','5','4')=E=0;
yari_zamanli_adem.. SUM (k,
x('12','1',k)+x('12','2',k)+x('13','1',k)+x('13','2',k))=E=0;
yari_zamanli_azer..
x('19','4','1')+x('19','4','2')+x('19','4','3')+x('19','4','4')+x('20','4','1')+x('20','4','2')+x('20'
,'4','3')+x('20','4','4')=E=0;
yari_zamanli_serpil.. SUM (k,x('25','1',k)+x('25','3',k))=E=4;
cakisma_engelleme_1(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('1',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_2(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('2',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_3(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('3',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_4(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('4',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_5(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('6',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_6(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('7',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_7(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('8',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_8(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('9',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_9(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('12',j,k)=L=1;

```

EK-1 (Devam) Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu

```

cakisma_engelleme_1_10(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+ x('14',j,k)+
x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_11(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+
x('14',j,k)+x('1',j,k)+x('2',j,k)=L=2;
cakisma_engelleme_1_12(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+
x('14',j,k)+x('3',j,k)+x('4',j,k)=L=2;
cakisma_engelleme_1_13(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+
x('14',j,k)+x('6',j,k)+x('7',j,k)=L=2;
cakisma_engelleme_1_14(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+
x('14',j,k)+x('8',j,k)+x('9',j,k)=L=2;
cakisma_engelleme_1_15(j,k).. x('5',j,k)+x('10',j,k)+ x('11',j,k)+
x('14',j,k)+x('12',j,k)+x('13',j,k)=L=2;
cakisma_engelleme_1_16(j,k).. x('1',j,k)+ x('3',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_17(j,k).. x('1',j,k)+ x('4',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_18(j,k).. x('2',j,k)+ x('3',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_19(j,k).. x('2',j,k)+ x('4',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_20(j,k).. x('1',j,k)+ x('6',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_21(j,k).. x('1',j,k)+ x('7',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_22(j,k).. x('2',j,k)+ x('6',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_23(j,k).. x('2',j,k)+ x('7',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_24(j,k).. x('1',j,k)+ x('8',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_25(j,k).. x('2',j,k)+ x('8',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_26(j,k).. x('1',j,k)+ x('9',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_27(j,k).. x('2',j,k)+ x('9',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_28(j,k).. x('1',j,k)+ x('12',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_29(j,k).. x('1',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_30(j,k).. x('2',j,k)+ x('12',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_31(j,k).. x('2',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_32(j,k).. x('3',j,k)+ x('6',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_33(j,k).. x('4',j,k)+ x('6',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_34(j,k).. x('3',j,k)+ x('7',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_35(j,k).. x('4',j,k)+ x('7',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_36(j,k).. x('3',j,k)+ x('8',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_37(j,k).. x('4',j,k)+ x('8',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_38(j,k).. x('3',j,k)+ x('9',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_39(j,k).. x('4',j,k)+ x('9',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_40(j,k).. x('3',j,k)+ x('12',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_41(j,k).. x('4',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_42(j,k).. x('3',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_43(j,k).. x('4',j,k)+ x('12',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_44(j,k).. x('6',j,k)+ x('8',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_45(j,k).. x('7',j,k)+ x('8',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_46(j,k).. x('6',j,k)+ x('9',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_47(j,k).. x('7',j,k)+ x('9',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_48(j,k).. x('6',j,k)+ x('12',j,k)=L=1;

```

EK-1 (Devam) Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu

```

cakisma_engelleme_1_49(j,k).. x('7',j,k)+ x('12',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_50(j,k).. x('6',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_51(j,k).. x('7',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_52(j,k).. x('8',j,k)+ x('12',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_53(j,k).. x('9',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_54(j,k).. x('8',j,k)+ x('13',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_1_55(j,k).. x('9',j,k)+ x('12',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_2(j,k).. x('15',j,k)+x('16',j,k)+ x('17',j,k)+
x('18',j,k)+x('19',j,k)+x('20',j,k)+ x('21',j,k)+x('22',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_3(j,k).. x('23',j,k)+x('24',j,k)+ x('25',j,k)+
x('26',j,k)+x('27',j,k)+x('28',j,k)+ x('29',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_4_1(j,k).. x('30',j,k)+ x('36',j,k)+ x('37',j,k)+ x('38',j,k)+
x('39',j,k)+ x('40',j,k)+x('31',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_4_2(j,k).. x('30',j,k)+ x('36',j,k) + x('37',j,k)+ x('38',j,k)+
x('39',j,k)+ x('40',j,k)+x('32',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_4_3(j,k).. x('30',j,k)+ x('36',j,k) + x('37',j,k)+ x('38',j,k)+
x('39',j,k)+ x('40',j,k)+x('33',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_4_4(j,k).. x('30',j,k)+ x('36',j,k) + x('37',j,k)+ x('38',j,k)+
x('39',j,k)+ x('40',j,k)+x('34',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_4_5(j,k).. x('30',j,k)+ x('36',j,k) + x('37',j,k)+ x('38',j,k)+
x('39',j,k)+ x('40',j,k)+x('35',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_4_6(j,k).. x('30',j,k)+ x('36',j,k) + x('37',j,k)+ x('38',j,k)+
x('39',j,k)+ x('40',j,k)+x('31',j,k)+x('32',j,k)=L=2;
cakisma_engelleme_4_7(j,k).. x('30',j,k)+ x('36',j,k) + x('37',j,k)+ x('38',j,k)+
x('39',j,k)+ x('40',j,k)+x('33',j,k)+x('34',j,k)+x('35',j,k)=L=3;
cakisma_engelleme_4_8(j,k).. x('33',j,k)+x('34',j,k)+x('35',j,k)=L=1 ;
cakisma_engelleme_4_9(j,k).. x('31',j,k)+x('33',j,k)=L=1 ;
cakisma_engelleme_4_10(j,k).. x('32',j,k)+x('33',j,k)=L=1;
cakisma_engelleme_4_11(j,k).. x('31',j,k)+x('34',j,k)=L=1 ;
cakisma_engelleme_4_12(j,k).. x('32',j,k)+x('34',j,k)=L=1 ;
cakisma_engelleme_4_13(j,k).. x('31',j,k)+x('35',j,k)=L=1 ;
cakisma_engelleme_4_14(j,k).. x('32',j,k)+x('35',j,k)=L=1 ;
secimlik(j,k)..x('36',j,k)+ x('37',j,k)+ x('38',j,k)+ x('39',j,k)+
x('40',j,k)+x('29',j,k)=L=1;
derslik_kapasite(j,k).. SUM(i,x(i,j,k))=L=7;
ardisiklik1(i,j).. x(i,j,'1')-x(i,j,'2')=E=0;
ardisiklik2(i,j).. x(i,j,'2')-x(i,j,'3')-x(i,j,'1')=E=0;
ardisiklik3(i,j).. x(i,j,'3')-x(i,j,'4')-x(i,j,'2')=E=0;
ardisiklik4(i,j).. x(i,j,'4')-x(i,j,'5')-x(i,j,'3')=E=0;
ardisiklik5(i,j).. x(i,j,'5')-x(i,j,'6')-x(i,j,'4')=E=0;
ardisiklik6(i,j).. x(i,j,'6')-x(i,j,'7')-x(i,j,'5')=E=0;
ardisiklik7(i,j).. x(i,j,'7')-x(i,j,'8')-x(i,j,'6')=E=0;
ardisiklik8(i,j).. x(i,j,'8')-x(i,j,'7')=E=0;
oglearasi(i,j).. x(i,j,'4')+x(i,j,'5')=L=1;

```

EK-1 (Devam) Problemin çözümü için hazırlanan GAMS kodu

```
model Schedule /all/ ;  
SCHEDULE.OptCR=.00;  
solve Schedule using MIP maximizing score;
```

```
display x.l;
```

```
* Export to Excel using GDX utilities
```

```
*First unload to GDX file
```

```
execute_unload "results.gdx" x.L x.M
```

```
* Now write to variable levels to Excel file from GDX
```

```
*Since we do not specify a sheet, data is placed in first sheet
```

```
execute 'gdxxrw.exe sonuc.gdx o=sonuc.xls var=x.L'
```

```
*Write marginals to a different sheet with a specific range
```

```
execute 'gdxxrw.exe sonuc.gdx o=sonuc.xls var=x.M rng=NewSheet!f1:i4'
```


EK-2 Toplam 37 ders için elde edilen ders çizelgeleri

1. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	KİM 110	BİL 102(2)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	KİM 116	FİZ 104(1) FİZ 104(2)
2	KİM 110	BİL 102(2)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	KİM 116	FİZ 104(1) FİZ 104(2)
3	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	KİM 110	BİL 102(1)	BİL 106(1) BİL 106(2)	BİL 102(1)
4	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	KİM 110	BİL 102(1)	BİL 106(1) BİL 106(2)	BİL 102(1)
ÖĞLE ARASI					
5	TÜRK 102		MÜH 122(1)		
6	TÜRK 102	MAT 152	MÜH 122(1)	MÜH 122(2)	
7	MAT 152	MAT 152	MÜH 122(1)	MÜH 122(2)	BİL 102(2)
8	MAT 152	MAT 152		MÜH 122(2)	BİL 102(2)
2. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	MÜH 232	END 204(1)	END 204(1)		END 204(2)
2	MÜH 232	END 204(1)	END 204(1)	END 202	END 204(2)
3		MÜH 232	END 204(2)	END 202	END 202
4		MÜH 232	END 204(2)		END 202
ÖĞLE ARASI					
5	SOS 222(2)	SOS 222(2)	SOS 212	SOS 222(1)	
6	SOS 222(2)	SOS 222(2)	SOS 212	SOS 222(1)	
7	SOS 222(1)		SOS 212		ATA 202
8	SOS 222(1)				ATA 202

EK-2 (Devam) Toplam 37 ders için elde edilen ders çizelgeleri

3. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	END 306	END 304	END 310	END 306	
2	END 306	END 304	END 310	END 306	END 312(1)
3	END 310	END 304	END 320	END 320	END 312(1)
4	END 310		END 320	END 320	END 312(1)
ÖĞLE ARASI					
5					
6				END 312(2)	DERS-29
7				END 312(2)	DERS-29
8				END 312(2)	DERS-29
4. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	END 430(2)	DERS-37	END 430(1)	END 450(2)	END 450(1)
2	END 430(2)	DERS-37	END 430(1)	END 450(2)	END 450(1)
3	END 430(1)	DERS-37	END 430(3)	END 430(3)	END 430(2)
4	END 430(1)		END 430(3)	END 430(3)	END 430(2)
ÖĞLE ARASI					
5	DERS-36			SOS 412	
6	DERS-36			SOS 412	
7	DERS-36			SOS 412	
8					

EK-3 Toplam 45 ders için elde edilen ders çizelgeleri

1. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	KİM 110	BİL 102(1)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	BİL 102(2)
2	KİM 110	BİL 102(1)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	BİL 102(2)
3	MAT 152	KİM 110	BİL 102(1)	BİL 106(1) BİL 106(2)	FİZ 104(1) FİZ 104(2)
4	MAT 152	KİM 110	BİL 102(1)	BİL 106(1) BİL 106(2)	FİZ 104(1) FİZ 104(2)
ÖĞLE ARASI					
5	TÜRK 102				MÜH 122(2)
6	TÜRK 102	MAT 152	BİL 102(2)	MÜH 122(1)	MÜH 122(2)
7	KİM 116	MAT 152	BİL 102(2)	MÜH 122(1)	MÜH 122(2)
8	KİM 116	MAT 152		MÜH 122(1)	
2. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	END 204(1)	DERS-43	END 204(1)	DERS-42	MÜH 232
2	END 204(1)	DERS-43	END 204(1)	DERS-42	MÜH 232
3	DERS-41	MÜH 232	END 204(2)	END 202	END 202
4	DERS-41	MÜH 232	END 204(2)	END 202	END 202
ÖĞLE ARASI					
5		END 204(2)	SOS 222(1)	SOS 222(2)	SOS 212
6		END 204(2)	SOS 222(1)	SOS 222(2)	SOS 212
7		ATA 202	SOS 222(2)	SOS 222(1)	SOS 212
8		ATA 202	SOS 222(2)	SOS 222(1)	

EK-3 (Devam) Toplam 45 ders için elde edilen ders çizelgeleri

3. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	END 306	END 304	END 320	END 320	DERS-44
2	END 306	END 304	END 320	END 320	DERS-44
3	END 310	END 304	END 310	END 306	DERS-45
4	END 310		END 310	END 306	DERS-45
ÖĞLE ARASI					
5	END 312(1)				
6	END 312(1)		DERS-29		END 312(2)
7	END 312(1)		DERS-29		END 312(2)
8			DERS-29		END 312(2)
4. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	DERS-39	END 450(1) END 450(2)	END 430(2)		END 430(2)
2	DERS-39	END 450(1) END 450(2)	END 430(2)	DERS-40	END 430(2)
3	DERS-39	END 430(1)	END 430(1)	DERS-40	END 430(3)
4		END 430(1)	END 430(1)	DERS-40	END 430(3)
ÖĞLE ARASI					
5		END 430(3)	SOS 412	DERS-37	
6	DERS-38	END 430(3)	SOS 412	DERS-37	DERS-36
7	DERS-38		SOS 412	DERS-37	DERS-36
8	DERS-38				DERS-36

EK-4 Farklı senaryo için geliştirilmiş modelden elde edilen ders çizelgeleri

1. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	BİL 106(1) BİL 106(2)	BİL 102(1)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)		BİL 102(1)
2	BİL 106(1) BİL 106(2)	BİL 102(1)	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	MÜH 122(2)	BİL 102(1)
3	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	FİZ 104(1) FİZ 104(2)	KİM 110	MÜH 122(2)	BİL 102(2)
4	FİZ 110(1) FİZ 110(2)	FİZ 104(1) FİZ 104(2)	KİM 110	MÜH 122(2)	BİL 102(2)
ÖĞLE ARASI					
5	TÜRK 102			KİM 116	
6	TÜRK 102	MAT 152	BİL 102(2)	KİM 116	MÜH 122(1)
7	KİM 110	MAT 152	BİL 102(2)	MAT 152	MÜH 122(1)
8	KİM 110	MAT 152		MAT 152	MÜH 122(1)
2. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	MÜH 232	END 204(1)		END 202	END 204(1)
2	MÜH 232	END 204(1)		END 202	END 204(1)
3	END 204(2)	END 202	MÜH 232	END 204(2)	
4	END 204(2)	END 202	MÜH 232	END 204(2)	
ÖĞLE ARASI					
5	SOS 222(2)			ATA 202	SOS 222(2)
6	SOS 222(2)	SOS 212		ATA 202	SOS 222(2)
7	SOS 222(1)	SOS 212			SOS 222(1)
8	SOS 222(1)	SOS 212			SOS 222(1)

EK-4 (Devam) Farklı senaryo için geliştirilmiş modelden elde edilen ders çizelgeleri

3. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	END 306	END 304	END 310		
2	END 306	END 304	END 310	END 312(1)	END 312(2)
3	END 310	END 304	END 320	END 312(1)	END 312(2)
4	END 310		END 320	END 312(1)	END 312(2)
ÖĞLE ARASI					
5					
6		DERS-29			END 320
7		DERS-29		END 306	END 320
8		DERS-29		END 306	
4. SINIF					
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1		END 450(1) END 450(2)	END 430(1)		
2	END 430(1)	END 450(1) END 450(2)	END 430(1)	DERS-39	DERS-38
3	END 430(1)	END 430(2)	END 430(3)	DERS-39	DERS-38
4		END 430(2)	END 430(3)	DERS-39	DERS-38
ÖĞLE ARASI					
5		SOS 412			END 430(3)
6	DERS-40	SOS 412	DERS-37	DERS-36	END 430(3)
7	DERS-40	SOS 412	DERS-37	DERS-36	END 430(2)
8	DERS-40		DERS-37	DERS-36	END 430(2)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZYANDI, Gözde
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1984 Adana
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (530) 346 60 17
e-mail : gozdeozyandi@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Başkent Üniversitesi/ Endüstri Müh.	2007
Lise	Adana Anadolu Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2010	EMD Savunma Teknolojileri A.Ş.	Üretim Planlama
2007-2008	Atılım Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yüzme, Tiyatro