

DERS ÇİZELGELEME PROGRAMI

Proje Sahibi

Murat Kalender

Danışman

Assist. Prof. Dr. Ender Özcan

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI İSTANBUL ŞUBESİ
2006-2007 ÖĞRETİM YILI PROJE YARIŞMASI

ÖZET

Üniversitelerde otomatik ders programı (çizelgesi) hazırlamak, bir öğrencinin derslerinin çakışmaması, herhangi bir gündeki dersleri arasında fazla boşluk olmaması gibi bir çok kısıt altında çözülmesi gereken zor (NP-hard) bir optimizasyon problemidir. *Üst-sezgiseller* (Hyper-heuristic) alt seviyedeki sezgiselleri yöneten ve her adımda hangi sezgiselin kullanılacağına karar veren yaklaşımlardır. Üst-sezgisel yaklaşımlar arama ve optimizasyon problemlerinin çözümünde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada JAVA ve XML teknolojileri kullanılarak Yeditepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünün ihtiyaç duyduğu kısıtların kolayca girilebildiği, çözümlerin üretilebildiği, değiştirebildiği ve bilgilerin saklanabildiği, otomatik ders programı hazırlayan bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama problemin çözümünde üst-sezgisel bir yaklaşım kullanmaktadır. En uygun yaklaşımı bulmak için farklı basit üst-sezgisel algoritmalar test edilmiştir. Testler için gerçek ve rastgele oluşturulmuş veriler kullanılmıştır. Varolan bir üst-sezgiselden yeni bir sezgisel yaratılmış ve önerilen sezgiselin daha iyi çalıştığı gözlemlenmiştir.

GİRİŞ

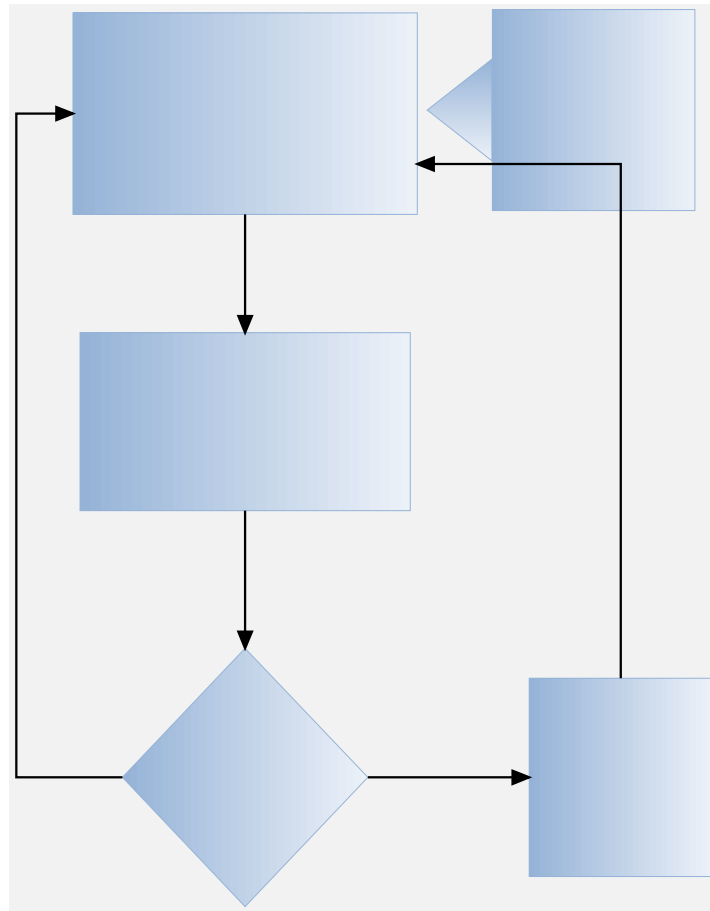
Çizelgeleme problemleri, verimliliği esas alarak, kaynakların kullanıcılara belli kısıtlarla tahsis edilmesini hedefler. Bir zaman çizelgeleme problemi olan ders programı hazırlamada (çizelgelemede) hedef, her sınıf için açılacak derslerin buluşma saatlerinin istenen kısıtlar sağlanarak belirlenmesidir. Örneğin, herhangi bir üniversitede bir bölümünün ders programının belirlenmesi demek açılan bütün derslerin saatlerinin belirlenmesi demektir. Doğal kısıtlardan biri ise aynı dönem derslerinin kesişmemesidir. Benzer şekilde, bir öğretim elemanın verdiği dersler aynı saate atanamaz. Zaman çizelgeleme problemi, zor bir problemdir. Bu tür problemlerinin çözümü için değişik yaklaşımlar kullanılmıştır. Schmidt, bildirisinde bu konudaki ilk çalışmalardan bahseder. Zaman çizelgeleme problemleri için geliştirilen modeller genelde birbirinden oldukça farklıdır. Bu sebeple literatürde bulunan sonuçları karşılaştırmak zordur. Son yıllarda, birçok araştırmacı çözüm yaklaşımlarını Tavlama Benzetimi (Simulated Annealing), Tabu Arama (Tabu Search) ve Genetik Algoritmalar (Genetic Algorithms) gibi yapay zeka yöntemlerine dayandırmaktadır. Bu genetik algoritmalar zaman çizelgeleme problemlerinin çözümünde başarılı olmasına rağmen, çok fazla bilgisayar işlemi gerektirmekte ve probleme özgü bir çözüm olmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada yeni bir yaklaşım olan ve probleme bağımlı olmayan üst-sezgisel algoritmalar (hyper-heuristics) kullanılmıştır.

Ayrıca, gerçek bir uygulamada, göz önüne alınması gereken kısıt sayısı bir hayli fazladır; bu sebeple, kısıtların girilebilmesi için, kullanıcı dostu bir ara yüze de ihtiyaç duyulur. Bu sebeple Java teknolojisi kullanılarak kullanıcı dostu bir arayüz geliştirilmiştir.

ÜST-SEZGİSEL ALGORİTMALAR

Üst-sezgisel Algoritmalar Sezgisel-üstü (meta-heuristic) Algoritmalarla göre daha yüksek seviyede bir soyutlama olacak şekilde önerilmiştir. Üst-sezgisel Yöntemler bir basit sezgiseller kümesini yönetir ve yalnızca probleme özgü olmayan, uygunluk değeri, sezgisel koşma süresi gibi verileri kullanır. Tipik bir Üst-sezgisel döngüsü iki aşamadan oluşur: sezgisel seçme yöntemi ve hareket kabul etme.

Sezgisel seçme yöntemi problemi çözmek için herhangi bir anda hangi sezgiselin uygulanacağına karar verir. Hareketi kabul etme aşamasında ise seçilmiş olan sezgiselin çözüm uzayında yapmış olduğu hareketin kabul edilip edilmemesine karar verilir. Birçok seçme yöntemi ve hareket kabul etme vardır ve bazıları aşağıdaki figürde listelenmiştir. Bu çalışmada *Improving and Equal*, *Monte Carlo* ve *Great Deluge* hareket kabul etme ve *Choice Function*, *Modified Choice Function* ve *Simple Random* sezgisel seçme yöntemleri uygulanmış ve ders çizelgeleme problemi üstünde test edilmiştir.



Üst- Sezgisel Algoritmalar akış çizeneği.

Sezgisel seçme
yöntemi
sezgiseli seçer

Sezgisel Seçme Yöntemleri

Simple Random (SR)

Simple Random en basit ve temel sezgisel seçme yöntemidir. Simple random sezgisel algoritmalar havuzundan eşit olasılıklarla rastgele bir sezgisel seçer. [7, 11 and 12].

Choice Function (CF)

Choice Function [7] daha önce uygulanmış olan sezgisellerin performanslarını hesaplar. Sezgisellerin performansları problemdeki düzelmeye ve çalışma süresine bağlıdır. Choice Function daha önce en yüksek performans gösteren sezgisel algoritmayı seçer.

Modified Choice Function (MCF)

Modified Choice Function sezgisellerin performanslarını sadece problemdeki düzelmeye bakarak hesaplar ve daha önce en yüksek performans gösteren sezgisel algoritmayı seçer.

Hareket Kabul Etme Methodları

Improving and Equal (IE)

Improving and Equal hareket kabul etme methodu sezgisel algoritmanın yapmış olduğu değişimi eğer yapılmış olan değişim daha iyi veya eşit sonuç üretiyorsa kabul eder.

Monte Carlo (MC)

Monte Carlo [11] hareket kabul etme methodu sezgisel algoritmanın yapmış olduğu değişimi eğer yapılmış olan değişim daha iyi sonuç üretiyorsa kabul eder ve daha kötü sonuçlarda da belirli bir olasılığa bağlı olarak kabul eder. Bu algorithmada kötü sonuçların kabul olma olasılığı zaman geçtikçe düşer eğer daha iyi sonuçlar bir süre sonra elde edilmezse yükselir.

Great Deluge (GD)

The Great Deluge [12] hareket kabul etme methodu sezgisel algoritmanın yapmış olduğu değişimi eğer yapılmış olan değişim daha iyi sonuç üretiyorsa kabul eder ve daha kötü sonuçlarda da belirli bir olasılığa bağlı olarak kabul eder. Bu algorithmada kötü sonuçların kabul olma olasılığı her bir adımda azalır.

<i>Label</i>	<i>Name of the strategy</i>	<i>Method type</i>	<i>Source(s)</i>
SR	Simple Random	Heuristic Selection	
RD	Random Descent	Heuristic Selection	Cowling, Kendall and Soubeiga (2000)
RP	Random Permutation	Heuristic Selection	
RPD	Random Permutation Descent	Heuristic Selection	
CF	Choice Function	Heuristic Selection	
TS	Tabu Search	Heuristic Selection	Cowling, Kendall and Soubeiga (2000) Gaw, Rattadilok and Kwan (2004) Burke and Soubeiga (2003)
GR	Greedy	Heuristic Selection	Cowling, Kendall and Soubeiga (2000)
AM	All Moves	Move Acceptance	
OI	Only Improving	Move Acceptance	
IE	Improving and Equal	Move Acceptance	Ayob and Kendall (2003) Bilgin, Ozcan, Korkmaz (2006) Ozcan, Bilgin, Korkmaz (2006)
MC	Exponential Monte Carlo with Counter	Move Acceptance	Ayob and Kendall (2003)
GD	Great Deluge	Move Acceptance	Kendall and Mohamad (2004)

Sezgisel seçme ve hareket kabul etme yöntemleri.

ÜNİVERSİTE İÇİN DERS ÇİZELGESİ HAZIRLAMA PROBLEMİ

Çizelgeleme Problemleri

Formel olarak zaman çizelgeleme problemleri üç ana kümeyle tanımlanabilir; $\langle V, D, C \rangle$.

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$$

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_M\}$$

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_K\}$$

V kümesi *değişkenler* kümesidir (variables). D kümesi değişkenlerin *tanım kümelerini* ifade eder (domains of variables). Zaman çizelgeleme problemlerinde D kümesi en az bir eleman içerir, o da zaman kümesidir (time). C kümesi de V kümesindeki her bir değişkenin alabileceği değerler için tanımlanmış *kısıtlardır* (constraints). İki tür kısıt vardır: *sert* ve *yumuşak*. Sert kısıtlar sağlanması zorunlu olan kısıtları, yumuşak olanlar da tercihleri temsil eder.

Yeditepe Üniversitesi Ders Çizelgeleme Problemi

Yeditepe Üniversitesi'nde, lisans eğitimi, döneme dayalı uygulanmaktadır. Fakülteler arası verilen derslerin (servis dersleri) azlığı sebebiyle üniversite ders programı hazırlama problemi her bir fakültenin ders programının hazırlanmasına indirgenmiştir. Örnek fakülte olarak Mühendislik-Mimarlık Fakültesi seçilmiştir. Bu Fakülte'de öğrenciler girdikleri bölümün müfredatına göre, her dönem 5 ile 8 adet arası ders almak durumundadır. Servis dersleri hariç 6 tip ders vardır: zorunlu bölüm dersleri, temel bilimler dersleri, YÖK dersleri, temel mühendislik bilimleri dersleri, teknik seçmeliler, teknik olamayan seçmeliler. Her dersin toplam *buluşma süresi* 1 ile 4 saattir. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi'nde, 6 bölüm vardır. Her bölümün müfredatı 8 dönemden oluşmaktadır. Öğrenciler, Fakülte müfredatlarına, İngilizce yeterliliklerini kanıtladıktan hemen sonra, içinde bulunulan dönem gözetilmeden başlayabilmektedir. Bu sebeple, herhangi bir müfredattaki derslerin hemen hepsi, her dönem açılmaktadır. Üniversitede, hem tam zamanlı hem de yarı zamanlı öğretim elemanları görev yapmaktadır. Yarı zamanlı öğretim elemanlarının çoğu başka üniversitelerde tam zamanlı olarak çalışmaktadır. Bu sebeple, her birinin kendine özel bağlayıcı zaman kısıtları vardır.

Zaman çizelgesi, haftada 5 gün ve günde 10 saat olarak düzenlenmiştir (toplam 50 adet hane). Bu günler içerisinde, ilk 4 saat sabah saatleri, 1 saat öğle yemeği, son 5 saat da öğleden sonra olarak kabul edilmiştir. Üzerinde çalıştığımız zaman çizelgeleme problemi, bu zaman çizelgesi hanelerinin, Fakülte'de açılan bütün derslerin buluşma saatlerine eldeki kısıtları sağlayacak en uygun şekilde atanmasıdır.

İki ana kısıt, herhangi bir müfredat dönemindeki derslerin buluşma zamanlarının ve bir öğretim elemanının verdiği ders saatlerinin kesişmemesidir. Toplam buluşma süresi 1 saatten fazla olan derslerin *buluşma adedi* birden fazla olabilir. Genelde tercih edilen başka bir kısıt da, her bir buluşmanın farklı günlere konmasıdır. Bir dersin farklı şubelerinin saatleri doğal olarak çakışabilir. Bazı derslerin tam saati önceden belirlenmek durumunda kalabilir ve bu saat öğle yemeği saatine denk gelebilir. Üniversitemizde, her fakülte, kendi ders odalarına

sahiptir. Birden fazla bölüm ya da aynı bölüme ait birden fazla müfredat dönemi aynı dersi paylaşmak zorunda kalabilir. Sistemimiz bu paylaşımları desteklemektedir. Böylece ortak dersler için ayrı bir kısıt eklenmesine gerek bırakılmayarak performans artırılmıştır. Yarı zamanlı öğretim elemanları, dönem bazlı çalıştıkları için, her dönem aynı çizelgenin kullanılması neredeyse imkansızdır.

Kısıtlar

Zaman çizelgeleme kısıtları, Yeditepe Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi'nin ihtiyaçlarına göre, diğer üniversitelerin ihtiyaçları da gözetilerek, düzenlenmiştir. Kısıtlar, eğitim kalitesinin iyileştirilmesi, öğrenci ve öğretim elemanlarının performansının yükseltilmesi, öğretim elemanı isteklerinin karşılanması ve idari ihtiyaçlara cevap verilebilmesi esas alınarak oluşturulmuştur. Tüm kısıtlar, 3 ana grupta toplanabilir: Öğretim elemanı kısıtları, müfredat dönemi kısıtları, ders kısıtları. Herhangi bir kısıt, program çalıştırılmadan önce açılabilir ya da kapanabilir. Açılan her kısıt sistem tarafından sağlamaya çalışılır. Takip eden kısımda, sistemimizin desteklediği kısıtlar detaylı olarak anlatılmıştır.

Öğretim Elemanı Kısıtları

Aşağıdaki kısıtlardan herhangi birisi ilgili öğretim elemanı için sisteme girilebilir:

- 1) Bir öğretim elemanının verdiği derslerin ders saatleri kesişmemelidir. Bu kısıt bütün öğretim elemanları için her zaman açık konumdadır.
- 2) Öğretim elemanları ders verdikleri gün içerisinde belirlenen ders süresini doldurmak zorundadır. Bu kısıt, özellikle yarı zamanlı öğretim elemanları için faydalıdır ve ancak bütün öğretim elemanları için açılabilir yada kapanabilir.
- 3) Öğretim elemanları ders verdikleri gün içerisinde belirlenen toplam ders süresinden fazla ders veremezler.
- 4) Bu kısıt açıldığında, bir öğretim elemanının gün içerisindeki tüm dersleri ardışık olarak atanmaya çalışılır. Böylece yarı zamanlı öğretim elemanlarının gün içerisinde boş yere beklemeleri önlenmiş olur.
- 5) Bir kurumda, eğitim birden fazla binada birden sağlanıyor olabilir. Eğer binalar birbirinden uzaksa, bir öğretim elemanının binalar arası sürekli gidip gelmesi sıkıntı doğurabilir. Bu problemin giderilmesi için eklenen kısıt, öğretim elemanları için, her binada verilen derslerin gün içerisinde ardışık atanmasını ve binalar arası gidiş gelişin en aza indirgenmesini amaçlar.
- 6) Öğretim elemanlarının ders saati olarak atnamasını istemedikleri çizelge haneleri belirlenerek, her birine özel kısıtlar sağlanmaya çalışılır.

Müfredat Dönemi Kısıtları

Bir fakültede kısıtlar yapı itibarıyla birbirine benzemekte ise de, farklı bölümler ve hatta aynı bölümdeki farklı dönemler için farklı kısıtların sağlanması ihtiyacı çıkabilir. Hatta bazı kısıtlar bazı dönemler için hiç gerekemeyebilir. Aşağıdaki kısıtlar belirlenen herhangi bir müfredat dönemi için açılabilir yada kapanabilir:

7) Bu kısıt kullanıma açılırsa, sistemimiz her gün için belirlenen toplam ders saatini, yine belirlenen tipteki derslerle doldurmaya çalışır.

8) Bu kısıt kullanıma açılırsa, sistemimiz her gün için belirlenen toplam ders saatini, yine belirlenen tipteki dersleri atayarak aşmamaya çalışır. Buradaki amaç, öğrencilere aynı tipte aşırı ders yüklemesi yapılmasından kaçınmaktır.

9) Belirlenmiş bir gün ya da çizelge hanesi tamamen boş bırakılabilir. (Öğle yemeği ya da konferans saati belirlenmesi gibi)

10) Bu kısıt açılırsa, sistemimiz, ilgili müfredat döneminin derslerinin gün içerisinde ardışık atanmasını sağlayarak öğrencilerin derslerinin gün içerisinde aralıklı atanmalarını önlenmiş olur. Bu kısıt aynı zamanda öğrencilerin derse devam yüzdelerini arttırmayı da amaçlar.

11) Bir müfredat dönemine ait derslerin ders saatleri kesişmemelidir. Bu kısıt her müfredat dönemi için her zaman açık konumdadır.

12) Ders yükü ağırlığının bir haftaya dağılımının nasıl yapılacağı iki ayrı tipte belirlenebilir:

1. *Konsantre*: Ders saatler dağılımında, ders atanan günlerin yoğun geçmesi ve bu sayede geri kalan günlerin tamamen boşaltılması amaçlanır.

2. *Eşit ağırlıklı*: Müfredat dönemine ait derslerin günlere eşit saat adedi ile dağıtılması amaçlanır.

13) Belirli tipe ait derslerin, atandığı günün başlangıç ya da bitiş saatlerine konması amaçlanır.

14) Önceden belirlenmiş bazı müfredat dönemi derslerinin gün içerisinde sabah saatlerine konması amaçlanır. Örneğin, bölüm dersleri ve teknik seçmelilerin sabah saatlerine atanması tercih edilebilir.

15) Önceden belirlenmiş bazı müfredat dönemi derslerinin gün içerisinde öğleden sonra saatlerine konması amaçlanır.

Ders Kısıtları

Bu kısıtlar genel olarak bir ders grubuna atfedilemeyen ve sağlanması istenebilecek derse özel kısıtlardır.

16) Ayrı müfredat döneminde farklı öğretim elemanlarının versiyi iki dersin birbiriyle kesişip kesişmemesi durumları bu kısıt sayesinde gerçekleştirilebilir. Bu kısıt, özellikle aynı fakülteden lisanüstü dersi alan, lisans düzeyinde laboratuvar ya da problem çözme saati görevi olan asistanlar için faydalıdır.

17) Bir dersin buluşma adedi ve süresi önceden belirlenerek her bir buluşmanın farklı günlere atanması amaçlanır. Örneğin, toplam buluşma süresi 4 saat olan bir ders, 1+3 yada 2+2 şeklinde 2 buluşma olarak belirlenebilir ve bu iki buluşma farklı günlere atanmaya çalışılır. Bu kısıt bütün dersler için açık konumdadır.

18) Özel durumu olan derslerin ya da öğretim elemanlarının günleri yada hem gün, hem de saatleri önceden tanımlanarak yerleri sabitlenebilir.

ÜNİVERSİTE İÇİN DERS ÇİZELGESİ HAZIRLAMA PROBLEMİ ÇÖZÜMÜ

Daha önceki bölümlerde tanımlanmış ve analizi yapılmış olan üniversite ders çizelgeleme problemini çözmek için bu çalışmada Java ve XML teknolojileri kullanılmış ve kullanıcı dostu bir uygulama geliştirilmiştir.

Ders Çizelgeleme Sezgiselleri

Bölüm 3.3' te tanımlanan Yeditepe Üniversitesi' nin sert ve yumuşak kısıtlarının her biri için bir sezgisel yazılmıştır. Bu sezgisellerin her biri sadece belirli bir kısıtı düzeltmeye çalışmaktadır. Ve problemin performans değerini etkileyen belirli bir ağırlığı bulunmaktadır. Sert kısıtlar daha önemli olduğu için yumuşak kısıtlara göre ağırlık değerleri fazladır. Böylece öncelikle sert kısıtlamaların düzeltilmesi sağlanmış, yumuşak kısıtlamalar da minimuma indirilmiştir.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no" ?>
- <TimeTable>
+ <Days>
+ <Hours>
+ <Courses>
+ <Lecturers>
+ <Terms>
+ <Rooms>
+ <Equipments>
- <Activities>
- <Activity>
  <code>CHEM 101.01</code>
  <label>04</label>
  <activity_lecturers />
- <activity_terms>
- <activity_term>
  <name>1 a</name>
  </activity_term>
</activity_terms>
<parts_same_day>0</parts_same_day>
<duration>4</duration>
<parts>2+2</parts>
<activity_room />
<activity_equipment />
<student_number>0</student_number>
<available_hours>0000000000000110000000000000000110000000000000000000000000000000</available_hours>
</Activity>
- <Activity>
  <code>CHEM 101.01 L</code>
  <label>04 L</label>
  <activity_lecturers />
- <activity_terms>
- <activity_term>
  <name>1 a</name>
  </activity_term>
</activity_terms>
<parts_same_day>0</parts_same_day>
<duration>2</duration>
<parts>2</parts>
<activity_room />

```

XML dosya örneği.

Orni TimeTabler

File Report Solution

Days Hours Courses **Lecturers** Terms Rooms Equipments Activities Orderings Constraints

Name	Min Course Break	Max Course Break	Max Daily Courses	Max Daily Hours
Ahmet Ulak	1	4	3	6
Ali Sezgin	1	4	3	6
Birol Aygün	1	4	3	6
Can Başaran			3	6
Cem Ünsalan			3	6
Ender Özcan			3	6
Erkan Korkmaz			3	6
Esin Onbaşıoğlu			3	6
Fuat Engün			3	6
Gürhan Küçük			3	6
M. Onur Ergin			3	6
Mehmed Özkan			3	6
Mehmet Aksayan			3	6
Mustafa Türkbaylan			3	6
Nadir Yücel			3	6
Peter Panfilov			3	6
Tevfik Aytakin			3	6
Türker Erçal			3	6
İsa Hacıoğlu			3	6
Şebnem Baydere			3	6

Update Lecturer Ender Özcan

Name:

Min Course Break:

Max Course Break:

Max Daily Courses:

Max Daily Hours:

Available Hours

ON	Mo	Tu	We	Th	Fr
1 - 09:00	✓	✓	✓	✓	✓
2 - 10:00	✓	✓	✓	✓	✓
3 - 11:00	✓	✓	✓	✓	✓
4 - 12:00	✓	✓	✓	✓	✓
5 - 13:00	✓	✗	✓	✓	✓
6 - 14:00	✓	✗	✓	✓	✓
7 - 15:00	✓	✗	✓	✓	✓
8 - 16:00	✓	✗	✓	✓	✓
9 - 17:00	✓	✗	✓	✓	✓
10 - 18:00	✓	✗	✓	✓	✓

Ok Cancel

Information Part

Cancel Save Help OK

Kullanıcı dostu kısıtlama tanımlama arayüzü.

Orni TimeTabler

File Report Solution

Term Lecturer Room Equipment Activity 8 b Selected Data

Undo Redo Database Save

Solution 2 Remove Generate

	Mo	Tu	We	Th	Fr
1 - 09:00	CSE 487.01	CSE 462.01		CSE 348.01	CSE 315.01
2 - 10:00	CSE 487.01	CSE 462.01		CSE 348.01	CSE 315.01
3 - 11:00			CSE 427.01	CSE 484.01	CSE 315.01
4 - 12:00	CSE 348.01 L	CSE 401.01	CSE 427.01		ES 301.02
5 - 13:00	CSE 348.01 L	CSE 427.01		CSE 487.01	CSE 416.01
6 - 14:00			ES 301.02	CSE 416.01	CSE 401.01
7 - 15:00			ES 301.02	CSE 416.01	CSE 401.01
8 - 16:00	CSE 462.01	CSE 438.01	LAW 491.02		CSE 484.01
9 - 17:00	CSE 438.01			LAW 491.02	CSE 484.01
10 - 18:00	CSE 438.01			LAW 491.02	

Type	Value
TermCourseBreak	Term 1 a has an course break conflict because of HUM 101.02 on Thursday

Kullanıcı dostu sonuç gösterme arayüzü.

	A	B	C	D	E	F
1	[]	CHEM 101	04	LEC	Kimya	Tu3-Th1
2	[]	CHEM 101	04 L	LAB	Kimya	Mo3
3	[]	CHEM 101	01	LEC	Kimya	Tu1-Th3
4	[]	CHEM 101	01L	LAB	Kimya	Mo6
5	[Ali Sezgin]	CSE 101		1 LEC	COMPUTER	Tu5-Fr5
6	[Tevfik Aytekin]	CSE 101		1 LAB	COMPUTER	We3
7	[Erkan Korkmaz]	CSE 112		1 LEC	C PROG	Th4-We4
8	[Fuat Ergün]	CSE 112		1 LAB	C PROG	Mo5
9	[Erkan Korkmaz]	CSE 112		2 LEC	C PROG	Fr1-Mo8
10	[Fuat Ergün]	CSE 112		2 LAB	C PROG	Th5
11	[Ali Sezgin]	CSE 211	02	LEC	DATA	We6-Mo2
12	[Ahmet Ulak]	CSE 211	02L	LAB	DATA	Mo5
13	[Ali Sezgin]	CSE 211		2 LEC	DATA	Tu10-Fr2
14	[Ahmet Ulak]	CSE 211		2 LAB	DATA	We4
15	[Gürhan Küçük]	CSE 221		1 LEC	LOGIC	We8-Tu4
16	[Türker Erçal]	CSE 221		1 LAB	LOGIC	Fr1
17	[Türker Erçal]	CSE 221		2 LAB	LOGIC	Th6
18	[Esin Onbaşıoğlu]	CSE 232		1 LEC	ASSEM	Mo2-Fr3
19	[Can Başaran]	CSE 232		1 LAB	ASSEM	We2
20	[Ender Özcan]	CSE 252		1 LEC	PPL	Th4
21	[Türker Erçal]	CSE 252		1 LAB	PPL	Tu3
22	[Tevfik Aytekin]	CSE 252		2 LAB	PPL	We8
23	[Ender Özcan]	CSE 311		1 LEC	TEO	Th1-We6
24	[Can Başaran]	CSE 311		1 LAB	TEO	Fr1
25	[Birol Aygün]	CSE 315		1 LEC	INTERNET	Fr5
26	[Mehmed Özkan]	CSE 321		1 LEC	DIGITAL	Tu7
27	[İsa Hacıoğlu]	CSE 321		1 LAB	DIGITAL	We4
28	[İsa Hacıoğlu]	CSE 321		2 LAB	DIGITAL	Fr9
29	[Esin Onbaşıoğlu]	CSE 323		1 LEC	COMPORG	Fr7-We3
30	[Şebnem Baydere]	CSE 331		1 LEC	OPIS	We7-Tu3
31	[M. Onur Ergin]	CSE 331		1 LAB	OPIS	Fr6
32	[M. Onur Ergin]	CSE 331		2 LAB	OPIS	Tu5
33	[Gürhan Küçük]	CSE 343		1 LEC	FILE	Mo3-Tu6
34	[Tevfik Aytekin]	CSE 343		1 LAB	FILE	Th5
35	[Tevfik Aytekin]	CSE 343		2 LAB	FILE	Tu4
36	[Birol Aygün]	CSE 344		1 LEC	SOFTWARE	Fr1
37	[Can Başaran]	CSE 344		1 LAB	SOFTWARE	Tu7
38	[Mehmet Aksayan]	CSE 348		1 LEC	DATABASE	We3
39	[Ahmet Ulak]	CSE 348		1 LAB	DATABASE	Fr2
40	[Nadir Yücel]	CSE 354		1 LEC	OTOMATA	Tu1-Th1
41	[Fuat Ergün]	CSE 354		1 LAB	OTOMATA	Fr5

Ders çizelgeleme sonucu rapor örneği.

Deney Verileri

Üst-sezgisel algoritmalar kombinasyonları rastgele oluşturulmuş veriler üstünde test edilmiştir. Test verilerinin özellikleri ve parametreleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Test verileri 5 gün ve günlük 10 saatlik bir çizelgede test edilmiştir.

Deney verileri

İsim	Ders Sayısı	Öğretim G. Sayısı	Dönem Sayısı	Oda Sayısı	Alet Sayısı	Sıralama Sayısı
Veri 1	200	64	32	32	32	0
Veri 2	200	64	32	32	32	16
Veri 3	400	128	64	64	64	0
Veri 4	400	128	64	64	64	32
Veri 5	800	256	128	128	128	0
Veri 6	800	256	128	128	128	64
Veri 7	1600	512	256	256	256	0
Veri 8	1600	512	256	256	256	128

Deney Ortamı

IE, MC, MMC ve GD hareket kabul etme ve CF, MCF ve SR sezgisel seçme yöntemleri problem çözücü olarak testlerde kullanılmıştır.

Her sezgisel seçme ve hareket kabul etme kombinasyonları deney verileri üstünde test edilmiştir. Her bir test 50 defa tekrarlanmış ve testler çözüm bulana veya 600 saniye geçene kadar sürmüştür. Bütün kısıtların bulunduğu çözüm oranı, en iyi çözüm değerleri ortalamaları ve iyi zamanlama değerleri ortalamaları deneylerde performans kriteri olarak kullanılmıştır. Testler P4 3GHz işlemcili bilgisayarlarda gerçekleştirilmiştir.

Deney Sonuçları.

Çözümlemeyen kısıt sayıları ve sezgisellerin ağırlıkları çarpımlarının toplamı üretilmiş olan çözümün performans değerini vermektedir. Ders çizelgeleme probleminde düşük değerler daha iyi sonuçlardır ve çözümlemeyen kısıtın bulunmadığı çözümün performans değeri sıfırdır.

Sezgisellerin ağırlık değerleri.

Term Daily Hours	3
Term Activity Intersection	5
Term Available Hours	5
Term Course Break	1
Lecturer Activity Intersection	5
Lecturer Available Hours	5
Lecturer Course Break	1
Lecturer Daily Hours	3
Lecturer Daily Courses	1
Room Activity Intersection	3
Equipment Activity Intersection	3
Activity Ordering	1.9

Deneylerde MCF sezgisel seçme yöntemi ve MMAR hareket kabul etme kombinasyonu 3.69 ortalamaıyla en iyi algoritma olmuştur. Ayrıca MCF 5.55 ortalamaıyla en iyi sezgisel seçme yöntemi, MMAR 4.31 ortalama ise en iyi hareket Kabul etme metodları olmuşlardır.

Aşağıdaki tablo deney sonuçlarındaki kısıtsız sonuç bulma yüzdelerini göstermektedir. Yüzdelerin yüksek olması ders çizelgeleme probleminin bu çalışmada başarı ile çözüldüğünü göstermektedir.

Kısıtsız sonuç bulma yüzdeleri.

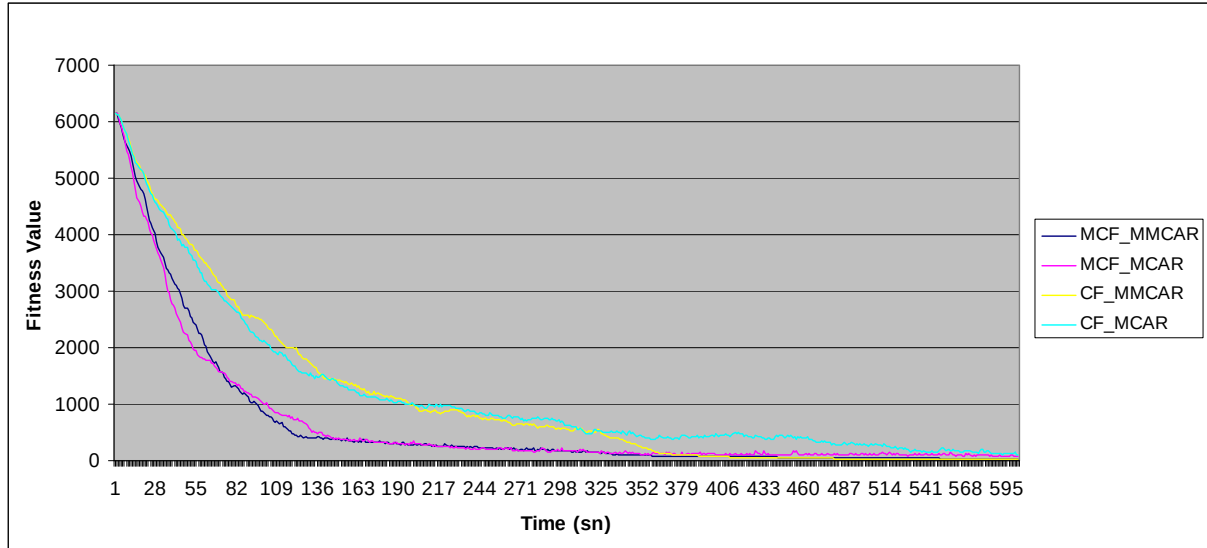
Success Rate	Veri 1	Veri 2	Veri 3	Veri 4	Veri 5	Veri 6	Veri 7	Veri 8
MCF_MMAR	100	100	100	100	100	0	100	0
MCF_MCAR	100	100	100	100	100	0	100	0
MCF_GDEL	100	64	100	10	100	0	100	0
MCF_IE	100	86	100	66	100	4	24	0
CF_MMAR	100	100	100	100	100	2	100	0
CF_MCAR	100	100	100	78	100	0	100	0
CF_GDEL	100	58	100	8	100	0	100	0
CF_IE	100	86	100	76	98	2	4	0
SRAN_MMAR	100	100	100	94	100	0	100	0
SRAN_MCAR	100	76	100	6	100	0	100	0
SRAN_GDEL	100	70	100	4	100	0	100	0
SRAN_IE	100	90	100	62	100	4	18	0

Üst-sezgisel algoritmalarının veri 8 üstünde ürettiği performans değerleri ve standart sapmaları.

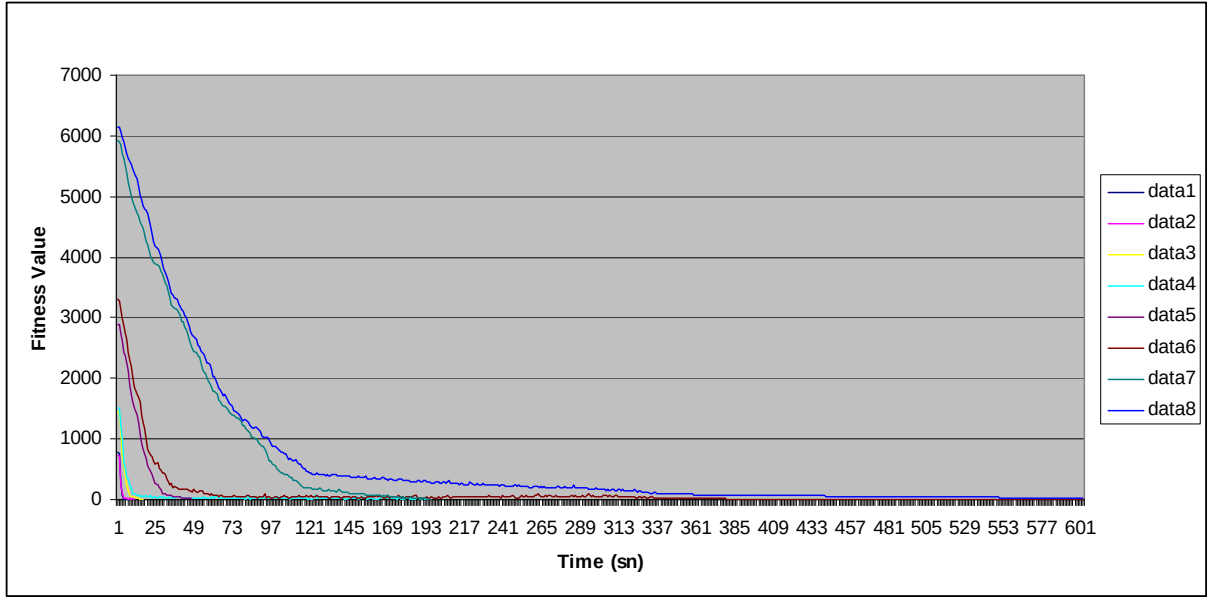
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
MCF_MMAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.47	2.49	0	0	19.1	6.34
MCF_MCAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.1	4.39	0	0	62.5	11.3
MCF_GDEL	0	0	1	1.38	0	0	5.25	2.66	0	0	38.1	8.48	0	0	122	13.9
MCF_IE	0	0	0	0.35	0	0	0.51	0.86	0	0	5.3	2.53	4.62	3.89	48.3	10.9
CF_MMAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.89	3.81	0	0	26	9.27
CF_MCAR	0	0	0	0	0	0	0.46	0.99	0	0	44	7.92	0	0	113	18.7
CF_GDEL	0	0	1	1.78	0	0	5.54	3.96	0	0	40.7	9.89	0	0	134	17.8
CF_IE	0	0	0	0.35	0	0	0.35	0.7	0.06	0.42	7.33	3.03	13.5	7.05	56.8	14.8
SRAN_MMAR	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0	0	6.93	3.02	0	0	28.8	8.05
SRAN_MCAR	0	0	0	0.97	0	0	5.18	2.46	0	0	41.7	4.52	0	0	99.8	8.99
SRAN_GDEL	0	0	1	1.02	0	0	7.18	4.19	0	0	44.9	9.17	0	0	148	18.3
SRAN_IE	0	0	0	0.3	0	0	0.49	0.69	0	0	4.82	2.39	4.98	4	49	15

Üst-sezgisel algoritmalarının bütün veriler üstündeki sıralama değerleri.

	MMCAR	MCAR	GDEL	IE	MMCAR	MCAR	GDEL	IE	MMCAR	MCAR	GDEL	IE
	MCF	MCF	MCF	MCF	CF	CF	CF	CF	SRAN	SRAN	SRAN	SRAN
Veri 1	2	1	3	11	7	6	9	12	5	4	8	10
Veri 2	3	3	11	7.5	3	3	12	7.5	3	9	10	6
Veri 3	2	1	4	11	6	7	9	12	5	3	8	10
Veri 4	2	2	9	7	2	5	10	6	4	11	12	8
Veri 5	6	6	6	6	6	6	6	12	6	6	6	6
Veri 6	8.5	8.5	8.5	1.5	3.5	8.5	8.5	3.5	8.5	8.5	8.5	1.5
Veri 7	5	5	5	10	5	5	5	12	5	5	5	11
Veri 8	1	7	10	4	2	9	11	6	3	8	12	5



Dört üst-sezgisel algoritma kombinasyonlarının veri 8 üstündeki performans değerleri.



MMCAR ve MCF üst-sezgisel algoritma kombinasyonunun bütün veriler üstündeki performans değerleri.

SONUÇ

Bu çalışmada Yeditepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendiliği Bölümü esas alınarak bir ders çizelgeleme problemi analiz edilmiş ve problemin çözümüne yönelik başarılı sonuç veren bir üst-buluşsal önerilmiştir. Diğer ticari ders çizelgeleme programları incelenmiş, avantaj ve dezavantajları uygulama tasarlanırken ve geliştirilirken göz önünde bulundurulmuştur. Kullanıcıdan çeşitli kısıtları alabilmek için Java programlama dili ile kullanıcı dostu arayüz geliştirilmiştir. Girilen kısıtların saklanabilmesi için XML formatı tanımlanmış ve uygulanmıştır. IE, MC, MMCAR ve GD hareket kabul etme ile CF, MCF ve SR sezgisel seçme yöntemleri gerçekleştirilmiştir. Rastgele deney verileri oluşturulmuş ve sekiz farklı özellikteki veri ile üst-buluşsal testleri yapılmıştır. Deneylerde MCF sezgisel seçme yöntemi ve MMAR hareket kabul etme kombinasyonu sıralamada 3.69 ortalama ile en iyi algoritmayı oluşturmuştur. Ayrıca MCF 5.55 ortalama ile en iyi sezgisel seçme yöntemi, MMCAR 4.31 ortalama ile en iyi hareket kabul etme metodları olmuşlardır. Üst-sezgisel algoritmalar tarafından çözülen ders çizelgeleme probleminin öğrenci ders programı ya da öğretim üyesi ders programı gibi çıktıları göstermek ve seçilen çözüm üzerinde değişiklik yapabilmek için kullanımı kolay arayüzler de geliştirilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar excel formatındaki dosyalara da aktarılabilmektedir.

Sonuç olarak, ders çizelgeleme problemini çözen bir algoritma ve çözümleri gösteren kullanışlı bir arayüz geliştirilmiştir. İleriki çalışmalarda, dağıtık işlem yaklaşımıyla daha karmaşık problemlere hızlı çözüm üreten algoritmalar geliştirilecektir.

REFERANSLAR

1. E. Ozcan, A. Alkan, *Timetabling using a Steady State Genetic Algorithm*, PATAT'02, pp. 104-107, 2002.
2. JP Cladeira, AC Rosa, *School Timetabling using Genetic Search*, PATAT (1997), pp. 115-122
3. D. Abramson, H. Dang and M. Krisnamoorthy, *Simulated Annealing Cooling Schedules for the School Timetabling Problem*, Asia-Pacific Journal of Operational Research, 16 (1999) 1-22
4. E. Burke, D. Elliman, and R. Weare, *A Genetic Algorithm Based Timetabling System*, Proc. of the 2nd East-West Int. Conf. on Computer Technologies in Education, pp. 35-40, (1994)
5. S. Even, A. Itai, and A. Shamir, *On the Complexity of Timetable and Multicommodity Flow Problems*, SIAM J. Comput., 5(4):691-703 (1976)
6. L. Han and G. Kendall, *Investigation of a Tabu Assisted Hyper-Heuristic Genetic Algorithm*. In proceedings of Congress on Evolutionary Computation(CEC2003), vol. 3, pp. 2230-2237, Canberra, Australia.
7. Cowling, P., G. Kendall, and E. Soubeiga, "A Hyperheuristic Approach to Scheduling a Sales Summit", Selected Papers of the Third International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT2000), Konstanz, 16-18 August 2000, pp.176-190, 2000.
8. Burke, E., G. Kendall, J. Newall, E. Hart, P. Ross and S. Schulenburg, "Hyperheuristics: An Emerging Direction in Modern Search Technology", in F. Glover and G. A. Kochenberger (eds.), *Handbook of Metaheuristics*, pp.457-474, Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London, 2003.
9. Burke, E. and E. Soubeiga, "*Scheduling Nurses Using a Tabu-Search Hyperheuristic*", *1st Multidisciplinary Intl. Conf. on Scheduling: Theory and Applications (MISTA 2003)*, Nottingham, 13-16 August 2003, Vol. 1, pp. 197-218, 2003.
10. Burke, E. K., G. Kendall, and E. Soubeiga, "*A Tabu-Search Hyper-heuristic for Timetabling and Rostering*", *Journal of Heuristics*, Vol 9, No. 6, pp. 451-470, 2003.
11. Ayob, M. and G. Kendall, "*A Monte Carlo Hyper-Heuristic to Optimise Component Placement Sequencing For Multi Head Placement Machine*", *Proceedings of the International Conference on Intelligent Technologies, InTech'03*, Chiang Mai, 17-19 December 2003, pp. 132-141, 2003.
12. Kendall, G. and M. Mohamad, "*Channel Assignment in Cellular Communication Using a Great Deluge Hyper-heuristic*", *Proceedings of the 2004 IEEE International 94 Conference on Network (ICON2004)*, Singapore, 16-19 November 2004, pp. 769-773, 2004.

13. Ross, P., “Hyper-heuristics”, in E. K. Burke and G. Kendall (eds.), *Search Methodologies, Introductory Tutorials in Optimization and Decision Support Techniques*, pp. 529-556, Springer Verlag, New York, 2005.
14. Burke, E. K., A. Meisels, S. Petrovic and R. Qu, “*A Graph-Based Hyper Heuristic for Timetabling Problems*”, *Accepted for publication in the European Journal of Operational Research*, 2005.
15. Özcan, E., Bilgin, B. and Korkmaz, E. “A Comprehensive Analysis of Hyper-heuristics”
16. Sun, Co. “The Java Tutorial” URL::<http://java.sun.com/docs/books/tutorial/getStarted/intro/definition.html>