

## DERS PROJE GRUPLARININ OLUŞTURULMASI İÇİN BİR MATEMATİKSEL MODEL

Tuğba SARAÇ\*, Feriştah ÖZÇELİK

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir  
tsarac@ogu.edu.tr, fdurmaz@ogu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada eğitim kurumlarında karşılaşılan ders proje gruplarının oluşturulması problemi için bir matematiksel model önerilmiştir. Bu problemin çözümünde kullanılan en yaygın yöntem, grupların öğrenciler tarafından oluşturulmasıdır. Ancak bu yöntemde gruplar sadece arkadaşlık ilişkileri dikkate alınarak oluşturulduğu için yetenek açısından dengesiz gruplar ortaya çıkmaktadır. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilen model, yetenek açısından dengeli gruplar oluştururken aynı zamanda öğrencilerin grup arkadaşlarını tercih düzeylerini de dikkate almaktadır. Önerilen model, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Rapor Yazma Tekniği dersinde karşılaşılan ders proje gruplarının oluşturulması problemine uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ders proje gruplarının oluşturulması, tamsayı matematiksel model, GAMS

### A MATHEMATICAL MODEL FOR COURSE PROJECT TEAM FORMATION PROBLEM

### ABSTRACT

In this study, a mathematical model for course project team formation problem in teaching institutions is presented. Although self-selection is a common practice, students tend to form the teams due to their friendship by ignoring their skills, which results in unbalanced teams for skill. With the proposed model, balanced teams are formed as compatible with the preferences of students to team members. The proposed model is applied to a real problem: project team formation problem in Report Writing course in Department of Industrial Engineering in Eskişehir Osmangazi University, Turkey.

**Keywords:** Course project team formation problem, integer programming, GAMS

---

\* İletişim yazarı

## 1. GİRİŞ

Mühendislik eğitiminde, ekip çalışmasının önemi yadsınamaz. Bu nedenle, mühendis adaylarının gerçek hayat problemlerini çözme deneyimini elde edebilmeleri için pek çok ders kapsamında öğrenci grupları tarafından gerçekleştirilmesi istenen ders projeleri verilmektedir. Proje grupları oluşturulurken iki önemli noktaya dikkat edilmelidir. Bunlardan birincisi, grubun uyumlu çalışabilmesi ve motivasyonunun yüksek olabilmesi için grup üyelerinin birbirlerini tercih eden öğrencilerden oluşturulması gerekliliğidir. İkinci olarak, her proje grubunun gerçekleştirilmesi gereken görevleri başarıyla yerine getirebilmesi için tüm gruplarda bu görevleri yapabilecek yetenek düzeyinde öğrencilerin dengeli dağılımı olması gerekmektedir.

Literatürde ders proje gruplarının oluşturulmasında kullanılan üç temel yöntem vardır: rassal (Smith 1989, Thomas vd. 2001), öğrenci seçimli (Blowers 2003) ve not tabanlı (Johnson vd. 1991). Rassal yöntemde öğrenciler gruplara rassal olarak atanmaktadır (Smith 1989, Thomas vd. 2001). Bu yöntem, basit olması ve ön hazırlık gerektirmemesine rağmen öğrencilerin yeteneklerini ve tercihlerini dikkate almadığından hem yetenek açısından dengesiz hem de birbiriyle çalışmak istemeyen öğrencilerin bir araya getirildiği grupların oluşması riskine sahiptir (Bacon vd. 2001). Öğrenci seçimli yöntemde ise öğrencilerin grupları kendilerinin oluşturmasına izin verilmektedir (Blowers 2003). Bu yöntemle oluşturulan gruplar birbirini tercih eden öğrencilerden oluşacağından grup uyumu ve motivasyonu yüksek olacaktır. Ancak sadece arkadaşlık ilişkileri dikkate alınarak oluşturulan grupların dengesiz olma riski vardır. Not tabanlı yöntemde gruplar öğrencilerin notları dikkate alınarak oluşturulmaktadır. Bu yöntemde kullanılan en yaygın iki yaklaşım, yüksek notlu öğrencilerin yüksek notlularla ve yüksek notlu öğrencilerin düşük notlularla gruplanmasıdır (Johnson vd. 1991). İlk yaklaşım dengesiz grupların oluşmasına yol açarken, ikinci yaklaşım, yeteneklerin gruplara dengeli dağılmasını sağlayacaktır. Ancak her iki yaklaşım da birbiriyle çalışmak istemeyen öğrencilerin bir araya getirildiği grupların oluşması riskini taşımaktadır.

Literatürdeki çalışmaların bir kısmında proje konuları önceden tanımlanmakta ve gruplar oluşturulurken öğrencilerin bu konuları tercih düzeyleri dikkate alınmaktadır (Delson 2001, Wesner vd. 2001). Bazı çalışmalarda ise heterojen gruplar oluşturabilmek için öğrencilerin kişisel özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır. (Abrami vd. 1995). Bu tip yöntemler birbirini tamamlayan özelliklere sahip grupların oluşturulabilmesine olanak yaratmaları açısından avantajlı olmalarına rağmen öğrencilerin birlikte çalışmak istemediği öğrenciler ile aynı gruba atanma riski vardır. Huxland ve Land (2000) öğrencilerin öğrenme stillerini değerlendirmek için ankete dayalı bir yöntem kullanmışlardır. Blowers (2003), dengeli gruplar oluşturabilmek için öğrencilerin kendi değerlendirmelerine dayanan bir yöntem önermiştir. Pardoe (2006), öğrencilerin ortak çalışma zamanlarını dikkate alan ancak grup dengesinin gözlemlenmediği bir yöntem sunmuştur.

Borges vd. (2009), takım çalışması tecrübesini zenginleştirici yeni bir gruplama yöntemi önermişlerdir. Bu çalışmalarında aynı grupta yer alan öğrencilerin mümkün olduğunca farklı özelliklere sahip olması ve farklı grupların da mümkün olduğunca homojen olması sağlanmaya çalışılmıştır. Agustin-Blas vd. (2009) öğrencilerin laboratuvar gruplarına atanması problemini ele almışlardır. Yazarlar, grupları öğrencilerin ve öğretim üyelerinin tercihlerini dikkate alarak oluşturmuşlardır. Gruplar oluşturulurken, öğrencilerin ders çizelgeleri, laboratuvardaki bilgisayar sayısı ve gruplardaki öğrenci sayılarının dengeli bir şekilde dağılması dikkate alınmıştır. Yazarlar problemin çözümü için bir melez genetik algoritma önermişlerdir. Agustin-Blas vd. (2011) çalışmalarında proje gruplarının oluşturulması problemini literatürde iyi bilinen grup teknolojisinde hücre oluşturma problemine benzetmişlerdir. Problemin çözümü için ise bir paralel melez genetik algoritma önermişlerdir. Norman vd. (2002), üretim hücrelerine işçi atama problemi için bir karma tamsayı model önermişlerdir. Yazarlar, işçilerin yetenek düzeylerinin eğitimle geliştirilebildiği durumu incelemişlerdir. Wi vd. (2009) takımları oluş-

tururken takıma atanacak adayların bilgi düzeylerini belirlemeye yönelik bir yaklaşım önermişlerdir.

Literatürde genellikle proje gruplarının oluşturulması öğrenci tercihlerine bırakılmaktadır. Ancak bu durumda, öğrenciler grupları oluştururken sadece arkadaşlık ilişkilerini dikkate aldıklarından proje kapsamında gerçekleştirilecek görevlerin gerektirdiği yetenekler göz ardı edilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada hem öğrenci tercihlerine uygun hem de yetenek açısından dengeli gruplar oluşturabilmek için bir matematiksel model önerilmiştir. Önerilen model Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde Rapor Yazma Tekniği dersinde proje gruplarının oluşturulması probleminde uygulanmıştır. Elde edilen gruplar, öğrencilerin kendilerinin oluşturdukları gruplar ile karşılaştırılarak modelin etkinliği tartışılmıştır. Ayrıca, farklı özelliklere sahip rassal olarak türetilen test problemleri kullanılarak GAMS çözücülerinin önerilen modelin çözümünde gösterdikleri performanslar da karşılaştırılmıştır.

Makalenin ikinci bölümünde ele alınan problem ve geliştirilen matematiksel model sunulmuştur. Üçüncü bölümde uygulama ve deneysel sonuçlar verilmiş, son bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

## 2. PROBLEMİN TANIMI VE MATEMATİKSEL MODEL

Ele alınan problemde, 1 adet proje grubu oluşturulacaktır. Proje gruplarında yer alacak  $n$  tane öğrencinin, grup arkadaşlarını tercih düzeyleri ( $p_{ij}$ ) ve proje gruplarının gerçekleştirilmesi gereken  $m$  görev için yetenek düzeyleri ( $s_{ir}$ ) mevcuttur. Proje gruplarında yer alabilecek öğrenci sayısı sınırlıdır ( $[t_{enk}, t_{enb}]$ ). Ayrıca gruplar her görev için belli bir toplam yetenek düzeyini ( $q_r$ ) sağlamalıdır. Geliştirilen matematiksel model aşağıda verilmiştir.

*İndisler:*

$i, j$  : öğrenci ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ )

$r$  : görev ( $r = 1, 2, \dots, m$ )

$k$  : proje grubu ( $k = 1, 2, \dots, l$ )

*Parametreler:*

$n$  : öğrenci sayısı

$m$  : görev sayısı

$l$  : proje grubu sayısı

$t_{enb}$  : bir proje grubunda yer alabilecek en çok öğrenci sayısı

$t_{enk}$  : bir proje grubunda yer alabilecek en az öğrenci sayısı

$q_r$  : görev  $r$  için grupların sağlaması gereken en düşük toplam yetenek düzeyi

$p_{ij}$  : öğrenci  $i$ 'nin öğrenci  $j$ 'yi tercih düzeyi

$s_{ir}$  : öğrenci  $i$ 'nin görev  $r$  için yetenek düzeyi

*Karar değişkenleri:*

$x_{ik}$  : öğrenci  $i$  proje grubu  $k$ 'ya atanırsa 1, diğer durumda 0.

$y_k$  : proje grubu  $k$ 'ya herhangi bir öğrenci atanırsa 1, diğer durumda 0.

$$\sum_i s_{ir} x_{ik} \geq q_r y_k \quad \forall r, k \quad (1)$$

$$\sum_k x_{ik} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_i x_{ik} \leq t_{enb} y_k \quad \forall k \quad (3)$$

$$\sum_i x_{ik} \geq t_{enk} y_k \quad \forall k \quad (4)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad (5)$$

$$y_k \in \{0, 1\} \quad (6)$$

kısıtları altında,

$$\text{enb } z = \sum_i \sum_j \sum_k p_{ij} x_{ik} x_{jk} \quad (7)$$

(1) numaralı kısıt grubu, her grubun her görev için en küçük yetenek düzeyini sağlamasını garanti etmektedir. (2) numaralı kısıt grubu her öğrencinin mutlaka bir gruba atanmasını sağlamaktadır. (3) ve (4) numaralı kısıtlar her bir proje grubunda en az  $t_{enk}$  ve en çok  $t_{enb}$  öğrenci olmasını garanti etmektedir. (5) ve (6) numaralı kısıtlar ise işaret kısıtlarıdır. Amaç (7) öğrenci tercihleri toplamının enbüyüklenmesidir.

## 3. DENEYSEL SONUÇLAR

Geliştirilen matematiksel model öncelikle rassal olarak türetilen küçük boyutlu bir örnek problem

kullanılarak test edilmiş ve daha sonra, Eskişehir Osmangazi Üniversitesindeki gerçek bir probleme uygulanmıştır. Önerilen modelin büyük boyutlu problemlerdeki performansını test etmek amacıyla farklı özelliklere sahip 32 test problemi rassal olarak türetilmiştir. Türetilen problemler farklı GAMS (20.7) çözümleri kullanılarak çözülmüş ve performansları karşılaştırılmıştır. Tüm testler 2.53 GHz, Intel Core 2 Quad işlemcili bir bilgisayarda yapılmıştır.

### 3.1 Küçük Boyutlu Örnek Problem

15 öğrenci ve 3 görevin olduğu küçük boyutlu bir örnek problem rassal olarak türetilmiştir. Proje grubunda yer alabilecek en çok ve en az öğrenci sayıları sırasıyla 5 ve 3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca,

öğrencilerin grup arkadaşlarını tercih düzeyleri Tablo 1’de ve her bir görev için yetenek düzeyleri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Her bir görev için grupların sağlanması gereken en düşük toplam yetenek düzeyleri sırasıyla 10, 9 ve 8 alınarak ve tümü sıfır alınarak iki farklı çözüm elde edilmiştir. Bu çözümler Tablo 3 ve 4’te verilmiştir.

Grupların sağlanması gereken toplam yetenek düzeyleri 10, 9 ve 8 alındığında Tablo 3’te görüldüğü gibi üç grup oluşturulmuştur. Tüm gruplar istenilen toplam yetenek düzeylerini sağlamaktadır ve amaç fonksiyonu değeri de 88 olarak elde edilmiştir. Tablo 4’te problem yetenek düzeyleri dikkate alınmadan çözüldüğünden, ikinci ve üçüncü grupların istenen

**Tablo 1.** Küçük Boyutlu Örnek Problem İçin Öğrencilerin Grup Arkadaşlarını Tercih Düzeyleri

$(p_{ij})$

öğrenci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1											3				
2						3	3						3	2	
3					3			3	3	3					3
4		-1										3		-1	
5			3					3		3					3
6							2						2	2	
7		2											3	3	
8		-1	3		3		-1		3	3			3	3	3
9			3		3			3			2				
10			3		3			3							3
11	3														
12				3											
13		2						3						3	
14		1						3					3		
15			3		3			3		3					

**Tablo 2.** Küçük Boyutlu Örnek Problem İçin Görev Yetenek Düzeyleri ( $s_{ir}$ )

öğrenci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2	0	2	2	2	3	2	3	3	0	2	1	3	3	2
görev	2	3	1	3	3	2	0	3	0	2	2	3	2	1	2
	3	2	3	1	1	1	0	2	2	1	3	1	3	1	3

**Tablo 3.** Her Bir Görev İçin Grupların Sağlaması Gereken Yetenek Düzeylerinin 10, 9 ve 8 Olduğu Durumda Oluşturulan Proje Grupları

proje grubu	öğrenciler					öğrenci tercihleri toplamı	yetenek düzeyleri toplamı		1 2 3
	1	2	7	13	14		10	10	
1	1	2	7	13	14	31	10	10	9
2	4	6	11	12	15	6	10	10	8
3	3	5	8	9	10	51	10	9	8

**Tablo 4.** Her Bir Görev İçin Grupların Sağlaması Gereken Yetenek Düzeylerinin Tümünün Sıfır Olduğu Durumda Oluşturulan Proje Grupları

proje grubu	öğrenciler					öğrenci tercihleri toplamı	yetenek düzeyleri toplamı		1 2 3
	1	4	9	11	12		10	13	
1	1	4	9	11	12	14	10	13	8
2	2	6	7	13	14	40	11	7	7
3	3	5	8	10	15	60	9	9	10

yetenek düzeylerini sağlayamadığı; ancak amaç fonksiyonu değerinin 114 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Sonuç olarak yetenek düzeyleri dikkate alınmadan çözülen problemlerde öğrenci tercihlerini daha büyük oranda sağlamak mümkün olabilmekte ancak yetenek açısından dengesi gruplar ortaya çıkabilmektedir.

### 3.2 Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde Bir Uygulama

Önerilen model Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde Rapor Yazma Tekniği dersinin proje gruplarının oluşturulması problemine uygulanmıştır. Bu ders, Endüstri Mühendisliği Bölümünün üçüncü dönem dersidir. Derste grup çalışması gerektiren bir proje ödevi verilmektedir. Projenin amacı, öğrencilere sözlü ve yazılı etkin iletişim kurma, takım çalışması yapabilme, bilgiye erişebilme ve bu bilgiyi etik kurallara uyarak etkin bir şekilde yazılı ve sözlü olarak aktarabilme becerilerini kazandırmaktır. Projenin içeriği, öğrencilerin belirlediği bir alanda ekip olarak araştırma yapması, elde edilen bilgileri rapor yazma kurallarına uygun olarak raporlaması ve ekipteki her öğrencinin söz alacağı şekilde sunum yapılmasıdır. Sonuç olarak, proje, araştırma, rapor yazma ve sunuş olmak üzere üç görevin yapılmasını gerektirmektedir.

Önerilen model 2011-2012 Güz döneminde uygulanmıştır. Bu dönemde derse 56 öğrenci kayıt olmuştur. Model parametrelerini belirlemek için her öğrenci Şekil 1’de verilen öğrenci tercih formunu doldurmuştur. Bu formda öğrenciler hem aynı grupta yer almak istediği arkadaşlarını tercih düzeyini hem de proje görevlerine olan yetenek düzeyini belirtmişlerdir.

Tercih düzeyleri 3:Çok, 2:Orta, 1:Az, Boş:Yok ve -1:Asla anlamına gelmektedir. Yetenek düzeyleri ise, 3:Çok iyi, 2:İyi, 1:Yeterli, Boş:Yetersiz anlamına gelmektedir. Oluşturulacak gruplarda görevlerin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için her grubun her bir görev için toplam yetenek düzeyinin en az 3 olması istenmektedir. Öğretim üyesi sunuşların 4 haftada (haftada iki saat) tamamlanmasını istemektedir. Bu nedenle bir haftada 3 ya da 4 grup sunuş yapabileceğinden en fazla 16, en az 12 grup oluşturulmalıdır. Oluşturulacak proje gruplarında ise en az 3 en fazla 5 öğrencinin yer alması istenmektedir.

Bu problemin önerilen model ile çözülmesi sonucunda elde edilen proje grupları Tablo 5’te verilmiştir.

Ayrıca öğrencilerden en az 3 en fazla 5 kişilik olmak şartıyla kendi gruplarını kendilerinin oluşturmaları da

Öğrenci Adı Soyadı :

Öğrenci No :

Liste Sıra No :

Dersin Adı :151313559 RAPOR YAZMA TEKNİĞİ (A)

Liste Sıra No	No	Adı - Soyadı	Tercih Düzeyi
1	151320071021	A. POYRAZ	
2	151320081047	Ş. MUTLU	
3	151320081084	F. ÇOLAK	
4	151320081092	S. ER	
5	151320083015	D. ÇAKIR	
6	151320083028	S. GÜLER	
7	151320083031	O. GÜNGÖR	
8	151320083059	M. TANIŞ	
9	151320083073	C. BİLGİN	
10	151320083074	D. KILIÇ	
11	151320091011	Z. ATILLA	
12	151320091021	M. ÇELİK	
13	151320091051	S. ÖZEN	
14	151320091052	A. ÖZKİRAZ	
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
44	151320101057	M. ÖZDEMİR	
45	151320101058	B. ÖZKAN	
46	151320101059	T. ÖZKEPİR	
47	151320101060	E. ÖZTÜRK	
48	151320101066	M. SÜLE	
49	151320101067	G. ŞENER	
50	151320101069	S. TUNCAY	
51	151320101072	N. TÜZAN	
52	151320101075	A. YALÇIN	
53	151320101076	S. YEŞİL	
54	151320101080	V. BAYRAM	
55	151320101088	A. ÇİDEM	
56	151320113079	M. AYGÜN	

Görev	Yetenek Düzeyi
Araştırma	
Raporlama	
Sunuş	

**Tercih Düzeyleri**

3	Çok
2	Orta
1	Az
	Yok
-1	Asla

**Yetenek Düzeyleri**

3	Çok iyi
2	İyi
1	Yeterli
	Yetersiz

Şekil 1. Öğrenci Tercih Formu

**Tablo 5.** Gerçek Problem İçin Matematiksel Model ile Oluşturulan Proje Grupları

<i>proje grubu</i>	<i>öğrenciler</i>				
1	7	23	54	55	
2	27	34	38	41	42
3	21	26	28	33	44
4	25	39	45	51	
5	12	14	15	17	
6	18	31	35	36	53
7	1	2	6	8	
8	3	4	5	9	10
9	20	22	29	37	43
10	19	32	47	50	52
11	11	24	30	40	56
12	13	16	46	48	49

**Tablo 6.** Gerçek Problem İçin Öğrenciler Tarafından Oluşturulan Proje Grupları

<i>proje grubu</i>	<i>öğrenciler</i>				
1	18	35	36	53	
2	31	37	43		
3	3	5	9	10	
4	21	26	44		
5	23	54	55		
6	4				
7	16	46	48	49	
8	25	39	45	51	
9	19	28	33		
10	11	24	30	40	
11	32	47	50	52	
12	27	34	38	41	42
13	12	14	15	17	
14	1	13			
15	20	22	29		
16	2	6	8		

istenmiştir. Öğrencilerin oluşturdukları proje grupları Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'dan görülebileceği gibi 6 ve 14 numaralı gruplar, grup büyüklüğü kısıtını sağlamamaktadır. Ayrıca 7 ve 56 numaralı öğrenciler ise herhangi bir gruba dahil olmamışlardır. Tablo 6'da

verilen gruplardan da görülebileceği gibi, öğrencilerin kendilerinin grup oluşturması istendiğinde, derse düzenli devam etmeyen, dersi tekrar ya da başka bir bölümden alan öğrenciler, diğerlerini tanımadıkları için gruplara dahil olmakta güçlük yaşamaktadır.

Matematiksel modeller ve öğrenciler tarafından oluşturulan gruplar karşılaştırıldığında, matematiksel modelin amaç fonksiyonu değerinin (446) öğrenciler tarafından oluşturulan grupların amaç fonksiyonu değerinden (415) daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu çözüm, modelin öğrenci tercihlerini dikkate almadaki başarısını ortaya koymaktadır. Her iki çözüm yöntemiyle de istenilen grup sayısı aralığında gruplar oluşturulmuştur. Grupların yetenek düzeyleri açısından incelendiğinde matematiksel modellerle oluşturulan tüm gruplar bu koşulu sağlarken, öğrencilerin oluşturduğu 4, 6 ve 7 numaralı gruplar istenen yetenek düzeylerinin altında kalmışlardır.

Önerilen model ile öğrencilerin kendi kendilerine grup oluşturmaları istendiğinde karşılaşılan, herhangi bir gruba dâhil olamama sıkıntısı da ortadan kaldırılmıştır. Yine öğrenciler kendileri grup oluşturduklarında, farklı ders projelerinde aynı ya da benzer grupları oluşturduklarından farklı takımlarda çalışma tecrübesi elde edememektedirler. Önerilen model öğrencilerin birbirlerini tercihleri yanı sıra görev yetenek düzeylerini de dikkate aldığından farklı projeler de farklı grupların oluşmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, oluşturulan gruplar yetenek açısından da dengeli olacağından birbiriyle rekabet edebilir gruplar oluşturulabilmektedir.

### 3.3 Büyük Boyutlu Test Problemleri

Önerilen modelin büyük boyutlu problemlerdeki performansını test etmek amacıyla farklı özelliklere sahip 32 test problemi rassal olarak türetilmiştir. Öğrenci sayısı ( $n$ ) 50 ve 150, görev sayısı ( $m$ ) 3 ve 7, bir proje grubunda yer alabilecek öğrenci sayı aralığı ( $[t_{enk} - t_{enb}]$ ) [3-5] ve [5-7], öğrenci tercihleri ( $p$ ) ve yetenek düzeyleri ( $s$ ) [0-10] ve [0-100] aralığında olmak üzere rassal olarak türetilmiştir. Görev  $r$  için grupların sağlanması gereken en düşük toplam yetenek düzeyi,  $q_r = \frac{\sum_{i=1}^n s_{ir}}{n} t_{enk}$  formülüyle hesaplanmıştır. Türetilen 32 test probleminin özellikleri Tablo 7'de verilmiştir.

Türetilen test problemleri GAMS yazılımının çözümleri kullanılarak çözülmüştür. Önerilen model doğrusal olmayan tamsayı yapıdadır. Bu nedenle GAMS yazılımının MINLP çözümleri kullanılarak çözülebilir. Bu çalışmada MINLP çözümleri olarak DICOPT ve

**Tablo 7.** Türetilen Test Problemlerinin Özellikleri

no	n	m	t <sub>enk</sub>	t <sub>enb</sub>	p <sub>aralık</sub>	s <sub>aralık</sub>
1	50	3	3	5	[0-10]	[0-10]
2	50	3	3	5	[0-10]	[0-100]
3	50	3	3	5	[0-100]	[0-10]
4	50	3	3	5	[0-100]	[0-100]
5	50	3	5	7	[0-10]	[0-10]
6	50	3	5	7	[0-10]	[0-100]
7	50	3	5	7	[0-100]	[0-10]
8	50	3	5	7	[0-100]	[0-100]
9	50	7	3	5	[0-10]	[0-10]
10	50	7	3	5	[0-10]	[0-100]
11	50	7	3	5	[0-100]	[0-10]
12	50	7	3	5	[0-100]	[0-100]
13	50	7	5	7	[0-10]	[0-10]
14	50	7	5	7	[0-10]	[0-100]
15	50	7	5	7	[0-100]	[0-10]
16	50	7	5	7	[0-100]	[0-100]
17	150	3	3	5	[0-10]	[0-10]
18	150	3	3	5	[0-10]	[0-100]
19	150	3	3	5	[0-100]	[0-10]
20	150	3	3	5	[0-100]	[0-100]
21	150	3	5	7	[0-10]	[0-10]
22	150	3	5	7	[0-10]	[0-100]
23	150	3	5	7	[0-100]	[0-10]
24	150	3	5	7	[0-100]	[0-100]
25	150	7	3	5	[0-10]	[0-10]
26	150	7	3	5	[0-10]	[0-100]
27	150	7	3	5	[0-100]	[0-10]
28	150	7	3	5	[0-100]	[0-100]
29	150	7	5	7	[0-10]	[0-10]
30	150	7	5	7	[0-10]	[0-100]
31	150	7	5	7	[0-100]	[0-10]
32	150	7	5	7	[0-100]	[0-100]

SBB seçilmiştir. MINLP çözümlerinin performansları seçilen LP ve NLP çözümlerine de bağlıdır. Bu nedenle, LP ve NLP çözümlerinin belirlenmesi önemlidir. Başarıyı dikkate alınarak CPLEX, tüm testlerde LP çözümleri olarak seçilmiştir. NLP için de MINOS, CONOPT ve SNOPT çözümleri seçilmiştir. Tüm test



Tablo 8. Test Sonuçları

no	n	m	MINOS-DICOPT		CONOPT-DICOPT		SNOPT-DICOPT		MINOS-SBB		CONOPT-SBB		SNOPT-SBB					
			l	z	l	z	l	z	l	z	l	z	l	z				
1	50	3	10	724	1,03	735	1,34	760	0,56	10	742	1	10	759	4,85	10	787	5,92
2	50	3	11	711	2,18	725	1,26	715	0,96	-	-	-	10	754	30,73	-	-	-
3	50	3	10	6695	1,72	6678	1,27	6678	0,69	10	6758	10,74	-	-	-	10	6838	3,33
4	50	3	11	6066	2,61	6245	1,19	6480	0,5	-	-	-	10	6505	21,7	-	-	-
5	50	3	8	821	2,41	806	0,81	859	0,53	8	586	4592	8	588	26,91	-	-	-
6	50	3	8	756	5,67	770	1,69	747	1,19	-	-	-	-	-	-	8	605	19,71
7	50	3	8	7805	1,13	7677	1,33	7846	0,87	-	-	-	8	5400	32,46	8	6852	23,24
8	50	3	8	7680	1,57	7535	1,61	7728	0,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	50	7	10	644	3,53	640	1,6	642	0,72	-	-	-	10	678	17,7	-	-	-
10	50	7	10	719	6,34	728	1,15	679	1,03	10	738	5,99	10	739	1,8	10	693	0,72
11	50	7	10	5941	4,72	6266	1,16	6099	2	10	6246	2,89	10	6314	16,63	-	-	-
12	50	7	10	6400	5,63	6595	1,86	6156	2,58	10	5899	189,49	-	-	-	-	-	-
13	50	7	8	758	16,23	867	21,96	8724	27,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	50	7	8	723	9281,44	846	162,95	8732	380,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	50	7	8	6800	228,92	6595	19,46	6331	35,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	50	7	8	7387	94,22	8266	99,09	87162	10,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	150	3	30	2654	73,42	2668	29,88	302618	4,86	30	2678	72,47	30	2740	914,3	30	2689	82,11
18	150	3	30	2672	155,04	2705	64,57	302692	6,82	30	2746	619,55	30	2769	365,36	30	2741	5,72
19	150	3	30	24915	57,37	25810	42,58	3024940	4,61	30	25772	336,05	30	26331	349,04	30	25162	3,45
20	150	3	30	25306	150,98	25685	40,55	3025630	10,09	30	25946	368,54	30	26054	1105,26	30	26297	203,42
21	150	3	22	3219	21,94	3221	22,98	223216	2,65	22	3328	588,12	22	3288	423,53	22	3316	138,58
22	150	3	22	3182	65,3	3116	17,75	223042	4,31	22	3222	706,52	-	-	-	21	3123	3,23
23	150	3	22	28948	31,21	29489	17,03	2229517	2,84	22	30109	241	22	30386	1009,85	22	30170	290,15
24	150	3	22	30460	55,01	31343	16,77	2231418	3,34	22	31810	435,32	22	32003	389,8	21	31508	2,95
25	150	7	30	2574	239,4	2594	76,54	302598	15,03	30	2618	237,06	30	2730	777,71	30	2664	207,89
26	150	7	30	2525	380,98	2520	113,47	302549	22,64	30	2589	2953,2	30	2589	912,38	30	2473	224,2
27	150	7	30	25008	249,47	24725	97,48	3024758	16,32	-	-	-	30	25308	823,07	30	25181	14,67
28	150	7	30	24787	399,33	25425	150,57	3024993	24,21	30	25254	397,16	30	25852	471,39	30	24477	223,28
29	150	7	22	3316	117,09	3213	23,25	223232	3,54	22	3349	392,1	22	3302	192,32	22	3348	179,01
30	150	7	22	3184	158,69	3122	27,75	223159	5,3	22	3209	154,91	22	3212	57,97	22	3208	148,59
31	150	7	22	29700	92,47	30139	26,58	2230279	5,74	22	29881	91,27	22	31085	385,53	21	30434	5,03
32	150	7	22	29799	108,19	29980	57,76	2231242	10,83	22	30479	960,67	22	31221	511,74	22	31502	176,64
ortalama					375,48		35,79		19,05		636,00			384,44			89,19	

problemleri, seçilen çözümler kullanılarak çözülmüş ve elde edilen sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8’in ilk üç sütununda test probleminin özellikleri (test problem no ( $no$ ), öğrenci sayısı ( $n$ ) ve görev sayısı ( $m$ )) verilmiştir. Geriye kalan bölümlerde her çözümlü kombinasyonu için (MINOS-DICOPT, CONOPT-DICOPT, SNOPT-DICOPT, MINOS-SBB, CONOPT-SBB, SNOPT-SBB) elde edilen grup sayısı ( $l$ ), amaç fonksiyonu değeri ( $z$ ) ve çözüm süresi ayrı ayrı sunulmuştur. Her bir test problemi için elde edilen en başarılı çözüm koyu ve altı çizili olarak işaretlenmiştir.

Tablo 8 incelendiğinde, 32 test probleminden 16 tanesine CONOPT-SBB, 7 tanesine SNOPT-SBB, 6 tanesine MINOS-DICOPT ve 3 tanesine SNOPT-DICOPT çözümleri ile en başarılı çözümlerin elde edildiği görülmektedir. CONOPT-SBB çözümlerinin başarısı özellikle öğrenci sayısının 150 olduğu test problemlerinde öne çıkmaktadır. CONOPT-DICOPT ve MINOS-SBB çözümleri ise hiçbir problem için başarılı çözüm elde edememiştir. Öte yandan NLP çözümleri ne olursa olsun DICOPT ile tüm test problemlerine olurlu bir çözüm bulunabilmiştir. Oysa SBB ile çözüm bulunamamış test problemleri mevcuttur. Çözüm süreleri açısından en hızlı olan çözümler, 19,05 sn. ortalamasıyla SNOPT-DICOPT iken en yavaşları da 636 sn. ortalamasıyla MINOS-SBB’dir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada eğitim kurumlarında karşılaşılan ders proje gruplarının oluşturulması problemi için bir matematiksel model önerilmiştir. Önerilen model, yetenek açısından dengeli gruplar oluştururken aynı zamanda öğrencilerin grup arkadaşlarını tercih düzeylerini de dikkate almaktadır. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Rapor Yazma Tekniği dersinde 2011-2012 Güz döneminde bir uygulama yapılmıştır. Matematiksel modelle ve öğrenciler tarafından oluşturulan gruplar karşılaştırıldığında, modelle oluşturulan gruplar hem öğrencilerin tercih düzeylerini başarıyla dikkate almakta hem de yetenek düzeyleri açısından dengeli gruplar oluşturmaktadır. Ayrıca, önerilen model ile herhangi bir gruba dâhil olama sıkıntısı ortadan kaldırılmış ve farklı projelerde

farklı grupların oluşmasına da olanak sağlanmıştır. Daha fazla görevin yapılması gerektiği ve daha çok öğrencinin olduğu durumlar rassal olarak türetilen test problemleri kullanılarak incelenmiştir. GAMS çözümleri kullanılarak 150 öğrenci ve 7 görev içeren büyük boyutlu problemlerin de çözülebildiği gösterilmiştir.

#### KAYNAKÇA

1. Abrami, P.C., 1995. Classroom Connections: Understanding and Using Cooperative Learning, Toronto: Harcourt Brace.
2. Agustin-Blas, L.E., Salcedo-Sanz, S., Ortiz-Garcia E.G., Portilla-Figueras, A., Perez-Bellido, A.M. 2009. "A hybrid Grouping Genetic Algorithm for Assigning Students to Preferred Laboratory Groups Expert Systems with Applications," 36, 7234-7241.
3. Agustin-Blas, L.E., Salcedo-Sanz, S., Ortiz-Garcia E.G., Portilla-Figueras, A., Perez-Bellido, A.M., Jimenez-Fernandez, S. 2011. "Team Formation Based on Group Technology: A Hybrid Grouping Genetic Algorithm Approach," Computers & Operations Research, 38(2), 484-495.
4. Bacon, D.R., Stewart, K.A., and Anderson, E.S. 2001. "Methods of Assigning Players to Teams: A Review and Novel Approach. Journal of Simulation and Gaming," 32 (1), 6-17.
5. Blowers, P. 2003. "Using Student Skill Self-assessment to Get Balanced Groups for Group Projects," College Teaching, 50 (3), 106-110.
6. Borges, J. Dias, T.G. and e Cunha J.F. 2009. "A New Group Formation Method for Student Projects, European Journal of Engineering Education," 34(6), 573-585.
7. Delson, N.J., 2001. "Increasing Team Motivation in Engineering Design Courses," International Journal of Engineering Education, 17 (4, 5), 359-366.
8. Huxland, M. and Land, R., 2000. "Assigning Students in Group Work Projects. Can We Do Better Than Random?," Innovations in Education and Teaching International, 37(1), 17-22.
9. Johnson, D.W., Johnson, R.T., and Smith K.A. 1991. "Active Learning: Cooperation in the College Classroom," Interactions Book (LIVRO), ISBN: 978-0939603145.
10. Norman, B.A., Thammaphornphilas, W., Needy, K.L., Bidanda, B., Warner, R.C., 2002. "Worker Assignment in Cellular Manufacturing Considering Technical and Human Skills," International Journal of Production Research, 40 (6), 1479-1492.
11. Pardoe, I., 2006. "Forming Small Class Groups Using Multidimensional Scaling," Proceedings of the ICOTS 2006, International Conference on the Teaching of Statistics. IASE (International Association for Statistical Education), ISI. ISBN-10: 90-73592-24-0, ISBN-13: 978-90-73592-24-7.
12. Smith, K.A., 1989. "The Craft of Teaching Cooperative Learning: An Active Learning Strategy," Proceedings of the IEEE Frontiers in Education Conference, IEEE. DOI: 10.1109/FIE.1989.69400, 188-193.
13. Thomas, M., Hughes, S.G., Hart, P.M., Schollar, J., Keirle, K., Griffith, G. W., 2001. "Group Project Work in Biotechnology and Its Impact on Key Skills," Journal of Biological Education, 35 (3), 133-140.
14. Wesner, J.W., Amon, C.H., Bigrigg, M.W., Subrahmanian, E., Westerberg, A.W., Filipski, K., 2001. "Student Team Formation and Assignment In A Multi-disciplinary Engineering Design Projects Course: A Pair of Suggested Best Practices," International Journal of Engineering Education, 23 (3), 517-526.
15. Wi, H., Oh, S., Mun, J., Jung, M., 2009 "A Team Formation Model Based on Knowledge and Collaboration," Expert Systems with Applications, 36, 9121-9134.