

ÖĞRENCİ-PROJE TAKIMI OLUŞTURMA PROBLEMİ İÇİN BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ UYGULAMASI

Fatih ÇAVDUR * 
Merve BAĞLARBAŞI-MUTLU * 
Aslı SEBATLI-SAĞLAM * 

Alınma: 10.03.2019; düzeltme: 09.04.2020; kabul: 09.04.2020

Öz: Öğrenci-proje takımı oluşturma, öğrencilerin ve onlara danışmanlık yapacak öğretim üyelerinin tercihleri dikkate alınarak farklı niteliklere sahip takım üyelerinin birtakım proje kriterlerini sağlayacak şekilde bir araya getirilmelerini amaçlayan çok kriterli ve karmaşık bir problemdir. Bu nedenle, proje takımlarının oluşturulması sürecinde bilişim teknolojilerinin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için kişisel bir bilgisayarda çalışan bir karar destek sistemi uygulaması geliştirilmiştir. Böylelikle, temel ofis programları ortamında; problem veri setinin düzenlenebildiği, öğrenci-proje takımı oluşturma sürecinin gerçekleştirilebildiği ve elde edilen sonuçla ilişkin raporların görüntülenebildiği bütünlük bir yapı sunulmuştur. Öğrenci-proje takımı oluşturma süreci iki aşamadan oluşan ve birinci aşamasında öğrenci, ikinci aşamasında danışman atamalarının yapıldığı tamsayı programlama bazlı bir yaklaşım kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Burada iki tamsayı programlama modeliyle öğrenci ve danışman öğretim üyeleri ilgili kriterlere göre proje takımlarına atanmaktadır. Önerilen yaklaşım, akademik bir kurumda gerçek bir öğrenci-proje takımı oluşturma problemine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, literatürde yer alan atama sonuçları ile çeşitli performans parametreleri açısından karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Öğrenci-proje takımı oluşturma, Tamsayı programlama, Matematiksel programlama, Karar destek sistemleri

A Decision Support System Application for Student-Project Team Formation Problem

Abstract: Student-project allocation is a multi-criteria complex problem that requires the consideration of the preferences of students and academic advisers and grouping team members with different qualifications according to some project specifications. It is thus necessary to use information technologies in the process of forming project teams. In this study, a decision support system application running on a personal computer is developed for forming student-project teams. An integrated office software environment is thus presented where the users can organize problem data, perform allocations and report results. It is a two-phase allocation process in which the allocations of students and academic advisers are performed, respectively, using an integer programming-based approach. There are two integer programming models to allocate students and advisers to project teams using the corresponding criteria, respectively. The proposed application is illustrated using a real-life student-project allocation problem in an academic institution. The results are compared with the ones presented in the literature with respect to some performance parameters.

Keywords: Student-project team formation, Integer programming, Mathematical programming, Decision support systems

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Nilüfer, 16059 Bursa
İletişim Yazarı: Aslı SEBATLI-SAĞLAM (aslisebatli@gmail.com)

1. GİRİŞ

Lisans programlarının son sınıflarında öğrenim gören öğrenciler, lisans bitirme projesi kapsamında, öğrenim gördükleri uzmanlık alanı ile ilgili takım halinde proje çalışmaları gerçekleştirmekte ve öğretim üyeleri de bu takımlara akademik danışmanlık sağlamaktadırlar. Bu proje çalışmaları sayesinde, öğrencilere çeşitli sektörlerdeki firmalarda bulunan gerçek hayat problemleri üzerinde uygulama yapma, iş dünyasına girmeden önce deneyim kazanma ve aynı zamanda takım çalışması tecrübesi edinme imkanı sunulmaktadır. Bu çalışmada dikkate alınan öğrenci-proje takımı oluşturma problemi, doğası gereği, öğrenci atamaları ve öğrencilere danışmanlık yapacak öğretim üyesi atamaları olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Her iki aşamada da sırasıyla, öğrencilerin ve danışmanların çalışmak istedikleri projelere ilişkin tercihleri dikkate alınarak birtakım kısıtlar altında (takımdaki öğrenci/danışman sayısı, proje gereklilikleri ve bunlara karşılık gelen öğrenci nitelikleri, her bir danışmana atanan takım sayısı vb.) atamalar gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla, arka planda iki tamsayılı programlama modelinin kullanıldığı kişisel bilgisayarda çalışan bir karar destek sistemi uygulaması altında kullanıcılara bütünlük bir yapı sunulmuştur. Böylelikle, çok boyutlu ve karmaşık bir yapıya sahip öğrenci-proje takımı oluşturma süreci otomatikleştirilmiştir.

Literatürde yer alan farklı öğrenci-proje takımı oluşturma stratejileri incelendiğinde, en temel yöntem olarak, rastgele atama yöntemi öne çıkmaktadır. Bacon ve diğ. (2001) tarafından yapılan çalışmada, öğrencilerin alfabetik olarak sıralanması, öğrencilere rastgele numara verilmesi veya öğrencilerin oturdukları yere göre atanması gibi çeşitli rastgele atama uygulamaları sunulmuştur. Bu yöntemin avantajı, ileri bir planlamaya ihtiyaç duyulmadan oldukça kolay ve adil bir şekilde atamaların yapılmasıdır. Öte yandan, takım üyelerinin fikirlerinin dikkate alınmaması ve yeteneklerinin göz önünde bulundurulmaması ise dezavantaj oluşturmaktadır. Bir başka atama yöntemi ise eğitimcilerin puan tabanlı kriter ile takım oluşturmaya dayanmaktadır. Örneğin; yüksek-yüksek, düşük-düşük veya yüksek-düşük puanlı öğrenciler ile takım oluşturulmaktadır. Bu yöntemde ise öğrencilerin tercihlerinin dikkate alınmaması ve takımlar arası başarı dengesinin sağlanmaması dezavantaj olarak düşünülebilir. Bu durumda sadece yüksek puanlı veya sadece düşük puanlı öğrencilerden oluşan takımlarda motivasyon kayıpları yaşanabilmektedir (Blowers, 2003). Bir diğer yöntem ise öğrencilerin kendi gruplarını kendilerinin belirlediği atama yöntemidir. Burada ileri bir planlama ihtiyacı duyulmadan öğrencilere seçim hakkı verilmekte ve öğrencilerin motivasyonlarının arttığı gözlenmektedir (Saraç ve Özçelik, 2013). Öte yandan, istenen niteliklere sahip olmayan ve nitelikler açısından dengesiz takımların oluştuğu, iyi öğrencilerin kendi aralarında takım oluşturduğu ve adil olmayan bir yapının ortaya çıktığı söylenebilir (Oakley ve diğ., 2004). Nitelikler açısından homojen takımların oluşturulması ve bununla birlikte takımlar oluşturulurken öğrencilerin tercihlerinin de dikkate alınması motivasyon açısından önem arz etmektedir (Wesner ve diğ., 2007). Delson (2001) tarafından yapılan çalışmada da öğrencilerin tercih ettikleri projelerde çalışmalarının motivasyonlarını arttırıcı ve başarıyı destekleyici unsurlardan biri olduğu vurgulanmıştır. Sahin (2011) ise rastgele atama, eğitici tarafından takımların belirlenmesi ve öğrencilerin kendi takımlarını belirlemesi olmak üzere farklı atama stratejilerinin sonuçlarını analiz etmiştir. Farklı takım oluşturma stratejilerinin takımın etkinliğine olan etkisi ile ilgili detaylı literatür araştırması için Oakley ve diğ. (2004) ve Borrego ve diğ. (2013) tarafından sunulan çalışmalar incelenebilir.

Öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için geliştirilen matematiksel programlama tabanlı yaklaşımlar incelendiğinde, bu alandaki ilk çalışmalardan biri olarak Proll (1972) tarafından yapılan çalışma öne çıkmaktadır. Söz konusu çalışmada, öğrencilerin en çok tercih ettikleri projelere atanmasını sağlayan bir yapı sunulmuştur. Anwar ve Bahaj (2003) ilk aşamada öğrenci takımlarının oluşturulduğu, ikinci aşamada bu takımlara projelerin atandığı tamsayılı programlama temelli bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Cutshall ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada, takım içi çeşitliliğin ve öğrencilerin akademik performansında eşitliğin sağlanması amacıyla tamsayılı programlama temelli bir yaklaşım önerilmiştir. Borges ve diğ. (2009) tarafından yapılan çalışmada, öğrencilerin tercihleri dikkate alınarak takım içi çeşitliliğin ve

takımlar arası homojenliğin hedeflendiği bir algoritma geliştirilmiştir. Yannibelli ve Amandi (2012) tarafından yapılan çalışmada, dengeli takımların oluşturulması için bilgi tabanlı evrimsel bir algoritma geliştirilmiştir. Saraç ve Özçelik (2013) tarafından yapılan çalışmada ise takım içerisindeki öğrencilerin birbiri ile uyumlu olarak çalışması ve motivasyonlarının yüksek olması için takım üyelerinin birbirlerini tercih eden öğrencilerden oluşması gerekliliği üzerinde durulmuştur ve öğrenci ders gruplarının belirlenmesi için bir tamsayı programlama modeli geliştirilmiştir. Fitzpatrick ve diğ. (2001) tarafından yapılan çalışmada ise matematiksel programlama ve sezgisel tabanlı yaklaşım geliştirilerek, diğer çalışmalardaki uygulamalardan farklı olarak öğrencilerin içgüdüsel davranışlarını ve yeteneklerini ölçmeye yarayan Kolbe indeksi parametresinden yararlanılmıştır.

Dye (2001) tarafından sunulan tez çalışmasında ise öğrenci-proje atama problemi bir kararlı eşleştirme problemi olarak ele alınmış ve problemin çözümü için kısıt programlama temelli çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Abraham ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada kapasite kısıtları altında, öğrenci tercihleri dikkate alınarak kararlı eşleştirmenin bulunabilmesi amacıyla iki farklı algoritma geliştirilmiştir. Benzer şekilde, Manlove ve O'Malley (2008) tarafından sunulan çalışmada da kapasite kısıtları altında hem öğrenci hem de danışmanların tercihleri dikkate alınarak atama yapan bir algoritma geliştirilmiştir. Iwama ve diğ. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise Manlove ve O'Malley (2008) tarafından geliştirilen algoritma, alt ve üst sınırlar verilerek genişletilmiştir. Bahargam ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise öğrencilerin nitelikleri dikkate alınarak kümeleme tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir.

Cavdur ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için tercih kriterinin yanı sıra, proje kriterleri ile bunlara karşılık gelen öğrenci niteliklerinin ve kapasite kısıtlarının da birer hedef olarak ele alındığı hedef programlama temelli bir yaklaşım önerilmiştir. Cavdur ve diğ. (2019) tarafından yapılan bir başka çalışmada önceki çalışmada geliştirilen hedef programlama modelinin hedef ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla AHP ve grup karar verme tabanlı bir yaklaşım sunulmuştur. Bağlarbasi-Mutlu ve diğ. (2018) ise bu hedef önceliklerinin belirlenmesi için farklı ortalama hesaplama yöntemleri kullanarak elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır.

Öğrenci-proje takımı oluşturma problemi, çok boyutlu ve karmaşık bir problemdir. Bu nedenle öğrenci-proje takımlarının oluşturulması sürecinde bilişim teknolojilerinin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde ise proje takımı oluşturma sürecini destekleyici uygulamaların oldukça az olduğu dikkat çekmektedir. Bu çalışmalara örnek vermek gerekirse, Cavanaugh ve diğ. (2004) tarafından geliştirilen web tabanlı bir sistem, ile Alberola ve diğ. (2016) tarafından geliştirilen yapay zeka temelli sistem gösterilebilir. Bu çalışmada ise öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için temel ofis programları ortamında; (i) problem veri setinin düzenlenebildiği, (ii) takım oluşturma sürecinin gerçekleştirilebildiği ve (iii) elde edilen sonuca ilişkin raporların görüntülenebildiği kişisel bilgisayarda çalışan bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Öğrenci-proje takımı oluşturma süreci, öğrenci ve danışman atamalarının yapıldığı iki ayrı tamsayı programlama modeli kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Öğrenci ve danışmanlar, tercihleri dikkate alınarak birtakım kısıtlar altında proje takımlarına atanmaktadırlar. Böylelikle, çok boyutlu ve karmaşık bir yapıya sahip öğrenci-proje takımı oluşturma süreci otomatikleştirilmiştir. Bu çalışmanın literatüre olan en büyük katkısının, öğrenci-proje atama probleminin çözümü için bütünlük bir sistem sunulması olduğu söylenebilir.

Makalenin ilerleyen bölümleri şu şekilde devam etmektedir. İkinci bölümde öğrenci-proje takımı oluşturma probleminin detayları sunulmuştur. Üçüncü bölümde, geliştirilen karar destek sisteminin bileşenleri verilmiştir. Dördüncü bölümde ise geliştirilen karar destek sisteminin uygulanmasına ilişkin örnek bir gösterim ve üç farklı veri seti için elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Beşinci ve son bölümde genel değerlendirme yapılmıştır.

2. PROBLEM TANIMI

Öğrenci-proje takımı oluşturma probleminin çözümü için öncelikle, çeşitli sektörlerdeki firmalarda bulunan gerçek hayat problemleri öğrencilere duyurulmaktadır. Ardından öğrenciler, burada yer alan açıklamalar doğrultusunda çalışmak istedikleri projeler için öncelik sırası yaparak bir tercih listesi oluşturmaktadırlar. Benzer şekilde, öğretim üyeleri de çalışmak istedikleri projeler için tercihlerini yapmaktadırlar. Öğrenci-proje takımları arasında dengeli ve homojen bir yapının sağlanması ve bununla birlikte, takım içi çeşitliliğin olması, projelerin başarılı bir şekilde tamamlanması ve takım üyelerinin motivasyonu açısından önemlidir. Öte yandan, projelerin gerektirdiği birtakım kriterler olduğu gibi takım üyelerinin de bu kriterleri karşılayacak çeşitli niteliklere sahip olmaları gerekmektedir.

Bu çalışmada dikkate alınan öğrenci-proje takımı oluşturma problemi, öğrenci atamaları ve öğrencilere projeleri boyunca danışmanlık sağlayan öğretim üyesi atamaları olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Her iki aşamada da dikkate alınan çeşitli kriterler bulunmaktadır. Bunlar arasında, takımdaki öğrenci/danışman sayısı, proje gereklilikleri ve bunlara karşılık gelen öğrenci nitelikleri ve her bir danışmana atanan takım sayısı yer almaktadır. Bu nedenle, öğrenci-proje takımı oluşturma problemi; öğrencilerin ve danışmanların tercihlerini ve niteliklerini dikkate alarak, proje kriterlerini en iyi düzeyde sağlayacak takımların oluşturulmasını amaçlayan bir problem olarak tanımlanabilir.

Çalışma kapsamında geliştirilen karar destek sisteminde, öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için arka planda tamsayı programlama bazlı bir yaklaşım kullanılmaktadır. Karar destek sistemleri, en basit tanımıyla, karar aşamasında, toplanmış bilgilerden faydalanarak karar vermeyi kolaylaştıran sistemlerdir. Karar verme sürecinde, sorunu tespit etmek, analizler yapmak, analizlerin sonuç raporunu oluşturmak ve elde edilen farklı sonuçlara göre alternatif stratejiler izlemek için karar vericilere destek sağlamaktadır. Bu çalışmada ise öğrenci ve danışman tercihlerini dikkate alarak çeşitli kriterler altında, homojen öğrenci-proje takımlarının oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, öğrenci-proje takımlarını oluşturmak için arka planda iki tamsayı programlama modelinin kullanıldığı, karar destek sistemi çatısı altında kullanıcıya bütünlük bir yapı sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, kullanıcının anlamasını kolaylaştıran bir arayüz yardımıyla son kullanıcıya sunulmuştur. Bursa Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde lisans bitirme tezi çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için üç farklı veri seti ile geliştirilen sistem uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, literatürde yer alan Cavdur ve diğ. (2018) tarafından elde edilen atama sonuçları ile çeşitli performans parametreleri açısından karşılaştırılmıştır.

3. KARAR DESTEK SİSTEMİ

Karar verme, karar vericinin/karar vericilerin mevcut tüm seçenekler arasından amaca/amaçlara en uygun bir veya birkaç seçeneği seçmesi olarak tanımlanmaktadır. Karar destek sistemi uygulamaları, sistemdeki parametrelerin alternatif çözümler üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi ve raporlar halinde sunulmasını sağlamaktadır. Karar destek sistemleri karar vericilere yardımcı olmak amacıyla veri, belge, iletişim teknolojileri ve çeşitli modelleri kullanarak problemleri tanımlamayı, çözmeyi, karar verme sürecini tamamlamayı ve karar vermeyi sağlayan interaktif bilgisayar sistemleridir. Genel olarak bir karar destek sistemi Şekil 1'de de görüldüğü gibi; (i) kullanıcı arayüzü, (ii) veri tabanı, (iii) karar mekanizması ve (iv) karar mekanizması ile verinin etkileşimini sağlayan karar destek sistemi yapısı ve ağ olmak üzere dört ana bileşenden oluşmaktadır (Sprague Jr ve Carlson, 1982; Power ve Sharda, 2009). İlerleyen sayfalarda, çalışma kapsamında geliştirilen karar destek sisteminin bileşenlerine ilişkin detaylar sunulmaktadır:

- Veri Tabanı: İç ve dış kaynaklardan gelen her türlü veriden oluşmaktadır.
- Karar Mekanizması: Karar destek sisteminin arka planında çalışan ve birinci aşamasında öğrenci, ikinci aşamasında danışman atamalarının yapıldığı tamsayılı programlama bazlı yaklaşımdan oluşmaktadır.
- Kullanıcı Arayüzü ve Karar Destek Sistemi Yapısı: Son kullanıcı için görselleştirilmiş sunum araçlarından oluşan arayüz tasarımının yanı sıra temel ofis programları ortamında (i) problem veri setinin düzenlenebildiği, (ii) öğrenci-proje takımı oluşturma sürecinin gerçekleştirilebildiği ve (iii) elde edilen sonuca ilişkin raporların görüntülenebildiği bütünlük bir yapıyı ifade etmektedir.



Şekil 1:
Karar destek sistemi bileşenleri

3.1. Veri Tabanı Tasarımı

Veri Tabanı Yönetim Sistemi (Database Management System – DBMS), elektronik ortamdaki verilerin yönetilmesinden sorumlu olan programlara verilen isimdir. Bu çalışmada ele alınan veri seti, öğrenci ve danışman tercihleri ile proje gereklilikleri ve bunlara karşılık gelen öğrenci niteliklerinden oluşmaktadır. Söz konusu verinin büyüklüğünün profesyonel bir veri tabanı yönetim sistemi gerektirmeyecek büyüklükte olması nedeniyle, bir elektronik tablolar programı ortamında (MS Excel vb.) yönetilmesi planlanmıştır. Bu ortamda, mevcut problem verisinin yer almasının yanı sıra, yeni öğrenci/danışman ekleme ve veri güncelleme gibi işlemlere de imkan sunulmaktadır.

Öğrenci verileri, öğrenci-proje tercih matrisi ve öğrencilerin niteliklerinden (Genel Akademik Not Ortalaması – GANO, yabancı dil bilgisi, bilgisayar programlama becerisi, genel ofis yazılımları bilgisi ve veri tabanı yönetimi bilgisi) oluşmaktadır. Danışman verileri ise öğretim üyelerinin mevcut projeleri tercih etme öncelik sıralarını gösteren matristen oluşmaktadır.

Geliştirilen karar destek sisteminin geçerliliğini göstermek amacıyla, Bursa Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü lisans bitirme tezi çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen öğrenci-proje takımı oluşturma problemine ait üç yıllık veri seti kullanılmıştır. İlgili yıllara ait öğrenci, danışman ve proje sayıları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Problem veri seti

	Veri Seti 1	Veri Seti 2	Veri Seti 3
Öğrenci Sayısı	78	50	70
Danışman Sayısı	11	11	12
Proje Sayısı	23	18	25

3.2. Karar Mekanizması

Karar mekanizması, karar destek sistemlerinin temelini oluşturmaktadır ve veri tabanındaki verileri işleyerek yeni bilgi üretilmesini sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında ise tamsayı programlama bazlı bir yaklaşım kullanılarak öğrenci-proje takımlarının oluşturulması sağlanmaktadır. İki aşamadan oluşan öğrenci-proje takımı oluşturma sürecinin birinci aşamasında öğrenci, ikinci aşamasında danışman atamaları yapılmaktadır. Bu amaçla kullanılan iki tamsayı programlama modelinde sırasıyla öğrencilerin ve danışman öğretim üyelerinin tercihleri dikkate alınarak birtakım kriterler (takımdaki öğrenci/danışman sayısı, proje gereklilikleri ve bunlara karşılık gelen öğrenci nitelikleri, her bir danışmana atanan takım sayısı vb.) altında proje takımları oluşturulmaktadır. Burada kullanılan tamsayı programlama bazlı yaklaşım, Cavdur ve diğ. (2018) tarafından geliştirilen hedef programlama modeline alternatif bir yaklaşım olarak sunulmaktadır.

Öğrenci atamalarının gerçekleştirildiği birinci tamsayı programlama modelinde öğrencilerin mümkün olduğunca tercih ettikleri projelere atanmaları amaçlanmaktadır. Burada elde edilen değerler küçük değer olması daha iyi bir sonuç alındığını göstermektedir. Bir diğer ifadeyle, öğrenciler en çok çalışmak istedikleri projeyi ilk sırada (1 numarada) tercih etmektedirler. Proje kriterleri ise matematiksel programlama modelinin kısıtlarını oluşturmaktadır. Bunlar, bir proje takımında yer alan öğrenci sayısı ve çeşitli öğrenci nitelikleri tarafından karşılanan kriterlerdir. Dikkate alınan öğrenci nitelikleri ise GANO, yabancı dil bilgisi, bilgisayar programlama becerisi, genel ofis yazılımları bilgisi ve veri tabanı yönetimi bilgisidir. Birinci tamsayı programlama modeli aşağıdaki bileşenleri içermektedir.

İndisler:

- i : Öğrenci indisi, $i = 1, \dots, n_I$
 j : Proje indisi, $j = 1, \dots, n_J$

Parametreler:

- n_I : Toplam öğrenci sayısı
 n_J : Toplam proje sayısı
 p_{ij} : i . öğrencinin j . projeyi tercih etme sırası
 g_i : i . öğrencinin GANO değeri
 q_i^1 : i . öğrencinin yabancı dil bilgisi; i . öğrencinin yabancı dil bilgisi var ise 1, aksi durumda 0
 q_i^2 : i . öğrencinin bilgisayar programlama becerisi; i . öğrencinin bilgisayar programlama becerisi var ise 1, aksi durumda 0
 q_i^3 : i . öğrencinin genel ofis yazılımları becerisi; i . öğrencinin genel ofis yazılımları becerisi var ise 1, aksi durumda 0
 q_i^4 : i . öğrencinin veri tabanı yönetimi becerisi; i . öğrencinin veri tabanı yönetimi becerisi var ise 1, aksi durumda 0
 $N_{s-min}(N_{s-max})$: Bir takımda olması gereken toplam öğrenci sayısı alt (üst) limiti
 $G_{T-min}(G_{T-max})$: Bir takımda olması gereken ortalama GANO değeri alt (üst) limiti
 λ : Ölçek faktörü

Değişkenler:

$$\begin{aligned} x_{ij}: & \begin{cases} 1, & i. \text{ öğrenci } j. \text{ projeye ataniyorsa} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases} \\ \varepsilon_j^1, \dots, \varepsilon_j^4: & 0-1 \text{ öğrenci nitelikleri için istenen proje kriterinden sapma değerleri} \end{aligned}$$

Amaç fonksiyonu:

$$\min z_1 = \sum_{i=1}^{n_I} \sum_{j=1}^{n_J} p_{ij} x_{ij} + \lambda \left(\sum_{j=1}^{n_J} \varepsilon_j^1 + \varepsilon_j^2 + \varepsilon_j^3 + \varepsilon_j^4 \right) \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^{n_J} x_{ij} = 1, \quad \forall i \quad (2)$$

$$N_{s-min} \leq \sum_{i=1}^{n_I} x_{ij} \leq N_{s-max}, \quad \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{n_I} G_{T-min} x_{ij} \leq \sum_{i=1}^{n_I} g_i x_{ij} \leq \sum_{i=1}^{n_I} G_{T-max} x_{ij}, \quad \forall j \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{n_I} q_i^1 x_{ij} + \varepsilon_j^1 \geq 1, \quad \forall j \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n_I} q_i^2 x_{ij} + \varepsilon_j^2 \geq 1, \quad \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{n_I} q_i^3 x_{ij} + \varepsilon_j^3 \geq 1, \quad \forall j \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{n_I} q_i^4 x_{ij} + \varepsilon_j^4 \geq 1, \quad \forall j \quad (8)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \quad (9)$$

$$\varepsilon_j^1, \varepsilon_j^2, \varepsilon_j^3, \varepsilon_j^4 \geq 0, \quad \forall j \quad (10)$$

Denklem 1 ile verilen amaç fonksiyonunda, öğrencilerin mümkün olduğunca ilk sıralarda tercih ettikleri projelere atanmaları amaçlanmaktadır. Denklem 2 ile her öğrencinin mutlaka bir adet projeye atanması sağlanmaktadır. Denklem 3 ile her takımdaki toplam öğrenci sayısının belirlenen alt ve üst limit değerlerinin arasında olması sağlanmaktadır. Denklem 4 ile her takımın ortalama GANO değerinin belirlenen alt ve üst değerlerin arasında olması sağlanmaktadır.

Denklem 5 ile her takımında en az bir öğrencinin yabancı dil biliyor olması hedeflenirken, olası uygunsuz çözümlere karşı her takımında ε_j^1 kadar sapmaya izin verilmektedir. Bu yapıya benzer şekilde Denklem 6, Denklem 7 ve Denklem 8 ile her takımında en az bir kişinin sırasıyla, bilgisayar programlama, genel ofis yazılımları ve veri tabanı yönetimi bilgisine sahip olması hedeflenmektedir. Denklem 9 ve Denklem 10 ise genel işaret kısıtlarını ifade etmektedir.

Öğrenci atamaları yapıldıktan sonra, takımlara proje çalışmaları süresince danışmanlık yapacak öğretim üyelerinin atamaları da benzer şekilde yapılmaktadır. Bu kapsamda kullanılan ikinci tamsayılı programlama modelinde danışmanların mümkün olduğunca tercih ettikleri projelere atanmaları amaçlanmaktadır. Burada da elde edilen değerin küçük değeri daha iyi bir sonuç alındığını göstermektedir. Matematiksel programlama modelinin kısıtlarını ise bir proje takımına atanan danışman sayısı ve her bir danışmana atanan takım sayısı olmak üzere proje kriterleri oluşturmaktadır. İkinci tamsayılı programlama modeli aşağıdaki bileşenleri içermektedir.

İndisler:

i : Danışman indisi, $i = 1, \dots, n_I$
 j : Proje indisi, $j = 1, \dots, n_J$

Parametreler:

n_I : Toplam danışman sayısı
 n_J : Toplam proje sayısı
 p_{ij} : i . danışmanın j . projeyi tercih etme sırası
 $N_{A-min}(N_{A-max})$: Bir takıma atanması gereken toplam danışman sayısı alt (üst) limiti
 $N_{T-min}(N_{T-max})$: Bir danışmana atanması gereken toplam takım sayısı alt (üst) limiti

Değişkenler:

x_{ij} : $\begin{cases} 1, & i. \text{ danışman } j. \text{ projeye ataniyorsa} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$

Amaç fonksiyonu:

$$\min z_2 = \sum_{i=1}^{n_I} \sum_{j=1}^{n_J} p_{ij} x_{ij} \quad (11)$$

Kısıtlar:

$$N_{A-min} \leq \sum_{i=1}^{n_I} x_{ij} \leq N_{A-max}, \quad \forall j \quad (12)$$

$$N_{T-min} \leq \sum_{j=1}^{n_J} x_{ij} \leq N_{T-max}, \quad \forall i \quad (13)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \quad (14)$$

Denklem 11 ile verilen amaç fonksiyonunda, danışmanların mümkün olduğunca ilk sıralarda tercih ettikleri projelere atanmaları amaçlanmaktadır. Denklem 12 ile her proje takımına atanan toplam danışman sayısının belirlenen alt ve üst limit değerlerinin arasında olması sağlanmaktadır.

Benzer şekilde, Denklem 13 ile bir danışmana atanan toplam proje sayısının belirlenen alt ve üst limit değerlerinin arasında olması sağlanmaktadır. Denklem 14 ise genel işaret kısıtlarını ifade etmektedir.

3.3. Kullanıcı Arayüzü Tasarımı

Kullanıcı, karar destek sistemini yöneten kişilerden oluşmaktadır. Kullanıcı, tasarlanan bir arayüz yardımıyla karar destek sistemini yönlendirmektedir ve karar problemi üzerinde karar verici pozisyonundadır. Ele aldığı problemin gerekleri doğrultusunda karar destek sistemini kullanarak sonuç raporlarından veya tablo analizlerinden hareketle, alternatif çözümler içerisinde en iyiyi bulmayı çalışmaktadır. Bütün bu süreçlerde kullanıcı ile sistem arasındaki etkileşim, geliştirilen kullanıcı arayüzü aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu çalışmada ise problem verileri ile atama sonuçlarının görüntülenebileceği ve öğrenci-proje takımı oluşturma sürecinin yönetilebileceği bir arayüz ile sistemin kullanılabilirliği ve anlaşılabilirliği artırılmaktadır. Şekil 2’de görüldüğü gibi tasarlanan kullanıcı arayüzü MS Excel elektronik tablolu ortamında çeşitli form yapıları kullanılarak oluşturulmuştur. Burada ilgili veri setine ait özet bilgiler (öğrenci, danışman ve proje sayıları), hedeflenen proje kriterleri ve atama sonucunda elde edilen performans parametreleri ve özet tablolar halinde genel sonuç raporları görüntülenebilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi öğrenci ve danışman atamalarının yapıldığı tamsayı programlama modellerinin çalıştırılmasının ve elde edilen sonuçların görüntülenmesinin yanı sıra, kullanıcıya veri güncelleme imkanı da sunulmaktadır.

Öğrenci-Proje Takımı Oluşturma Karar Destek Sistemi

Öğrenci-Proje Takımı Oluşturma Karar Destek Sistemi

Problem Verileri

Öğrenci Sayısı

Danışman Sayısı

Proje Sayısı

Performans Ölçütleri

Öğrenci Atama Aşaması

	1. Kriter	2. Kriter	3. Kriter	4. Kriter	5. Kriter	6. Kriter	7. Kriter
Hedef Değer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Atama Sonucu	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Danışman Atama Aşaması

	1. Kriter	2. Kriter	3. Kriter
Hedef Değer	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Atama Sonucu	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Öğrenci	Proje	Terch	GANO	Y. Dil	Programlama	Ofis Yazılımı	Veri Tabanı	Proje	Öğr. Sayısı	GANO	Sapma	Y. Dil	Programlama	Ofis Yazılımı	Veri Tabanı	Danışman	Proje	Terch

Veri Güncelleme

Öğrenci Atama

Danışman Atama

Yenile

Şekil 2:
Geliştirilen karar destek sistemi arayüzü

4. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada önerilen çözüm yaklaşımının uygulanabilirliğini göstermek amacıyla, Bursa Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü lisans bitirme tezi çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen, öğrenci-proje takımı oluşturma problemine ait üç yıllık veri seti kullanılmıştır. Karar destek sisteminin karar mekanizmasında kullanılan tamsayı programlama modelleri ile öğrenci ve danışmanların birtakım kısıtlar altında ilk sıralarda tercih ettikleri projelere atanmaları amaçlanmıştır. Şekil 3'te birinci yıla ait verilere göre öğrenci-proje takımlarının oluşturulmasının ardından elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi ilgili veri seti 78 öğrenci, 11 danışman ve 23 projeden oluşmaktadır. Tamsayı programlama modellerinin çalıştırılmasının ardından edilen sonuca ilişkin birtakım performans parametreleri kullanıcıya sunulmaktadır.

Öğrenci-Proje Takımı Oluşturma Karar Destek Sistemi

Öğrenci-Proje Takımı Oluşturma Karar Destek Sistemi
×

Öğrenci-Proje Takımı Oluşturma Karar Destek Sistemi

Problem Verileri

Öğrenci Sayısı:

Danışman Sayısı:

Proje Sayısı:

Performans Ölçütleri

Öğrenci Atama Aşaması

	1. Kriter	2. Kriter	3. Kriter	4. Kriter	5. Kriter	6. Kriter	7. Kriter
Hedef Değer	≈ 1	3 ± 1	2,5	1	1	1	1
Atama Sonucu	1,66666666	6-(2)-15	0,95073913	1	0,95652173	1	0,69565217

Danışman Atama Aşaması

	1. Kriter	2. Kriter	3. Kriter
Hedef Değer	≈ 1	2 ± 1	4 ± 1
Atama Sonucu	1,68571428	14-(6)-3	10-(0)-1

Öğrenci	Proje	Tercih	GANO	Y. Dil	Programlama	Ofis Yazılımı	Veri Tabanı	Proje	Öğr. Sayısı	GANO	Sapma	Y. Dil	Programlama	Ofis Yazılımı	Veri Tabanı	Danışman	Proje	Tercih	
1	1	3	3,0	0	0	1	0	1	4	2,31	0,08	1	1	1	1	1	13	1	
2	15	1	2,7	1	0	1	0	2	4	2,60	0,04	1	1	1	1	1	16	1	
3	1	2	1,9	1	0	1	0	3	2	2,70	0,08	1	1	1	1	1	19	1	
4	2	1	3,0	1	0	1	0	4	2	2,34	0,07	1	1	1	0	1	21	1	
5	2	1	2,9	0	0	1	0	5	4	2,58	0,03	1	1	1	1	1	23	1	
6	8	1	2,2	1	0	1	0	6	2	2,37	0,05	1	1	1	1	2	1	2	
7	20	1	2,0	0	0	1	0	7	4	2,62	0,05	1	1	1	1	1	2	3	1
8	7	1	2,7	0	0	1	1	8	4	2,36	0,06	1	0	1	0	2	22	1	
9	15	2	2,7	1	0	1	0	9	4	2,63	0,05	1	1	1	1	0	15	3	
10	23	1	2,5	0	1	1	0	10	4	2,65	0,06	1	1	1	1	1	3	18	1
11	3	5	2,0	1	1	1	0	11	4	2,58	0,03	1	1	1	1	1	3	20	2
12	4	1	2,7	1	0	0	0	12	4	2,45	0,02	1	1	1	1	1	4	1	2
13	12	1	2,2	0	1	1	0	13	4	2,67	0,07	1	1	1	1	1	4	3	1
14	12	1	2,1	0	0	1	0	14	2	2,46	0,02	1	1	1	0	4	22	1	
15	4	1	2,0	1	1	1	0	15	4	2,70	0,08	1	1	1	1	5	9	1	
16	5	1	3,1	1	0	1	1	16	3	2,57	0,03	1	1	1	1	5	14	2	
17	1	6	2,4	1	1	1	1	17	4	2,69	0,08	1	1	1	1	5	15	3	
18	5	1	2,2	0	0	1	1	18	4	2,34	0,07	1	1	1	1	6	9	2	
19	6	2	2,5	1	1	1	0	19	2	2,44	0,03	1	1	1	0	6	10	1	

Veri Güncelleme
Öğrenci Atama
Danışman Atama
Yenile

Şekil 3:
Örnek uygulama gösterimi

Öğrenci atamaları sonunda, her bir öğrencinin mümkün olduğunca ilk sıralarda tercih ettikleri projelere atanmaları amaçlanırken model sonucunda her bir öğrencinin ortalama 1,67 skoru ile tercih ettiği projeye atandığı görülmektedir. Bu aşamaya ait ikinci kriter ise her bir proje takımındaki öğrenci sayısı olup her takımda ortalama 3 öğrenci olması istenmekte ve bu değerden ± 1 sapmaya izin verilmektedir. Model sonucunda elde edilen sonuca bakıldığında, parantez içinde gösterilen değer kaç adet takımın istenen değerde öğrenci sayısına sahip olduğunu göstermektedir. Parantezin sol tarafındaki değer belirlenen alt limit değerindeki öğrenci sayısına sahip takım adedini, parantezin sağ tarafındaki değer ise belirlenen üst limit değerindeki öğrenci sayısına sahip takım adedini göstermektedir. Bu durumda 2 adet grup istenen sayıda (üç) öğrenciye sahipken; 6 adet grup izin verilen at sınır (iki) ve 15 adet grup izin verilen üst sınır (dört) kadar öğrenciden oluşmaktadır. Öğrenci atama aşamasındaki diğer kriterler ise her proje takımının GANO, yabancı dil bilgisi, bilgisayar programlama becerisi, genel ofis yazılımları bilgisi ve veri tabanı yönetimi bilgisi açısından hedeflenen bir değeri sağlamasıdır. Örneğin, her takımın ortalama GANO değerinin 2,5 olması hedeflenmiş ve takımların %95'i bu kriteri

sağlamıştır. Diğer kriterlerde ise ilgili kriter bakımından her takımda en az bir öğrencinin o niteliği taşıması hedeflenmiştir ve atama sonucunda takımların yüzde olarak ne kadarının bu kriteri sağladığı kullanıcıya raporlanmıştır. Danışman atamalarının yapıldığı aşamada ise öğrenci atama aşamasında olduğu gibi her bir danışmanın mümkün olduğunca ilk sıralarda tercih ettikleri projelere atanmaları amaçlanmıştır. Model sonucunda ise danışmanların ortalama 1,68 skoru ile tercih ettikleri projelere atandıkları görülmektedir. Bu aşamada ele alınan diğer kriterler her bir proje takımına atanan danışman sayısı ve her danışmana atanan proje takımı sayısıdır. Bu kriterler için sırasıyla, 2 ve 4 değerlerinin sağlanması istenirken bu değerlerden ± 1 sapmaya izin verilmektedir. Atama sonucunda elde edilen performans parametrelerine bakıldığında ise parantez içinde gösterilen değer istenen değere ulaşan takım/danışman sayısını göstermektedir. Parantezin sol tarafındaki değer belirlenen alt limit, parantezin sağ tarafındaki değer ise belirlenen üst limit değerindeki takım/danışman sayısını ifade etmektedir.

Benzer şekilde tüm veri setleri için tamsayı programlama modelleri çözdürülmüş ve elde edilen sonuçlar Tablo 2’de de görüldüğü gibi literatürde yer alan Cavdur ve diğ. (2018) tarafından sunulan çalışmadaki atama sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Öğrenci atama aşamasına ait performans sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- Tercih kriteri için elde edilen değer küçük (1’e yakın) olması daha iyi bir sonuç alındığını göstermektedir. Bir diğer ifadeyle, öğrencilerin ve danışmanların ilk sıralarda tercih ettikleri projeye daha yüksek oranda atandıklarını ifade etmektedir. Önerilen yaklaşımda, amaç fonksiyonunda yalnızca tercih kriterinin ele alınması ve Cavdur ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise amaç fonksiyonunda çok hedefli bir yapının var olması nedeniyle, önerilen yaklaşım ile elde edilen sonuçların Cavdur ve diğ. (2018) tarafından elde edilen sonuçlara göre tercih kriteri açısından daha iyi olduğu görülmektedir.
- Takımdaki öğrenci sayısı kriteri için tabloda parantez içinde gösterilen değerler, yukarıda da bahsedildiği gibi kaç adet proje takımının hedeflenen değerde öğrenci sayısına sahip olduğunu göstermektedir. Parantezin sol tarafındaki değerler belirlenen alt limit değerindeki öğrenci sayısına sahip takım adedini gösterirken; parantezin sağ tarafındaki değerler ise belirlenen üst limit değerindeki öğrenci sayısına sahip takım adedini göstermektedir. Önerilen yaklaşımın amaç fonksiyonunun tercih kriterinin ele alınması ve takımdaki öğrenci sayısı kriterinin yalnızca alt-üst sınırlar çerçevesinde kısıtlarda ele alınması nedeniyle söz konusu kriter için nispeten düşük değerlerin elde edildiği söylenebilir. Bu durum önerilen yaklaşımın başarısızlığı ile ilgili olmamakla birlikte, Cavdur ve diğ. (2018) tarafından sunulan çalışmada söz konusu kriterin amaç fonksiyonunda da ele alınması nedeniyle daha iyi sonuçların elde edildiği görülmektedir.
- Öğrenci niteliklerini gösteren kriterler için performans parametreleri yüzdeler olarak hesaplanmıştır ve burada yüksek bir yüzdelik değer daha üstün performansı ifade etmektedir. Bir diğer ifadeyle, ilgili öğrenci niteliği için sağlanması istenen değerlerin tüm takımların yüzde kaçını tarafından sağlandığını göstermektedir. Tabloda görüldüğü gibi öğrenci nitelikleri, proje takımlarının büyük çoğunluğu için sağlanmıştır. Ancak Cavdur ve diğ. (2018) tarafından elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, bu kriterlerin söz konusu çalışmadaki yapının aksine amaç fonksiyonunda ele alınmaması nedeniyle nispeten daha düşük değerler elde edilmiştir.

Tablo 2. Öğrenci atama sonuçları

Hedef	Veri Seti 1		Veri Seti 2		Veri Seti 3	
	Cavdur ve diğ. (2018)	ÖY	Cavdur ve diğ. (2018)	ÖY	Cavdur ve diğ. (2018)	ÖY
Tercih	1,85	1,67	1,52	1,28	2,03	1,70
Takımdaki öğrenci sayısı	0-(14)-9	6-(2)-(15)	4-(14)-0	8-(6)-4	5-(20)-0	13-(4)-8
GANO	%97	%95	%96	%96	%98	%96
Yabancı dil	%100	%100	%100	%100	%100	%92
Bilgisayar programlama	%100	%96	%89	%72	%100	%80
Genel ofis yazılımları	%100	%100	%100	%100	%100	%92
Veri tabanı yönetimi	%74	%70	%33	%33	%52	%48

Cavdur ve diğ. (2018): Cavdur ve diğ. (2018) tarafından yapılan atama sonucu, ÖY: Önerilen yaklaşım ile yapılan atama sonucu

Danışman atama aşaması için de tüm veri setleri için tamsayı programlama modeli çözdürülmüş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3'te görüldüğü gibi Cavdur ve diğ. (2018) tarafından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Danışman atama aşamasına ait performans sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- Tercih kriteri için elde edilen değer küçük (1'e yakın) olması daha iyi bir sonuç alındığını, danışmanların ilk sıralarda tercih ettikleri projelere atandıklarını ifade etmektedir. Önerilen yaklaşımla, öğrenci atama aşamasında olduğu gibi, amaç fonksiyonunda yalnızca tercih kriterinin ele alınması nedeniyle Cavdur ve diğ. (2018) tarafından elde edilen sonuçlara göre tercih kriteri açısından daha iyi sonuçların elde edildiği görülmektedir.
- Her bir takıma atanan toplam danışman sayısını gösteren kriter için tabloda parantez içinde gösterilen değerler kaç adet takımın istenen değerde danışman sayısına sahip olduğunu ifade etmektedir. Parantezin sol ve sağ tarafındaki değerler ise sırasıyla, belirlenen alt ve üst limit değerindeki danışman sayısına sahip takım adedini göstermektedir. Cavdur ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmada bu kriter dikkate alınmamış olup söz konusu kriter için karşılaştırma yapılmamıştır.
- Her danışmana atanan toplam takım sayısı kriteri için de benzer şekilde, tabloda parantez içinde gösterilen değerler kaç adet danışmanın istenen değerde takım sayısına sahip olduğunu göstermektedir. Parantezin sol ve sağ tarafındaki değerler ise sırasıyla, belirlenen alt ve üst limit değerindeki takım sayısına sahip danışman adedini ifade etmektedir. Tabloda görüldüğü gibi, veri seti-3 için önerilen yaklaşımla elde edilen değer, Cavdur ve diğ. (2018) tarafından yapılan atamadan daha iyi sonuç verirken, diğer veri setleri için Cavdur ve diğ. (2018) tarafından nispeten daha iyi sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu durum beklenen bir sonuç olup, Cavdur ve diğ. (2018) tarafından sunulan çalışmada söz konusu kriterin amaç fonksiyonunda da ele alınması ile açıklanabilir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, önerilen yaklaşımda her iki aşamada da amaç fonksiyonunda yalnızca tercih kriterinin ele alınması ve Cavdur ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise amaç fonksiyonunda çok hedefli bir yapının var olması nedeniyle, tercih kriteri açısından daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Öğrencilerin ve danışmanların ilk tercihlerine atanma oranlarında iyileşme olduğu ve her bir veri seti için bu iyileşme oranlarının sırasıyla; %23, %12 ve %23 oranında olduğu gözlenmiştir. Diğer kriterler açısından sonuçlar

karşılaştırıldığında ise Cavdur ve diğ. (2018) tarafından nispeten daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Bu durum önerilen yaklaşımın başarısızlığı ile ilgili olmamakla birlikte, amaç fonksiyonunda diğer kriterlerin ele alınmaması nedeniyle beklenen bir sonuç olmuştur.

Tablo 3. Danışman atama sonuçları

Hedef	Veri Seti 1		Veri Seti 2		Veri Seti 3	
	Cavdur ve diğ. (2018)	ÖY	Cavdur ve diğ. (2018)	ÖY	Cavdur ve diğ. (2018)	ÖY
Tercih	2,65	1,69	1,14	1,05	2,94	2,08
Takıma atanan danışman sayısı	-	14-(6)-3	-	15-(2)-1	-	15-(8)-2
Danışmana atanan takım sayısı	0-(9)-2	10-(0)-1	0-(8)-3	11-(0)-(0)	10-(0)-2	11-(1)-0

Cavdur ve diğ. (2018): Cavdur ve diğ. (2018) tarafından yapılan atama sonucu, ÖY: Önerilen yaklaşım ile yapılan atama sonucu

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için temel ofis programları ortamında kişisel bilgisayarda çalışan bir karar destek sistemi uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem ile kullanıcılara problem veri setinin düzenlenebildiği, öğrenci-proje takımı oluşturma sürecinin gerçekleştirilebildiği ve elde edilen sonuca ilişkin raporların görüntülenebildiği bütünlük bir yapı sunulmuştur. Öğrenci-proje takımı oluşturma süreci ise iki aşamadan oluşan ve birinci aşamasında öğrenci, ikinci aşamasında danışman atamalarının yapıldığı tamsayılı programlama bazlı bir yaklaşım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Burada sırasıyla, öğrencilerin ve danışmanların tercihleri dikkate alınarak, birtakım kısıtlar altında öğrenci ve öğretim üyeleri proje takımlarına atanmaktadır. Önerilen yaklaşım, Bursa Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü lisans bitirme tezi çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen, öğrenci-proje takımı oluşturma problemine uygulanmıştır. Üç yıllık veri seti için elde edilen sonuçlar, literatürde yer alan atama sonuçları ile çeşitli performans parametreleri açısından karşılaştırılmıştır.

Geliştirilen karar destek sistemi, öğrenci-proje takımı oluşturma problemi için tasarlanmış olsa da kolaylıkla farklı proje-takımı oluşturma problemlerine uyarlanabilir. Gelecek çalışmalarda, öğrenci nitelikleri arasında öğrencilerin eğitim geçmişleri (geçmişte aldıkları dersler vs.) daha detaylı olarak ele alınabilir. Benzer şekilde, danışmanların uzmanlık alanları da dikkate alınarak karar mekanizmasına entegre edilebilir. Öğrenciler ve danışmanlar arasındaki sosyal ilişkilerin dikkate alınması ile çalışma kapsamının genişletilmesi de bir başka gelecek çalışma konusu olabilir. Bir diğer gelecek çalışma alanı ise amaç fonksiyonunda tercih kriterinin yanı sıra, diğer proje kriterlerinin de dikkate alındığı farklı model konfigürasyonlarının oluşturulması ve karar destek sistemi altında sonuçların yorumlanması olabilir.

TEŞEKKÜR

Başta Prof. Dr. Erdal Emel olmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve öğrencilerine katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

1. Abraham, D. J., Irwing, R. W. and Manlove, D. F. (2007) Two algorithms for the student-project allocation problem, *Journal of Discrete Algorithms*, 5(1), 73-90. doi: 10.1016/j.jda.2006.03.006.
2. Alberola, J. M., Del Val, E., Sanchez-Anguix, V., Palomares, A. and Teruel, M. D. (2016) An artificial intelligence tool for heterogeneous team formation in the classroom, *Knowledge-Based Systems*, 101, 1-14. doi: 10.1016/j.knosys.2016.02.010.
3. Anwar, A. A. and Bahaj, A. S. (2003) Student Project allocation using integer programming, *IEEE Transactions on Education*, 46(3), 359-367. doi: 10.1109/TE.2003.811038.
4. Bacon, D.R., Stewart, K.A. and Anderson, E.S. (2001) Methods of assigning players to teams: A review and novel approach, *Simulation & Gaming*, 32(1), 6-17. doi: 10.1177/104687810103200102.
5. Bağlarbasi-Mutlu, M., Sebatli, A. and Cavdur, F. (2018) Group Decision Making for Criteria Importance Determination in Student Project Team Formation Problems, *12th International Conference on New Challenges in Industrial Engineering and Operations Management*, Ankara Yildirim Beyazıt University, Ankara, 141.
6. Bahargam, S., Erdos, D., Bestavros, A. and Terzi, E. (2015) Personalized Education; Solving a Group Formation and Scheduling Problem for Educational Content, *International Conference on Educational Data Mining*, National University for Distance Education, Madrid, 488-491.
7. Blowers, P. (2003) Using student skill self-assessments to get balanced groups for group projects, *College Teaching*, 51(3), 106-110. doi: 10.1080/87567550309596422.
8. Borges, J., Dias, T. G. and Cunha, J. F. E. (2009) A new group-formation method for student projects, *European Journal of Engineering Education*, 34(6), 573-585. doi: 10.1080/03043790903202967.
9. Borrego, M., Karlin, J., McNair, L. D. and Beddoes, K. (2013) Team effectiveness theory from industrial and organizational psychology applied to engineering student project teams: A research review, *Journal of Engineering Education*, 102(4), 472-512. doi: 10.1002/jee.20023.
10. Cavanaugh, R., Ellis, M., Layton, R. and Ardis, M. (2004) Automating the process of assigning students to cooperative-learning teams, *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 9, 1-14.
11. Cavdur, F., Sebatli, A., Kose-Kucuk, M. and Rodoplu, C. (2018) A two-phase binary-goal programming-based approach for optimal project-team formation, *Journal of the Operational Research Society*, 1-18. doi: 10.1080/01605682.2018.1457480.
12. Cavdur, F., Sebatli, A. and Kose-Kucuk, M. (2019) A group-decision making and goal programming-based solution approach for the student-project team formation problem, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(1), 505-521. doi: 10.17341/gazimmfd.416511.
13. Cutshall, R., Gavirneni, S. and Schultz, K. (2007) Indiana University's Kelley School of Business uses integer programming to form equitable, cohesive student teams, *Interfaces*, 37(3), 265-276. doi: 10.1287/inte.1060.0248.
14. Delson, N. J. (2001) Increasing team motivation in engineering design courses, *International Journal of Engineering Education*, 17(4/5), 359-366.

15. Dye, J. (2001). A constraint logic programming approach to the stable marriage problem and its application to student-project allocation, *Bsc Honours project report*, University of York Department of Computer Science, York.
16. Fitzpatrick E., Askin R. and Goldberg J. (2001) Using student conative behaviors and technical skills to form effective project teams, *31st Annual Frontiers in Education Conference*, Reno, NV, 3, S2G, 8-13. doi: 10.1109/FIE.2001.964039.
17. Iwama, K., Miyazaki, S. and Yanagisawa, H. (2012) Improved approximation bounds for the student-project allocation problem with preferences over projects, *Journal of Discrete Algorithms*, 13, 59-66. doi: 10.1016/j.jda.2012.02.001.
18. Manlove, D. F. and O'Malley, G. (2008) Student-project allocation with preferences over projects, *Journal of Discrete Algorithms*, 6(4), 553-560. doi: 10.1016/j.jda.2008.07.003.
19. Oakley B., Felder R. M., Brent R. and Elhajj I. (2004) Turning student groups into effective teams, *Journal of student centered learning*, 2(1), 9-34.
20. Power, D.J. and Sharda, R. (2009) Decision Support Systems, *Springer Handbook of Automation*, Nof, S. Y. (Ed.) Springer Science & Business Media, Berlin, Heidelberg, 1539-1548. doi: 10.1007/978-3-540-78831-7.
21. Proll, L.G. (1972) A simple method of assigning projects to students, *Journal of the Operational Research Society*, 23(2), 195-201. doi: 10.1057/jors.1972.29.
22. Sahin, Y. G. (2011). A team building model for software engineering courses term projects, *Computers & Education*, 56(3), 916-922. doi: 10.1016/j.compedu.2010.11.006.
23. Saraç, T. ve Özçelik, F. (2013) Ders proje gruplarının oluşturulması için bir matematiksel model, *Journal of Industrial Engineering (Turkish Chamber of Mechanical Engineers)*, 24(1-2), 2-11.
24. Sprague Jr, R.H. and Carlson, E.D. (1982) *Building effective decision support systems*, Prentice Hall Professional Technical Reference. doi: 10.1016/0167-8051(82)90033-X.
25. Wesner J.W., Amon C.H., Bigrigg M.W., Subrahmanian E., Westerberg A.W. and Filipiski K. (2007) 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.
26. Yannibelli, V. and Amandi, A. (2012) A deterministic crowding evolutionary algorithm to form learning teams in a collaborative learning context, *Expert systems with applications*, 39(10), 8584-8592. doi: 10.1016/j.eswa.2012.01.195.

