

# Personel Atama Problemi İçin Çok Kriterli ve Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri ile Hibrit Bir Model Önerisi

## A Hybrid Model Proposal for the Personnel Assignment Problem with Multi-Criteria and Multi-Objective Decision-Making Methods

Burcu Özcan Türkan<sup>1</sup>, Ceren Asker<sup>2</sup>

### Öz

İşletmelerde gerekli alana gerekli personelin atanması performans, verimlilik ve maliyet gibi konularda oldukça önemlidir. Bu nedenle personelde aranan kriterler belirlenirken işin yapım şekli ve gerekli yetenekler göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan bu çalışma Kocaeli ilinde güvenlik sistemleri üzerine servis hizmeti veren bir firmada gerçekleştirilmiştir. Firma mevcut olarak 4 adet hizmet vermektedir. Bunlar; kamera sistemi, yangın sistemi, alarm sistemi ve ses sistemi bakım hizmetidir. Firmanın bünyesinde bu hizmetleri gerçekleştiren, ikişer personeli bulunan 3 adet ekip bulunmaktadır. Ekip seçimi için Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle yapılacak işler için ekiplerde olması istenen genel kriterler belirlenmiştir. Daha sonrasında bu kriterler Bulanık AHP yöntemi kullanılarak önem sırasına göre sıralanmıştır. Ardından firmada görevli olan 3 ekip bu kriterlere göre bulanık sayılar ile değerlendirilerek nihai sıralama elde edilmiştir. Bunun yanında ekipler için minimum maliyeti sağlayacak ekip-iş ataması yapılmıştır. Atamanın yapılabilmesi için firmadan bazı veriler alınmıştır. Bu veriler; yıllık hizmet adetleri, ekiplerin yıllık çalışma süreleri, ekiplerin hizmet süreleri, maliyetler ve bütçedir. Sonrasında bu değerler ile bir matematiksel model oluşturulmuş ve bu model LINGO programı aracılığı ile çözülmüştür. Sonuçlar bize optimum ekip-iş atamasını vermiştir. Çalışmanın sonucunda ise elde edilen çıktılar firma için değerlendirilmiş ve bunun doğrultusunda bir öneride bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Personel Seçimi, İş Ataması, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, Tam Sayılı Doğrusal Programlama, Maliyet Minimizasyonu

### Abstract

Assigning the necessary personnel to the required area in the enterprises is very critical in terms of performance, efficiency and cost. For this reason, while determining the criteria sought in personnel, the way the work is done and the necessary skills need to be considered. This study was carried out in a company that provides service on security systems in Kocaeli province. The company currently provides 4 services. These; camera system, fire system, alarm system and sound system maintenance service. There are 3 teams, each with two personnel, performing these services within the company. Fuzzy AHP method was utilized for team selection. First of all, the general criteria for the work to be done in the teams were determined. Afterwards, these criteria were ranked in order of importance using the Fuzzy AHP method. Then, the final ranking was obtained by evaluating the 3 teams working in the company with fuzzy numbers according to these criteria. In addition, a team-work assignment was made to ensure minimum cost for the teams. Some data was obtained from the company in order to make the assignment. These data are; annual service numbers, annual working hours of the teams, service times of the teams, costs and budget. Afterwards, a mathematical model was created with these values and this model was solved with the LINGO program. The results gave us the optimum team-work assignment. As a result of the study, the outputs obtained were evaluated for the company and a proposal was made in line with this.

**Keywords:** Personnel Selection, Assignment of Job, Fuzzy Analytical Hierarchy Process, Integer Linear Programming, Cost Minimization.

### Araştırma Makalesi [Research Paper]

Submitted: 28 / 06 / 2022

Accepted: 02 / 05 / 2023

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr, Orcid No: <https://orcid.org/0000-0003-0820-4238>.

<sup>2</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, cerenasker@gmail.com, Orcid No: <https://orcid.org/0000-0002-7460-1736>.

## Giriş

Personel seçimi, işletme içerisinde ki bir birim veya belli bir iş için aranan nitelikleri sağlayabilecek adaylar arasından en uygun olan ya da onların seçilmesi sürecidir (Yıldız ve Aksoy, 2015: 60). Bunun için bireyin ve işin iyi bir şekilde tanımlanmış olması gereklidir. Personelin seçilmesi ve gerekli işe atanması çalışma hayatında oldukça önemli bir konudur. Sanayi devriminden itibaren günümüze kadar, işe uygun olan adayın yerleştirilmesi konusu daha çok önem kazanmıştır. Çünkü sanayi devrimiyle birlikte işler karmaşıklaşmış ve uzmanlık gerektirmiştir. İşin kompleks bir hal almasıyla birlikte bireylerin işten beklentilerinin artması ve bunun yanında ihtiyaçların farkına varılmasıyla iş-birey uygunluğunun sağlanması zorlaşmıştır. Önceden işe başvuran adaylara seçme işlemi uygulanmadan işe alınırken, şimdiyse arz talep dengesine bakılmaksızın hem adaylar hem de işletmeler işe alım sürecinde kolay olmayan süreçlerden geçmektedirler (Adıgüzel, 2009: 1). Ek olarak teknolojinin sürekli gelişmesiyle birlikte işletmelerin istihdam ettikleri personelinde aradıkları nitelik ve yeteneklere ilişkin beklentileri artmıştır. İstihdam edilen personelin yeteneklerinin istenen prosesle uyumlu olması ile birlikte üretim ve hizmet alanlarında kalitenin artırılmasıyla müşterilerin beklentilerinin doğru ve hızlı biçimde karşılanabilmesi çok önemli bir husustur. Bu sebeplerden dolayı personel seçimi işletmeler için gerçekten önemli ve şirket için neredeyse hayati bir karardır (Ayçin, 2020: 2). Personelin seçim sürecinde işletmenin tarafsız yaklaşımı oldukça önemlidir. Tarafsızlık için gerekli olan iki koşul vardır. Birinci koşulda işe alınacak personelde aranan kriterin doğru seçilmesi yer alır. İkinci koşul ise adayların başvuru sürecinin belirlenen kriterler doğrultusunda tarafsız değerlendirilmesidir (Yıldız ve Aksoy, 2015: 60). Bu sebeplerden dolayı personel seçim işlemi için oluşturulacak kriter ağacının işin niteliğine uygun olması fazlasıyla önemlidir. Aksi durumda hem uygun personelin seçimi gerçekleşemez hem de personelin seçiminde tarafsızlıktan bahsedilemez. Kriter ağacını oluşturan kriter ve varsa alt kriterlerin oluşturulması sürecinde dikkatli ve titiz davranmak önem teşkil etmektedir (Ulutaş vd., 2018: 224).

Yukarıda bahsedilen durumlar göz önüne alındığında, işletmede istihdam edilmesi istenen personelin yerleştirilmesinden önce seçimi öne çıkarmaktadır (Adıgüzel, 2009: 1). Bu seçimi yaparken gerekli kriterlerin doğru belirlenmesi oldukça önemlidir. Eğer kriterler doğru belirlenmez ise işe alınacak personel istenen hizmeti karşılayamayabilir. İşin uzmanları tarafından belirlenen bu kriterler sonucunda ortaya çıkan kriter sıralaması bize o iş için en çok ihtiyaç duyduğumuz kriteri verecektir. Kriter sıralamasını elde ettikten sonra yapacağımız personel sıralaması ile en uygun personelin seçilmesi ile işin optimum şekilde gerçekleştirilmesi sağlanacaktır.

Bu çalışma hizmet sektöründe bulunan bir firmada yapılmıştır. Çalışmada amaç yapılan 5 işin 3 ekibe minimum maliyetle atamasını sağlamak ve çok kriterli karar verme yöntemleri ile en iyi ekip sıralamasını elde etmektir. Bunun sebebi işin doğru personellere atanmaması sonucunda karşılaşılabilecek maliyetlere engel olmaktır. Firmada görevli 3 ekip bulunmaktadır. Bu ekiplerin seçimi için Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Bunun için önce görevli personellerde aranan kriterler belirlenmiş, sonrasında bu kriterler Bulanık AHP yöntemi kullanılarak önem sırasına göre sıralanmıştır. Bu sıralama ile en önemli kriter belirlenmiş ve ardından firmada çalışmakta olan 3 adet ekip bu kriterlere göre değerlendirilerek bir sıralama elde edilmiş ve en iyi ekibin hangisi olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın diğer bir bölümünde ise firmanın yaptığı hizmetlerin adetleri, süreleri ve maliyetleri hesaplanarak minimum maliyetle optimum ekip-iş ataması gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için öncelikle adetler, süreler ve maliyetleri kullanarak bir matematiksel model oluşturulmuştur. Bu model LINGO programında çözülmüş, elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve firma için öneride bulunulmuştur.

Bölüm 1’de literatür araştırması kapsamında tam sayılı doğrusal programlama, çok kriterli karar verme yöntemlerinden ağırlıklı olarak AHP ve Bulanık AHP yöntemleri incelenmiştir. Bu kapsamda özellikle personel seçimi, personel atama, iş atama, ders-zaman çizelgeleme ile öğrenci-öğretmen ataması ve tedarikçi seçimi gibi çalışmalar değerlendirilmiştir.

## 1. Literatür Taraması

Tam sayılı programlama ile işgücü atamasının gerçekleştirildiği bir çalışmada 35 personel bir matematiksel model yardımıyla işlere optimum şekilde atanmıştır. Yapılan atama işleminde minimum personel gideri, tüm personelin atanmış olması, vardiyalarda çalışması gereken personel sayıları sağlanmış olup uygun atama gerçekleştirilmiştir (Çevik, 2006: 157-171).

Personel seçimi için Bulanık AHP yönteminin kullanıldığı bir çalışmada seçim için belirlenen faktör ve alt faktörler bulanık sayılar ile değerlendirilmiştir. Her aday için bir öncelik değeri hesaplanarak en yüksek öncelik değerine sahip aday seçim için uygun bulunmuştur (Dağdeviren, 2007: 791-799).

Bir fakültede ders-zaman atama problemi için 0-1 tam sayılı programlama, AHP ve ANP yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Atama gerçekleştirilirken tüm öğretim elemanları ve idarenin tercihleri dikkate alınmış ve bu bağlamda Pareto tekniğinden yararlanılmıştır. Çözüm sürecinde GAMS/CPLEX programının kullanımıyla en iyi ders çizelgelemesi elde edilmiştir (İsmayilova vd., 2007: 1017-1029).

Düzeltilici bakım, zamana dayalı önleyici bakım gibi farklı bakım stratejilerinin değerlendirildiği bir çalışmada Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Bakım stratejilerinin seçimi tipik bir ÇKKV yöntemidir ve bu çalışmada belirsiz yargıların değerlendirilebilmesi için bulanık yöntem tercih edilmiştir. Optimum bakım stratejisi belirlenerek tesis ekipmanlarının güvenilirlik ve gereksiz bakım yatırımını azaltılması amaçlanmıştır (Wang vd., 2007: 151-163).

Askeri personelin pozisyonlara atanmasının gerçekleştirildiği çalışmada AHP yöntemi ile birlikte çift taraflı eşleştirme (Two-sided matching) yöntemi kullanılarak bir karar destek sistemi önerilmiştir. Pozisyon tercihleri, gereksinim duyulan profiller ve personel yeterliliği ile belirlenmiştir. AHP yöntemi kullanılarak profiller oluşturulmuş ve gerekli personeller ilgili pozisyonlara atanmıştır (Korkmaz vd., 2008: 2915-2927).

İşgücü atamasının gerçekleştirildiği bir çalışmada doğrusal programlama ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Çalışan ve maaş sayısı gereksinimlerini karşılamak için işe alınacak adaylar ve doldurulacak departmanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Adayların değerlendirileceği kriterler esneklik, gelişme, meydan okuma, bağımsızlık ve üretkenlik olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda optimum sonuç elde edilmiş ve adaylar arasından seçim işlemi gerçekleştirilmiştir (Saaty vd., 2007: 1041-1053).

Tedarikçi seçiminin gerçekleştirildiği bir çalışmada AHP ve bulanık doğrusal programlama yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Tedarikçileri değerlendirmek için AHP yöntemi kullanılırken, tedarikçileri tahsis etme aşamasında bulanık doğrusal programlama yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi sonucunda tedarikçi seçimindeki en önemli kriter güvenilirlik olarak belirlenmiştir. Bulanık doğrusal programlama yöntemiyle birden fazla hedef siparişin optimum şekilde tamamlanması sağlanmıştır (Shankar ve Yadav, 2008: 614-631).

Farklı personel türlerinin seçimi için yapılan bir çalışmada öncelikle karar verme sürecini değerlendirmek için Bulanık AHP, yetkinlik kriterleri ve yetkinlik oluşturmak için bir uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve son olarak, eğitmek için bir hibrit öğrenme algoritması kullanılmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde, kullanılan tekniklerin personel seçimi sürecinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Shahhosseini ve Sebt, 2011: 163-180).

Bulanık tabanlı doğrusal programlama ve Bulanık AHP yöntemlerinin bir arada kullanıldığı çalışmada lojistik maliyetini minimize ederken maksimum müşteri sayısına ulaşmak hedeflenmiştir. Lojistik süreçleri için belirlenen 5 kriter ve 4 alternatif Bulanık AHP yöntemiyle değerlendirilerek ağırlıkları hesaplanmıştır. Ardından oluşturulan matematiksel model ile birlikte minimum maliyet ile maksimum memnuniyet düzeyinin elde edilmesi sağlanmıştır (He, vd., 2012: 159-179).

Üçüncü taraf lojistik sağlayıcı seçim ve değerlendirilmesinin gerçekleştirildiği bir çalışmada AHP, veri zarflama analizi ve doğrusal programlamayı birleştiren matematiksel bir yöntem önerilmiştir. AHP yönteminde değerlendirme yapılabilmesi için tutarlılık oranının belli bir değerin üzerinde olması gerektiğinden bu çalışmada veri zarflama analizi ve doğrusal programlama yöntemlerinden destek alınmıştır. Değerlendirme için kriter ve alt kriterlerden oluşan bir hiyerarşi oluşturulmuştur. AHP ve belirlenen doğrusal programlama yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanmış, bu sayede değerlendirilmeye alınamayacak tutarlılık oranlarında iyileştirme sağlanmıştır. Veri zarflama analizi ile lojistik sağlayıcıların geçmiş performansları değerlendirilmiştir. Önerilen metodoloji ile lojistik sağlayıcı seçiminde tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir (Falsini vd., 2012: 4822-4829).

Akademik personel seçimi yapılan bir çalışmada Bulanık AHP yöntemi kullanılarak 5 adayın arasından optimum seçim işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, akademik ve bireysel faktörler açısından değerlendirilen adaylar içerisinde en uygun adayın ikinci aday olduğu görülmüştür (Rouyendegh ve Erkan, 2012: 923-929).

İki amaçlı personel atama problemi için bulanık yöntemler üzerine yapılan çalışmada pozisyonlar arasındaki karşılıklı bağımlılıkların ve seçilen çalışanlar arasındaki farklılıkların aynı anda dikkate alındığı geri bildirim mekanizmasına sahip bir yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımın amacı, adaylar ve pozisyonlar arasında en iyi eşleşmeyi elde etmektir. İki amaçlı ikili tam sayılı programlama ve çift amaçlı hedef programlama bulanık mantığı ile sezgisel yaklaşım çözümü önerilerek kabul edilebilir düzeyde bir sonuç elde edilmiştir (Huang vd, 2012: 2840-2845).

Ders zaman çizelgesi ile optimum ders atamasının amaçladığı bir çalışmada amaç ve kısıtların belirlenmesinde öğretim elemanlarının görüşleri Bulanık AHP yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında literatürdeki mevcut bir modelden yararlanılarak karışık tam sayılı model geliştirilmiş ve Bulanık AHP ile elde edilen ağırlıklar doğrultusunda amaçlar minimize edilmiştir. Sonucunda ise amaçların en uygun şekilde karşılandığı çizelgeler elde edilmiştir (Uçar vd., 2015: 513-523).

Vardiya çizelgelemenin gerçekleştirildiği çalışmada AHP ve hedef programlama yöntemleri bir arada kullanılmıştır. AHP yöntemi ile çalışanlar belirli nitelikler kapsamında sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmanın ardından hedef programlama yöntemi kullanılarak çalışanların günlük vardiyalara atanması sağlanmıştır. Atama sırasında hedef programlama yöntemi kullanılması ile verimlilik yüksek ölçüde sağlanarak vardiyalara dengeli ve birbirini tamamlayıcı şekilde atamalar gerçekleştirilmiştir (Varlı ve Eren, 2017: 185-197).

İnşaat sektöründe fizibilite çalışmalarının hazırlanması süreci için gerçekleştirilen bir çalışmada Bulanık AHP yöntemi kullanılarak inşaat proje yönetiminde bulunan alternatifler değerlendirilmiştir. İnşaat projelerinin gerçekleştirilmesi uzun vadeli bir süreçtir. Bu nedenle kriterlerin iyi karşılanması ve planları tutturmak büyük önem arz etmektedir. Yapılan çalışmada kriterler belirlenerek Bulanık AHP yöntemiyle ağırlıkları hesaplanmış ve bir formül önerilmiştir. Yatırım, kullanım maliyeti, operasyon ve tesislerde iş güvenliği gibi kriterler belirlenerek 4 alternatif arasında bir değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda optimal sonuç elde edilmiş ve uygulanan yöntem farklı durumlarda kullanılmak üzere önerilmiştir (N. Prascevic ve Z. Prascevic, 2017: 1123-1135).

Liman işletmesinde personel seçimi amacıyla yapılan çalışmada, Bulanık Genişletilmiş AHP yöntemi ile işe alınacak personelde istenen kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Devamında ise TOPSIS yöntemi ile adayların arasında bir değerlendirme yapılmış ve uygun aday seçilmiştir. Çalışmada 10 aday, 8 kriter açısından 5 kişilik uzman ekip tarafından değerlendirilmiştir (Efe ve Kurt, 2018: 417-427).

İş güvenliği uzmanı seçimi amacıyla yapılan bir çalışmada Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS bir arada kullanılmıştır. Öncelikle 5 adet aday için kriter sıralaması Bulanık AHP yöntemi ile belirlendikten sonra Bulanık TOPSIS ile adayların değerlendirme ve sıralama işlemi yapılmıştır. Çalışma sonucunda ise aday 1 seçilmiştir (Efe, 2019: 639-649).

Öğrenci – öğretmen atama işleminin gerçekleştirildiği bir çalışmada tam sayılı programlama ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Amaç, öğrencilerin staj süreci için maksimum öğretmen tercihi yapmasını sağlamaktır. Kriterler uzmanlık, akademik pozisyon, müsait olma, profesyonel destek ve ilişki olarak belirlenmiştir. Alternatifler ise öğretim görevlisi, kıdemli okutman, doçent ve profesör olarak belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra ilk sırada yer alan kriterin profesyonel destek, alternatifler için ağırlıklar hesaplandıktan sonra ise ilk sırada yer alan alternatifin kıdemli okutman olduğu görülmüştür (Faudzi vd., 2020: 261-275).

Lojistik hizmet sağlayıcı sisteminin optimize edildiği bir çalışmada Bulanık AHP ve doğrusal programlama yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Bu amaçla öncelikle kriterler güvenlik, maliyet, zamanında teslim, kapasite ve iyi iş birliği kurma yeteneği olarak belirlenmiştir. Bu kriterler Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve doğrusal programlama yöntemiyle formüle edilmiştir. Oluşturulan modelde minimum maliyetle optimum gönderi atama işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir (Mejjaoui ve Albathi, 2020: 3046-3060).

Fakülte ders atama işleminin gerçekleştirildiği bir çalışmada ikili tam sayılı programlama yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada asıl amaç öğretim üyelerinin tercihlerini maksimize etmek yerine öğrencilerin değerlendirmelerine dayalı olarak tercihleri maksimize etmektir. 48 öğretim üyesi ve 259 sınıfın bulunduğu fakültede tüm öğretim üyelerinin görüşleri dikkate alınarak bir atama modeli oluşturulmuş ve GUSEK programı ile çözülmüştür. Çalışma sonucunda ihtiyaçları karşılayan bir atama modeli elde edilmiştir (Torres vd., 2021: 679-68).

Kütüphanede çalışan öğrencilerin uygun vardiyalara atanması probleminin çözümünde AHP ve 0-1 tam sayılı hedef programlama yöntemleri bir arada kullanılmıştır. AHP yöntemi ile hedefteki sapmaların ağırlıkları belirlendikten sonra hedef programlama gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan model GAMS programı aracılığı ile çözdürülmüştür. Elde edilen sonuçlar ile öğrencilerin kütüphanedeki vardiya çizelgesi oluşturulmuştur (Supçiller ve Erbilek, 2021: 1-12).

Otomotiv firmasında yapılan bir çalışmada müşteri siparişlerine göre yapılacak ürün değişikliklerinde toplam gecikme ve tamamlanma süresini minimize etmek amacıyla karışık tam sayılı programlama ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Öncelikle belirlenen kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemiyle hesaplanmış, ardından bu ağırlıklar kullanılarak karışık tam sayılı programlama yöntemi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda toplam tamamlanma süresi, maksimum gecikme süresi, toplam gecikme süresi ve iş sayısında %93,87; %91,34; %98,48 ve %90,9 oranlarında iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir (Utku vd., 2022: 110-119).

## 1.2 Personel Seçimi

Rekabet avantajı elde etmede yenilik yaratmanın önemi göz önünde bulundurulduğunda personelin iyi seçilerek istihdam edilmesi git gide önem arz etmektedir. Bu nedenle personel seçme süreci, işin gerekliliklerini en iyi şekilde yerine getirebilecek olan kişinin seçimidir (Adıgüzel, 2009: 1).

Şirketlerin verimlilik arttırma yönündeki en büyük ihtiyacı personeldir. Bu nedenle personellerin verimli bir şekilde çalışması, şirketi başarıya götürecektir en önemli etmenlerden bir tanesidir. Bundan dolayı ise personel seçimi şirket için büyük önem arz etmektedir. İnsan kaynakları, personel alımı yaparken çok titiz ve dikkatli davranmak zorundadır. İşletmenin niteliklere uygun işçiyi belirlemesi ve aralarından en vasıflı olanı seçmesi kolay olmamasının yanında zaman, para, enerji gerektiren birer maliyet unsurudur.

Personel seçiminin amacı gerekli işe en uygun ve doğru personelin seçilmesidir. En uygun personeli seçmek işletmeyi başarıya götürür. Personel seçiminin işletmeler için bu kadar önemli olması, personel seçiminde sistematik bir işleme duyulan ihtiyacı arttırmıştır (Demirkol ve Ertuğral, 2007: 24).

## 2. Yöntem

Çalışmanın ilk aşamasında doğrusal programlama yöntemi kullanılarak oluşturulan matematiksel model sayesinde minimum maliyetle optimum iş ataması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamasında ise Bulanık AHP yöntemi kullanılarak en iyi kriter ve alternatif sıralaması elde edilmiştir.

### 2.1 Tam Sayılı Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama, kıt kaynakların etkili kullanımıyla farklı alternatifler arasındaki en optimum dağılımı bulmayı amaçlayan bir matematiksel programlama yöntemidir. Bir karar modeli, seçenekleri gösteren kısıt bağıntıları ve en optimal sonucu bulabilmek amacıyla işleme giren amaç fonksiyonundan oluşmaktadır. Doğrusal modeller, işletme açısından; işgücü, makine, malzeme gibi etkenlerin sınırlayıcı koşullar altında hedefi sağlayacak şekilde kullanılmasını sağlayan yöntem olarak değerlendirilebilir. Buradan hareketle doğrusal programlama için, kapasite ya da kıt kaynakların farklı kullanım şekillerinin en uygun olanının seçilmesi tanımı da yapılabilir (Çetindere vd. 2010).

Tam sayılı doğrusal programlama aşağıdaki gibi genel bir formül ile ifade edilebilir.

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Maks. } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i=1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j = 0, 1, 2, \dots \text{ tam sayı } (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

### 2.2 Bulanık AHP

Karar vermenin karmaşık olduğu durumlarda çok kriterli karar verme yöntemleri kişiye yardımcı olmaktadır. Karar vericiler için karar kriterlerinin önem derecesi ve karar seçeneklerinin değerlendirilmesinde fikirler değişkenlik gösterebilmektedir. Bulanık yöntemler kesin olmayan bilgiler ile çalıştığından personel seçimi gibi belirsiz problemlerin formüle edilmesine imkân sağlamaktadır. Bu tip karar problemlerinin çözümü için kullanılan Bulanık AHP yöntemi etkili karar vermeye imkân sağlamaktadır. Bulanık AHP yöntemi ile karar verirken bir hedef belirlenir. Bu hedef, birden çok alt hedefin sağlanmaya çalışıldığı genel hedefdir. Hiyerarşide bulunan kriterler birer alt hedefdir. Karar verirken, belirlenen kriterler ikili karşılaştırma yapılarak değerlendirilir (Dündar, 2008: 218-219).

**Tablo 1. Üçgensel Bulanık Sayılar**

Önem Derecesi	Bulanık Sayı	Bulanık Sayı Eşleniği
Eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
Biraz	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
Önemli	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,3/2)
Çok	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)
Mutlak Derecede	(7/2,4,9/2)	(2/9,1/4,2/7)

Üçgensel bulanık sayılar tablo 1’de gösterilmiştir (Alp ve Gündoğdu, 2012: 7-25).

#### 2.2.1 Bulanık AHP Uygulama Adımları

Adım 1: Ölçüt i’ye göre bulanık sentetik değerler tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (6)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (7)$$

Adım 2:  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  değerlerinin olabilirlik hesaplaması yapılır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \begin{cases} 1, & \text{eger } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eger } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diger} \end{cases} \quad (8)$$

Adım 3: Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan  $M_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) büyük olmasının olabilirlik derecesi tanımlanır.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V [ (M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k) ] \\ = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (9)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), \quad (10)$$

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (11)$$

Adım 4: Ağırlık değerlerinin normalize edilmesi.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (12)$$

### 3. Bulgular

Uygulama güvenlik sistemleri ve zayıf akım kablolama hizmeti veren bir firmada yapılmıştır. Firmada görev yapan ikişer adet personeli bulunan 3 ekip bulunmaktadır. Bu ekipler kamera sistemi, kayıt sistemi, alarm sistemi, ses sistemi ve bariyer sistemi bakımı yapmaktadır. Firmadan alınan veriler; yıllık hizmet adetleri, ekiplerin yıllık çalışma süreleri, ekiplerin hizmet süreleri, maliyetler ve bütçedir. Tablo 2'de bakımı yapılan sistemler ve yıllık adetleri, tablo 3'te ekiplerin işlem süreleri ve maliyetleri gösterilmiştir. Ulaşım, yakıt, geçiş vb. değişken maliyetlerin, bakım için harcanan sabit maliyeti 5 kat arttırdığı tahmin edilmektedir. Ekipler yılda 249 gün (358560 dakika) çalışmaktadır. Firmanın tüm bu hizmetler için ayırdığı bütçe miktarı 200000 TL'dir.

**Tablo 2. Bakımı Yapılan Sistemler ve Yıllık Adetleri**

1	Kamera Sistemi Bakımı	3241
2	Kayıt Sistemi Bakımı	216
3	Alarm Sistemi Bakımı	37
4	Ses Sistemi Bakımı	31
5	Bariyer Sistemi Bakımı	23

Firmanın verdiği bakım hizmetleri ve yıllık adetleri tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Ekiplerin İşlem Süreleri ve Maliyetleri

Ekipler	Maliyet (TL)/Süre(dk)	Kamera Sistemi Bakım Süresi (dk)	Kayıt Sistemi Bakım Süresi (dk)	Alarm Sistemi Bakım Süresi (dk)	Ses Sistemi Bakım Süresi (dk)	Bariyer Sistemi Bakım Süresi (dk)
Ekip 1	12,75	1	28	33	14	30
Ekip 2	12,05	1,2	24	58	18	36
Ekip 3	11	2,5	50	44	25	58

Ekiplerin tüm bakım hizmetleri için harcadıkları süreler ve maliyetler tablo 3'te gösterilmiştir.

### 3.1. Matematiksel Model ile Maliyet Minimizasyonu

Minimum maliyetli ekip atamasını elde edebilmek için matematiksel model oluşturulmuş ve LINGO programı ile çözülmüştür. Çalışmada asıl amaç, bakım yapılacak sistemlerin minimum maliyet ile optimum şekilde ekiplere atanmasıdır.

$$\text{Min } Z = 12,75X_{11} + 357 X_{12} + 420,75X_{13} + 178,5X_{14} + 380,5X_{15} + 14,46X_{21} + 289,2X_{22} + 689,9X_{23} + 216,9X_{24} + 433,8X_{25} + 27,5X_{31} + 550X_{32} + 484X_{33} + 275X_{34} + 638X_{35} \quad (13)$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} \geq 3241 \quad (14)$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} \geq 216 \quad (15)$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} \geq 37 \quad (16)$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} \geq 31 \quad (17)$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} \geq 23 \quad (18)$$

$$1X_{11} + 28X_{12} + 33X_{13} + 14 X_{14} + 30 X_{15} \leq 358560 \quad (19)$$

$$1,2X_{21} + 24X_{22} + 58X_{23} + 18 X_{24} + 36 X_{25} \leq 355860 \quad (20)$$

$$2,5X_{31} + 50X_{32} + 44X_{33} + 25 X_{34} + 58 X_{35} \leq 358560 \quad (21)$$

$$12,75X_{11} + 357 X_{12} + 420,75X_{13} + 178,5X_{14} + 380,5X_{15} + 14,46X_{21} + 289,2X_{22} + 689,9X_{23} + 216,9X_{24} + 433,8X_{25} + 27,5X_{31} + 550X_{32} + 484X_{33} + 275X_{34} + 638X_{35} \leq 200000 \quad (22)$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ ve tam sayı } i = 1,2,3 \text{ (Ekipler) } j = 1,2,3,4,5 \text{ (İşler)} \quad (23)$$

$X_{11}$  = 1. Ekibe atanan kamera sistemi bakım işi

$X_{12}$  = 1. Ekibe atanan kayıt sistemi bakım işi

$X_{13}$  = 1. Ekibe atanan alarm sistemi bakım işi

$X_{14}$  = 1. Ekibe atanan ses sistemi bakım işi

$X_{15}$  = 1. Ekibe atanan bariyer sistemi bakım işi

$X_{21}$  = 2. Ekibe atanan kamera sistemi bakım işi

$X_{22}$  = 2. Ekibe atanan kayıt sistemi bakım işi

$X_{23}$  = 2. Ekibe atanan alarm sistemi bakım işi

$X_{24}$  = 2. Ekibe atanan ses sistemi bakım işi

$X_{25}$  = 2. Ekibe atanan bariyer sistemi bakım işi

$X_{31}$  = 3. Ekibe atanan kamera sistemi bakım işi

$X_{32}$  = 3. Ekibe atanan kayıt sistemi bakım işi

$X_{33}$  = 3. Ekibe atanan alarm sistemi bakım işi

$X_{34}$  = 3. Ekibe atanan ses sistemi bakım işi

$X_{35}$  = 3. Ekibe atanan bariyer sistemi bakım işi

(13) Tüm işlemlerin bakım maliyetleri amaç fonksiyonunda minimize edilmiştir.

(14) kısıtı, tüm ekipler tarafından yıllık minimum yapılması gereken kamera sistemi bakım işleminin 3214 adet olması gerektiğini ifade etmektedir.

(15) kısıtı, tüm ekipler tarafından yıllık minimum yapılması gereken kayıt sistemi bakım işleminin 216 adet olması gerektiğini ifade etmektedir.

(16) kısıtı, tüm ekipler tarafından yıllık minimum yapılması gereken alarm sistemi bakım işleminin 37 adet olması gerektiğini ifade etmektedir.

(17) kısıtı, tüm ekipler tarafından yıllık minimum yapılması gereken ses sistemi bakım işleminin 31 adet olması gerektiğini ifade etmektedir.

(18) kısıtı, tüm ekipler tarafından yıllık minimum yapılması gereken bariyer sistemi bakım işleminin 23 adet olması gerektiğini ifade etmektedir.

(19) kısıtı, ekip 1'in yılda maksimum çalışması gereken sürenin 358560 dakika olması gerektiğini ifade etmektedir.

(20) kısıtı, ekip 2'nin yılda maksimum çalışması gereken sürenin 358560 dakika olması gerektiğini ifade etmektedir.

(21) kısıtı, ekip 3'ün yılda maksimum çalışması gereken sürenin 358560 dakika olması gerektiğini ifade etmektedir.

(22) kısıtı, firmanın bu 5 hizmeti gerçekleştirmek için ayırdığı maksimum bütçenin 200000 TL olması gerektiğini ifade etmektedir.

(23) kısıtı, modelde kullanılan değişkenlerin alabileceği değerleri ifade etmektedir.

**Tablo 4. LINGO Çıktı Değerleri**

Değişken	Değer	Maliyet
X11	3241	12.75
X13	37	420.75
X14	31	178.5
X15	23	382.5
X22	216	289.2

Objective Value	133688,7
Objective Bound	133688,7

Tablo 4'teki sonuçlara göre minimum maliyet 133688,7 TL olarak hesaplanmıştır. Kamera sistemi, alarm sistemi, ses sistemi ve bariyer sistemi bakım işlemleri ekip 1'e, kayıt sistemi bakım işlemi ise ekip 2'ye tam sayılı olarak atanmıştır.

### 3.2. Bulanık AHP Yöntemi ile En İyi Ekibin Seçimi

En iyi ekibin seçiminde Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Ekiplerde bulunması istenen kriterler bir literatür araştırması yapılarak firmanın ihtiyaçları doğrultusunda belirlenmiştir. Bunlar; tecrübe, çalışma hızı, çözüm odaklılık, kriz yönetimi, yetenek ve takım çalışmasına uyumdur (Ulutaş, 2020: 1552-1573). Belirlenen bu kriterlerin Bulanık AHP yöntemi kullanılarak ağırlık değerleri hesaplanmış ve öncelik sıralaması elde edilmiştir. Ardından her ekip bu kriterler açısından bulanık sayılarla puanlandırılarak Bulanık AHP yöntemi ile değerlendirilmiş ve en iyi ekip sıralaması elde edilmiştir.

**Tablo 5. Kriterler**

K1	Tecrübe
K2	Çalışma Hızı
K3	Çözüm Odaklılık
K4	Kriz Yönetimi
K5	Yetenek
K6	Takım Çalışmasına Uyum

Değerlendirilen kriterler ve kısaltmaları tablo 5'te gösterilmiştir.

**Tablo 6. Kriterlere Ait Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi**

	K1			K2			K3			K4			K5			K6		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
K1	1	1	1	0,67	1	1,5	1,5	2	2,5	1	1	1	2,5	3	3,5	1,5	2	2,5



K2	0,67	1	1,5	1	1	1	0,67	1	1,5	0,67	1	1,5	1,5	2	2,5	0,67	1	1,5
K3	0,4	0,5	0,67	0,67	1	1,5	1	1	1	0,4	0,5	0,67	0,67	1	1,5	2,5	4	3,5
K4	1	1	1	0,67	1	1,5	1,5	2	2,5	1	1	1	2,5	4	3,5	1,5	2	2,5
K5	0,29	0,33	0,4	0,4	0,5	0,67	0,67	1	1,5	0,29	0,25	0,4	1	1	1	0,67	1	1,5
K6	0,4	0,5	0,67	0,67	1	1,5	0,29	0,25	0,4	0,4	0,5	0,67	0,67	1	1,5	1	1	1

Karar vericilerin verdikleri yanıtlar üçgensel bulanık sayılar kullanılarak değerlendirilmiş ve tablo 6'da bulunan karşılaştırmalı üstünlük matrisi oluşturulmuştur.

**Tablo 7. Kriterlere Ait Sentetik Değerler**

	l	m	u		1/∑u	1/∑m	1/∑l		I*(1/∑u)	I*(1/∑m)	I*(1/∑l)
K1	8,1667	10,000	12,000	*	0,0187	0,0226	0,0295	=	0,1526	0,2256	0,3544
K2	5,1667	7,0000	9,5000	*	0,0187	0,0226	0,0295	=	0,0965	0,1579	0,2806
K3	5,6333	8,0000	8,8333	*	0,0187	0,0226	0,0295	=	0,1052	0,1805	0,2609
K4	8,1667	11,000	12,000	*	0,0187	0,0226	0,0295	=	0,1526	0,2481	0,3544
K5	3,3048	4,0833	5,4667	*	0,0187	0,0226	0,0295	=	0,0617	0,0921	0,1615
K6	3,4190	4,2500	5,7333	*	0,0187	0,0226	0,0295	=	0,0639	0,0959	0,1693
Toplam	33,86	44,33	53,53								

Formül (5) ve (6) ile l, m ve u değerleri hesaplanarak toplamı alınmıştır. Hesaplanan toplam değerlerinin formül (7) ile tersi alınmıştır. Ardından bu değerler ile l,m ve u değerlerinin matris çarpımı sonucunda sentetik boyut değerleri hesaplanmış ve tablo 7'de gösterilmiştir.

**Tablo 8. Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrisi**

	d(K1)	d(K2)	d(K3)	d(K4)	d(K5)	d(K6)
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	-	0,6542	0,7060	1	0	1,3085
K2	1	-	1,1590	1	0,3889	1,3522
K3	1	1	-	1	0	1,2440
K4	0,8994	0,5866	0,6155	-	0	1,1543
K5	1	1	1	1	-	1
K6	1	1	1	1	1,6569	-
Min	0,8994	0,5866	0,6155	1	0	1

Formül (8) ile tüm kriterlerin sentetik boyut değerleri karşılaştırılarak tablo 8'de bulunan karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Formül (10) uygulanarak tüm sütunlarda bulunan minimum değerler hesaplanmış ve formül (11)'de gösterilen ağırlık değerleri elde edilmiştir.

**Tablo 9. Kriterlere Ait Normalizasyon Değerleri**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Toplam
W	0,8994	0,5866	0,6155	1	0	1	3,1016
Normalize	0,29	0,1891	0,1984	0,3224	0	0,3224	

Formül (11) ile tüm kriterler için ağırlık değerleri hesaplandıktan sonra ve bu ağırlık değerleri formül (12) ile normalize edilerek tablo 9'da gösterilmiştir.

**Tablo 10. Kriterlerin Ağırlık Sıralaması**

1	Kriz Yönetimi	0,3224
2	Takım Çalışmasına Uyum	0,3224

3	Tecrübe	0,29
4	Çözüm Odaklılık	0,1984
5	Çalışma Hızı	0,1891
6	Yetenek	0

Tablo 10'da kriter ağırlıkları sıralandırılmış ve kriterlerin nihai önem sıralaması elde edilmiştir. Önem sıralamasında kriz yönetimi ve takım çalışmasına uyum kriterlerinin ağırlık değerleri 0,3224 olarak hesaplanmış ve bu iki kriterin personel seçimi için en önemli iki kriter olduğu görülmüştür. Önem sıralamasında onları takip eden kriterler sırasıyla tecrübe, çözüm odaklılık, çalışma hızı ve yetenek olmuştur.

**Tablo 11. Kriz Yönetimi Kriteri İçin Alternatiflerin Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi**

	Ekip 1			Ekip 2			Ekip 3		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Ekip 1	1,00	1,00	1,00	2,50	3,00	3,50	0,67	1,00	1,50
Ekip 2	0,29	0,33	0,40	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50
Ekip 3	0,67	1,00	1,50	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00
W	0,2737			0,2737			0,4526		

Tüm ekipler kriz yönetimi kriteri için üçgensel bulanık sayılarla puanlandırılarak karşılaştırmalı üstünlük matrisi elde edilmiştir. Bu puanlandırma Bulanık AHP yöntemi uygulanarak değerlendirilmiş ve alternatif ağırlıkları hesaplanarak ve tablo 11'de gösterilmiştir.

**Tablo 12. Takım Çalışmasına Uyum Kriteri İçin Alternatiflerin Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi**

	Ekip 1			Ekip 2			Ekip 3		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Ekip 1	1,00	1,00	1,00	3,50	4,00	4,50	0,67	1,00	1,50
Ekip 2	0,22	0,25	0,29	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50
Ekip 3	0,67	1,00	1,50	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00
W	0,50			0,50			0,00		

Tüm ekipler takım çalışmasına uyum kriteri için üçgensel bulanık sayılarla puanlandırılarak karşılaştırmalı üstünlük matrisi elde edilmiştir. Bu puanlandırma Bulanık AHP yöntemi uygulanarak değerlendirilmiş ve alternatif ağırlıkları hesaplanarak ve tablo 12'de gösterilmiştir.

**Tablo 13. Tecrübe Kriteri İçin Alternatiflerin Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi**

	Ekip 1			Ekip 2			Ekip 3		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Ekip 1	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	3,50	4,00	4,50
Ekip 2	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
Ekip 3	0,22	0,25	0,29	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00
W	0,50			0,50			0		

Tüm ekipler tecrübe kriteri için üçgensel bulanık sayılarla puanlandırılarak karşılaştırmalı üstünlük matrisi elde edilmiştir. Bu puanlandırma Bulanık AHP yöntemi uygulanarak değerlendirilmiş ve alternatif ağırlıkları hesaplanarak ve tablo 13'te gösterilmiştir.

**Tablo 14. Çalışma Hızı Kriteri İçin Alternatiflerin Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi**

	Ekip 1			Ekip 2			Ekip 3		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u

Ekip 1	1,00	1,00	1,00	3,50	4,00	4,50	3,50	4,00	4,50
Ekip 2	0,22	0,25	0,29	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	2,50
Ekip 3	0,22	0,25	0,29	0,40	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00
W	1			0			0		

Tüm ekipler çalışma hızı kriteri için üçgensel bulanık sayılarla puanlandırılarak karşılaştırmalı üstünlük matrisi elde edilmiştir. Bu puanlandırma Bulanık AHP yöntemi uygulanarak değerlendirilmiş ve alternatif ağırlıkları hesaplanarak ve tablo 14'te gösterilmiştir.

**Tablo 15. Çözüm Odaklılık Kriteri İçin Alternatiflerin Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi**

	Ekip 1			Ekip 2			Ekip 3		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Ekip 1	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50	1,50	2,00	2,50
Ekip 2	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	3,50	4,00	4,50
Ekip 3	0,40	0,50	0,67	0,22	0,25	0,29	1,00	1,00	1,00
W	0,50			0,50			0,00		

Tüm ekipler çözüm odaklılık kriteri için üçgensel bulanık sayılarla puanlandırılarak karşılaştırmalı üstünlük matrisi elde edilmiştir. Bu puanlandırma Bulanık AHP yöntemi uygulanarak değerlendirilmiş ve alternatif ağırlıkları hesaplanarak ve tablo 15'te gösterilmiştir.

**Tablo 16. Yetenek Kriteri İçin Alternatiflerin Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi**

	Ekip 1			Ekip 2			Ekip 3		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Ekip 1	1,00	1,00	1,00	2,50	3,00	3,50	0,67	1,00	1,50
Ekip 2	0,29	0,33	0,40	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,50
Ekip 3	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00
W	0,28			0,44			0,28		

Tüm ekipler yetenek kriteri için üçgensel bulanık sayılarla puanlandırılarak karşılaştırmalı üstünlük matrisi elde edilmiştir. Bu puanlandırma Bulanık AHP yöntemi uygulanarak değerlendirilmiş ve alternatif ağırlıkları hesaplanarak ve tablo 16'da gösterilmiştir.

**Tablo 17. Alternatif Değerlendirme Matrisi**

Alternatifler	Kriterler				
	Tecrübe	Çalışma Hızı	Çözüm Odaklılık	Kriz Yönetimi	Yetenek
Alternatifler	0,29	0,1891	0,1984	0,3224	0
Ekip 1	0,5	1	0,5	0,2737	0,28
Ekip 2	0,5	0	0,5	0,2737	0,44
Ekip 3	0	0	0	0,4526	0,28

Tablo 9'da elde edilen kriter ağırlıkları; tablo 11, tablo12, tablo13, tablo 14, tablo 15 ve tablo 16'da hesaplanan alternatif ağırlıkları ile birlikte tablo 17'de gösterilmiştir.

**Tablo 18. Alternatif Sıralaması**

Alternatifler	Öncelik Değerleri					
Ekip 1	0,145	0,1891	0,0992	0,0882	0	0,5216
Ekip 2	0,145	0	0,0992	0,0882	0	0,3324
Ekip 3	0	0	0	0,1459	0	0,1459

Alternatif ağırlıkları ile kriter ağırlıkları çarpılarak elde edilen matriste satır toplamları alternatiflerin öncelik değerlerini vermiştir. Bu öncelik değerleri ve nihai sıralama tablo 18'de gösterilmiştir.

## Sonuç ve Değerlendirme

Oluşturulan matematiksel modelin LINGO programındaki çıktı değerleri tablo 4'te gösterilmiştir. Matematiksel modeli oluşturmak için firmadan bazı veriler alınmıştır. Bunlar; yıllık hizmet adetleri, ekiplerin yıllık çalışma süreleri, ekiplerin hizmet süreleri, maliyetler ve bütçedir. Amaç maliyeti minimize etmektir. Kısıtlayıcılar; hizmet adetleri, her ekip için yıllık çalışma süreleri ve firmanın ayırdığı bütçe miktarıdır. İşler ekiplere minimum maliyeti sağlayacak şekilde optimum olarak atanmıştır. Sonuç olarak kamera sistemi, alarm sistemi, ses sistemi ve bariyer sistemi bakım işlemleri ekip 1'e, kayıt sistemi bakım işlemi ise ekip 2'ye atanmıştır. Minimum maliyet ise 133688,7 TL olarak hesaplanmıştır. Fakat optimum sonuca göre ekip 3'e hiçbir işlem atamasının yapılmadığı ve âtil kaldığı görülmüştür. Buna göre mevcut iş yükünde ekip 3'ün firma için gereksiz maliyete sebep olabileceği ve firmanın ekip 1 ve ekip 2 ile mevcut hizmetlere devam edebileceği sonucuna varılmıştır. Ek olarak firmanın uygun bir iş çizelgelemesi sayesinde ekip 3 için daha fazla ihale alabileceği saptanmıştır. Yapılan bu çalışmadan farklı olarak, değerlendirilen karar değişkenlerinin sayının fazla olduğu tam sayılı programlama ile personel atamasının gerçekleştirildiği diğer bir çalışmada aynı şekilde amaç maliyetin minimize edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda oluşturulan kısıtlar neticesinde ekipler işlere minimum maliyeti verecek şekilde atanmıştır (Çevik, 2006: 157-171).

Diğer bir aşamada Bulanık AHP yöntemi kullanılarak ekipler arasında bir sıralama elde edilmiştir. Bunun için öncelikle ekiplerde aranan kriterler literatür taraması sonucunda firmanın ihtiyaçları çerçevesinde belirlenmiştir. Bunlar; tecrübe, çalışma hızı, çözüm odaklılık, kriz yönetimi ve yetenektir (tablo 5). Kriterler ve alternatifler Bulanık AHP yöntemine göre sıralanmıştır. Tablo 6'da kriterler üçgensel bulanık sayılara göre değerlendirilerek üstünlük matrisi elde edilmiştir. Tablo 7'de kriterlere ait sentetik değerler hesaplanmış, tablo 8'de bu sentetik değerler birbiriyle karşılaştırılarak bir matris elde edilmiştir. Tablo 9'da minimum sütun değerleri normalize edilerek kriter ağırlıkları hesaplanmış ve tablo 10'da nihai sıralama gösterilmiştir. Kriterlerin sıralamasının elde edilmesinin ardından ekipler tüm kriterler için değerlendirilmiş ve aynı işlemler sırasıyla uygulanmıştır. Kriz yönetimi ve takım çalışmasına uyum kriterlerinin önem derecesinin eşit olduğu, diğer kriterlerin önem derecelerinin sırasıyla tecrübe, çözüm odaklılık, çalışma hızı ve yetenek olduğu tespit edilmiştir. Alternatifler, her bir kriter için bulanık sayılarla değerlendirilerek ağırlıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan ağırlıklar Tablo 17'de matris formatında gösterilmiştir. Alternatif ağırlıkları ve kriter ağırlıkları çarpılarak elde edilen matriste satır toplamları öncelik değerlerini vermiştir. Elde edilen nihai alternatif sıralaması Ekip 1, Ekip 2, Ekip 3 şeklinde olup tablo 18'de gösterilmiştir. Bu sonuç ile LINGO programında elde edilen sonuçların tutarlılığı da test edilebilmiştir. LINGO programına göre Ekip 1 ve Ekip 2'nin Ekip 3'ten daha verimli olduğu sonucu Bulanık AHP yönteminde elde edilen sıralamayı doğrulamaktadır. Bulanık AHP yöntemiyle personel seçiminin gerçekleştirildiği farklı bir çalışmada personel seçimine ait kriterler ve alt kriterler belirlenerek bulanık çözümlerle kriter ve alternatif seçimleri sağlanmış ve en uygun sıralama elde edilmiştir (Dağdeviren, 2007: 791-799). Personel seçimi için farklı yöntemlerin bir arada kullanıldığı bütünlük bir çalışmada ise yine Bulanık AHP yöntemiyle kriter sıralaması elde edilirken Bulanık MOORA yöntemi ile alternatif sıralaması elde edilmiştir (Organ ve Kenger, 2018: 271-280). Çalışmanın bir sonraki aşamasında ana kriterlere ek olarak alt kriterler de değerlendirmeye alınabilir. Kriter ve alternatif seçimlerinde farklı karar verme yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bütünlük bir yaklaşım gerçekleştirilebilir.

## Kaynakça

- Adıgüzel, O. (2009). Personel Seçiminin Analitik Hiyerarşisi Prosesi Yöntemiyle Gerçekleştirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1-24.
- Alp, S., & Gündoğdu, C. (2012). Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7-25.
- Ayçin, E. (2020). Kişisel Seçim Sürecinde CRITIC ve MAIRCA Yöntemlerinin Kullanılması. *İşletme*, 1-12.
- Çetindere, A., Sevim, Ş., & Duran, C. (2010). Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Tekniğinin Kullanımı: Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulama. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 271-300.
- Çevik, O. (2006). Tam Sayılı Doğrusal Programlama ile İşgücü Planlaması ve Bir Uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 157-171.
- Dağdeviren, M. (2007). Bulanık Analitik Sistemler Süreci ile Kişisel Seçim ve Bir Uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 791-799.

- Demirkol, Ş., & Ertuğral, S. (2007). İşletmede Personel Seçiminde Kullanılan Teknikler ve Analizler. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 23-34.
- Dündar, S. (2008). Ders Seçiminde Analitik Hiyerarşi Proses Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 217-226.
- Efe, B., & Kurt, M. (2018). Bir Liman İşletmesinde Personel Seçimi Uygulaması. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 417-427.
- Efe, Ö. (2019). Hibrid Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Temelinde İş Güvenliği Uzmanı Seçimi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 639-649.
- Falsini, D., Fondi, F., & Schiraldia, M. (2012). A Logistics Provider Evaluation and Selection Methodology Based on AHP, DEA and Linear Programming Integration. *International Journal of Production research*, 4822-4829.
- Faudzi, S., Abdul-Rahman, S., Abd Rahman, S., Zulkepli, J., & Bargiela, A. (2020). Optimizing The Preference of Student-Lecturer Allocation Problem Using Analytical Hierarchy Process and Integer Programming. *Journal of Engineering Science and Technology*, 261-275.
- He, T., Ho, W., Man, C. L., & Xu, X. (2012). A Fuzzy AHP Based Integer Linear Programming Model For The Multi-Criteria Transshipment Problem. *The International Journal of Logistics Management*, 159-179.
- Ismayilova, N. A., Sağır, M., & Gasimov, R. N. (2007). A Multiobjective Faculty–Course–Time Slot Assignment Problem With Preferences . *Mathematical and Computer Modelling*, 1017-1029.
- Korkmaz, I., Gökçen, H., & Çetinyokuş, T. (2008). An Analytic Hierarchy Process and Two-Sided Matching Based Decision Support System for Military Personnel Assignment. *Information Sciences*, 2915-2927.
- Lin, S.-Y., Horng, S.-J., Kao, T.-W., Fahn, C.-S., Huang, D.-K., Run, R.-S., . . . Kuo, I.-H. (2012). Solving The Bi-Objective Personnel Assignment Problem Using Particle Swarm Optimization. *Applied Soft Computing*, 2840-2845.
- Mejjaouli, S., & Albathi, R. (2020). Fuzzy AHP and Linear Programming Based Decision Support System for Logistics Service Providers Allocation. *IEOM Society International*, 3046-3060.
- Organ, A., & Kenger, M. (2018). Bütünleşik Bulanık AHP-Bulanık MOORA Yaklaşımının Market Personeli Seçimi Problemine Uygulanması. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 271-280.
- Prascevic, N., & Prascevic, Z. (2017). Application of Fuzzy AHP for Ranking and Selection Of Alternatives in Construction Project Management. *Journal of Civil Engineering and Management*, 1123-1135.
- Rouyendegh, B., & Erkan , T. (2012). Selection of Academic Staff Using The Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Tehnicki Vjesnik*, 923-929.
- Saaty , T., Peniwati , K., & Shang , J. (2007). The Analytic Hierarchy Process and Human Resource Allocation: Half The Story. *Mathematical and Computer Modelling*, 1041–1053.
- Shahhosseini, V., & Şebt, M. (2011). Competency-Based Selection and Assignment of Human Resources to Construction Projects. *Scientia Iranica*, 163-180.
- Shankar, R., & Yadav , S. (2008). An Integrated Approach of Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Linear Programming for Supplier Selection. *International Journal of Operational Research*, 614-631.
- Supçiller, A., & Erbilek, P. (2021). Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama ile Bir Üniversite Kütüphanesindeki Kısmi Zamanlı Personellerin Çizelgelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1-12.
- Torres, M. C., Villegas, K. K., & Gavina, M. K. (2021). Solving Faculty-Course Allocation Problem Using Integer Programming Model. *Philippine Journal of Science*, 679-689.
- Uçar, U., İşleyen, S., & Demir, Y. (2015). Üniversite Ders Çizelgeleme Probleminin Bulanık Ahp Ve Çok Amaçlı Karışık Tam Sayılı Matematiksel Modelle Çözümü. *Gazi University Journal of Science*, 513-523.
- Ulutaş, A. (2019). Entropi ve MABAC yöntemleri ile Personel Seçimi. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 1552-1573.
- Ulutaş, A., Özkan, A., & Tağraf, H. (2018). Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Gri İlişkisel Analizi Yöntemleri Kullanılarak Personel Seçimi Yapılması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 223-232.
- Utku, D. H., Özyiğit, K., & Farizoğlu, E. Y. (2022). A Mixed-Integer Programming Model for The Job Scheduling Problem in a Production Company. *Verimlilik Dergisi*, 110-119.

- Varlı, E., & Eren, T. (2017). Vardiya Çizelgeleme Problemi ve Bir Örnek Uygulama. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 185-197.
- Wang, L., Chu, J., & Wu, J. (2007). Selection of Optimum Maintenance Strategies Based on a Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Production Economics*, 151-163.
- Yıldız, M., & Aksoy, S. (2015). ). Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi Üzerine Bir Çalışma. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 59-83.

## Extended Abstract

### Aim and Scope

The objective of this project, optimal job assignment with minimum cost. In addition get a ranking of achieve arrangement team. Appropriate personnel selection is an important issue for companies. Because wrong personnel selection may cause high cost. To prevent this the personnel criteria sought must be determined correctly and then it is essential to choose among the personnel candidates.

### Methods

In the study, team selection with Fuzzy AHP and cost minimization with integer programming. Firstly, a mathematical model was created in line with the data and job assignment that minimized the cost was carried out. At the other stage personnel criteria get a ranked with Fuzzy AHP. Then team rated for personnel criteria. In the final stage team get a ranked with Fuzzy AHP and chosen best team.

### Findings

In consequence of Fuzzy AHP method, the team ranking was obtained as 1,2,3. By solving the mathematical model in the LINGO program, the cost was calculated as 133688.7₺. In the optimal job assignment, only team 1 and team 2 were assigned and team 3 left empty.

### Conclusion

Criteria ranking; experience, working speed, solution orientation, crisis management and talent. When the teams are graded in terms of these criteria, it is seen that the best team is team 2. But when job assignment is made with minimum cost, team 3 remains idle The firm is eligible to take on more work for team 3 as there are no assignments in existing services for team 3.