

## Doğal Afetlerde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgelenmesi: Aydın Depremi Senaryosu

Elif Akdaş<sup>1</sup>, Tamer Eren<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Endüstri Mühendisliği / Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Endüstri Mühendisliği / Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

\*(tamereren@gmail.com)

**Özet** – Aniden meydana gelen afetler çevreyi ve insanları etkilemektedir. Türkiye, Afrika ve Arabistan levhaları ile Avrasya levhaları arasında yer alan bir deprem bölgesidir. Ani gelişen bir doğal afet olan depremler, can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Yakın zamanda yaşanan Kahramanmaraş depremleri ile depremin ne kadar ciddi kayıplara sebep olduğu görülmüştür. Depremin oluş zamanı bilinmemektedir ancak gerekli planlamaların yapılması ile sebep olacağı kayıp ve zararlar azaltılabilir. Bu kayıp ve zararların azaltılması için bir yönetim sistemine ihtiyaç vardır. Afet yönetimi, ihtiyaç duyulan kaynak ve faaliyetlerin organizasyonunu ve yönetimini kapsamaktadır. Afet yönetiminin müdahale aşamasında arama kurtarma ekipleri çoklu ve dağınık afet bölgelerinde, canlı odaklı yaptıkları enkaz çalışmalarında zorlu görevler üstlenerek zaman baskısına karşı arama kurtarma çalışmalarını yürütmektedir. Arama kurtarma ekiplerinin afet bölgelerine hızlı bir şekilde gönderilmesi etkili bir organize gerekmektedir. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından deprem sonrası kaosu ve bilgi kirliliğini azaltmak için müdahale ekiplerinin doğru afet bölgelerine en kısa zamanda sevk edilmesi amacıyla, AFAD-RED analiz programını kullanarak deprem senaryoları üretmektedir. Senaryonun çıktıları potansiyel kayıplar için tahmini sonuçlar üretmektedir. Bu çalışmada, neredeyse tamamı alüvyon zemin üzerine kurulu olan, bu zeminden dolayı geçmişte olumsuzluklar yaşayan Aydın ili ele alınmıştır. Risk analiz çalışmalarında oluşturulan merkez üssü Efeler ilçesinde meydana gelecek 7.0 büyüklüğünde deprem senaryosunun çıktıları kullanılarak çalışma devam ettirilmiştir. Yıkık binaların olduğu afet bölgelerine sevk edilecek AFAD arama kurtarma ekiplerinin çizelgelenme problemi ele alınmıştır. Uygun sayıdaki ekipleri doğru afet bölgelerine sevk etmek için hedef programlama yöntemi ile bir matematiksel model oluşturulmuştur.

*Anahtar Kelimeler – Afet Yönetimi, Deprem, Çizelgeleme, Arama Kurtarma Ekipleri, Hedef Programlama*

### I. GİRİŞ

Meydana geliş zamanını kestiremediğimiz afetler aniden meydana gelerek yaşamımızı olumsuz yönde etkilemekte ve birçok maddi manevi kayba sebep olmaktadır. Afet, iletişim ve ulaşım araçlarını etkin kullanarak birçok kurum ve kuruluşun koordineli olarak çalışmasını gerektiren bir durumdur. Türkiye, Afrika ve Arabistan levhaları ile Avrasya levhaları arasında yer almaktadır. Bu levhaların hareketi sonucunda afet türlerinden biri olan depremler oluşmaktadır. Türkiye, levha hareketi sonucu oluşan tektonik depremleri sıklıkla yaşayan bir deprem ülkesidir ve Deprem Bölgeleri Haritası'na göre, ülkenin %92'si deprem

bölgelerinde bulunmakta, nüfusun %95'i deprem tehlikesi altında yaşamakta, büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ün deprem bölgesinde bulunmaktadır [1].

Beklenmedik bir anda meydana gelen deprem üzerinde bulunan yapılara zarar vererek can ve mal kaybına neden olacak şekilde yıkabilen bir olaydır. Deprem belirli bir büyüklüğün üzerine çıktığında, faylar yüzeye ulaşarak hareketsiz olarak bildiğimiz yüzeyi sarsmaktadır. Geçmiş yıllarda çok fazla yıkıcı deprem meydana geldiği gibi gelecekte de bu depremlerle birçok kayıpların yaşanacağı öngörülmektedir [1]. Depremin oluş zamanı

bilinmemektedir ancak gerekli önlemler alınarak ve planlamalar yapılarak vereceği zararlar azaltılabilir.

Afetin verebileceği zararı azaltmak, olma ihtimaline karşı hazırlıklı olmak, meydana gelmesi durumunda müdahale edebilmek ve sonrasında iyileştirme aşaması ile yeni bir yaşam çevresi sağlamaya çalışmak adına yapılan bütün çalışmalar afet yönetiminin konusudur [2]. Dinamik ve çok yönlü bir süreç olan afet yönetimi, afetlerin negatif etkilerini azaltmak için afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası gerek duyulan kaynakları tahsis etmeyi, faaliyetleri organize etmeyi ve yönetmeyi kapsamaktadır. Afetin meydana geldiği esnada gerekli müdahaleyi yapmak için arama kurtarma, ilk yardım, tahliye, ikincil afetleri önleme vb. çalışmalar ekipler tarafından yürütülmektedir.

Büyük hasara neden olan afetler, arama kurtarma çalışmalarını yönetmeyi zorlaştırmaktadır. Bu da ekipleri afet bölgelerine göndermenin zorluğunu ortaya çıkartmaktadır. Acil durumların ani, belirsiz ve yıkıcı olmasından dolayı arama kurtarma ekipleri, çoğunlukla çoklu ve dağınık afet bölgelerinde zorlu görevlerle çalışmalarını yürütmektedir.

Ani felaketler ve yardım gerektiren çalışmaların karmaşık olmasından dolayı, acil durum karar vericilerinin ekipleri afet bölgelerine makul ancak hızlı bir şekilde atanması gerekmektedir. Bu nedenle, ekiplerin optimum dağılımının belirlenmesi değerli bir araştırma konusudur [3]. Arama kurtarma gerektiren alanlara hızlı bir şekilde ekiplerin gönderilmesi için bu durum etkili bir organize gerektirmektedir [4]. Yapıların yıkılması ve insanların yapılar içinde mahsur kalmasının hemen ardından başlayan arama kurtarma çalışmaları sıralı ve sürekli olarak başlayıp devam etmektedir. Afet meydana gelir gelmez yakın çevredeki insanların kendi imkanlarıyla yardıma koşması ile başlamaktadır. İletişim ve ulaşım araçlarının etkin bir şekilde kullanılmasıyla bölgelere ulaşan yerel afet ve acil durum hizmetlerinin bölgeye ulaşmasının ardından bölgesel veya ulusal destek ile devam etmektedir [5].

Ele alınan çalışmanın literatürü incelendiğinde afet yönetiminde ekiplerin atanması ve çizelgelenmesi oldukça güncel bir konudur. Bu konuda incelenen çalışmalar Tablo 1'de özet halinde verilmiştir.

Tablo 1. Özet Literatür Tablosu

Kaynak	Amaç	Kullanılan Yöntem
[6]	Depremde ölü sayısını azaltmak ve deprem bölgelerine kaynakların atanması problemi	Benzetimli tavlama, tabu arama
[7]	Kurtarma birimlerini planlama ve birimleri olaylara atama	Monte Carlo tabanlı sezgisel
[8]	Ağırlıklı tamamlanma zamanı toplamını minimize etmek için kurtarma birimlerini tahsis etme ve çizelgeleme	Önyargılı rastgele anahtarlı genetik algoritma
[9]	Kurtarma ekiplerinin müdahalesinde tamamlanma zamanının minimize etmek için tahsis etme ve çizelgeleme	Karmaşık tam sayılı programlama model ve GRASP metasezgisel yöntemi
[10]	Öğrenme etkili kurtarma birimlerinin tahsis etme ve çizelgeleme	Çok amaçlı hedef programlama ve sağlam optimizasyon yöntemi
[11]	Arama kurtarma ekiplerini çizelgeleme	Matematiksel programlama yöntemi
[4]	Çoklu afet bölgelerine ve farklı kurtarma noktalarına kurtarıcılarını sevk etme	Kanıtı dayalı en iyi-en kötü metodu ve Dempster-Shafer teorisi
[12]	Ağırlıklı tamamlanma zamanlarının toplamını minimize etmek için kurtarma birimlerini atama	Bulanık sağlam optimizasyon ve hibrit Metasezgisel Algoritma
[34]	Arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerinin atanması ve çizelgelenmesi	Hedef programlama yöntemi

İncelenen literatür değerlendirildiğinde; farklı birçok yöntem ile ele alınan arama kurtarma ekiplerinin atanma ve çizelgelenme problemi oldukça yeni bir konudur.

Çalışmanın temelinde olan personel çizelgeleme problemi birçok alanda uygulanmıştır. Bilgi verme amaçlı bazı çalışmalara değinecek olursak bunlar; enerji sektöründe [14]; perakende sektöründe [15, 16, 17, 18]; sağlık sektöründe [19, 20, 21]; hizmet sektöründe [22, 23]; tekstil sektöründe [24]; ayrıca personel çizelgeleme konusunda bir de literatür taraması [25] yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan hedef programlama yöntemi birçok problemin çözümünde [26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33] kullanılmıştır.

Bu çalışmada, zayıf bir zemin üzerine kurulu ve diri fayların bulunduğu Aydın İli ele alınmıştır. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından geçmiş bilgiler doğrultusunda olası en büyük deprem senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryonun çıktıları kullanılarak çalışma devam ettirilmiştir. Merkez üssü Efeler ilçesi olan 7.0 büyüklüğündeki olası bir deprem senaryosunda yıkımın meydana geldiği afet bölgelerine arama kurtarma ekiplerinin çizelgelemesi problemi hedef programlama yöntemi ile ele alınmıştır. Meydana gelecek olası bir depremde yürütülecek olan müdahale çalışmalarının önceden planlı olması ve yapılan müdahaleler sonucunda can ve mal kaybının en azda tutulması istenmektedir. Bu bağlamda hangi afet iline hangi AFAD arama kurtarma ekiplerinin sevk edilmesi sorusuna yanıt aranmaktadır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Ele alınan bu çalışma AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan Aydın İl Afet ve Risk Planlaması'nda bulunan deprem senaryosu ve çıktıları kullanılarak devam ettirilmiştir.

Çalışmada ele alınan problemin çözümünde hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan bu yöntemde amaç fonksiyonunda birden fazla amaç hedeflenmektedir. Bu hususta tek amaçlı olan doğrusal programlamadan farklıdır. Amaç fonksiyonunda negatif sapma değişkenleri ( $d_i^-$ ) ve pozitif sapma değişkenleri ( $d_i^+$ ) bulunmaktadır. Negatif değer alamayan bu karar değişkenlerinin çarpımı sifira eşit olmaktadır. Değişkenlerden bir tanesi sifirdan büyük iken, diğer değişken sifira eşittir. Sapma değişkenleri negatif değer alamazlar ve amaç fonksiyonundaki negatif ve pozitif sapma değişkenleri en küçüklenmeye çalışılır. Hedef programlama yönteminin formülasyonu Denklem (1)-(3) aralığında verilmiştir [13].

$x_j$ : *j. karar değişkeni*

$a$ : *karar değişkeni katsayı parametresi*

$r$ : *hedef kısıtı sağ taraf değer parametresi*

$d_i^+$ : *i. hedefin pozitif sapma değeri*

$d_i^-$ : *i. hedefin negatif sapma değeri*

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n (d_i^+ + d_i^-) \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^m a * x_j - d_i^+ + d_i^- = r \quad (2)$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad \forall_{i,j} \quad (3)$$

Denklem (1) modelin amaç fonksiyonudur. Denklem (2) modelin hedef kısıtıdır ve  $r$  hedeflenen sağ taraf değeridir. Denklem (3) modeldeki karar değişkenlerinin işaret kısıtlarıdır.

## III. BULGULAR

Bu çalışmada üzerinde diri fayların bulunduğu alüvyon zemin üzerine kurulmuş Aydın ili ele alınmıştır. Olası bir Aydın depremi sonucunda kayıpların en azda tutulması istenmektedir. Dolayısıyla AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından oluşturulan deprem senaryosunun çıktıları kullanılarak çalışma yürütülmüştür.

### A. Problemin Tanımlanması

Merkez üssü Aydın ilinin Efeler ilçesinde meydana gelecek 7.0 büyüklüğünde bir deprem senaryosu ele alınmıştır. Bu depremde yıkımın meydana geldiği ilçelere sevk edilecek olan arama kurtarma ekiplerinin çizelgelemesi problemi ele alınmıştır. Hedef programlama yöntemi ile matematiksel model oluşturulmuştur.

### B. Verilerin Toplanması

Meydana gelecek bu depremden etkilenen Aydın ilinin 16 ilçesinde can kayıpları yaşanmakta ve binalarda hasar meydana gelmektedir. Depremden etkilenen 13 ilçede yıkık binalar bulunmaktadır. Bu çalışmanın devamında dikkate alınan yıkımın meydana geldiği ilçeler ve ilçelere göre yıkık bina sayılarına ait veriler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Veriler

İlçeler	Yıkık Bina Sayısı
Efeler	20219
İncirliova	7046
Germencik	2906
Köşk	2089
Söke	206
Koçarlı	338
Nazilli	139
Sultanhisar	196
Çine	103
Kuşadası	56
Yenipazar	150
Bozdoğan	4

### C. Ekiplerin Belirlenmesi

Çöken bina enkazı veya herhangi bir alanda arama kurtarma çalışmaları yürüterek afetzedeleri kurtarmayı ve kayıpları en aza indirmeyi amaçlayan arama kurtarma ekipleri zorlu bir görev üstlenmektedirler. Meydana gelen yıkımlar sonucunda ilçelere sevk edilen arama kurtarma ekiplerinin sayısı yıkık bina sayılarına belirli bir oranla belirlenmiştir. Mevcut ekip sayısı 340 olarak belirlenmiştir.

### D. Matematiksel Modelin Kurulması

#### Parametreler

$n$  = ekip sayısı

$m$  = bölge sayısı

$i$  = ekip indeks  $i = 1, 2, \dots, n$

$j$  = ilçe indeks  $j = 1, 2, \dots, m$

#### Karar değişkenleri

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ ekip } j. \text{ ilçeye atanırsa} \\ 0, & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad \forall i, j$$

$d_{i1}^+$  = i. ekibin 1. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i1}^-$  = i. ekibin 1. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i2}^+$  = i. ekibin 2. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i2}^-$  = i. ekibin 2. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i3}^+$  = i. ekibin 3. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i3}^-$  = i. ekibin 3. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i4}^+$  = i. ekibin 4. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i4}^-$  = i. ekibin 4. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i5}^+$  = i. ekibin 5. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i5}^-$  = i. ekibin 5. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i6}^+$  = i. ekibin 6. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i6}^-$  = i. ekibin 6. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i7}^+$  = i. ekibin 7. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i7}^-$  = i. ekibin 7. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i8}^+$  = i. ekibin 8. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i8}^-$  = i. ekibin 8. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i9}^+$  = i. ekibin 9. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i9}^-$  = i. ekibin 9. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i10}^+$  = i. ekibin 10. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i10}^-$  = i. ekibin 10. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i11}^+$  = i. ekibin 11. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i11}^-$  = i. ekibin 11. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i12}^+$  = i. ekibin 12. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i12}^-$  = i. ekibin 12. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i13}^+$  = i. ekibin 13. hedeften pozitif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

$d_{i13}^-$  = i. ekibin 13. hedeften negatif sapma miktarı ( $i=1,2,\dots, 340$ )

#### Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1 \quad \forall j \quad (1)$$

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

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i1}^+ + d_{i1}^- = 203 \quad j = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i2}^+ + d_{i2}^- = 71 \quad j = 2 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i3}^+ + d_{i3}^- = 30 \quad j = 3 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i4}^+ + d_{i4}^- = 21 \quad j = 4 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i5}^+ + d_{i5}^- = 3 \quad j = 5 \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i6}^+ + d_{i6}^- = 4 \quad j = 6 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i7}^+ + d_{i7}^- = 2 \quad j = 7 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i8}^+ + d_{i8}^- = 2 \quad j = 8 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i9}^+ + d_{i9}^- = 2 \quad j = 9 \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i10}^+ + d_{i10}^- = 1 \quad j = 10 \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i11}^+ + d_{i11}^- = 2 \quad j = 11 \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i12}^+ + d_{i12}^- = 1 \quad j = 12 \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{i13}^+ + d_{i13}^- = 1 \quad j = 13 \quad (15)$$

*Amaç fonksiyonu*

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (d_{i1}^+ + d_{i1}^- + d_{i2}^+ + d_{i2}^- + d_{i3}^+ + d_{i3}^- + d_{i4}^+ + d_{i4}^- + d_{i5}^+ + d_{i5}^- + d_{i6}^+ + d_{i6}^- + d_{i7}^+ + d_{i7}^- + d_{i8}^+ + d_{i8}^- + d_{i9}^+ + d_{i9}^- + d_{i10}^+ + d_{i10}^- + d_{i11}^+ + d_{i11}^- + d_{i12}^+ + d_{i12}^- + d_{i13}^+ + d_{i13}^-) \quad (16)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (17)$$

$$d_{i1}^+, d_{i1}^-, d_{i2}^+, d_{i2}^-, d_{i3}^+, d_{i3}^-, d_{i4}^+, d_{i4}^-, d_{i5}^+, d_{i5}^-, d_{i6}^+, d_{i6}^-, d_{i7}^+, d_{i7}^-, d_{i8}^+, d_{i8}^-, d_{i9}^+, d_{i9}^-, d_{i10}^+, d_{i10}^-, d_{i11}^+, d_{i11}^-, d_{i12}^+, d_{i12}^-, d_{i13}^+, d_{i13}^- \geq 0 \quad \forall_i \quad (18)$$

Denklem (1) her ilçeye en az bir ekip atanmasını ve Denklem (2) her ekibin en fazla bir ilçeye atanmasını sağlamaktadır. Denklem (3)-(15) problemin hedef kısıtlarıdır. Denklem (3) Efeler ilçesine 203 ekibin atanmasıdır. Denklem (4) İncirliova ilçesine 71 ekibin atanmasıdır. Denklem (5) Germencik ilçesine 30 ekibin atanmasıdır. Denklem (6) Köşk ilçesine 21 ekibin atanmasıdır. Denklem (7) Söke ilçesine 3 ekibin atanmasıdır. Denklem (8) Koçarlı ilçesine 4 ekibin atanmasıdır. Denklem (9) Nazilli ilçesine 2 ekibin atanmasıdır. Denklem (10) Sultanhisar ilçesine 2 ekibin atanmasıdır. Denklem (11) Çine ilçesine 2 ekibin atanmasıdır. Denklem (12) Kuşadası ilçesine 1 ekibin atanmasıdır. Denklem (13) Yenipazar ilçesine 2 ekibin atanmasıdır. Denklem (14) Bozdoğan ilçesine 1 ekibin atanmasıdır. Denklem (15) Karpuzlu ilçesine 1 ekibin atanmasıdır. Denklem (16) problemin amaç fonksiyonudur. Denklem (17)-(18) problemdeki karar değişkenlerinin işaret kısıtlarıdır.

### E. Çözüm Sonuçları

Oluşturulan matematiksel modelin IBM ILOG optimizasyon programının CPLEX çözücüsü ile çözdürülmesi sonucunda elde edilen çözüm sonuçları Tablo 3'te görüldüğü gibidir. İlçelere atanan arama kurtarma ekip sayısının toplamı ve ilçelere atanan ekipler numaralarıyla birlikte verilmiştir.

Tablo 3. Çözüm Sonuçları

İlçeler	Atanan Ekip Sayısı	Atanan Ekip Numaraları
Efeler	203	1-9, 11-32, 34-41, 43-61, 63-71, 73-190, 192-200, 202-211
İncirliova	71	10, 212-244, 246-251, 253-260, 262-284
Germencik	30	252, 285-301, 303-314
Köşk	21	33, 315-334
Söke	3	245, 335, 336
Koçarlı	4	201, 337-339
Nazilli	2	64, 340
Sultanhisar	1	72
Çine	1	42
Kuşadası	1	261
Yenipazar	1	62
Bozdoğan	1	302
Karpuzlu	1	191

Çözüm sonuçlarına bakıldığında mevcut 340 arama kurtarma ekibinin çizelgesi oluşturulmuştur. Efeler ilçesine 203, İncirliova ilçesine 71, Germencik ilçesine 30, Köşk ilçesine 21, Söke ilçesine 3, Koçarlı ilçesine 4, Nazilli ilçesine 2, Sultanhisar-Çine-Kuşadası-Yenipazar-Bozdoğan-Karpuzlu ilçelerine ise 1 ekibin atanması gerçekleştirilmiştir. İstenilen 13 hedef kısıtından 3 tanesinin sağlanmadığı görülmüştür. Bu da yıkımın az olduğu Sultanhisar, Çine ve Yenipazar ilçeleridir.

### IV. TARTIŞMA

Bu çalışmadan elde edilen bulgular arama kurtarma ekiplerinin afet bölgelerine atanması konusunda büyük önem taşımaktadır. Hangi ekibin

hangi afet bölgesine gideceğinin önceden planlı olması müdahale aşamasının başlamasını hızlandıracaktır. Literatürde arama kurtarma ekiplerinin atanması ve çizelgelenmesi konusunda birçok çalışma farklı yöntemler ile ele alınmıştır. Ancak Aydın ilinde olası bir deprem için herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan bu çalışmanın bu noktada literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## V. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Aydın ilinin Efeler ilçesinde meydana gelecek 7.0 büyüklüğünde bir deprem senaryosu ele alınmıştır. Yıkımın meydana geleceği 13 afet ilçesi vardır. AFAD arama kurtarma ekiplerinin bu ilçelere çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır. Modelin çözümünde hedef programlama yönteminden yararlanılmıştır. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından bir analiz programı ile oluşturulan bu senaryonun istatistikî çıktıları kullanılarak uygulama sürdürülmüştür. Elde edilen çözüm sonuçlarına göre, mevcut 340 arama kurtarma ekibinin tamamının ilçelere atanması gerçekleştirilmiştir. Efeler ilçesine 203, İncirliova ilçesine 71, Germencik ilçesine 30, Köşk ilçesine 21, Söke ilçesine 3, Koçarlı ilçesine 4, Nazilli ilçesine 2, Sultanhisar-Çine-Kuşadası-Yenipazar-Bozdoğan-Karpuzlu ilçelerine ise 1 ekip atanmıştır. Modelde oluşturulan hedef kısıtlarından hepsi sağlanmasa da yıkımın en fazla olduğu ilçeler için istenilen sayıda ekiplerin atanması gerçekleşmiştir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmaya katkı sağlayan Adana AFAD Arama Kurtarma Tekisyeni Hikmet Eroğlu'na teşekkürü borç bilirim. Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmektedir. Proje numarası 2023/010.

## KAYNAKLAR

- [1] *Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü*. (son). Deprem Nedir?. Boğaziçi Üniversitesi. Erişim Tarihi: 15 Mart 2023, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/depremedir/index.htm#KONU1> adresinden alınmıştır.
- [2] Erkal, T. ve Değerliyurt, M. (2009). Türkiye'de Afet Yönetimi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 147-164.
- [3] Li, B., Xu, Z. ve Zhang, Y. (2021). Two-stage multi-sided matching dispatching models based on improved BPR function with probabilistic linguistic term

- sets. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 12, 151-169.
- [4] Fei, L., Wang, Y. (2022). An optimization model for rescuer assignments under an uncertain environment by using Dempster-Shafer theory. *Knowledge-Based Systems*, 255, 109680.
- [5] <https://www.insarag.org/methodology/insarag-guidelines/> adresinden alınmıştır. (Erişim Tarihi: 18.03.2023)
- [6] Fiedrich, F., Gehbauer, F. ve Rickers, U. (2000). Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disasters. *Safety Science*, 35, 41-57.
- [7] Wex, F., Schryen, G. ve Neumann, D. (2013). Decision Modeling for Assignments of Collaborative Rescue Units during Emergency Response. In *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE*, 166-175.
- [8] Cunha, V., Pessoa, L., Vellasco, M., Tanscheit R. ve Pacheco, M.A. (2018). A Biased Random-Key Genetic Algorithm for the Rescue Unit Allocation and Scheduling Problem. *IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, 1-6.
- [9] Santoso, A., Sutanto, R. A. P., Prayogo, D. N. ve Parung, J. (2019). Development of fuzzy RUASP model-Grasp metaheuristics with time window: Case study of Mount Semeru eruption in East Java. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 235(1), 012081.
- [10] Tirkolae, E.B., Aydın S.N., Ranjbar-Bourani, M. ve Weber, G.W. (2020). A Robust Bi-Objective Mathematical Model For Disaster Rescue Units Allocation And Scheduling With Learning Effect. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106790.
- [11] Danişan T. ve Eren T. (2022). *Afetlere Etkin Müdahale İçin Ekiplerin Çizelgelenmesinde Matematiksel Modellemenin Kullanılması*. 3rd International Disaster Management Congress, 9 Haziran 2022, Tokat, Türkiye kongresinde sunulmuştur.
- [12] Nayeri, S., Sazvar, Z. ve Heydari, J. (2022). A fuzzy robust planning model in the disaster management response phase under precedence constraints. *Operational Research*, 22, 3571-3605.
- [13] Taha A. H. (2000). *Yöneylem Araştırması*. İstanbul/Türkiye, Literatür Yayıncılık.
- [14] Özcan, E.C., Varlı, E. ve Eren, T. (2017). Hidroelektrik santrallerde vardiya çizelgeleme problemleri için hedef programlama yaklaşımı. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 363-370.
- [15] Bedir, N., Eren, T. ve Dizdar, E.N. (2017). Ergonomik personel çizelgeleme ve perakende sektöründe bir uygulama. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 657-674.
- [16] Eren, T. ve Güner, E. (2002). Tek ve Paralel Makinalı Problemlerde Çok Ölçütlü Çizelgeleme Problemleri İçin Bir Literatür Taraması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(4).
- [17] Eren, T. ve Güner, E. (2004). Çok Ölçütlü Akış Tipi Çizelgeleme Problemleri İçin Bir Literatür Taraması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 19-30.

- [18] Varlı, E. ve Eren, T. (2017a). Vardiya Çizelgeleme Problemi ve Bir Örnek Uygulama. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2), 185-197.
- [19] Eren, T., Şahiner, M., Aktürk, M. S., Bedir, N. ve Ünlüsoy, S. (2017). Hemşire çizelgeleme için model önerisi: örnek uygulama. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 62-77.
- [20] Varlı, E. ve Eren, T. (2017b). Hemşire Çizelgeleme Problemi ve Hastanede Bir Uygulama. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 5(1), 34-40.
- [21] Varlı, E., Ergişi, B. ve Eren, T. (2017). Özel Kısıtlı Hemşire Çizelgeleme Problemi: Hedef Programlama Yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (49), 189-206.
- [22] Cürebal, A., Koçtepe, S. ve Eren, T. (2020). Organizasyon firması için COVID-19 pandemi döneminde aylık personel atama ve çizelgeleme probleminin çözümü: bir uygulama. *Journal of Turkish Operations Management*, 4(2), 479-493.
- [23] Koçtepe, S., Bedir, N., Eren, T. ve Gür, Ş. (2018). Organizasyon görevlileri için personel çizelgeleme probleminin 0-1 tam sayılı programlama ile çözümü. *Ekonomi İşletme ve Yönetim Dergisi*, 2(1), 25-46.
- [24] Aksüt, G., Alakaş, H. M., Eren, T. ve Karaçam, H. (2023). Fiziksel ergonomik riskli personel çizelgeleme problemi için model önerisi: Kadın çalışanlar için tekstil sektöründe bir uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(1), 245-256.
- [25] Özder, E.H., Özcan, E. ve Eren, T. (2020). Personel çizelgeleme problemleri için sistematik bir literatür taraması. *Uluslararası Bilgi Teknolojisi ve Karar Verme Dergisi*, 19(06), 1695-1735.
- [26] Gür, Ş., Hamurcu, M. ve Eren, T. (2016). Using analytic network process and goal programming methods for project selection in the public institution. *Les Cahiers du MECAS*, 13, 36-51.
- [27] Gür, Ş., Hamurcu, M. ve Eren, T. (2017). Selecting of Monorail projects with analytic hierarchy process and 0-1 goal programming methods in Ankara. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(4), 437-443.
- [28] Gür, Ş., Eren, T. ve Alakaş, H. M. (2019). Surgical operation scheduling with goal programming and constraint programming: A case study. *Mathematics*, 7(3), 251.
- [29] Özder, E. H., Özcan, E. ve Eren, T. (2019a). Staff task-based shift scheduling solution with an ANP and goal programming method in a natural gas combined cycle power plant. *Mathematics*, 7(2), 192.
- [30] Özder, E. H., Özcan, E. ve Eren, T. (2019b). Sustainable personnel scheduling problem optimization in a natural gas combined-cycle power plant. *Processes*, 7(10), 702.
- [31] Gür, Ş., Pınarbaşı, M., Alakaş, H. M. ve Eren, T. (2022). Operating room scheduling with surgical team: a new approach with constraint programming and goal programming. *Central European Journal of Operations Research*, 1-25.
- [32] Özcan, E., Özder, E.H. ve Eren, T. (2018). The security staff scheduling problem with goal programming approach. *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 21(1), 85-88.
- [33] Varlı, E., Alakaş, H. M., Eren, T. ve Özder, E. H. (2017). Goal Programming Solution of the Examiner Assignment Problem. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1(2), 105-118.
- [34] Akdaş, E., ve Eren, T. (2023). Arama Kurtarma ve Psikososyal Destek Ekiplerinin Afet Illerine Atanması ve Çizelgelenmesi: Erzincan Depremi Örneği. *ICDASS 2023*, 7 Temmuz 2023, Erzurum.