



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFET YÖNETİMİNDE ARAMA-KURTARMA VE
PSİKOSOSYAL DESTEK EKİPLERİNİN ATANMASI**

**ELİF AKDAŞ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Tamer EREN**

KIRIKKALE-2023



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFET YÖNETİMİNDE ARAMA-KURTARMA VE
PSİKOSOSYAL DESTEK EKİPLERİNİN ATANMASI**

**ELİF AKDAŞ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Tamer EREN**

KIRIKKALE-2023

Elif AKDAŞ tarafından hazırlanan “AFET YÖNETİMİNDE ARAMA-KURTARMA VE PSİKOSOSYAL DESTEK EKİPLERİNİN ATANMASI” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Tamer EREN

İmza

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Doç. Dr. Akın Özdemir

İmza

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. Mehmet Pınarbaşı

İmza

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 28/07/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Elif Akdaş

28/07/2023

ÖZET

AFET YÖNETİMİNDE ARAMA-KURTARMA VE PSİKOSOSYAL DESTEK EKİPLERİNİN ATANMASI

Kırıkkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Tamer Eren
2023, 85 Sayfa

İnsan yaşamını ve doğayı olumsuz yönde etkileyen afetler büyük ölçekte etkiye sahiptir. Afetlerin önlenemez olduğu aşıkardır ancak afetin doğuracağı olumsuz etkileri azaltmak için çalışmalar yapılmalıdır. Afetlerin belirsiz olması, zaman baskısı, alt yapının kesintiye uğraması, kaynak kıtlığı ve kaos durumlarında bilgi akışını zamanında gerçekleştirmek ile başa çıkmak oldukça zordur. Afetlerin neden olacağı kayıp ve zararların azaltılması için etkili bir şekilde işleyen yönetim sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Afet yönetimi zarar ve risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarından oluşmaktadır. Koordineli çalışma gerektiren bu yönetim sistemi çeşitli ve çok büyük zorlukları ortaya çıkarmaktadır. Dağınık ve çoklu afet bölgelerinde yürütülen ilk müdahale çalışmaları afet bölgelerine sevk edilecek ekipler tarafından yürütülmektedir. Bu bağlamda arama kurtarma ve psikososyal destek (PSS) ekiplerini zorlu görevler beklemektedir. Ekiplerin afet öncesi oluşturulması ve bu ekiplerin afet ve acil durum karar vericileri tarafından afet bölgelerine atama ve çizelgesinin oluşturulması önemli bir araştırma konusudur. Afet durumlarına etkin müdahale için ekiplerin afet bölgelerine en kısa sürede gönderilmesi gerekmektedir. Bu sayede müdahale aşamasında yaşanacak aksaklıklar ortadan kaldırılacak kayıp ve zararlar en aza indirilecektir.

Bu tez çalışmasında, afet ve acil durumlara ilişkin yetkili kurum olan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve Türk Kızılayı çalışanlarından edinilen bilgiler doğrultusunda altı uygulama yapılmıştır. İlk uygulamada arama kurtarma personellerin ekiplere ataması ele alınmıştır. İkinci uygulamada olası Bingöl depreminde yıkımın olduğu afet bölgelerine AFAD arama kurtarma ekiplerinin (AKE) atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Üçüncü uygulamada Elazığ ili Palu segmentinde olası bir deprem sonucu yıkımın olduğu afet bölgelerine AFAD arama kurtarma ekiplerini atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Dördüncü uygulamada Bingöl'de farklı büyüklüklerde meydana gelebilecek iki deprem senaryosu doğrultusunda afetten etkilenen bölgelere Türk Kızılayı psikososyal destek ekiplerini atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Beşinci uygulamada olası Erzincan depreminden etkilenen afet bölgelerine AFAD arama kurtarma ve Türk Kızılayı psikososyal destek ekiplerini atama ve çizelgeleme problemleri ele alınmıştır. Altıncı uygulamada Aydın ilinin Efeler ilçesinde meydana gelecek bir depremde afet bölgelerine arama kurtarma ekiplerini atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Bu uygulamalarda hedef programlama yöntemi ile matematiksel modeller oluşturulmuştur ve bu modellerin çözümü için IBM ILOG optimizasyon programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Afet yönetimi, ekip atama, arama kurtarma ekipleri, psikososyal destek, hedef programlama

ABSTRACT

ASSIGNMENT OF SEARCH, RESCUE AND PSYCHOSOCIAL SUPPORT TEAMS IN DISASTER MANAGEMENT

Kırıkkale University
Graduate of School Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering, Master Science Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Tamer Eren
2023, 85 Pages

Disasters that negatively affect human life and nature have a large-scale impact. It is obvious that disasters are unavoidable, but studies should be carried out to reduce the negative effects of disasters. It is very difficult to deal with timely information flow in the presence of uncertainties, time pressure, disruption of infrastructure, scarcity of resources and chaos. An effective management system is needed to reduce losses and damages caused by disasters. Disaster management consists of damage and risk reduction, preparedness, response and recovery phases. This management system, which requires coordinated work, poses various and enormous challenges. The first response works carried out in scattered and multiple disaster areas are carried out by the teams to be sent to the disaster areas. In this context, challenging tasks await search and rescue and psychosocial support teams. The pre-disaster formation of teams and the assignment and schedule of these teams to disaster areas by disaster and emergency decision makers is an important research topic. For effective response to disaster situations, teams should be sent to disaster areas as soon as possible. In this way, disruptions to be experienced during the intervention phase will be eliminated and losses and damages will be minimized.

In this thesis, six applications are made in line with the information obtained from the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), the authorized institution for disasters and emergencies, and the Turkish Red Crescent. In the first application, the assignment of search and rescue personnel to the teams is studied. In the second application, the assignment and scheduling problem of AFAD search and rescue teams to the disaster areas where destruction occurred in the possible Bingöl earthquake is studied. In the third application, the problem of assigning and scheduling AFAD search and rescue teams to disaster areas where there is destruction as a result of a possible earthquake in the Palu segment of Elazığ province is studied. In the fourth application, the problem of assigning and scheduling The Turkish Red Crescent psychosocial support teams to the disaster-affected regions in line with two earthquake scenarios that may occur in Bingöl of different magnitudes is studied. In the fifth application, the problems of assigning and scheduling AFAD search and rescue and The Turkish Red Crescent psychosocial support teams to the disaster areas affected by the possible Erzincan earthquake is studied. In the sixth application, the problem of assigning and scheduling search and rescue teams to disaster areas in an earthquake that will occur in the Efeler district of Aydın province is studied. In these applications, mathematical models are created with the goal programming method and the IBM ILOG optimization program is used to solve these models.

Key Words: Disaster management, team assignment, search and rescue teams, psychosocial support, goal programming

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi sürecinde bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, yardımlarını esirgemeyen, yapıcı eleştirileri ile çalışmalarına yön veren, motive eden değerli tez danışman hocam Prof. Dr. Tamer Eren'e, Doç. Dr. Mehmet Pınarbaşı'na ve Doç. Dr. Akın Özdemir'e,

Hayatım boyunca maddi ve manevi olarak yanımda olup benim için en iyisini isteyen aileme, bu yolda beni destekleyen arkadaşlarıma,

Uygulama aşamasında gerekli bilgileri benimle paylaşan Adana AFAD Arama Kurtarma Teknisyeni Hikmet Eroğlu'na ve Türk Kızılayı psikososyal destek ekiplerinden Tuğba Sarıtaş'a,

Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. AFET YÖNETİMİNDE EKİP ATAMA	6
2.1. Afet ve Afet Yönetimi	6
2.2. Afet Yönetiminde Arama Kurtarma Ekiplerinin Atanması.....	8
2.3. Afet Yönetiminde Psikososyal Destek Ekiplerinin Atanması.....	11
3. HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMİ	13
3.1. Hedef Programlama Yönteminin Formülasyonu.....	13
3.2. Hedef Programlama Yönteminin Çeşitleri	15
3.3. Hedef Programlama Yönteminin Uygulama Alanları.....	16
4. LİTERATÜR TARAMASI	17
4.1. Ekip Çizelgeleme	17
4.2. Arama Kurtarma Ekiplerini Atama ve Çizelgeleme	19
5. UYGULAMA	27
5.1. Uygulama 1: Orta ve Ağır Sınıf Arama Kurtarma Ekipleri Oluşturma.....	28
5.1.1. Problemin Tanımlanması	29
5.1.2. Verilerin Toplanması	29
5.1.3. Matematiksel Model	30
5.1.4. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	34
5.2. Uygulama 2: Olası Bingöl Depreminde Arama Kurtarma Ekiplerini Afet Bölgelerine Atama	36

5.2.1. Problemin Tanımlanması.....	37
5.2.2. Verilerin Toplanması.....	37
5.2.3. Depremden Etkilenecek Bölgelerin Belirlenmesi	38
5.2.4. Arama Kurtarma Ekiplerinin Belirlenmesi	39
5.2.5. Matematiksel Modelin Kurulması	40
5.2.6. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	42
5.2.7. Matematiksel Modelin Geliştirilmesi	44
5.3. Uygulama 3: Elazığ Depreminde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgesi	47
5.3.1. Problemin Tanımlanması	48
5.3.2. Verilerin Toplanması	48
5.3.3. Afet Bölgelerinin Belirlenmesi	49
5.3.4. Arama Kurtarma Ekiplerinin Belirlenmesi	49
5.3.5. Matematiksel Modelin Kurulması.....	50
5.3.6. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	51
5.4. Uygulama 4: Bingöl Depreminde Psikososyal Destek Ekiplerinin Çizelgesi.....	53
5.4.1. Problemin Tanımlanması	53
5.4.2. Verilerin Toplanması	54
5.4.3. Afet İllerinin Belirlenmesi	54
5.4.4. Afet İllerine Gönderilecek Ekiplerin Belirlenmesi	55
5.4.5. Matematiksel Model.....	55
5.4.6. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	58
5.5. Uygulama 5: Erzincan Depreminde Arama Kurtarma ve Psikososyal Destek Ekiplerinin Afet İllerine Atama ve Çizelgesi.....	60
5.5.1. Problemin Tanımlanması.....	61
5.5.2. Verilerin Toplanması.....	62
5.5.3. Afet Bölgelerinin Belirlenmesi.....	62
5.5.4. Arama Kurtarma Ekiplerinin Belirlenmesi	63
5.5.5. Psikososyal Destek Ekiplerinin Belirlenmesi.....	63
5.5.6. Problemin Matematiksel Modeli	64
5.5.7. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	65
5.6. Uygulama 6: Aydın Depreminde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgesi.....	68
5.6.1. Problemin Tanımlanması.....	69
5.6.2. Verilerin Toplanması.....	69

5.6.3. Arama Kurtarma Ekiplerinin Belirlenmesi	70
5.6.4. Problemin Matematiksel Modeli	71
5.6.5. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	72
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
6.1. Genişletme Önerileri	77
6.2. Gelecek Çalışma Önerileri	78
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ.....	85



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Ekip çizelgelemede yapılan çalışmalar.....	18
4.2. Arama kurtarma ekiplerini atama ve çizelgelemede yapılan çalışmalar	23
4.3. Afet yönetiminde yapılan çalışmalar	25
5.1. Uygulama özeti	28
5.2. Arama kurtarma personelleri	29
5.3. Orta ve ağır sınıf arama kurtarma ekiplerine personel çizelgeleme	35
5.4. Bölgelere göre yıkık bina ve ekip sayısı.....	40
5.5. Girdiler ve değerleri.....	42
5.6. Yeni çözüm sonuçları 1	46
5.7. Yeni çözüm sonuçları 2	46
5.8. Yeni çözüm sonuçları 3	47
5.9. İlçelere göre bina ve ekip sayısı.....	50
5.10. Senaryo 1 çözüm sonuçları	59
5.11. Senaryo 2 çözüm sonuçları	60
5.12. İllere ait veriler.....	63
5.13. Çözüm sonuçları	65
5.14. İlçelere göre yıkık bina sayıları	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Afet yönetimi	7
5.1. Uygulama 1 akış şeması	28
5.2. Uygulama 2 akış şeması	36
5.3. Arama kurtarma ekiplerinin atanma diyagramı	37
5.4. Bingöl depremi şiddet dağılım haritası (AFAD, 2021a)	38
5.5. Bingöl depremi yapısal hasar grafiği (AFAD, 2021a)	38
5.6. Bingöl depreminde atanan arama kurtarma ekip sayıları	43
5.7. Uygulama 3 akış şeması	48
5.8. Elazığ depremi şiddet dağılım haritası (AFAD, 2021b).....	49
5.9. Elazığ depreminde atanan arama kurtarma ekip sayıları.....	52
5.10. Uygulama 4 akış şeması	53
5.11. Uygulama 5 akış şeması	61
5.12. Erzincan depremi şiddet haritası (AFAD, 2021c)	62
5.13. Uygulama 6 akış şeması	69
5.14. Aydın depremi şiddet haritası (AFAD, 2021d)	70

KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
AKE	Arama Kurtarma Ekibi
BAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
PSS	Psikososyal Destek



1. GİRİŞ

Afetler, toplumun büyük bir kısmını veya tamamını etkileyerek insan faaliyetlerini kesintiye uğratan olaylardır (Karaman, 2017). Deprem, sel, tsunami, heyelan dahil olmak üzere doğal afetler büyük hasara neden olmaktadır. Bu afetler dünyanın her yerinde sıklıkla meydana gelmekte ve milyarlarca insanın hayatını tehdit etmeye devam etmektedir (Wex vd., 2013; Oktari vd., 2020).

Ülkemizde sıklıkla meydana gelen, büyük kayıplara sebep olan depremler, afet türlerinden biridir. Türkiye Afrika ve Arabistan levhaları ile Avrasya levhaları arasında yer almaktadır. Bu iki levhanın birbirine yaklaşması sonucunda depremler meydana gelmektedir.

Türkiye'nin yaklaşık %90'ı deprem bölgesidir. Türkiye'de 1976 yılından itibaren büyük depremler gerçekleşmiştir. Örneğin, 1939 yılında 7.9 büyüklüğünde Erzincan Depremi, 1976 yılında 7.5 büyüklüğünde Van Muradiye'de Çaldıran Depremi meydana gelmiştir. 1999 yılında birkaç ay arayla büyük kayıplara neden olan 7.4 büyüklüğünde Gölcük depremi ve 7.2 büyüklüğünde Düzce depremi yaşanmıştır. 2003 yılında 6.4 büyüklüğünde Bingöl depremi, 2011 yılında 7.2 büyüklüğünde Van depremi, 2020 yılında 6.8 büyüklüğünde Elazığ depremi, 2020 yılında 6.6 büyüklüğünde İzmir Seferihisar depremi olmuştur. Bu büyük depremler birçok kayıp ve zararı beraberinde getirmiştir. En yakın zamanda tanıklık ettiğimiz ve 11 ilin etkilendiği 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri aynı gün içerisinde 7.7 ve 7.6 büyüklüğünde meydana gelerek çok fazla yıkıma ve on binlerce kayba neden olmuştur. Aynı ay içerisinde meydana gelen bir deprem de Kahramanmaraş depreminde önemli ölçüde etkilenen Hatay'da gerçekleşmiştir.

Afetler karşısında çözüm yolları aramak, çeşitli planlar hazırlamak ve bu planları uygulamaya koymak afetler karşısında yapılabilecek tek yoldur. Bu da afetlerin toplum üzerindeki etkilerini en aza indirecektir (Erkal ve Değerliyurt, 2009). Afetlerin olumsuz etkilerini en aza indirecek etkili bir yönetim sistemine ihtiyaç vardır. Afetlerin önlenmesi, zararlarının azaltılması, afet sonucu meydana gelen

olaylara zamanında ve etkili bir şekilde müdahale edilmesi, etkilenen toplum için güvenli bir yaşam alanının oluşturulması, toplumca yapılması gereken mücadele afet yönetiminin konusudur. Afet yönetimi belirgin bir şekilde sona ermeyen, sürekli olarak devam eden ve zamanla tekrar tekrar yenilenen bir süreçtir.

Herhangi bir afet esnasında olaylara zamanında ve etkili olarak müdahale edilmesi için uygulanacak işler planlanmaktadır (Işık vd., 2012). Zarar görebilirlik seviyesi yüksek olduğundan dolayı tedbir almak gerekmektedir. Beklenmedik bir anda ortaya çıkan afetlerde büyük ölçekli etki, büyük hasar, kaynak kıtlığı, belirsizlik, zaman baskısı, alt yapının kesintiye uğraması ve kaos varlığında zamanında bilgi akışı ile başa çıkmak gerekmektedir (Chen vd., 2008). Afet yönetiminin en önemli aşaması olan müdahale aşaması afetin meydana gelmesi ile birlikte başlayan bir süreçtir. Bu süreçte arama kurtarma çalışmaları, tahliye etme, ilk yardım ve ardından en yakın hastaneye sevk etme, geçici barınma yerleri oluşturma, güvenliği sağlama, psikolojik ve sosyal destek hizmetleri gerçekleştirilmektedir. Arama kurtarma çalışmaları tamamen bittikten sonra iyileştirme aşaması başlamaktadır. Bu aşama bozulan yaşamı normale döndürme ve yeniden yapılanmayı kapsamaktadır (Işık vd., 2012). Belirli sisteme ve stratejiye dayalı olarak yapılacak olan planlamalar etkili hedefleri de ardından getirmektedir.

Afet durumunda farklı görevleri olan çok sayıda afet ve acil durum ekipleri bulunmaktadır. Afet yönetiminin müdahale aşamasında önemli görevler üstlenmekte olan arama kurtarma ve psikososyal destek (PSS) personellerinden oluşturulan ekipler, koordineli ve aşamalı olarak müdahalelerini sürdürmektedir (Wex vd., 2013).

Öncelikle arama kurtarma ekiplerinin (AKE) çalışmalarına dönük literatür incelendiğinde; bu ekipler operasyonları boyunca afetzedeleri arama, bulma, kurtarma ve gerekli ilk müdahaleyi yapma konusunda kritik görevlere sahiplerdir (Shiri vd., 2020). Afet olaylarında kurtarma operasyonlarının verimliliğini arttırmak amacıyla arama kurtarma ekiplerini oluşturan personellerin görevlerine karar verilmesi ve afetin meydana geldiği bölgelere müdahale için ekiplerin gönderilmesi gerekmektedir (Hamp vd., 2013).

Normalleşme faaliyetleri yürüten psikososyal destek ekipleri ise etkilenen toplumu afetin olumsuz etkilerinden arındırmak, acılarını dindirmek, eski alışkanlıklarına döndürmek (Gray vd., 2021) ve hissedilen karmaşık duyguların üstesinden

gelebilmek için hizmet vermektedir. Değişen koşulların düzeltilmesi ve sosyal huzurun yeniden sağlanmasına katkıda bulunmak için yapılan psikososyal çalışmalar, müdahale aşamasında yapılan ilk müdahale çalışmalarından bir diğeridir. Afet bölgelerine ulaşan acil yardım ekipleriyle birlikte psikososyal destek çalışmalarının altyapı ve planlamaları da başlamaktadır. Psikososyal destek hizmetleri vermek amacıyla kurulmuş toplum merkezlerinde tedavi edici, koruyucu, geliştirici ve önleyici aktiviteler gerçekleştirilmektedir (Aydın, 2012).

Çizelgeleme üretim ve hizmet sistemlerinde karar vermede etkili bir araçtır. Görevlerin sırasını kontrol eden mekanizma çizelgeleme olarak tanımlanabilmektedir (Pinedo, 2005; Gür ve Eren, 2018). Sistemin yükünü dengelemek ve mevcut kaynakların eşit bir şekilde dağılımını sağlamak için belirlenen hedef ve kısıtlara göre çizelgeleme çalışmaları yapılmaktadır. İşleri sınırlı kaynaklara dağıtmak için matematiksel veya sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Kaynakların dengeli dağılımı, işletmelerin hedeflerini optimize etmesini ve hedeflerine ulaşmasını sağlamaktadır. Hizmet sistemlerinde çizelgeleme problemleri çok çeşitlilik göstermektedir. Örneğin insan gücü çizelgeleme, personel çizelgeleme, hemşire çizelgeleme, vardiya çizelgeleme, rezervasyon çizelgeleme, ulaşım sistemleri çizelgeleme gibi farklı alanlarda uygulanmaktadır (Gür ve Eren, 2018). Çizelgeleme problem türlerinden biri olan personel çizelgeleme problemi savunma, lojistik, sağlık gibi alanlarda sıklıkla karşılaşılan önemli bir problem türüdür. Personel çizelgeleme problemlerindeki asıl amaç, personellerin gerekli yerlere eşit ve adil bir şekilde dağıtılmasını sağlayarak daha kaliteli hizmet verilmesini ve personellerin daha eşit koşullarda çalışmasını sağlamaktadır. Ayrıca personel çizelgeleme personelin yaptığı işe karşı motivasyonunu ve memnuniyetini arttırmaya yönelik olmasıyla birlikte işletmenin planlı ve sistemli olarak devam etmesini sağlamaktadır (Eren vd., 2017). İşgücü gereksiniminin doğru yer ve zamanda karşılanabilmesi için personeli en uygun yere atamak gerekmektedir (Supçiller ve Erbilek, 2021; Koçak vd., 2022). Ekip çizelgeleme problemi ise görevler kümesine personel gruplarının atanması problemidir. Ekip çizelgeleme problem türü demiryolu, havayolu, karayolu gibi ulaştırma grubu için önemli bir problem türüdür (Üstündağ, 2014).

Afet yönetiminde görev alan personellerden ekiplerin önceden oluşturulması, ekiplerin dağınık ve çoklu afet bölgelerine makul ancak ivedi bir şekilde atama ve çizelgesinin oluşturulması, ekiplerin planlı ilerlemesini sağlamakta ve afetin sebep

olduğu kayıp ve zararları azaltmaktadır. Bu konuda bilimsel yöntemlerin kullanılması ile operasyonel personellerden oluşan doğru sayıda ekiplerin doğru afet bölgelerine atanması ve çizelgelenmesiyle yapılan müdahale hizmetinin kalitesi artmaktadır.

Bu tez çalışmasında afet yönetiminde arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerinin atanması problemi ele alınmıştır. Arama kurtarma personellerinin ekiplere atanması ile yapılan personel çizelgeleme probleminin ardından deprem afetinde arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerini yıkık binaların bulunduğu çoklu afet bölgelerine atama ve çizelgeleme problemleri ele alınmıştır.

Tez çalışması “Giriş” bölümü dahil olmak üzere 6 bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, afet yönetiminde ekip atama problemlerinden bahsedilmiştir. Öncelikle afet ve afet yönetimi anlatılıp ardından afet yönetiminde arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerinin atanma ve çizelgelenme problemleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan hedef programlama yöntemi anlatılıp uygulama alanlarından bahsedilmiştir ve bu yöntemin matematiksel model formülasyonuna yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, ekip çizelgeleme problemlerine, arama kurtarma ekiplerini atama ve çizelgeleme problemlerine ve afet yönetimi konusunda yapılan diğer çalışmalara yer verilmiştir. Ayrıca bu tez kapsamında yapılan uygulamaların literatüre katkılarından bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde, bu tez çalışmasında yapılan altı uygulamadan bahsedilmiş ve uygulamalardan elde edilen çözüm sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan uygulamalar sırasıyla şu şekildedir; ilk uygulamada afet ve acil durum yönetiminde arama kurtarma ekiplerinin oluşturulması problemi ele alınmıştır. Uygulamada 200 donanımlı personel ve 5 arama kurtarma bileşeni bulunmaktadır. Farklı meslek gruplarında yer alan personelleri bir araya getirerek, minimum kadro sayısına göre 1 orta sınıf ve 2 ağır sınıf arama kurtarma ekibinin oluşturulma problemi ele alınmıştır. İkinci uygulamada olası Bingöl depreminde afetten etkilenen bölgelere arama kurtarma ekiplerinin atanması problemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yedisu segmentinde 7.2 büyüklüğünde bir deprem olması durumunda 320 AFAD arama kurtarma ekibinin yıkımın olduğu 8 afet bölgesine atanması ve çizelgelenmesi

problemi ele alınmıştır. Bu uygulamada ayrıca matematiksel model geliştirilip ağırlıklı hedef programlama yöntemi ile farklı çözüm sonuçları bulunmuştur. Üçüncü uygulamada Elazığ ili Palu segmentinde 7.3 büyüklüğünde olası bir deprem sonucu yıkımın meydana geldiği Elazığ'ın 8 ilçesine 380 AFAD arama kurtarma ekibinin atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Dördüncü uygulamada Bingöl'de meydana gelebilecek iki deprem senaryosuna göre afetten etkilenen illere Türk Kızılayı bünyesinde toplum merkezlerinde çalışan 20 psikososyal destek ekibinin atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Beşinci uygulamada 7.8 büyüklüğünde olası Erzincan depreminde yıkımın meydana geldiği afet bölgelerine 270 AFAD arama kurtarma ve 20 Türk Kızılayı psikososyal destek ekibinin atama ve çizelgeleme problemleri ele alınmıştır. Altıncı uygulamada Aydın ilinin Efeler ilçesinde 7.0 büyüklüğünde meydana gelecek bir deprem senaryosunda afet ilçelerine 340 AFAD arama kurtarma ekibini yıkımın meydana geldiği afet bölgelerine çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Matematiksel modeller oluşturulurken hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Modeller IBM ILOG optimizasyon programının Cplex çözücüsü ile çözdürülmüştür. Birinci uygulamada arama kurtarma personellerinin hangi ekiplere atanması gerektiği, diğer beş uygulamada ise hangi afet bölgelerine hangi ekiplerin sevk edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Altıncı bölümde, sonuç ve önerilere yer verilmiştir. Tez çalışmasının sonuçları genel olarak değerlendirilmiştir. Ardından yapılan uygulamalar için genişletme önerilerinde bulunulmuş ve gelecek çalışma önerilerinde bahsedilmiştir.

2. AFET YÖNETİMİNDE EKİP ATAMA

2.1. Afet ve Afet Yönetimi

Afet herhangi bir tehlikeli durumun can, mal, kültürel varlıklar ve ekonomi üzerindeki olumsuz etkileriyle yerel imkanların yetersiz kaldığı durumlardır. Bu durumlar ulusal veya uluslararası yardım gerektirecek şekilde yıkıma ve can kaybına sebep olabilmektedir. Türkiye’de afet konusunda yetkili olan kurum olan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), “Afet bir olayın kendisi değil doğurduğu sonuç olarak kabul edilir” şeklinde afeti tanımlamaktadır.

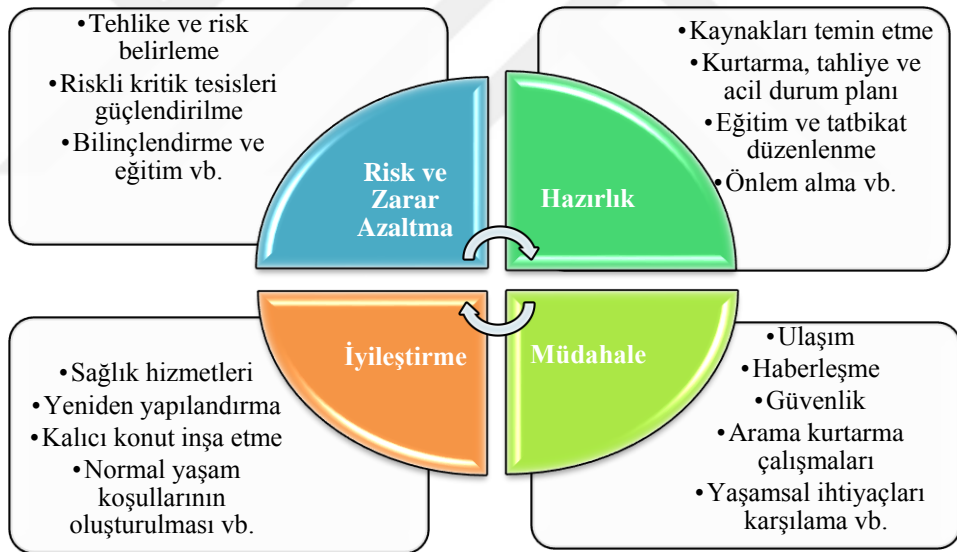
Afetler meydana gelme zamanlarını önceden kestiremediğimiz ve aniden ortaya çıkan acil durumlardır. İnsanlar için ekonomik, fiziksel ve sosyal kayıplara neden olan, normal yaşantıyı ve insan faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyen ve etkilenen toplumun kaynaklarının yetersiz kaldığı doğal kaynaklı, teknolojik veya insan kaynaklı olaylara afet denilmektedir (Karaman, 2016). Doğal kaynaklı afetler yavaş ve ani gelişen afetler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kuraklık, kıtlık vb. afet olayları yavaş gelişmekte ve deprem, sel, yangın gibi afet olayları aniden gelişmektedir. Afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye ve bölgelere göre değişiklik gösterir.

Afetlerin önlenmesi konusunda insanoğlunun yapabilecekleri sınırlıdır. Etkilenen toplumun tek başına afetle mücadele etme kapasitesi yetersiz kalır. Gerekğinde uluslararası yardım çalışmaları yürütülür. Afetlerin etkilerinden kurtulmak ve toplum üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için çeşitli planlar geliştirilir ve uygulanır. Kayıpları en aza indirebilmek için ihtiyaç duyulan afet yönetim sistemi toplumun çevrelerindeki afet olayları hakkında bilinçli olmaları, yaşanması durumunda etkilenmeme veya en az düzeyde etkilenmelerine imkan sunan çalışmalardır (Erkal ve Değerliyurt, 2009).

Afet yönetimi, afet ve acil durumların etkilerini azaltmak amacıyla yapılan çalışmaların tümünü kapsamaktadır. Afet ve acil durumların nedenlerinin önlenmesi için tehlike ve risklerin önceden tespit edilmesi, afetten önce meydana gelebilecek

zararları engelleyecek veya en aza indirecek planlamaların yapılması, etkin müdahale ve koordinasyonun sağlanması ve afet sonrasında iyileştirme çalışmalarının bir bütünlük içerisinde yürütülmesini öngörmektedir (AFAD, 2018).

Afet yönetimi süreci 4 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama olan risk ve zarar azaltma aşamasında tehlike ve riskleri belirleme, afete karşı toplumu bilinçlendirme gibi çalışmalar yapılmaktadır. İkinci aşaması hazırlık aşaması olup bu aşamada afet yönetimi ile ilgili planlamalar hazırlanmakta, eğitim ve tatbikatlar düzenlenmekte, deprem senaryoları oluşturulmaktadır (Özmen vd., 2005). Üçüncü aşama olan müdahale aşamasında ulaşım ve haberleşme araçları kullanılmakta, arama kurtarma çalışmaları başlatılmakta, gıda gibi yaşamsal ihtiyaçlar karşılanmakta ve güvenlik sağlanmaktadır. Dördüncü aşaması iyileştirme aşamasıdır. Bu aşamada, normal yaşam koşulları yeniden oluşturulmaya başlanmakta, yeniden yapılandırma ve kalıcı konut inşasına geçilmektedir. Afet yönetimi aşamaları ve her bir aşamada yapılan çalışmalar Şekil 2.1.'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.1. Afet yönetimi

Türkiye’de afet yönetimi ve koordinasyonu alanında dönüm noktası 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi olmuştur. Büyük can kaybına ve geniş çaplı hasara neden olan bu deprem, Türkiye’de afet yönetimi konusunun tekrar gözden geçirilmesi gerektiğini acı bir şekilde ortaya koymuştur. Eşgüdümün sağlanmasını gerektiren kurumların afetlerle ilgili yetki ve sorumluluklarının yeniden tanımlanma ihtiyacı afet ve acil durumlarda yetki ve koordinasyonun tek bir elde toplanmasını mecburi kılmıştır. Bu doğrultuda afetlerle ilgili olarak görev yapan Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel

Müdürlüğü kapatılarak 2009 yılında Başbakanlık'a bağlı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurularak yetki ve sorumluluklar tek bir çatı altında toplanmıştır. AFAD, 15 Temmuz 2018 tarihinde yayımlanan 4 Numaralı Cumhurbaşkanlığı kararnamesi ile İçişleri Bakanlığına bağlanmıştır.

AFAD, afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afetlere müdahale edilmesi ve afet sonrasındaki iyileştirme çalışmalarının süratle tamamlanması amacıyla gereken faaliyetlerin planlanması, yönlendirilmesi, desteklenmesi, koordine edilmesi ve etkin uygulanması için ülkenin tüm kurum ve kuruluşları arasında işbirliğini sağlayan, esnek ve dinamik yapıda teşkil edilmiş bir kurumdur.

Misyonu "afetlere dirençli toplum oluşturmak" olan AFAD, afetlerin zararlarını ve etkilerini azaltmayı, gerekli önlemler almayı amaçlamaktadır.

2.2. Afet Yönetiminde Arama Kurtarma Ekiplerinin Atanması

Herhangi bir afet durumunun üstesinden gelebilmek için afet yönetiminin her aşamasını ayrı ayrı ele almak gerekmektedir (Tirkolae vd., 2020). Kayıp ve zararları mümkün olduğu kadar azaltmak amacıyla afet yönetimi müdahale aşamasında kurtarma operasyonlarının etkili bir şekilde planlanması ve uygulanması gerekmektedir (Nayeri vd., 2022). Her ülkenin yetkililerinin ve liderlerinin karşı karşıya olduğu önemli konulardan biri de kriz ve afetlerin yönetimidir. Arama kurtarma ekipleri tarafından yapılacak müdahalelerin zamanında gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Tirkolae vd., 2020).

Arama kurtarma ekiplerini oluştururken göz önünde bulundurulmuş minimum standartlar ve prosedürler vardır. Aşamalı bir şekilde kurulan arama kurtarma ekiplerini oluşturmak ve geliştirmek önemli bir sorumluluktur. Hem idari hem operasyonel yönlerinin oluşturulması oldukça ayrıntılı ve yoğunken, bakım ve tekrar eden eğitim çok daha zorlayıcıdır. Yeni ekibin başarıyla kurulmasını sağlamadaki en kritik gelişimsel adımlardan birisi de ekip için kaç kişinin gerektiğini tespit etmektir. Genelde kadro gereksinimleri tespit edilmiş tüm komuta/yönetim kadrosunu doldurmaya ve ayrıca operasyonları etkili ve güvenli bir şekilde yürütmek için gerekli minimum personel sayısına eğilir. Ekipleri kurmadan önce bir ekibe gerçekten ihtiyaç duyulup duyulmadığı, yerel yetkililerin ekibi finansal olarak destekleyip desteklemeyeceği, müdahale edenlerin ekip kurmak isteyip istemediği,

kurtarma ekibiyle ilgili risklerin neler olduğu ve ekip kurmayı etkileyen yasaların neler olduğu gibi birçok konu üzerinde düşünmek gerekmektedir. Arama kurtarma ekibi kurulurken: ekip üyeleri seçilir, eğitim verilir, donanım ve üniforma satın alınır, uygun bir araç satın alınır, idari destek temin edilir. Ekip oluşumunda öncelikle personelin isteği önemlidir. Ekip üyeleri seçilirken kazanılan beceriler, bilgi, uzmanlık ve yetkinlik gibi ana hususlar değerlendirmeye alınır. Ekibin tüm donanım ve kurtarma teknikleri hakkında gerçekçi eğitim senaryolarını, eğitim yerlerini barındıran kapsamlı bir başlangıç eğitim programına ihtiyaç duyulur. Eğitim programının uygulamalı ve teknik sınıf konularının karışımından oluşmasını sağlamak kritik öneme sahiptir. Temel donanımdan başlayarak ihtiyaç duyulacak olan donanım zamanla temin edilir. Planlama esnasında belirlenen, gerekli donanımın sığacağı tipteki araç satın alınır. Oluşturulan ekibi faaliyete geçirmek için ekip görev listesi, donanım envanterleri gibi kayıtların tutulması için idari çalışmalar yapılır. Sürekli eğitim ve yeniden eğitim programı tespit etmenin ve geliştirmenin önemi, takip donanımının ele alınması ve eğitime katılan ekip üyesinin kaydının tutulmasıdır. Bu, önemli bir idari adımdır. Personelin sürekli olarak eğitilmesi ve elde tutulması için sorumluluğunun da göz önünde bulundurulması gerekir. İlk olarak ekibi eğitmek ve ekibe donanım temin etmek yeterli değildir; etkili üyeler olabilmeleri için becerilerini sürekli olarak pratik yaparak korumalı ve yenilerini öğrenmelidir. Örneğin, pratiklerini koruyabilmek adına tatbikat düzenlemek en ucuz alternatiftir.

1991 yılında kurulan Uluslararası Arama Kurtarma Danışma Grubu (INSARAG), INSARAG Sınıflandırma Sistemi öncesinde arama kurtarma ekiplerini Hafif, Orta veya Ağır Sınıf Arama Kurtarma ekibi olarak kendiliğinden bir sınıflandırma yapmıştır. Bu kendiliğinden sınıflandırma daha sonra INSARAG Sekreterliğine sunulmuş ve Uluslararası Arama Kurtarma Ekipleri Rehberine kaydedilmiştir. Ekiplerin kurulması eğitim, ekipman ve plan gerektirmektedir. Takip edilmesi gereken 4 aşama bulunmaktadır. İlk aşamada topluluk risklerinin ve kurtarma ihtiyaçlarının değerlendirilmektedir. İkinci aşamada yapılan planlamanın ardından üçüncü aşamada ekipler geliştirilmektedir. Ekip üyelerinin seçilmesi, eğitim verilmesi, araç satın alınması ve idari destek sağlanması gerekmektedir. Dördüncü aşamada ise ekipler düzenli bir şekilde yeniden gözden geçirilmektedir (INSARAG, 2020). Ekipler hafif, orta ve ağır sınıf arama kurtarma olarak operasyonel

kabiliyetleri, yetkinlikleri vb. açıdan birbirinden ayrılırlar. Arama kurtarma ekiplerinin kilit bileşenleri vardır ve bu beş kilit bileşen; yönetim, arama, kurtarma, sağlık ve lojistikdir. Her bir sınıftaki arama kurtarma ekiplerinin oluşumunda bu beş bileşen mutlaka sağlanmalıdır. Hafif Sınıf Arama Kurtarma ekipleri, kurtarma ekipmanı, bilgi ve yeterlilikler konusunda temel veya asgari operasyonel kabiliyetlere sahiptir ve beş kilit bileşeninin tamamını yerine getirme zorunluluğu bulunmaz. Ancak Hafif Sınıf Arama Kurtarma ekipleri genel olarak yüzeyde afetzedelerin aranmasına ve kurtarılmasına yardımcı olabilmektedir. Sınırları dolayısıyla Hafif Sınıf Arama Kurtarma ekipleri normal şartlarda uluslararası alanda görevlendirilmemektedir. Orta Sınıf Arama Kurtarma ekibi, beş kilit bileşeni kapsar ve betonarme veya yapı çeliği ile inşa edilmiş yapılar dahil olmak üzere ağır ahşap veya demir takviyeli yapılardan oluşan göçük veya yıkık yapılarda karmaşık teknik arama ve kurtarma operasyonları yürütme yeteneğine sahiptir. Bu ekipler aynı zamanda kaldırma ve taşıma faaliyetleri de yürütmektedir. Bir Orta Sınıf Arama Kurtarma ekibi yalnızca bir çalışma sahasında çalışmaya yönelik operasyonel kabiliyete sahip olması beklenmektedir. Ağır Sınıf Arama Kurtarma ekipleri yukarıda sıralanan beş öğeyi kapsar ve başta betonarme ve/veya yapı çeliği ile inşa edilmiş yapılar olmak üzere göçük veya yıkık yapılarda karmaşık teknik arama ve kurtarma operasyonları yürütme yeteneğine sahiptir. Bu ekipler aynı zamanda kaldırma ve taşıma faaliyetlerini de yürütmekle yükümlüdür. Bir Ağır Sınıf Arama Kurtarma ekibinin eşzamanlı olarak iki çalışma sahasında teknik kapasitede çalışacak ekipman ve iş gücüne sahip olması beklenmektedir. İkinci çalışma sahası, bir arama kurtarma ekibinin personel ve ekipmanını farklı bir yerde yeniden görevlendirmesini gerektiren herhangi bir çalışmanı alanı olarak tanımlanır. Bu yeniden görevlendirme, bağımsız lojistik destek gerektirecektir. Genel olarak bu türden bir görevlendirme 24 saatten daha uzun sürmektedir (INSARAG, 2020).

Afet durumunda çok sayıda personelin görev aldığı arama kurtarma ekipleri koordineli ve aşamalı olarak müdahaleyi sürdürmektedir. Bu ekipler kurtarma operasyonları boyunca afetzedeleri arama, bulma, kurtarma ve gereken ilk müdahaleyi yapma konusunda kritik görevlere sahiplerdir (Shiri vd., 2020).

Afet olaylarında kurtarma operasyonlarının verimliliğini arttırmak amacıyla arama kurtarma ekiplerini oluşturan personellerin görevlerine karar verilmesi ve afetin meydana geldiği bölgelere müdahale için ekiplerin gönderilmesi gerekmektedir

(Hamp vd. 2013). Arama kurtarma ekipleri tarafından yapılacak kurtarma operasyonlarının zamanında gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir (Tirkolae vd., 2020).

Matematiksel bir bakış açısından, afet arama kurtarma operasyonları çok çeşitli karmaşık optimizasyon problemlerini içermektedir. Yöneylem araştırması, optimizasyon alanı ve bilgisayar bilimi arasında geniş ve verimli bir örtüşme mevcuttur (Zheng vd., 2015).

Arama kurtarma ekiplerinin planlanması ve tahsis edilmesi problemi, literatürdeki rotalama ve çizelgeleme problemi ile önemli özellikleri paylaşmaktadır (Tirkolae vd., 2020). Bu nedenle bu tez çalışması arama kurtarma birimlerini verimli bir şekilde tahsis etmek ve çizelgelemek için hedef programlama yöntemi ile afet yönetiminde ekiplerin atama ve çizelgeleme problemleri için etkili bir matematiksel model sunmaktadır.

2.3. Afet Yönetiminde Psikososyal Destek Ekiplerinin Atanması

Psikososyal, psikolojik ve sosyal etkilerin ilişkisidir. Afet ve acil durum çerçevesinde psikososyal destek, afet sonrası muhtemel psikolojik bozuklukların ve uyumsuzlukların engellenmesi ve bertaraf edilmesidir. Herhangi bir psikolojik ya da psikiyatrik tedavi amacı gütmemektedir. Etkilenen birey, aile ve toplumun normal yaşamlarına geçişlerine destek olmak ve bu süreci hızlandırmak, ihtiyaçlarına yönelik ihtiyaç ve kaynak analizi yapmak, afet ve acil durumlarla başa çıkma ve müdahalelerine destek olma amacının yanı sıra iyileşme kapasitelerini farketirmek ve iyileşme becerilerini arttırmaktır. Aynı zamanda yardım çalışmalarını destekleyen ve afetin her aşamasında yürütülen çok disiplinli bu hizmetler (Demir, 2020) sosyal hizmet müdahalesi olarak tanımlanan (Aktaş, 2003) ve afet sonrası yürütülen normalizasyon faaliyetleridir. Bu hizmetler etkilenen bireylerin gösterdiği acı, korku, şok, uykusuzluk, yas gibi psikolojik tepkilerin üstesinden gelmekte ve bu tepkilerin aşılması konusunda yardımcı olmaktadır. Psikososyal destek hizmetlerinin en temel amacı önleyici ve iyileştirici faaliyetlere odaklanmaktır. Bu hizmetlerin sağlandığı süreç etkilenen bireyleri anlamaya, dinlemeye, desteklemeye ve yardımcı olmaya yönelik faaliyetler bütünüdür. Afetlerin toplum üzerinden doğrudan etkisi kişilerin, ailelerin ve toplumun psikososyal destek hizmetlerine olan gereksinimini

göstermektedir (Demir, 2020). Afet ve acil durumlarda birçok kurum ve kuruluş birlikte çalışıp, insani yardım yapabilme amacıyla işbirliği içerisinde eşgüdümü sağlamalıdır. Eşgüdümün sağlanabilmesi için ruh sağlığı ve psikososyal destek sağlayıcılarının genel bir plan ve iş bölümünde uzlaşmaları gerekmektedir. psikososyal destek hizmetini gerçekleştirebilmek için her çalışan, ruh sağlığı ve psikososyal iyilik halini desteklemekten sorumludur. Müdahale kapsamındaki her etkinlik ruh sağlığı ve psikososyal iyilik halini artırıcı niteliktedir (Arslan Tomas ve Şavur, 2018). Psikososyal destek herhangi bir afet ve acil durumun olduğu ilde çeşitli kurum ve kuruluşlarda görevli sosyal hizmet uzmanı, çocuk gelişim uzmanı, psikolog, psikolojik danışman gibi meslek gruplarının görevlerini yerine getirerek etkilenen topluma belirli hizmetlerin verilmesi ve takip edilmesi ile devam etmektedir (URL-1). Psikososyal destek hizmetinin verildiği birey, aile veya toplum psikiyatrik anlamda hasta değildir, verilen destek psikiyatrik müdahaleden farklı olan çok yönlü bir yaklaşımdır (Kılıç, 2008). Odağında birey ve toplum bulunan psikososyal çalışmalar, afet sonrası yapılan ilk müdahalelerden biridir.

Birey ve toplumun sosyal, ekonomik, psikolojik ve fiziksel iyilik durumlarını güçlendirerek toplumun dayanıklılığının geliştirilebilmesine sürdürülebilir katkı sağlamak amacıyla AFAD akreditasyonuna göre Türk Kızılayı toplum merkezleri kurulmuştur. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'na karşı sorumlu olan bu toplum merkezleri birçok çalışma faaliyetlerine sahiptir. Bireylerin fiziksel ve ruhsal iyiliklerini destekleme, ruh sağlığı sorunlarını tedavi etme ve toplumu temel alarak sağlık müdahalesinde bulunma hizmetleri sunmaktadırlar. Kadın ve çocuk sağlığının güçlendirilmesi, hane ziyaretleri, şehir merkezi dışında yaşayan insanlara mobil ekip ile hizmet sunma, eğitimler, psikoterapi, sağlık hizmetlerine erişim vb. toplum merkezlerinde sağlanan temel desteklerdir. Bu destek hizmetini sağlayan ekipler belirli toplum merkezlerinden afet illerine atanmaktadır. İllere atanan ekipler kendi aralarında dönüşümlü olarak mobil ekip ve sabit ekip olarak hizmet sağlamaktadırlar. Afetten etkilenen illerin hizmete ulaşamayan ilçe ve köylerini ziyaret eden ekip, mobil ekip olarak adlandırılmaktadır. Sabit ekip ise ildeki çadır kent ve konteynır kentlerde hizmetlerine devam etmektedir.

3. HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMİ

Bu bölümde ele alınan uygulamalarda kullanılan hedef programlama yöntemi anlatılmıştır. Literatürde personel çizelgeleme ve ekiplerin atanması konusunda yapılan çalışmalar birçok farklı yöntem ile ele alınmıştır. Bu yöntemler çalışmanın amacına göre farklılık göstermektedir. Bu tez çalışmasında ele alınan arama kurtarma personeli çizelgeleme ve ekiplerin atanması problemlerinin çözümünde, çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Hedef programlama yöntemi literatürde araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem birbirleriyle çelişen birden fazla amaca eş zamanlı olarak ulaşım sağlanmaktadır (Gür ve Eren, 2018). Birden fazla kriter söz konusu olduğunda karar vericilere yardımcı olan bu yöntem aynı zamanda doğrusal programlamanın bir uzantısıdır. Ancak doğrusal programlamada maksimize ya da minimize edilmek istenen tek bir amaç varken, hedef programlamada birden fazla amaç vardır. Yöntem birden fazla amacı kısıta dönüştürür ve bu kısıtların amaçlardan sapmalarını temsil eden sapma değişkenlerini en küçükleyerek istenilen hedefe ulaştırmaktadır (Tamiz ve Jones, 1997; Eren vd., 2017). Amaç fonksiyonunda yer alan pozitif ve negatif sapma değişkenlerinin çarpımı sifıra eşittir. Yani sapma değişkenlerinden bir tanesi sıfırdan büyük bir değer alırken, diğer sapma değişkeni sifıra eşit olmaktadır ayrıca sapma değişkenleri negatif değer alamazlar.

Hedef programlama çalışmalarının ilki 1955 yılında Charnes vd. tarafından uygulanmıştır. Bu yöntemi geliştirmek amacıyla 1961 yılında Charnes ve Cooper birlikte çalışmalar yapmıştır (Aktürk vd., 2017).

3.1. Hedef Programlama Yönteminin Formülasyonu

Hedef programlamanın yapısını oluşturan temel kavramlar; amaç fonksiyonu, sapma değişkenleri, amaç, karar değişkenleri, hedef ve kısıtlardır.

Amaç fonksiyonu: Hedeflerde istenmeyen sapmaları minimize eden bir fonksiyondur.

Sapma değişkenleri: İstenilen sağ taraf değeri ile sonuçlarda elde edilen değer arasındaki farkı ölçer. Pozitif sapma hedef değerini aşan sapma değerini verirken, negatif sapma hedef değerinin altında kalan sapma değeridir.

Amaç: Karar vericilerin tercihlerinin yönünü ifade etmektedir. Tercih yönü maksimizasyon ya da minimizasyon olmaktadır. Ancak hedef programlamada çoklu amaçlar tek amaç şeklinde yazılır.

Karar değişkenleri: Karar vericilerin kontrolünde olan faktörlerdir.

Hedef: Karar vericilerin ulaşmak istediği amaçları somutlaştıranak belirlediği rakamsal bir değerdir.

Kısıt: Karar değişkenlerinden oluşan fonksiyonlardır. Hedef programlamada sistem kısıtları ve hedef kısıtları bulunmaktadır. Hedef kısıtları karar vericilerin ulaşmak istedikleri hedefleri gösteren katı ve değişmez fonksiyonlardır. Sistem kısıtları ise mutlaka sağlanması gereken değişmeyen kısıtlardır ve daha esnek yapıya sahiplerdir (Jones ve Tamiz, 2010).

Yöntemin matematiksel gösterimi şu şekildedir;

Değişkenler:

x_j : *j. karar değişkeni*

w_{ij} : *i. hedefin j. karar değişkeni ağırlık katsayısı*

d_i^+ : *i. hedeften pozitif sapma miktarı*

d_i^- : *i. hedeften negatif sapma miktarı*

k_i : *i. hedef için ulaşmak istenilen değer*

$$\min z = \sum_{i=1}^n (d_i^- + d_i^+) \quad (3.1)$$

$$\sum_{j=1}^m (w_{ij} * x_j - d_i^+ + d_i^-) = k_i \quad (3.2)$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.3)$$

Yukarıda verilen matematiksel modelde Denklem (3.1) pozitif ve negatif sapmaların en küçüklenmesinin istendiği amaç fonksiyonudur. Denklem (3.2) kapalı formda modelin hedef kısıtıdır, burada ulaşmak istenilen k_i sağ taraf değeridir. Denklem (3.3) karar değişkenlerinin işaret kısıtlarıdır ve sıfıra eşit veya büyük olmaları gerektiğini ifade etmektedir.

Bu tez çalışmasında ele alınan uygulamalarda çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Çok amaçlı karar verme problemleri olan altı uygulamada, birbirleriyle çelişen ve eş zamanlı olarak ulaşılması gereken amaçların olması nedeniyle bu yöntemden yararlanılmıştır.

3.2. Hedef Programlama Yönteminin Çeşitleri

Birden fazla amacın bir arada bulunduğu yöntemde karar vericiler için hedeflerin önem dereceleri birbirinden farklı olabilmektedir. Bu durumda matematiksel model yazılırken öncelikli ya da ağırlıklı hedef programlama yöntemleri kullanılabilir. Çok amaçlı problemlerin çözümünde kullanılan hedef programlama yönteminin en eski ve en yaygın kullanılan çeşitleri şunlardır:

- Ağırlıklı hedef programlama
- Öncelikli hedef programlama
- Minmax hedef programlama

Ağırlıklı hedef programlamada, istenmeyen sapma değişkenlerini minimize etmek amaçlanmaktadır. Sapma değişkenlerinin önem seviyeleri dikkate alınarak, pozitif ve negatif sapma değişkenlerine ağırlıklar atanmaktadır. Bu yöntem enerji sektöründe yapılan çalışmalarda, tesis yer seçimi problemi gibi birçok problemin çözümünde kullanılmıştır.

Öncelikli hedef programlamada, önceliklerinin seviyelerine göre hedefler önceliklendirilir. İlk önce yüksek önceliğe sahip olan hedefler optimize edilir daha sonra alt seviyedeki hedefler dikkate alınır. Böylelikle düşük önceliğe sahip olan hedeflerin, yüksek önceliğe sahip hedefleri kötüleştirilmesi engellenir. Sonuç olarak ele alınan problemin formülasyonu ve çözümü sıralı bir şekilde gerçekleşir. Bu yöntem üretim planlama, çizelgeleme gibi alanlarda sıklıkla uygulanmıştır.

Minmax hedef programlama ağırlıklı hedef programlama yöntemine benzemektedir. Ancak minmax hedef programlamada hedeften maksimum sapma minimize edilmektedir. Bu yöntem kaynak tahsisi, portföy seçimi gibi alanlarda uygulanmıştır (Türkoğlu, 2017).

3.3. Hedef Programlama Yönteminin Uygulama Alanları

Gerçek hayat problemlerinde kullanılan bu yöntemin uygulama alanı çok geniştir. Birçok alan ve sektörde kullanılan bu yöntem üretim ve hizmet sistemlerinde birçok problemin çözümünde kullanılmaktadır. Çizelgeleme problem türlerinden olan insan gücü çizelgeleme, personel çizelgeleme, vardiya çizelgeleme, ders programı çizelgeleme gibi farklı problemlerin çözümünde uygulanmaktadır. Üretim sistemlerinde ise makinelerde işlerin hangi sırayla ve ne zaman yapılacağına karar verme aşamasında yararlanılan bir yöntemdir (Gür ve Eren, 2018). Tedarikçi seçim problemleri, tesis yer seçimi problemleri, kaynak tahsis etme problemleri, araç rotalama problemleri bu yöntemin kullanıldığı problem türleridir.



4. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde çizelgeleme konusunda birçok çalışma vardır. Literatür incelendiğine arama kurtarma ekiplerini çizelgeleme probleminin diğer çizelgeleme problemlerine göre oldukça yeni olduğu görülmektedir. Literatürde yapılan ekip çizelgeleme problemine, arama kurtarma ekiplerinin atama ve çizelgeleme problemine ve afet yönetiminde yapılan diğer çalışmalara bu bölümde yer verilmiştir.

4.1. Ekip Çizelgeleme

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde ekip çizelgeleme problem türü ulaşım, sağlık gibi birçok alanda ele alınmıştır. Ekip çizelgeleme problem türünde incelenen çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Çankaya ve Arıkan (2009) bir havayolu şirketinde ekip çizelgeleme probleminin çözümünde sütun oluşturma algoritmasını kullanmışlardır. Ana problemi küme kapsama problemi, alt problemi ise en kısa yol problemi olarak formüle ederek ve başlangıç eşleştirmesi bir doğrusal programlama modeli oluşturmuşlardır. Kullanılan modeli bütünleşik olarak GAMS optimizasyon programı ile çözerek optimal ekip çizelgesi oluşturmuşlardır.

Peng ve Ouyang (2012) bir demiryolu şirketinde üretim ekibinin programını optimize etmeyi amaçlamışlardır. Üretim ekibi çizelgeleme probleminin çözümünde çoklu komşu arama ve iyileştirme algoritmalarını kullanmışlardır.

Üstündağ (2014) bir işletme için günlük olarak demiryolu ekip çizelgeleme ve ekip atama problemini ele almıştır. Ekip çizelgelemede sütun oluşturma algoritmasını ve ekip atamada rassal sezgisel algoritmayı kullanmıştır.

Di Martinelly ve Meskens (2017) hemşireleri cerrahi operasyonlara atarken güçlü yakınlıklara sahip ekipler oluşturmuşlardır. Hemşirelerin cerrahi operasyonlara haftalık atamasını oluştururken iki amaçlı tam sayılı programlama yöntemini kullanmışlardır.

Kutayer Bilgin vd. (2018) farklı konumlarda, öncelikleri ve yetenek gereksinimleri olan işlere, uygun ekiplerin ve sıralı işlerin atanma problemini ele almışlardır. İki öncelikli karma tam sayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Büyük ölçekteki problemler için ise üç aşamalı sezgisel yöntem geliştirmişlerdir.

Yurdakul vd. (2021) Ankara Eğitim Araştırma Hastanesi Evde Sağlık Hizmetleri Birimi'nde hizmet veren personellerin iş yükünü azaltmak için, farklı görevleri olan personellerden ekipler oluşturmuşlardır. Tam sayılı doğrusal programlama ile matematiksel modeller oluşturularak IBM ILOG optimizasyon programı ile çözüm sonucu elde etmişlerdir. Mevcut durum ile karşılaştırma yapıldığında iyileşme görülmüştür.

Gür vd. (2022) cerrahi ekibi oluşturan personellerin dengeli atamasını ve yapılacak olan ameliyathane odalarına atanması problemlerini kısıt programlama ve hedef programlama yöntemleri ile gerçekleştirmişlerdir.

Koçak vd. (2022) pandemi sürecinde yürütülen filyasyon çalışmalarının seyrini kontrol altına alma amacıyla hedef programlama yöntemi ile filyasyon ekiplerinin çizelgeleme problemini ele almışlardır.

İncelenen ekip çizelgeleme problemleri özet halinde **Çizelge 4.1**'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ekip çizelgelemede yapılan çalışmalar

Yazar	Yıl	Amaç	Kullanılan Yöntem
Çankaya ve Arıkan	2009	Havayolu şirketinde ekip çizelgeleme	Sütun oluşturma algoritması
Peng ve Ouyang	2012	Demiryolu şirketinde üretim ekibini çizelgeleme	Çoklu komşu arama ve iyileştirme algoritmaları
Üstündağ	2014	Demiryolu ekip çizelgeleme ve ekip atama	Sütun oluşturma algoritması ve rassal sezgisel algoritma
Di Martinelly ve Meskens	2017	Güçlü yakınlıklara sahip hemşirelerden ekip oluşturma ve operasyonlara atama	İki amaçlı tam sayılı programlama
Kutayer Bilgin vd.	2018	İşlere uygun ekipleri ve sıralı işleri atama	İki öncelikli karma tam sayılı programlama ve üç aşamalı sezgisel yöntem
Yurdakul vd.	2021	Evde sağlık hizmeti veren personellerden ekipler oluşturma	Tam sayılı doğrusal programlama
Gür vd.	2022	Cerrahi ekibi oluşturma ve operasyonları ameliyathane odalarına atama	Kısıt programlama ve hedef programlama
Koçak vd.	2022	Filyasyon ekiplerini çizelgeleme	Hedef programlama

4.2. Arama Kurtarma Ekiplerini Atama ve Çizelgeleme

Literatürde arama kurtarma ekiplerini atama ve çizelgeleme konusu afet yönetiminde yapılan diğer çalışmalara göre oldukça güncel bir konudur. Söz konusu ekipleri afet bölgelerine çizelgeleme problemi farklı çözüm yöntemleri ile ele alınmıştır. İncelenen literatür çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Fiedrich vd. (2000) deprem felaketi sonrasında ölü sayısını azaltmak ve alanlara mevcut kaynakların ataması için arama kurtarma periyodunda atamayı problemini ele almışlardır. Bunun için optimize edilmiş bir kaynak çizelgesinin oluşturulmasına izin veren dinamik optimizasyon modeli önermişlerdir. Benzetimli tavlama ve tabu arama sezgisel yaklaşımları kullanılmıştır.

Wex vd. (2013) kurtarma birimlerini planlamaya ve olaylara atamaya yardımcı olacak karar destek sistemi önerisinde bulunmuşlardır. Doğrusal olmayan optimizasyon modeli önererek Monte Carlo tabanlı sezgisel çözüm önerisinde bulunmuşlardır.

Santoso vd. (2017) çalışmalarında, kurtarma birimlerini atama ve çizelgeleme problemini karmaşık tam sayılı programlama modeli ile ele alarak tüm olayların ağırlıklı tamamlanma zamanının toplamını minimize etmeyi amaçlamışlardır. Hem küçük ölçek hem büyük ölçek için uygun yaklaşım olan GRASP metasezgisel yaklaşımını geliştirmişlerdir. Wex vd. (2014) tarafından geliştirilen modelden farklı olarak olayların önem seviyesi/ciddiyetinin ve gereken seyahat süresinin bulanık kavramlar olduğu bir model önerisinde bulunmuşlardır. Ayrıca önerilen bu modeldeki işlem süresi olay için gerekli kabiliyetin kurtarma birimlerinin kabiliyetine oranına bağlıdır.

Cunha vd. (2018) belirsizlik altında kurtarma birimlerini tahsis etme ve çizelgeleme problemini ele almışlardır. Problemi ele almak için önyargılı rastgele anahtarlı genetik algoritma önermişlerdir. Olayların önem seviyelerine göre, ağırlıklı tamamlanma zamanlarının toplamını minimize etmek istemişlerdir. Olayların bulanık işlem süreleri göz önünde bulundurulmuştur.

Rezapour vd. (2018) ani başlayan afetlerde yaralıların hayatta kalma oranının yüksek olduğu ilk saatlerde kurtarma ve tıbbi birimlerinin olay yerlerine ataması ve etkilenen yerdeki tıbbi birimleri yaralı gruplarına en uygun şekilde tahsis edilmesi problemini

optimizasyon modeli geliştirerek ele almışlardır. Problemin amacı, kurtulan yaralı sayısını maksimize etmektir.

Song vd. (2018) depremin neden olacağı can kayıplarını azaltmak, daha iyi ve hızlı bir acil kurtarma gerçekleştirmek için ekipleri atama problemini incelemiştir. Farklı bölgelerde bulunan ekiplerin zaman memnuniyeti ve yeterliliklerini göz önünde bulundurmuşlar ve çok amaçlı optimizasyon ile çözüme gitmişlerdir.

Li vd. (2019) kurtarıcılarının yetenekleri ve görevler arasındaki uyum da dikkate alınarak birden çok afet bölgesinin olduğu yerde kurtarma birimlerinin atanması için bir matematiksel model önermişlerdir.

Nayeri vd. (2019) yorgunluk etkisini dikkate alarak kurtarma birimlerinin tahsisi ve çizelgelemesi problemini üç metasezgisel algoritma ile sonuçlandırarak ele almışlardır. Problemdeki amaç, ağırlıklı tamamlanma sürelerinin toplamını ve operasyonların başlamasındaki gecikmeleri minimize etmektir. Kullanılan üç metasezgisel algoritmanın verdiği sonuçlara göre performanslarını ölçmek için çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan TOPSIS yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

Santoso vd. (2019) zaman penceresi altında ilk kurtarma ekiplerinin müdahalesinde tamamlanma zamanının minimize etme amacıyla tahsis etmeyi ve çizelgelemeyi amaçlamışlardır. Karmaşık tam sayılı programlama modeli önerisinde bulunmuşlardır ve NP-Hard yapıda olan problem için GRASP metasezgisel metodunu kullanmışlardır.

Shuwen vd. (2019) kurtarma ekibinin özellikleri dikkate alınarak çok amaçlı bir model önerisinde bulunmuşlardır. Farklı kurtarma ekiplerinin afet ihtiyaçlarını karşılamak için bir fayda matrisi geliştirilmiştir ardından yük-fayda uyumu ilkesine göre üç öncelikle çizelgeleme stratejisinin kurtarma süresi ve kurtarma etkisi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Baskın olmayan sıralama genetik algoritması ve bulanık mantık yöntemleri geliştirilmiştir.

Nayeri vd. (2020) çalışmalarında, yorgunluk etkisi ve yoksunluk zamanını göz önünde bulundurarak kurtarma birimlerinin tahsis edilmesi ve çizelgelemesi için çok amaçlı karmaşık tam sayılı model önermişlerdir. Ayrıca problemin NP-hard yapıda olmasından dolayı hibrit bir Lp-metrik metodu ve iki metasezgisel yaklaşımı uygulanmıştır. Problemin amacı olayların ağırlıklı tamamlanma sürelerinin toplamını ve operasyonların gecikme sürelerinin toplamını minimize etmektir.

Tirkolae vd. (2020) iki amaçlı karmaşık tam sayılı lineer programlama modeli önerisinde bulunarak öğrenme etkisi ile doğal afet kurtarma birimlerinin tahsis edilmesi ve çizelgelemesi problemini ele almışlardır. Bağılantısız paralel makina çizelgeleme problemi ve gezgin satıcı problemine benzetilmiştir. Ayrıca sağlam optimizasyon tekniği ve çok amaçlı hedef programlama yöntemini kullanmışlardır.

Hooshangi vd. (2021) belirsizlik altında farklı deprem büyüklüğüne göre üç senaryo oluşturmuş ve yerel arama kurtarma operasyonlarındaki kurtarıcılarının görev tahsislerini incelemişlerdir. İzlenen adım şu şekildedir: görevlerin sıralanması, koordinatör belirlenmesi, müzayede düzenlemek, yeniden atama stratejilerinin uygulanması, çevresel belirsizliklerin uygulanması ve gözlemlenmesi.

Nayeri vd. (2021) çalışmalarında, yorgunluk etkisini göz önünde bulundurarak kurtarma birimlerinin tahsis edilmesi ve çizelgelenmesi için iki amaçlı karmaşık tam sayılı model önermişlerdir. Ayrıca problemin NP-hard yapıda olmasından dolayı iki metasezgisel yaklaşımı uygulanmıştır. Problemin amacı olayların ağırlıklı tamamlanma sürelerinin toplamını ve operasyonların gecikme sürelerinin toplamını minimize etmektir.

Ahmadi vd. (2022) çalışmalarında, afet sonrası arama kurtarma kaynak konuşlandırmasını planlamak için karmaşık tam sayılı programlama modelini uygulamışlardır. İlk aşamada etkilenen yerlerde adil ve etkin talep kapsamını maksimum etmek için, sağlam çok dönemli tahsis etme modeli oluşturmuşlardır. İkinci aşamada, tahsis edilen kaynakların sonraki dönem her olay için rotalanmasını optimize etmektedirler. İkinci yıkılma riski, dinlenme süresi ve kaynak işbirliğini göz önünde bulundurarak arama kurtarma süresinin ağırlıklı toplamını minimize etmeyi amaçlamışlardır. Problemin belirsizliğinden dolayı sağlam optimizasyon yaklaşımını benimsemişlerdir.

Danışan ve Eren (2022a) bir deprem afetinde kentsel arama kurtarma operasyonlarını yürüten ekiplerin çizelgelenmesi problemini ele almışlardır. Çalışmada matematiksel programlama yöntemini kullanarak hangi ekibin hangi olay yerine gideceği sorusuna yanıt aramışlardır.

Fei ve Wang (2022) çoklu afet bölgelerinde ve kurtarma noktalarında kurtarıcılarının sevk modelini ele almışlardır. Kanıta dayalı en iyi-en kötü metodu ile Dempster-Shafer teorisini kombinleyerek kurtarıcılarının yeteneğine dayalı değerlendirme kriter

ağırlıklarını belirlemişlerdir. Kurtarıcıları birden çok afet bölgesine etkili bir şekilde sevk edilmesi için kurtarıcıların yetkinliğini ve kurtarma süresi memnuniyetini en üst düzeye çıkarmak için yukarıdaki yöntemlere dayalı olarak modelleme yapmışlardır.

Nayeri vd. (2022) İran’da meydana gelen sel felaketinden elde edilen gerçek verilerle kurtarma birimlerinin atanma problemini ele almışlardır. Bulanık sağlam optimizasyon ve hibrit metasezgisel algoritma ile kurtarma operasyonlarının ağırlıklı tamamlanma zamanlarının toplamını minimize etmeyi amaçlamışlardır.

Cao vd. (2023) kurtarıcıları yetenek seviyelerini, ortak bilgilerini, kurtarıcıların tercihlerini ve kurtarma zamanını göz önünde bulundurarak kurtarıcıların atama problemini ele almışlardır.

Akdaş ve Eren (2023a) olası Elazığ depreminde yıkımın meydana geldiği afet ilçelerine arama kurtarma ekiplerinin çizelgeleme problemini hedef programlama yöntemi ile ele almışlardır.

Akdaş ve Eren (2023b) Erzincan’da meydana gelecek olası bir depremde yıkık binaların olduğu Erzincan ve yakın illerine arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerinin çizelgeleme problemi ele almışlardır. Çözüm yöntemi olarak hedef programlama yöntemini kullanmışlardır.

Akdaş ve Eren (2023c) Aydın merkez üssü Efeler ilçesi olan bir deprem senaryosunda yıkımın meydana geldiği afet ilçelerine arama kurtarma ekiplerinin çizelgeleme problemini hedef programlama yöntemi ile ele almışlardır.

İncelenen arama kurtarma ekiplerini atama ve çizelgeleme problemleri özet halinde **Çizelge 4.2**’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Arama kurtarma ekiplerini atama ve çizelgelemede yapılan çalışmalar

Yazar	Yıl	Amaç	Kullanılan Yöntem
Fiedrich vd.	2000	Arama kurtarma periyodunda atama	Dinamik optimizasyon, benzetimli tavlama ve tabu arama
Wex vd.	2013	Kurtarma birimlerini planlama ve birimleri olaylara atama	Doğrusal optimizasyon, Monte Carlo tabanlı sezgisel çözüm
Santoso vd.	2017	Kurtarma birimlerini atama ve çizelgeleme	Karmaşık tam sayılı programlama, GRASP metasezgisel yaklaşım
Cunha vd.	2018	Belirsizlik altında kurtarma birimlerini tahsis etme ve çizelgeleme	Önyargılı rastgele anahtarlı genetik algoritma
Rezapour vd.	2018	Kurtarma ve tıbbi birimleri atama ve olay yerlerindeki yaralılara tıbbi birimleri tahsis etme	Optimizasyon model önerisi
Song vd.	2018	Ekipleri atama	Çok amaçlı optimizasyon
Li vd.	2019	Çoklu afet bölgesinde kurtarma birimlerini atama	Optimizasyon model önerisi
Nayeri vd.	2019	Yorgunluk etkisini ile kurtarma birimlerinin ataması ve çizelgelemesi	Üç metasezgisel algoritma ve TOPSIS
Santoso vd.	2019	Kurtarma birimini atama ve çizelgeleme	Karmaşık tam sayılı programlama ve GRASP metasezgisel metodu
Shuwen vd.	2019	Kurtarma ekibinin özelliklerini dikkate alarak ekip planlaması	Baskın olmayan sıralama genetik algoritması ve bulanık mantık yöntemi
Nayeri vd.	2020	Yorgunluk etkisi ve yoksunluk zamanı ile kurtarma birimlerinin ataması ve çizelgesi	Çok amaçlı karmaşık tam sayılı programlama, Lp-metrik metodu ve iki metasezgisel yaklaşım
Tirkolae vd.	2020	Öğrenme etkisi ile kurtarma birimlerinin ataması ve çizelgesi	İki amaçlı karmaşık tam sayılı lineer programlama
Hooshangi vd.	2021	Kurtarıcıların görev ataması	Aracı tabanlı simülasyon
Nayeri vd.	2021	Yorgunluk etkisi ile kurtarma birimlerinin ataması ve çizelgesi	İki amaçlı karmaşık tam sayılı programlama
Ahmadi vd.	2022	Arama kurtarma kaynak konuşlandırma planlaması	Karmaşık tam sayılı programlama
Danişan ve Eren	2022a	Arama kurtarma ekiplerinin çizelgeleme problemi	Matematiksel programlama
Fei ve Wang	2022	Çoklu afet bölgelerine kurtarıcıların sevk edilme problemi	Kanıtı dayalı en iyi-en kötü metodu ile Dempster-Shafer teorisini
Nayeri vd.	2022	Kurtarma operasyonlarının ağırlıklı tamamlanma zamanlarını enküçükleme	Bulanık sağlam optimizasyon, hibrit metasezgisel algoritma
Cao vd.	2023	Kurtarıcıların sinerji dereceleri, göreve uygunluk dereceleri ve kurtarma süresinin memnuniyet derecelerini hesaplayarak kurtarıcıların atanması	Optimizasyon model önerisi
Akdaş ve Eren	2023a	Arama kurtarma ekiplerini afet ilçelerine çizelgeleme	Hedef programlama
Akdaş ve Eren	2023b	Arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerini afet bölgelerine çizelgeleme	Hedef programlama
Akdaş ve Eren	2023c	Arama kurtarma ekiplerini afet ilçelerine çizelgeleme	Hedef programlama

Afet yönetiminde lojistik konusunda kaynak tahsisi, sağlık konusunda tıbbi ekipleri çizelgeleme problemi, yer seçimi problemi gibi birçok çalışmalar yapılmıştır. İncelenen literatür çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Nolz vd. (2011) lojistik sisteminin afetzedelere yardım dağıtımını konusunu çok amaçlı optimizasyon problemi olarak formüle etmişlerdir. Etkilenen topluma mevcut kaynakları eniyi şekilde sağlamak amacıyla risk, kapsam ve toplam seyahat süresini minimize etmeyi amaçlamışlardır.

Das ve Hanaoka (2014) afet sonrası çeşitli yerlere yardım dağıtımını konusunda kaynak tahsisi için aracı tabanlı bir model önerisinde bulunmuşlardır. Önerilen model talep noktaları hiyerarşisi oluşturmak için TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Filo tahsisini çözmek için ayrıştırma algoritması önerilmiştir.

Aydın vd. (2017) acil yardım malzemelerinin ihtiyaç noktalarına kısa sürede ulaştırılmasını sağlayan afet lojistik depolarının yer seçimi problemini iki aşamalı bütünlük model önerisi ile ele almışlardır.

Liu ve Xie (2017) afetlerde acil durum malzemelerinin planlaması ve nakliyesi için araç taşıma planlaması için model önerisine bulunmuşlardır. Problem çözümünde dinamik programlamaya dayalı araç ulaşım yolu tahsis algoritmasını ve karınca kolonisi optimizasyonuna dayalı kendi kendine öğrenme algoritmasını kullanmışlardır.

Wang vd. (2018) afet sonrası tıbbi yardım ekiplerini çizelgeleme ve yardım malzemelerini talep noktalarına dağıtmak için afet sonrası afet lojistiği problemlerini ele almışlardır. Problemin çözümünde karmaşık tam sayılı programlama kullanmışlardır ve hibrit metasezgisel yöntem geliştirmişlerdir.

Bodaghi vd. (2020) kaynakların sıralanmasını ve çizelgelenmesini amaçlayan acil durum operasyon modelini sunmuşlardır. Belirsizlik altında çoklu kaynakların çizelgelenmesi problemi için karmaşık tam sayılı programlama modeli uygulanmıştır. 2009'da meydana gelen orman yangınlarından alınmış gerçek veri setleri kullanılmıştır ve en iyi uzaklık acil durum operasyon planının belirlenmesi için birçok senaryo analiz edilmiştir.

Ergün vd. (2020) Giresun'da sürdürülebilir ideal afet depo yeri seçimi ölçütlerini değerlendirerek ideal afet depo yeri seçimi yapmışlardır. Çözüm yönteminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemini ve AHP temelli MAUT (Multi Attribute Utility Theory-Çok Nitelikli Karar Verme) ve SAW (Simple Additive Weighting-Basit Toplamlı Ağırlıklandırma) yöntemlerini kullanmışlardır.

Durdağ vd. (2021) beklenen İstanbul depremi için depo yeri seçimi problemini etmen puan yöntemini kullanarak ele almışlardır.

Hooshangi vd. (2022) kuyruk teorisini göz önünde bulundurarak arama kurtarma operasyonlarında kurtarıcı sayısını belirlemeyi amaçlamışlardır. Binaların hasarları, yaralı sayıları, hizmet süresinin belirlenmesi, simülasyon modelinin tasarlanması ayrıca hayatta kalma oranları hesaplanmış kurtarma operasyonlarının süresi ile karşılaştırılmıştır.

Danışan ve Eren (2022b) afet yönetim planlamasında önemli bir husus olan uluslararası yardıma dikkat çekerek Türkiye’de çalışmalarını yürütecek olan arama kurtarma ekiplerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Ekiplerin belirlenmesinde çok ölçütlü karar verme tekniklerinden olan AHP ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanmışlardır.

Tezcan vd. (2023) afet sonrasında yiyecek ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için geçici deponun yer seçimi problemini AHP, BAHP, TOPSIS, PROMETHEE, VIKOR ve Tam Sayılı Programlama yöntemleri ile ele almışlardır.

Literatür incelendiğinde afet yönetiminde yapılan diğer çalışmalar özet halinde **Çizelge 4.3**’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Afet yönetiminde yapılan çalışmalar

Yazar	Yıl	Amaç	Kullanılan Yöntem
Nolz vd.	2011	Lojistik sisteminde afetzedelere yardım dağıtma problemi	Çok amaçlı optimizasyon
Das ve Hanaoka	2014	Afet sonrası yardım dağıtımı için kaynak tahsisi	TOPSIS, Ayrıştırma algoritması
Aydın vd.	2017	Afet lojistik depolarının yer seçimi problemi	İki aşamalı bütünsel model
Liu ve Xie	2017	Acil durum malzemelerinin planlaması ve nakliyesi için araç taşıma planlaması	Dinamik programlamaya dayalı araç ulaşım yolu tahsis algoritması, karınca kolonisi optimizasyonuna dayalı kendi kendine öğrenme algoritması
Wang vd.	2018	Afet sonrası tıbbi yardım ekiplerini çizelgeleme ve yardım malzemelerini talep noktalarına dağıtma	Karmaşık tam sayılı programlama, hibrit metasezgisel algoritma
Bodaghi vd.	2020	Belirsizlik altında kaynakların sırlanması ve çizelgelenmesi problemi	Karmaşık tam sayılı programlama
Ergün vd.	2020	Giresun’da ideal afet depo yeri seçim problemi	AHP, AHP temelli MAUT, SAW
Durdağ vd.	2021	İstanbul depremi için depo yeri seçim problemi	Etmen puan yönetimi
Hooshangi vd.	2022	Arama kurtarma operasyonlarında görev alacak kurtarıcı sayısını belirlemek	Kuyruk teorisi
Danışan ve Eren	2022b	Uluslararası arama kurtarma ekiplerinin belirlenmesi	AHP, TOPSIS
Tezcan vd.	2023	Geçici depo yeri seçim problemi	AHP, BAHP, TOPSIS, PROMETHEE, VIKOR ve Tam Sayılı Programlama

Literatürdeki mevcut çalışmalar arama kurtarma ekiplerinin atama ve çizelgeleme problemine önemli katkılar sağlamıştır. Afetlerin büyüklüğünden dolayı birçok bölge farklı şiddetlerde etkilenmektedir. Doğu Anadolu Fayı (DAF) üzerinde yakın bir zamanda meydana gelen 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin önemli ölçüde maddi ve manevi kayıplara sebep olduğu ve ekiplerin hızlı bir şekilde yönlendirilmesinin ne kadar önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca bu büyük depremlerden etkilenen toplumun yaşanan acı, korku gibi duyguların üstesinden kolaylıkla gelebilmesi ve normal yaşantılarına dönmesi için yapılan psikososyal destek çalışmalarının ruh sağlığı açısından gerekli olduğu görülmüştür. Geçmişte yaşadığımız depremler gelecekte de benzer depremlerin yaşanacağını bir habercisidir. Bu tez kapsamında ele alınan çalışmalar afet yönetiminde yetkili kurum olan AFAD ve Türk Kızılayı ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle önemli deprem bölgelerinde yer alan afet illeri ele alınarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasının literatüre katkıları şunlardır:

- Bu tez ile literatürde yapılan ekip oluşturma problemlerinden farklı olarak ilk kez afet yönetimi alanında ekip oluşturma problemi ele alınmıştır.
- AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan senaryo analizleri kullanılarak arama kurtarma ekiplerinin en iyi etkisini elde etmek için afet bölgelerine etkili bir şekilde nasıl sevk edilmesi gerektiğine dair örnek çalışmalar ele alınmıştır.
- Bu tez ile literatürde ilk kez Türkiye’de bulunan AFAD Birlik Müdürlükleri’nin bulunduğu illerdeki yetkinlikleri fazla olan arama kurtarma ekiplerinin afetten büyük ölçüden etkilenen ve yıkımın en çok olduğu afet bölgelerine sevk edilmesine dair örnek çalışmalar ele alınmıştır.
- Bu tez ile literatürde ilk kez psikososyal destek ekiplerini afet bölgelerine atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır.

5. UYGULAMA

Bu bölümde, tez kapsamında yapılan altı uygulamaya yer verilmiştir. Uygulamaların problem tanımları, kullanılan veriler, matematiksel modeller oluşturulmuştur ve modellerin çözüm sonuçları elde edilmiştir. Oluşturulan matematiksel modeller ile dengeli atama ve çizelgeler oluşturulmuştur.

- ✓ Birinci uygulamada, afet yönetiminde yetkili kurum olan AFAD bünyesindeki arama kurtarma personellerinden orta ve ağır sınıf arama kurtarma ekiplerinin oluşturulması problemi ele alınmıştır.
- ✓ İkinci uygulamada, Bingöl ve civarında olası bir deprem senaryosu ele alınmıştır. Merkez üssü Bingöl'de 7.2 büyüklüğünde meydana gelecek bir deprem durumunda AFAD arama kurtarma ekiplerinin çoklu afet bölgesine atanması ve çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır.
- ✓ Üçüncü uygulamada, Elazığ İli güneydoğusunda Palu segmentinin tamamen kırılması sonucunda 7.3 büyüklüğünde bir deprem meydana geldiğinde yıkımın meydana geldiği ilçelere sevk edilecek olan arama kurtarma ekiplerinin atanması ve çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır.
- ✓ Dördüncü uygulamada, Türk Kızılayı psikososyal destek ekiplerinin Bingöl depreminden etkilenen afet bölgelerine atanması ve çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır.
- ✓ Beşinci uygulamada, Erzincan İlinde 7.8 büyüklüğünde bir deprem sonucu yıkımın meydana geldiği afet illerine AFAD arama kurtarma ve Türk Kızılayı PSS ekiplerinin atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır.
- ✓ Altıncı uygulamada, merkez üssü Aydın Efeler ilçesinde meydana gelecek 7.0 büyüklüğünde bir depremden etkilenen ilçelere arama kurtarma ekiplerini çizelgeleme problemi ele alınmıştır.

Ele alınan altı uygulamanın çözümü için hedef programlama yönteminden yararlanılarak matematiksel modeller geliştirilmiştir. Matematiksel modellerin

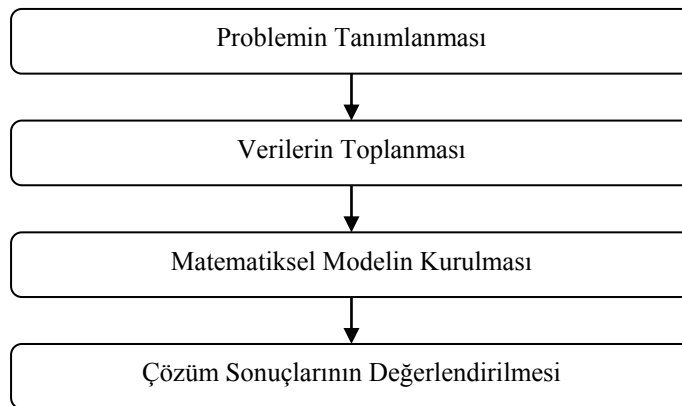
çözümünde IBM ILOG programı kullanılarak elde edilen çözüm sonuçları değerlendirilmiştir. Bu altı uygulama için oluşturulan uygulama özeti Çizelge 5.1’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 5.1. Uygulama özeti

Uygulama Bilgileri			Matematiksel Model Bilgileri				
Adı	Uygulama Yeri	Amaç	Ekip Türü		Kısıt Sayısı	Karar Değişkeni Sayısı	Hedef Kısıt Sayısı
			AKE	PSS			
Uygulama 1	Genel	AKE Oluşturma	✓		$n+34*m$	$(n*m)+(2*n)$	$2*n*m$
Uygulama 2	Bingöl	AKE Atama ve Çizelgeleme	✓		$n+m$	$(n*m)+(12*n)$	$12*n*m$
Uygulama 3	Elazığ	AKE Atama ve Çizelgeleme	✓		$n+2*m$	$(n*m)+(11*n)$	$11*n*m$
Uygulama 4	Bingöl	PSS Ekiplerini Atama ve Çizelgeleme		✓	$(n+2*m)+(n+2*m)$	$(n*m)+(3*n)+(4*n)$	$(3*n*m) + (4*n*m)$
Uygulama 5	Erzincan	AKE ve PSS Ekiplerini Atama ve Çizelgeleme	✓	✓	$n+3*m$	$(n*m)+(10*n)$	$10*n*m$
Uygulama 6	Aydın	AKE Atama ve Çizelgeleme	✓		$n+m$	$(n*m)+(13*n)$	$13*n*m$

5.1. Uygulama 1: Orta ve Ağır Sınıf Arama Kurtarma Ekipleri Oluşturma

Bu uygulamada, afet ev acil durum yönetiminde operasyonel yetenekleri olan belirli eğitimleri almış ve sınavları başarıyla tamamlamış olan arama kurtarma personellerinin orta ve ağır sınıf arama kurtarma ekiplerine atanma problemi ve ekiplerin oluşturulması problemi ele alınmıştır. Problemin akış şeması Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Uygulama 1 akış şeması

5.1.1. Problemin Tanımlanması

Ekiplerin oluşumunda beş bileşendeki her bir görevden olması gereken sayıda personelin bir araya gelmesi ve minimum kadro sayısının tamamlanması gerekmektedir. Eğitimli ve deneyimli olan ve yapılan sınavlardan başarı elde eden personellerden orta ve ağır arama kurtarma ekiplerinin oluşturulması problemi ele alınmıştır. Problemin çözümü için hedef programlama yönteminden yararlanılmıştır.

5.1.2. Verilerin Toplanması

Bir arama kurtarma ekibi yönetim, arama, kurtarma, tıbbi ve lojistik olmak üzere beş bileşenden oluşmaktadır. Her bileşenin altında farklı görevler mevcuttur ve her bir görevin farklı işlevi vardır. Ekipler aldıkları eğitimlerine, bilgilerine ve operasyonel kabiliyetlerine göre üç farklı boyutta sınıflandırılmaktadır. Arama kurtarma bileşenleri, görevleri, işlevleri, orta ve ağır sınıf arama kurtarma ekiplerini oluşturacak personel sayıları, ayrıca matematiksel model kurulmadan önce görevi üstlenecek olan personellerin matematiksel modelde karşılık geldiği personel numaraları da **Çizelge 5.2**'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Arama kurtarma personelleri

Arama Kurtarma Bileşeni	Görevler	Sayı (Ağır)	Sayı (Orta)	Personel Numaraları
Yönetim	Ekip Lideri	1	1	1, 2, ..., 4
	Ekip Lideri Yardımcısı	1	1	5, 6, ..., 8
	Planlama Görevlisi	1	1	9, 10, ..., 12
	İrtibat Görevlisi/İrtibat Görevlisi Yardımcısı	1	1	13, 14, ..., 16
	Yapı Mühendisi	1	1	17, 18, ..., 20
	Güvenlik Görevlisi	1	1	21, 22, ..., 24
	RDC/OSOCC/UCC	2	2	25, 26, ..., 32
Arama	Teknik Arama Uzmanı	2	2	33, 34, ..., 56
	Köpekli Arama Uzmanı	4	2	57, 58, ..., 70
	Hazmat Uzmanı	2	2	71, 72, ..., 78
Kurtarma	Kurtarma Ekibi Yöneticisi ve Teknisyenleri	28	14	79, 80, ..., 150
	Büyük Donanım Uzmanı	2	2	151, 152, ..., 158
Tıbbi	Medikal Ekip Yöneticisi (Tıp Doktoru)	3	1	159, 160, ..., 166
	Sağlık Görevlisi/Hemşire	4	3	167, 168, ..., 179
Lojistik	Lojistik Ekibi Müdürü	1	1	180, 181, ..., 184
	Lojistik Uzmanı	4	4	185, 186, ..., 196
	İletişim Uzmanı	1	1	197, 198, ..., 200

5.1.3. Matematiksel Model

Mevcut 200 personel ile oluşturulacak olan bir orta sınıf arama kurtarma ekibi ve iki ağır sınıf arama kurtarma ekibi olmak üzere toplamda üç arama kurtarma ekibine personel atamasının gerçekleştirilmesi için hedef programlama yöntemi ile oluşturulan matematiksel model yer almaktadır. Orta sınıf arama kurtarma ekibi için toplam 40 ve ağır sınıf arama kurtarma ekibi için toplam 59 personelin seçilip ekiplerine atanacağı 3 farklı arama kurtarma ekibi oluşturulacaktır. Problem için kurulan matematiksel model Denklem (5.1)-(5.40) arasında verilmiştir.

Parametreler

$n =$ personel sayısı $n=200$

$m =$ ekip sayısı $m=3$

$l =$ hedef kısıtı sayısı

$i =$ personel indeksi $i=1, 2, \dots, n$

$j =$ ekip indeksi $j=1, 2, \dots, m$

$k =$ hedef kısıtı indeksi $k=1, 2, \dots, l$

Hedef kısıtları sağ taraf değerleri: $a_k = [40, 59]$ ($k = 1, 2, 3$)

Karar değişkenleri

d_{ik}^+ : i . personelin k . hedeften pozitif sapma miktarı $\forall_{i,k}$

d_{ik}^- : i . personelin k . hedeften negatif sapma miktarı $\forall_{i,k}$

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ personel } j. \text{ ekibe atanırsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad \forall_{i,j}$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall_i \quad (5.1)$$

Orta sınıf arama kurtarma kısıtları

$$\sum_{i=1}^4 x_{ij} = 1 \quad \forall_j$$

(5.2)

$$\sum_{i=5}^8 x_{ij} = 1 \quad \forall_j$$

(5.3)

$$\sum_{i=9}^{12} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.4)$$

$$\sum_{i=13}^{16} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.5)$$

$$\sum_{i=17}^{20} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.6)$$

$$\sum_{i=21}^{24} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.7)$$

$$\sum_{i=25}^{32} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.8)$$

$$\sum_{i=33}^{56} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.9)$$

$$\sum_{i=57}^{70} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.10)$$

$$\sum_{i=71}^{78} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.11)$$

$$\sum_{i=79}^{150} x_{ij} = 14 \quad \forall_j \quad (5.12)$$

$$\sum_{i=151}^{158} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.13)$$

$$\sum_{i=159}^{166} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.14)$$

$$\sum_{i=167}^{179} x_{ij} = 3 \quad \forall_j \quad (5.15)$$

$$\sum_{i=180}^{184} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.16)$$

$$\sum_{i=185}^{196} x_{ij} = 4 \quad \forall_j \quad (5.17)$$

$$\sum_{i=197}^{200} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.18)$$

Ağır sınıf arama kurtarma kısıtları

$$\sum_{i=1}^4 x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.19)$$

$$\sum_{i=5}^8 x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.20)$$

$$\sum_{i=9}^{12} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.21)$$

$$\sum_{i=13}^{16} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.22)$$

$$\sum_{i=17}^{20} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.23)$$

$$\sum_{i=21}^{24} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.24)$$

$$\sum_{i=25}^{32} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.25)$$

$$\sum_{i=33}^{56} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.26)$$

$$\sum_{i=57}^{70} x_{ij} = 4 \quad \forall_j \quad (5.27)$$

$$\sum_{i=71}^{78} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.28)$$

$$\sum_{i=79}^{150} x_{ij} = 28 \quad \forall_j \quad (5.29)$$

$$\sum_{i=151}^{158} x_{ij} = 2 \quad \forall_j \quad (5.30)$$

$$\sum_{i=159}^{166} x_{ij} = 3 \quad \forall_j \quad (5.31)$$

$$\sum_{i=167}^{179} x_{ij} = 4 \quad \forall_j \quad (5.32)$$

$$\sum_{i=180}^{184} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.33)$$

$$\sum_{i=185}^{196} x_{ij} = 4 \quad \forall_j \quad (5.34)$$

$$\sum_{i=197}^{200} x_{ij} = 1 \quad \forall_j \quad (5.35)$$

Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{1\} \quad (5.36)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{2,3\} \quad (5.37)$$

Amaç fonksiyonu

$$\min z = \sum_{i=1}^n (d_{ik}^+ + d_{ik}^-) \quad \forall_k \quad (5.38)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (5.39)$$

$$d_{ik}^+, d_{ik}^- \geq 0 \quad \forall_{i,k} \quad (5.40)$$

Denklem (5.1) her personelin en fazla bir ekibe atanmasıdır. Denklem (5.2)-(5.18) orta sınıf arama kurtarma ekipleri için geçerlidir. Denklem (5.19)-(5.35) ağır sınıf arama kurtarma ekipleri için geçerlidir ve Denklem (5.36) ve (5.37) problemin hedef kısıtlarıdır. Denklem (5.2) her ekipte 1 ekip liderinin bulunmasıdır. Denklem (5.3) her ekipte 1 ekip lideri yardımcısının bulunmasıdır. Denklem (5.4) her ekipte 1 planlama görevlisinin bulunmasıdır. Denklem (5.5) her ekipte 1 irtibat görevlisinin bulunmasıdır. Denklem (5.6) her ekipte 1 yapı mühendisinin bulunmasıdır. Denklem (5.7) her ekipte 1 güvenlik görevlisinin bulunmasıdır. Denklem (5.8) her ekipte 2 operasyon yetkilisinin bulunmasıdır. Denklem (5.9) her ekipte 2 teknik arama uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.10) her ekipte 2 arama köpekli arama uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.11) her ekipte 2 hazmat (tehlikeli madde) uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.12) her ekipte 14 kurtarma teknisyeninin bulunmasıdır. Denklem (5.13) her ekipte 2 büyük donanım uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.14) her ekipte 1 tıp doktorunun bulunmasıdır. Denklem (5.15) her ekipte 3 sağlık görevlisinin/hemşirenin bulunmasıdır. Denklem (5.16) her ekipte 1 lojistik ekibi müdürünün bulunmasıdır. Denklem (5.17) her ekipte 4 lojistik uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.18) her ekipte 1 iletişim uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.19) her ekipte 1 ekip liderinin bulunmasıdır. Denklem (5.20) her ekipte 1 ekip lideri yardımcısının bulunmasıdır. Denklem (5.21) her ekipte 1 planlama görevlisinin bulunmasıdır. Denklem (5.22) her ekipte 1 irtibat görevlisinin bulunmasıdır. Denklem (5.23) her ekipte 1 yapı mühendisinin bulunmasıdır. Denklem (5.24) her ekipte 1 güvenlik görevlisinin bulunmasıdır. Denklem (5.25) her

ekipte 2 operasyon yetkilisinin bulunmasıdır. Denklem (5.26) her ekipte 2 teknik arama uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.27) her ekipte 4 arama köpekli arama uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.28) her ekipte 2 hazmat (tehlikeli madde) uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.29) her ekipte 28 kurtarma teknisyeninin bulunmasıdır. Denklem (5.30) her ekipte 2 büyük donanım uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.31) her ekipte 3 tıp doktorunun bulunmasıdır. Denklem (5.32) her ekipte 4 sağlık görevlisinin/hemşirenin bulunmasıdır. Denklem (5.33) her ekipte 1 lojistik ekibi müdürünün bulunmasıdır. Denklem (5.34) her ekipte 4 lojistik uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.35) her ekipte 1 iletişim uzmanının bulunmasıdır. Denklem (5.36) orta sınıf arama kurtarma ekibindeki personel sayısının 40'a eşit olmasıdır. Denklem (5.37) ağır sınıf arama kurtarma ekibindeki personel sayısının 59'a eşit olmasıdır. Denklem (5.38) problemin amaç fonksiyonudur. Denklem (5.39) ve (5.40) problemdeki karar değişkenlerinin işaret kısıtlarıdır.

5.1.4. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Oluşturulan matematiksel modelin çözüm sonucunda oluşturulan arama kurtarma ekibinin beş ayrı bileşeninde uzmanlaşan ve kendi bileşenleri içerisinde ekiplere atanan personeller, numaraları ile **Çizelge 5.3**'de verilmiştir. Ekip 1 orta sınıf arama kurtarma ekibini, Ekip 2 ve Ekip 3 ağır sınıf arama kurtarma ekibini ifade etmektedir.

Çizelge 5.3. Orta ve ağır sınıf arama kurtarma ekiplerine personel çizelgeleme

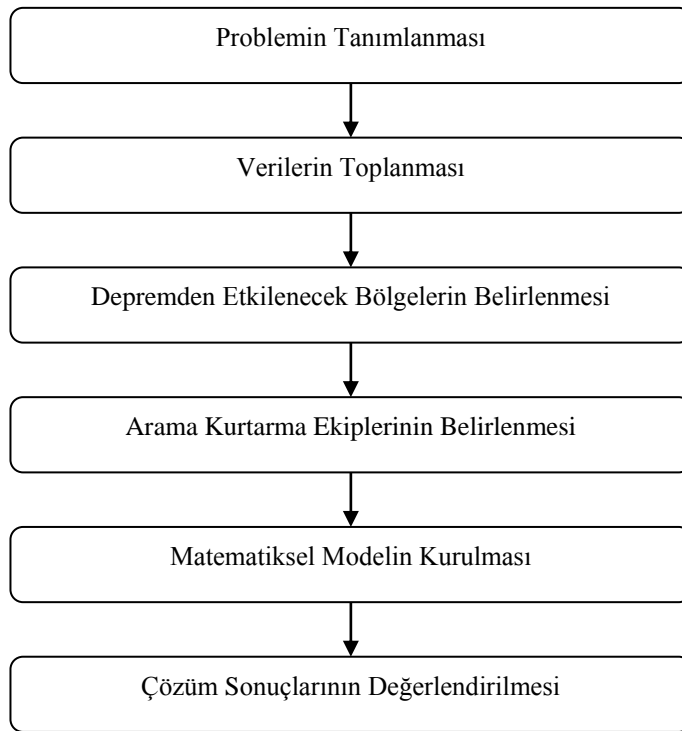
	Ekip 1	Ekip 2	Ekip 3
Yönetim			
Arama			
Kurtarma			
Tıbbi			
Lojistik			

Her bir bileşene atanan donanımlı personellerle üç ekip oluşturulmuştur. Orta sınıf arama kurtarma ekibi olan Ekip 1'de yönetim, arama, kurtarma, tıbbi ve lojistik

bileşenlerine sırasıyla 8, 6, 14, 4 ve 5 personel olmak üzere toplam 40 personelin ataması gerçekleştirilmiştir. Ağır sınıf arama kurtarma ekibi olan Ekip 2 ve Ekip 3'te yönetim, arama, kurtarma, tıbbi ve lojistik bileşenlerine sırasıyla 8, 8, 30, 7 ve 6 personel olmak üzere toplam 59 personelin ataması gerçekleştirilmiştir. Böylelikle ekiplerin boyutlarına göre, her görevden olması gereken sayıda personel ataması yapılmıştır. Ayrıca bütün ekipler için tüm kısıtlar ve istenilen hedefler tam olarak sağlanmıştır.

5.2. Uygulama 2: Olası Bingöl Depreminde Arama Kurtarma Ekiplerini Afet Bölgelerine Atama

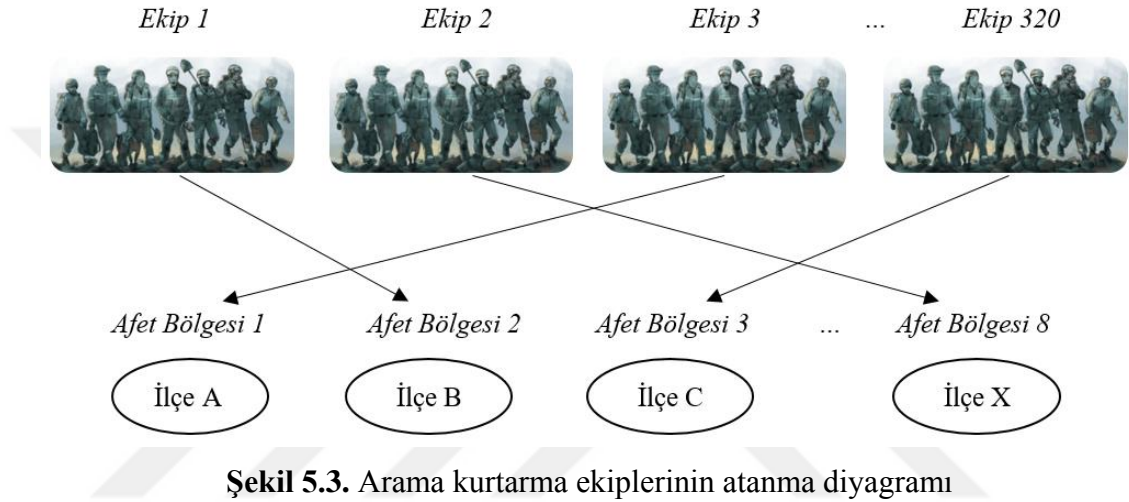
Bilimsel öngörülere göre Bingöl'de olası bir deprem yakındır. Bu nedenle bu uygulamada, depremlerin çok sık meydana geldiği Bingöl İli ele alınmıştır. Risk analizi için AFAD-RED analiz programı kullanılarak AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından deprem senaryoları oluşturulmaktadır. Senaryo sonuçlarından sismik şiddet haritası, yapısal hasar (hafif, orta, ağır ve yıkık) grafiği vb. çıktılar elde edilmektedir. Bu çıktılar kullanılarak gerçekleştirilen bu uygulamanın akış şeması Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Uygulama 2 akış şeması

5.2.1. Problemin Tanımlanması

Bu uygulamada, KAFZ üzerinde bulunan Yedisu segmentinde 7.2 büyüklüğünde bir deprem olması durumunda çoklu afet bölgesine arama ve kurtarma ekiplerinin atanma problemi hedef programlama yöntemi ile ele alınmaktadır. Bu aşamada depremden etkilenen bölgelere hangi arama ve kurtarma ekiplerinin sevk edilmesinin kararını önceden vermek müdahale sürecini hızlandıracaktır. Afetten etkilenen bölgelere gönderilen arama kurtarma ekiplerinin atanma diyagramı **Şekil 5.3**'te gösterilmektedir.



5.2.2. Verilerin Toplanması

Arama kurtarma ekiplerinin atanma probleminin çözümü için elde edilen bilgiler aşağıda listelenmiştir (AFAD, 2021a).

- ✓ Olası bir deprem senaryosu
- ✓ Şiddet dağılım haritası (**Şekil 5.4**)
- ✓ Yapısal hasar grafiği (**Şekil 5.5**)
- ✓ Arama kurtarma ekipleri hakkında bilgi
- ✓ Bölgelere gönderilecek olan arama kurtarma ekipleri ve sayısı

çevresinde yaklaşık 12 ilde hissedileceği, 26 bölgede az/orta/ağır hasarlı ve yıkık binaların olacağı tahmin edilmektedir (AFAD, 2021a). Bu uygulamada yıkımın meydana geleceği 8 bölgede arama kurtarma çalışmalarının yürütüldüğü varsayılmıştır. Ancak kendi imkanlarıyla binalarını terkedemeyecek olan afetzedelerin (engelli, yaşlı, felçli vb.) bulunduğu ağır hasarlı binalarda da arama kurtarma çalışmaları yürütülmektedir. Bu durumda matematiksel modele kısıt eklenmelidir. Yıkık binalara göre ağır hasarlı binalarda bu çalışmaların daha riskli olduğunu unutmamak gerekir.

5.2.4. Arama Kurtarma Ekiplerinin Belirlenmesi

Arama kurtarma ekipleri çöken bina enkazlarında veya herhangi bir alanda arama kurtarma operasyonları yaparak kayıpları en aza indirmek ve ikincil afeti önlemek adına görev almaktadırlar. Beklenen nüfus yoğunluğu, müdahale ölçeği, coğrafi özellikler vb. faktörler göz önünde bulundurularak ekipler yönlendirilmektedir. AFAD çalışanlarının tecrübeleri ve bilgileri doğrultusunda hangi illerden kaç ekip gönderileceği ve ekiplerin hangi durumdaki binalarda arama kurtarma çalışmalarını yürüttüğü öğrenilmiştir.

- ✓ Deprem afetinin büyüklüğüne ve şiddetine göre, etkilenen bölgelere yönlendirilmesi için bu uygulamada 320 AFAD arama kurtarma ekibi bulunmaktadır.
- ✓ Türkiye’de 16 adet AFAD Birlik Müdürlüğü bulunmaktadır ve afet meydana geldiğinde her Birlik Müdürlüğü’nden 8 ekip afet bölgelerine gönderilmektedir.
- ✓ Afetten etkilenen bölgelerdeki arama kurtarma ekipleri dahil edilemez ancak illerinde herhangi bir hasar yoksa arama kurtarma çalışmalarına katılabilirler. Ele alınan bu senaryoda Diyarbakır ve Erzurum illerinin de etkileneceğini şiddet haritasında görülmektedir ve bu illerdeki arama kurtarma ekipleri dahil edilmemiştir. Birliklerden gelecek toplam ekip sayısı 112 olmuştur.
- ✓ Bu çalışmada, planlama yapılırken maksimum sayı kullanılarak yıkımın olduğu bölgelere, yıkık bina sayısının yaklaşık olarak 1/3 oranında arama kurtarma ekiplerinin atanması yapılmıştır.

Bölgelerdeki yıkık bina sayılarına göre belirlenen ekip sayıları **Çizelge 5.4**'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Bölgelere göre yıkık bina ve ekip sayısı

İlçe	Yıkık Bina	Ekip Sayısı
Bingöl-Adaklı	40	15
Bingöl-Karlıova	264	88
Bingöl-Yedisu	310	105
Erzincan-Çayırılı	5	2
Erzincan-Tercan	75	25
Erzincan-Üzümlü	15	5
Erzurum-Çat	100	35
Tunceli-Pülümür	50	20

5.2.5. Matematiksel Modelin Kurulması

“Hangi bölgeye hangi arama kurtarma ekibi atanmalı?” kararını en kısa sürede ve doğru bir şekilde verebilmek için hedef programlama yöntemi kullanılarak matematiksel model oluşturulmuştur. Çalışma bir karar verme problemi olduğu için ve belirli oran ile hedeflenen ekip sayılarına tam olarak ulaşabilmek amacıyla, çok amaçlı karar verme tekniklerinden biri olan hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Bu bölümde sapma değişkenleri eşit önem derecesine sahiptir. Ancak alt bölüm 5.2.7. bu sapma değişkenlerinin her biri farklı ağırlıklarla çarpılarak ağırlıklı hedef programlama yöntemi kullanılmıştır ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Parametreler

$n = \text{ekip sayısı}$

$m = \text{bölge sayısı}$

$l = \text{hedef kısıtı sayısı}$

$i = \text{ekip indeksi} \quad i = 1, 2, \dots, n$

$j = \text{bölge indeksi} \quad j = 1, 2, \dots, m$

$k = \text{hedef kısıtı indeksi} \quad k = 1, 2, \dots, l$

Hedef kısıtları sağ taraf değerleri: $a_k = [15, 88, 105, 2, 25, 5, 35, 20, 32, 48, 16, 16]$

Sapma değişkenlerinin ağırlık kat sayısı: $w_s=1$ ($s=1, 2, \dots, 12$)

Karar değişkenleri

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, i. ekip j. bölgeye atanırsa \\ 0, diğer durumlar \end{cases} \quad \forall_{i,j}$$

d_{ik}^+ = i . ekibin 1 . hedeften pozitif sapma miktarı ($i=1,2,\dots, 320; k=1,2,\dots,12$)

d_{ik}^- = i . ekibin 1 . hedeften negatif sapma miktarı ($i=1,2,\dots, 320; k=1,2,\dots,12$)

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1 \quad \forall_j \quad (5.41)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall_i \quad (5.42)$$

Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{1,2, \dots 8\} \quad (5.43)$$

$$\sum_{i=1}^{112} x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \in \{(2,9), (3,10), (5,11), (7,12)\} \quad (5.44)$$

Amaç fonksiyonu

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (w_s * d_{ik}^+ + w_s * d_{ik}^-) \quad \forall_{k,s} \quad (5.45)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (5.46)$$

$$d_{ik}^+, d_{ik}^- \geq 0 \quad \forall_{i,k} \quad (5.47)$$

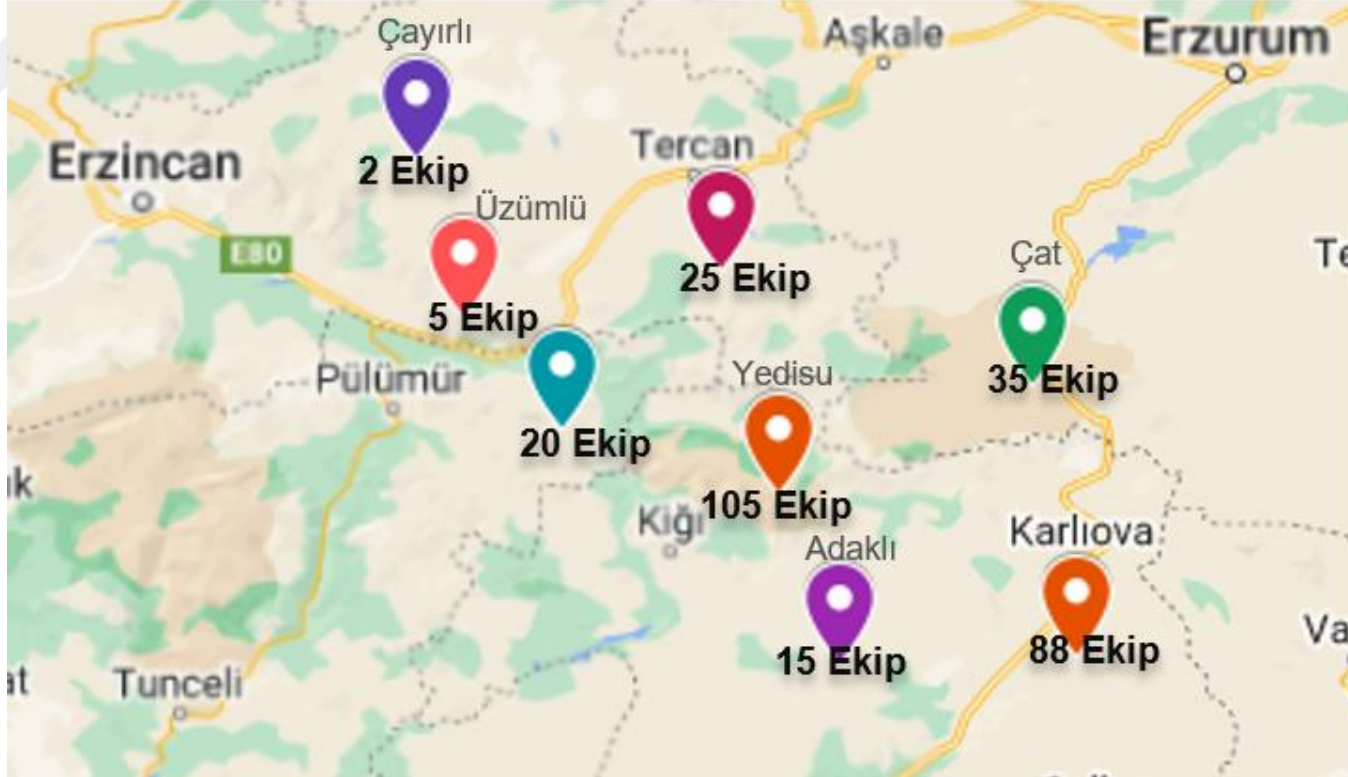
Denklem (5.41) her bölgeye en az bir ekip atanmasını ve Denklem (5.42) her ekibin en fazla bir bölgeye atanmasını sağlamaktadır. Denklem (5.43)-(5.54) problemin hedef kısıtlarıdır. Denklem (5.43) afet bölgelerine atanması istenen ekip sayısını ifade etmektedir. Denklem (5.44) Birlik Müdürlüğü'nün bulunduğu illerden afet bölgelerine atanması gereken ekip sayısını ifade etmektedir. Denklem (5.45) problemin amaç fonksiyonu ve Denklem (5.46) ve Denklem (5.47) problemdeki karar değişkenlerinin işaret kısıtlarıdır. Girdiler ve girdi değerleri **Çizelge 5.5**'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Girdiler ve değerleri

Girdiler	Değerleri
Mevcut ekip sayısı (i)	320
Afet bölgesi sayısı (j)	8
Kısıt sayısı	10
Hedef kısıtı sayısı	10
Sapma değişkeni sayısı	12

5.2.6. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

En fazla diri fay hattının bulunduğu illerden biri olan Bingöl’de 7.2 büyüklüğünde bir deprem yaşanması durumunda oluşturulan senaryodan elde edilen çıktılara göre, bölgelere kaç tane arama kurtarma ekibinin sevk edileceği **Şekil 5.6**’da verilmiştir. Model ILOG CPLEX Studio IDE optimizasyon programının CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür. Modelin çözüm süresi 3 saniye 12 salisedir. Amaç fonksiyonu ve sapma değişkenlerinin değeri sıfırdır, kısıtlar ve hedef kısıtları sağlanmıştır.



Şekil 5.6. Bingöl depreminde atanan arama kurtarma ekip sayıları

Matematiksel modeldeki tüm kısıtların sağlandığı elde edilmiştir. Bingöl-Adaklı ilçesine 15 Ekip, Bingöl-Karlıova ilçesine 88 Ekip, Bingöl-Yedisu ilçesine 105 Ekip, Erzincan-Çayırlı ilçesine 2 Ekip, Erzincan-Tercan ilçesine 25 Ekip, Erzincan-Üzümlü ilçesine 5 Ekip, Erzurum-Çat ilçesine 35 Ekip ve Tunceli-Pülümür ilçesine 20 Ekip atanmıştır. Bingöl-Karlıova ilçesine sevk edilen 88 ekip içerisinde 32'si, Bingöl-Yedisu ilçesine sevk edilen 105 ekip içerisinde 48'i, Erzincan-Tercan ilçesine sevk edilen 25 ekip içerisinde 16'sı, Erzurum-Çat ilçesine sevk edilen 88 ekip içerisinde 16'sı Birlik Müdürlükleri'nden atanmıştır ve böylelikle hedef kısıtları sağlanmıştır. Mevcut 320 arama kurtarma ekibinden toplam 295 AFAD ekibinin, deprem bölgelerinde yıkımın meydana geldiği 8 afet bölgesine ataması yapılmıştır. Böylelikle eniyi çözüme ulaşılmıştır.

5.2.7. Matematiksel Modelin Geliştirilmesi

Parametreler

$n =$ ekip sayısı

$m =$ bölge sayısı

$l =$ hedef kısıtı sayısı

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

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

$k =$ hedef kısıtı indeksi $k = 1, 2, \dots, l$

Hedef kısıtları sağ taraf değerleri: $a_k = [15, 88, 105, 2, 25, 5, 35, 20, 32, 48, 16, 16]$

Karar değişkenleri

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

$d_{ik}^+ = i. \text{ ekibin } k. \text{ hedeften pozitif sapma miktarı } (i=1,2,\dots, n; k=1,2,\dots, 12)$

$d_{ik}^- = i. \text{ ekibin } k. \text{ hedeften negatif sapma miktarı } (i=1,2,\dots, n; k=1,2,\dots, 12)$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1 \quad \forall_j \quad (5.48)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall_i \quad (5.49)$$

Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \text{ \& } j = k, j, k \in \{1, 2, \dots, 8\} \quad (5.50)$$

$$\sum_{i=1}^{112} x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \in \{(2,9), (3,10), (5,11), (7,12)\} \quad (5.51)$$

Amaç fonksiyonu

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{i=1}^n (1 * d_{i1}^+ + 4 * d_{i1}^- + 1 * d_{i2}^+ + 10 * d_{i2}^- + 1 * d_{i3}^+ + 12 * d_{i3}^- \\ & + 1 * d_{i4}^+ + 1 * d_{i4}^- + 2 * d_{i5}^+ + 7 * d_{i5}^- + 1 * d_{i6}^+ + 3 * d_{i6}^- \\ & + 1 * d_{i7}^+ + 8 * d_{i7}^- + 1 * d_{i8}^+ + 6 * d_{i8}^- + 1 * d_{i9}^+ + 9 * d_{i9}^- \\ & + 0.01 * d_{i10}^+ + 11 * d_{i10}^- + 0.01 * d_{i11}^+ + 2 * d_{i11}^- \\ & + 0.01 * d_{i12}^+ + 2 * d_{i12}^-) \end{aligned} \quad (5.52)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (5.53)$$

$$d_{ik}^+, d_{ik}^- \geq 0 \quad \forall_{i,k} \quad (5.54)$$

Denklem (5.48) her bölgeye en az bir ekip atanmasını ve Denklem (5.49) her ekibin en fazla bir bölgeye atanmasını sağlamaktadır. Denklem (5.50) problemin hedef kısıtıdır ve afet bölgelerine atanması gereken ekip sayısını sağlamaktadır. Denklem (5.51) Birlik Müdürlüğü'nün bulunduğu illerden afet bölgelerine gitmesi gereken ekip sayısını sağlamaktadır. Denklem (5.52) problemin amaç fonksiyonu ve Denklem (5.53) ve Denklem (5.54) işaret kısıtıdır.

Ekip sayısı $i=290$ olarak kabul edildiğinde $j=8$ iken model çözdürülmüştür. Yeni çözüm sonuçlarına göre afet bölgelerine atanan ekip sayıları **Çizelge 5.6'**da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Yeni çözüm sonuçları 1

Bölge	Atanan Ekip Sayısı	Hedeflenen Ekip Sayısı
Bingöl-Adaklı	15	15
Bingöl-Karlıova	88	88
Bingöl-Yedisu	105	105
Erzincan-Çayırılı	1	2
Erzincan-Tercan	25	25
Erzincan-Üzümlü	1	5
Erzurum-Çat	35	35
Tunceli-Pülümür	20	20

Bingöl-Karlıova ilçesine 32 ekip, Bingöl-Yedisu ilçesine 48 ekip, Erzincan-Tercan ilçesine 16 ekip, Erzincan-Çayırılı ve Erzincan-Üzümlü için hedef kısıtları sağlanamamıştır. Amaç fonksiyonu değeri 13, $d_{290,4}^- = 1$ ve $d_{290,6}^- = 4$ 'tür. Diğer sapma değişkenlerinin değeri sıfıra eşit çıkmıştır.

Ekip sayısı $i=280$ olarak kabul edildiğinde $j=8$ iken model çözdürülmüştür. Yeni çözüm sonuçlarına göre afet bölgelerine atanan ekip sayıları **Çizelge 5.7**'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Yeni çözüm sonuçları 2

Bölge	Atanan Ekip Sayısı	Hedeflenen Ekip Sayısı
Bingöl-Adaklı	5	15
Bingöl-Karlıova	88	88
Bingöl-Yedisu	105	105
Erzincan-Çayırılı	1	2
Erzincan-Tercan	25	25
Erzincan-Üzümlü	1	5
Erzurum-Çat	35	35
Tunceli-Pülümür	20	20

Bingöl-Karlıova ilçesine 32 ekip, Bingöl-Yedisu ilçesine 48 ekip, Erzincan-Tercan ilçesine 16 ekip, Erzincan-Çayırılı ve Erzincan-Üzümlü için hedef kısıtları sağlanamamıştır. Amaç fonksiyonu değeri 53, $d_{280,1}^- = 10$, $d_{280,4}^- = 1$ ve $d_{280,6}^- = 4$ 'tür. Diğer sapma değişkenleri sıfıra eşit çıkmıştır.

Ekip sayısı $i=250$ olarak kabul edildiğinde $j=8$ iken model çözdürülmüştür. Yeni çözüm sonuçlarına göre afet bölgelerine atanan ekip sayıları **Çizelge 5.8**'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Yeni çözüm sonuçları 3

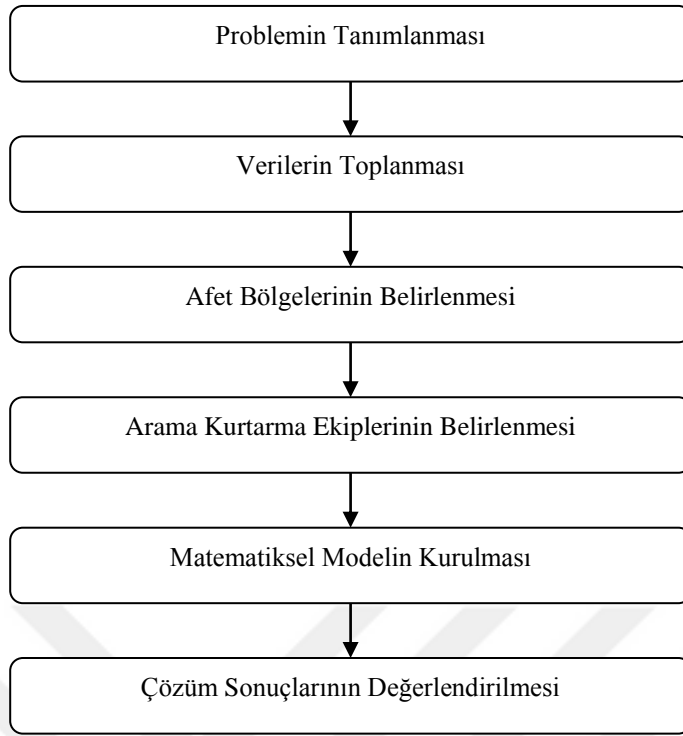
Bölge	Atanan Ekip Sayısı	Hedeflenen Ekip Sayısı
Bingöl-Adaklı	1	15
Bingöl-Karlıova	88	88
Bingöl-Yedisu	105	105
Erzincan-Çayırılı	1	2
Erzincan-Tercan	18	25
Erzincan-Üzümlü	1	5
Erzurum-Çat	35	35
Tunceli-Pülümür	1	20

Bingöl-Karlıova ilçesine 32 ekip, Bingöl-Yedisu ilçesine 48 ekip, Erzincan-Tercan ilçesine 16 ekip, Erzurum-Çat ilçesine 16 ekip Birlik Müdürlüğü'nden sevk edilmiştir. Çözüm sonuçlarına göre Bingöl-Adaklı, Erzincan-Çayırılı, Erzincan-Üzümlü ve Tunceli-Pülümür için hedef kısıtları sağlanamamıştır. Amaç fonksiyonu değeri 232, $d_{250,1}^- = 4$, $d_{250,4}^- = 1$, $d_{250,5}^- = 7$, $d_{250,6}^- = 4$ ve $d_{250,8}^- = 19$ 'dur. Diğer sapma değişkenleri sifıra eşit çıkmıştır.

Oluşturulan matematiksel model ağırlıklı hedef programlama yöntemine dönüştürülmüştür. Yıkık binaların fazla olduğu afet bölgelerini ifade eden sapma değişkenlerine daha büyük katsayı ataması yapılarak farklı (i,j) kombinasyonları ile çözüm sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her hedef kısıtı sağlanamasa da yıkımın fazla olduğu afet bölgelere istenilen sayıda arama kurtarma ekibi sevk edilmiştir.

5.3. Uygulama 3: Elazığ Depreminde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgesi

Bu uygulamada, 1. derece deprem bölgesinde yer alan ve depremlere sıklıkla maruz kalan Elazığ İli ele alınmıştır. Olası bir Elazığ depremi sonucunda kayıpların en azda tutulması istenmektedir. Dolayısıyla AFAD tarafından oluşturulan bir deprem senaryosunun çıktıları kullanılarak çalışma yürütülmüştür. Problemin akış şeması **Şekil 5.7**'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Uygulama 3 akış şeması

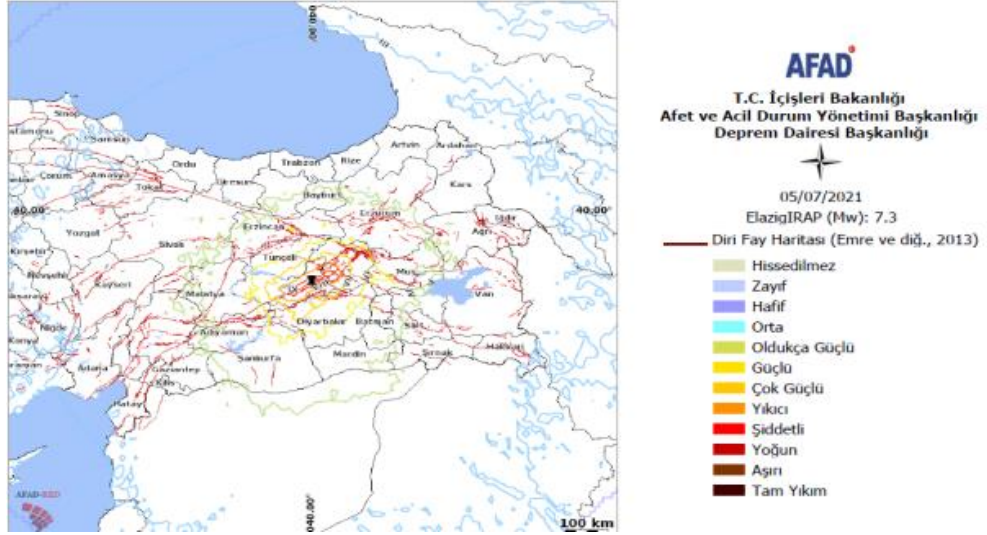
5.3.1. Problemin Tanımlanması

Doğu Anadolu Faz Zonu (DAFZ) üzerinde ve aynı zamanda Elazığ İli güneydoğusunda Palu segmentinin tamamen kırılması sonucunda 7.3 büyüklüğünde bir deprem meydana geldiğinde yıkımın meydana geldiği ilçelere sevk edilecek olan arama kurtarma ekiplerinin çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır. Bu çalışmada “Hangi ilçeye hangi AFAD arama kurtarma ekipleri gönderilmelidir?” sorusuna cevap aranmaktadır. Ele alınan problem NP-zor yapıda bir problemdir ve çözümünde hedef programlama yönteminden yararlanılmıştır.

5.3.2. Verilerin Toplanması

Arama kurtarma ekiplerini çizelgeleme probleminin çözümü için Palu segmentinde olası bir depremin büyüklüğü, depremden etkilenen ilçeler ve arama kurtarma ekipleri hakkında bilgiler toplanmıştır. Elde edilen bilgiler aşağıda listelenmiştir (AFAD, 2021b).

- Palu segmentinde meydana gelecek bir deprem senaryosu
- Şiddet dağılım haritası (Şekil 5.8)
- Bina hasar grafiği



Şekil 5.8. Elazığ depremi şiddet dağılım haritası (AFAD, 2021b)

5.3.3. Afet Bölgelerinin Belirlenmesi

Yaklaşık 13 ilde farklı şiddetlerde hissedilen depremin yıkıcı etkisi Elazığ İlinde görülmüştür. Alacakaya, Arıcak, Karakoçan, Kovancılar, Maden, Merkez, Palu, Sivrice olmak üzere 8 ilçede binalarda hasara neden olmuştur. Bina hasar sayısına göre en fazla Elazığ Merkez ile Kovancılar ilçeleri etkilenmiştir. Adıyaman, Batman, Bayburt, Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Malatya, Mardin, Muş, Siirt, Tunceli illerinde hissedilmiştir. Bu illerden bazılarında deprem çok yoğun bir şekilde hissedilirken bazı illerde daha az yoğunlukta hissedilmiştir. Bu çalışmada yıkık binaların olduğu Alacakaya, Arıcak, Karakoçan, Kovancılar, Maden, Merkez, Palu, Sivrice olmak üzere 8 ilçede arama kurtarma çalışmaları yürütülecektir.

5.3.4. Arama Kurtarma Ekiplerinin 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. Elazığ ilçelerinde meydana gelen yıkımlar sonucunda ilçelere sevk edilen arama kurtarma ekiplerinin sayısı yıkık bina sayılarına yaklaşık 1/10 oranla belirlenmiştir. Birlik Müdürlükleri'nin bulunduğu illerden 6 veya 8 AFAD ekibi, İl Müdürlükleri'nin bulunduğu illerden ise 1 veya 2 AFAD ekibi çıkabilmektedir. İlçelerdeki yıkıma göre belirlenen ekip sayıları **Çizelge 5.9'da** verilmiştir.

Çizelge 5.9. İlçelere göre bina ve ekip sayısı

İlçe	Yıkık Bina	Ekip Sayısı
Alacakaya	31	4
Arıcak	9	1
Karakoçan	167	17
Kovancılar	1499	150
Maden	275	28
Merkez	293	30
Palu	1472	148
Sivrice	5	1

5.3.5. Matematiksel Modelin Kurulması

“Hangi ilçeye hangi AFAD arama kurtarma ekibi atanmalı?” sorusuna kısa sürede ve makul bir şekilde karar verebilmek için hedef programlama yöntemi kullanılarak bir model oluşturulmuştur.

Parametreler

$n = \text{ekip sayısı}$

$m = \text{bölge sayısı}$

$l = \text{hedef kısıtı sayısı}$

$i = \text{ekip indeksi} \quad i = 1, 2, \dots, n$

$j = \text{ilçe indeksi} \quad j = 1, 2, \dots, m$

$k = \text{hedef kısıtı indeksi} \quad k = 1, 2, \dots, l$

Hedef kısıtları sağ taraf değerleri: $a_k = [4, 1, 17, 150, 28, 30, 148, 1, 40, 16, 16, 40]$

Karar değişkenleri

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

$d_{ik}^+ = i. \text{ ekibin } k. \text{ hedeften pozitif sapma miktarı} \quad (i=1, 2, \dots, 380, k=1, 2, \dots, 12)$

$d_{ik}^- = i. \text{ ekibin } k. \text{ hedeften negatif sapma miktarı} \quad (i=1, 2, \dots, 380, k=1, 2, \dots, 12)$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1 \quad \forall_j \quad (5.55)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall_i \quad (5.56)$$

Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \text{ \& } j = k, j, k \in \{1, 2, \dots, 8\} \quad (5.57)$$

$$\sum_{i=1}^{112} x_{ik} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \in \{(4, 9), (5, 10), (6, 11), (7, 12)\} \quad (5.58)$$

Amaç fonksiyonu

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (d_{ik}^+ + d_{ik}^-) \quad (5.59)$$

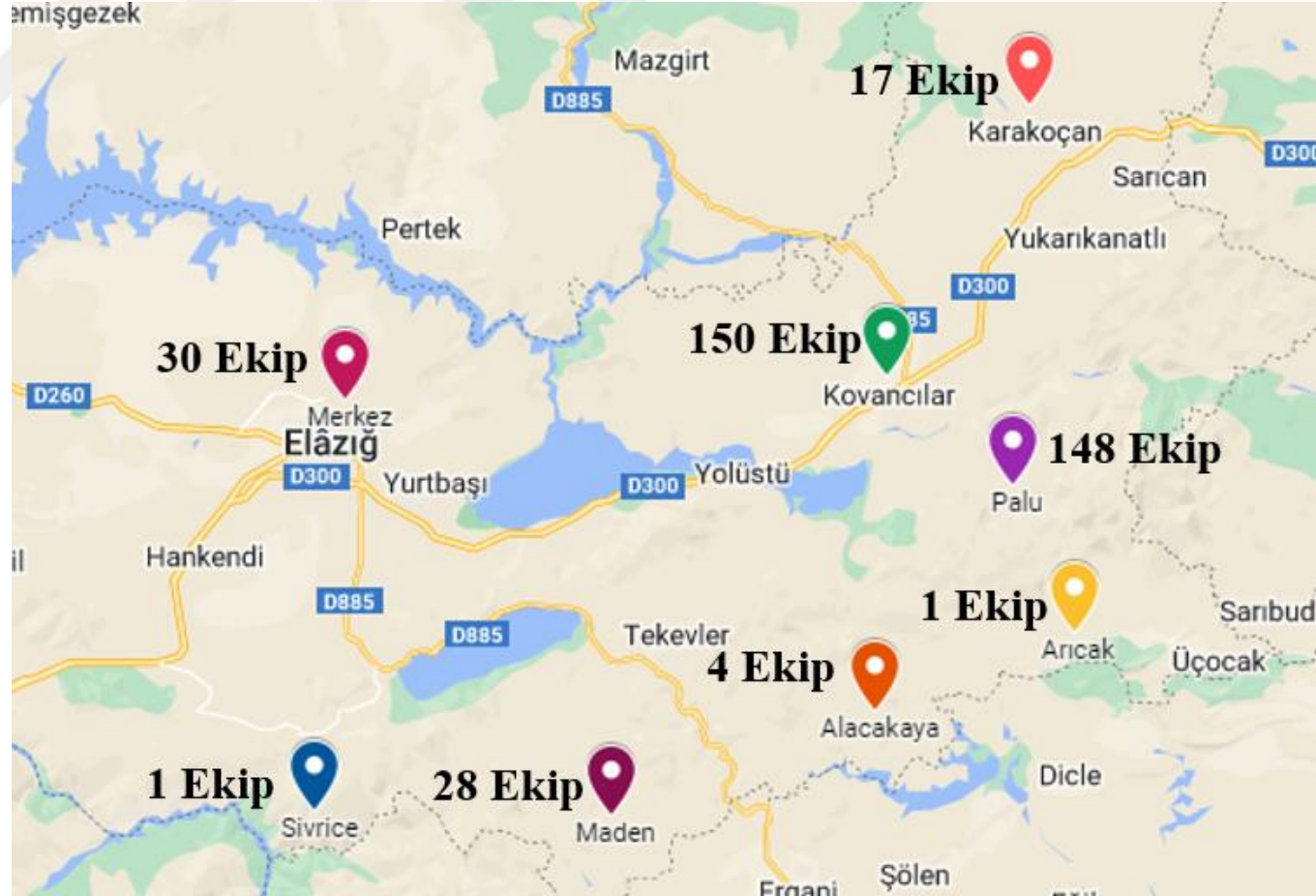
$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (5.60)$$

$$d_{ik}^+, d_{ik}^- \geq 0 \quad \forall_{i,k} \quad (5.61)$$

Denklem (5.55) her ilçeye en az bir ekip atanmasını ve Denklem (5.56) her ekibin en fazla bir ilçeye atanmasını sağlamaktadır. Denklem (5.57) afet ilçelerine sevk edilmesi istenen ekip sayısını ifade etmektedir. Denklem (5.58) Birlik Müdürlüğü'nün bulunduğu ilden afet ilçelerine sevk edilecek olan ekip sayısını sağlamaktadır. Denklem (5.59) problemin amaç fonksiyonu ve Denklem (5.60) ve Denklem (5.61) işaret kısıtlarıdır.

5.3.6. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

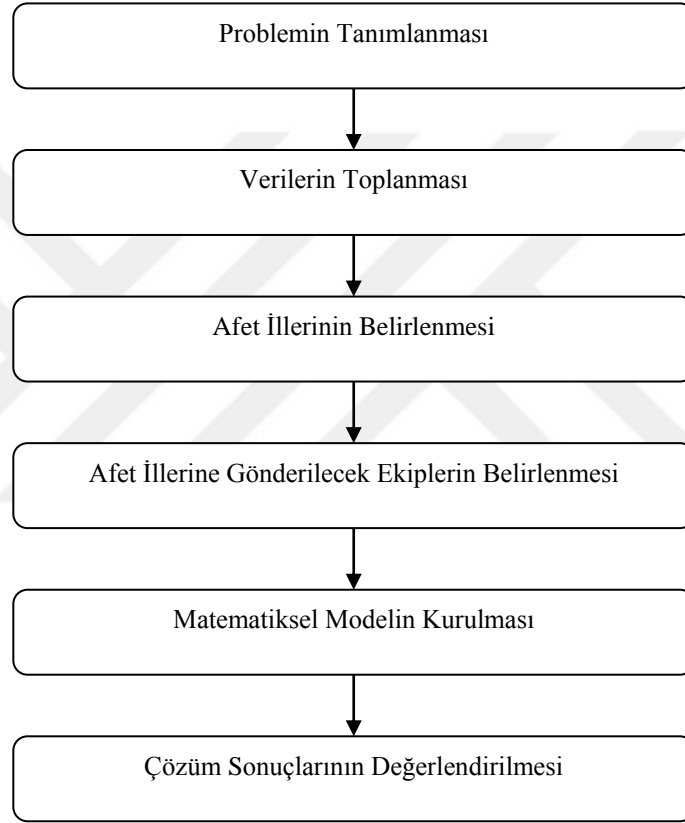
Elde edilen çözüm sonuçlarına göre, Elazığ Alacakaya ilçesine 4 Ekip, Elazığ Arıcak ilçesine 1 Ekip, Elazığ Karakoçan ilçesine 17 Ekip, Elazığ Kovancılar ilçesine 150 Ekip, Elazığ Maden ilçesine 28 Ekip, Elazığ Merkez ilçesine 30 Ekip, Elazığ Palu ilçesine 148 Ekip ve Elazığ Sivrice ilçesine 1 Ekip atanmıştır. Kovancılar ilçesine sevk edilen 150 ekipten 40'sı, Maden ilçesine sevk edilen 28 ekipten 16'sı, Merkez ilçesine sevk edilen 30 ekipten 16'sı ve Palu ilçesine sevk edilen 148 ekipten 40'si Birlik Müdürlükleri'nden atanmıştır. Böylelikle hedef kısıtlarının tamamı sağlanmıştır. Çözüm sonuçları **Şekil 5.9**'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Elazığ depreminde atanan arama kurtarma ekip sayıları

5.4. Uygulama 4: Bingöl Depreminde Psikososyal Destek Ekiplerinin Çizelgesi

Bu uygulamada, yerbilim insanlarının yakın zamanda deprem beklediği Bingöl ili ele alınmıştır. Bingöl ve civarında olası iki farklı deprem senaryosu ele alınmıştır. Türk Kızılayı psikososyal destek ekiplerinin afetten etkilenen illere atanması problemi ele alınmıştır. Akış şeması Şekil 5.10'da görüldüğü gibidir.



Şekil 5.10. Uygulama 4 akış şeması

5.4.1. Problemin Tanımlanması

Afet ve acil durum meydana geldiği andan itibaren sahaya inerek psikolojik uyumsuzluk ve bozuklukların önlenmesi amacıyla normalizasyon faaliyetleri sürdüren, psikososyal destek hizmeti sağlayan personellerden oluşturulan ekiplerin afet illerine atanması problemi hedef programlama yöntemi ile ele alınmıştır. AFAD tarafından oluşturulan Bingöl ve civarında olası iki deprem senaryosu ve Türk Kızılayı toplum merkezlerinde hizmet veren psikososyal destek ekipleri ile çalışma sürdürülmüştür. Senaryo 1, Göynük segmentinde 6.9 büyüklüğünde bir depremde

etkilenecek 9 afet iline toplum merkezlerinin atanması problemidir. Senaryo 2, Yedisu segmentinde 7.2 büyüklüğünde bir depremde etkilenecek 11 afet iline toplum merkezlerinin atanması problemidir (AFAD, 2021a).

5.4.2. Verilerin Toplanması

➤ AFAD

Deprem risk analiz çalışmaları için AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan Bingöl İl Afet ve Risk Planlaması Kılavuzu incelenmiştir. Bu kılavuzda AFAD-RED programı kullanılarak üretilmiş olan Bingöl İli'ni etkileyecek farklı segmentlerde ve farklı büyüklüklerde deprem senaryoları bulunmaktadır. Meydana gelecek bir deprem sonucu bilgi kirliliği ve kaosun ortadan kaldırılması, müdahale ekiplerinin doğru afet bölgelerine hızlı bir şekilde sevk edilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Ele alınan uygulamada bu senaryolar ve senaryoların çıktılarını kullanılmıştır (AFAD, 2021a).

➤ Türk Kızılayı

Türkiye'de afet ve acil durumlarda sosyal hizmetler alanında hizmet vermekte olan 19 ilde toplamda 20 adet toplum merkezi Türk Kızılayı Sosyal Hizmetler Direktörlüğü bulunmaktadır. Bu toplum merkezlerinde deneyimli ve gönüllü olan belirli meslek gruplarından Psikososyal destek hizmeti veren, daha önce afet sahasını görmüş ve karşılaşacağı zorluklara dayanıklı personeller bulunmaktadır. Meslek gruplarını sosyal hizmet uzmanı, çocuk gelişim uzmanı, psikolog ve psikolojik danışman oluşturmaktadır. Bir toplum merkezinde 5 sosyal hizmet uzmanı, 1 çocuk gelişim uzmanı, 2 psikolog ve 1 psikolojik danışman olmak üzere 9 çalışan bulunmaktadır.

5.4.3. Afet İllerinin Belirlenmesi

Bingöl İl Afet ve Risk Planlaması'nda bulunan iki farklı deprem senaryosu vardır. Bu senaryoların çıktılarında biri de sismik şiddet haritasıdır. Senaryo 1'de Göynük segmentinde meydana gelebilecek 6.9 büyüklüğünde bir depremde farklı şiddette etkilenen Bingöl, Batman, Bitlis, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Muş ve Tunceli olmak üzere 9 afet ili vardır. Senaryo 2'de Yedisu segmenti üzerinde meydana gelebilecek 7.2 büyüklüğündeki bir depremde farklı şiddette etkilenen

Bingöl, Bayburt, Batman, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Muş, Tunceli ve Şanlıurfa olmak üzere 11 afet ili vardır (AFAD, 2021a).

5.4.4. Afet İllerine Gönderilecek Ekiplerin Belirlenmesi

Psikososyal destek hizmeti vermekte olan her bir toplum merkezleri afet meydana geldiğinde afet iline en az 4 ve en fazla 6 kişilik bir ekip göndermektedir. Bu ekip içerisinde dört meslek grubundan en az 1 personel olmak zorundadır. Afetin büyüklüğüne ve etkisine göre her bir afet iline aynı destek ekiplerinden bağımsız olarak toplum merkezlerinden en az 4 ve en fazla 15 kişilik bir ekip gönderilmektedir. Her afet iline en az 1 ekip gönderilmelidir. Bir ekip en fazla bir ile gönderilmelidir.

5.4.5. Matematiksel Model

Senaryo 1 ve Senaryo 2 için problem çözümünde hedef programlama yöntemi kullanılarak matematiksel model oluşturulmuştur.

Senaryo 1

Parametreler

$n = \text{ekip sayısı}$

$m = \text{il sayısı}$

$l = \text{hedef kısıtı sayısı}$

$i = \text{ekip} \quad i = 1, 2, \dots, n$

$j = \text{afet ili} \quad j = 1, 2, \dots, m$

$k = \text{hedef kısıtı indeksi} \quad k = 1, 2, \dots, l$

Hedef kısıtları sağ taraf değerleri: $\alpha_k = [4, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 1, 1]$

Karar değişkenleri

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

$d_{ik}^+ = i.$ ekibin $k.$ hedeften pozitif sapma miktarı ($i = 1,2, \dots, n; k = 1,2,3$)

$d_{ik}^- = i.$ ekibin $k.$ hedeften negatif sapma miktarı ($i = 1,2, \dots, n; k = 1,2,3$)

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall_i \quad (5.62)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1 \quad \forall_j \quad (5.63)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 4 \quad \forall_j \quad (5.64)$$

Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ij}^+ + d_{ij}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{1\} \quad (5.65)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{2, 3, 4\} \quad (5.66)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{5, 6, \dots, 9\} \quad (5.67)$$

Amaç fonksiyonu

$$\min z = \sum_{i=1}^n (d_{ik}^+ + d_{ik}^-) \quad \forall_k \quad (5.68)$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (5.69)$$

$$d_{ik}^+, d_{ik}^- \geq 0 \quad \forall_{i,k} \quad (5.70)$$

Denklem (5.62) bir ekibin en fazla bir afet iline atanmasıdır. Denklem (5.63) her bir afet iline en az bir ekibin atanmasıdır. Denklem (5.64) her bir afet iline en fazla 4 ekibin atanmasıdır. Denklem (5.65) depremde en çok etkilenen Bingöl'e 4 ekibin atanmasıdır. Denklem (5.66) Diyarbakır, Elazığ ve Muş illerine atanan ekip sayısının 3'e eşit olmasıdır. Denklem (5.67) Batman, Şanlıurfa, Erzincan, Erzurum ve Tunceli illerine atanan ekip sayısının 1'e eşit olmasıdır. Denklem (5.68) amaç fonksiyonudur. Denklem (5.69) ve Denklem (5.70) problemin işaret kısıtlarıdır.

Senaryo 2

Parametreler

n =ekip sayısı

m =il sayısı

l = hedef kısıtı sayısı

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

j = afet ili $j=1,2, \dots, m$

k = hedef kısıtı indeksi $k=1,2, \dots, l$

Hedef kısıtları sağ taraf değerleri: $a_k = [4, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$

Karar değişkenleri

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

$d_{ik}^+ = i. ekibin k. hedeften pozitif sapma miktarı \quad (i = 1,2, \dots, n; k = 1,2,3)$

$d_{ik}^- = i. ekibin k. hedeften negatif sapma miktarı \quad (i = 1,2, \dots, n; k = 1,2,3)$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \quad (5.71)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1 \quad \forall j \quad (5.72)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 4 \quad \forall j \quad (5.73)$$

Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{1\} \quad (5.74)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{2, 3, 4\} \quad (5.75)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{5, 6, \dots, 11\} \quad (5.76)$$

Amaç fonksiyonu

$$\min z = \sum_{i=1}^n (d_{ik}^+ + d_{ik}^-) \quad \forall_k \quad (5.77)$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (5.78)$$

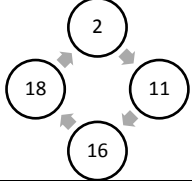
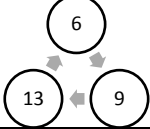
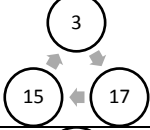
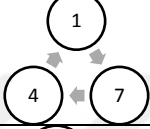

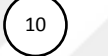


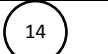
$$d_{ik}^+, d_{ik}^- \geq 0 \quad \forall_{i,k} \quad (5.79)$$

Denklem (5.71) bir ekibin en fazla bir afet iline atanmasıdır. Denklem (5.72) her bir afet iline en az bir ekibin atanmasıdır. Denklem (5.73) her bir afet iline en fazla 4 ekibin atanmasıdır. Denklem (5.74) depremden en çok etkilenen Bingöl'e 4 ekibin atanmasıdır. Denklem (5.75) Erzincan, Erzurum ve Tunceli illerine atanan ekip sayısının 3'e eşit olmasıdır. Denklem (5.76) Bayburt, Elazığ, Muş, Gümüşhane, Batman, Bitlis ve Diyarbakır illerine atanan ekip sayısının 1'e eşit olmasıdır. Denklem (5.77) amaç fonksiyonudur. Denklem (5.78) ve Denklem (5.79) problemin işaret kısıtlarıdır.

5.4.6. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

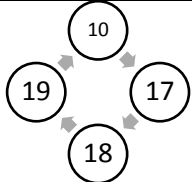
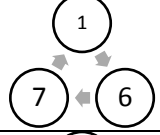
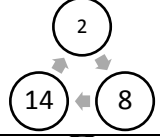
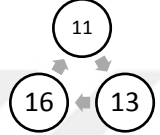
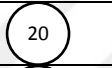




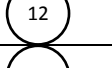

Oluşturulan matematiksel model IBM ILOG optimizasyon programının CPLEX çözücüsü ile çözdürüldüğünde Senaryo 1 çözüm sonuçları **Çizelge 5.10**'da ve Senaryo 2 çözüm sonuçları **Çizelge 5.11**'de verilmiştir.

Çizelge 5.10. Senaryo 1 çözüm sonuçları

Afet İli	Toplum Merkezi
Bingöl	
Diyarbakır	
Elazığ	
Muş	
Batman	
Şanlıurfa	
Erzincan	
Erzurum	
Tunceli	

Çizelge 5.10'da görüldüğü gibi afetten etkilenen her ile en az bir ve en fazla 4 ekip atanmak üzere Bingöl iline 4 ekip atanmıştır. Diyarbakır, Elazığ ve Muş illerine 3 ekip atanmıştır. Batman, Şanlıurfa, Erzincan, Erzurum ve Tunceli illerine 1 ekip atanmıştır. Toplam 20 ekipten 18'inin afet illerine ataması gerçekleşmiştir. Böylelikle kısıtlar ve hedef kısıtları sağlanmıştır.

Çizelge 5.11. Senaryo 2 çözüm sonuçları

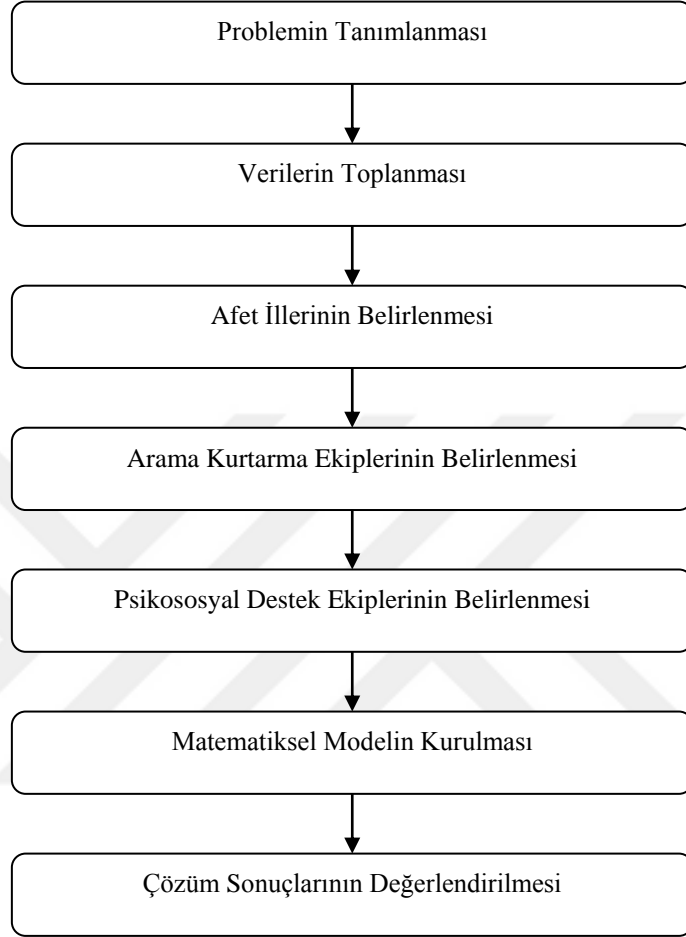
Afet İli	Toplum Merkezi
Bingöl	
Erzincan	
Erzurum	
Tunceli	
Bayburt	
Elazığ	
Gümüşhane	
Muş	
Batman	
Bitlis	
Diyarbakır	

Çizelge 5.11'de görüldüğü gibi afetten etkilenen her ile en az bir ve en fazla 4 ekip atanmak üzere Bingöl iline 4 ekip atanmıştır. Erzincan, Erzurum ve Tunceli illerine 3 ekip atanmıştır. Bayburt, Elazığ, Muş, Gümüşhane, Batman, Bitlis ve Diyarbakır illerine 1 ekip atanmıştır. Toplam 20 ekipten hepsinin afet illerine ataması gerçekleşmiştir. Böylelikle kısıtlar ve hedef kısıtları sağlanmıştır.

5.5. Uygulama 5: Erzincan Depreminde Arama Kurtarma ve Psikososyal Destek Ekiplerinin Afet İllerine Atama ve Çizelgesi

Bu uygulamada, büyük depremlerin meydana geldiği Erzincan İli ele alınmıştır. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından geçmişte yaşanmış en büyük deprem, bölgedeki aktif fayın üretebileceği en büyük deprem, fay uzunluğu gibi bilgiler

doğrultusunda muhtemel en büyük deprem senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların çıktıları kullanılarak bu çalışma yürütülmüştür. Problemin akış şeması **Şekil 5.11**'de verilmiştir.



Şekil 5.11. Uygulama 5 akış şeması

5.5.1. Problemin Tanımlanması

Kuzey Anadolu Faz Zonu (KAFZ) üzerinde yer alan Erzincan il merkezini etkileyebilecek muhtemel en büyük deprem olarak öngörülen 7.8 büyüklüğündeki bir deprem esas alınarak yıkımın meydana geldiği çoklu afet bölgelerine sevk edilecek olan arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerinin çizelgelenmesi problemi ele alınmıştır.

Çalışmanın birinci problemi Erzincan'da meydana gelecek olası bir depremde yapılacak olan arama kurtarma çalışmalarının önceden planlı olması ve yapılan müdahaleler sonucunda can ve mal kaybının en azda tutulmasının istenmesidir. İkinci problemi hayatta kalmış olan afetzedelere sosyal hizmet sağlayacak Türk

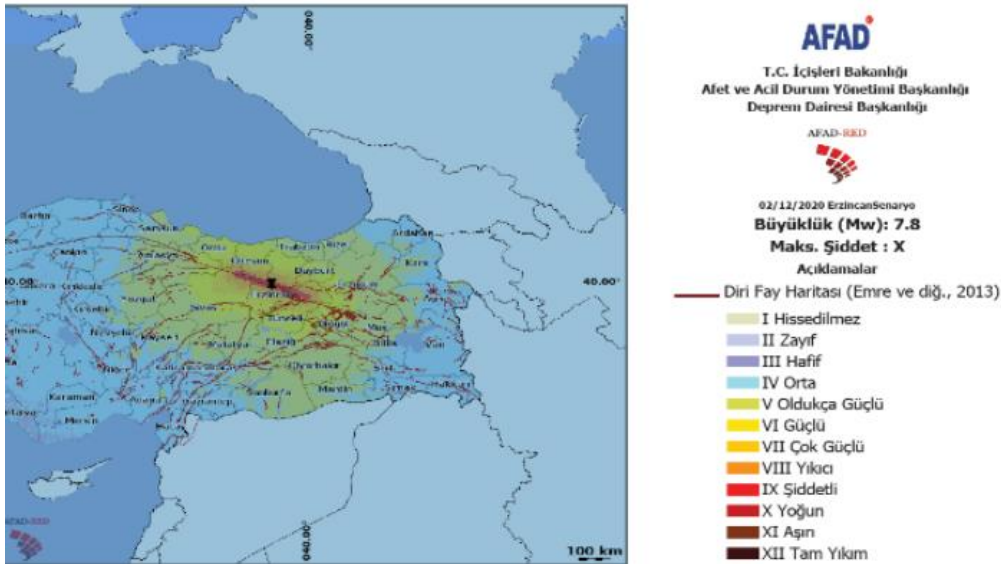
Kızılayı toplum merkezlerinde hizmet veren psikosozal destek ekiplerinin atanmasıdır.

Bu uygulamada “Hangi afet iline hangi AFAD arama kurtarma ekipleri gönderilmelidir?” ve “Hangi afet iline hangi psikosozal destek ekibi gönderilmelidir?” sorularına cevap aranmaktadır. Ele alınan problemin çözümünde hedef programlama yönteminden yararlanılmıştır.

5.5.2. Verilerin Toplanması

Bu çalışma için AFAD tarafından hazırlanan Erzincan İl Afet ve Risk Planlaması incelenmiştir ve Erzincan ilinin depremselliği hakkında bilgiler elde edilmiştir (AFAD, 2021c). AFAD arama kurtarma ekiplerinin ve Türk Kızılayı psikosozal destek ekiplerinin afet illerini atanması ve çizelgelenmesi probleminin çözümü için elde edilen bilgiler aşağıda listelenmiştir.

- ✓ Erzincan il merkezini etkileyebilecek bir deprem senaryosu (Şekil 5.12)
- ✓ İl bazında bina hasar grafiği
- ✓ AFAD arama kurtarma ekipleri hakkında bilgi
- ✓ Türk Kızılayı psikosozal destek ekipleri hakkında bilgi



Şekil 5.12. Erzincan depremi şiddet haritası (AFAD, 2021c)

5.5.3. Afet Bölgelerinin Belirlenmesi

Erzincan ve çevresini etkileyecek olası deprem senaryosunun çıktıkları incelendiğinde yaklaşık 18 ilin bu depremden etkileneceği ve Erzincan, Giresun, Gümüşhane, Ordu,

Sivas ve Tunceli olmak üzere 6 ilde binalarda yıkımın meydana geleceği öngörülmektedir (AFAD, 2021c).

5.5.4. Arama Kurtarma Ekiplerinin Belirlenmesi

Erzincan ve çevresinde meydana gelen yıkımlar sonucunda afet illerine sevk edilen arama kurtarma ekiplerinin sayısı belirlenirken, yaklaşık olarak belirlenen yıkık bina sayılarına yaklaşık 1/100 oranla belirlenmiştir. Bu da hedef kısıtlarının sağ taraf değerleridir. Mevcut arama kurtarma ekip sayısı 270'dir. İllere ait verilere göre illere atanması istenen ekip sayıları **Çizelge 5.12**'de verilmiştir.

Çizelge 5.12. İllere ait veriler

İl	İndis Numarası	Yıkık Bina Sayısı	Atanması İstenen Ekip Sayısı
Erzincan	1	17000	170
Giresun	2	900	9
Gümüşhane	3	800	8
Ordu	4	300	3
Sivas	5	7500	75
Tunceli	6	200	2

Çizelge 5.12'de Erzincan merkezli bir depremde yıkımın olacağı iller, matematiksel modelde illere karşılık gelecek indis sayıları, illere ait tahmini yıkık bina sayıları ve atanması istenen arama kurtarma ekip sayısı yer almaktadır.

5.5.5. Psikososyal Destek Ekiplerinin Belirlenmesi

Türkiye'de afet ve acil durumlarda sosyal hizmetler alanında hizmet veren Türk Kızılayı Sosyal Hizmetler Direktörlüğü bünyesinde 20 adet toplum merkezi bulunmaktadır. Bu toplum merkezlerinde deneyimli ve gönüllü olan belirli meslek gruplarından deneyimli, afet sahalarındaki zorluklara dayanıklı uzman personeller görev almaktadır. Söz konusu meslek gruplarını çocuk gelişim uzmanı, psikolog, psikolojik danışman ve sosyal hizmet uzmanı oluşturmaktadır. Bir toplum merkezinde 5 sosyal hizmet uzmanı, 1 çocuk gelişim uzmanı, 2 psikolog ve 1 psikolojik danışman olmak üzere 9 çalışan bulunmaktadır. Afet büyüklüğüne göre her afet iline aynı destek ekiplerinden bağımsız olarak ekipler gönderilmektedir. Her afet iline en az 1 ve en fazla 4 ekip gönderilmektedir. Ayrıca bir ekip en fazla bir ile gönderilmektedir.

5.5.6. Problemin Matematiksel Modeli

Parametreler

$n =$ ekip sayısı

$m =$ bölge sayısı

$l =$ hedef kısıtı sayısı

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

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

$k =$ hedef kısıtı indeksi $k = 1, 2, \dots, l$

Hedef kısıtları sağ taraf değerleri: $a_k = [170, 9, 8, 3, 75, 2, 4, 3, 3, 4]$

Karar değişkenleri

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

$d_{ik}^+ = i. \text{ ekibin } k. \text{ hedeften pozitif sapma miktarı} \quad (i=1, 2, \dots, 290; k=1, 2, \dots, 10)$

$d_{ik}^- = i. \text{ ekibin } k. \text{ hedeften negatif sapma miktarı} \quad (i=1, 2, \dots, 290; k=1, 2, \dots, 10)$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^{270} x_{ij} \geq 1 \quad \forall j \quad (5.80)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, 270 \quad (5.81)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad i = 271, 272, \dots, 290 \quad (5.82)$$

$$\sum_{i=271}^{290} x_{ij} \geq 1 \quad \forall j \quad (5.83)$$

$$\sum_{i=271}^{290} x_{ij} \leq 4 \quad \forall j \quad (5.84)$$

Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^{270} x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall (j, k) \text{ \& } j = k, j, k \in \{1, 2, \dots, 6\} \quad (5.85)$$

$$\sum_{i=271}^{290} x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall (j, k) \in \{(1,7), (2,8), (3,9), (5,10)\} \quad (5.86)$$

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (d_{ik}^+ + d_{ik}^-) \quad \forall_k \quad (5.87)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (5.88)$$

$$d_{ik}^+, d_{ik}^- \geq 0 \quad \forall_{i,k} \quad (5.89)$$

Denklem (5.80) her bölgeye en az bir ekip atanmasını ifade etmektedir. Denklem (5.81) her ekibin en fazla bir bölgeye atanmasını ifade etmektedir. Denklem (5.82) bir ekibin en fazla bir afet iline atanmasını ifade etmektedir. Denklem (5.83) her bir afet iline en az bir ekibin atanmasını ifade etmektedir. Denklem (5.84) her bir afet iline en fazla 4 ekibin atanmasını ifade etmektedir. Denklem (5.85) illere atanması gereken arama kurtarma ekip sayısını ifade etmektedir. Denklem (5.86) illere atanması gereken psikososyal ekiplerinin sayısını ifade etmektedir. Denklem (5.87) problemin amaç fonksiyonudur. Denklem (5.88) ve Denklem (5.89) problemdeki karar değişkenlerinin işaret kısıtlarıdır.

5.5.7. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

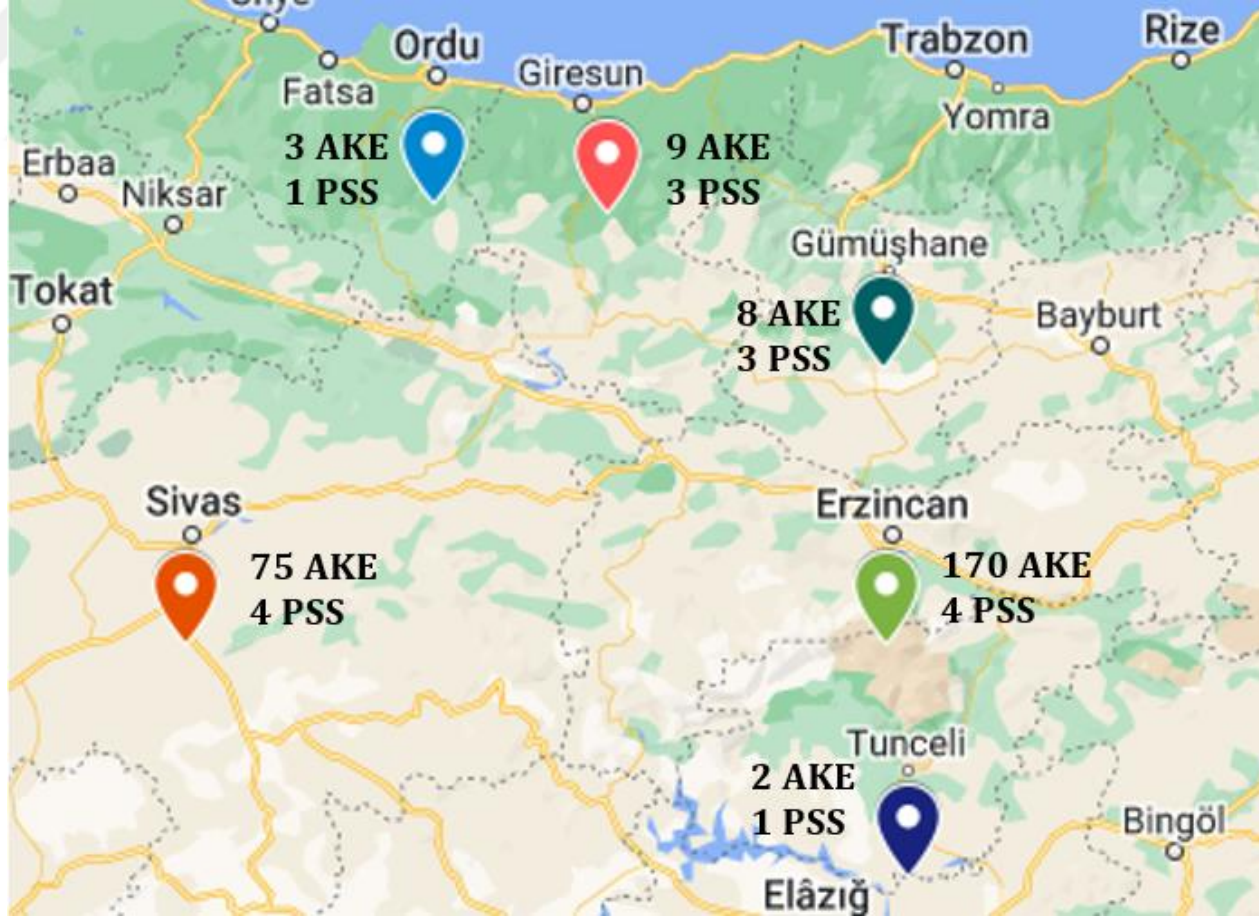
Ele alınan problem için oluşturulan matematiksel modelin çözümünde IBM ILOG optimizasyon programının CPLEX çözücüsü kullanılmıştır. Hangi numaralı ekiplerin hangi afet illerine atandığı **Çizelge 5.13**'de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Çözüm sonuçları

İl	Arama Kurtarma Ekipleri	Psikososyal Destek Ekipleri
Erzincan	1-42, 44-48, 50-121, 124-156, 158-174, 209	279, 284, 286, 287
Giresun	49, 175-182	273, 280, 281
Gümüşhane	157, 183-189	276, 277, 278
Ordu	43, 190, 191	288
Sivas	123, 192-266	271, 282, 283, 285
Tunceli	122, 267	275

Çizelge 5.13'e bakıldığında Erzincan iline atanan arama kurtarma ekipleri 1-42, 44-48, 50-121, 124-156, 158-174 aralığındaki ve 209. ekiplerdir ve atanan psikososyal destek ekipleri 279, 284, 286 ve 287. ekiplerdir. Giresun iline atanan arama kurtarma ekipleri 49, 175-182 aralığındaki ekiplerdir ve atanan psikososyal destek ekipleri 273, 280 ve 281. ekiplerdir. Gümüşhane iline atanan arama kurtarma ekipleri 157, 183-189 aralığındaki ekiplerdir ve atanan psikososyal destek ekipleri 276, 277 ve 278. ekiplerdir. Ordu iline atanan arama kurtarma ekipleri 43, 10 ve 191. ekiplerdir ve atanan psikososyal destek ekibi 288. ekiptir. Sivas iline atanan arama kurtarma ekipleri 123, 192-266 aralığındaki ekiplerdir ve atanan psikososyal destek ekipleri 271, 282, 283 ve 285. ekiplerdir. Tunceli iline atanan arama kurtarma ekipleri 122 ve 267. ekiplerdir ve atanan psikososyal destek ekipleri 275. ekiptir.

Atanan toplam ekip sayısı **Şekil 5.13**'de verilmiştir.

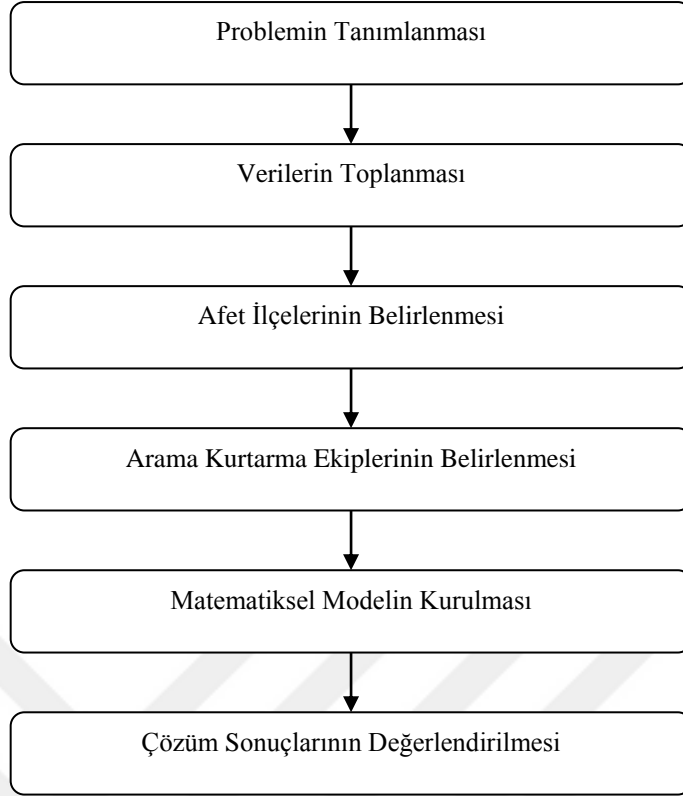


Şekil 5.13. Erzincan depreminde atanan ekip sayıları

Elde edilen sonuçlara bakıldığında Erzincan İline atanan toplam arama kurtarma ekip sayısı 170, atanan toplam psikososyal destek ekip sayısı 4'tür. Giresun İline atanan toplam arama kurtarma ekip sayısı 9, atanan toplam psikososyal destek ekip sayısı 3'tür. Gümüşhane İline atanan toplam arama kurtarma ekip sayısı 8, atanan toplam psikososyal destek ekip sayısı 3'tür. Ordu İline atanan toplam arama kurtarma ekip sayısı 3, atanan toplam psikososyal destek ekip sayısı 1'dir. Sivas İline atanan toplam arama kurtarma ekip sayısı 75, atanan toplam psikososyal destek ekip sayısı 4'tür. Tunceli İline atanan toplam arama kurtarma ekip sayısı 2, atanan toplam psikososyal destek ekip sayısı 1'dir. Böylelikle oluşturulan matematiksel modeldeki kısıtlar ve hedef kısıtları sağlanmıştır. Mevcut 270 arama kurtarma ekibinden 267 ekip illere atanmıştır. 20 toplum merkezinden ise 16 psikososyal destek ekiplerinin yani 16 ekip illere atanmıştır.

5.6. Uygulama 6: Aydın Depreminde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgesi

Bu uygulamada üzerinde diri fayların bulunduğu alüvyon zemin üzerine kurulmuş Aydın ili ele alınmıştır. Olası bir Aydın depremi sonucunda kayıpların en azda tutulması istenmektedir. 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. Problemin akış şeması **Şekil 5.13**'de verilmiştir.



Şekil 5.13. Uygulama 6 akış şeması

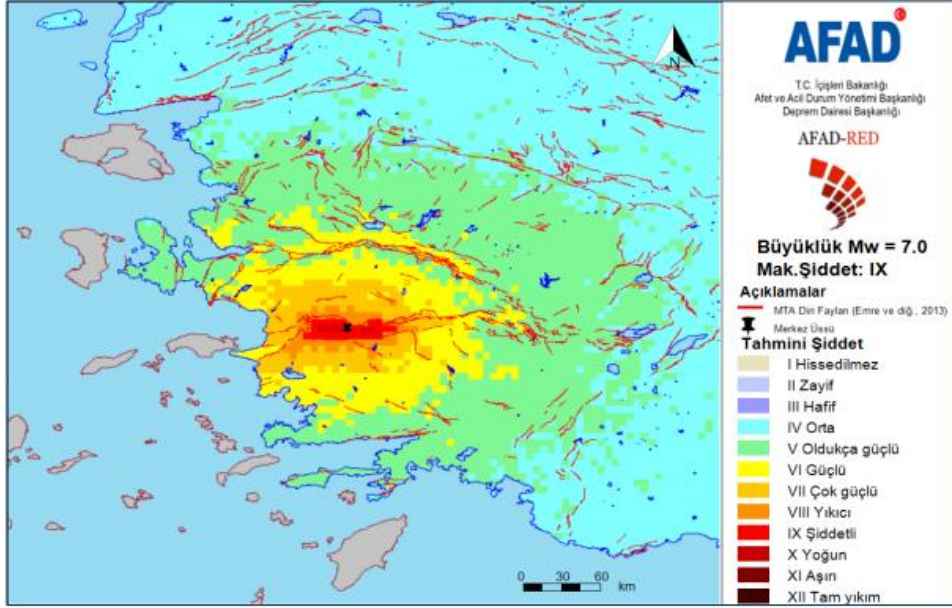
5.6.1. Problemin Tanımlanması

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 ekiplerini çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Hedef programlama yöntemi ile matematiksel model oluşturulmuştur.

5.6.2. 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 (AFAD, 2021d). Probleminin çözümü için elde edilen bilgiler aşağıda listelenmiştir.

- ✓ Aydın depremi şiddet haritası (**Şekil 5.14**)
- ✓ İlçe bazında hasar grafiği



Şekil 5.14. Aydın depremi şiddet haritası (AFAD, 2021d)

Bu çalışmanın devamında dikkate alınan yıkımın meydana geldiği ilçeler ve ilçelere göre yıkık bina sayılarına ait veriler Çizelge 5.14’de verilmiştir.

Çizelge 5.14. İlçelere göre yıkık bina sayıları

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
Karpuzlu	6

5.6.3. Arama Kurtarma Ekiplerinin 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.

5.6.4. Problemin Matematiksel Modeli

Parametreler

$n = \text{ekip sayısı}$

$m = \text{bölge sayısı}$

$l = \text{hedef kısıtı sayısı}$

$i = \text{ekip indeks} \quad i = 1, 2, \dots, n$

$j = \text{ilçe indeks} \quad j = 1, 2, \dots, m$

$k = \text{hedef kısıtı indeksi} \quad k = 1, 2, \dots, l$

Hedef kısıtları sağ taraf değerleri: $a_k = [203, 71, 30, 21, 3, 4, 2, 2, 2, 1, 2, 1, 1]$

Karar değişkenleri

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

$d_{ik}^+ = i. \text{ ekibin } k. \text{ hedeften pozitif sapma miktarı} \quad (i=1, 2, \dots, 340; k=1, 2, \dots, 13)$

$d_{ik}^- = i. \text{ ekibin } k. \text{ hedeften negatif sapma miktarı} \quad (i=1, 2, \dots, 340; k=1, 2, \dots, 13)$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1 \quad \forall_j \quad (5.89)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall_i \quad (5.90)$$

Hedef kısıtları

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - d_{ik}^+ + d_{ik}^- = a_k \quad \forall(j, k) \ \& \ j = k, \ j, k \in \{1, 2, \dots, 13\} \quad (5.91)$$

Amaç fonksiyonu

$$\min z = \sum_{i=1}^n (d_{ik}^+ + d_{ik}^-) \quad \forall_k \quad (5.92)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall_{i,j} \quad (5.93)$$

$$d_{ik}^+, d_{ik}^- \geq 0 \quad \forall_{i,k} \quad (5.94)$$

Denklem (5.89) her ilçeye en az bir ekip atanmasını ve Denklem (5.90) her ekibin en fazla bir ilçeye atanmasını sağlamaktadır. Denklem (5.91) ilçelere atanması istenen ekip sayısını ifade etmektedir. Denklem (5.92) problemin amaç fonksiyonudur. Denklem (5.93) ve Denklem (5.94) problemdeki karar değişkenlerinin işaret kısıtlarıdır.

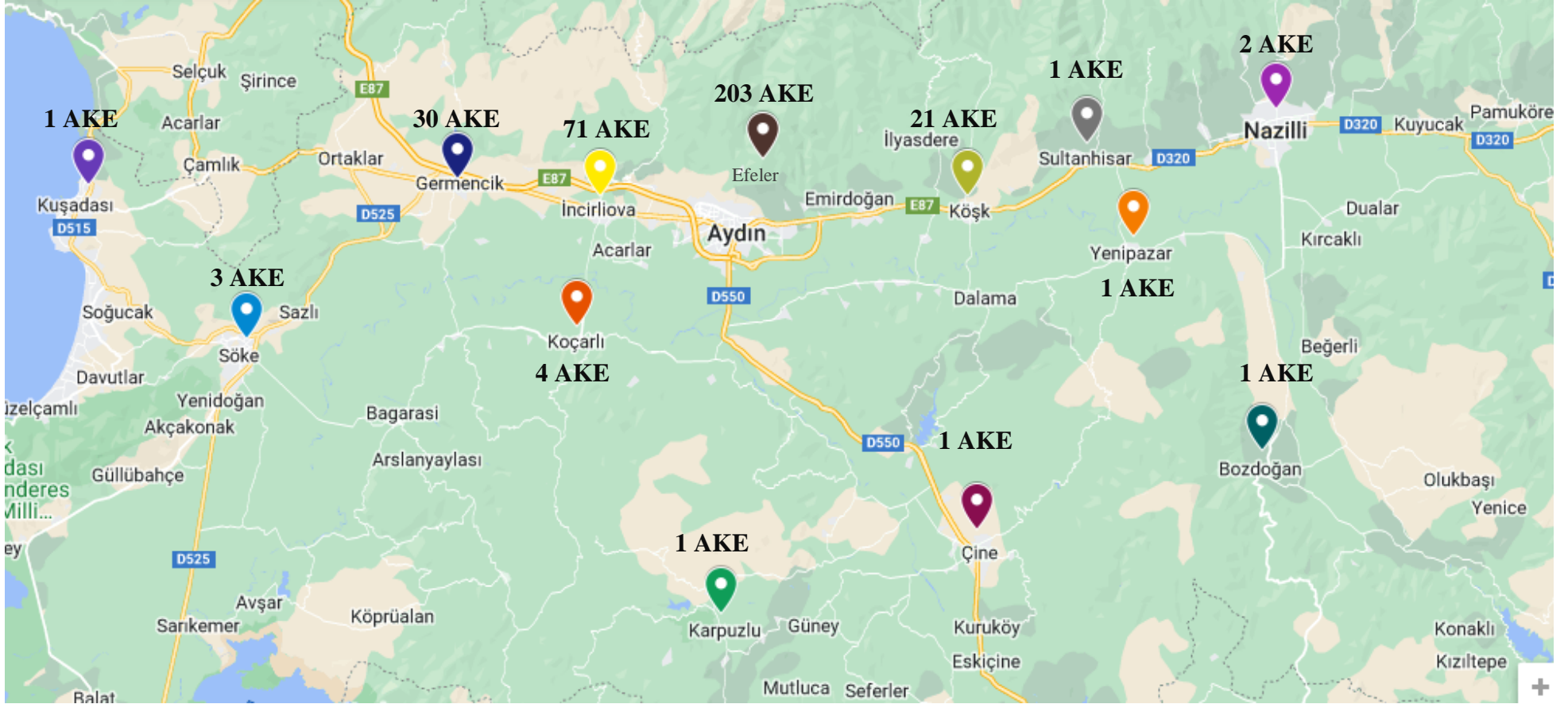
5.6.5. Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Oluşturulan matematiksel modelin IBM ILOG optimizasyon programının CPLEX çözücüsü ile çözdürülmesi sonucunda elde edilen çözüm sonuçları **Çizelge 5.15**'de görüldüğü gibidir. İlçelere atanan arama kurtarma ekip sayısının toplamı ve ilçelere atanan ekipler numaralarıyla birlikte verilmiştir.

Çizelge 5.15. Uygulama 6 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

Afetten etkilenen ilçelere atanan toplam ekip sayıları **Şekil 5.15**'de verilmiştir.



Şekil 5.15. Aydın depreminde atanan arama kurtarma ekip sayıları

Şekil 5.15'deki 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 ataması gerçekleşmiştir. İstenilen 13 hedef kısıtından 3 tanesinin sağlanmadığı görülmüştür. Bu da yıkımın az olduğu Sultanhisar, Çine ve Yenipazar ilçeleridir. Elde edilen çözüm sonuçlarına göre, mevcut 340 arama kurtarma ekibinin tamamının ilçelere atanması gerçekleştirilmiştir. Modelde oluşturulan hedef kısıtlarından hepsi sağlanmasa da yıkımın en fazla olduğu ilçeler için istenilen sayıda ekiplerin ataması gerçekleşmiştir.

Bir bölgede afet meydana geldiğinde ilk müdahale ekipleri olan arama kurtarma ve psikososyal destek ekipleri tarafından belirli çalışmalar yürütülmektedir. Meydana gelen afetlerin belirsiz, çok boyutlu ve karmaşık olması afet ve acil durum karar vericileri için zorluk teşkil etmektedir.

Afet ve acil durumlarda afet sahalarında görev alacak personeller farklı görevleri üstlenmektedir. Afet öncesinde yapılacak planlamalardan biri, minimum kadro sayısı göz önünde bulundurularak yeterli sayıda personellerden ekiplerin oluşturulmasıdır. Bir diğeri ise söz konusu ekiplerin afet meydana gelir gelmez çalışmalarını yürütmesi için afet bölgelerine hızlı bir şekilde sevk edilmesidir. Ekipler bölgelere sevk edilirken, her bölgenin aynı boyutta etkilenmediği düşünülerek optimal ekip dağılımı yapılmalıdır.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan altı uygulama bu hususlarda örnek çalışmalar sunmaktadır. Bu da afet ve acil durum karar vericilerinin karar verme sürecine, makul ve hızlı bir şekilde planlamalar yapmasına katkı sağlayacaktır. Afet öncesi bu planlamaların yapılması müdahalenin hızlı bir şekilde başlamasını sağlayacaktır ve afetin olumsuz sonuçlarını azaltacaktır. Böylelikle afet yönetimine büyük katkısı sağlayacaklardır.

Yapılan ilk uygulamada, arama kurtarma çalışmalarında hizmet verecek 200 donanımlı personelin farklı sınıflardaki ekiplere atama problemi ele alınmıştır. Her bir bileşenden gerekli sayıda alanında eğitilmiş ve donanımlı personeller bir araya getirilerek orta ve ağır sınıf arama kurtarma ekipleri oluşturulmuştur.

Diğer beş uygulama da ise farklı büyüklüklerde depremlerin meydana geleceği çeşitli deprem bölgeleri ele alınmıştır. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından oluşturulan İl Afet ve Risk Planlamaları'nda bulunan deprem senaryoları kullanılmıştır ve bu senaryoların istatistiki çıktıları kullanılarak uygulamalar devam ettirilmiştir. Uygulamalardan elde edilen sonuçlar afetten etkilenen bölgelere hangi arama kurtarma ve hangi psikosoyal destek ekiplerinin sevk edileceğini göstermiştir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Afetin olumsuz etkilerini azaltmak için etkili bir yönetim sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Çok yönlü ve dinamik bir sistem olan afet yönetimi zarar ve risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamaları olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaların her birinde farklı çalışmalar yürütülmektedir. Bu tez çalışmasında müdahale aşamasında etkin bir şekilde görev almakta olan arama kurtarma ve psikososyal destek ekipleri ele alınmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde bu tez çalışmasının personel çizelgeleme konusunda afet yönetiminde arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerine yön vereceği düşünülmektedir. Bu tez çalışmasında altı uygulama gerçekleştirilmiştir. İlk uygulamada orta ve ağır sınıf arama kurtarma ekiplerinin oluşturulması problemi ele alınmıştır. Belirli eğitimler alan ve eğitimler sonucu yapılan sınavlardan başarıyla geçen arama kurtarma personellerinin orta ve sınıf arama kurtarma ekiplerine atanması ile personel çizelgelemesi gerçekleştirilmiştir. İkinci uygulamada Bingöl'de 7.2 büyüklüğünde meydana gelecek bir deprem senaryosu ele alınarak yıkımın meydana geldiği afet bölgelerine AFAD arama kurtarma ekiplerini atama ve çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Üçüncü uygulamada Elazığ ilinde meydana gelecek 7.3 büyüklüğünde bir deprem senaryosu ele alınmıştır. Depremde yıkımın meydana geldiği afet bölgelerine AFAD arama kurtarma ekiplerinin çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Dördüncü uygulamada Bingöl ve civarının etkileneceği 6.9 ve 7.2 büyüklüğünde iki deprem senaryosu ayrı bir şekilde ele alınarak çalışma devam ettirilmiştir. Farklı büyüklüklerde depremlerin meydana gelmesi sonucu etkilenen afet bölgelerine Türk Kızılayı psikososyal destek ekiplerinin çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Beşinci uygulamada Erzincan İlinde 7.8 büyüklüğünde olası bir depremden etkilenen afet illerine AFAD arama kurtarma ve Türk Kızılayı psikososyal destek ekiplerinin atanması ve çizelgenmesi problemi ele alınmıştır. Altıncı uygulamada merkez üssü Aydın ilinin Efeler ilçesinde 7.0 büyüklüğünde bir deprem sonucu yıkımın olduğu afet ilçelerine AFAD arama kurtarma ekiplerini çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Yapılan bu uygulamaların

birbirinden farkı şu şekildedir; birinci uygulamada arama kurtarma personellerinin ekiplere atanma problemi ele alınırken diğer beş uygulamada ekiplerin afet bölgelerine atanması söz konudur.

Ele alınan bu altı uygulamanın çözümü için kurulan matematiksel modeller IBM ILOG programında çözdürülmüş ve her uygulamada ele alınan problemler için optimal sonuca ulaşılmıştır. Yapılan birinci uygulama farklı görevleri olan arama kurtarma personellerinin ekiplere atanması ile gerekli sayıda ekip oluşturma problemi arama kurtarma planlamasında önem sunmaktadır. Diğer beş uygulama ise doğru sayıdaki ekiplerin doğru afet bölgelerine çizelgelemesinin yapılması, afetin ortaya çıkaracağı kayıp ve zararların azaltılması için yapılan çalışmalardır. Ayrıca ekipleri afet bölgelerine atama ve çizelgeleme problemlerinin yapıldığı uygulamalarda, depremlerin meydana gelmesi öngörülen deprem bölgeleri ele alınarak yıkık binaların olduğu bölgeler göz önünde bulundurularak uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamalarda uygulama yeri, depremin büyüklüğü, yıkımın olduğu bölge sayısı, ekip sayısı ve müdahalede bulunacak ekip türü birbirinden farklılık göstermektedir. Yapılan bu uygulamalarda kullanılan hedef programlama yönteminde karar değişkenleri eşit önem derecelerine sahiptir.

Diğer beş uygulamadan farklı olarak *Uygulama 2*'de oluşturulan matematiksel modelde farklı (i,j) kombinasyonları ile yeni çözüm sonuçları elde edilmiştir. Ekip sayısının yetersiz olması durumunda, ağırlıklı hedef programlama yöntemi kullanılarak sapma değişkenleri farklı katsayılar ile çarpılmıştır. Bu durumda yıkımın az olduğu afet bölgelerine kıyasla yıkımın daha fazla olduğu afet bölgelerine atanması istenilen sayıda ekiplerin atanması gerçekleşmiştir. Hedef programlama yönteminin çeşitleri olan ağırlıklı hedef programlama, öncelikli hedef programlama yöntemleri kullanılarak yapılan bu uygulamaların çözüm sonuçları karşılaştırılabilir.

6.1. Genişletme Önerileri

Geçmişte büyük kayıplara neden olan depremlerin yaşanması gelecekte de benzer büyüklüklerde depremlerin meydana geleceğinin habercisidir. Afete dirençli bir toplum olmak için afet öncesi gerekli planlamalar yapılarak meydana gelecek afetlere hazır olmak gerekmektedir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan uygulamalarda birinci derecede deprem bölgeleri için oluşturulan deprem senaryolarının istatistiki

çıktıları kullanılmıştır. Bu uygulamalar arama kurtarma ve psikososyal destek ekiplerinin çizelgesi için örnek çalışmalar sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda;

- Yıkık binalar göz önünde bulundurularak yapılan bu uygulamalardan farklı olarak ağır, orta veya az hasarlı binalarda kendi imkanlarıyla dışarıya çıkamayacak durumda olan yaşlı, felçli, engelli vb. afetzedelerin olması durumunda modele yeni kısıt/kısıtlar ekleyerek çalışma genişletilebilir.
- Ekip sayısının yetersiz olması durumunda ağırlıklı ve öncelikli hedef programlama yöntemi kullanılarak daha az ekip gerektiren afet bölgelerine kıyasla daha fazla ekip gerektiren afet bölgelerine ekip ataması gerçekleştirilebilir.
- Oluşturulan matematiksel modeller farklı deprem bölgelerinde çeşitli senaryolara da kullanılabilir durumda olduğundan özellikle bilim insanlarının yakın tarihte deprem beklediği bölgeler ele alınarak benzer çalışmalar gerçekleştirilebilir. Örneğin Marmara bölgesini etkileyecek İstanbul depremi için benzer bir çalışma gerçekleştirilebilir. Amaç fonksiyonları ağırlıklı ve öncelikli hedef programlama yöntemleri ile farklılaştırılabilir.
- Farklı görevler üstlenen itfaiye ekipleri, sağlık ekipleri gibi afet yönetiminde görev alan diğer ekiplerin atama ve çizelgesi oluşturulabilir. Bu çizelgeler oluşturulurken ekip atamanın yanı sıra atanacak olan ekiplerin afet bölgelerine göre konumları dikkate alınarak en kısa yol problemleri ile birleştirilebilir.

6.2. Gelecek Çalışma Önerileri

Rastgelelik olmayan durumlar altında oluşturulan dinamik senaryo çıktılarından yararlanılarak afet bölgelerine ekiplerin atanma problemlerini gerçekleştirdiğimiz beş uygulamada kullanılan veriler deterministiktir. Ancak gelecek çalışmalarda zamana ve afet bölgelerine göre rastgelelik barındıran senaryolar oluşturulduğu takdirde belirsizlik altında stokastik bir problem olarak matematiksel model oluşturulup gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilir. Bu problem kullanıldığında elde edilen çözüm sonuçları ekiplerin hangi zaman dilimlerinde hangi bölgelere dağıldığını verecektir. Farklı afet bölgelerinde eş zamanlı olarak yürütülen çalışmaları düşünecek olursak, bu çalışmalar farklı zaman dilimlerinde tamamlanabilir. Bir

bölgedeki çalışma erken bitebilir ve o bölgede görev alan ekipler, arama kurtarma çalışmalarının devam ettiği afet bölgesine sevk edilebilir. Böylelikle arama kurtarma çalışmalarının bir sonraki konumunun bilinmesi yerine tahmin edilmesi söz konusu olacaktır.



KAYNAKLAR

- AFAD, “Türkiye’de Afet Yönetimi Ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri” , 2018.
- AFAD. (2021a). *Bingöl İl Afet ve Risk Planlaması*. <https://bingol.afad.gov.tr/il-planlari>
- AFAD. (2021b). *Elazığ İl Afet ve Risk Planlaması*. <https://elazig.afad.gov.tr/il-planlari>
- AFAD. (2021c). *Erzincan İl Afet ve Risk Planlaması*. <https://erzincan.afad.gov.tr/il-planlari>
- AFAD. (2021d). *Aydın İl Afet ve Risk Planlaması*. <https://aydin.afad.gov.tr/il-planlari>
- Akdaş, E., Eren, T., (2023a). Deprem Afetinde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgelenmesi İçin Örnek Bir Uygulama, *Yönetim Araştırmaları ve Mühendislik Uygulamaları Sempozyumu*, 11-13 Mayıs 2023, Doğu Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Akdaş, E., Eren, T., (2023b). Arama Kurtarma ve Psikososyal Destek Ekiplerinin Afet İllerine Atanması ve Çizelgelenmesi: Erzincan Depremi Örneği, *Uluslararası Veri Bilimi ve Güvenliği Konferansı*, ICDASS2023, 6-7 Temmuz 2023, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.
- Akdaş, E., Eren, T., (2023c). Doğal Afetlerde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgelenmesi: Aydın Depremi Senaryosu, *5th Conference on Applied Engineering and Natural Sciences*, 1(1), 718-724, Konya, Türkiye.
- Akdaş, E., Eren, T., (2023c). Doğal Afetlerde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgelenmesi: Aydın Depremi Senaryosu, *5th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences*, ICAENS, 10-12 Temmuz 2023, Konya, Türkiye.
- Aktürk M.S., Varlı E., Eren T. (2017). Tam Gün Vardiyalı ve Özel İzin İstekli Hemşire Çizelgeleme Probleminin Hedef Programlama İle Çözümü, *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 1-16.
- Aydın, D. (2012). Afet Sonrası Psikososyal Destek Uygulamaları, *İnsani ve Sosyal Araştırmalar Merkezi*, 1-9.
- Aydın, H., Ayvaz, B., Küçükaşçı, E.Ş. (2017). Afet Yönetiminde Lojistik Depo Seçimi Problemi: Maltepe İlçesi Örneği, *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 12, 1-13.
- Ahmadi, G., Tavakkoli-Moghaddam, R., Baboli, A., Najafi, M., (2022). A decision support model for robust allocation and routing of search and rescue resources after earthquake: a case study. *Operational Research*, 1039-1081.
- Aktaş, A.M. (2003). Kriz Durumlarında Sosyal Hizmet Müdahalesi, *Kriz Dergisi*, 11(3), 37-44.
- Arslan Tomas, S., Şavur, E. (2018). Afet ve Acil Durumlarda Psikososyal Destek Hizmetleri Saha Çalışanları İçin El Kitabı, Ankara, UNICEF Türkiye Temsilciliği.

- Bodaghi, B., Palaneeswaran, E., Shahparvari, S., Mohammadi, M. (2020). Probabilistic allocation and scheduling of multiple resources for emergency operations; a Victorian bushfire case study, *Computers, Environment and Urban Systems*, 81, 101479.
- Cao, P., Zheng, J., Li, M., Fu, Y. (2023). A Model for the Assignment of Emergency Rescuers Considering Collaborative Information, *Sustainability*, 15(2), 1203.
- Chen, R., Sharman, R., Rao, H.R., Upadhyaya, S.J. (2008). Coordination in emergency response management”, *Communications of the ACM*, 51(5), 66-73.
- Cunha, V., Pessoa, L., Vellasco, M., Tanscheit R., 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.
- Çankaya, G. Arıkan, M. (2009). Sütun Oluşturma Yaklaşımı ile Bir Havayolu Ekip Çizelgeleme Uygulaması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(1), 43-50.
- Danışan T., Eren T. (2022a). Afetlere Etkin Müdahale İçin Ekiplerin Çizelgelenmesinde Matematiksel Modellemenin Kullanılması, *3rd International Disaster Management Congress*, 9 Haziran 2022, Tokat, Türkiye.
- Danışan T., Eren T. (2022b). Uluslararası Etkin Müdahale Ekiplerinin Çökv Yöntemleri İle Belirlenmesi, *3rd International Disaster Management Congress*, 9 Haziran 2022, Tokat, Türkiye.
- Das, R., Hanaoka, S. (2014). An agent-based model for resource allocation during relief distribution, *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 4(2), 265-285.
- Demir, A. (2020). Afet Alanında Çalışan Personellerde Psikososyal Destek Müdahale İlkeleri, Empati ve Liderlik İlişkisi; Türk Kızılay Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, Gümüşhane Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Di Martinelly, C., Meskens, N. (2017). A bi-objective integrated approach to building surgical teams and nurse schedule rosters to maximise surgical team affinities and minimise nurses' idle time, *International Journal of Production Economics*, 191, 323–334.
- Durdağ, C., Ergenecoşar, S., Kınık, Z., Yılmaz, K.K. (2021). Afet Bakış Açısıyla Lojistik Depo Yeri Seçimi: İstanbul Beykoz İlçesi Üzerine Bir Uygulama, *Beykoz Akademi Dergisi*, 9(1), 98-107.
- Eren, T., Özder, E.H., Varlı, E. (2017). Hedef Programlama Yaklaşımı İle Temizlik Personeli Çizelgeleme Problemi İçin Bir Model Önerisi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 114-127.
- Ergün, M., Korucuk, S., Memiş, S. (2020). Sürdürülebilir afet lojistiğine yönelik ideal afet depo yeri seçimi: Giresun ili örneği, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 144-165.
- Erkal, T., Değerliyurt, M. (2009). Türkiye’de Afet Yönetimi, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 147-164.
- 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.

- Fiedrich, F., Gehbauer, F., Rickers, U. (2000). Optimized Resource Allocation For Emergency Response After Earthquake Disasters, *Safety Science*, 35, 41-57.
- Gray, B., Eaton, J., Christy, J., Duncan, J., Hanna, F., Kasi, S. (2021). A Proactive Approach: Examples For Integrating Disaster Risk Reduction and Mental Health and Psychosocial Support Programming, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 54, 102051.
- Gür, Ş., Eren, T. (2018). Scheduling and Planning in Service Systems with Goal Programming: Literature Review, *Mathematics*, 6(11), 265.
- Gür, Ş., Pınarbaşı, M., Alakaş, H.M., 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.
- Hamp, Q., Reindl, L., Güthlin, D. (2013). Decision-Making Behaviour During Urban Search And Rescue: A Case Study of Germany, *Disasters*, 38(1), 84-107.
- Hooshangi, N., Alesheikh, A.A., Panahi, M., Lee, S. (2021). Urban Search And Rescue (USAR) Simulation System: Spatial Strategies For Agent Task Allocation Under Uncertain Conditions, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(11), 3449-3463.
- Hooshangi, N., Mahdizadeh Gharakhanlou, N., Ghaffari-Razin, S. R. (2022). Urban Search And Rescue (USAR) Simulation In Earthquake Environments Using Queuing Theory: Estimating The Appropriate Number of Rescue Teams, *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 100, 1-15.
- INSARAG, 2020. Insarag Guidelines 2020. International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG) Preperadnes and Response. United Nations Office for the Coordination of Humanitarians Affairs (OCHA), Erişim adresi: <https://www.insarag.org/methodology/insarag-guidelines/> (Son Erişim: 05.12.2022)
- Işık, Ö., Aydınoglu, H.M., Koç, S., Gündoğdu, O., Korkmaz, G., Ay, A. (2012). Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri, *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 28(Ek sayı 2), 82-123.
- Jones, D., Tamiz, M. (2010). *Practical goal programming*, 141, New York: Springer.
- Karaman Z.T. (2016). Bütünleşik Afet Yönetimi. İlkem Yayınları, 1. Baskı, İzmir.
- Karaman, Z.T. (2017). Afet Yönetimine Giriş ve Türkiye’de Örgütlenme, *Bütünleşik Afet Yönetimi*, 1-38.
- Kılıç, M. (2008). Afetlerde Psikososyal Hizmetlerin Etkililiği: Türk Kızılayı ve 2005 Pakistan Depremi, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Koçak, M., Calku, F., Gündaş, M., Poyraz, Z., Yazıcı, E., Alakaş, H.M. (2022). Ekip Çizelgeleme Problemi: Filyasyon Ekibi Çizelgeleme, *Journal of Turkish Operations Management*, 6(2), 1314-1326.
- Kutayer Bilgin, G., Yücel, E., Kuyzu, G. (2018). Öncelik Seviyelerine Sahip Çokluk Yetenek Gerektiren İşler için Ekip Oluşturma, Çizelgeleme ve Rotalama, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 20 (60), 930-945.

- Li, M.Y., Zhao, X.J., Fan, Z.P., Cao, P.P., Qu, X.N. (2019). A Model For Assignment of Rescuers Considering Multiple Disaster Areas, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 38, 101201.
- Liu, J., Xie, K. (2017). Emergency materials transportation model in disasters based on dynamic programming and ant colony optimization, *Kybernetes*, 46(4), 656-671.
- Nayeri, S., Asadi-Gangraj, E., Emami, S. (2019). Metaheuristic Algorithms To Allocate And Schedule of The Rescue Units In The Natural Disaster With Fatigue Effect, *Neural Computing and Applications*, 31(11), 7517-7537.
- Nayeri, S., Tavakkoli-Moghaddam, R., Sazvar, Z., Heydari, J. (2020). Solving An Emergency Resource Planning Problem With Deprivation Time By A Hybrid Metaheuristic Algorithm, *Journal of Quality Engineering and Production Optimization*, 5(1), 65-86.
- Nayeri, S., Asadi-Gangraj, E., Emami, S., Rezaeian, J. (2021). Designing A Bi-Objective Decision Support Model For The Disaster Management, *RAIRO-Operations Research*, 55(6), 3399-3426.
- Nayeri, S., Sazvar, Z., Heydari, J. (2022). A Fuzzy Robust Planning Model In The Disaster Management Response Phase Under Precedence Constraints, *Operational Research*, 22, 3571-3605.
- Nolz, P.C., Semet, F., Doerner, K.F. (2011). Risk Approaches For Delivering Disaster Relief Supplies, *OR Spectrum*, 33, 543-569.
- Oktari, R.S., Munadi, K., Idroes, R., Sofyan, H. (2020). Knowledge management practices in disaster management: Systematic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101881.
- Özmen, B., Nurlu, M., Kuterdem, K., Temiz, A. (2005). Afet Yönetimi ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü, *Deprem Sempozyumu*, 23-25 Mart 2005, Kocaeli, Türkiye.
- Peng, F., Ouyang, Y. (2012). Track maintenance production team scheduling in railroad networks, *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(10), 1474-1488.
- Pinedo, M. (2005). Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, *Springer: New York, NY, USA*.
- Rezapour, S., Nader, N., Morshedlou, N., Rezapourbehnagh, S. (2018). Optimal deployment of emergency resources in sudden onset disasters, *International Journal of Production Economics*, 204, 365-382.
- Santoso, A., Prayogo, D.N., Parung, J., Iswadi, H., Rizqi, D.A. (2017). Model Development of Rescue Assignment and Scheduling Problem Using Grasp Metaheuristic, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290124>
- Santoso, A., Sutanto, R.A.P., Prayogo, D.N., 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.
- Shiri, D., Akbari, V., Salman, F.S. (2020). Online Routing and Scheduling of Search and Rescue Teams, *OR Spectrum*, 42(3), 755-784.

- Shuwen, Z., Can, L., Kejun, Z., Shiwei, Y. (2019). Optimal Scheduling Strategy with Emergency Rescue Team's Characteristics Taken into Consideration, *Management Review*, 31(2), 225-237.
- Song, Y., Song, Y.H., Liu, D., Wang, Z. (2018). Earthquake emergency rescue teams assignment model based on time satisfaction and competence, *China Safety Science Journal*, 28(8), 180-184.
- Supçiller, A.A., Erbilek, P. (2021). Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama ile bir üniversite kütüphanesindeki kısmi zamanlı personellerin çizelgelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 1-12.
- Tamiz, M., Jones, D.F. (1997). Interactive Framework For Investigation Of Goal Programming Models: Theory And Practice, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6, 52-60.
- Tezcan, B., Alakaş, H.M., Özcan, E., Eren, T. (2023). Afet sonrası geçici depo yeri seçimi ve çok araçlı araç rotalama uygulaması: Kırıkkale ilinde bir uygulama, *Politeknik Dergisi*, 26(1), 13-27.
- Tirkolae, E., Aydın S.N., Ranjbar-Bourani, M., 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.
- Türkoğlu, S.P. (2017). Karar Vermede Hedef Programlama Yöntemi ve Uygulamaları, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 29-46.
- URL-1 <https://aile.gov.tr/sss/afet-ve-acil-durumlarda-psikososyal-destek> (Son Erişim: 14.05.2023)
- Üstündağ, Y. (2014). Ekip Çizelgeleme Problemi, *Demiryolu Mühendisliği*, (1), 72-83.
- Yurdakul, K., Alakaş, H. M., Eren, T. (2021). Evde Sağlık Hizmetlerinin Planlanması: Araç Rotalama ve Ekip Çizelgeleme, *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 703-720.
- Wang, S., Liu, F., Lian, L., Hong, Y., Chen, H. (2018). Integrated post-disaster medical assistance team scheduling and relief supply distribution, *The International Journal of Logistics Management*, 29(4), 1279-1305.
- Wex, F., Schryen, G., 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.
- Zheng, Y.J., Chen, S.Y., Ling, H.F. (2015). Evolutionary optimization for disaster relief operations: A survey, *Applied Soft Computing*, 27, 553-566.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elif Akdaş

Doğum Tarihi

Yabancı Dil

Eğitim Durumu

Lisans : Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği, 2019

Yüksek Lisans: Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği, 2023

Yayımları (Diğer) :

- Akdaş, E., Eren, T. (2023). Devlet Tiyatroları Genel Müdürlüğü'nde Güvenlik Personeli Vardiya Çizelgelemesi, Uluslararası İşletme Bilimi ve Uygulamaları Dergisi, 3(1), 1-18.
- Akdaş, E., Eren, T. (2023, July). Doğal Afetlerde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgelenmesi: Aydın Depremi Senaryosu, *5th Conference on Applied Engineering and Natural Sciences*, 1(1), 718-724, Konya, Türkiye.
- Akdaş, E., Eren, T. Arama Kurtarma ve Psikososyal Destek Ekiplerinin Afet İllerine Atanması ve Çizelgelenmesi: Erzincan Depremi Örneği, Uluslararası Veri Bilimi ve Güvenliği Konferansı, ICDASS2023, 6-7 Temmuz 2023.
- Akdaş, E., Eren, T. Deprem Afetinde Arama Kurtarma Ekiplerinin Çizelgelenmesi İçin Örnek Bir Uygulama, Yönetim Araştırmaları ve Mühendislik Uygulamaları Sempozyumu, 11-13 Mayıs 2023.

Araştırma Alanları: Çizelgeleme, Optimizasyon, Matematiksel Programlama, Çok Amaçlı Karar Verme