



**AFET-MÜDAHALE-TESİSLERİ YERLEŞİM PROBLEMİ
İÇİN BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ PROTOTİPİ
GELİŞTİRİLMESİ**

ASLI SEBATLI



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AFET-MÜDAHALE-TEŞİSLERİ YERLEŞİM PROBLEMİ İÇİN BİR KARAR
DESTEK SİSTEMİ PROTOTİPİ GELİŞTİRİLMESİ**

Ash SEBATLI

Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2017

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Aslı SEBATLI tarafından hazırlanan “Afet-müdahale-tesisleri yerleşim problemi için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR

Başkan : Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR
UÜ. Mühendislik Fakültesi,
Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı

İmza



Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKANSEL
UÜ. Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza




Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih KARAKOYUN
BTÜ. Doğa Bil., Mim.ve Müh. Fak.,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım


Prof. Dr. Ali BAYRAM
Enstitü Müdürü

.../.../...

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

17/08/2017

Aslı SEBATLI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AFET-MÜDAHALE-TESİSLERİ YERLEŞİM PROBLEMİ İÇİN BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ PROTOTİPİ GELİŞTİRİLMESİ

Ashlı SEBATLI

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR

Afet operasyonları yönetimi kapsamında ele alınan faaliyetler, çok sayıda paydaş tarafından, birçok belirsizlik unsuru ve zaman baskısı altında gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda, paydaşların karar verme süreçlerinde bilişim teknolojilerinin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tez çalışmasında, afet hazırlık aşamasında ele alınan ve olası bir afet sonrası afetzedelerin temel ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla önceden konumlandırılan, afet-müdahale-tesisleri yerleşim probleminin çözümü için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Öncelikle, farklı afet tipleri ile afet operasyonları yönetimi kapsamında ele alınan farklı problem tipleri ve bu problemlerin varyasyonlarını içeren kapsamlı bir veritabanı tasarımı yapılmıştır. Ardından deprem olayı ve geçici-afet-müdahale tesisleri yerleşim problemi için kişisel bir bilgisayarda çalışan bir masaüstü uygulaması geliştirilerek, karar vericilere bütünleşik bir sistem sunulmuştur. Böylelikle, kullanıcıların günlük iş hayatlarında sıklıkla kullandıkları temel ofis programları ortamında çalışabilecekleri ve uygulaması kolay bir yapı sunulmaktadır. Uygulama aşamasında deprem olayı ve Türkiye'nin büyük illerinden Bursa'nın merkez ilçelerinden biri olan Yıldırım ilçesi verileri kullanılarak, geçici-afet-müdahale tesisleri yerleşim problemi çözülmüştür. Afetin yapısı gereği belirsizlik içeren unsurlar ise kullanıcı tarafından arayüzde tanımlanan farklı problem parametreleri ve konfigürasyon seçimlerine bağlı olarak senaryolaştırılmaktadır. Böylelikle çok sayıda afet sonrası durum için dinamik çözümler elde edilmekte ve söz konusu bu çözümler analiz edilebilmektedir. Bu tez çalışmasında, afet-müdahale-tesisleri yerleşim probleminin çözümü için geliştirilen karar destek sisteminin uygulamaya alınması durumunda, lokal yönetimlerin hazırlık aşamasındaki planlama faaliyetlerinde karar verme aracı olarak kullanımı mümkündür. Böylelikle, farklı afet sonrası senaryolar dikkate alınarak, afet-müdahale-tesisleri yerleşim problemi için, tesislerin konumlarının ve sayılarının yanı sıra, bu tesislerde depolanan yardım malzemelerinin envanter düzeylerine ve afet bölgesindeki servis kararlarına ilişkin önemli kararlar önceden verilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Afet operasyonları yönetimi, afet yardım operasyonları, insani lojistik, tesis yerleşimi, yardım malzemesi dağıtımı, tamsayı programlama, karar destek sistemleri

2017, vii + 74 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

A DECISION SUPPORT SYSTEM PROTOTYPE FOR DISASTER-RESPONSE-FACILITIES ALLOCATION PROBLEM

Ash SEBATLI

Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih ÇAVDUR

Disaster operations management activities are carried out by a large number of decision makers under many uncertainties and time pressure. In such an environment, the use of information technology is needed in the decision making process. In this study, we developed a decision support system prototype for the solution of disaster-response-facilities allocation problem which is considered during the preparedness phase of a disaster in order to meet basic needs of disaster victims after a possible disaster. First, we designed a comprehensive database which includes different types of disasters and disaster operations management problems as well as their variations. Then we developed an integrated desktop application for temporary-disaster-response facilities allocation problem that works on a personal computer. This provides users an easy-to-use architecture where they are able to work in the environment of basic office programs they use in their daily business life. We applied this approach to the temporary-disaster-response facilities allocation problem using the data set of Yildirim, which is one of the central districts of Bursa, one of the metropolitan city of Turkey. We illustrate the uncertainties with different problem parameters and configuration choices defined by the user on the user interface. Thus, we can analyze solutions for many post-disaster scenarios. It is possible to use this application as a decision-making tool in the planning activities of local administrations. Thus, considering different post-disaster scenarios, important decisions about disaster-response-facilities allocation problem can be given in advance, such as determining the locations and the number of facilities as well as their inventory levels and the service decisions in the disaster area.

Keywords: Disaster operations management, disaster relief operations, humanitarian logistics, facility allocation, relief supplies distribution, integer programming, decision support systems

2017, vii + 74 pages.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübesi ile desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili aileme ve yol arkadaşım Dr. Murat Enes SAĞLAM'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, 115M020 kontrat numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Aslı SEBATLI
17/08/2017



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. İnsani Lojistik Çalışmaları	6
2.2. Afet Operasyonları Yönetiminde Karar Destek Sistemleri.....	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Tamsayılı programlama	16
3.1.2. Karar destek sistemleri	21
3.2. Yöntem	22
3.2.1. GAM tesisleri yerleşim problemi için bir tamsayılı programlama modeli	24
3.2.2. GAM tesisleri yerleşim problemi için bir karar destek sistemi tasarımı.....	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	55
5. SONUÇ	62
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	71
EK 1 Veritabanı Nesne-İlişki Diyagramı.....	71
EK 2 Kullanıcı Kılavuzu.....	72
ÖZGEÇMİŞ	74

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AKB	Arama Kurtarma Birliği
DROPS	Disaster Resources Optimization and Planning System (Afet Kaynakları Optimizasyon ve Planlama Sistemi)
EM-DAT	The International Disaster Database (Uluslararası Afet Veritabanı)
FEMA	Federal Emergency Management Agency (Federal Acil Durum Yönetim Kurumu)
GAM	Geçici-Afet-Müdahale
İAADYM	İl Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi
TAMP	Türkiye Afet Müdahale Planı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Afet operasyonları yönetimi aşamalarının gösterimi	2
Şekil 3.1. Tamsayılı programlamanın sınıflandırılması (Chen ve ark. 2011).....	17
Şekil 3.2. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin bileşenleri	29
Şekil 3.3. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin fonksiyonel iş akış diyagramı..	30
Şekil 3.4. Veritabanı nesne-ilişki diyagramı	32
Şekil 3.5. Düğüm tanımlama yapısının örnek gösterimi.....	37
Şekil 3.6. Saklı yordamlar arasındaki ilişkinin gösterimi	42
Şekil 3.7. SPGenerateInputFacilities saklı yordamının SQL kodu	43
Şekil 3.8. SPGenerateInputCommodities saklı yordamının SQL kodu	44
Şekil 3.9. SPGenerateInputNodes saklı yordamının SQL kodu	45
Şekil 3.10. SPGenerateInputCosts saklı yordamının SQL kodu.....	46
Şekil 3.11. SPGenerateInputDemands saklı yordamının SQL kodu.....	48
Şekil 3.12. SPGenerateInputConfigurationParameters saklı yordamının SQL kodu	49
Şekil 3.13. SPUpdateNodes saklı yordamının SQL kodu.....	50
Şekil 3.14.a. Geliştirilen karar destek sistemi prototipi arayüz tasarımı.....	50
Şekil 3.14.b. Çalıştır simgesi	50
Şekil 4.1. Kullanıcı tarafından örnek bir parametre girişinin yapılması	56
Şekil 4.2.a. Kullanıcıya sunulan örnek bir rapor.....	57
Şekil 4.2.b. Kullanıcıya sunulan örnek bir rapor: Performans parametreleri.....	58
Şekil 4.2.c. Kullanıcıya sunulan örnek bir rapor: Envanter kararları.....	58
Şekil 4.2.d. Kullanıcıya sunulan örnek bir rapor: Servis kararları.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Disasters tablosunun özellikleri	32
Çizelge 3.2. Seviye etki derece tablosu.....	33
Çizelge 3.3. DisasterTypes tablosunun özellikleri.....	34
Çizelge 3.4. Facilities tablosunun özellikleri	34
Çizelge 3.5. Commodities tablosunun özellikleri	35
Çizelge 3.6. Nodes tablosunun özellikleri.....	36
Çizelge 3.7. NodeRisks tablosunun özellikleri	38
Çizelge 3.8. Paths tablosunun özellikleri	38
Çizelge 3.9. ModelTypes tablosunun özellikleri.....	39
Çizelge 3.10. ModelParameters tablosunun özellikleri.....	39
Çizelge 3.11. ModelConfigurations tablosunun özellikleri	40
Çizelge 3.12. ModelConfigurationParameters tablosunun özellikleri	40
Çizelge 4.1. Konfigürasyon parametreleri	55
Çizelge 4.2.a. Örnek çözümlerin gösterimi: %98 etkilenen nüfus oranı	61
Çizelge 4.2.b. Örnek çözümlerin gösterimi: %75 etkilenen nüfus oranı	61

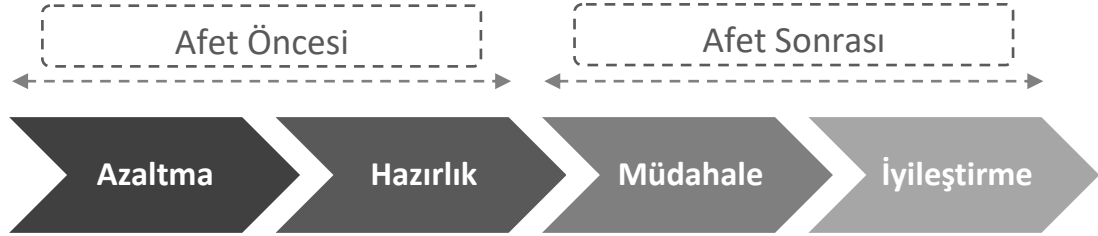
1. GİRİŞ

Afet, çeşitli doğa olaylarının sebep olduğu yıkım olarak tanımlanmaktadır. Uluslararası Afet Veritabanı'nda (EM-DAT) yer alan sınıflandırmaya göre doğal afetler; jeofiziksel, meteorolojik, hidrolojik, iklimsel, biyolojik ve dünya dışından (uzaydan) gelen afetler olmak üzere altı alt kategoride incelenmektedir. Son yıllarda ise doğal afetlere ilave olarak, teknolojik veya insan kaynaklı afetler de ele alınmaktadır (Ortuno ve ark. 2013). Her yıl yaklaşık 500 adet afet meydana gelmekte ve yaklaşık 75 000 kişinin ölümüne, 200 milyondan fazla nüfusun etkilenmesine neden olmaktadır (Van Wassenhove 2006).

Afetin yerinin, meydana geliş zamanının ve şiddetinin tahmin edilemez oluşu, afetin tekrarlanamayan bir yapıda aniden ve bir kereye mahsus meydana geliyor oluşu ve bunlara bağlı olarak sonrasında oluşacak etkilerinin belirsizliği nedeniyle afet öncesinde ve sonrasında yürütülen faaliyetlerin yönetimi oldukça zor ve önemli bir konudur. Afetin yapısı gereği kaynaklanan söz konusu belirsizlik unsurlarının yanı sıra, son yıllarda artan dünya nüfusu ve altyapı karmaşıklığı da afet öncesi ve sonrası yürütülen faaliyetleri daha karmaşık ve kontrolü zor bir noktaya ulaştırmaktadır. Bu kapsamda etkili çözümlerin üretilmesine duyulan ihtiyaç, söz konusu faaliyetlerinin başta yöneylem araştırması ve yönetim bilimi olmak üzere, mühendislik alanındaki araştırmalara çok uygun bir çalışma alanı olarak ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Afet operasyonları yönetimi çalışmaları en genel tanımıyla; afet öncesinde, esnasında ve sonrasında yürütülen can ve mal kaybını önlemeyi, afetin ekonomi ve çevre üzerindeki etkisini azaltmayı, afet sonrasında hayatın normal düzene dönmelerini amaçlayan çalışmaların tümüdür. Literatürde yapılan en genel sınıflandırmaya göre, afet operasyonları yönetimi faaliyetleri, Şekil 1.1'de görüldüğü gibi azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme olmak üzere dört başlık altında incelenmektedir.

Azaltma faaliyetleri, literatürde en sık çalışılan afet operasyonları yönetimi aşaması olmakla birlikte; afet öncesinde orta ve uzun vadede, afetin başlamasını engellemek veya olası bir afet durumunda etkisini azaltmak amacıyla yürütülen operasyonları içermektedir. İmar ve arazi kontrolleri, afetin etkilerini azaltmak amacıyla yapıların inşa edilmesi, vergi teşvikleri ve diğer caydırıcı önlemlerin alınması, iyileştirme faaliyetleri

kapsamında yapılan inşaların kontrolü, risk analizleri ve haritalandırma operasyonları azaltma faaliyetlerine örnek olarak gösterilebilir (Altay ve Green 2006).



Şekil 1.1. Afet operasyonları yönetimi aşamalarının gösterimi

Hazırlık faaliyetleri ise afet öncesi kısa vadede yürütülen ve afet meydana geldiğinde toplumu müdahaleye hazırlayan; acil hizmet ve gönüllü grupları için personel alımı, acil durum planlaması, yardım anlaşmalarının yapılması, müdahale personelinin ve vatandaşların eğitilmesi, bütçeleme, araç ve diğer ekipman alımı, acil yardım malzemelerinin bakımları, acil yönetim merkezlerinin inşa edilmesi, iletişim sistemlerinin iyileştirilmesi, afet tatbikatlarının yapılması gibi operasyonları içermektedir. Müdahale faaliyetleri, afet sonrası kısa vadede gerçekleştirilen; yaşamın, mülkiyetin, çevrenin ve toplumun sosyo-ekonomik siyasal yapısını korumak amacıyla yürütülen operasyonları kapsamaktadır. Söz konusu bu operasyonlara örnek olarak; acil durum planlarının ve acil yönetim merkezlerinin etkinleştirilmesi, afetzedelerin tahliye edilmesi, barınakların açılması, yardım malzemesi dağıtımı, yangın söndürme ve defin işlemleri gibi faaliyetler verilebilir. İyileştirme faaliyetleri ise toplumun normal işleyişine dönmesini amaçlayan ve afet sonrası uzun vadede yürütülen; enkaz kaldırma, hükümetler ve bireylere maddi yardım sağlanması, yolların, köprülerin ve tesislerin yeniden inşa edilmesi, tıbbi bakım, ruh sağlığı ve mental bakım gibi aktiviteleri içermektedir (Altay ve Green 2006).

Afet operasyonları yönetimi açısından bakıldığında ise afet; insan hayatı, ekonomi ve çevre üzerinde ciddi hasara neden olarak toplumun işleyişini önemli ölçüde bozan, yerel müdahale kapasitesini aşan ve standart prosedürler doğrultusunda yönetilemeyen, şok edici bir olay olarak tanımlanabilir (Galindo ve Batta 2013, Ortuno ve ark. 2013). Yerel kapasitenin aşılması ile birlikte, müdahale operasyonları, afetin yapısı gereği yukarıda

bahsi geçen belirsizlik unsurlarının yanı sıra çok sayıda paydaşın bulunduğu ve zaman baskı altında yürütülen karmaşık bir sürece dönüşmektedir. Söz konusu bu süreçte; afetzedelerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, verimli ve düşük maliyetli bir şekilde malzeme akışlarının ve depolama faaliyetlerinin yönetiminin planlanması, uygulanması ve denetlenmesi insani lojistik olarak tanımlanmaktadır (Caunhye ve ark. 2012, Ortuno ve ark. 2013). Afet yardım faaliyetlerinin %80'ini söz konusu bu lojistik faaliyetleri oluşturmakta ve bu nedenle daha mükemmel, etkili ve efektif lojistik operasyonları planlanmalı, şeffaf tedarik zincirleri var olmalıdır. Natarajarathinam ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, belirtildiği gibi 1999 yılında Türkiye'de meydana gelen Gölçük depreminde yaklaşık 25 000 kişi hayatını kaybetmişken; 2008 yılında Japonya'da aynı büyüklükte meydana gelen bir depremde yalnızca 12 ölüm meydana gelmiştir. Bu durumun alt yapı karmaşıklığı gibi nedenleri olabileceği gibi; kaynaklara ulaşmadaki zorluklar, tedarik zincirinin planlamasındaki ve kontrolündeki eksiklikler de beraberinde büyük kayıplara neden olmaktadır. Söz konusu insani tedarik zincirleri, klasik ticari tedarik zincirleri ile aşağıda yer alan unsurlar bakımından benzerlik göstermektedir (Van Wassenhove 2006):

- Mevcut ve gelecekteki operasyonların performansına göre değişkenlik göstermektedir.
- Hazırlık ve müdahale, tedarik ve dağıtım, yönetim merkezi ve saha arasında köprü görevi görmektedir.
- Olay sonrası etkinliği analiz etmek için zengin bir veri sunmaktadır.
- Başarı ve başarısızlık arasındaki fark yüksek maliyetlere neden olmaktadır.

Whybark (2007) ise yapmış olduğu çalışmada, hasar oluşumu ve ulaşılamama gibi durumlardan dolayı, afet durumunda envanter yönetiminin, klasik ticari envanter yönetiminden farklı olduğunu belirtmiştir. Afet operasyonları yönetimi kapsamında ele alınan insani tedarik zincirleri, ticari tedarik zincirlerinde olduğu gibi; ilk tedarikçiden son kullanıcıya kadar olan ürün, bilgi ve finansal akışı yönetme süreci olarak tanımlansa da burada son kullanıcılar afetzedelerdir (Kovacs ve Spens 2007). İnsani tedarik zincirlerini, ticari tedarik zincirlerinden ayıran temel unsurlar ise aşağıdaki gibi özetlenebilir (Balcik ve Beamon 2008, Ortuno ve ark. 2013):

- Zamanlama, yer, malzeme tipi ve miktarı açısından öngörülemeyen talep
- Farklı ürün ve hizmete yönelik kısa teslim süresi ve aniden oluşan büyük miktarlardaki talep
- Tedarik, insan kaynakları, teknoloji, kapasite ve finansman açısından kaynakların eksikliği
- Belirlenmesi oldukça zor olan çok sayıda karar vericinin varlığı

Söz konusu bu unsurların yanı sıra; afet sonrası hasar alan yollar, güvenlik zafiyeti, iletişimde meydana gelen kopukluklar ve kaynaklara erişimdeki güçlükler nedeniyle bu acil durum lojistiği faaliyetlerini yürüten birtakım kuruluşların afet bölgesine ulaşmaları zorlaşmaktadır (Sheu 2007). Büyük ölçekli bir afet meydana geldiğinde en kritik konular arasında, afetzedelerin hayatını kurtarmak ve afetin etkilerini azaltmak yer almaktadır. Öte yandan, afet sonrası kritik süreç olarak da adlandırılan, ilk 72-saatlik süreçte söz konusu kuruluşların afet bölgesine ulaşamaması nedeniyle, su ve yiyecek olmadan afetzedelerin hayatta kalma şansı ciddi ölçüde azalmaktadır. Söz konusu acil insani ihtiyaçların tam olarak ihtiyaç duyulan yerde ve zamanda, gereken adette ulaştırılması zor ve kritik bir konudur. Bu nedenle insani lojistik faaliyetleri, afet sonrası müdahale operasyonlarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. 2010 yılında Haiti’de meydana gelen deprem sonrası 2 milyondan fazla evsiz kalan kişinin su gibi temel ihtiyaçları karşılanamamıştır (Zempekis ve ark. 2014). Benzer bir durum 2011 yılında Japonya’da meydana gelen Tohoku depreminde de görülmüş olup, ciddi hasar almayan bölgelerde aniden yüksek miktarlarda su ve yiyecek ihtiyacı oluşmuştur (Holguin-Veras ve ark. 2014, Fikar ve ark. 2016). Su ve yiyecek gibi yardım malzemelerinin dağıtımını gerçekleştiren kuruluşlara örnek vermek gerekirse dünyada Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (Federal Emergency Management Agency – FEMA) ve Kızılhaç; Türkiye’de ise Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve Kızılay gösterilebilir.

Yukarıda bahsi geçen insani lojistik operasyonları Caunhye ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada; (i) tesis yerleşimi, (ii) yardım malzemesi dağıtımı ve afetzede taşıma, (iii) trafik kontrolü ve hayatı normale döndürmek gibi amaçlarla gerçekleştirilen

diğer faaliyetler olmak üzere üç grupta ele alınmıştır. Birtakım çalışmalarda ise tesis yerleşimi problemi tek başına ele alınmayıp, yardım malzemesi dağıtımı ve tahliye operasyonları ile entegre bir şekilde dikkate alınmaktadır. Bu tez çalışmasında ise afet operasyonları yönetimi hazırlık faaliyetleri kapsamında ele alınan afet-müdahale-tesisleri yerleşim problem için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Uygulama aşamasında olası bir deprem olayı dikkate alınarak, geçici-afet-müdahale (GAM) tesisleri yerleşim problemi ele alınmıştır. Söz konusu bu GAM tesislerinde, AFAD ve Kızılay gibi yardım kuruluşları afet bölgesine ulaşıncaya kadar geçen süreçte, afetzedelerin temel insani ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla dağıtılan yardım malzemeleri depolanmaktadır. GAM tesisleri yerleşimi probleminin çözümü için tez danışmanının yürütücülüğünde gerçekleştirilen diğer çalışmalarda iki-aşamalı bir stokastik programlama modeli önerilmiştir (Cavdur ve ark. 2016, Köse-Küçük 2016). Bu model ile minimum maliyet değeri amaçlanarak, tesis konumları ve sayısı, bu tesislerdeki yardım malzemelerinin envanter düzeyleri belirlenmekte ve afet bölgesindeki servis kararları verilmektedir. Bu tez çalışmasında ise söz konusu stokastik programlama modelinin deterministik karşılığı olan tamsayılı programlama modeli dikkate alınmaktadır.

GAM tesisleri yerleşim probleminin çözülmesi ve elde edilen sonuçların raporlanması amacıyla bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Bu amaçla, öncelikle Microsoft SQL Server veritabanı yönetim sistemi kullanılarak veritabanı tasarımı yapılmış, ardından Microsoft Excel ortamında geliştirilen arayüz aracılığıyla entegre bir sistem sunulmuştur. Söz konusu karar destek sistemi, deprem olayı ve GAM tesisleri yerleşim problemi için geliştirilmiş olsa da farklı afet tipleri ile afet operasyonları kapsamında ele alınan farklı problem tiplerini ve bu problemlerin varyasyonlarını içerecek şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen karar destek sistemi prototipi aracılığıyla, GAM tesisleri yerleşim problemi için kişisel bir bilgisayarda çalışan bir masaüstü uygulaması geliştirilerek, karar vericilere bütünlük bir sistem sunulmuştur. Afetin yapısı gereği belirsizlik içeren unsurlar ise kullanıcı tarafından arayüzde tanımlanan farklı problem parametreleri ve konfigürasyon seçimlerine bağlı olarak senaryolaştırılmaktadır. Böylelikle çok sayıda afet sonrası durum için dinamik çözümler elde edilmekte ve bu çözümler analiz edilebilmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, tez çalışmasında kullanılan ve afet operasyonları yönetimi kapsamında literatürde yer alan kaynak araştırmaları; (i) insani lojistik çalışmaları ve (ii) karar destek sistemleri olmak üzere iki alt grup özelinde sunulmaktadır.

2.1. İnsani Lojistik Çalışmaları

Literatürde yer alan insani lojistik çalışmalarının büyük ölçüde, afet sonrası afetzedelerin temel insani ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, lojistik faaliyetlerinin planlanmasını içerdikleri; azaltma ve hazırlık aşamalarında ele alındıkları söylenebilir (Natarajathinam ve ark. 2009, Özdamar ve Demir 2012). Afet operasyonları yönetimi kapsamında, literatürde başvurulan optimizasyon teknikleri incelendiğinde, matematiksel programlama yöntemlerinin ağırlıklı olarak çalışıldığı görülmektedir, ikincil olarak meta-sezgisel yöntemlere başvurulmaktadır (Altay ve Green 2006, Ortuno ve ark. 2013). Simülasyon ve yapay zeka ise diğer öne çıkan çalışmalar arasında yer almaktadır.

İnsani lojistik operasyonları Caunhye ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, (i) tesis yerleşimi, (ii) yardım malzemesi dağıtımı ve afetzede taşıma, (iii) trafik kontrolü ve hayatı normale döndürmek gibi amaçlarla gerçekleştirilen diğer faaliyetler olmak üzere üç grupta ele alınmıştır. Bu literatür çalışmasında tesis yerleşim probleminin sıklıkla malzeme depolama, tahliye veya yardım malzemesi dağıtım problemleri ile entegre bir şekilde ele alındığı belirtilmiştir. Söz konusu çalışmalarda, çoğunlukla 0-1 (ikili) değişkenler ile yerleşim kararlarının verildiği karışık-tamsayı programlama modellerinin ele alındığı vurgulanmaktadır. Tesis yerleşimi ve malzeme depolama problemlerinin beraber ele alındığı çalışmalarda ise sıklıkla, maksimum talebin gereken miktarda envanter ile karşılanacağı, maksimum kapsama problemi ele almaktadır. Tesis yerleşimi, malzeme depolama ve dağıtım faaliyetlerinin beraber ele alındığı problemlerde ise minimum maliyet amaçlanmaktadır. Burada ele alınan en genel unsurlar ise bütçe kısıtları, karşılanamayan talep, tesis kapasitelerinin arttırılıp

arttırılmama kararları, stok tutma maliyetleri ve farklı tipteki tesislerin ele alınması olarak gösterilebilir.

Li ve ark. (2011) tarafından afet-müdahale-tesisleri yerleşimi ve planlama çalışmaları özelinde yapılan literatür çalışmasında, etkin ve zamanında müdahale operasyonları sağlanabilmesi için müdahale tesislerinin etkili bir şekilde planlamasının ve konumlandırılmasının önemi üzerinde durulmaktadır. Bu çalışmada da belirtildiği gibi geleneksel müdahale-tesisleri yerleşim problemi, (i) hangi bölgelerin seçileceği ve (ii) potansiyel bölgeler ile talep noktaları göz önünde bulundurulduğunda kaç adet tesisin açılacağı olmak üzere iki temel karar ile ilgilenmektedir.

Tesis yerleşimi ve malzeme depolama problemlerinin beraber ele alındığı çalışmalarda sıklıkla ele alınan ve maksimum talebin gereken miktarda envanter ile karşılanacağı, maksimum kapsama problemleri incelendiğinde, ağ akış modellerinin öne çıktığı görülmektedir. Yi ve Özdamar (2007) tarafından yapılan çalışmada, maksimum talep kapsayacak şekilde kaynak konumlandırılması ve afetzedelerin tahliye süreçlerinin rotalanması entegre bir şekilde ele alınmış olup; karışık-tamsayılı çoklu-ağ akış modeli geliştirilmiştir. Balcik ve Beamon (2008) tarafından yapılan çalışmada maksimum kapsama modelinin bir versiyonu olarak önerilen model aracılığıyla tesis sayısı ve konumu belirlenmektedir. Bunun yanı sıra, kapasite ve bütçe kısıtları altında, bu tesislerde depolanacak yardım malzemesi miktarları da belirlenmektedir. Nozick (2001) tarafından yapılan çalışmada ise kapsama kısıtları altında, gerekli hizmet düzeyini koruyan minimum maliyetli tesis yerleşim problemi ele alınmıştır.

Belardo ve ark. (1984) diğer küme kapsama problemlerinden farklı olarak, risk haritalarına ait verileri kullanarak, olası bir petrol sızıntısında müdahale edecek ekipmanların konumlandırılması amacıyla kaynak-kısıtlı ve minimum riskli bir küme kapsama modeli sunmuşlardır. Murali ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise diğer çalışmalardan farklı olarak, mesafe bazlı kapsama fonksiyonu ve talep belirsizliği altında tesis yerleşim probleminin çözümü aranmaktadır. Bahsi geçen bu belirsizlik ise uzaklığa bağlı olarak şans kısıtları ile ifade edilmiştir.

Rajagopalan ve ark. (2008) tarafında yapılan çalışmada tesis konumlandırma problemi, ambulans sayısının ve bu ambulansların konumlarının belirlenmesi amacıyla ele alınmıştır. Problemin karakteristik özellikleri gereği, standart tesis yerleşim problemlerine göre ambulans talepleri haftanın her günü hatta günün her saati değişmektedir. Söz konusu bu dinamik ve dalgalı talep yapısında ambulansların yeniden dağıtımının planlanması ele alınmaktadır. Belirli bir α değerinde kapsama gereklilikleri sağlanırken, minimum sayıda ambulansın atanması amaçlanmaktadır. Problemin kombinatorik yapısından dolayı NP-Tam olduğu ifade edilmiş ve Tabu Arama algoritması ile çözüm önerilmiştir. Rottkemper ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada ise diğer çalışmalardan farklı olarak, afet operasyonları devam ederken beklenmedik bir etki sonucunda ani talep veya arz değerlerinin değişimi dikkate alınmaktadır. Minimum karşılanamayan talep ile envanter yönetimi amaçlanmaktadır.

Rawls ve Turnquist (2010) tarafından yapılan çalışmada, yolların hasar alması ve talep belirsizlikleri altında, farklı tipteki tesislerin konumlarının ve envanter düzeylerinin belirlenmesi amacıyla iki-aşamalı stokastik programlama modeli geliştirilmiştir. İlk aşamada sabit tesis açma ve malzeme bulundurma maliyetleri minimize edilirken, ikinci aşamada hasar alması durumunda kullanılmayan malzeme maliyetleri ve karşılanamayan talep miktarı minimize edilmektedir. Rawls ve Turnquist (2011) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise daha önce geliştirmiş oldukları modele hizmet kısıtı eklenerek, belirli bir α değerinde talep karşılanması ve arz-talep düğümleri arasında belli bir uzaklığın aşılmaması garantilenmektedir.

Görmez ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada ise tesis yerleşim problemi, devamlı tesisler ve geçici tesisler olmak üzere iki seviyede ele alınmıştır. Var olan tesislerin yanı sıra yeni (geçici) tesislerin açıldığı, bu tesislerin konumlarının ve sayılarının belirlendiği iki-aşamalı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. İlk aşamada, geçici tesisler için minimum talep-ağırlıklı mesafe değeri minimize edilirken; ikinci aşamada açılan geçici tesis sayısı ve devamlı tesislerden katedilen ortalama mesafe minimize edilmektedir. Lin ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise merkezi bir yerden malzeme akışı sağlamak yerine geçici lokal depolardan malzeme dağıtımının gerçekleştirildiği iki-aşamalı sezgisel bir yöntem önerilmiştir. Tesis yerleşim

problemine benzer şekilde ele alınan bir diğer problem tipi ise çadır kent bölgelerinin belirlenmesine ilişkin problemdir. Kılıcı ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Kızılay'ın çadır kent seçimi stratejilerine göre 11 kriterden oluşan ağırlıklı fonksiyon kullanılarak, minimum ağırlıklı açılan çadır kent bölgesinin ağırlığı maksimize edilmektedir.

Birtakım çalışmalarda ise tesis yerleşim ve malzeme dağıtım operasyonları tümüyle tedarik zinciri üzerinde ele alınmaktadır. Afshar ve Haghani (2012) tarafından yapılan çalışmada tedarik zincirinin farklı seviyeleri için geçici tesislerin yerleşimi problemi ile araçların yükleme boşaltma çizelgeleri ve rotalarının belirlenmesi entegre bir şekilde ele alınmaktadır. Barzinpour ve Esmaceli (2014) tarafından yapılan çalışmada ise diğer çalışmalardan farklı olarak, iki-katmanlı bir insani yardım tedarik zinciri dikkate alınmış olup, tesis konumlandırma ve yerleşimi ile malzeme dağıtım problemlerinin entegre bir şekilde çözümü için karışık-tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Burada, maksimum kapsama ve minimum maliyet amaçlanmaktadır. Ele alınan maliyet parametreleri ise sabit tesis açma maliyeti, stok bulundurma maliyeti, taşıma maliyeti ve elde bulundurmama (eksiklik) maliyetidir. Lee ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada söz konusu bu çalışmalardan farklı olarak ayrık-olay simülasyonu temelli bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Tedarik zincirinin farklı seviyelerindeki bileşenlerin envanter düzeylerindeki değişimlere ve bu bileşenler arasındaki mesafe değerlerine bağlı olarak yardım malzemesi dağıtım operasyonları analiz edilmiştir.

Literatürde yer alan bir diğer insani lojistik faaliyeti ise malzeme taşıma problemleridir. Barbarosoğlu ve Arda (2004) tarafından yapılan çalışmada, yardım malzemesi taşıma planının oluşturulması amacıyla, çok-malzemeli ve çok-taşıma-tipi olan bir problemin çözümü için iki-aşamalı bir stokastik ağ akış modeli geliştirilmiştir. İlk aşama amaç fonksiyonu minimum taşıma maliyetini ve ikinci aşamanın beklenen değerini minimize ederken; ikinci aşamada toplam akış miktarı, stok bulundurma, elde bulundurmama (eksiklik) ve taşıma tipi değişimi maliyetleri minimize edilmektedir. Burada, kaynakların yararlanılabilirliği ve ağın kullanılabilirliği göz önünde bulundurularak, farklı kapasite, arz ve talep bileşenlerinden oluşan senaryolar oluşturulmuş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Haghani ve Oh (1996) tarafından yapılan çalışmada ise taşıma

problemi için hem araç hem de malzeme akışı kısıtları altında, zaman pencereli çok-malzemeli ve çok-taşıma-tipli bir ağ akış modeli geliştirilmiştir. Burada amaç fonksiyonu bileşenleri araçlar için toplam akış miktarı, malzemeler için toplam akış miktarı, taşıma maliyeti ve tüm zamana pencereleri için transfer maliyetidir. Zhu ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada ise minimum envanter bulundurma ve beklenen taşıma maliyeti ile tesis yerinin ve envanter düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, depo kısıtları altında, çok-malzemeli ve çok-taşıma-tipli bir stokastik programlama modeli önerilmiştir. Salman ve Gül (2014) tarafından yapılan çalışmada tesis konumlandırma ve taşıma faaliyetleri entegre bir şekilde ele alınmıştır. Tesis konumlarının ve büyüklüklerinin belirlenmesi amacıyla çoklu-zaman pencereli bir karışık-tamsayılı programlama modeli geliştirilmiş olup; yaralıların toplam taşınma ve bekleme süreleri ile açılan geçici tesis sayısı minimize edilmektedir. Farklı yaralı sayısı, iyileşme oranları, olası kapanan yollar gibi farklı afet sonrası durumlar için senaryolar geliştirilip sonuçları analiz edilmiştir. Salmeron ve Apte (2010) tarafından yapılan çalışmada, ilk aşamada bütçe kısıtları altında tesis yeri ve kapasitelerinin belirlendiği; ikinci aşamada ise hem malzeme dağıtım hem de afetzede taşıma süreçlerinin ele alındığı iki-aşamalı bir stokastik programlama modeli önerilmiştir. Burada kritiklik düzeyine göre afetzedeler 3 grupta sınıflandırılmış; farklı talep, nüfus, ulaştırma süresi ve gereken görevli sayısı için performans analizleri yapılmıştır. Mete ve Zabinsky (2010) tarafından yapılan çalışmada, tıbbi malzeme dağıtım operasyonları için iki-aşamalı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. İlk aşamada tesis yeri seçimi ve malzeme miktarı kararları verilirken, ikinci aşamada dağıtım yapılacak olan malzemelerin taşıma planı oluşturulmaktadır. Bu amaçla, birinci aşamanın sonucu ikinci aşamanın girdisi niteliğindedir ve elde edilen dağıtım miktarları için optimum araç ve rota seçimi yapan karışık-tamsayılı programlama modeli önerilmiştir.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda ağırlıklı olarak, matematiksel programlama modelinin kullanıldığı görülmektedir. Birtakım çalışmalarda ise belirsizlik unsurlarının yansıtılması amacıyla, simülasyon tabanlı modellerin ele alındığı söylenebilir. Bunlara örnek vermek gerekirse, Mahecha ve Akhavan-Tabatabaei, (2012) tarafından yapılan çalışma gösterilebilir. Söz konusu çalışmada öncelikle, tesis yerleşim problemi için minimum maliyet ile belirli bir oranda afetzedeyi kapsamayı amaçlayan tamsayılı

programlama modeli geliştirilmiş olup, model sonuçları ve gerçek hayatta var olan mevcut durum farklı koşullar altında, Monte Carlo simülasyonu aracılığıyla analiz edilmektedir.

2.2. Afet Operasyonları Yönetiminde Karar Destek Sistemleri

Olası bir afet durumunda, çok paydaşlı bir yapıda ve zaman baskısı altında etkin kararların verilmesi gerekmektedir. Tüm paydaşların iletişiminin sağlanmasındaki eksiklikler ise afetin negatif etkilerini arttırmakta ve karmaşıklık boyutunu büyütmektedir. Hızlı ve etkili karar vermeye imkan sunmak ve karar verme süreçlerindeki paydaşlar arasındaki şeffaflığın sağlanması amacıyla, afet operasyonları yönetiminde karar destek sistemlerinin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda acil durum yönetimi; hazırlık, eğitim, azaltma, tespit, müdahale ve iyileştirme olmak üzere altı kategoride ele alınmaktadır. Bu süreçler birbiri ile entegre bir şekilde, döngüsel olarak, çok sayıda paydaşın katılımı ile sürekli veri güncellemeyi ve dolayısıyla etkileşim içinde olmayı gerektiren bir yapıdadır. Bu yapı da beraberinde acil durum yönetiminde karar destek sistemlerine olan ihtiyacı bir kez daha vurgulamaktadır (Van de Walle ve Turoff 2008). Afet sonrası koordinasyon eksikliği, zayıf bilgi akışı ve bu bilgi eksikliği sonucunda yöneticilerin bilgi işleme ve doğrulamadaki yetersizlikleri nedeniyle karar verme sürecinde gecikmeler yaşanmaktadır. Bu gecikmeleri azaltmak için hem kısa süreli hem de uzun süreli operasyonların yönetiminde bilişim teknolojilerine başvurulabilir. Burada insan hayatının kurtarılması, müdahale ve iyileştirme faaliyetlerindeki maliyet artışına neden olan verimsizliklerin ortadan kaldırılması için karar destek sistemlerinin kullanımı çok önemlidir (Thompson ve ark. 2006). Gelişen teknolojilerin takibi ile acil durum yönetiminde daha hızlı ve etkili çözümlerin üretileceği düşünülmektedir (Mendonca ve ark. 2001).

Ortuno ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, insani lojistik operasyonlarının yönetimi için karar destek sistemlerinin son yirmi yılda artan bir trend ile geliştirildiği vurgulanmıştır. Bu sistemler yoğun olarak envanter kontrolüne odaklanmakta ve genellikle malzeme taşıma ve dağıtımı ile ilgili lojistik faaliyetlerini arka plana atmaktadırlar. Envanter kontrolü ve filo yönetimi faaliyetlerinin hazırlık ve müdahale

aşamalarında yapılmasından dolayı söz konusu sistemler ağırlıklı olarak bu aşamaları kapsamaktadırlar. Birtakım özel durumlara bağlı olarak bazı çalışmalarda azaltma ve iyileştirme aşamalarının da dikkate alındığı görülmektedir. Öte yandan söz konusu çalışmada; analitik yöntemlerin pratikte kullanılan bu karar destek sistemlerine dahil edilmediği, halihazırda kullanılan sistemlerin bilgi yönetimine odaklanmış olduğu ve optimizasyon araçlarının bulunmadığı vurgulanmaktadır. Akademik çalışmalar ile pratikteki uygulamalar arasındaki bu boşluğun doldurulmasının karar vericiler için faydalı olacağı ifade edilmektedir. Fiedrich ve ark. (2000) literatürde var olan ve bilgi yönetimi odaklı karar destek sistemlerinin; uzman kişi bilgisine dayandığını ve problem karmaşıklığı, bilgi eksikliği, zaman baskısı gibi nedenlerden dolayı optimum sonucu garantilemediklerini vurgulamışlardır. Ahmad ve Simonovic (2006) tarafından yapılan çalışmada ise karar destek sistemlerinin, teknik bir bakış açısıyla modellenen mühendislik uygulamaları ile birtakım yetkili organizasyonlar tarafından gerçek hayatta yapılan uygulamaları entegre bir şekilde sunarak ele alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu kapsamda, sel olayının yönetimi için mühendislik uygulamalarını ve diğer organizasyonların uygulamalarını entegre eden bir bilgi tabanlı karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem (i) uzman sistem yaklaşımı ile uygun hasar azaltma seçeneklerinin seçimi, (ii) yapay sinir ağı ile hidro-meteorolojik parametreler altında sel olayı tahmini, (iii) taşkın kontrol yapılarının modellenmesi ve etkilerinin tahmini ve (iv) zaman ve mekana bağlı hasar tanımı olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır.

İlerleyen sayfalarda, operasyon ve afet özelinde geliştirilen ve birtakım analitik yöntemlere dayanan karar destek sistemlerine örnekler sunulmaktadır. Bu çalışmaları yoğun olarak, hazırlık, müdahale ve iyileştirme faaliyetleri kapsamında ele alındığı görülse de Yoon ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi afet müdahale personelinin eğitimi amacıyla geliştirilen karar destek sistemleri de bulunmaktadır. Söz konusu bu çalışmada müdahale ekiplerinin etkili bir şekilde ilgili prosedürleri yönetebilmesi için hazırlığı amaçlanmıştır. Rolland ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada ise farklı yeteneklere sahip personelin kısıtlı kaynaklar altında, hem görevlere atanması hem de çizelgelenmesi; proje çizelgeleme problemi ile ilişkilendirilerek, gerekçeleştirilmektedir. Bu amaçla hibrit-metaseziseller aracılığıyla hem takım içi hem de takımlar arası lokal arama yapılarak gerekli personel atanmaktadır.

Pidd ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada başta yöneylem araştırması ve yönetim bilimi teknikleri olmak üzere analitik modelleme yaklaşımları ile coğrafi bilgi sistemlerinin ilişkilendirildiği ve gerçek hayat verisi üzerinde çalışabilen mekansal karar destek sistemleri kavramı vurgulanmıştır. Zeger ve Smith (2003) tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği gibi, afetin karmaşık doğasını anlamayı mümkün kılmak amacıyla coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı oldukça önemlidir ve karar verme süreçlerini hızlandırmaktadır. Afetin mekansal boyutu ile etkileşime geçilerek, gerçek zamanlı senaryoların modellenmesine olanak sağlanmaktadır. Coğrafi bilgi sistemi ile entegre çalışan ve bu sistemlerin veri işleme, ağ analizleri gibi fonksiyonlarından yararlanan karar destek sistemlerine örnek vermek gerekirse, Chang ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmadan bahsedilebilir. Söz konusu çalışmada sel olayı sonrası kurtarma organizasyonlarının yapısının, yerinin ve dağıtım stratejilerinin belirlenmesi için iki stokastik programlama modeli ele alınmaktadır. Coğrafi bilgi sistemi aracılığıyla stokastik modelin girdisi olan olası talep noktaları ve talep miktarları tahmin edilmektedir. De Silva ve Eglese (2000) tarafından yapılan çalışmada bir nükleer kaza sonrası tahliye faaliyetlerinin planlanması için bir mikro-trafik simülatörü ve coğrafi bilgi sistemini entegre eden yapı sunulmuştur. Bu yapı (i) nesne-tabanlı tahliye simülasyonu (ii) coğrafi bilgi sistemi bileşeni (iii) simülatör ve coğrafi bilgi sistemi arasındaki dinamik etkileşimi sağlayan arayüz ve (iv) kullanıcı arayüzü olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Sahebjamnia ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada insani tedarik zincirlerinin yapılandırılması amacıyla; bir simülatör, kural tabanlı çıkarım modülü ve bilgi temelli bir sistem içeren hibrit bir karar destek sistemi sunulmuştur. İlk aşamada, coğrafi bilgi sistemi ile entegre edilen simülatör farklı senaryolar altında farklı konfigürasyonlar için performans parametrelerini hesaplamaktadır. Ardından, hesaplanan bu performans parametrelerine göre kural tabanlı çıkarım modülü aracılığıyla tesis konumları, malzeme miktarı ve dağıtım planı için en iyi konfigürasyon belirlenmektedir. Son olarak, en iyi konfigürasyon bilgi temelli sisteme kaydedilmektedir.

Tufekci (1995) tarafından yapılan çalışmada ise kişisel bir bilgisayarda çalışan, minimum tahliye süresini hedefleyen kasırga-tahliye planlaması modülü geliştirilmiştir.

Ağ üzerindeki tahliye süresini ve trafik akışını tahmin etmekte ise simülasyon ve ağ-optimizasyon modeli kullanılmaktadır. Haynes ve ark. (2008) tarafından, yapılan çalışmada ise terör saldırılarına karşı planlama ve kaynak atama faaliyetlerinin dinamik yönetimi için web-tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. İlk aşamada, korunacak tesisler ve ilgili varlıklar birtakım kurallara göre önceliklendirilmekte, ardından farklı azaltma projelerinin faydaları hesaplanmaktadır. Son olarak, yüksek önceliğe sahip tesisleri korumak için en yüksek faydayı sağlayan azaltıcı önlem ile kaynak ataması gerçekleştirilmektedir. Alvear ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, diğer afet tiplerinden farklı olarak, olası bir acil durumda yol tünellerindeki yönetim faaliyetleri için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Gerçek-zamanlı olarak operatöre karar önerileri sunulmakta ve farklı senaryolar altında kurtarma ve tahliye zamanları tahmin edilmektedir. D'Uffizi ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise özel kurtarma ekiplerince yürütülen kurtarma faaliyetleri ele alınmış olup, ayrık-olay tabanlı bir simülasyon ile farklı stratejiler analiz edilmektedir. Acil durum yönetimi için heterojen ağları, bulut platformuna entegre etmeyi amaçlayan bilgisayar temelli bir sistem geliştirilmiştir.

Yardım malzemesi dağıtım ve kaynak atama operasyonları özelinde karar destek sistemleri incelendiğinde; Özdamar ve ark. (2004) planlama periyodu boyunca en uygun yükleme/boşaltma çizelgelerinin ve bu yollarda alınan/teslim edilen optimum miktarların belirlenmesi amacıyla bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Burada çoklu-ağ akış modeli ve araç rotalama modelini entegre şekilde sunan hibrit bir yapı sunulmuştur. Kondaveti ve Ganz (2009) tarafından yapılan çalışmada, kaynak atama ve dağıtım işlemleri için, gerçek-zamanlı veri kullanan, hızlı veri depolama ve kaynak takibi işlevleri üzerine kurulu bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Öncelikle, Öklid mesafeleri esas alınarak afetzedeler coğrafi yakınlıklarına göre kümelenmekte, ardından her bir küme için minimum riskli ve minimum maliyetli kaynak atama ve dağıtım faaliyetleri planlanmaktadır. Rekik ve ark. (2013) çalışmasında, ağ tasarımı ve insani yardım dağıtım problemi ele alınmıştır. Farklı tipte yardım malzemelerinin dağıtımı için en uygun dağıtım ağı yapısının bulunması hedeflenmektedir. Öncelikle ağ tasarım modelinin çözümü için tesislerin konumlarının, sayılarının ve kaynak atamalarının belirlenmesi amacıyla üç matematiksel programlama modeli sunulmuştur. Taşıma

rotalarının belirlenmesi amacıyla ise bir dağıtım modeli kullanılmıştır. Burada, farklı çözümler arasında seçim yapmanın zor olması nedeniyle TOPSIS temelli çok kriterli karar verme modülü sunulmuştur. Ağ tasarımı, dağıtım planlaması ve çok kriterli karar verme modülünün entegrasyonu amacıyla bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

Birakım çalışmalarda ise ajan-tabanlı karar destek sistemlerinin geliştirildiği gözlenmiştir. Wagner ve Agrawal (2014) tarafından yapılan çalışmada, olası bir yangın olayında afetzedelerin konser salonundan tahliye işlemlerinin simüle edilmesi amacıyla ajan-tabanlı modelleme kullanan bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Farklı yangın senaryoları ve konser salonu yerleşimlerinin tahliye operasyonlarına etkisi analiz edilmiştir. Fikar ve ark. (2016) tarafından geliştirilen karar destek sisteminde, yardım malzemesi dağıtım faaliyetlerinde kamu ve özel kuruluşların koordinasyonlarını sağlayan bir yapı sunulmuştur. Söz konusu çalışmada, yardım malzemesi dağıtım aktivitelerinin çizelgelenmesi ve araçların rotalanması amacıyla ajan-tabanlı bir simülasyon modeli önerilerek, geliştirilen karar destek sistemi sayesinde, gerçek zamanlı veri ile söz konusu operasyonların gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Eguchi ve ark. (1997) tarafından yapılan çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak acil durum servislerinin organizasyonu için gerçek-zamanlı kayıp tahmin sistemi geliştirilmiştir. Söz konusu tahminler hasar, kayıp ve etkilenen nüfus açısından yapılmaktadır. Böylelikle müdahale faaliyetlerinde iyileşme olacağı öngörülmektedir. Rodriguez ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada ise zaman baskısı altında birtakım özel kuruluşların bulanık mantık temelli bir yaklaşımla karar verebilmesi için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Önceden yapılan bu tahminlere göre söz konusu veriler ile ilişkilendirilerek gelecekteki potansiyel afet etkileri analiz edilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

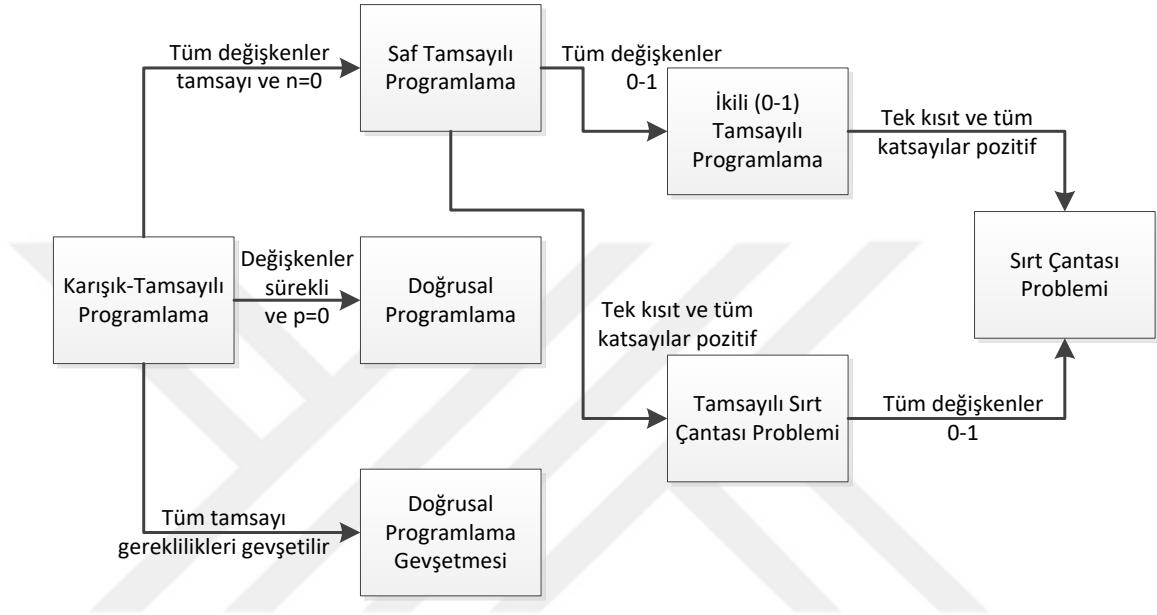
Bu çalışmada, afet-müdahale-tesisleri yerleşim probleminin çözümü için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Hali hazırda deprem olayı ve GAM tesisleri yerleşimi özelinde uygulama yapılmış olsa da; veritabanı tasarımı farklı afet ve problem tiplerini içerecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Kişisel bir bilgisayarda masaüstü uygulaması olarak sunulan karar destek sistemi, afet öncesi farklı parametreler altında, lokal kaynakların planlanmasında ve hazırlık faaliyetlerinin yürütülmesinde önemli rol oynamaktadır.

3.1. Materyal

3.1.1. Tamsayılı programlama

Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problemde klasik doğrusal programlama problemlerinden farklı olarak, karar değişkenleri negatif olmayan tamsayı değerler almaktadır. Tamsayılı doğrusal programlama, söz konusu bu doğrusal programlama problemlerinde karar değişkenlerinin tamsayı değerler ile kısıtlandırıldığı durumları incelemektedir (Schrijver 1998). Bu tez çalışması kapsamında doğrusal programlama modelleri ele alındığından, çalışmanın geri kalan kısmında tamsayılı doğrusal programlama, tamsayılı programlama olarak dikkate alınmaktadır. Şekil 3.1’de tamsayılı programlama için literatürde yer alan sınıflandırma gösterilmektedir. Burada p ile ele alınan problemdeki toplam tamsayılı değişken sayısı ve n ile ele alınan problemdeki toplam sürekli değişken sayısı gösterilmektedir. p değerinin sıfıra eşit olması durumu doğrusal programlama olarak tanımlanırken; n değerinin sıfıra eşit olması ise saf tamsayılı programlama olarak tanımlanmaktadır. Bir takım değişkenlerin tamsayı birtakım değişkenlerin de sürekli olması halinde karışık-tamsayılı programlama olarak adlandırılan yapı söz konusudur. Burada tamsayı gerekliliklerinin göz ardı edilerek problemin ele alınması ise doğrusal programlama gevşetmesi olarak adlandırılmaktadır. Tüm tamsayılı değişkenlerin yalnızca 0 veya 1 değerini aldığı problem tipi ise ikili veya 0-1 tamsayılı programlama olarak tanımlanmaktadır. Tüm amaç fonksiyonu ve kısıt katsayılarının pozitif olduğu 0-1 tamsayılı programlama

modelinin, tek bir “ \leq ” koşulu olan doğrusal kısıtı olması durumunda ise Sırt Çantası Problemi olarak adlandırılan yapı oluşmaktadır. Pozitif kısıt katsayılarının bulunduğu tek bir kısıtı olan tamsayılı program ise Tamsayılı Sırt Çantası Problemi’ni meydana getirmektedir. Bir başka deyişle, Tamsayılı Sırt Çantası Problemi’nin değişkenlerinin ikili (0-1) değişkenler olması durumu Sırt Çantası Problemi’dir.



Şekil 3.1. Tamsayılı programlamanın sınıflandırılması (Chen ve ark. 2011)

Tamsayılı programlama problemlerinin en genel matris gösterimi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Schrijver 1998):

$$\max \{cx \mid Ax \leq b; x \text{ tamsayı}\} \quad (3.1)$$

Burada A rasyonel matris, b ve c rasyonel vektörlerdir. Tamsayılı programlama probleminin bir diğer matris gösterimi ise aşağıdaki gibidir (Schrijver 1998):

$$\max \{cx \mid x \geq 0; Ax = b; x \text{ tamsayı}\} \quad (3.2)$$

Standart bir tam sayılı programlama modelinin kapalı formu ise aşağıdaki gibidir (Chen ve ark. 2011):

$$\max z = \sum_j c_j x_j \quad (3.3)$$

$$\sum_j a_{ij} x_j \leq b_i, \quad \forall i \quad (3.4)$$

$$x_j \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}, \quad \forall j \quad (3.5)$$

Birtakım problemlerde ise bazı değişkenler sürekli değerler alıyorken, bazı değişkenlerin de tamsayı değerler alması gerekmektedir. Bu tip problemler, yukarıda da bahsedildiği gibi karışık-tamsayılı problem olarak adlandırılmaktadır. Karışık-tamsayılı programlama modelinin en genel matris gösterimi ise aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\max \{cx + dy \mid Ax + Gy \leq b; x \geq 0 \text{ ve } y \text{ tamsayı}\} \quad (3.6)$$

Karışık-tamsayılı programlama modelinin kapalı formu aşağıdaki gibidir (Chen ve ark. 2011):

$$\max z = \sum_j c_j x_j + \sum_k d_k y_k \quad (3.7)$$

$$\sum_j a_{ij} x_j + \sum_k g_{ik} y_k \leq b_i, \quad \forall i \quad (3.8)$$

$$x_j \geq 0, \quad \forall j \quad (3.9)$$

$$y_k \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}, \quad \forall k \quad (3.10)$$

Tüm karar değişkenlerinin tamsayı ve yalnızca 0 veya 1 değerler aldığı ikili (0-1) tamsayılı programlama probleminin matris gösterimi aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\max \{cx \mid Ax \leq b; x \text{ 0 veya 1}\} \quad (3.11)$$

İkili (0-1) tamsayılı programlama modelinin kapalı formu ise aşağıdaki gibidir (Chen ve ark. 2011):

$$\max z = \sum_j c_j x_j \quad (3.12)$$

$$\sum_j a_{ij} x_j \leq b_i, \quad \forall i \quad (3.13)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad \forall j \quad (3.14)$$

Saf tamsayılı programlama modellerinin çözümü için geliştirilen ilk algoritma Gomory tarafından önerilmiştir. Fakat problem boyutu büyüdükçe çözüm süreleri de önemli ölçüde arttığından Edmonds tarafından polinom-zamanlı algoritmaların önemi vurgulanmıştır (Gomory 1958, Edmonds 1965, Jünger ve ark. 2009). Günümüzde tamsayılı programlama modellerinin çözümü için literatürde yer alan ve sıklıkla kullanılan metotlar arasında Dal-Sınır Algoritması (Branch-Bound Algorithm) ve Kesme Düzlemi Algoritması (Cutting Plane Algorithm) yer almaktadır. Söz konusu bu yöntemlerin genel mantığı, tamsayılı programlama modelinde tamsayı gerekliliklerinin gevşetilerek doğrusal programlama modelinin çözülmesi esasına dayanmaktadır. Burada, IP^* tamsayılı programlama modelinin optimum amaç fonksiyonu değeri ve LP^* tamsayılı programlamanın doğrusal gevşetmesi olan doğrusal programlama modelinin optimum amaç fonksiyonu değeri olmak üzere, her zaman $LP^* \geq IP^*$ koşulu sağlanmaktadır. Bu durum standart bir maksimizasyon problemi için böyle iken bir minimizasyon problemi için $LP^* \leq IP^*$ olacaktır. Dal-Sınır Algoritması'nın sözde kodu aşağıdaki gibi olup; burada S tamsayılı programlama problemini, S_{LP} ise S 'nin gevşetilmiş problemi olan doğrusal programlama problemini ifade etmektedir. s^k ile S 'nin k . alt problemi temsil edilirken, s_{LP}^k ile S_{LP} 'nin k . alt problemi gösterilmektedir. Dallanma stratejileri ise geri ilerleme (back-tracking) olarak adlandırılan ve bir dalı sonuna kadar araştırmayı esas alan yapı veya atlayarak ilerleme (jump-tracking) olarak adlandırılan ve en iyi amaç fonksiyonu değerine sahip daldan ilerlemeyi esas alan yapı olmak üzere iki adettir (Winston ve Goldberg 2004, Chen ve ark. 2011).

- Adım 0 (Başlangıç): S_{LP} çözülür. Uygunsuz bir çözüm elde edilmişse S problemi de uygunsuzdur. S_{LP} tamsayılı çözüm vermişse elde edilen çözüm S problemi için de optimum çözümdür. Aksi durumda S_{LP} 'nin çözümü üst sınır olur. Alt sınır değeri ise $-\infty$ olarak ele alınır. Elde edilen s_{LP}^k aktif listeye konulur.
- Adım 1 (Düğüm seçimi): Aktif liste boşsa bitirilir. Aksi durumda dallanma stratejisine (geri ilerleme veya atlayarak ilerleme) göre bir s^k düğümü seçilir.
- Adım 2 (Üst sınırın güncellenmesi): S_{LP} çözülür ve optimum değer listeye konulur. Üst sınır güncellenir.
- Adım 3 (Uygunsuzluk nedeniyle budama): Uygunsuz çözüm ise ilgili dal budanır ve Adım 1'e gidilir. Aksi durumda Adım 4'e gidilir.
- Adım 4 (Sınır değer nedeniyle budama): Aday çözüm o ana kadarki en iyi çözümden kötüyse budanır ve Adım 1'e gidilir. Aksi durumda Adım 5'e gidilir.
- Adım 5 (Alt sınırın güncellenmesi ve optimalite nedeniyle budama): Aday çözüm tamsayılı çözümse o ana kadarki en iyi çözüm olan alt sınır değeri güncellenir ve Adım 1'e gidilir. Aksi durumda Adım 6'ya gidilir.
- Adım 6 (Dallandırma): Tamsayılı olmayan değişkenden dallandırma yapılır ve Dual Simpleks kullanılarak problem çözülür.

Bir diğer yaygın çözüm yöntemi olan Kesme Düzlemi Algoritması'nın sözde kodu aşağıda yer almaktadır (Chen ve ark. 2011). Burada IP ile tamsayılı programlama problemi temsil edilirken, LP ile tamsayılı programlama modelinin gevşetmesi olan doğrusal programlama modeli ifade edilmektedir.

- Adım 1: LP çözülür ve elde edilen çözüm uygunsuz çözüm ise IP de uygunsuz olacağından durulur. LP tamsayılı çözüm ise dur, elde edilen çözüm IP için optimum çözümdür. Aksi durumda Adım 1'e gidilir.
- Adım 2: Elde edilen LP çözümünde kesirli olan satır seçilir.
- Adım 3: Kesirli satırdan yeni kısıt yazılır.
- Adım 4: Elde edilen yeni probleme Dual Simpleks uygulanır. Tamsayılı çözüm elde edilirse durulur. Aksi durumda Adım 2'ye gidilir.

3.1.2. Karar destek sistemleri

Karar destek sistemleri en genel haliyle; kullanıcıların problem çözmek ve karar vermek için bilgisayar iletişimlerini, verileri, belgeleri, bilgiyi ve modelleri kullanmalarına yardımcı olan bilgisayar tabanlı sistemler olarak tanımlanabilir. Karar verme becerisinin geliştirilmesi amacıyla yönelik olarak, farklı karar verme mercilerine destek olmak amaçlı birçok karar destek sistemi yapısı bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak; (i) yöneticilere bilgi sağlama, (ii) yöneticilere ve uzmanlara çeşitli analitik modeller kullanarak analiz imkanı sunma, (iii) bilgi depolama ve bilgiyi yöneticiler için kullanılabilir hale getirme, (iv) küçük ve büyük grupların karar vermelerini destekleme ve (v) tedarikçilerin ve müşterilerin karar verme süreçlerini destekleme verilebilir. İnternetin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte karar destek alanındaki gelişmeler hızlanmış ve karar destek sistemlerinin yeteneklerindeki hızlı değişimlerin takibi zorlaşmıştır (Power ve Sharda 2009).

Karar destek sistemlerinin tarihsel gelişimi incelendiğinde temeli 1960'lı yıllara dayanmaktadır. 1970'li yıllarda şirketler, karar destek sistemi adı altında, yöneticilerin analiz işlemlerine yardım etmesi amacıyla birtakım veri ve modelleri kullanabilen interaktif bilgi sistemleri geliştirmişlerdir. Ardından, karar destek sistemleri, şirketlerin her seviyesinde kullanılan bir yapıya ulaştırılmıştır. Bunun yanı sıra, yalnızca orta ve üst düzey yöneticilerin kullandığı veya sektör bazında özelleşmiş karar destek sistemleri de bulunmaktadır. Günümüzde ise kişisel bir bilgisayarda çalışan ve tek bir yöneticinin kullandığı karar destek sistemlerinden, ağ üzerindeki sunucu üzerinde çalışan ve geniş toplulukların kullandığı karar destek sistemlerine kadar çok farklı sistemler geliştirilmektedir (Power ve Sharda 2009). Alter (1980) tarafından yapılan çalışmada ise karar destek sistemlerinin aşağıda yer alan üç önemli özelliği vurgulanmıştır:

- Karar süreçlerini kolaylaştırmak üzere tasarlanmalıdır.
- Karar vermeyi otomatikleştirmektense desteklemelidir.
- Karar vericilerin değişen ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde cevap vermelidir.

Günümüzde bilgisayar ve internet teknolojisinin gelişmesi ile birlikte, bireyler için kişisel bir bilgisayarda masaüstü uygulaması olarak çalışan bir yapıdan, gruplar için ağ tabanlı bir uygulama olarak çalışabilen bir sisteme kadar çok farklı tipte ve çok farklı amaca hitap eden, gerçek-zamanlı ve şeffaf karar destek sistemleri bulunmaktadır.

En genel haliyle karar destek sistemlerinin; (i) kullanıcı arayüzü, (ii) veritabanı, (iii) düzenleyici modeller ve veri analiz araçları, (iv) bu model ile verinin etkileşimini sağlayan yapı ve ağ olmak üzere dört ana bileşeni vardır. (Sprague Jr ve Carlson 1982, Power ve Sharda 2009). Söz konusu bileşenlerin yönetilebilmesi için (i) bir veritabanı yönetimi sistemi, (ii) model-tabanlı bir yönetim sistemi ve (iii) diyalog yönetim sistemi gereklidir.

Karar destek sistemi, yönetici (içsel veri) ve çevre (dışsal veri) olmak üzere iki dış eleman ile sürekli etkileşim halindedir. Veritabanı aracılığıyla çevre ile etkileşimi gerçekleştirilirken; veri analiz yeteneğini sağlayan araçlar ile bu verinin istatistiksel olarak işlenerek, anlamlı ve yönetici için kullanılabilir hale getirilmesi sağlanmaktadır. Modeller ise alınması gereken aksiyonları, alternatif çözümleri değerlendirerek kullanıcıya önermektedir. Son olarak, kullanıcı arayüzü yönetici ve karar destek sisteminin diğer bileşenleri arasındaki etkileşimi sağlamaktadır. (Wallace ve De Balogh 1985).

3.2. Yöntem

Bu çalışmada, afet operasyonları yönetimi hazırlık çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen afet-müdahale-tesisleri yerleşimi problemi için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Uygulama aşamasında, Cavdur ve ark. (2016) ve Köse-Küçük (2016) tarafından sunulan GAM tesisleri yerleşim problemi ele alınmıştır. GAM tesisleri yerleşim problemi, afet sonrası merkezi yardım kuruluşları afet bölgesine ulaşıncaya kadar geçen süreçte afetzedelerin temel insani ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri amacıyla, yardım malzemelerinin depolandığı tesislerin konumlarını, envanter düzeylerini ve tesislerin konumlandırıldığı bölgedeki servis kararlarını belirlemeye yönelik bir problemdir.

Tez çalışması kapsamında, söz konusu afet-müdahale-tesisleri yerleşimi probleminin çözümü için Microsoft Excel ortamında bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek sistemi deprem olayı ve GAM tesisleri yerleşimi problemi için uygulanmış olsa da hali hazırda tasarlanan veritabanı farklı afet tipleri ile farklı problem tipi ve varyasyonlarını içerecek şekilde tasarlanmıştır. Bu kapsamda, tez danışmanının yürütücülüğünde 115M020 kontrat numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında geliştirilen DROPS – Afet Kaynakları Optimizasyon ve Planlama Sistemi (DROPS – Disaster Resources Optimization and Planning System) ile ortak veritabanı oluşturulmuştur. DROPS karar destek sisteminde tasarlanan yapıdan farklı olarak bu çalışmada, olası bir afet durumunda meydana gelecek kaos ortamı sebebiyle, güvenliği ve AFAD personeli tarafından erişilebilirliği mümkün kılmak amacıyla, kişisel bir bilgisayarda bağımsız bir masaüstü uygulaması olarak çalışan bir yapı geliştirilmiştir. DROPS karar destek sistemindeki, veritabanı ile sürekli iletişim halinde olan yapıdan çıkarılıp; yalnızca matematiksel programlama modelinin çözümü için gerekli girdi tablolarının oluşturulması amacıyla veritabanına bağlanılmaktadır. DROPS karar destek sisteminde elde edilen matematiksel programlama modelinin sonuçlarının da veritabanına kaydedildiği yapıdan farklı olarak bu çalışmada, sonuçların yalnızca Microsoft Excel ortamında kullanıcıya sunulduğu bir tasarım söz konusudur. Böylelikle, görevli personel dışındaki ve/veya yeterli veritabanı bilgisine sahip olmayan kişilerce elde edilen çok sayıda çözümün veritabanında tutulması gibi istenmeyen durumların önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Buna ilave olarak, kullanıcıların günlük iş hayatlarında sıklıkla kullandıkları temel ofis programları ortamında çalışabilecekleri ve uygulaması daha az karmaşık bir yapı sunulmaktadır. DROPS karar destek sistemi genel bir kaynak planlama sistemi iken bu tez çalışmasında geliştirilen karar destek sistemi prototipinde afet-müdahale-tesisleri yerleşim problemi ele alınmaktadır. Uygulama aşamasında deprem olayı ve Türkiye'nin büyük illerinden Bursa'nın merkez ilçelerinden biri olan Yıldırım ilçesi için GAM tesisleri yerleşim problemi ele alınmış olsa da tasarlanan veritabanı farklı afet tipleri ile farklı problem tipleri ve varyasyonlarını içerecek şekilde oluşturulmuştur.

3.2.1. GAM tesisleri yerleşim problemi için bir tamsayılı programlama modeli

GAM tesisleri, AFAD ve Kızılay gibi merkezi yardım kuruluşları afet bölgesine ulaşmaya kadar geçen süreçte, afetzedelerin temel insani ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri amacıyla lokal yönetimler (örneğin, belediyeler) tarafından önceden konumlandırılan ve birtakım yardım malzemelerinin depolandığı tesislerdir. GAM tesisleri yerleşim problemi ise açılacak tesislerin konumlarının ve sayılarının belirlenmesini ve dağıtım yapılacak olan yardım malzemelerinin akış miktarlarına karar verilmesini içermektedir. Bu problemde, tesis yerleşiminin yapılacağı bölge mahalle çözünürlüğünde ele alınmaktadır.

Tez çalışmasında, Cavdur ve ark. (2016) ve Köse-Küçük (2016) tarafından GAM tesisleri yerleşim problemi için geliştirilen stokastik programlama modelinin deterministik karşılığı ele alınmıştır. Afet operasyonları yönetimi kapsamında karşılaşılan ve önceki bölümlerde bahsi geçen belirsizlik içeren unsurları yansıtmak amacıyla ise geliştirilen karar destek sistemi prototipinde kullanıcıya farklı senaryolar oluşturma imkanı sunulmuştur. Bir diğer ifadeyle, Cavdur ve ark. (2016) ve Köse-Küçük (2016) çalışmalarında geliştirilen stokastik programlama modelinin belirsizlik içeren unsurları, bu tez çalışması kapsamında tasarlanan arayüzden yapılan birtakım seçimlere bağlı yönetilmektedir.

Söz konusu GAM tesisleri yerleşim modeli; literatürde yer alan talep karşılama, kapasite ve açılabilir uygun tesis sayısı kısıtlarının yanı sıra afet sonrası oluşabilecek kaos ortamı nedeniyle yaşanabilecek birtakım istenmeyen durumları ortadan engellemek amacıyla aşağıda yer alan kısıtları da dikkate almaktadır:

- Farklı tipteki yardım malzemelerinin dengeli bir oran ile tedarik edilmesi: Afetzedelerin temel ihtiyaçlarının birtakım uluslararası standartlara göre belirli oranlarda karşılanması sağlanır.
- Belirli bir güvenlik düzeyinin altında kalan yerlere tesis açılmaması: Depolanan yardım malzemelerinin çalınması veya tahrip edilmesi gibi istenmeyen durumların engellenmesini sağlar.

- Hizmet alınan ve verilen düğüm sayısının belirli üst limitleri geçmemesi: Kaos ortamını engellemek amacıyla bir mahallenin hizmet verebileceği ve hizmet alabileceği mahalle sayısının belirli bir üst limiti aşmaması sağlanır.

GAM tesisleri yerleşimi problemi için geliştirilen matematiksel programlama modelinin bileşenleri aşağıdaki gibidir:

İndisler:

i, j : mahalle indisi; $i, j = 1, \dots, n_N$

k : yardım malzemesi indisi; $k = 1, \dots, n_C$

Parametreler:

d_{jk} : j . mahallenin k tipi yardım malzemesi talep miktarı

c_{ij} : i ve j mahalleleri arasındaki maliyet (mesafe) değeri

v_k : k tipi yardım malzemesinin birim hacmi

w_k : k tipi yardım malzemesinin birim ağırlığı

V : tesisin birim hacim kapasitesi

W : tesisin birim ağırlık kapasitesi

r_{pq} : p ve q tipi yardım malzemeleri arasındaki tedarik oranı; $p, q \in k$

a_i : i . mahallenin ulaşılabilirlik parametresi

n_i : i . mahallede açılacak maksimum tesis sayısı

N_T : toplam açılacak tesis sayısı

s_i : i . mahallenin güvenlik düzeyi

S_T : Sağlanması gereken minimum güvenlik düzeyi değeri

α : bir mahallenin hizmet verebileceği mahalle sayısı üst limiti

β : bir mahallenin hizmet alabileceği mahalle sayısı üst limiti

λ : ölçek faktörü

γ : birim karşılanamayan talep maliyeti

M : çok büyük bir sayı

Karar değişkenleri:

z_i : i . mahallede açılan toplam tesis sayısı

$y_{ij} = \begin{cases} 1, & i. mahallede açılan tesis j. mahalleye hizmet veriyorsa \\ 0, & aksi durumda \end{cases}$

x_{ijk} : i . mahalledeki açılan tesislerden tedarik edilen j . mahalledeki k tipi yardım malzemesi miktarı

u_{jk} : j . mahallede k tipi yardım malzemesinin karşılanamayan talep miktarı

Amaç fonksiyonu:

$$\min f = \lambda \left(\sum_{i=1}^{n_N} a_i z_i \right) + \sum_{i=1}^{n_N} \sum_{j=1}^{n_N} c_{ij} \left(\sum_{k=1}^{n_C} x_{ijk} \right) + \sum_{j=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} \gamma u_{jk} \quad (3.15)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^{n_N} x_{ijk} = d_{jk} - u_{jk}, \quad \forall j, k \quad (3.16)$$

$$r_{pq} x_{ijp} = r_{qp} x_{ijq}, \quad \forall i, j, p, q; p > q; p, q \in k \quad (3.17)$$

$$\sum_{j=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} v_k x_{ijk} \leq V z_i, \quad \forall i \quad (3.18)$$

$$\sum_{j=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} w_k x_{ijk} \leq W z_i, \quad \forall i \quad (3.19)$$

$$z_i \leq \sum_{j=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} x_{ijk}, \quad \forall i \quad (3.20)$$

$$\sum_{j=1}^{n_N} y_{ij} \leq \alpha, \quad \forall i \quad (3.21)$$

$$\sum_{i=1}^{n_N} y_{ij} \leq \beta, \quad \forall j \quad (3.22)$$

$$\sum_{k=1}^{n_C} x_{ijk} \leq M y_{ij}, \quad \forall i, j \quad (3.23)$$

$$y_{ij} \leq \sum_{k=1}^{n_C} x_{ijk}, \quad \forall i, j \quad (3.24)$$

$$z_i \leq n_i, \quad \forall i \quad (3.25)$$

$$\sum_{i=1}^{n_N} z_i \leq N_T \quad (3.26)$$

$$z_i = 0, \quad \exists i \in \{i: s_i \leq S_T\} \quad (3.27)$$

$$z_i \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}, \quad \forall i \quad (3.28)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \quad (3.29)$$

$$x_{ijk} \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}, \quad \forall i, j, k \quad (3.30)$$

$$u_{jk} \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}, \quad \forall j, k \quad (3.31)$$

3.15 numaralı denklemde yer alan amaç fonksiyonu üç bileşenden oluşmakla birlikte; (i) toplam açılan tesis sayısı, (ii) toplam ağırlıklı katedilen mesafe ve (iii) karşılanamayan talep maliyetini minimize etmektedir. GAM tesisleri yerleşim problemi mahalleler çözünürlüğünde dikkate alınan bir problem olması nedeniyle, $a_i = a_j, \forall i, j$ olmakta ve ilgili çarpan $a_i = 1, \forall i$ şeklinde ele alınmaktadır. 3.16 numaralı denklem talep denge denklemi olup; burada toplam tedarik miktarı, talep miktarı ve karşılanamayan talep miktarı arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. 3.17 numaralı denklem ile yardım malzemelerinin dengeli bir oran ile tedarik edilmesi sağlanmaktadır. Bir başka deyişle, afetzedelerin farklı tipteki yardım malzemelerini aynı tedarikçi

düğünden ve ihtiyacı olan oranlarda, belirli standartlara göre tedarik ettiği garantilenmektedir. 3.18 ve 3.19 numaralı denklemler ise GAM tesislerinin, sırasıyla hacim ve ağırlık kapasitelerini kontrol etmektedir. 3.20 numaralı denklem ilgili karar değişkenleri arasındaki ilişkiyi sağlamaktadır. 3.21 ve 3.22 numaralı denklemler ise afet sonrası kaos ortamının engellenmesi amacıyla, her mahalle için sırasıyla hizmet alınan ve hizmet verilen mahalle sayısının belirli üst limitleri aşmamasını sağlayan kısıtlardır. 3.23 ve 3.24 numaralı kısıtlar ilgili karar değişkenleri arasındaki ilişkiyi sağlamaktadır. 3.23 numaralı denklemde yer alan M çok büyük bir sayı olmakla birlikte, burada $M = \sum_{k=1}^{n_C} \sum_{j=1}^{n_N} d_{jk}$ olarak ele alınabilir. 3.25 numaralı denklem her mahalle için açılacak tesis sayısını sınırlarken, 3.26 numaralı denklem ise toplam açılacak tesis sayısı kısıtıdır. 3.27 numaralı denklem güvenlik düzeyi belirli bir eşik değerin altında kalan mahallelere tesis açılmasını engellemektedir. 3.28, 3.29, 3.30 ve 3.31 numaralı denklemler ise genel işaret kısıtlarıdır.

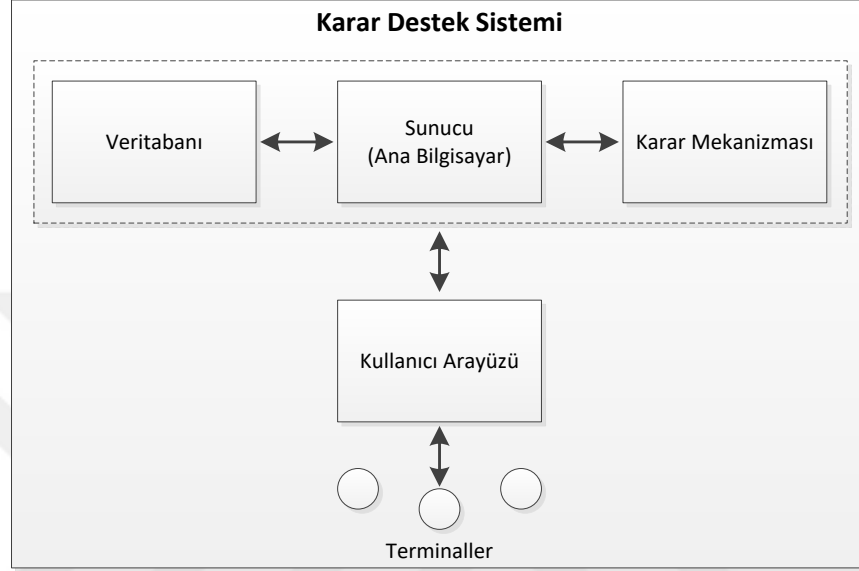
3.2.2. GAM tesisleri yerleşim problemi için bir karar destek sistemi tasarımı

Tez çalışmasında, afet operasyonları yönetimi hazırlık aşaması kapsamında ele alınan afet-müdahale-tesisleri yerleşim problemi için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek sistemi, deprem olayı ve GAM tesisleri yerleşim problemi üzerinde uygulanmış olup, veritabanı tasarımı geniş bir perspektiften bakılarak farklı afet ve problem tipleri ile bu problemlerin varyasyonlarını içerecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Bunlar arasında, farklı tip ve kapasitelerdeki tesislerin bulunduğu genel bir tesis yerleşim ve kaynak atama problemi veya söz konusu kaynakların tahsisinin yanı sıra akışına karar verildiği minimum maliyetli ağ akış problemi örnek verilebilir.

Geliştirilen karar destek sisteminin bileşenleri, Şekil 3.2’de görüldüğü gibi (i) veritabanı ve sunucu, (ii) karar mekanizması ve (iii) kullanıcı arayüzü olmak üzere üç başlık altında incelenebilir.

Tez çalışmasında öncelikle, tez danışmanının yürütücülüğünde gerçekleştirilen 115M020 kontrat numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında önerilen DROPS karar

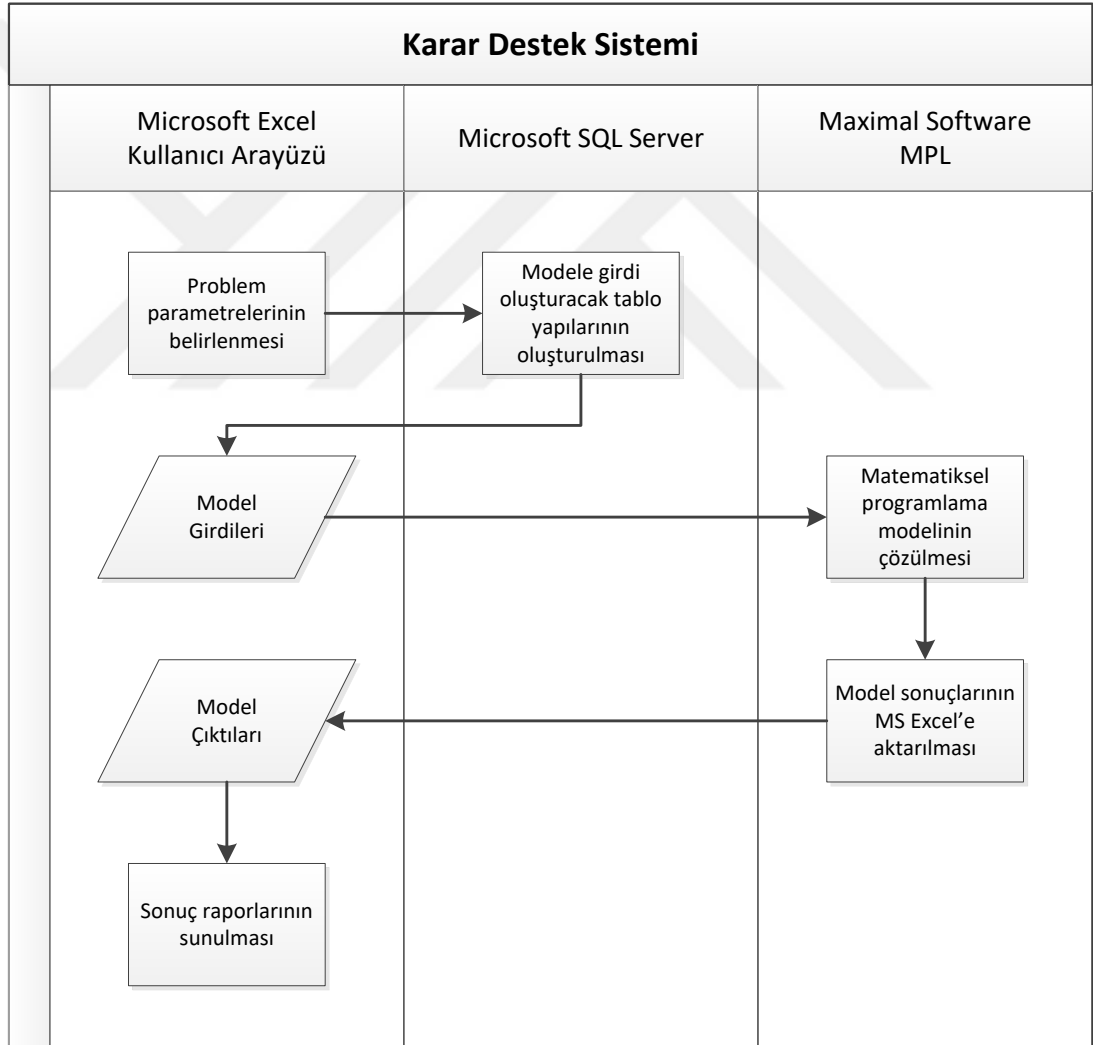
destek sistemi ile ortak veritabanı tasarlanmıştır. Bu amaçla Microsoft SQL Server veritabanı yönetim sistemi kullanılmıştır. Ardından Microsoft Excel ortamında kullanıcı arayüzü geliştirilerek; veritabanı, sunucu ve karar mekanizması arasındaki entegrasyonu sağlayan bütünleşik yapı oluşturulmuştur.



Şekil 3.2. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin bileşenleri

Bu çalışmada, DROPS karar destek sisteminde tasarlanan yapıdan farklı olarak, kişisel bir bilgisayarın sunucu olarak kullanıldığı, bağımsız bir masaüstü uygulaması olarak çalışan bir yapı oluşturulmuştur. Buna ek olarak, DROPS karar destek sisteminde elde edilen model sonuçlarının da veritabanında tutulduğu yapıdan farklı olarak, bu çalışmada sonuçlar yalnızca Microsoft Excel ortamında kullanıcıya sunulmaktadır. Böylelikle, veritabanı ile sürekli etkileşim halinde olan yapıdan çıkarılarak, olası bir afet durumunda meydana gelecek kaos ortamı sebebiyle, erişilebilirliği daha kolay olan bir sistem geliştirilmiştir. Buna ilave olarak, yeterli veritabanı bilgisine sahip olmayan kişilerce de günlük iş hayatlarında ofis yazılımı ortamında kolaylıkla kullanılacak daha az karmaşık bir yapı sunulmuştur. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi, öncelikle Microsoft Excel ortamında geliştirilen kullanıcı arayüzü aracılığıyla, kullanıcı tarafından problemin çözümü için gerekli parametreler belirlenmektedir. Daha sonra veritabanına bağlanılarak, geliştirilen birtakım saklı yordamlar (stored procedures) aracılığıyla elde edilen girdi tabloları Microsoft Excel'e aktarılmaktadır. Söz konusu bu veriler

doğrultusunda, Mathematical Programming Language (MPL) ortamında geliştirilen matematiksel programlama modeli Gurobi çözücüsü kullanılarak çözülmektedir. Elde edilen sonuçlar Maximal Software OptiMax kütüphanesi kullanılarak Microsoft Excel'e yazdırılmaktadır. Son olarak, elde edilen sonuçlar kullanıcı tarafından anlamlı ve yorumlanması kolay olacak şekilde raporlanmaktadır. Burada sonuçların direkt olarak veritabanına kaydedilmemesinin nedeni ise hem sonuçların kullanıcı tarafından günlük ofis yazılımları ortamında kullanılabilmesini sağlamak hem de yeterli veritabanı bilgisine sahip olmayan kişilerce elde edilen çok sayıda çözümün veritabanında tutulmasını engellemektir.

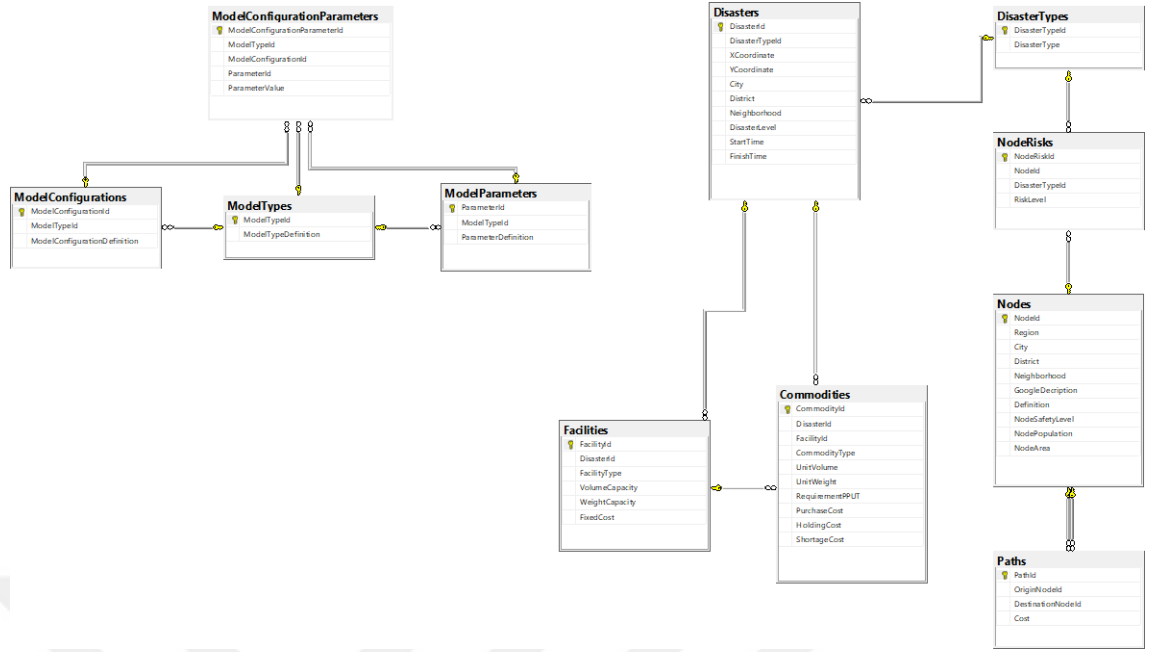


Şekil 3.3. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin fonksiyonel iş akış diyagramı

Tasarlanan veritabanının nesne-ilişki diyagramı Şekil 3.4'te verilmiş olup, şeklin yüksek çözünürlükteki versiyonu EK 1'de yer almaktadır. Veritabanındaki tabloların alan tanımları ve ilgili alanların değişken türleri tasarlanırken mümkün olduğunca standart bir yapı kurulmuştur. Tanımlayıcı numaralar (identification numbers) “bigint”; maliyet, hacim, ağırlık, coğrafi koordinat, güvenlik düzeyi, nüfus ve yüzölçümü gibi değer “real”; bölge, il, ilçe, mahalle adı gibi metinler ve diğer açıklamalar “nvarchar”; risk seviyesi, afet seviyesi gibi değerler “tinyint”; tarihsel değerler ise “datetime” veri tipi olarak ele alınmıştır. İlerleyen sayfalarda ise veritabanı nesne-ilişki diyagramında görülen her bir tablo yapısı, alan tanımları ve açıklamaları detaylandırılmış olup, aşağıda yer alan sıra ile sunulmaktadır:

1. Disasters tablosu
2. DisasterTypes tablosu
3. Facilities tablosu
4. Commodities tablosu
5. Nodes tablosu
6. NodeRisks tablosu
7. Paths tablosu
8. ModelTypes tablosu
9. ModelParameters tablosu
10. ModelConfigurations tablosu
11. ModelConfigurationParameters tablosu

Nesne-ilişki diyagramında da görüldüğü gibi, bu tez kapsamında yapılan çalışmaların uluslararası dergilerde yayınlanması hedeflendiğinden, gerek Microsoft SQL Server ortamındaki veritabanı gerekse Microsoft Excel ortamındaki alt yapı İngilizce dilinde oluşturulmuş olup, kullanımının mümkün kılınması amacıyla kullanıcıya sunulan arayüz Türkçe olarak tasarlanmıştır. Kullanıcıya bütünlük bir yapı sunmak amacıyla, tasarlanan arayüzde yer alan Türkçe terimlerin ise arka planda İngilizce karşılıkları ile eşleştirilmeleri yapılmıştır.



Şekil 3.4. Veritabanı nesne-ilişki diyagramı

Disasters isimli tabloda Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi afet tipi, afetin gerçekleştiği bölgeyi tanımlayan coğrafi koordinatlar, il, ilçe, mahalle bilgileri, afet seviyesi, afetin başlangıç ve bitiş zamanı bilgileri yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Disasters tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
DisasterId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir afet tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
DisasterTypeId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, meydana gelen afetin tipini belirtmektedir.
XCoordinate	real	Afetin gerçekleştiği yerin enlem bilgisini içermektedir.
YCoordinate	real	Afetin gerçekleştiği yerin boylam bilgisini içermektedir.
City	nvarchar(50)	Afetin gerçekleştiği il bilgisini içermektedir.
District	nvarchar(50)	Afetin gerçekleştiği ilçe bilgisini içermektedir.
Neighborhood	nvarchar(50)	Afetin gerçekleştiği mahalle bilgisini içermektedir.
DisasterLevel	tinyint	Afet seviyesi bilgisini içermektedir.
StartTime	datetime	Afetin başlangıç zamanı bilgisini içermektedir.
FinishTime	datetime	Afetin bitiş zamanı bilgisini içermektedir.

Burada bahsi geçen afet seviyesi ise AFAD tarafından hazırlanan Türkiye Afet Müdahale Planı'nda (TAMP) yer aldığı şekilde ele alınmaktadır. Çizelge 3.2'de de görüldüğü gibi afetin meydana getirdiği etkiyle ilişkili olarak ihtiyaç duyulan destek durumunu belirtmektedir. Böylelikle ele alınan problemin boyutu afet seviyesi ile direkt ilişkili olarak belirlenebilir. Bu tez çalışmasında, uygulanan GAM tesisleri yerleşimi problemi mahalleler boyutunda ele alınan bir problem tipi olsa da daha geniş kapsamlı bir tesis yerleşimi ve kaynak atama probleminde konumlandırmanın yapılacağı afet bölgesinin belirlenmesinde söz konusu alan tanımı kullanılabilir. Örneğin, Bursa ilinde meydana gelecek 2 seviyesindeki bir afet için destek il olan İstanbul'daki kaynakların akışının planlaması söz konusu iken; 3 seviyesindeki bir afet durumunda tüm Türkiye'de yer alan kaynakların akışı ele alınacaktır.

Çizelge 3.2. Seviye etki derece tablosu

Seviye	Etki	Olay Türü ve Ölçeğine Göre Destek Durumu
S1	Yerel imkanlar yeterlidir.	İAADYM
S2	Destek illerin takviyesine ihtiyaç vardır.	İAADYM-İlgili AKB + 1. Grup destek iller
S3	Ulusal desteğe ihtiyaç vardır.	1. ve 2. Grup destek iller + Ulusal kapasite
S4	Uluslararası desteğe ihtiyaç vardır.	1. ve 2. Grup destek iller + Ulusal kapasite + Uluslararası destek

İAADYM: İl Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi, AKB: Arama Kurtarma Birliği

Disasters tablosunda yer alan afet tipi alanı nesne-ilişki diyagramında da görüldüğü gibi, yabancı anahtar alanı olup DisasterTypes isimli tablodaki ilgili alanla eşleştirilmektedir. Söz konusu DisasterTypes tablosunda ise Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi farklı afet tiplerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 3.3. DisasterTypes tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
DisasterTypeId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir afet tipi tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
DisasterType	nvarchar(50)	Afetin tipi bilgisini içermektedir.

Afet-müdahale-tesisleri yerleşim problemi kapsamında ele alınacak olan tesislere dair bilgiler ise Çizelge 3.4'te görüldüğü gibi Facilities isimli tabloda yer almaktadır. Çizelgede de görüldüğü gibi bu tablo yapısında tesislere ilişkin; hangi tesisin hangi afette kullanıldığı, hacim ve ağırlık kapasitesi değerleri ve sabit tesis açma maliyeti bilgileri yer almaktadır. Tez çalışmasında ele alınan GAM tesisleri yerleşim probleminde söz konusu maliyet parametresi dikkate alınmamakla birlikte, gelecekte yapılacak olan çalışmalara alt yapı hazırlamak amacıyla tasarlanmıştır. Örneğin, minimum maliyetli bir ağ akış problemi ve bu problemin farklı varyasyonları için söz konusu alan bir girdi parametresi olarak ele alınabilir.

Çizelge 3.4. Facilities tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
FacilityId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir tesis tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
DisasterId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, tesis ile afet arasındaki ilişkiyi sağlamaktadır.
FacilityType	nvarchar(50)	Tesis tipi bilgisini içermektedir.
VolumeCapacity	real	Tesisin hacim kapasitesi bilgisini içermektedir.
WeightCapacity	real	Tesisin ağırlık kapasitesi bilgisini içermektedir.
FixedCost	real	Tesisin sabit tesis açma maliyeti bilgisini içermektedir.

Yerleşimi yapılacak tesislerde depolanan ve dağıtımı yapılan yardım malzemelerine dair bilgilerin yer aldığı Commodities tablosunun özellikleri Çizelge 3.5'te yer almaktadır. Çizelgede de görüldüğü gibi ilgili yardım malzemesinin adı, hangi afet tipi için dağıtımının yapıldığı ve hangi tesislerde depolandığı bilgisinin yanı sıra; birim hacim ve ağırlık değerleri, birim zamandaki kişi başı ihtiyaç miktarı, sabit satın alma maliyeti,

birim stok bulundurma maliyeti ve birim eksiklik (elde bulundurmama) maliyeti bulunmaktadır. Yukarıda da bahsedildiği gibi söz konusu maliyet parametreleri çalışma kapsamında ele alınan GAM probleminde dikkate alınmazken, gelecek çalışmalarda sisteme entegre edilecek farklı problem tipleri ve varyasyonları öngörülerek tasarlanmıştır. Bu tabloda yer alan birim zamandaki kişi başı ihtiyaç miktarı bilgisi ise matematiksel programlama modelinin girdisi olan talep miktarlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Çizelge 3.5. Commodities tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
CommodityId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir yardım malzemesi tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
DisasterId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili yardım malzemesinin kullanıldığı afeti belirtmektedir.
FacilityId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili yardım malzemesinin depolandığı tesisi belirtmektedir.
CommodityType	nvarchar(50)	Yardım malzemesinin tipi bilgisini içermektedir.
UnitVolume	real	Yardım malzemesinin birim hacim bilgisini içermektedir.
UnitWeight	real	Yardım malzemesinin birim ağırlık bilgisini içermektedir.
RequirementPPUT	real	Yardım malzemesinin birim zamandaki kişi başı ihtiyaç miktarı bilgisini içermektedir.
PurchaseCost	real	Yardım malzemesinin sabit satın alma maliyeti bilgisini içermektedir.
HoldingCost	real	Yardım malzemesinin birim stok bulundurma maliyeti bilgisini içermektedir.
ShortageCost	real	Yardım malzemesinin eksiklik (elde bulundurmama) maliyeti bilgisini içermektedir.

Matematiksel programlama modelinin bir diğer önemli parametresi olan düğüm noktalarının bilgilerinin yer aldığı Nodes tablosunun özet bilgileri ise Çizelge 3.6'da yer almaktadır. Bu tabloda ilgili düğüm noktasının bulunduğu coğrafi bölge, il, ilçe, mahalle bilgilerinin yanı sıra Google Haritalar'da yer alan tanım bilgisi, çalışma kapsamında geliştirilen ve her düğüm noktası için aşağıda bahsi geçen sistematığe göre oluşturulan tanım bilgisi, güvenlik düzeyi, nüfus ve yüz ölçümü değerleri yer almaktadır. Burada düğüm noktalarının güvenlik düzeyleri dikkate alınarak

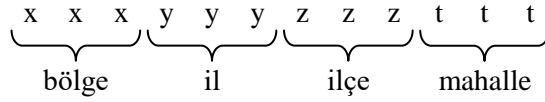
matematiksel programlama modelinde anlatılan güvenlik kısıtı gereğince belirli bir eşik değerin altında kalan mahallelere tesis açılmamaktadır. Nüfus değerleri ise direkt olarak talep miktarlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Çizelge 3.6. Nodes tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
NodeId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir düğüm noktası tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
Region	nvarchar(50)	Düğüm noktasının bulunduğu coğrafi bölge bilgisini içermektedir.
City	nvarchar(50)	Düğüm noktasının bulunduğu il bilgisini içermektedir.
District	nvarchar(50)	Düğüm noktasının bulunduğu ilçe bilgisini içermektedir.
Neighborhood	nvarchar(50)	Düğüm noktasının bulunduğu mahalle bilgisini içermektedir.
GoogleDecription	nvarchar(50)	Düğüm noktasının bulunduğu yere ait Google Haritalar'da yer alan tanım bilgisini içermektedir.
Definition	nvarchar(50)	Düğüm noktasının bulunduğu yere göre tanım bilgisini içermektedir.
NodeSafetyLevel	real	Düğüm noktasının güvenlik düzeyi bilgisini içermektedir.
NodePopulation	real	Düğüm noktasının nüfus bilgisini içermektedir.
NodeArea	real	Düğüm noktasının yüzölçümü bilgisini içermektedir.

Burada bahsi geçen ve her düğüm noktası için oluşturulan tanım, ilgili düğüm noktasının yer aldığı coğrafi bölge, il, ilçe ve mahalle bilgisi dikkate alınarak oluşturulan bir koda karşılık gelmektedir. Bu amaçla, Şekil 3.5'te görüldüğü gibi her bir seviye (bölge, il, ilçe, mahalle) için 3-haneli bir yapı mevcuttur. Söz konusu bu yapı oluşturulurken; bölgeler için alfabetik sıra, iller için Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü'nün plaka kodları, ilçeler için başta merkez ilçeler ardından diğer ilçeler olmak üzere Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından da dikkate alınan alfabetik sıra ve mahalleler için kaymakamlıkların alfabetik sıralamaları esas alınmıştır.

Örneğin, 005016003000 kodu ile (üç haneli olarak ayrıştırıldığında: 005-016-003-000) Marmara bölgesinde (005) yer alan Bursa ilinin (016) Yıldırım ilçesinin (003) merkezi (000) ifade edilmektedir. Merkez (Center) kavramı ise her bir seviye için sembolik bir gösterimdir ve “000” ile ifade edilmektedir ve daha sonra artan sırada ilgili seviyedeki diğer tanımlamalar yapılmaktadır. Örneğin, yalnızca il seviyesinde bir problem ele alınacak ise ilçe ve mahalle gözetmeksizin her bir ilin temsili Merkez tanımı (xxxxyy000000) kullanılacaktır.



Şekil 3.5. Düğüm tanımlama yapısının örnek gösterimi

Hali hazırda ele alınan GAM tesisleri yerleşim problemi, mahalleler çözünürlüğünde ele alınan bir problem olmakla birlikte; gelecek çalışmalarda ele alınacak farklı problem tiplerinde, afet seviyesine bağlı olarak farklı çözünürlük seviyelerinde problem çözümüne izin verilebilir. Bu amaçla, ilgili çözünürlük seviyesi için söz konusu çözünürlükteki düğüm noktaları kendi içerisinde ele alınabilir. Bir başka deyişle, 3 seviyesinde bir afet için kaynak tahsisi ve dağıtımlarının yapıldığı bir ağ akış modeli çözülmek istendiğinde, ulusal düzeyde desteğe ihtiyaç duyulacaktır. Dolayısıyla veritabanından Türkiye’de yer alan tüm illere ilişkin bilgiler çekilecektir ve burada bahsi geçen Merkez lokasyonları kullanılacaktır. Örneğin, Bursa ve İstanbul illeri arasındaki mesafenin veritabanından çekilebilmesi için 005016000000 kodu ile tanımlı, coğrafi bölge bilgisi “Marmara”, il bilgisi “Bursa”, ilçe bilgisi “Center” ve mahalle bilgisi “Center” olan düğüm noktası ile 005034000000 kodu ile tanımlı, coğrafi bölge bilgisi “Marmara”, il bilgisi “İstanbul”, ilçe bilgisi “Center” ve mahalle bilgisi “Center” olan düğüm noktası için “Paths” tablosundaki mesafe bilgisi çekilecektir.

Veritabanında yer alan bir başka tablo olan NodeRisks isimli tablonun özet bilgileri Çizelge 3.7’de verilmiştir. Bu tabloda her bir düğüm noktasının ilgili afet tipine göre risk seviyesi bilgisi yer almaktadır. Hali hazırda deprem olayı ele alınmış olsa da gelecek çalışmalarda ele alınacak farklı afet tipleri öngörülerek, risk seviyeleri afet tipi ile ilişkilendirilmektedir.

Çizelge 3.7. NodeRisks tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
NodeRiskId (<i>birincil anahtar</i>)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir düğüm noktası riski tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
NodeId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili risk seviyesinin tanımlandığı düğüm noktasını belirtmektedir.
DisasterTypeId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili risk seviyesinin geçerli olduğu afet tipini belirtmektedir.
RiskLevel	tinyint	Risk seviyesi bilgisini içermektedir.

Paths tablosunda Çizelge 3.8’de görüldüğü gibi her düğüm noktası çifti arasındaki maliyet (mesafe) bilgisi yer almaktadır. Burada yabancı anahtar alanı olan OriginNodeId ve DestinationNodeId alanları Nodes tablosunda yer alan ve birincil anahtar olan NodeId alanı ile tanımlayıcı numaralar cinsinden birebir eşleşmektedir. Söz konusu iki tablo arasında veri tutarlılığı/bütünlüğü (referential integrity) olarak tanımlanan ilişki kurulmuştur.

Çizelge 3.8. Paths tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
PathId (<i>birincil anahtar</i>)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir yol tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
OriginNodeId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili yolun başlangıç noktası olan düğüm noktasını belirtmektedir.
DestinationNodeId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili yolun bitiş noktası olan düğüm noktasını belirtmektedir.
Cost	real	Yolun maliyet (mesafe) bilgisini içermektedir.

Çizelge 3.9’da görüldüğü gibi ModelTypes isimli tabloda, afet operasyonları yönetimi kapsamında ele alınan farklı problem tiplerine ait bilgiler yer almaktadır. Hali hazırda GAM tesisleri yerleşim problemi ele alınmış olsa da gelecek çalışmalarda farklı problem tiplerinin veritabanına entegre edilebilmesi amacıyla bütünleşik bir yapı tasarlanmıştır.

Çizelge 3.9. ModelTypes tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
ModelTypeId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir model tipi tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
ModelTypeDefinition	nvarchar(50)	Model tipine ait açıklamaları içermektedir.

ModelParameters tablosunda, Çizelge 3.10’da görüldüğü gibi her bir problem tipi için tanımlanan parametrelere ilişkin açıklamalar yer almaktadır.

Çizelge 3.10. ModelParameters tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
ParameterId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir parametre tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
ModelTypeId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili parametrenin ait olduğu model tipini belirtmektedir.
ParameterDefinition	nvarchar(50)	Parametreye ait açıklamaları, parametre ismini, içermektedir.

ModelConfigurations tablosunda ise Çizelge 3.11’de görüldüğü gibi her bir problem için tanımlanan konfigürasyonlara ilişkin açıklamalar yer almaktadır. Konfigürasyon yapısına örnek vermek gerekirse, Cavdur ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada ele alınan varsayılan değerlerin dikkate alındığı model konfigürasyonu “Standart” adlı konfigürasyon iken, aynı çalışmada ele alınan bir başka yapı olan ve düşük talep karşılama oranlarının dikkate alındığı konfigürasyon ise “Düşük talep karşılama” adlı bir başka konfigürasyondur.

Çizelge 3.12’de özellikleri açıklanan ModelConfigurationParameters isimli tabloda, her bir model tipi için tanımlanan her bir konfigürasyonda ilgili parametrelerin aldığı değerler yer almaktadır. Burada, ModelConfigurations tablosuna ek olarak, ModelConfigurationParameters tablosunun ayrıca tanımlanmasıyla, farklı model konfigürasyonlarının bütünsel olarak tek bir tabloda (ModelConfigurations) ve her model konfigürasyonuna karşılık gelen parametre değerlerinin de bir diğer tabloda

(ModelConfigurationParameters) yer alması sağlanarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.11. ModelConfigurations tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
ModelConfigurationId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir model konfigürasyonu tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
ModelTypeId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili model konfigürasyonun ait olduğu model tipini belirtmektedir.
ModelConfigurationDefinition	nvarchar(50)	Model konfigürasyonuna ait açıklamaları içermektedir.

Çizelge 3.12. ModelConfigurationParameters tablosunun özellikleri

Alan Tanımı	Değişken Türü	Açıklama
ModelConfigurationParameterId (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, kullanıcı tarafından yeni bir konfigürasyon parametresi tanımlandıkça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
ModelTypeId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili konfigürasyon parametresinin ait olduğu model tipini belirtmektedir.
ModelConfigurationId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili konfigürasyon parametresinin ait olduğu model konfigürasyonunu belirtmektedir.
ParameterId	bigint	Yabancı anahtar alanı olup, ilgili konfigürasyon parametresinin ait olduğu parametreyi belirtmektedir.
ParameterValue	real	Parametrenin söz konusu konfigürasyon için aldığı değere ilişkin bilgiyi içermektedir.

Veritabanında yukarıda anlatılan tablo yapılarının oluşturulmasının ardından, kullanıcı tarafından arayüzde belirlenen girdi parametreleri doğrultusunda, matematiksel programlama modelinin çözümü için gerekli tablo yapılarının oluşturulması amacıyla birtakım saklı yordamlar geliştirilmiştir. Böylelikle, sistem çalışır durumda iken

kullanıcının doğrudan veritabanı ile iletişim kurmadan, yalnızca arayüzde yapmış olduğu seçimlere bağlı olarak gerekli tablo yapılarını dinamik olarak oluşturabildiği bir yapı sunulmuştur. Bir başka deyişle, veritabanına hakim olmayan standart bir kişinin dahi kolaylıkla kullanabileceği bir ortam oluşturulmuştur. Matematiksel programlama modelinin girdilerinin oluşturulabilmesi için kullanıcıdan, yardım malzemesi dağıtımının yapılacağı bölgeye ilişkin sırasıyla coğrafi bölge, il, ilçe bilgileri; etkilenen nüfus oranı ve planlama periyodu parametreleri ve konfigürasyon seçimi alınmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda gerekli saklı yordam çağırılarak sonuçları Microsoft Excel'e aktarılmaktadır. Bu amaçla geliştirilen her bir saklı yordam "SPGenerateInput-" ön eki ile ve saklı yordamın çalıştırılması sonucunda elde edilen her bir tablo ile söz konusu tablonun alanları Input- ön eki ile standart bir şekilde oluşturulmuştur. İlerleyen sayfalarda aşağıda yer alan sıra ile söz konusu saklı yordamların detayları sunulmaktadır. 7. sırada yer alan SPUpdateNodes saklı yordamı ise diğer saklı yordamlardan farklı olarak Microsoft Excel'de düğüm noktalarının güncellenmesi için oluşturulmuştur. Bir başka ifadeyle, veritabanına yeni bir düğüm noktası eklenmesi veya var olan düğüm noktalarına ilişkin nüfus, güvenlik düzeyi gibi değerlerin güncellenmesi durumunda veritabanında yapılan değişikliklerin Microsoft Excel ortamına da aktarılması amacıyla geliştirilmiştir.

1. SPGenerateInputFacilities saklı yordamı
2. SPGenerateInputCommodities saklı yordamı
3. SPGenerateInputNodes saklı yordamı
4. SPGenerateInputCosts saklı yordamı
5. SPGenerateInputDemands saklı yordamı
6. SPGenerateInputConfigurationParameters saklı yordamı
7. SPUpdateNodes saklı yordamı

Veritabanında yer alan ve nesne-ilişki diyagramında gösterilen ilişkiler göz önünde bulundurulduğunda, birtakım girdi tablolarının oluşturulabilmesi için daha önceden oluşturulan girdi tabloları ile ilişki kurulmalıdır. Bir başka deyişle, bir girdi tablosu başka bir girdi tablosunun girdisi niteliğinde olabilmektedir. Örneğin, dağıtım yapılacak yardım malzemelerinin belirlenebilmesi için yerleştirilmek istenen tesisin

önceden belirlenmesi gerekmektedir. Bu durum, Facilities ve Commodities tablolarının FacilityId üzerinden ilişkili olması ile açıklanabilir. Benzer şekilde, maliyet (mesafe) parametrelerinin veritabanından çekilebilmesi için afet bölgesinin önceden belirlenmesi gerekmektedir. Böylelikle, ilgili bölgedeki düğüm noktalarının birbirleriyle olan maliyet (mesafe) değerleri elde edilebilecektir. Şekil 3.6’da bahsi geçen ilişkiler detaylı bir şekilde gösterilmiş olup, burada açık gri renk ile gösterilen yapılar ilgili saklı yordamda “temp-” ön eki ile geçici tablolarda tutulmaktadır. Girdi tablolarının birbiri ile olan ilişkilerini yansıtabilmek amacıyla, sıklıkla bu geçici tablolara başvurulmuş ve arayüzden gelen kullanıcı seçimlerine bağlı olarak dinamik bir şekilde saklı yordamlarla ilgili parametrelerin oluşturulması sağlanmıştır. Örneğin, yardım malzemelerine ilişkin bilgilerin yer aldığı InputCommodities tablosu oluşturulurken; daha önceden oluşturulan ve tesis bilgilerinin yer aldığı InputFacilities tablosunun oluşturulduğu yapı, tempInputFacilities adlı geçici bir tabloda tutulmaktadır. Talep değerlerinin belirlenmesinde ise her bir yardım malzemesi ve düğüm noktası için ilgili değerler hesaplanacağından ve yardım malzemelerinin belirlenmesi ise tesis bilgisi ile ilişkili olduğundan daha karmaşık bir yapı vardır. Detaylı açıklamalar ilerleyen sayfalarda her bir saklı yordam özelinde sunulmaktadır.

Model Girdileri	Gerekli Yapı
Tesis bilgileri	InputFacilities
Yardım malzemesi bilgileri	InputFacilities → InputCommodities
Düğüm noktaları bilgileri	InputNodes
Maliyet bilgileri	InputNodes → InputCosts
Talep bilgileri	InputFacilities → InputCommodities InputNodes → InputDemands InputCommodities → InputDemands
Konfigürasyon bilgileri	InputConfigurationParameters

Şekil 3.6. Saklı yordamlar arasındaki ilişkinin gösterimi

Yerleşimi yapılmak istenen GAM tesislerine ilişkin bilgileri içeren InputFacilities tablosunun oluşturulması için yazılan saklı yordamın kodu Şekil 3.7’de yer almaktadır. Hali hazırda veritabanında tek bir tesis türü, GAM tesisi, ele alınmakta ve söz konusu tesis tipine ilişkin hacim ve ağırlık kapasitesi değerleri veritabanından çekilmektedir. Mevcut durumda deprem örnek olayı için uygulama yapılmış olsa da gelecek çalışmalarda farklı afet tipleri için farklı tesislerin yerleşimi öngörülerek, burada afet bilgisi de veritabanından çekilmektedir.

```
ALTER PROCEDURE [dbo].[SPGenerateInputFacilities]
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    SELECT
        FacilityId AS InputFacilityId, DisasterId AS InputDisasterId,
        VolumeCapacity AS InputVolumeCapacity,
        WeightCapacity AS InputWeightCapacity
    FROM
        dbo.Facilities
END
```

Şekil 3.7. SPGenerateInputFacilities saklı yordamının SQL kodu

Tesis bilgilerinin elde edilmesinin ardından, söz konusu tesislerde depolanan ve dağıtımı yapılan yardım malzemelerine ilişkin bilgilerin yer aldığı InputCommodities tablosunun oluşturulması için yazılan saklı yordam kodu Şekil 3.8’de verilmiştir. Burada öncelikle, yardım malzemeleri ile depolandıkları tesis arasında yukarıda bahsi geçen ilişkinin kurulabilmesi amacıyla, daha önceden oluşturulan ve tesis bilgilerinin yer aldığı tablo yapısı geçici bir tabloda tutulmaktadır. Ardından söz konusu geçici tablo ile FacilityId üzerinden ilişki kurularak, her bir yardım malzemesinin birim hacim ve ağırlık değerleri ile birim zamandaki kişi başı ihtiyaç miktarları veritabanından çekilmektedir. Söz konusu birim zamandaki kişi başı ihtiyaç miktarı ise ilerleyen sayfalarda da anlatıldığı gibi talep miktarları hesaplanırken kullanılmaktadır. Mevcut durumda uygulama aşamasında, deprem olayı ele alınmış olsa da gelecek çalışmalarda farklı afet tiplerinin kolaylıkla sisteme entegre edilebilmesi için burada da afete ilişkin bilgi veritabanından çekilmektedir.

```

ALTER PROCEDURE [dbo].[SPGenerateInputCommodities]
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    DECLARE @tempInputFacilities TABLE
    (
        tempFacilityId BIGINT,
        tempDisasterId BIGINT,
        tempVolumeCapacity REAL,
        tempWeightCapacity REAL
    );
    INSERT INTO @tempInputFacilities
    (
        tempFacilityId,
        tempDisasterId,
        tempVolumeCapacity,
        tempWeightCapacity
    )
    SELECT
        FacilityId, DisasterId, VolumeCapacity, WeightCapacity
    FROM
        dbo.Facilities ;
    SELECT
        dbo.Commodities.CommodityId AS InputCommodityId,
        dbo.Commodities.DisasterId AS InputDisasterId,
        dbo.Commodities.UnitVolume AS InputUnitVolume,
        dbo.Commodities.UnitWeight AS InputUnitWeight,
        dbo.Commodities.RequirementPPUT AS InputRequirementPPUT
    FROM
        dbo.Commodities INNER JOIN
        @tempInputFacilities ON dbo.Commodities.FacilityId = tempFacilityId
END

```

Şekil 3.8. SPGenerateInputCommodities saklı yordamının SQL kodu

GAM tesisleri yerleşimi ve yardım malzemesi dağıtımının yapılacağı bölgede yer alan düğüm noktalarına ilişkin bilgilerin yer aldığı InputNodes isimli tablonun oluşturulması için yazılan saklı yordamın kodu Şekil 3.9’da yer almaktadır. Kullanıcı tarafından arayüzde belirtilen coğrafi bölge, il ve ilçe bilgileri doğrultusunda Microsoft Excel ortamında belirtilen bölgedeki başlangıç ve bitiş düğümlerine ilişkin tanımlar belirlenir. Örnek vermek gerekirse, ele alınan GAM tesisleri yerleşim problemi mahalleler çözünürlüğünde çözülmekte ve mahallelerin yer aldığı coğrafi bölge, il, ilçe bilgilerine göre problemin girdisi olan düğüm noktaları belirlenmektedir. Bu amaçla şekilde de görüldüğü gibi NodeDefinitionBeginParam ve NodeDefinitionEndParam isimli değişkenler ile problemde ele alınacak ilk düğüm noktasından son düğüm noktasında kadar olan yerler için tanım bilgisi üzerinden eşleşme yapılmaktadır. Ardından, “WHERE (dbo.Nodes.Definition > @NodeDefinitionBeginParam AND dbo.Nodes.Definition <= @NodeDefinitionEndParam)” koşulu ile söz konusu başlangıç

ve bitiş düğümleri arasındaki düğüm noktaları ve gerekli bilgiler veritabanından çekilmektedir. Burada, başlangıç noktası temsili olarak tanımlanan Merkez düğüm noktası olduğundan eşitlik yerine büyüklük koşulu aranmaktadır ve son üç hanesi 000'dan büyük olan ve olası en büyük değer olan 999'a kadar olan düğüm noktalarına ilişkin düğümün adı, güvenlik düzeyi ve nüfus bilgileri elde edilmektedir. Burada, kullanıcı tarafından yapılabilecek olası bir hatayı (örneğin, eksik veri girişi yapılması gibi) engellemek amacıyla, varsayılan başlangıç noktası olarak uygulamanın yapıldığı Yıldırım ilçesinin (005016003xxx) başlangıç ve bitiş düğüm noktaları olan 005016003000 ve 005016003999 değerleri girilmiştir.

```
ALTER PROCEDURE [dbo].[SPGenerateInputNodes]
    @NodeDefinitionBeginParam NVARCHAR(50) = '005016003000',
    @NodeDefinitionEndParam NVARCHAR(50) = '005016003999'
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    SELECT
        dbo.Nodes.NodeId AS InputNodeId, Neighborhood AS InputNeighborhood,
        dbo.Nodes.NodeSafetyLevel AS InputNodeSafetyLevel,
        dbo.Nodes.NodePopulation AS InputNodePopulation
    FROM
        dbo.Nodes
    WHERE
        (dbo.Nodes.Definition > @NodeDefinitionBeginParam AND
        dbo.Nodes.Definition <= @NodeDefinitionEndParam)
    GROUP BY
        dbo.Nodes.NodeId, dbo.Nodes.Neighborhood,
        dbo.Nodes.NodeSafetyLevel, dbo.Nodes.NodePopulation;
END
```

Şekil 3.9. SPGenerateInputNodes saklı yordamının SQL kodu

Matematiksel programlama modelinin bir diğer parametresi olan düğüm noktaları arasındaki maliyet (mesafe) değerlerinin yer aldığı InputCost tablosunun oluşturulması için yazılan saklı yordamın kodu Şekil 3.10'da yer almaktadır. Maliyet parametrelerinin elde edilebilmesi amacıyla öncelikle, Şekil 3.6'da yer alan ilişkiler gereğince, düğüm noktalarının oluşturulduğu InputNodes tablosu “temp-” ön ekli bir geçici tabloda tutulmaktadır. Ardından bu düğümlere karşılık gelen yollara (paths) ilişkin bilgiler veritabanından çekilmektedir. Bu amaçla, geçici tabloda yer alan düğüm noktalarının tanımlayıcı numaraları ile maliyet değerleri çekilecek yolların başlangıç ve bitiş noktaları arasında “ WHERE (dbo.Paths.OriginNodeId = tempNodeId OR dbo.Paths.DestinationNodeId = tempNodeId)” koşulu aranmaktadır. Böylelikle tüm

düğüm noktası ikilileri için maliyet değerleri elde edilmektedir. Bir başka deyişle, söz konusu bu tanımlayıcı numaralar üzerinden ilişki kurularak, her bir düğüm noktası için ilgili düğüm noktasından olan tüm uzaklıklar ve ilgili düğüm noktasına olan tüm uzaklıkların yer aldığı matris yapısı oluşturulmaktadır.

```
ALTER PROCEDURE [dbo].[SPGenerateInputCosts]
    @NodeDefinitionBeginParam NVARCHAR(50) = '005016003000',
    @NodeDefinitionEndParam NVARCHAR(50) = '005016003999'
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    DECLARE @tempInputNodes TABLE
    (
        tempNodeId BIGINT
    );
    INSERT INTO @tempInputNodes
    (
        tempNodeId
    )
    SELECT
        dbo.Nodes.NodeId
    FROM
        dbo.Nodes
    WHERE
        (dbo.Nodes.Definition > @NodeDefinitionBeginParam AND
        dbo.Nodes.Definition <= @NodeDefinitionEndParam)
    GROUP BY
        dbo.Nodes.NodeId;
    SELECT
        dbo.Paths.OriginNodeId AS InputOriginNodeId,
        dbo.Paths.DestinationNodeId AS InputDestinationNodeId,
        dbo.Paths.Cost AS InputCost
    FROM
        dbo.Paths INNER JOIN
        @tempInputNodes ON dbo.Paths.OriginNodeId = tempNodeId OR
        dbo.Paths.DestinationNodeId = tempNodeId
    GROUP BY
        dbo.Paths.OriginNodeId, dbo.Paths.DestinationNodeId, dbo.Paths.Cost
    ORDER BY
        InputOriginNodeId, InputDestinationNodeId;
END
```

Şekil 3.10. SPGenerateInputCosts saklı yordamının SQL kodu

Matematiksel programlama modelinin bir diğer parametresi olan talep miktarlarının yer aldığı InputDemands tablosunun oluşturulması için yazılan saklı yordamın kodu Şekil 3.11'de yer almaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi burada daha karmaşık ve dört aşamadan oluşan bir yapı vardır. İlk aşamada yardım malzemesi dağıtımının yapılacağı bölgedeki düğüm noktaları geçici bir tabloda tutulmaktadır. İkinci aşamada söz konusu yardım malzemelerinin depolanacağı tesisler bir geçici tabloda tutulurken, üçüncü

tabloda bu tesisler ile ilişkilendirilerek yardım malzemelerine ilişkin bilgiler yer almaktadır. Dördüncü ve kodun ana bileşeni olan yapıda ise her bir düğüm noktası ve yardım malzemesi için talep miktarı hesaplanmaktadır. Burada her bir düğüm noktasının nüfus miktarı ve yardım malzemelerinin birim zamandaki kişi başı ihtiyaç miktarlarının yanı sıra, kullanıcı tarafından arayüzde belirtilen planlama periyodu ve etkilenen nüfus miktarı dikkate alınmaktadır. İlgili değişkenler şekilde de görüldüğü gibi AffectedPopulationRateParam ve PlanningPeriodParam olarak tanımlanmıştır. Burada kullanıcı tarafından yapılabilecek olası bir hatayı (örneğin, eksik veri girişi yapılması gibi) engellemek amacıyla, varsayılan değerler olarak %98 etkilenen nüfus oranı ve 24-saatlik planlama periyodunu ifade eden 3-birim zaman değerleri girilmiştir. Söz konusu bu değerler Cavdur ve ark. (2016) tarafından geliştirilen stokastik programlama modelinin en olası senaryosunun değerleridir.

```
ALTER PROCEDURE [dbo].[SPGenerateInputDemands]
    @NodeDefinitionBeginParam NVARCHAR(50) = '005016003000',
    @NodeDefinitionEndParam NVARCHAR(50) = '005016003999',
    @AffectedPopulationRateParam REAL = 0.98,
    @PlanningPeriodParam REAL = 3
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    DECLARE @tempInputNodes TABLE
    (
        tempNodeId BIGINT,
        tempNodePopulation REAL
    );
    INSERT INTO @tempInputNodes
    (
        tempNodeId,
        tempNodePopulation
    )
    SELECT
        dbo.Nodes.NodeId, dbo.Nodes.NodePopulation
    FROM
        dbo.Nodes
    WHERE
        (dbo.Nodes.Definition > @NodeDefinitionBeginParam AND
        dbo.Nodes.Definition <= @NodeDefinitionEndParam)
    GROUP BY
        dbo.Nodes.NodeId, dbo.Nodes.NodePopulation;

    DECLARE @tempInputFacilities TABLE
    (
        tempFacilityId BIGINT,
        tempDisasterId BIGINT,
        tempVolumeCapacity REAL,
        tempWeightCapacity REAL
    );

```

```

INSERT INTO @tempInputFacilities
(
    tempFacilityId,
    tempDisasterId,
    tempVolumeCapacity,
    tempWeightCapacity
)
SELECT
    FacilityId, DisasterId, VolumeCapacity, WeightCapacity
FROM
    dbo.Facilities ;
DECLARE @tempInputCommodities TABLE
(
    tempCommodityId BIGINT,
    tempDisasterId BIGINT,
    tempRequirementPPUT REAL
);
INSERT INTO @tempInputCommodities
(
    tempCommodityId,
    tempDisasterId,
    tempRequirementPPUT
)
SELECT
    dbo.Commodities.CommodityId, dbo.Commodities.DisasterId,
    dbo.Commodities.RequirementPPUT
FROM
    dbo.Commodities INNER JOIN
    @tempInputFacilities ON dbo.Commodities.FacilityId =
    tempFacilityId;

SELECT
    tempDisasterId AS InputDisasterId, tempNodeId AS InputNodeId,
    tempCommodityId AS InputCommodityId,
    CEILING(tempNodePopulation * tempRequirementPPUT *
    @PlanningPeriodParam * @AffectedPopulationRateParam) AS InputAmount
FROM
    @tempInputCommodities INNER JOIN
    dbo.Disasters ON tempDisasterId = dbo.Disasters.DisasterId
    CROSS JOIN @tempInputNodes
GROUP BY
    dbo.Disasters.DisasterId, tempNodeId, tempCommodityId,
    tempRequirementPPUT, tempNodePopulation, tempDisasterId;
END

```

Şekil 3.11. SPGenerateInputDemands saklı yordamının SQL kodu

Önceki sayfalarda detayları sunulan saklı yordamlar matematiksel programlama modelinin girdilerinin elde edilmesi amacıyla oluşturulan; (i) yerleşimi yapılacak tesis bilgilerinin, (ii) bu tesislerde depolanacak yardım malzemesi bilgilerinin, (iii) ele alınacak afet bölgesindeki düğüm noktalarının ve özelliklerinin, (iv) düğüm noktaları arasındaki maliyet parametrelerinin ve (v) talep miktarlarının belirlenmesine ilişkin saklı yordamları ifade etmektedir. Söz konusu bu model parametrelerinin yanı sıra,

GAM tesisleri yerleşim probleminin diğer parametreleri olan toplam açılabilir tesis sayısı, her düğüm noktasında açılabilir maksimum tesis sayısı, sağlanması gereken minimum güvenlik düzeyi değeri, M büyük sayısı, ölçek faktörü, bir mahallenin hizmet verebileceği ve alabileceği mahalle sayısı üst limitleri ve birim karşılanamayan talep maliyetinin belirlenmesi amacıyla önceki sayfalarda da bahsedildiği gibi model konfigürasyonları oluşturulmuştur. Kullanıcı tarafından arayüzden yapılan tercihler sonucunda ilgili konfigürasyona ait söz konusu parametre değerlerinin yer aldığı InputConfigurationParameters tablosunun veritabanından elde edilebilmesi amacıyla geliştirilen saklı yordamın kodu Şekil 3.12’de yer almaktadır. Burada tanımlanan ConfigurationParam değişkeni üzerinden kullanıcının arayüzde yaptığı seçim veritabanında yer alan konfigürasyon açıklamaları ile eşleştirilmektedir. Söz konusu eşleşme “WHERE (dbo.ModelConfigurations.ModelConfigurationDefinition = @ConfigurationParam)” koşulu ile sağlanmaktadır. Burada kullanıcı tarafından yapılabilecek olası bir hatayı (örneğin, eksik veri girişi yapılması gibi) engellemek amacıyla, Cavdur ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmadaki model parametrelerini içeren Standard isimli konfigürasyon varsayılan değer olarak girilmiştir.

```
ALTER PROCEDURE [dbo].[SPGenerateInputConfigurationParameters]
    @ConfigurationParam NVARCHAR(50) = 'Standard'
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    SELECT
        dbo.ModelConfigurationParameters.ModelTypeId AS InputModelTypeId,
        dbo.ModelConfigurationParameters.ModelConfigurationId AS
        InputModelConfigurationId,
        dbo.ModelConfigurationParameters.ParameterId AS InputParameterId,
        dbo.ModelConfigurationParameters.ParameterValue AS
        InputParameterValue
    FROM
        dbo.ModelConfigurationParameters INNER JOIN dbo.ModelConfigurations
    ON dbo.ModelConfigurationParameters.ModelConfigurationId =
        dbo.ModelConfigurations.ModelConfigurationId
    WHERE
        (dbo.ModelConfigurations.ModelConfigurationDefinition =
        @ConfigurationParam)
END
```

Şekil 3.12. SPGenerateInputConfigurationParameters saklı yordamının SQL kodu

Diğer saklı yordam yapılarından farklı olarak, Şekil 3.13’te yer alan SPUpdateNodes isimli saklı yordamı aracılığıyla ise tüm düğüm noktalarına ilişkin bilgiler

veritabanından çekilerek, Microsoft Excel ortamındaki verinin güncellenmesi sağlanmaktadır. Böylelikle, veritabanına yeni bir düğüm noktası eklenmesi veya var olan düğüm noktalarına ilişkin bilgilerin güncellenmesi durumunda veritabanında yapılan değişikliklerin Microsoft Excel ortamına aktarılabilmesi için bütünlük bir yapı oluşturulmuştur.

```
ALTER PROCEDURE [dbo].[SPUpdateNodes]
AS
BEGIN
    SET NOCOUNT ON;
    SELECT
        *
    FROM
        dbo.Nodes
END
```

Şekil 3.13. SPUpdateNodes saklı yordamının SQL kodu

Kullanıcıya bütünlük bir yapı sunmak amacıyla geliştirilen karar destek sistemi prototipinin arayüz tasarımı, Şekil 3.14.a'da verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi kullanıcı tarafından problemin çözümü için gerekli parametrelerin girişinin yapılması amacıyla Afet Bölgesi ve Problem Parametreleri olmak üzere iki grup kutusu (group box / frame) ve kullanıcının yapmak istediği işlemi belirlediği İşlemler grup kutusu mevcuttur.

Şekil 3.14.a. Geliştirilen karar destek sistemi prototipi arayüz tasarımı



Şekil 3.14.b. Çalıştır simgesi

Şekil 3.14.b’de yer alan ve Microsoft Excel çalışma kitabının her bir sayfasında A2 hücresine konumlandırılan Çalıştır simgesine tıklanarak söz konusu arayüz ekranı görüntülenmektedir.

Öncelikle, Afet Bölgesi grup kutusunun altında yer alan kısımda GAM tesisleri yerleşiminin yapılacağı bölge belirlenmektedir. Kullanıcı tarafından sırasıyla coğrafi bölge, il ve ilçe seçimleri yapılarak; söz konusu etkilenen bölgede yer alan mahallere ilişkin gerekli bilgiler veritabanından çekilmektedir. Burada Coğrafi Bölge etiketli (label) açılan kutuda (combo box) yapılan seçime bağlı olarak ilgili bölgede yer alan iller İl etiketli açılan kutuda listelenmektedir. Benzer şekilde, il seçimine bağlı olarak söz konusu ilin ilçeleri İlçe etiketli açılan kutuda yer almaktadır. Afet bölgesi belirlenirken, coğrafi bölge seçimi yapmadan il seçimi yapılması veya coğrafi bölge ve il seçimi yapmadan ilçe seçimi yapılması gibi kullanıcı tarafından yapılabilecek olası hatalar, ileti kutuları (message box) ile kullanıcıya uyarı verilerek engellenmiştir.

Afet bölgesinin belirlenmesinin ardından Problem Parametreleri etiketli grup kutusunda yer alan ve matematiksel programlama modelinin çözülmesi için gerekli diğer parametreler belirlenmektedir. Burada kullanıcı tarafından yapılacak seçimlere bağlı olarak, söz konusu afet bölgesinde GAM tesisleri yerleşim problemi için farklı senaryolar oluşturulmaktadır. Böylelikle afetin yapısı gereği ve afet sonrası meydana gelen kaos ortamı nedeniyle karşılaşılan belirsizlik içeren unsurlar, farklı problem parametreleri girişi yapılmasına imkan sunularak yansıtılmaktadır. Bu amaçla ilk olarak, Etkilenen Nüfus Oranı etiketi altında yer alan metin kutusuna kullanıcı tarafından ilgili değer girilmesi yapılmaktadır. Burada kullanıcı tarafından sayısal olmayan bir değer girilmesi veya $[0, 1]$ aralığında olmayan sayısal bir değer girilmesi durumunda kullanıcıya uyarı verilerek olası hatalar en aza indirgenmektedir. Ardından, ilgili açılan kutu aracılığıyla planlama periyodu ve model konfigürasyonu seçimleri yapılmaktadır.

Kullanıcı tarafından hatalı veri girişi yapılma durumunu engellemek amacıyla, arayüzde yer alan tüm açılan kutular yalnızca ilgili listeden seçim yapılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bir başka deyişle, metin kutusu özelliği aktif edilmeyerek kullanıcı

tarafından veritabanı ile eşleşmeyen herhangi bir hatalı veri girişi yapılması engellenmiştir.

Kullanıcı tarafından yapılabilecek işlemler ise (i) Veri Güncelleme, (ii) Girdileri Oluştur, (iii) Çöz ve (iv) Yardım olmak üzere dört komut düğmesi aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Burada Şekil 3.14.a'da görüldüğü gibi işlemlerin mantıksal akış sırası ile gerçekleştirilmesi amacıyla, başlangıçta yalnızca Veri Güncelleme ve Yardım komut düğmeleri aktif olup, sırasıyla diğer komut düğmeleri de aşağıda anlatılan sırada aktifleştirilmektedir. İşlemlerin gerçekleştirilmesi amacıyla ise (i) Düğüm Tanımları, (ii) Model Girdileri, (iii) Model Çıktıları ve (iv) Sonuç Raporları olmak üzere dört tane Microsoft Excel sayfası bulunmaktadır.

Veri güncelleme komut düğmesi ile Düğüm Tanımları sayfasında önceden var olan veriler silinmekte ve veritabanına bağlanılarak, veritabanında yer alan düğüm noktalarına ilişkin bilgiler Microsoft Excel'e ortamına aktarılmaktadır. Bir başka deyişle söz konusu komut düğmesine tıklanılarak, SPUpdateNodes saklı yordamı çağırılmakta ve veriler güncellenmektedir. Ardından, kullanıcıya sunulan bir ileti kutusu ile verilerin güncellendiği bildirilmekte ve Girdileri Oluştur komut düğmesi aktifleştirilmektedir.

Girdileri Oluştur komut düğmesine tıklanmasının ardından, öncelikle olası hataları önlemek amacıyla, arayüzde bulunan tüm alanlara gerekli veri girişlerinin yapıp yapılmadığı kontrol edilir. Hata durumunda ise Microsoft SQL Server'a bağlanmadan kullanıcı bir ileti kutusu aracılığıyla uyarılmaktadır. Gerekli veri girişinin doğru bir şekilde yapılmasının ardından, (varsa) daha önceden elde edilmiş girdi tabloları dinamik bir şekilde silinmektedir. Ardından kullanıcının arayüzde yapmış olduğu afet bölgesi seçimlerine bağlı olarak, arka planda Index ve Match komutları kullanılarak, Düğüm Tanımları sayfasında yer alan düğümler ile söz konusu bölge seçimi eşleştirmeleri yapılmakta ve düğüm noktalarının veritabanında yer alan 12 haneli tanımları belirlenmektedir. Afet bölgesine ait tanım bilgileri ve kullanıcı tarafından yapılan diğer problem parametreleri seçimlerine bağlı olarak tüm matematiksel model girdi tabloları veritabanından elde edilmektedir. Bir başka deyişle, kullanıcının arayüzde yapmış

olduğu seçimlere bağlı olarak SPGenerateInput n ekli tüm saklı yordamlar sırasıyla çalıştırılmaktadır ve sonuçları Microsoft Excel ortamına aktarılmaktadır. Veritabanından elde edilen girdi tablolarının Model Girdileri sekmesine kaydedilmesinin ardından ilgili alanların MPL ortamından ağırılabilmesi için gerekli ad tanımları dinamik şekilde ark planda Offset ve CountA komutları ile gerçekleştirilmektedir. Tüm bu işlemlerin başarılı bir şekilde tamamlanmasının ardından kullanıcıya bir ileti kutusu ile bilgi verilmekte ve öz komut düğmesi aktifleştirilmektedir.

öz komut düğmesine tıklanılmasının ardından, öncelikle (varsa) daha önceden elde edilen model sonuçları ve sonuç raporları temizlenmektedir. Ardından, olası hataları önlemek amacıyla, matematiksel programlama modelinin MPL ortamındaki çözümü için gerekli tüm girdilere ait ad tanımlarının yapılıp yapılmamış olduğu kontrol edilmektedir. Herhangi bir alanın var olmaması durumunda hangi alanın tanımlanmadığı bir ileti kutusu aracılığıyla kullanıcıya sunulmakta ve MPL ağırılmadan işlem sonlandırılmaktadır. Gerekli tüm ad tanımlarının var olması durumunda ise OptiMax kütüphanesi aracılığıyla MPL çağırılarak matematiksel programlama modeli çözülmekte ve elde edilen çözüme ilişkin çözüm vektörleri Model ıktıları sayfasına yazdırılmaktadır. Burada, model terimleri cinsinden elde edilen çözümlerin kullanıcı tarafından daha anlaşılır zet tablolara dönüştürülmesi amacıyla sonuç raporları hazırlanmaktadır. Bu amaçla, kodun içerisinde SumIfs ve VLookup gibi Microsoft Excel komutları kullanılmaktadır. Fakat söz konusu komutlarda direkt olarak OptiMax kütüphanesi terimleri ağırılmadığından, matematiksel modelin çözümünün elde edilmesinin ardından, söz konusu çözüm vektörleri ve ilgili değişkene ait indis bilgileri arka planda dizilerde tutulmaktadır. Ardından yukarıda bahsi geçen komutlar aracılığıyla, rapor hazırlanarak Sonuç Raporları sayfasına kaydedilmektedir. Burada amaç fonksiyonu bileşenlerinin çözümde aldığı değerler, tesis kullanım oranı ve talep karşılama oranı gibi birtakım performans parametreleri, envanter kararları ve servis kararları kullanıcıya sunulmaktadır. Tüm bu işlemlerin tamamlanmasının ardından kullanıcıya bir ileti kutusu ile bilgi verilmektedir.

Yardıml komut düğmesi ile kullanma kılavuzu açılarak, kullanıcının ihtiyaç halinde kullanma talimatlarına ve yazarın iletişim bilgilerine ulaşması sağlanmıştır. Söz konusu kullanıcı kılavuzu EK 2’de yer almaktadır. Ekte de görüldüğü gibi geliştirilen karar destek sisteminin uygulama esasları bir akış şeması üzerinde açıklanmaktadır. Gri renk ile gösterilen süreçler, ilgili komut düğmesine tıklanmasını ifade eden ana süreçleri temsil etmektedir. Mavi renk ile söz konusu komut düğmesinin altında yer alan alt süreçler gösterilmekte, turuncu renk ile veritabanı bileşenleri ve elde edilen verilere ilişkin bilgiler temsil edilmektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi, bu tez kapsamında yapılan çalışmaların uluslararası dergilerde yayınlanması hedeflendiğinden, gerek Microsoft SQL Server ortamındaki veritabanı gerekse Microsoft Excel ortamındaki alt yapı İngilizce dilinde oluşturulmuş olup, kullanımının mümkün kılınması amacıyla kullanıcıya sunulan arayüz Türkçe olarak tasarlanmıştır. Arayüzde yer alan Türkçe terimlerin ise arka planda İngilizce karşılıkları ile eşleştirilmeleri yapılarak bütünleşik yapı sağlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında, afet operasyonları yönetimi hazırlık faaliyetleri kapsamında ele alınan afet-müdahale-tesisleri yerleşim problemi için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Önerilen bu karar destek sistemi prototipi, deprem olayı ve GAM tesisleri yerleşim problemi için Türkiye'nin büyük illerinden Bursa'nın merkez ilçelerinden biri olan ve 64 mahalleden oluşan Yıldırım ilçesi verileri kullanılarak uygulanmıştır. Bu amaçla, öncelikle Türkiye İstatistik Kurumu internet sitesi aracılığıyla mahallelere ait nüfus bilgileri, ilçe emniyet müdürlüğü aracılığıyla suç oranları, Google Haritalar aracılığıyla mahalleler arası mesafe matrisleri elde edilmiştir. Tesisler ve yardım malzemelerine ilişkin bilgiler ise Cavdur ve ark. (2016) ve Köse-Küçük (2016) çalışmalarında sunulduğu şekilde ele alınmıştır. Burada su, gıda kiti ve medikal malzeme kiti olmak üzere üç tip yardım malzemesi dağıtımı yapılmaktadır. Söz konusu çalışmalarda olduğu gibi planlama periyodu parametresi olarak 8,16, 24, 48 ve 72 saatlik süreler dikkate alınmaktadır. Uygulama aşamasında, Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi (i) Standart, (ii) Düşük bütçe, (iii) Düşük güvenlik düzeyi ve servis seviyeleri, (iv) Yüksek güvenlik düzeyi ve servis seviyeleri ve (v) Düşük talep karşılama oranı olmak üzere beş farklı konfigürasyon oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1. Konfigürasyon parametreleri

Parametre	Konfigürasyon				
	1	2	3	4	5
N_T	900	100	900	900	900
n_i	100	10	100	100	100
S_T	0,975	0,975	0,95	0,99	0,975
M	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
λ	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
α	10	10	5	20	10
β	10	10	5	20	10
γ	15	15	15	15	1

Burada önceki bölümde de anlatıldığı gibi; N_T toplam açılacak tesis sayısı, n_i i . mahallede açılacak maksimum tesis sayısı, S_T sağlanması gereken minimum güvenlik düzeyi değeri, M çok büyük bir sayı, λ ölçek faktörü, α (β) bir mahallenin hizmet verebileceği (alabileceği) mahalle sayısı üst limiti ve γ birim karşılanamayan

talep maliyetidir. Çizelgede de görüldüğü gibi konfigürasyon yapılarında, çok etkenli bir yapı olmakla birlikte her bir model parametresi için çok sayıda tasarımdan kaçınılarak, bu parametrelerin farklı değerleri için anlamlı setler oluşturulmuştur. Örneğin, düşük bütçenin dikkate alındığı 2 numaralı konfigürasyonda standart yapıdan farklı olarak toplam açılabilir tesis sayısı 100 ve bir mahallede açılabilir maksimum tesis sayısı 10 olarak ele alınmaktadır. 3 numaralı konfigürasyonda ise sağlanması gereken minimum güvenlik düzeyi değeri %95, hizmet seviyesi üst limitleri ise 5 olarak ele alınmaktadır. Burada güvenlik düzeyindeki esnetmeden dolayı daha fazla sayıda mahalle için tesis yerleşimine izin verilecek ve bu nedenle ağ üzerinde daha az etkileşim olacaktır. Dolayısıyla hizmet seviyelerinde de azalma meydana geleceğinden anlamlı bir yapı kurulmuştur. 4 numaralı konfigürasyonda ise bunun tam tersi bir durum söz konusudur. Minimum güvenlik düzeyinin %99 değerine çekilmesi ile daha az sayıda yere tesis konumlandırılabilir ve bu katı tutumdan ötürü ağ üzerinde çok fazla etkileşim görülecektir. Dolayısıyla hizmet seviyesi üst limitleri 20 değerine çıkartılmıştır. 5 numaralı konfigürasyonda ise standart yapıdan farklı olarak birim karşılanamayan talep maliyeti 1 değerine düşürülmüştür.

Yıldırım ilçesi verileri kullanılarak, %98 etkilenen nüfus oranı, 24-saatlik planlama periyodu ve Standart bir konfigürasyon için Şekil 4.1'de görüldüğü gibi örnek bir uygulama yapılmıştır.

Şekil 4.1. Kullanıcı tarafından örnek bir parametre girişinin yapılması

Söz konusu parametreler altında veritabanından gerekli girdi tablolarının elde edilmesi ve matematiksel programlama modelinin çözülmesinin ardından Şekil 4.2’de görüldüğü gibi kullanıcı için anlamlı raporlar hazırlanmıştır. Microsoft Excel ortamındaki Sonuç Raporları sayfasında sunulan ve üç başlık altında toplanan tablolarda, birtakım performans parametreleri, envanter kararları ve servis kararlarına ilişkin özet bilgiler yer almaktadır. Örnek rapor tablolarında da görüldüğü gibi kullanıcıya direkt olarak matematiksel programlama modelinin çözümü sonucunda elde edilen çözüm vektörlerini sunmak yerine, arka planda kodun içerisinde birtakım Microsoft Excel komutları çağırılarak, standart bir kullanıcının anlayabileceği daha anlamlı raporlar sunulmaktadır. Matematiksel programlama modelinin detaylarını bilen, girdi ve çıktı tablolarını incelemek isteyen kullanıcılar için de önceki sayfalarda anlatıldığı gibi Model Girdileri ve Model Çıktıları sayfalarında ilgili veriler sunulmaktadır.

Performans Parametreleri				Envanter Kararları				Servis Kararları	
1									
2	Toplam Ağırlıklı Katedilen Mesafe	6.090.761	Talep Düşümü	Açılan Tesis Sayısı	Depolanan Su Miktarı	Depolanan Gıda Kiti Miktarı	Depolanan Medikal Kit Miktarı	Talep Düşümü	Tedarikçi Düşüm
3	Toplam Açılan Tesis Sayısı	100	Akcaglayan	4	52.356	62.854	6.979	Akcaglayan	Akcaglayan
4	Toplam Karşılanmayan Talep Miktarı	45	Baglrali	25	370.736	445.066	49.407	Kaplikaya	Akcaglayan
5	Tesis Kullanım Oranı	%86.00	Baruthane	19	279.267	335.262	37.217	Zemiler	Akcaglayan
6	Talep Karşılama Oranı	%100.00	Degirmenon	4	60.691	72.860	6.089	75.Yil	Akcaglayan
7			Karamazak	2	19.470	23.374	2.595	Arabayatagi	Baglrali
8			Maltepe	8	115.224	138.327	15.356	Baglrali	Baglrali
9			Mehmetakifersoy	10	146.271	175.602	19.495	Cinaronu	Baglrali
10			Mollaarap	3	36.404	43.704	4.852	Erikli	Baglrali
11			Musababa	4	57.953	69.574	7.725	Esenevler	Baglrali
12			Siracevizler	2	18.723	22.477	2.495	Fidyekizik	Baglrali
13			Umurbey	3	32.804	39.382	4.373	Hacivat	Baglrali
14			Yesil	5	74.014	88.856	9.866	Mimarsinan	Baglrali
15			Yesilyayla	7	97.505	117.054	12.994	Sirinevler	Baglrali
16			Zumrutevler	4	49.218	59.086	6.560	Yigitler	Baglrali
17								Baruthane	Baruthane
18								Bevazit	Baruthane
19								Gulluk	Baruthane
20								Mevlana	Baruthane
21								Ortabaglar	Baruthane
22								Sukraniye	Baruthane
23								Vatan	Baruthane
24								Yavuzselim	Baruthane
25								Yunussemre	Baruthane
26								152evler	Baruthane
27								Degirmenon	Degirmenon
28								Demetevler	Degirmenon

Şekil 4.2.a. Kullanıcıya sunulan örnek bir rapor

Şekil 4.2.a’da yer alan ve performans parametrelerine ilişkin bilgileri içeren tablonun yüksek çözünürlükteki versiyonu Şekil 4.2.b’de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi ele alınan örnek problemin çözümünde birinci amaç fonksiyonu bileşeni olan toplam açılan tesis sayısı 100, ikinci amaç fonksiyonu bileşeni olan toplam ağırlıklı katedilen mesafe değeri 6 090 761 ve üçüncü amaç fonksiyonu bileşeni olan talep miktarı ise göz

ardı edilebilir bir değer olan 45 adettir. Burada tesis kullanım oranı yaklaşık %86 iken talep karşılama oranı ise yaklaşık %100 olarak hesaplanmıştır.

Performans Parametreleri	
Toplam Ağırlıklı Katedilen Mesafe	6.090.761
Toplam Açılan Tesis Sayısı	100
Toplam Karşılanamayan Talep Miktarı	45
Tesis Kullanım Oranı	%86,00
Talep Karşılama Oranı	%100,00

şekil 4.2.b. Kullanıcıya sunulan örnek bir rapor: Performans parametreleri

şekil 4.2.a'da yer alan çözüme ait envanter kararlarının yer aldığı özet tablonun yüksek çözünürlükteki versiyonu şekil 4.2.c'de verilmiştir. Burada tesis yerleştirilen her bir düğüm noktası için ilgili mahallenin adı, o mahallede açılan toplam GAM tesisi sayısı ve bu tesislerdeki toplam yardım malzemesi (su, gıda kiti ve medikal kit) miktarları yer almaktadır. Örneğin, Akçağlayan mahallesinde toplam 4 adet tesis açılmış ve sırasıyla 52 356, 62 854, 6 979 litre su, gıda kiti ve medikal kit malzemesi depolanmıştır.

Envanter Kararları				
Talep Düğümü	Açılan Tesis Sayısı	Depolanan Su Miktarı	Depolanan Gıda Kiti Miktarı	Depolanan Medikal Kit Miktarı
Akcaglayan	4	52.356	62.854	6.979
Baglaralti	25	370.736	445.066	49.407
Baruthane	19	279.267	335.262	37.217
Degirmenonu	4	60.691	72.860	8.089
Karamazak	2	19.470	23.374	2.595
Maltepe	8	115.224	138.327	15.356
Mehmetakifersoy	10	146.271	175.602	19.495
Mollaarap	3	36.404	43.704	4.852
Musababa	4	57.953	69.574	7.725
Siracevizler	2	18.723	22.477	2.495
Umurbey	3	32.804	39.382	4.373
Yesil	5	74.014	88.856	9.866
Yesilyayla	7	97.505	117.054	12.994
Zumrutevler	4	49.218	59.086	6.560

şekil 4.2.c. Kullanıcıya sunulan örnek bir rapor: Envanter kararları

şekil 4.2.a'da yer alan bir diğer özet tablo olan ve servis kararlarının yer aldığı tablonun yüksek çözünürlükteki versiyonu şekil 4.2.d'de verilmiştir. şekilde de görüldüğü gibi her bir talep düğümünün hangi tedarikçi düğümde yer alan tesisten hizmet alacağı bilgisi yer almaktadır. Söz konusu tablo 64 mahalle için bilgi içerdiğinden yalnızca tek

bir tedarikçi düğümüne ait örnek gösterim sunulmuştur. Bu şekilde de görüldüğü gibi Akçağlayan mahallesinde ikamet eden afetzedeler kendi mahallelerinde yer alan tesisten taleplerini karşılayacakken; Kaplıkaya, Zeyniler ve 75. Yıl mahallelerinde bulunan afetzedeler kendi mahallelerinde güvenlik kısıtı gibi nedenlerden tesis yerleşimi yapılamadığı için kendilerine yakın mahallelerden biri olan Akçağlayan mahallesine giderek taleplerini karşılayacaklardır.

Servis Kararları	
Talep Düğümü	Tedarikçi Düğüm
Akcaglayan	Akcaglayan
Kaplikaya	Akcaglayan
Zeyniler	Akcaglayan
75.Yil	Akcaglayan

Şekil 4.2.d. Kullanıcıya sunulan örnek bir rapor: Servis kararları

Benzer şekilde, farklı etkilenen nüfus oranı, planlama periyodu ve model konfigürasyonları için Yıldırım ilçesindeki GAM tesisleri yerleşim problemi çözülmüştür. Etkilenen nüfus oranındaki artışa ve azalışa bağlı olarak, talep miktarlarında ve dolayısıyla amaç fonksiyonu bileşenlerinde mantıklı değişikliklerin olduğu gözlenmiştir. Burada anlamlı farkların sunulması amacıyla varsayılan değer olan %98 etkilenen nüfus oranı ve %75 değerleri için elde edilen sonuçlar her planlama periyodu ve konfigürasyon özelinde çözülmüş olup, Çizelge 4.2'de yer almakta ve aşağıda detaylı olarak yorumlanmaktadır.

1 numaralı standart konfigürasyon ile 2 numaralı düşük bütçeli konfigürasyon sonuçları karşılaştırıldığında, toplam açılacak tesis sayısının 100 değerine düşmesi sonucunda, planlama periyodunun artması ve buna bağlı olarak talep miktarlarının da artması ile birlikte üçüncü amaç fonksiyonu bileşeni olan karşılanamayan talep miktarlarında artış görülmektedir. %75 etkilenen nüfus oranı için bu artış nispeten düşük iken, %98 etkilenen nüfus oranı için talep miktarları daha yüksek olduğundan, bütçedeki kısıtlamalar nedeniyle karşılanamayan talep miktarı da özellikle 48 ve 72-saatlik senaryolar için önemli ölçüde artmaktadır. Buna bağlı olarak, karşılanan talep

miktarlarının (akış miktarlarının) azalması ile birlikte ikinci amaç fonksiyonu bileşeni olan toplam ağırlıklı katedilen mesafe değerleri de azalmaktadır.

1 numaralı standart konfigürasyon ile 3 numaralı düşük güvenlik düzeyi ve servis seviyeleri ele alınan konfigürasyon sonuçları karşılaştırıldığında, güvenlik düzeyindeki gevşetme sebebiyle daha fazla sayıda tesis açılabilmekte dolayısıyla birinci amaç fonksiyonu bileşeni değerleri artmaktadır. Buna bağlı olarak, afetzedeler kendi mahallelerinden veya kendilerine daha yakın olan mahallelerden taleplerini karşılayabildikleri için ikinci amaç fonksiyonu bileşeni olan toplam ağırlıklı katedilen mesafe değerleri de azalmaktadır. Bu durumun bir başka nedeni ise hizmet seviyesi üst limitlerindeki azalma ile birlikte ağ üzerinde daha az etkileşim olmakta ve afetzedeler taleplerini daha yakın düğüm noktalarından karşılamaktadırlar.

1 numaralı standart konfigürasyon ile 4 numaralı yüksek güvenlik düzeyi ve servis seviyeleri ele alınan konfigürasyon sonuçları karşılaştırıldığında, bir önceki durumun tam tersi bir tablo ile karşılaşılmaktadır. Güvenlik düzeyindeki katı tutum sebebiyle, daha az sayıda düğüm noktasında tesis açılabilmekte ve bu nedenle birinci amaç fonksiyonu bileşeninde nispeten daha düşük miktarlar görülmektedir. Hizmet seviyelerindeki artışla birlikte, ağ üzerinde daha fazla etkileşim olan bir yapı oluşmakta ve dolayısıyla ikinci amaç fonksiyonu bileşenlerinde önemli ölçüde artış görülmektedir.

1 numaralı standart konfigürasyon ile 5 numaralı düşük karşılanamayan talep maliyeti ele alınan konfigürasyon sonuçları karşılaştırıldığında ise amaç fonksiyonunun üçüncü bileşeni olan karşılanamayan talep miktarları ciddi oranda artmaktadır. Bununla birlikte toplam akış miktarları azaldığından, toplam ağırlıklı katedilen mesafe değeri ve açılan tesis sayısı da önemli ölçüde azalmaktadır.

Çizelge 4.2.a. Örnek çözümlerin gösterimi: %98 etkilenen nüfus oranı

ENO - PP		% 98 - 8	% 98 - 16	% 98 - 24	% 98 - 48	% 98 - 72
Konfigürasyon	AFB 1	38	69	100	191	283
	1 AFB 2	2 031 565	4 061 117	6 090 761	12 181 441	18 272 140
	AFB 3	42	43	45	42	40
	2 AFB 1	38	65	96	100	100
	2 AFB 2	2 031 574	4 368 012	7 106 764	2 715 727	878 551
	AFB 3	42	54	48	2 940 249	6 138 720
	3 AFB 1	44	72	107	198	291
	3 AFB 2	898 673	1 796 956	2 693 161	5 386 510	8 080 034
	AFB 3	44	43	45	42	39
	4 AFB 1	32	62	94	187	279
	4 AFB 2	3 574 297	7 148 249	10 721 544	21 442 916	32 180 379
	AFB 3	46	58	45	45	45
	5 AFB 1	17	27	39	71	104
	5 AFB 2	78 351	151 506	232 707	462 870	694 365
	AFB 3	707 477	1 420 074	2 124 823	4 252 111	6 378 137

AFB: Amaç fonksiyonu bileşeni, ENO: Etkilenen nüfus oranı (%), PP: Planlama periyodu (saat)

Çizelge 4.2.b. Örnek çözümlerin gösterimi: %75 etkilenen nüfus oranı

ENO - PP		% 75 - 8	% 75 - 16	% 75 - 24	% 75 - 48	% 75 - 72
Konfigürasyon	AFB 1	29	54	75	148	217
	1 AFB 2	1 554 672	3 107 557	4 661 563	9 322 530	13 984 987
	AFB 3	47	51	55	56	54
	2 AFB 1	29	52	73	100	100
	2 AFB 2	1 554 673	3 169 942	5 148 141	4 227 351	2 216 516
	AFB 3	47	53	54	1 439 097	3 886 609
	3 AFB 1	39	58	82	152	224
	3 AFB 2	687 069	1 374 138	2 061 870	4 123 774	6 184 687
	AFB 3	47	51	49	55	51
	4 AFB 1	25	48	72	143	213
	4 AFB 2	2 735 426	5 470 881	8 205 382	16 410 294	24 615 667
	AFB 3	48	59	55	93	56
	5 AFB 1	14	22	30	55	80
	5 AFB 2	59 639	119 589	196 290	359 058	521 760
	AFB 3	541 777	1 084 130	1 608 161	3 250 325	4 890 386

AFB: Amaç fonksiyonu bileşeni, ENO: Etkilenen nüfus oranı (%), PP: Planlama periyodu (saat)

5. SONUÇ

Afet operasyonları yönetimi kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler gerek afetin yapısı gerekse çevresel faktörler nedeniyle birçok belirsizlik unsuru altında, çok sayıda paydaşın bulunduğu ortamda ve zaman baskısı altında gerçekleştirilmektedir. Söz konusu paydaşlar arasındaki bilgi akışının sağlanmasındaki eksiklikler ve iletişimde yaşanan zorluklar ise karar verme sürecini geciktirmekte ve afetin potansiyel etkilerini arttırmaktadır. İnsan yaşamı, çevre ve ekonomi üstündeki afetin olumsuz etkilerini engellemek amacıyla, etkili, dinamik ve hızlı çözümlerin oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, günümüzde bilgisayar ve internet teknolojisinin gelişmesi ile birlikte, söz konusu karar verme süreçlerinde karar vericilere destek olan birtakım sistemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Öte yandan, kritik süreç olarak da adlandırılan, afet sonrası ilk 72-saatlik süreçte birtakım kuruluşların afet bölgesine ulaşamaması nedeniyle, afetzedelerin temel insani ihtiyaçları karşılanamamaktadır. Afetzedelerin hayatta kalabilmeleri amacıyla, söz konusu temel ihtiyaçlarının tam olarak ihtiyaç duyulan yerde ve zamanda, gereken adette ulaştırılması kritik bir konudur. Bu nedenle, afet öncesi, sonrası ve sırasında yürütülen insani lojistik faaliyetlerinin planlanması, uygulanması ve kontrolü, afet operasyonları yönetiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında, hazırlık faaliyetleri kapsamında ele alınan ve olası bir afet sonrası afetzedelerin temel insani ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla gerçekleştirilen, afet-müdahale-tesisleri yerleşim probleminin çözümü için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Öncelikle, farklı afet tiplerini ve afet operasyonları yönetimi kapsamında ele alınan farklı problem tipleri ve bu problemlerin varyasyonlarını içeren bütünlük bir veritabanı tasarımı yapılmıştır. Ardından deprem olayı ve afet-müdahale-tesisleri yerleşim problemi için kişisel bir bilgisayarda çalışan bir masaüstü uygulaması geliştirilerek, tasarlanan arayüzü aracılığıyla, karar vericilere bütünlük bir sistem sunulmuştur. Tasarlanan veritabanı, tez danışmanının yürütücülüğünde 115M020 kontrat numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında geliştirilen DROPS karar destek sistemi ile ortak oluşturulmuştur. Burada, DROPS karar destek sisteminde tasarlanan

web-tabanlı yapıdan farklı olarak, masaüstü uygulaması olarak sistemin ele alınmasının amacı ise olası bir afet durumunda meydana gelecek kaos ortamı sebebiyle, güvenliği sağlamak ve görevli personel tarafından erişilebilirliği mümkün kılmaktır. İlave olarak, DROPS karar destek sistemindeki, veritabanı ile sürekli iletişim halinde olan yapıdan çıkarılıp; yalnızca matematiksel programlama modelinin çözümü için gerekli girdi tablolarının oluşturulması amacıyla veritabanına bağlanılmaktadır. DROPS karar destek sisteminde elde edilen matematiksel programlama modelinin sonuçlarının da veritabanına kaydedildiği yapıdan farklı olarak bu çalışmada, sonuçların yalnızca Microsoft Excel ortamında kullanıcıya sunulduğu bir tasarım söz konusudur. Böylelikle, görevli personel dışındaki ve/veya yeterli veritabanı bilgisine sahip olmayan kişilerce elde edilen çok sayıda çözümün veritabanında tutulması gibi istenmeyen durumların önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Buna ilave olarak, kullanıcıların günlük iş hayatlarında sıklıkla kullandıkları temel ofis programları ortamında çalışabilecekleri ve uygulaması daha az karmaşık bir yapı sunulmaktadır.

Uygulama aşamasında deprem olayı ve Türkiye'nin büyük illerinden Bursa'nın merkez ilçelerinden biri olan Yıldırım ilçesi verileri dikkate alınarak, GAM tesisleri yerleşim problemi çözülmüştür. Söz konusu bu GAM tesisleri ise AFAD ve Kızılay gibi yardım kuruluşları afet bölgesine ulaşmaya kadar geçen kritik süreçte, afetzedelerin temel insani ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla dağıtılan yardım malzemelerinin depolandığı tesisleri ifade etmektedir. GAM tesisleri yerleşimi probleminin çözümü için tez danışmanının yürütücülüğünde gerçekleştirilen diğer çalışmalarda iki-aşamalı bir stokastik programlama modeli önerilmiş olup (Cavdur ve ark. 2016, Köse-Küçük 2016); bu tez çalışmasında ise söz konusu stokastik programlama modelinin deterministik karşılığı olan tamsayılı programlama modeli dikkate alınmaktadır. Afetin yapısı gereği belirsizlik içeren unsurlar ise kullanıcı tarafından arayüzde tanımlanan farklı problem parametreleri ve konfigürasyon seçimleri aracılığıyla senaryolaştırılmaktadır. Böylelikle çok sayıda afet sonrası durum için dinamik olarak çözümler elde edilmekte ve elde edilen söz konusu bu çözümler analiz edilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında, afet-müdahale-tesisleri yerleşim probleminin çözümü için geliştirilen karar destek sisteminin uygulamaya alınması durumunda, lokal yönetimlerin

(örneğin, belediyeler) hazırlık aşamasındaki planlama faaliyetlerinde karar verme aracı olarak kullanımı mümkündür. Böylelikle, farklı afet sonrası senaryolar dikkate alınarak, afet-müdahale-tesisleri yatırım kararları verilebilecektir. Bir başka deyişle, farklı afet sonrası senaryolar dikkate alınarak, tesislerin konumlarının ve sayılarının yanı sıra, bu tesislerde depolanan yardım malzemelerinin envanter düzeyleri ve afet bölgesindeki servis kararlarına ilişkin önemli kararlar önceden verilebilmektedir.

Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin gelecek çalışmalarda, farklı tesis tiplerinin ve müdahale kaynaklarının ele alındığı jenerik bir kaynak atama ve planlama modülü olarak ele alınması planlanmaktadır. Bir diğer gelecek çalışma alanı olarak, hali hazırda veritabanı alt yapısı oluşturulmuş olan farklı afet ve problem tiplerini içerecek şekilde kullanıcı arayüzünün daha profesyonel bir yazılım haline dönüştürülmesi dikkate alınabilir. Bunlara ek olarak; etkilenen nüfus oranı, planlama periyodu ve konfigürasyon parametrelerinin amaç fonksiyonuna etkisinin detaylı analizi amacıyla duyarlılık analizleri yapılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 115M020 kontrat numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Afshar, A., Haghani, A. 2012.** Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4): 327-338.
- Ahmad, S., Simonovic, S. P. 2006.** An intelligent decision support system for management of floods. *Water Resources Management*, 20(3): 391-410.
- Altay, N., Green, W. G. 2006.** OR/MS research in disaster operations management. *European journal of operational research*, 175(1): 475-493.
- Alter, S., L. 1980.** Decision support systems: current practice and continuing challenges. Addison-Wesley Pub., Massachusetts, USA, 316 pp.
- Alvear, D., Abreu, O., Cuesta, A., Alonso, V. 2013.** Decision support system for emergency management: Road tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 34: 13-21.
- Anonim, 2013.** Türkiye Afet Müdahale Planı. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2014.** General Classification. EM-DAT The International Disaster Database, <http://www.emdat.be/classification->(Erişim tarihi: 01.11.2016).
- Anonim, 2016.** Mesafeler ve Haritalar. Karayolları Genel Müdürlüğü, <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/Uzakliklar.aspx->(Erişim tarihi: 30.09.2016).
- Anonim, 2016.** Veritabanları. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://www.tuik.gov.tr->(Erişim tarihi: 30.09.2016).
- Balcik, B., Beamon, B. M. 2008.** Facility location in humanitarian relief. *International Journal of Logistics*, 11(2): 101-121.
- Barbarosoğlu, G., Arda, Y. 2004.** A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response. *Journal of the operational research society*, 55(1): 43-53.
- Barzinpour, F., Esmaili, V. 2014.** A multi-objective relief chain location distribution model for urban disaster management. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(5-8): 1291-1302.
- Belardo, S., Harrald, J., Wallace, W. A., Ward, J. 1984.** A partial covering approach to siting response resources for major maritime oil spills. *Management Science*, 30(10): 1184-1196.

- Caunhye, A. M., Nie, X., Pokharel, S. 2012.** Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-economic planning sciences*, 46(1): 4-13.
- Cavdur, F., Kose-Kucuk, M., Sebatli, A. 2016.** Allocation of temporary disaster response facilities under demand uncertainty: An earthquake case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19: 159-166.
- Chang, M. S., Tseng, Y. L., Chen, J. W. 2007.** A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6): 737-754.
- Chen, D. S., Batson, R. G., Dang, Y. 2011.** Applied integer programming: modeling and solution. John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 488 pp.
- De Silva, F. N., Eglese, R. W. 2000.** Integrating simulation modelling and GIS: spatial decision support systems for evacuation planning. *Journal of the Operational Research Society*, 423-430.
- D'Uffizi, A., Simonetti, M., Stecca, G., Confessore, G. 2015.** A simulation study of logistics for disaster relief operations. *Procedia CIRP*, 33: 157-162.
- Edmonds, J. 1965.** Paths, trees, and flowers, *Canadian Journal of Mathematics*, 17(3): 449-467.
- Eguchi, R. T., Goltz, J. D., Seligson, H. A., Flores, P. J., Blais, N. C., Heaton, T. H., Bortugno, E. 1997.** Real-time loss estimation as an emergency response decision support system: the early post-earthquake damage assessment tool (EPEDAT). *Earthquake Spectra*, 13(4): 815-832.
- Fiedrich, F., Gehbauer, F., Rickers, U. 2000.** Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disasters. *Safety science*, 35(1): 41-57.
- Fikar, C., Gronalt, M., Hirsch, P. 2016.** A decision support system for coordinated disaster relief distribution, *Expert Systems with Applications*, 57: 104-116.
- Galindo, G., Batta, R. 2013.** Review of recent developments in OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 230(2): 201-211.
- Gomory, R. E. 1958.** Outline of an algorithm for integer solutions to linear programs, *Bulletin of the American Mathematical Society*, 64(5): 275-278.
- Görmez, N., Köksalan, M., Salman, F. S. 2011.** Locating disaster response facilities in Istanbul. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7): 1239-1252.
- Haghani, A., Oh, S. C. 1996.** Formulation and solution of a multi-commodity, multi-modal network flow model for disaster relief operations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 30(3): 231-250.

Haynes, S. R., Kannampallil, T. G., Cohen, M. A., Soares, A., Ritter, F. E. 2008. Rampart: A service and agent-based architecture for anti-terrorism planning and resource allocation: Intelligence and Security Informatics, Ed.: Ortiz-Arroyo, D., Larsen, H.L., Zeng, D.D., Hicks, D., Wagner, G., Springer, Berlin, Heidelberg, pp: 260-270.

Holguin-Veras, J., Taniguchi, E., Jaller, M., Aros-Vera, F., Ferreira, F., Thompson, R. G. 2014. The Tohoku disasters: Chief lessons concerning the post disaster humanitarian logistics response and policy implications, *Transportation research part A: policy and practice*, 69: 86-104.

Jünger, M., Liebling, T. M., Naddef, D., Nemhauser, G. L., Pulleyblank, W. R., Reinelt, G., Rinaldi, G., Wolsey, L. A. 2009. (Ed.). 50 years of integer programming 1958-2008: From the early years to the state-of-the-art. Springer Science & Business Media, 804 pp.

Kılıcı, F., Kara, B. Y., Bozkaya, B. 2015. Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243(1): 323-332.

Kondaveti, R., Ganz, A. 2009. Decision support system for resource allocation in disaster management. Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE, 3-9 September 2009, Minneapolis, MN, USA.

Kovacs, G., Spens, K. M. 2007. Humanitarian logistics in disaster relief operations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37(2): 99-114.

Köse-Küçük, M. 2016. Geçici-afet-müdahale tesisleri yerleşim problemi için stokastik optimizasyon bazlı çözüm yaklaşımları geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Lee, Y. M., Ghosh, S., Ettl, M. 2009. Simulating distribution of emergency relief supplies for disaster response operations. Winter Simulation Conference, 13-16 December 2009, Austin, Texas, USA.

Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., Wyatt, T. 2011. Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: a review. *Mathematical Methods of Operations Research*, 74(3): 281-310.

Lin, Y. H., Batta, R., Rogerson, P. A., Blatt, A., Flanigan, M. 2012. Location of temporary depots to facilitate relief operations after an earthquake. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(2): 112-123.

- Mahecha, R. S. M., Akhavan-Tabatabaei, R. 2012.** A location model for storage of emergency supplies to respond to technological accidents in Bogota. Winter Simulation Conference, 9-12 December 2012, Berlin, Germany.
- Mendonca, D., Beroggi, G. E., Wallace, W. A. 2001.** Decision support for improvisation during emergency response operations. *International journal of emergency management*, 1(1): 30-38.
- Mete, H. O., Zabinsky, Z. B. 2010.** Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management. *International Journal of Production Economics*, 126(1): 76-84.
- Murali, P., Ordonez, F., Dessouky, M. M. 2012.** Facility location under demand uncertainty: Response to a large-scale bio-terror attack. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1): 78-87.
- Natarajarathinam, M., Capar, I., Narayanan, A. 2009.** Managing supply chains in times of crisis: a review of literature and insights. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(7): 535-573.
- Nozick, L. K. 2001.** The fixed charge facility location problem with coverage restrictions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37(4): 281-296.
- Ortuno, M. T., Cristobal, P., Ferrer, J. M., Martín-Campo, F. J., Munoz, S., Tirado, G., Vitoriano, B. 2013.** Decision aid models and systems for humanitarian logistics. A survey: Decision aid models for disaster management and emergencies, Ed.: Vitoriano, B., de Juan, J. M., Ruan, D., Atlantis Press, Paris, France, pp: 17-44.
- Özdamar, L., Demir, O. 2012.** A hierarchical clustering and routing procedure for large scale disaster relief logistics planning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(3): 591-602.
- Özdamar, L., Ekinçi, E., Küçükyazıcı, B. 2004.** Emergency logistics planning in natural disasters. *Annals of operations research*, 129(1): 217-245.
- Pidd, M., De Silva, F. N., Eglese, R. W. 1996.** A simulation model for emergency evacuation. *European Journal of Operational Research*, 90(3): 413-419.
- Power D.J., Sharda R. 2009.** Decision Support Systems: Springer Handbook of Automation, Ed.: Nof, S. Y., Springer Science & Business Media, Berlin, Heidelberg, pp: 1539-1548.
- Rajagopalan, H. K., Saydam, C., Xiao, J. 2008.** A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances. *Computers & Operations Research*, 35(3): 814-826.

- Rawls, C. G., Turnquist, M. A. 2010.** Pre-positioning of emergency supplies for disaster response. *Transportation research part B: Methodological*, 44(4): 521-534.
- Rawls, C. G., Turnquist, M. A. 2011.** Pre-positioning planning for emergency response with service quality constraints. *OR spectrum*, 33(3): 481-498.,
- Rekik, M., Ruiz, A., Renaud, J., Berkoune, D., Paquet, S. 2013.** A decision support system for humanitarian network design and distribution operations: Humanitarian and relief logistics, Ed.: Zeimpekis, V., Ichoua, S., Minis, I., Springer Science & Business Media, New York, USA, pp: 1-20.
- Rodriguez, J. T., Vitoriano, B., Montero, J. 2010.** A natural-disaster management DSS for Humanitarian Non-Governmental Organisations. *Knowledge-Based Systems*, 23(1): 17-22.
- Rolland, E., Patterson, R. A., Ward, K., Dodin, B. 2010.** Decision support for disaster management. *Operations Management Research*, 3(1-2): 68-79.
- Rottkemper, B., Fischer, K., Blecken, A., Danne, C. 2011.** Inventory relocation for overlapping disaster settings in humanitarian operations. *OR spectrum*, 33(3): 721-749.
- Sahebjamnia, N., Torabi, S. A., Mansouri, S. A. 2017.** A hybrid decision support system for managing humanitarian relief chains. *Decision Support Systems*, 95: 12-26.
- Salman, F. S., Gül, S. 2014.** Deployment of field hospitals in mass casualty incidents. *Computers & Industrial Engineering*, 74: 37-51.
- Salmeron, J., Apte, A. 2010.** Stochastic optimization for natural disaster asset prepositioning. *Production and operations management*, 19(5): 561-574.
- Schrijver, A. 1998.** Theory of linear and integer programming. John Wiley & Sons, England, 484 pp.
- Sheu, J. B. 2007.** Challenges of emergency logistics management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6): 655-659.
- Sprague Jr, R. H., Carlson, E. D. 1982.** Building effective decision support systems. Prentice Hall Professional Technical Reference, USA, 304 pp.
- Thompson, S., Altay, N., Green III, W. G., Lapetina, J. 2006.** Improving disaster response efforts with decision support systems. *International Journal of Emergency Management*, 3(4): 250-263.
- Tufekci, S. 1995.** An integrated emergency management decision support system for hurricane emergencies. *Safety Science*, 20(1): 39-48.
- Van de Walle, B., Turoff, M. 2008.** Decision support for emergency situations. *Information Systems and E-Business Management*, 6(3): 295-316.

Van Wassenhove, L. N. 2006. Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. *Journal of the Operational research Society*, 57(5): 475-489.

Wagner, N., Agrawal, V. 2014. An agent-based simulation system for concert venue crowd evacuation modeling in the presence of a fire disaster. *Expert Systems with Applications*, 41(6): 2807-2815.

Wallace, W. A., De Balogh, F. 1985. Decision support systems for disaster management. *Public Administration Review*, 134-146.

Whybark, D. C. 2007. Issues in managing disaster relief inventories, *International journal of production economics*, 108(1): 228-235.

Winston, W. L., Goldberg, J. B. 2004. Operations research: applications and algorithms. Belmont: Thomson Brooks/Cole, USA, 1440 pp.

Yi, W., Özdamar, L. 2007. A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research*, 179(3): 1177-1193.

Yoon, S. W., Velasquez, J. D., Partridge, B. K., Nof, S. Y. 2008. Transportation security decision support system for emergency response: A training prototype. *Decision Support Systems*, 46(1): 139-148.

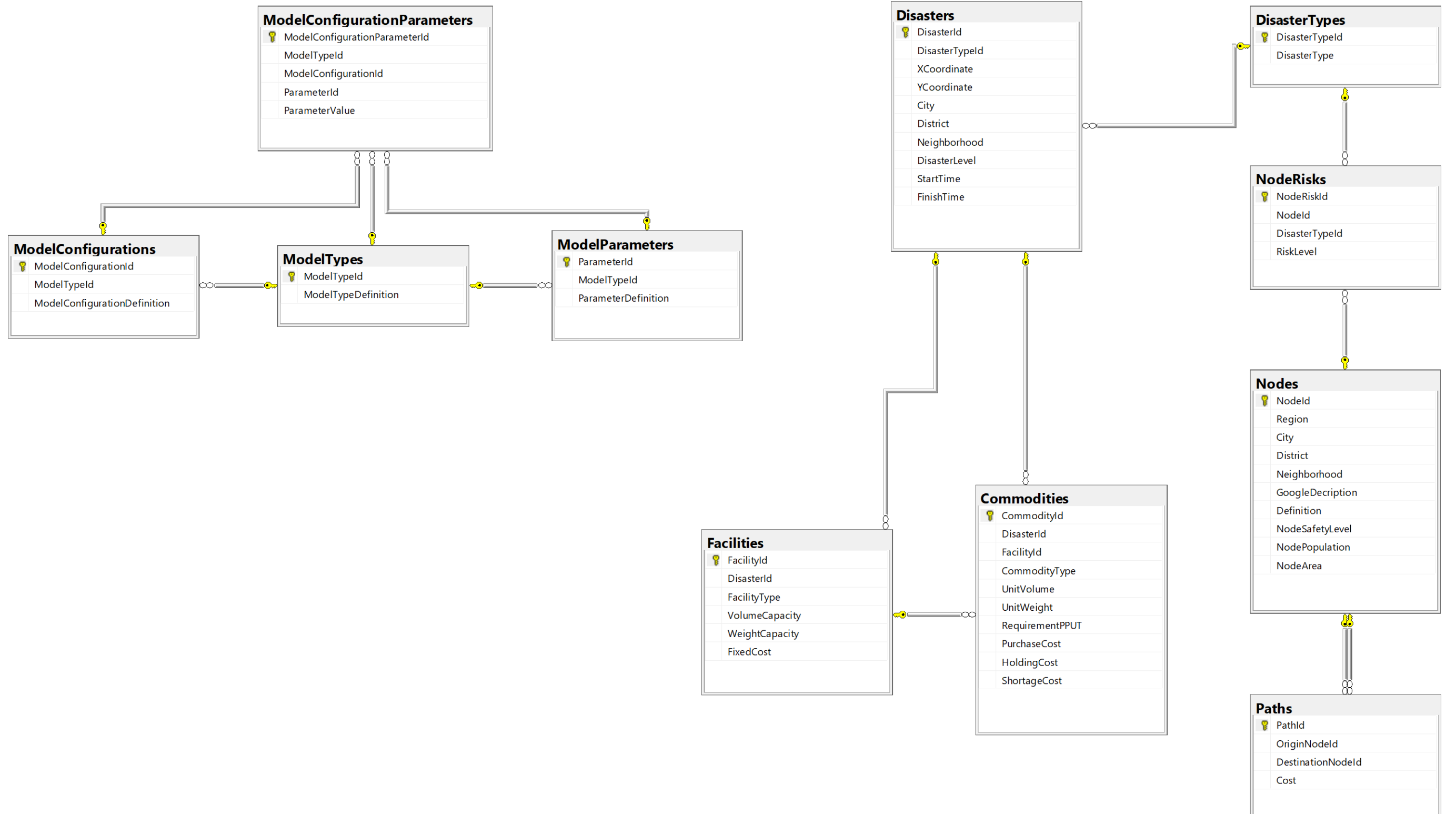
Zeimpekis, V., Ichoua, S., Minis, I. 2014. (Ed.). Humanitarian and relief logistics: Research issues, case studies and future trends. Springer Science & Business Media, New York, USA, 220 pp.

Zerger, A., Smith, D. I. 2003. Impediments to using GIS for real-time disaster decision support. *Computers, environment and urban systems*, 27(2): 123-141.

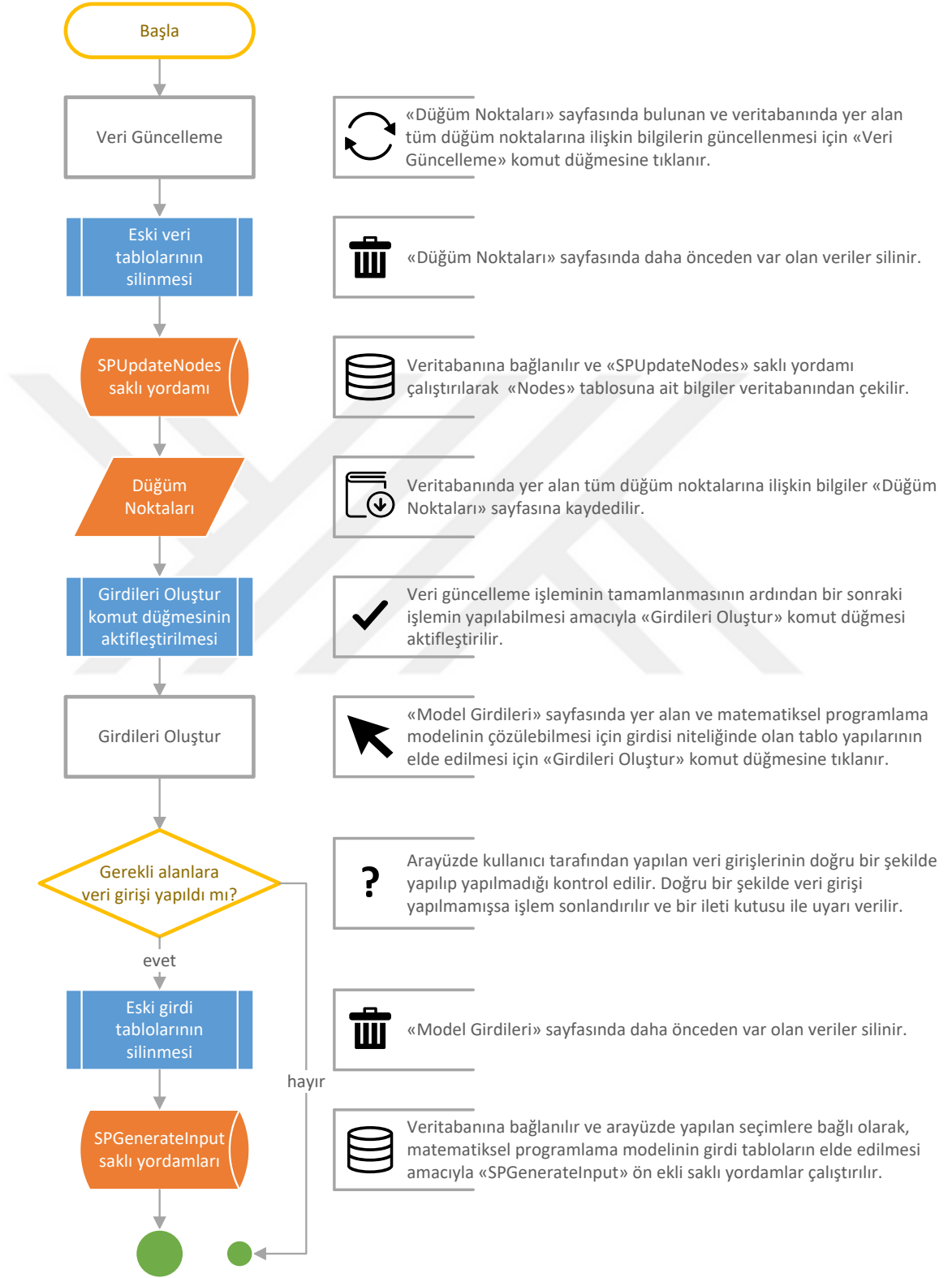
Zhu, J., Huang, J., Liu, D., Han, J. 2008. Resources allocation problem for local reserve depots in disaster management based on scenario analysis. The 7th International symposium on operations research and its applications, 31 October - 3 November 2008, Lijiang, China.

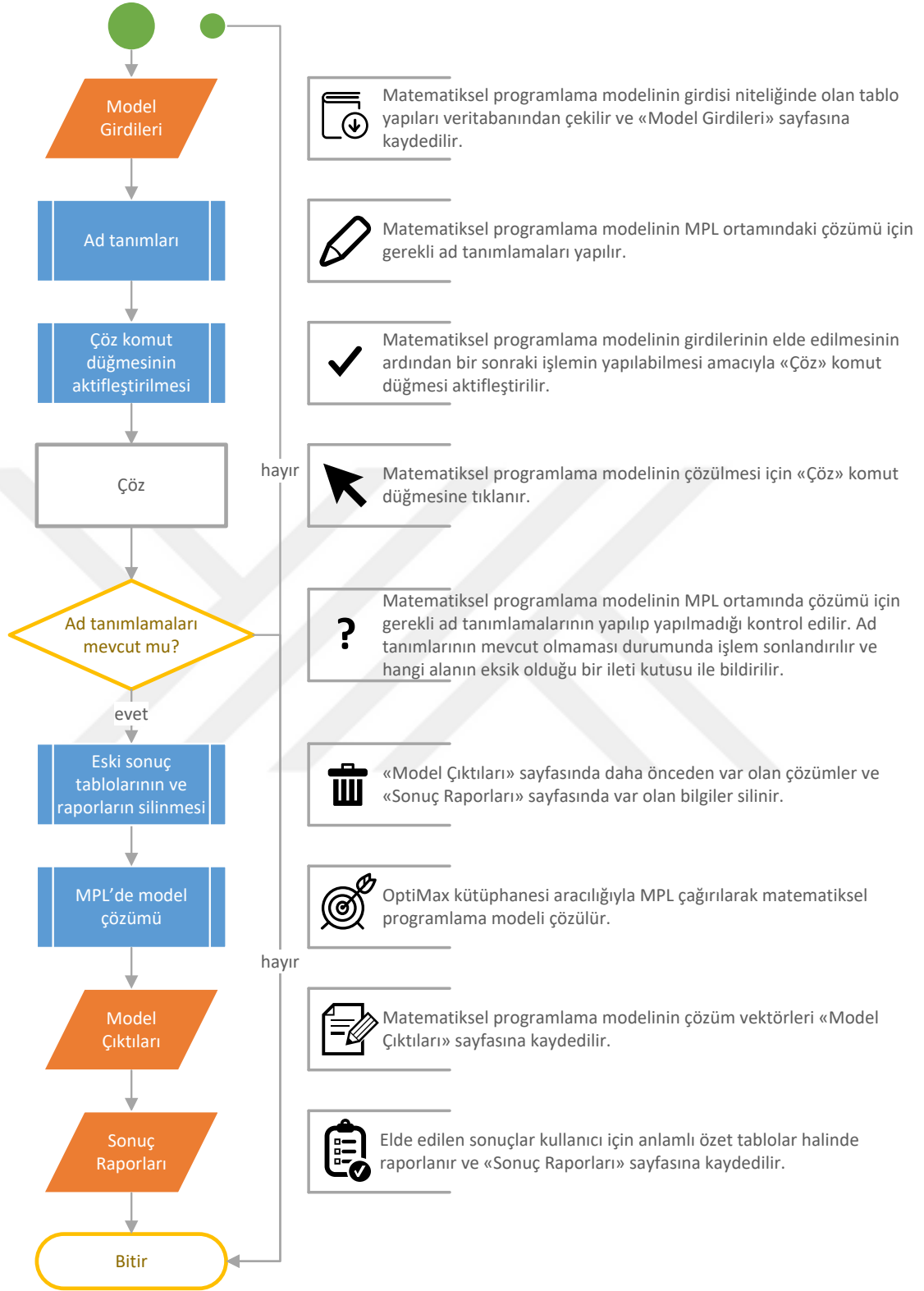
EKLER

EK 1 Veritabanı Nesne-İlişki Diyagramı



EK 2 Kullanıcı Kılavuzu





Destek, öneri ve şikayet için iletişime geçiniz: aslisebatli@gmail.com

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Aslı SEBATLI
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa, 29.01.1992
Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

Eğitim Durumu
Lise : Bursa Anadolu Lisesi, 2010
Lisans : Uludağ Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği, 2015
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği, 2017

Çalıştığı Kurum : -
İletişim : aslisebatli@gmail.com
Yayınları :

Cavdur, F., Kose-Kucuk, M., Sebatli, A. 2016. Allocation of temporary disaster response facilities under demand uncertainty: An earthquake case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19: 159-166.

Çavdur, F., Sebatlı, A., Köse-Küçük, M. 2017. Afet operasyonları yönetimi için bir karar destek sistemi prototipi tasarımı. 37. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi, 5-7 Temmuz 2017, İstanbul, Türkiye.

Kose-Kucuk, M., Cavdur, F., Sebatli, A. 2016. A two-phase binary-goal programming based approach for optimal project-team formation. International Engineering and Technology Research Congress, 2-3 June 2016, Antalya, Turkey.

Kose-Kucuk, M., Cavdur, F., Sebatli, A. 2016. A two-phase solution approach for allocation of temporary disaster response facilities and transportation planning. LM-SCM 2016 XIV. International logistics and supply chain congress, 1-2 December 2016, Izmir, Turkey.

Köse-Küçük, M., Çavdur, F., Sebatlı, A. 2017. Stokastik optimizasyon yaklaşımıyla geçici-afet-müdahale tesisleri yerleşim probleminin çözümü. 37. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi, 5-7 Temmuz 2017, İstanbul, Türkiye.

Sebatlı, A., Çavdur, F. 2017. Afet sonrası yardım malzemesi dağıtım planlaması için bir simülasyon modeli. 37. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi, 5-7 Temmuz 2017, İstanbul, Türkiye.

Sebatlı, A., Eker, D., Çavdur, F., İnkaya, T., Ağuşoğlu, A. 2015. Bir otomotiv yan sanayi firmasında iç lojistik sisteminin tasarımı. 35. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi, 9-11 Eylül 2015, Ankara, Türkiye.

Sebatli, A., Cavdur, F., Kose-Kucuk, M. 2017. Determination of relief supplies demands and allocation of temporary disaster response facilities. *Transportation Research Procedia*, 22: 245-254.