

BÜTÜNLEŞİK AFET YÖNETİM SİSTEMLERİ İÇİN KARAR DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ: MOBİL UYGULAMA ÖRNEĞİ

DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR INTEGRATED DISASTER MANAGEMENT SYSTEMS: MOBILE APPLICATION CASE

İrfan MACİT*

Öz

Afet insanların günlük hayatlarını aniden kesilmesine neden olan doğa veya insan (teknoloji) kaynaklı olaylardır. Afetlerin etkileri ortaya çıktığı oluşum kaynaklarına, ülkeye, sosyokültürel yapısına ve mücadele için aldıkları önlemlere göre değişiklik göstermektedir. Bütünleşik Afet Yönetimi (BAY) bilgi ve iletişim teknolojilerinin afet yönetiminde etkin kullanılması şeklinde tanımlanabilir. Karar Destek Sistemi (KDS), karmaşık problemleri bilgisayar yardımı ile önceden belirlenen kısıtlamalara göre çözen kural tabanlı sistemlerdir. Karar Destek Sistem tanımından da anlaşılacağı gibi bilgisayar sistemi üzerinde çalışmalı, zor bir problemi çözebilmeli, belirlenen kurallara göre karar verebilmeli ve sonuçları kesin olmalıdır. Bu çalışmada afetlerde kullanılması öngörülen veritabanı tasarlanmış, bu veritabanına afetleri sınıflandıran GLIDE kodları girilmiş, geliştirilen matematik modelin KDS tarafından kontrol edilerek en iyi çözümü bulacak bilgisayar kodları yazılmış, sonuçlar mobil ve sunucu tarafında kullanılacak şekilde sınıflandırılmıştır. Elde edilen matematik modelin sonuçları Android ekosistemine ait programlama ortamına aktarılmıştır. Bir afet sonrasında BAY sistemine ait lojistik işlerin afet yönetim sistemine uygun olarak önerilen KDS ile yürütülebileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: bütünleşik afet yönetimi, afet yönetimi, karar destek sistemi

Abstract

Disaster is a natural or human (technology) event that suddenly breaks people's daily lives. The effects of disasters vary according to the sources of occurrence, the country, the socio-cultural structure and the precautions they take to struggle. Integrated Disaster Management (IDM) can be defined as the effective use of information and communication technologies in disaster management. Decision Support System (DSS) is a rule-based system that solves complex problems according to predetermined constraints with the help of a computer systems. Decision Support System (DSS) should be able to work on the computer system as it is understood in the definition of the system, be able to solve a difficult problem, decide according to determined rules, and the results should be definite. In this study, GLIDE codes that classify disasters were entered into this designed disaster database, the developed mathematical model was checked by DSS and the computer codes to find the best solution were written and the results were classified as mobile and server side. The results of the mathematical model obtained are transferred to the programming environment of the Android ecosystem. After a disaster it has been shown that the logistics works of the IDM system can be carried out with a DSS.

Keywords: integrated disaster management, disaster management, decision support system

* Öğr. Gör. Dr., Çukurova Üniversitesi, MF, Endüstri Mühendisliği Bölümü, imacit@cu.edu.tr

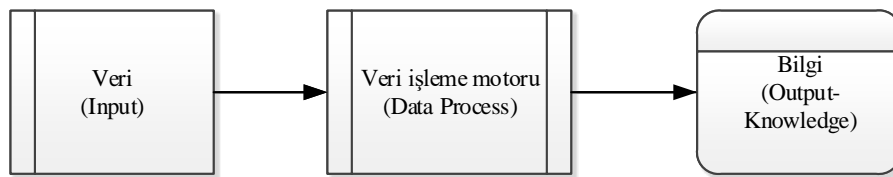
1. GİRİŞ

Afet insanların günlük hayatlarını aniden kesintiye uğratan doğa veya insan (teknoloji) kaynaklı olaylardır. Dünyada afetlerden etkilenmeyen ülke neredeyse yoktur. Afetlerin etkileri ortaya çıktığı oluşum kaynaklarına, ülkeye, sosyokültürel yapısına ve mücadele için aldıkları önlemlere göre değişiklik göstermektedir. Afetlere karşı mücadele de risk azaltıcı önlemler de hiç kuşkusuz büyük yer tutmamaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) Sendai çerçeve eylem planı ile afetlerdeki risklerin azaltılmasında bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımının önemli olduğunu vurgulamaktadır (SFDRR, 2015). Afet risklerinin azaltılması için çeşitli yönetim yaklaşımları uygulanabilir. Afet yönetimi zarar azaltma, önleme, müdahale ve kurtarma gibi dört başlık halinde incelenmektedir (Yiğiter, 2005; Carter, 2008). Afet yönetimi genellikle, insanların karşılaşılabilecekleri çeşitli tehlikelere karşı hazırlıklı olma, zarar azaltma, bunlara karşı mücadele etme ve iyileştirme çalışmalarının belirlenen kurallara göre planlanması, yönetilmesi ve faaliyetlerini organizasyonu süreçlerini kapsayan yönetim modelidir. Afet yönetiminin temel amaçları arasında can kayıplarını ve sosyo-ekonomik kayıplarını önlemek, günlük hayatı kriz durumundan normal akış sürecine daha kısa sürede getirmek sayılabilir.

Afetlerde lojistik faaliyetler afet yönetiminin omurgasını oluşturmaktadır. Bu faaliyetler gelen talep doğru olarak karşılanmalı, gecikme olmadan, zamanında ve adil olarak sağlanmalıdır. Afetlerdeki lojistik faaliyetleri insani lojistik faaliyetleri içerisinde değerlendirilmektedir. Bu türden lojistik faaliyetler de afet sonrasında afetzedelerin hayatta kalmaları ve can kayıplarının azaltılmasını amaçlamaktadır (Huang ve ark., 2015). Afetlerdeki lojistik faaliyetler afet müdahale ve yardım (Response ve Relief) aşamalarına yönelik planlanmaktadır. Bu aşamalarda planlayıcılar afetin büyüklüğüne, tipine ve coğrafi koşullarına göre lojistik planlama faaliyetlerini gerçekleştirirler. Afetin büyüklüğü lojistik faaliyetlerin depolama ve tedarik işlemlerinin gerçekleştireceği planlama faaliyetlerinden oluşmaktadır. Afetlerin tipi lojistik faaliyetin nasıl yapılacağı, hangi yardım malzeme ve ihtiyaç planlamasına ihtiyaç olduğunu belirler. Diğer bir faaliyet planlamasında afetin coğrafi koşulları göz önüne alınan durumdur. Bu koşullarda afetlere müdahale ve yardım faaliyetlerinde kullanılacak olan araçların seçimi önem kazanmaktadır. Afetlerdeki bütün bu faaliyetlerde bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Bu teknolojilerden yararlanılırken mutlaka bilimsel olarak önerilen ve güncel modeller göz önüne alınmalıdır.

1.1. Afetlerde Bilişim Sistemleri

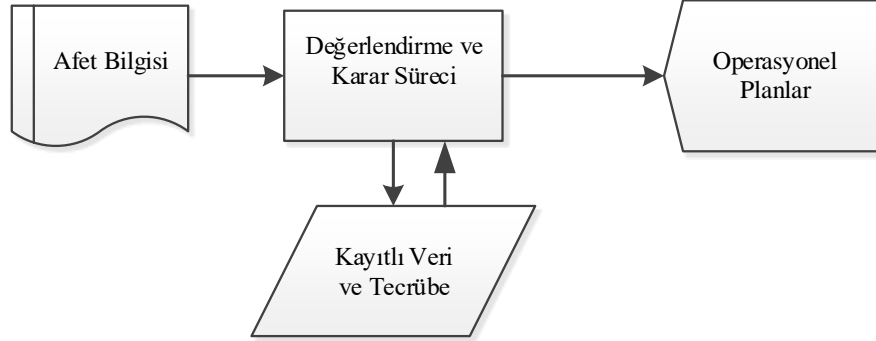
Bilgi ve iletişim teknolojilerinde sistem yaklaşımı ile verinin işlenmesi Şekil 1’de görüldüğü gibi veri girişi, işleyici ve elde edilen bilgi süreçlerini takip eden modelden oluşmaktadır. Bilişim teknolojilerinde veri herhangi bir işleme tutulmadan bir elektronik kayıt sistemimde (veritabanı) tutulabilmektedir. Verinin işlenmesi sürecinde ise bu ham veri ortamdan alınarak belirli matematiksel, istatistiksel veya mühendislik bilimlerinde kullanılan modeller ile işlenerek bilgi elde edilir. Bu sürecin tamamına veri işleme süreci denir.



Şekil 1. Bilişim Sistemlerinde Bilginin Elde Edilme Süreci.

Veriler genellikle veri ambarı olarak tarif edilen veritabanlarından oluşan sistemlerde depolanır. Veri ambarlarında veriler bir amaca yönelik olarak kullanılmak üzere bekletilir. Veri ambarlarındaki verilerin bilimsel bir yöntem ile değerlendirilerek elde edilen sonuçlar önemli bir

problemin çözümünü içerebilmektedir. Aynı zamanda bu veri ambarları afet gibi bir amaca yönelik olarak da tasarlanabilir. Veri ambarlarına değişik ortam ve algılayıcılardan toplanan veriler sınıflandırılmadan kayıt edilebilir. Daha sonra bu veriler herhangi bir afetin tahmininde kullanılmak için sınıflandırılabilir veya veri madenciliği, karar destek sistemleri, yapay sinir ağları veya yapay zekâ gibi sistemlerde kullanılmak üzere depolanabilir.



Şekil 2. Modern Afet Yönetimi Karar Süreci.

Modern afet yönetimi karar süreci Şekil 2’de görüldüğü gibi afet ile ilgili gelen bilgi toplanır ve bir karar ve değerlendirme sürecinden geçe ve aynı zamanda veri tabanına kayıt edilir. Bu veriler yöneticileri afet sonucuna ulaştırıyorsa daha önceden kayıtlı afet planları yürütülür. Kayıtlı bulunan bu veriler genellikle elektronik kayıt sistemleri olan veritabanlarında saklanır. Bilişim sistemlerinin afet yönetimde etkin şekilde kullanılması ile afet yönetim sisteminde yeni bir afet yönetim yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Bütünleşik afet yönetim sistemi olarak bilinen bu sistemde afet ile ilgili veriler bütün bilgisayar ve taşınabilir (mobil) sistemler arasında bilginin iletilmesine, saklanmasına ve işlenmesine olanak sunmaktadır.

1.2. Bütünleşik Afet Yönetimi

Bütünleşik Afet Yönetimi (BAY) literatürde modern afet yönetimine (MAY) risklerin değerlendirilmesi süreçlerinin eklendiği yönetim şekli olarak tanımlanmaktadır. Kuşkusuz modern afet yönetim tekniklerinde afet öncesinde risklerin belirlenmesi ve azaltılması oldukça önemli süreçlerdendir. Bu çalışmada BAY için yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Bu yeni yaklaşıma göre BAY bilgi ve iletişim teknolojileri yardımı ile modern afet yönetimi tekniklerini kullanarak risklerin belirlenmesi, zararların azaltılması, afetler ile ilgili verilerin saklanması, işlenmesi gibi süreçleri de kapsayacak şekilde tanımlanmaktadır. Bütünleşik Afet Yönetiminde (BAY) ortaya çıkan herhangi bir afete karşı verilerin anlık olarak kullanılmasına izin veren afet ve veri yönetim modelleri bulunmaktadır. Bilindiği gibi modern afet yönetimde afetlere karşı alınacak tedbir ve önlemler geçmiş afetlerden elde edilen veri ve tecrübelerle dayalı faaliyet planlarından oluşmaktadır. Eğer verilerin dinamik ve statik olarak iki sınıfta incelendiği durumu göz önüne alırsak modern afet yönetimi (MAY) daha çok statik veri kullanımının yaygın olduğu sınıfta yer almaktadır. Anlık ve dinamik veri kullanımı nispeten daha yeni olan BAY sistem sınıfında yer almaktadır. Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi ile anlık dinamik verilerin işlenmesi daha kolaylaşmıştır. Veri şebekelerinin gelişmesi, internet ve alt ağlar verinin anlık, hızlı ve gerekli olduğu zaman kullanımını sağlamaktadır.

Modern afet yönetimde veri daha önceki afetlerin sonucunda kaydedilen verilerin herhangi bir afet durumunda işlenmesi üzerine kurulmuştur. Daha çok önleyici ve risk azaltıcı olan bu afet yönetim modelinde veri oluşabilecek bir afete karşı hazırlıklı olma ve risk-zarar azaltma yöntemlerine yönelik kullanılmaktadır. Bu yönetim modelinde afet sırasında ve sonrasında yapılacak olan faaliyetler daha önceden planlanmıştır.

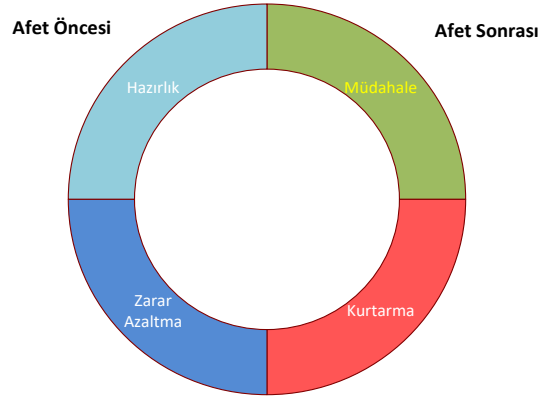
Bütünleşik Afet Yönetiminde (BAY) afetlere ait verilerin tamamı veya bir kısmı dağıtık veri saklama sistemlerinde tutulmaktadır. Bunun bir diğer anlamı herhangi bir elektronik kayıt sisteminde bulunan verinin aynısının benzer başka bir sistemde tutulması anlamına gelmektedir. Dünyada afetleri ile ilgili kayıtları tutan değişik odaklı insani yardımlar için ReliefWeb (ADRC-Asia) ve OCHA (BM), atmosfer ve meteorolojik bilgiler NGDC (ABD) ve NOAA (ABD), yer bilimleri ile ilgili USGS (ABD), salgın hastalık yayılımı VDL (ABD), EM-DAT/CRED (AB) gibi veritabanları bulunmaktadır (ReliefWeb, 2018). Verilerin dağıtık sistemler üzerinde tutulması, bir bölgedeki afet sonrasında verilerin kullanılamaz duruma gelmesi halinde dağıtık sistem üzerinde bulunan aynı verinin sistemde tekrardan kullanılmasına olanak tanır. Bu sistem aynı zamanda verilerin yedeklenmesi işlevi de yerine getirilebilir. Dağıtık sistemlerde veri güvenliği sağlanabilir ve sistemin devamlılığı ile ilgili bazı riskler ortadan kaldırılabilir. Veriler çoğu alanda olduğu gibi karar vermek için oluşturulan Karar Destek Sistemi modellerinde işlenmektedir. Karar vermek için kullanılacak veriler karar modellerine, matematik modellere göre veya ham olarak veritabanlarından alınır ve bir karar destek sistemine gönderilir. Karar destek sistemlerinin düzgün ve sağlıklı işleyebilmesi için verilerinde KDS uygun şekilde sınıflandırılmış ve kullanılabilir olmalıdır. Bu nedenden dolayı veritabanlarının tasarlanması çok önem arz etmektedir. Düzgün tasarlanacak veritabanları ile KDS işleyişi daha sağlıklı, güvenilir ve hızlı olacaktır. Bunlara ek olarak KDS kullanacak uzmanının da bu verileri uygun veri modelleri ile seçmesi ve değerlendirmesi gereklidir.

Bu çalışmada modern afet yönetiminde bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımı ile bütünleşik afet yönetim (BAY) modeli önerilmiştir. Buna ek olarak bu yönetim sistemine yardımını içeren bir veritabanı sistemi tasarlanmış ve mobil Android ekosisteminde uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım uygulaması ile afet sonrasında lojistik faaliyetlerin yönetilmesine yardımcı olmayı amaçlarken aynı zamanda BAY sistemine şeklinde modern afet yönetimi ve bilgi iletişim teknolojilerini bir arada kullanan yeni bir yaklaşım getirmeyi de amaçlamaktadır. Geliştirilen bu program ile BAY ile ilgili yeni tanımların geliştirilmesine öncü olmayı hedeflemektedir. Çalışmanın diğer hedefleri içerisinde günümüzde gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerinin afet yönetiminde etkin kullanımını gösteren yeni yaklaşım ve tanımların oluşturulmasıdır. Çalışmanın literatüre bilgi ve iletişim teknolojisi sistemleri ile modern afet yönetiminin arakesiti olarak katkısı olacağı öngörülmektedir.

2. LİTERATÜR

Green ve Colesar (2004) Yöneylem Araştırması / Yönetim Biliminin amacını (OR/MS) “Karar vericilere yardımcı olmak olsa da, yayınlanmış modellerin uygulanması, birinin umduğundan daha az sıklıkla gerçekleşmektedir” şeklinde tanımlamaktadır. Literatürde afet ve afetle ilgili konularda çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Bu çalışmalar genellikle afet öncesi planlama ve afet sonrası müdahale faaliyetleri olarak sınıflandırılmaktadır. Afet yönetim modelleri Afet Yönetimi Çevrimi (AYÇ) ile daha kolay anlaşılabilir (Carter, 2008). Bu çevrimde afet öncesi ve sonrasında yapılması gerekenler faaliyet ve planlamalar açık olarak belirlenmiştir.

Afet öncesinde yapılan çalışmalarda hazırlık ve zarar azaltma planlamalarında, afet sonrasına yönelik yapılan çalışmalarda ise müdahale ve kurtarma faaliyetleri gibi operasyonel işler dikkate alınmaktadır. Yöneylem Araştırması (YA) teknikleri kullanılarak afet ve acil durum etkileri konusunda çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Afshar ve Haghani, 2012; Aktaş ve Ark., 2011; Barbarosoğlu ve Arda, 2004; Çatay, 2011; Huang ve Ark., 2015; Iqbal ve Ark. 2018; Özdamar ve Ekinci, 2004).



Şekil 4. Afet Yönetimi Çevrimi (Carter, 2008).

Yöneylem araştırması (YA) matematik modelleme yaklaşımları kullanılarak yerleşim problemleri, kaynak atama problemleri, lojistik problemlerini de içeren geniş bir problem uzayını çözmeye çalışmaktadır. Literatürde en fazla karşılaşılan problem türü olan yerleşim problemleri teorik olarak ilk kez 1909 yılında Alfred Weber tarafından ortaya konmuştur (Drezner, 1992). Bu problemde yazar bir depodan çok sayıdaki müşteriye dağıtım mesafelerinin nasıl en küçükleneceği incelenmiştir. İleriki yıllarda Hakimi (1983), otoyolda haberleşme ağı ile polis istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi problemi ile literatüre yerleşim yerinin belirlenmesi konusunda yeni bir çalışma alanı açmıştır. Temel yerleşim problemleri basit küme kapsama (Basic Set Covering - BSC) probleminin özel durumlar içeren hali olarak da bilinmektedir. Bu tür problemler kısıtlar eklendiğinde basit yerleşim modelleri kapsama modeline dönüşmektedir. Current ve arkadaşları (1990), yaptıkları çalışmada yerleşim problemleri için kesikli şebeke yerleşim (Discrete Network Location Problem) problemlerini coğrafi analizini içeren matematik modeli incelemiştir.

Daskin (1995) önerdiği modelde yerleşim yerlerinin kapasite kısıtı eklenerek kapasiteli tesis yerleşim yeri seçimi modelleri haline getirilebileceğini göstermiştir. Garey ve Johnson (1979) bu tür yerleşim yeri seçimi problemlerinin zor çözümlü (NP-Hard) olduğunu göstermiştir. Yerleşim yeri seçimi problemleri itfaiye yeri seçimi Rosing ve arkadaşları (1971) ile başlamış ve Çatay (2011) ile devam eden araştırmalarına literatürde hala rastlanmaktadır. Günümüzde afet konusunda da çok sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Bu araştırma konusunu kapsayan yapılan çalışmalardan lojistik alanında yapılan çalışmalar da sıklıkla rastlanmaktadır (Iqbal ve ark., 2018; Afshar, Hagnai, 2012; daCosta, Campos, de Mello Bandeira, 2012; Rawls ve Tornquist, 2010; Kovacs ve Spens, 2007; Barbarosoğlu ve Arda, 2005; Özdamar, Ekinci, Küçükyazıcı, 2004). İnsani yardımı amaçlayan lojistik çalışmaları afet sonrası kapasite planlama araştırmalarında görülmektedir (Glockner ve Nemhauser, 2000), afetlerde verilerin saklanması ve işlenmesi (Meissner ve ark. 2002), sürdürülebilir afet yönetim sistemi (Pearce, 2003), konaklama ve alt yapı problemlerinin çözüm önerileri (Bristow and Bristow, 2017), coğrafi bilgi sistemleri kullanımı (Güven ve Kovel, 2000).

KDS konusunda yapılmış ilk çalışma Wallace ve deBallogh (1985) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada klasik afet yönetiminin yönetim bilişim sistemlerinden (MIS) ayırt ederek yeni bir model önermişlerdir. Ayrıca yazarlar bir deprem sonrasında afet yönetim çevrimine ait aşamalarda alınan stratejik, operasyonel ve kararlar tartışmıştır. Bunlara ek olarak yazarlar bir KDS seçilen bazı afet tiplerindeki potansiyel uygulamalarını göstermişlerdir. Bu çalışmada yönetim bilişim sistemleri, bilgi ve iletişim teknolojilerinin günümüz ile karşılaştırıldığında çok ilkel kaldığı görülmektedir. Rauner ve ark. (2018) yaptıkları sınıflandırma çalışmasında Avrupa afet yönetimi için geliştirilmiş bir KDS önerisinde bulunmuşlardır. Bu çalışmalardan anlaşıldığı afetler ile ilgili KDS konusunda gibi yapılan araştırmalar daha çok afet sonrasında operasyonel planlardan oluşmaktadır ve uygulamalara yönelik çalışmalara rastlanmamaktadır. Benzer konulardaki çalışmalar daha çok lojistik konusuna yakın olduğu görülmüştür.

Dünyada ve ülkemizde afetler ile ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmış ve hala bu alanda çalışmalar devam etmektedir (Altay ve Green, 2006). Modern afet yönetim tekniklerinin risk faktörlerini göz önüne alan yaklaşımlarının yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu bilgileri kategorik olarak sınıflandıran çalışmalar yapılmıştır.(Turoff ve ark., 2004).

Literatürde yapılan çalışmalarda afet yönetimi yaklaşımlarını içeren yöntemlerin bulunduğu çok sayıda araştırmaya rastlanmaktadır (Galindo and Batta, 2013). Aynı zamanda bu yönetim modellerinin kapsadığı bazı problemleri yöneylem araştırması teknikleri ile çözen modeller bulunmaktadır (Luis ve ark. , 2012). Bununla birlikte afet yönetimi ve afetin etkilerini içeren problemlerde karşılaşılan çözümü zor modeller bilişim sistemlerinin yardımı ile daha kolay çözülmeye başlanmıştır. Çünkü bilişim sistemleri afet ve etkilerini içeren modellerinin kolaylıkla oluşturulmasına, çözüm modellerinin geliştirilmesine ve tasarlanmasına da yardım etmektedir. Bilişim sistemleri artık çözümün bir bütün olarak ele alınmasına olanak sağlamaktadır. Bütüncül yaklaşımlar (Integrated Approach) ile problem ve etkileyen faktörler bir bütün olarak ele alınabilmekte, tasarlanabilmekte, modellenebilmekte ve çözüm aranabilmektedir.

Bütünlük afet yönetiminde bilgi ve iletişim teknolojilerinin afet problemlerini bir bütün olarak ele alınması ve çözülmesinde imkân veren tasarımlar ve modeller kurmak daha kolay hale gelmiştir. Afet ile ilgili problemler göz önüne alındığında artık afet öncesi ve sonrası bir bütün olarak ele alınabilecek aynı zamanda anlık çözüm üretebilen yöntemler de geliştirilebilecektir.

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmada BAY için matematik model ile değerlendirme yapan bir KDS önerilmiştir. Önerilen KDS'ye ait matematik model medyan tipinde modeldir. Yerleşim modelleri göz önüne alındığında medyan tipinde ağırlıklandırılmış matematik modellere diğer matematik modellerden daha fazla rastlanmaktadır. Medyan problemlerinde yerleşimi istenen aday bölgenin sayılı (P) adet olması durumunda matematiksel model p-medyan modeli olarak anılır. Bu p-medyan türünden modellerde d_{ij} mesafe matrisi ve x_j karar değişkenini ifade eder. Talep noktaları $i=1,2,...,m$, aday noktaları $j=1,2,...,n$, ağırlık noktası a_i , mesafe d_{ij} ve karar değişkeni ikili tamsayı x_{ij} notasyonu ile gösterilsin. Bu formülasyona göre tüm talep noktaları ($m=n$) aynı zamanda potansiyel aday noktalardır (Mariannov ve Serra, 2002). Çalışmada KDS içinde Marianov ve Serra (2002) tarafından önerilen matematik modelden yararlanılmıştır.

$$\text{En küçük } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} x_{ik} \quad (1)$$

Kısıtlar altında:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} = P \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall j \in J, \forall i \in I \quad (5)$$

Denklem (1) amaç fonksiyonu yerleştirilecek olan P adet tesisin birbirine olan ağırlıklandırılmış uzaklıklarını minimum olarak bulur. Modeldeki ilk kısıt olan denklem (2) talep noktalarının bir aday noktadan hizmet almasını sağlar. Matematik modelde dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta

bu türden yerleşim modellerinde servis alınacak yerlerin açılmadan servis vermesinin engellenmesi gerekir. Balinski (1965) yılında önerdiği bu kısıt ile servis noktalarının açılmadan modele katkı sağlamasını engellemiştir. Denklem (3) ile sadece açılacak olan tesislerden servis alınması sağlanır. Denklem (4) ile karar değişkeni tesis sayısını göstermektedir. En son (5) numaralı formülasyon karar değişkeninin ikili tam sayı (Binary Integer-BI) olmasını sağlar. Bu modelde görüldüğü gibi kapasite ve talep miktarı belirli değildir, bu tür matematik modeller kapasitesiz tesis yerleşim problemleri (Uncapacitated Facility Location Problem-UFLCP) olarak tanımlanmaktadır.

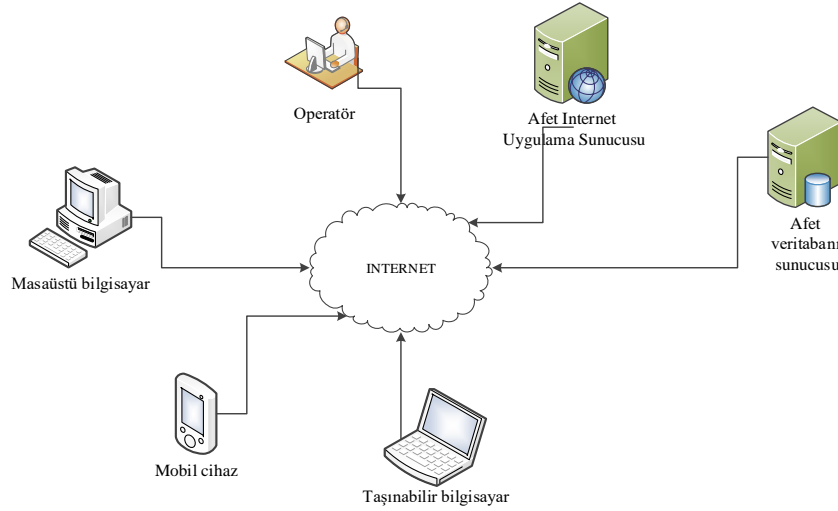
Afetlere yönelik olarak verileri saklandığı ortak veritabanlarından afetlerde yararlanılacak çeşitli veriler alınabilmektedir. Bu veriler genellikle afetlerin tipleri, şiddetleri, süre, zaman, büyüklük gibi verilerden oluşmaktadır. Afetlerin operasyonel planlarını oluşturacak verileri içermemektedir. Bu tür verilerin afetlerde kullanılacak olan amaca yönelik veritabanlarından sağlanmalıdır. Bahsedilen veriler afetlerde en çok ihtiyaç duyulan operasyonel planları oluşturmak için kullanılacak olan verileri içeren lojistik faaliyetlerin yapılmasını sağlayacak verileridir. Genellikle bu tür veriler özelleştirilmiş veritabanlarında tutulmaktadır. Yapılan bu araştırmada ülkemizde yaşanacak bir afet durumunda ihtiyaç duyulan verileri sınıflandırılmış, uluslararası veritabanlarına uygun veriler üretebilen veritabanı tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan veritabanı Tablo 1'de yer alan GLIDE kodlarını içeren bir veritabanı tablosu da içermektedir. Bu tablo ile uluslararası afet veritabanlarından veri gönderip alabilecek tasarım sahip olması sağlanmıştır.

Tablo 1. GLIDE veri kodları, (Nishikawa, 2003).

Afet Kodu	Afet Kodlarının Açıklaması
DR	Kuraklık
HW	Sıcak Hava Dalgası
CW	Soğuk Hava Dalgası
TC	Tropik Hortum
EC	Büyük Tropikal Hortum
TO	Kasırğa
VW	Şiddetli Rüzgâr
ST	Şiddetli Yerel Fırtına
FL	Sel
FF	Ani Sel
LS	Yer Kayması /Heyelan
AV	Çığ Düşmesi
MS	Çamur Kayması
VO	Volkan Eriyiği
EQ	Deprem
FR	Yangın
TS	Tsunami
SS	Yıldırım Düşmesi
EP	Salgın Hastalık
IN	Hayvan Kaynaklı Salgın
WF	Orman Yangını
OT	Diğer Afetler
CE	Karmaşık Afet
AC	Teknolojik Kaynaklı Afet

Araştırmada kullanılan bilgisayar sistemleri istenci ve sunucu olarak iki ayrı alanda ayrılabilir. Sunucu tarafında Debian Linux dağıtımı üzerinde MySQL veritabanı, Apache web sunucu ile bütünleşik çalışan PHP programlama dili ile geliştirilen sunucu tarafı kodlar

çalışmaktadır. Aynı zamanda sunucu tarafında KDS sistemi PHP ve GAMS ile bütünleşik olarak geliştirilmiştir. KDS Google MAP sisteminden JSON halinde alınan yer bilgilerini text dosyası halinde işleyen bir PHP arayüzü de geliştirilmiştir. Dağıtık yapılarda internet kullanımı sayesinde iletişim kesintiye uğramadan devam edilmesini de sağlar. İnternet aynı zamanda ayrı platformlarda yer alan bilginin uygun şekiller (JSON, XML vb.) aracılığı ile değişimi de olanaklı hale getirir. Çalışma için önerilen BAY altyapısı Şekil 3'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3. Bütünleşik Afet Yönetim Sistemi Altyapısı.

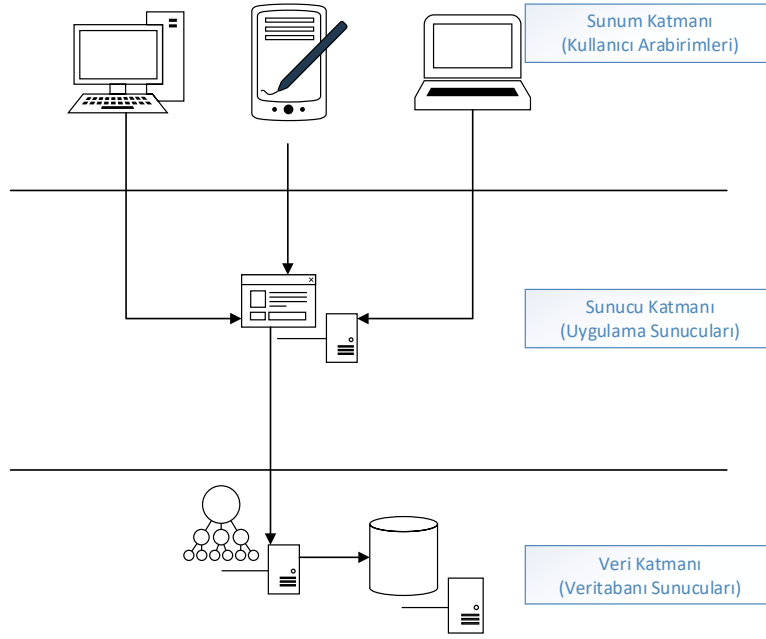
İstemci tarafı Android ekosistemini içeren java tabanlı Android Studio 3.0 (AS 3.0) geliştirme ortamında geliştirilen kodlar çalıştırılmaktadır. İstemci tarafına yönelik AS 3.0 geliştirilen apk kaynak kodlar geçici imzalanmış ve apk paket dosyaları haline getirilmiştir.

3.1.Sunucu Tarafı Geliştirme

Çalışmada kullanılan servis hizmetleri Debian tabanlı Linux çekirdekli sunucu tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu sunucu üzerinde açık kaynak kodlu yazılım geliştirilmesi ortamları tercih edilmiş ve geliştirilen yazılımların platformdan bağımsız olması sağlanmıştır. Sunucu tarafında afet, lojistik, araç ve gereçlerin kaydının tutulduğu veritabanına veri giriş yapılabilmesi için kullanıcı giriş paneli tasarlanmıştır. Bu giriş paneli sayesinde yöneticinin KDS'de kullanılacak veri girişi, kullanıcı işlemleri ve güncellemeler gibi işlemleri yapması sağlanmıştır.

3.1.1.Veritabanının Geliştirilmesi

Bütünleşik afet yönetimine ait verilerin saklanması ve sunucu işlemleri Linux işletim sistemi üzerinde çalışan. MySQL veritabanı tercih edilmiştir. Oluşturulan veritabanı 10 adet tablodan oluşmaktadır. Daha önce bahsedilen çalışmada Boyce-Codd normalizasyon yöntemleri ilkesine göre tablo eliminasyonları tasarlanmış ve bağlı tablolar haline getirilmiştir. Tablo sorguları iki alt başlıkta incelenebilir, bunlardan ilki sunucuya oturum açılan ekran ve ikincisi ise mobil oturum açma ekranıdır. Sunucu tarafında oturum açılması istendiğinde HTML içine gömülen Javascript fonksiyonları ve PHP teknolojileri ile sağlanırken Andorid ekosisteminden oturum açılması istendiğinde sadece Javascript fonksiyonları çağrılmaktadır. Veritabanı sunucusunda veritabanları ve tabloları MySQL Workbench bilgisayar programı kullanılarak EER diyagramı geliştirilmiştir. Bu veritabanına ait tasarlanan model senkronize edilerek veritabanı oluşturulmuştur.

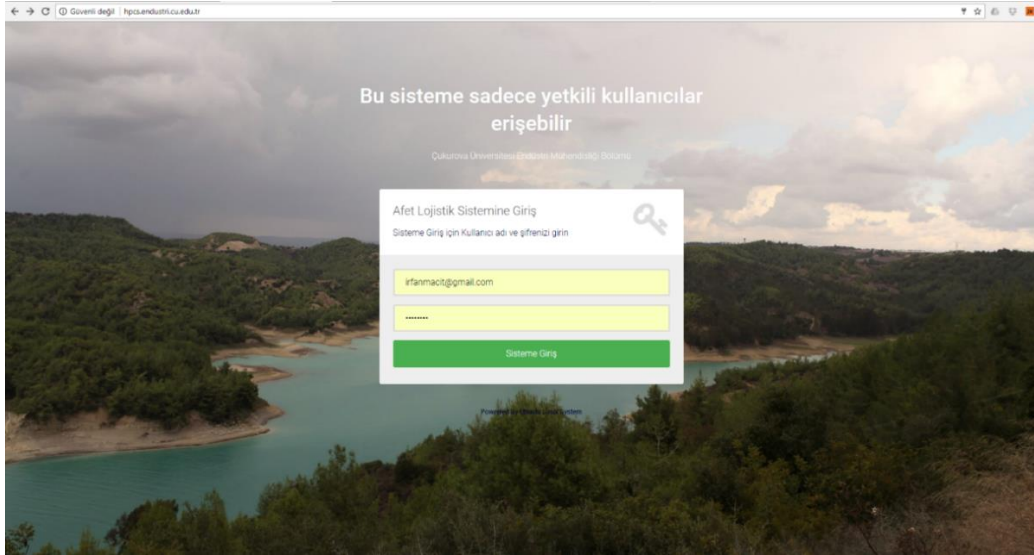


Şekil 5. Önerilen Üç Katmanlı Mimari (Elliot ve Powers, 2014).

Sunucu üzerindeki afet veritabanı veri sözlüğüne uygun olarak tasarlanan EER diyagramının Kartezyen çarpımı testleri yapılmıştır. Diyagram sonuçların EER ilişkilerini doğrular nitelikte olduğu ve gereksiz tablo ilişkilerinin olmadığı gözlemlenmiştir. Uygulama ve geliştirme kolaylığı açısından sorgulama arayüzlerinde (Interface) üç katmanlı (Three-Tiered Layer) mimariler daha çok tercih edilmektedir (Elliot ve Powers, 2014). Üç katmanlı mimarilerde uygulama sunucusu (application/web server) ile servisi veren veritabanı sunucusu Şekil 5’de görüldüğü gibi ayrı katmanlarda yer almaktadır. Bu tasarım ile sunucuların kontrol edilmesi ve yönetilmesi daha kolay olmaktadır. En sık karşılaşılan problemlerden uygulama arayüzleri için bağlantı noktası ataması, güvenli erişim bağlantı noktaları gibi teknik sorunların çözümü bu tasarım ile kolaylaşmıştır. Çalışmada afet veritabanının oluşturulması için MySQL Workbench paket programı kullanılmıştır. MySQL Workbench ile üretilen kaynak kodlar ve EER ilişki tabloları tasarlanan veritabanı ile karşılaştırılarak kontrol edilmesi de sağlanmıştır.

3.1.2. Sunucu Tarafı Kullanıcı Paneli

Afet veritabanına veri girişi yapılabilmesi ve kullanıcı tanımlanması için yönetici paneli oluşturulmuştur. Yönetici paneline web arayüzü kullanılarak erişilebilmektedir. Bu arayüzde PHP programlama dili kullanılarak kullanıcı tanımlama, izinler, yeni araç tanımlama, kapasite, operatör işlemleri yapılmaktadır. Bu işlemler ile aynı zamanda KDS’nin kullanacağı veriler de derlenmektedir. Afet yönetim sistemine giriş için Şekil 6’de görülen sunucunun web arayüzü kullanılmaktadır. Bu arayüzden giriş yapan afet yöneticisi alet, cihaz, ekipman ve personel ile ilgili veri girişleri, değişiklikleri ve silme işlemlerini bu arayüz ile yapmaktadır. Ayrıca bu arayüz ile yönetim penceresi (Dashboard) ve sorgulama ekranlarına bağlanarak bu ekranlar üzerinde düzenlemeler yapılabilmektedir. KDS sisteminde kullanılacak verilerin kontrolleri ve yönetimi bu ekranlar aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. KDS algoritması PHP ve GAMS paket programlarına ait gömülü kodlar ile üretildiğinden sadece veri girişleri kontrol edilebilmektedir. Yöneticilerin kullanacakları ekranların tasarımları en çok ihtiyaç duyulan verilere göre tasarlanmıştır.



Şekil 6. Proje Sunucu Sistemine Giriş Arayüzü, (Macit ve Kalan, 2015).

Yönetici panelinden veri girişi için bilişim ergonomisi ilkeleri gözönüne alınarak arayüz tasarımı yapılmıştır (Reed ve ark., 1999). Kullanıcılar veya yöneticiler afet anında verileri kolay ve doğru bir şekilde girmeleri zorunludur. Aynı zamanda girilen verilerin hızlı girilmesi gereklidir. Bu şartlar altında verilerin girilmesi için yönetici panelinin bilişim ergonomisi ilkeleri çerçevesinde tasarlanmış olması zorunludur.

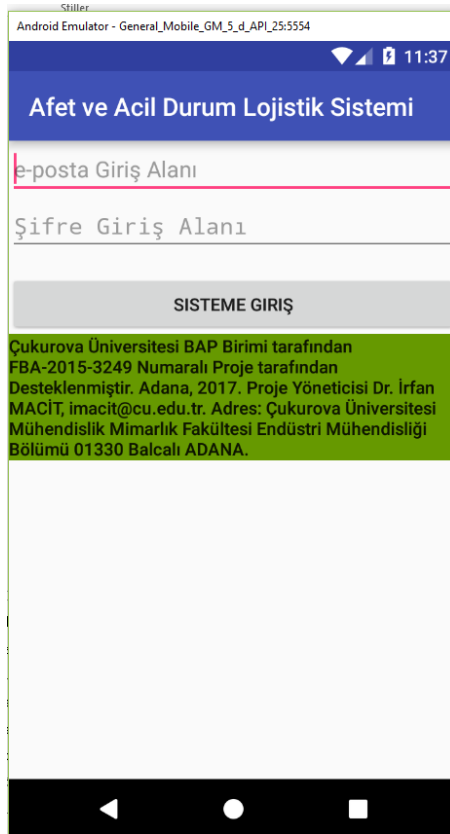
3.2. Mobil Programın Geliştirilmesi

Çalışmada mobil sisteme giriş için gelen Şekil 7’de görülen ekran tasarımından e-posta adresi ve şifre ile giriş yapılmaktadır. Mobil sistem için Android Studio 3.0 program geliştirme ortamı kullanılmış ve programlama süreci boyunca güncellemeler yapılarak proje kaynak kodlarının güncel kalması sağlanmıştır. Mobil sistem kodlamasının çalışması sonuçları 1280x720 çözünürlüğünde Oreo çekirdeğine sahip oluşturulan bir emülatör yardımı ile bilgisayarda gösterilmiştir. Yazılan programın GSM telefonlarına çalıştırılması için apk uzantılı program paketleri test sürümü için oluşturulmuştur.

Programların giriş sisteminin başlığında “Afet ve Acil Durum Lojistik Sistemi” kullanılmıştır. Programlama kaynak kodları Java tabanlı olan Android Studio mobil sistem ve sunucu sistemi arasında veri alış-verişi JSON veri formatı ile yapılmıştır. Bilindiği gibi JSON teknolojisi XML veri aktarımına göre daha kısa paketler halinde veriyi taşımaktadır. Bunun yanında etiket (tag) sistemi okunabilirliği daha etkindir.

Mobil sistemin girişinde sunucu sistemine girişte kullanılan kullanıcı adı ve şifresi ile giriş yapılmaktadır. Mobil sistem girişi Şekil 9’de görüldüğü gibi sistemden gelen mesajlar ile kontrol edilmektedir. Mobil sistemde geliştirilen kodlar Android Oreo ve Nougat çekirdek sürümlerinde kontrol edilmiş ve bu çekirdeklere ait değişik emülatörlerde testleri başarı ile yapılmıştır. AS 3.0 program geliştirme ortamında istenirse daha önceki çekirdek sürümleri için bazı güncellemeler yapılarak kodların eski sürümlerine göre uyumlu hale getirilmesi sağlanabilir.

Mobil sistemlerden sunucu sistemlere veri aktarım formatı olarak JSON kullanılmasının çeşitli avantajları vardır. Bunlardan en önemlisi JSON verilerinin XML verilerine göre daha hızlı işlenmesini sağlayacak olan başlık sistemidir. Aynı zamanda KDS için gerekli olan verinin veritabanından alınarak işleme girmesi sırasında verinin kaybolması da JSON kullanılması ile engellenir.

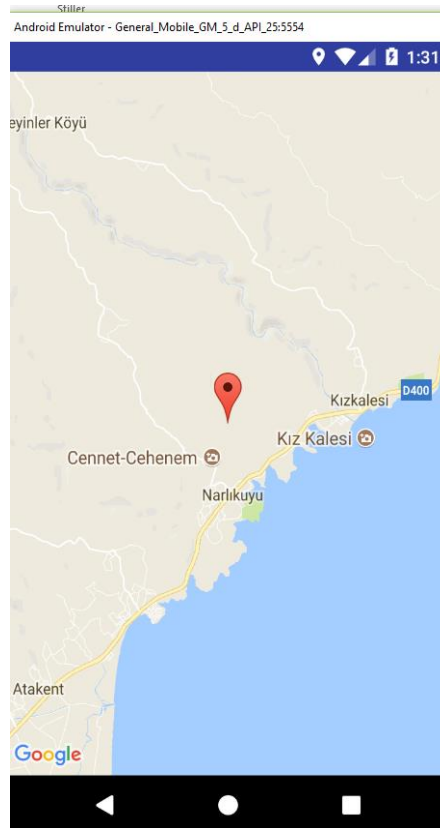


Şekil 7. Mobil Sistem Girişi, (Macit ve Kalan, 2015)



Şekil 8. Mobil Ana Ekran Sistem Girişi, (Macit ve Kalan, 2015).

Mobil Afet ve Acil Durum Yönetim programında ana giriş ekranı Şekil 8'deki gibi tasarlanmıştır. Bu ekrandan yapılacak olan istemlere göre sunucu tarafında bulunan KDS çalıştırılmaktadır. Mobil programdan sisteme giriş yapıldığında mobil cihazın bulunduğu konum bilgisi JSON formatında sisteme Şekil 8'de görülen ekran vasıtası ile yüklenmektedir. Bu bilgi ile afet bilgisi GLIDE kodları ile karşılaştırılmaktadır. Konum bilgilerinin sunucu sisteme yüklenmesi ile KDS afet bölgesi hakkında yerleşim bilgilerini hesaplanabilmektedir. Yer bilgisi "HARİTADA GÖSTER" ekranından Şekil 9'daki gibi elde edilmektedir. Bu düğmeye basıldığında mobil cihazda bulunan GPS bilgisi sunucu sistemine **konum1** tablosuna yazılmaktadır. Bu düğme GPS cihazından aldığı bilgiyi sunucu sistemine gönderirken aynı zamanda konum bilgisini mobil cihazda harita üzerinde pinpoint bilgisi ile birlikte göstermektedir. Konumun pinpoint bilgisinin "hint" özelliğinde ise "Bulduğunuz Yer" ifadesi gelmekte ve kullanıcının doğrulaması sağlanmaktadır. Haritanın "zoom" yükselti bilgisi geçerli olarak 12 belirlenmiştir. Bu haritadan alınan konum bilgisi konum tablosuna yazıldıktan sonra GAMS programlama diline matematiksel modelin problem çözüm yöntemi için girilecek yardım beklenen nokta olarak **t** mesafe değeri olarak girilecektir. Diğer konum bilgisi ise tablolardan istenen ekipmanın konumu ve meşgul olma durumu ile sunucu sistemi üzerinde aranacak ve **d_{ij}** mesafe bilgisi parametresi olarak GAMS sistemine girilmektedir. Buradan alınan bilgiler ile GAMS yazılan matematik modelini çözmekte ve istenen talebin en yakın depodan karşılanması sağlanmaktadır.



Şekil 9. Haritada Göster Ekranı.

Harita kullanımı ve bağlı fonksiyonları mesafelerin KDS sisteminde girilmesinde oldukça önemli bir işlevi yerine getirmektedir. Buradan alınacak bilgilerin hassasiyeti ile GAMS programına aktarılacak olan mesafe verileri hesaplanmaktadır. Coğrafi bilgi sistemi kapsamında olan bu tasarımdaki noktasal veriler diğer çalışmalarda yer alan afet veritabanına veri eklemede kullanılabilir. Eğer istenirse diğer afet veritabanlarına afet ile ilgili veri gönderebilecektir.

3.3. Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi ve Algoritması

Karar Destek Sistemi, karmaşık problemleri bilgisayar yardımı ile önceden belirlenen kısıtlamalara göre çözen kural tabanlı sistemlerdir (Sahebjamnia ve ark., 2017). Tanımından da anlaşılacağı gibi bilgisayar sistemi üzerinde çalışmalı, zor bir problemi çözebilmeli, belirlenen kurallara göre karar verebilmeli ve sonuçları kesin olmalıdır. KDS mobil program aracılığı ile toplanan verilere dayalı problemin matematik modelinin çözülmesine yönelik kararları vermesi ve bu çözüme katkı koymaktadır. Çalışmada incelenen problem karma tamsayıli matematik model şeklinde denklemler (1), (2) ve (3) örnek alınarak oluşturulmuştur. Matematik modelin çözümünde KDS içinden GAMS program kodları PHP yardımı ile çağrılmaktadır. Matematik modeli çözen GAMS çözücü bir karar destek sistemi gibi çalışması sağlanmıştır. Aşağıda verilen çözüm algoritmasına ait KDS çalışma sistemi Şekil 10'deki görülen akış diyagramı şeklinde verilmiştir.

KDS Çözüm Algoritması;

Input:

kaynak düğüm $i(k)$: `gmap(lat/lng) -> konum1`

hedef düğüm $j(k)$: `gmap(lat/lng) -> konum2`

mesafe d_{ij} : (kaynak, hedef)

call DSS (d_{ji}^k ; D_i^k ; I_j^k)

call subroutine GAMS (DSS)

while $I_j^k > 0$

100: **if** $\min d_{ji}^k: I_j^k -> D_i^k$

write d_{ji}^k

else

goto 100

end while

end subroutine

end

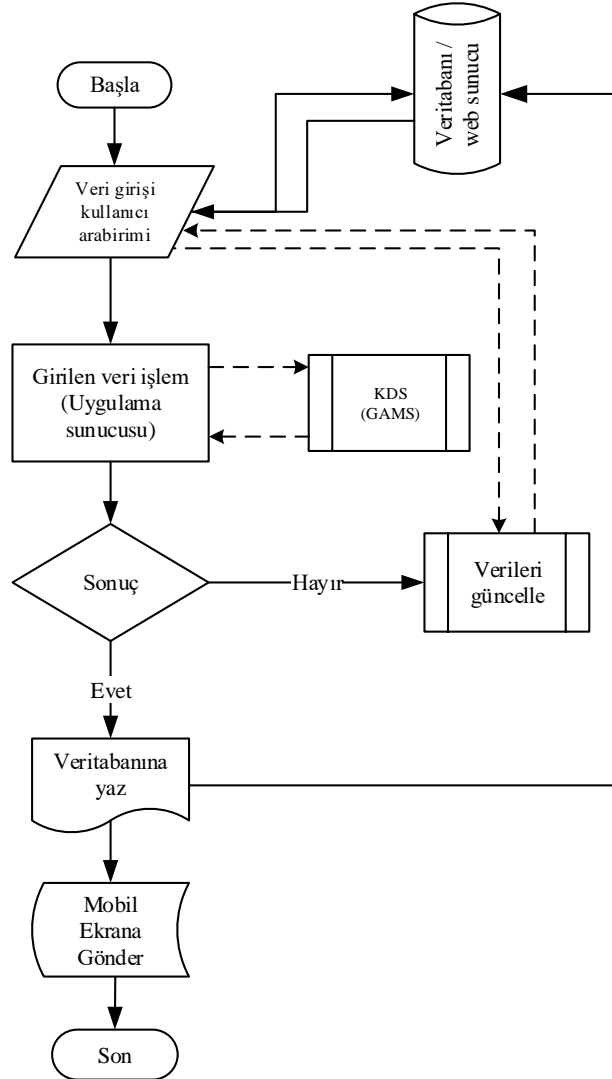
Output: Mobil App (d_{ji}^k)

VT yaz WEB mesajını güncelle

Problemin çözümü için geliştirilen algoritma karmaşık işlemleri basit bir şekilde ifade etmektedir. Geliştirilen algoritmada ilk önce mobil cihazlardan alınan konum bilgilerini veritabanında bulunan **konum1** tablosuna yazmaktadır. Lojistik merkezlerinin harita üzerindeki yerler ise veritabanında bulunan **konum2** tablosunda bulunmaktadır. Bu tablolardaki veriler GAMS programlama diline Google Map Api -fonksiyonları kullanılarak koordinat bilgisine çevrilmekte ve mesafe verisi olarak kaydedilmektedir. Mesafe verilerinin enlem ve boylar verileri veritabanına kaydedilmek sureti ile lojistik merkezler ile arasındaki mesafeler metre cinsinden yazılan program parçacıkları ile hesaplanmaktadır. Buradaki mesafe verisi iki nokta arasındaki yol uzaklığını gösteren metre cinsinden yol uzaklık bilgisidir kuş uçuşu uzaklık dikkate alınmamaktadır. Kurulan matematik modelde amaç fonksiyon en kısa mesafeden araç personel veya istenen talep teminini sağlamaktadır. Haversine formülasyonu yerküre üzerinde eğimleri göz önüne alarak kuş uçuşu uzaklık hesaplama sistemidir. Bu çalışmada mesafe sistemi birden fazla depo alanları ile aday bölgeler arasındaki en kısa mesafeyi matematik model optimizasyon modeline göre hesaplamaktadır. Mesafe verileri kaynak ve hedef arasındaki mesafeleri GAMS programına .inc dosyası olarak girilmektedir. Matematik programlama modeli GAMS programlama kodlarının php programlama kodları içerisine gömülerek çağrılması ile çalışmaktadır. Veri girdisi JSON

formatından .inc uzantılı text formatına fonksiyon kullanılarak çevrilmiştir. Matematik modele ait parametreler veritabanında kayıtlı olarak bulunduğu için KDS mevcut ve diğer durumları göz önüne alarak en iyi kararı vermektedir. Program çağrılması php alt programları tarafından belirlenen kriterlere içerisinde yapılmaktadır.

KDS mobil sistemden topladığı mesafe verilerini amaç fonksiyonlara veri girişi ve çıkışı olarak kullanacak şekilde tasarlanmıştır. GAMS çözücü motoru KDS ile bütünleştirilen arayüz fonksiyonları ile sistem akıcı olarak dinamik şekilde çalışmaktadır. KDS motoru geliştirilen algoritmaya göre karar vermektedir. Algoritmadan da anlaşılacağı gibi en iyi çözümü bulana kadar her bir k araç için deneme yapmaktadır. Eğer en iyi çözüme ulaşılamıyorsa *GAMS Solver Stat* fonksiyonunda yer alan *optimization gap option* parametresi gevşetilmektedir veya veriler tekrar güncellenmektedir. Burada KDS en iyi çözüm için option parametresini öncelikli olarak gevşetmektedir. Eğer gevşetme işlemi yeterli gelmiyorsa veriler tekrarda güncellenmekte ve KDS yeniden çalışmaktadır. KDS içinden çağrılan *GAMS Solver Stat* parametresi $\pm\%10$ aralığında belirlenmiştir. Burada KDS tarafından verilen karar matematik modelden alınan verilere göre verilmektedir. Bunların sonucunda matematik model tarafından elde edilen en iyi çözüm mobil sisteme mesaj şeklinde gönderilmektedir.



Şekil 10. Karar Destek Sistemi Modeli

Projeye ait veritabanında on adet veritabanı tablosu bulunmaktadır. Ayrıca bu tabloların haricinde GAMS programlama dili içinde üç adet text formatında veritabanından oluşturulan veri giriş (include) dosyaları bulunmaktadır. Teknik yetersizliklerden dolayı GAMS programlama diline dinamik veri girişleri veritabanından anlık olarak çekilen verilerden yazılan GAMS betikleri ile JSO formatında sağlanmaktadır. GAMS içerisinde dahil edilen kodlar sayesinde tetiklenen verilerden oluşturulan mesafe tablosuna ait veriler GAMS formatında text (yazı) formatında oluşturulmaktadır. Kullanılan GAMS sürümü içerisinde program çağırma yönelik örnek kaynak kodu parçacığı aşağıdaki gibidir.

Parameter

```
c(i) i arac kapasitesi /
```

```
$call 'mysql -u root --password=ssssssss --database=afet --disable-column-names --execute="select Id, kapasite from afet.konum1 " > c '
```

```
$include c
```

```
/;
```

Burada örnek olarak verilen GAMS programlama dili kaynak kodları Debian Linux işletim sistemi altında terminal komutları ile çalıştırılmaktadır. GAMS programlama dili çalıştırılması için gerekli düzenlemeler işletim sistemi üzerinde yapılmış deneyler için GAMS firmasından lisans alınmıştır. Projenin hayata geçirilmesi için tam sürüme güncelleme gerekli olduğunda arayüz tasarımı için yapılacak olan projelerde bu lisans sorununun giderilmesi hedeflenmektedir.

GAMS programlama dilinin PHP içerisinde çağırılması için bir betik dosya yazılmıştır. Projede PHP dosyaları içerisine dahil edilebilecek olan bu dosya ile mesafe dosyası tetikleyicisi içerisine yazılarak problem çözümü elde edilebilecektir.

```
<?php
```

```
$modelfile = "/var/www/bap/bap.gms";
```

```
system('/opt/gams/gams24.5/gams '.$modelfile.' lo=2');
```

```
?>
```

Yazılan bu komut dosyası ile GAMS programlama dili kaynak ile hedef arasındaki en uygun lojistik temini yapacak birimi bulacaktır. Bulunan bu sonuç ile en yakın hedefler arasından en uygun olan lojistik malzeme temin edilecektir. Google Map API kütüphaneleri kullanılarak istenirse geliştirilen bu kaynak kodlardan harita bilgisi oluşturularak ekranda harita çizilebilmektedir. Yer bilgisini içeren konum tablolarında kaynak ve hedef arasındaki mesafeleri hesaplayan kodlardan alınacak veriler ile Google Map haritası çizilebilmektedir. Harita üzerinde detaylar istenirse aynı zamanda rotalarında gösterilebileceği kodlar eklenerek rota bilgisinin yer alması sağlanabilir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Afet ve bilişim konusunda çok sayıda çalışmaya literatürde rastlanmaktadır. Bu çalışmaların genelinde afetlerde kullanılan bilişim yöntemlerinin genellikle coğrafi bilgi sistemleri ve afet veri tabanları hakkında olduğu görülmektedir (Turoff ve ark., 2004; Meissner ve ark. 2002; Thomas, 2018). Literatürde afet lojistik matematik modelleri ile ilgili çalışmalara da (Barbarosoğlu ve Arda, 2004) rastlanmaktadır. Yapılan lojistik çalışmaları bir mobil sistem üzerinden hareket kabiliyeti olan uzman sistemler veya KDS içeren yazılımlar ile desteklenmemiştir. Ele alınan çalışmalarda daha çok problemin çözümü üzerinde durulmuş ve çözüm yöntemleri incelenmiştir. Yapılan bilimsel araştırmalarda modern afet yönetimi kavramları üzerinde tanımlamalar yapılmış BAY hakkındaki tanımlamalar ise sınırlı ve eksik kalmıştır. BAY bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımdan çok yönetsel açılardan incelenmiş bilgi ve iletişim teknolojilerinin önemi fazla vurgulanmamıştır. Bu çalışmada BAY ile ilgili bilgi ve iletişim teknolojilerini de içeren yeni tanımlamalar yapılmıştır. BAY yeni yaklaşımlar çerçevesinde KDS içeren bir model önerilmiştir.

Ayrıca mobil cihazlardan sunucu sistemlere aktarılacak olan bilgilerin bir KDS'ye entegre edilebileceği ve sonuçların yine mobil sisteme sonuç bilgisi olarak gönderilebileceği gösterilmiştir.

Geliştirilen KDS yaklaşımı bir matematiksel model ile doğrulanmış ve karar mekanizması bir matematik model üzerinden çalıştırılarak elde edilmiş ve sonuçlar bu mekanizma üzerinden sağlanmıştır. Yapılan bu çalışmada bilgi ve iletişim teknolojisi ile afet yönetim bilimi açısından araştırma konusu derinlik kazandırılmıştır. Yapılan deney ve test çalışmalarına sağlam bir dayanak kazandıran akademik çalışmaların konunun üzerinden devam etmesi ve araştırma alanlarına katkı sağlayacak çıktılara dönüştürülmesi beklenmektedir. Sonuç olarak çalışmanın akademik sonucunun yanında pratik bir uygulama da yapılmıştır. Bu çalışmanın gelecekte yapılması planlanan afet sonrası sahra hastanelerinde mobil cihaz kullanımı odak noktalı çalışmanın zeminini hazırlaması öngörülmektedir. Gelecek çalışmalara yön verecek olan sonuç başlığında geliştirilen bu projede kullanıcı dostu bir arayüz tasarlayarak bu projenin herkes tarafından kullanılmasını sağlamak hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi FBA-2015-3249 numaralı proje ile kısmen desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- 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.
- Aktaş, E., Özaydın, Ö., Ulengin, F., Önsel, Ş., Ağaran, B. (2011). "İstanbul'da İtfaiye İstasyonu Yerlerinin Seçimi İçin Yeni Bir Model". *Endüstri Mühendisliği*, 22(4), 2-12.
- Altay, N., Green III, W. G. (2006). "OR/MS Research in Disaster Operations Management". *European Journal of Operational Research*, 175(1), 475-493.
- Balinski, M.L. (1965). "Integer Programming: Methods, Uses, Computations". *Management Science* 1965(12):3 , 253-313
- Barbarosoğlu, G., Arda, Y. (2004). "A Two-Stage Stochastic Programming Framework For Transportation Planning in Disaster Response". *Journal of Operational Research Society* (55), 43-53.
- Bristow, D. N., Bristow, M. (2017). "Recovery Planning For Resilience in Integrated Disaster Risk Management". *Proceeding, Ieee Sys Man Cybern*, 2643-2648.
- Carter, N. W. (2008). "Disaster Management A Disaster Manager's Handbook". Asian Development Bank. Manila.
- Current, J., D. Schilling, D. (1990). "Analysis Of Errors Due To Demand Data Aggregation in The Set Covering And Maximal Covering Location-Problems". *Geographical Analysis* (22), 116– 126.

- Catay, B. (2011). “İstanbul’da İtfaiye İstasyonu Yer Seçiminde Risk Faktörüne Dayalı Bir Çoklu Kapsama Yaklaşımı”. *Endüstri Mühendisliği Dergisi* (22), 33-44.
- daCosta, S.R.A., Campos, V.B.G., de Mello Bandeira, R.A. (2012). “Supply Chains in Humanitarian Operations: Cases And Analysis”. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* (54), 598-607.
- Daskin, M. S. (1995). “Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications”. Wiley & Sons, New York.
- Drezner, Z. (1992). “A Note On The Weber Location Problem”. *Annals of Operations Research* (40), 153–161.
- EM-DAT, (2016). “The OFDA/CRED - International Disaster Database”. Université Catholique de Louvain Brussels, Belgium
- Garey, M.R., Johnson, D.S. (1979). “Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness”. W. H. Freeman & Co. New York, NY.
- Green L., Colesar, P. (2004). “Improving Emergency Responsiveness with Management Science”. *Management Science* (50)8, 1001-1014.
- Glockner, G.D., Nemhauser. G.L. (2000). “A Dynamic Network Flow Problem With Uncertain Arc Capacities: Formulation And Problem Structure”. *Operational Research* (48), 233–242.
- Hakimi, S. L. (1983). “On Locating New Facilities in A Competitive Environment”. *European Journal of Operational Research* (12), 29–35.
- Hodgson, M. J., Rosing, K.E., Zhang J. (1996). “Locating Vehicle Inspection Stations To Protect A Transportation Network”. *Geographical Analysis* (28), 299–314.
- Huang, K., Jiang. Y., Yuan, Y., Zhao,.L. (2015). “Modeling Multiple Humanitarian Objectives in Emergency Response To Large-Scale Disasters”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* (75), 1-17.
- Iqbal, S., Usama, M., Faiq,. S., Hasan, K., L., O., (2018). “Statistical Model Checking of Relief Supply Location and Distribution in Natural Disaster Management”. *International Journal of Disaster Risk Reduction* (31), 1-23.
- Gunes, A. E., Kovel, J. P. (2000). “Using GIS in Emergency Management Operations”. *Journal Of Urban Planning And Development* 126(3), 136-149.
- Kovács, G., Spens, K. M. (2007). “Humanitarian logistics in disaster relief operations”. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 37(2), 99-114.
- Luis, E., Dolinskaya, I. S., Smilowitz, K. R. (2012). Disaster relief routing: Integrating research and practice. *Socio-economic planning sciences*, 46(1), 88-97.

- Macit, İ., Kalan, O. (2015). “Development of Logistics Planning Software for Mobile Devices in Earthquake Disaster Areas”. Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi BAP Projesi. Adana.
- Marianov, V., Serra, D. (2002). “Location problems in the public sector”. Facility location: applications and theory (1), 119-150.
- Meissner, A., Lukenbach, T., Risse, T., Kriste, T., Kircher, H. (2002). “Design Chalnges for Integrated Disaster Management Communicatio and Information Systems”. The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks.
- Nishikawa, M. S. (2003). “GLobal Unique Disaster IDentifier Number (GLIDE): For Effective Disaster Information Sharing and Management”. International Conference on Total Disaster Risk Management (Vol. 2, p. 4).
- Özdamar, L., Ekinçi, E., Küçükayzici, B. (2004). “Emergency Logistics Planning in Natural Disasters”. Annals of Operations Research 129 (1), 217–245.
- Pearce, L. (2003). “Disaster Management And Community Planning, And Public Participation: How To Achieve Sustainable Hazard Mitigation”. Natural hazards 28(2-3), 211-228.
- Rawls, C.G., Turnquist, M.A. (2010). “Pre-Positioning Of Emergency Supplies For Disaster Response”. Transportation Research Part B: Methodological 44(4), 521–534.
- Reed, P., Holdaway, K., Isensee, S., Buie, E., Fox, J., Williams, J., Lund, A. (1999). “User Interface Guidelines and Standards: Progress, Issues, and Prospects”, Interacting with Computers (12), 119-142.
- Rauner, M. S., Niessner, H., Odd, S., Pope, A., Neville, K., O’Riordan, S., Tomic, K. (2018). “An advanced decision support system for European disaster management: the feature of the skills taxonomy”. Central European Journal of Operations Research, 26(2), 485-530.
- ReliefWeb (2018). URL: <http://www.adrc.asia/link/index.php>, [Erişim 10.05.2018]
- Rosing, K., ReVelle, C., Schilling D. (1999). “A Gamma Heuristic For The P-Median Problem”. European Journal of Operational Research (117), 522–532.
- Schilling, D.C., ReVelle, J., Cohon and, D., Elzinga. (1980). “Some Models For Fire Protection Locational Decisions”. European Journal of Operational Research (5), 1 -7.
- Sahebjamnia, N., Torabi, A., S., Afshin Mansouri, A. (2017). “A Hybrid Decision Support System For Managing Humanitarian Relief Chains”. Decision Supprt Systems (95), 12-26
- Silbershatz, A., Korth, H., Sudarshan, S. (2002). “Database System Concept” . McGraw-Hill. NY. 4.th. Ed. 1043 pp.
- SFDRR (2015). “Sedai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030”. United Nations Office for Disaster Risk Redcution, Geneva. URL: <http://www.unisdr.org>.

Thomas, D. S. (2018). “The Role of Geographic Information Science & Technology in Disaster Management”. In Handbook of Disaster Research (pp. 311-330). Springer, Cham.

Turoff, M., Chumer, M., Van de Walle, B., Yao, X. (2004). “The Design Of A Dynamic Emergency Response Management Information System (DERMIS)”. JITTA: Journal of Information Technology Theory and Application 5(4), 1.

Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C., Bergman, L., (1971). “The Location Of Emergency Service Facilities”. Operations Research (19), 1363–1373.

Ülgen, H. (1997). “İşletmelerde Organizasyon İlkeleri ve Uygulaması”. İ.Ü. İşletme Fakültesi, Yayın No:258. İstanbul.

Wallace, W. A., De Balogh, F. (1985). “Decision Support Systems For Disaster Management”. Public Administration Review, 134-146.

Yiğiter, R. G. (2005). “Kentsel Yerleşmeleri Afetlere Hazırlama Odaklı Kent Planlaması ve Zarar Azaltma”. (Ed.) Kadioğlu, M., Özdamar, E., Afet Yönetiminin Temel İlkeleri, JICA Türkiye Ofisi, İstanbul.

ISO Country ALPHA-3 Code List Digits, URL:
http://www.nationsonline.org/oneworld/country_code_list.htm

GLIDE Number Index, URL: <http://glidenumber.net/glide/public/search/search.jsp?>

Elliott, R., Powers, N., (Intellex), “One -Tier, Two-Tier, Three-Tier, A Server: Using Technology to Solve Business Problems”, URL:<http://www.pacificelectric.com/PacificElec/Product/whtpap04.htm>