

Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer afetleri yönetmek için bir karar destek sistemi modeli önerisi

Halil İbrahim Cebeci^{a*}, Derya Odabaş^b

^{a*}Sorumlu Yazar, Sakarya Üniversitesi, e-posta: hcebeci@sakarya.edu.tr, Orcid: 0000-0001-5058-7741

^bSakarya Üniversitesi, Orcid: 0000-0002-1108-7354

MAKALE BİLGİLERİ

Araştırma Makalesi
Geliş Tarihi 21 Kasım 2019
Revizyon 17 Aralık 2019
Kabul tarihi 19 Aralık 2019

Özet

Afetler çoğunlukla toplumlar tarafından doğal olaylar olarak görülse de aslında insanların yol açtığı teknoloji ya da şiddet kaynaklı olaylar olarak da meydana gelebilmektedir. Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer afetler bu kapsamda değerlendirilmektedir. Bu tür afetler henüz ülkemizde geniş kapsamlı olarak yaşanmasa da, özellikle nükleer alanda yapılan yatırımlar ve güney doğu sınırımızda yaşanan savaş ve terör olayları göz önüne alındığında, bu tehdidin günden güne arttığı söylenebilir. Bu bağlamda geniş çaplı olacak şekilde afet öncesinde, anında ve sonrasında yapılması gereken faaliyet bilgilerini barındıran ve bütünlük bir yapıya sahip olan afet yönetim sistemi oluşturulmasının gerekliliği söylenebilir. Özellikle afet anında bazı kritik kararlar hayatı önem taşımakta ve bu da karar sürecinin hızlı ve etkili olmasını gerektirmektedir. İşte bu gibi durumlarda karar destek sistemleri uzmanlar için verileri toplayarak, düzenleyerek, analiz ederek ve raporlayarak afet yönetim sürecine ve hızlı kararlar alınmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle çalışmada, Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) afet yöneticilerine (Afet ve Acil Durum Dairesi Başkanlığı KBRN uzmanları) destek olabilecek bir karar destek sistemi önerisi sunulması amaçlanmaktadır. Sunulacak karar destek sistemine ulaşmak adına hızlı uygulama geliştirme metodolojisi kullanılmış olup, her aşamada kullanıcıların doğrulamaları ile yazılım prototipini de içeren bir model önerisine ulaşılmıştır. Model mantıksal tasarımı ve tam işlevsel olmayan prototipleri içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Afet Yönetimi, Karar Destek Sistemi, KBRN Afetleri, Model Geliştirme, Yazılım Geliştirme

A decision support system model proposal for managing chemical, biological, radiological and nuclear disasters

Abstract

Disasters are often seen as natural phenomena by societies, but they can also occur as human-induced technology or violent events. Chemical, biological, radiological and nuclear disasters are evaluated within this scope. Although such disasters have not been experienced extensively in our country yet, it can be said that this threat increases day by day especially considering the investments made in the nuclear field and the war and terror incidents on our south-eastern border. In this context, it can be said that it is necessary to create an integrated disaster management system that includes the activity information that needs to be done before, during and after the disaster in a large scale. Some critical decisions, especially in the event of a disaster, are crucial to life and this requires that the decision process be fast and effective. In such cases, decision support systems can contribute to disaster management process and quick decisions by collecting, organizing, analyzing and reporting data for experts. Therefore, it is aimed to present a decision support system proposal that can support CBRN disaster managers (CBRN experts of Disaster and Emergency Department). In order to reach the decision support system to be presented, rapid application development methodology has been used and a model proposal including the software prototype has been reached at each stage. The model includes logical design and fully non-functional prototypes.

Key Words: CBRN Disasters, Decision Support System, Disaster Management, Model Development, Software Development

ARTICLE INFO

Research Article
Received 21 November
2019
Received in revised form
17 December 2019
Accepted 19 December
2019

Giriş

Doğal sebepler veya insan kaynaklı nedenler sonucunda ortaya çıkan afetler, dünyada hem maddi hem de manevi olarak canlılar üzerinde en kalıcı hasarları bırakan olgulardandır. İnsandan kaynaklı afetler teknolojik ve şiddet kaynaklı olarak iki dala ayrılmaktadır. Günümüzde teknoloji birçok alanda yoğun bir şekilde kullanım alanı bulsa da, hatalı kullanıma bağlı olarak felaket oluşturma risklerini de beraberinde getirmektedir. Bu tür felaketler genelde bilinçsizce oluşmakta ve endüstri kuruluşlarında gerçekleşmektedir. Şiddet kaynaklı felaketler ise bilinçli olarak gerçekleştirilmekte ve daha çok terör amaçlı saldırılar, kişisel saldırılar, sabotaj eylemleri şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) afeti bu iki alt türe ait zarar verici olaylardır ve verdikleri zararın boyutu büyük olabileceği gibi etkileri de uzun dönemli ve kalıcı olabilmektedir (Sharma, 2010). Bu nedenle KBRN afetleri ihmal edilmemelidir. Bu tür afetlere yönelik olası bir durum için devletler olay anında ne yapılması gerektiğini önceden planlamalı ve geniş çaplı bir afet yönetim planı hazırlamalıdır.

Afet yönetimi planları ilgili kurum ve kuruluşlardan veri çıkarımı, bu verilerin raporlara döndürülmesi ve karar destek amacıyla kullanılması şeklindeki bir süreci ifade eder. Özellikle afet anındaki, insan hayatının kritik olduğu durumlar göz önüne alındığında operasyonel etkinliği yükseltmek adına bu planların doğru şekilde oluşturulması ve karar destek sistemi altyapısı ile sunulması önem arz etmektedir. Karar verme sürecine yardımcı olacak olan karar destek sistemleri farklı kaynaklardaki bilgileri toplayacak,

düzenleyecek, kararı modelleyecek, bilgileri analiz edecek ve değerlendirme sonuçlarını örneğin oluşan afetin ne kadar zamanda ne derece büyüyebileceği, hangi yönde ilerleyeceği, tahmini hasar oranının ne olacağı gibi bilgileri uzmanlara eksiksiz bir şekilde sunacaktır (Sharda, Delen ve Turban, 2014). Böylece alınacak kritik karar sürecine destek sağlayacak ve hız kazandıracaktır.

Son yıllarda çevremizde yaşanan savaşlar, ülkemizde büyük sanayi tesislerinin kurulması, nükleer enerjiye yapılan yatırımlar ve komşu ülkelerde yaşanan yüksek nükleer yatırımların coğrafi yakınlık derecesi nedeniyle KBRN afetleriyle karşılaşma riski ciddi ölçüde artmaktadır. Bu nedenlere bakıldığında KBRN afetleri yönetimi alanında çalışmaların yapılması bir gereklilik olarak ön plana çıkmaktadır. Her ne kadar ülkemizde aktif olarak kullanılan bir karar destek sistemi (AYDES) yazılımı var olsa da, bu sistem çoğunlukla doğal afetler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu nedenle de KBRN alanında oluşabilecek büyük ya da küçük çaplı olayları yönetebilmek adına özel, etkin, verimli ve kullanışlı bir karar destek sistemi yazılımı bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada; ülkemizde de bu tip vakaların gerçekleşebilme ihtimali göz önüne alınarak olası vakalara karşı uyarıcı ve önleyici olabilecek, uzmanların ihtiyaçlarına cevap verebilecek ayrıca hızlı karar almada yardım sağlayabilecek bir karar destek sistemi modeli oluşturmak, modele bağlı olarak da mantıksal tasarımı hazırlayıp uygulanabilirliğini göstermek amaçlanmaktadır.

Yurtdışı kaynaklı bazı çalışmalarda KBRN afetlerinin yönetilmesi üzerine bazı modeller sunulmuştur. Wengler vd. (2018) afet anını yönetmek adına

acil yönetim birimleri arasındaki veri paylaşımını en kısa sürede efektif olarak gerçekleştirebilecek operasyonel seviye bir model önermiştir. Yine afet anındaki operasyonel etkinliği araştıran Lazna (2018) sensörler vasıtasıyla elde edilen verileri işleyip uzmana yönlendiren ve artırılmış gerçeklik teknolojisi yardımıyla uzaktan müdahale imkanı sunan bir robotik bilişim sistemi önermiştir. Sensör verileri ile çalışan bir başka örnekte ise (Rainer vd., 2009) ilk müdahale ekiplerinin etkinliği simülasyon bazlı bir bilişim sistemi ile artırılmaya çalışılmıştır. Bütün bu çalışmalar operasyonel seviyede etkinliğin artırılmasını amaçlamakta, karar destek sistemi bileşenlerini içermemektedir. Riccardo vd. (2014) bir KBRN karar destek sistemi önermesine rağmen, sistemi sadece biyolojik izleme konusu ile sınırlı tutmuştur. Benzer bir çalışmada ise Gheorghita ve Caterinciuc (2013) benzer bir sistemi Moldova'da önermiştir. Yazarlar temelde sağlık bilişim sistemlerini gerçek zamanlı takip ederek KBRN afetlerinin hastalık verileri eksenin erken tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Karar destek sistemi unsurlarını barındıran bu iki çalışma ise büyük resim yerine sadece biyolojik afet alanına değinmektedir.

Türkiye'de yapılan çalışmaların ise daha çok KBRN afetlerinin etkileri ve afet anının yönetimi üzerine olduğu görülmektedir. Ekşi, (2016) yaptığı çalışmada özellikle sınırımızda bulunan ülkelerdeki savaş ve terör eylemlerine bağlı olarak artan KBRN terörizmi riski faktörlerinin değerlendirilmesine odaklanmıştır. Ütük, (2018) ise KBRN risklerini idari sorumluluklar ekseninde ele almıştır. Risk analizinin çeşitli açılardan ele alındığı yayınları yanı sıra spesifik belirli alanlarda KBRN etkilerini inceleyen çalışmalar da vardır. Şeşen, (2019) ise KBRN afetlerinin sadece kültürel miras ve arşiv belgeleri üzerindeki etkisine değinilmiştir. Bu amaçla olası KBRN afetlerinde bu dokümanların olası koruma yöntemleri ortaya konmuştur. Benzer şekilde Koçbeker ve Uslu (2018) KBRN afetlerinin çiftlik hayvanlar üzerindeki etkisini, beslenme ve tahliye rotalarını değerlendirmiştir. KBRN olaylarını mühendislik eksenin ele alan çalışmalara da literatürde yer verilmiştir. Ekinci (2019) savunma ve sığınma yapılarının durumunu KBRN afetleri açısından sorgulamıştır.

Literatür incelemesinde anlaşılacağı üzere KBRN afetleri ile ilgili literatürün henüz olgunlaşmadığı görülmektedir. Yurt dışı kaynaklı çalışmaların sayının daha fazla olmasına rağmen genelde operasyonel odaklı ve KBRN afetleri yönetiminde sadece belli unsurları içeren karar destek sistemlerini içerdikleri görülmektedir. Türkiye'de yapılan çalışmaların ise genelde afet anının yönetimi ve sonrasındaki etkilerin değerlendirilmesi odaklı olduğu belirlenmiştir. Her ne kadar risk analizi çalışmaları da literatürde yer alsın da, bir bilişim sistemi veya karar destek sistemi modeli sunan çalışmaların bulunmadığı anlaşılmıştır. Bu bağlamda Türkiye özelinde sunulacak bir karar destek sistemi mimarisini içerebilecek bir çalışmanın eksikliği söylenebilir. Çalışmamızda bu eksikliği hem literatür hem de uygulama açısından kapabilecek bir sistematik model önerisi sunulması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın konusu; kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer afetleri yönetmek için bir karar destek sistemi modeli önerisi şeklinde belirlenmiştir. Sunulacak model dünyadaki karar destek sistemleri uygulamaları incelenerek oluşturulacak, doğrulanması ve geliştirilmesi amacıyla kullanıcı odaklı yazılım geliştirme metodolojilerinden hızlı uygulama geliştirmeden (Rapid Application Development) faydalanacaktır.

Çalışmada öncelikle KBRN afetleri ile ilgili temel tanımlar sunulacak, sonrasında karar destek sistemi modeline ulaşmak için gerekli yöntem ve son kısımda ise elde edilen KBRN modeli ile ilgili tartışma ve yorumlar, gelecek çalışmalar ile birlikte sunulacaktır.

Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer afetler

Afet olgusu tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önem arz eden ve büyük kayıpların gerçekleşmesi adına bazı önlemlerin alınmasını zorunlu kılan konuların en başında gelmektedir. Buradan yola çıkarak afet; insan hayatını büyük çapta ve olumsuz yönde etkileyen, toplumlarda maddi ve manevi büyük yıkımlara sebep olan bunların yanı sıra devlet yapılarını da sosyo ekonomik bakımdan bir hayli zorlayan insandan kaynaklı veya doğal kökenli olaylardır (Ergünay, 2009: 3). Tanımdan da anlaşılacağı üzere afetler doğal ve insandan kaynaklı olarak iki şekilde gerçekleşmektedir. İnsandan kaynaklı afetler teknoloji ve şiddet kökenli olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu tür afetler kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer tehdit maddelerinin kullanıldığı alanlarda bilinçli ya da bilinçsizce yapılan hatalar sonucunda oluşmaktadır. Dolayısıyla KBRN afetleri; kimyasal, biyolojik, radyolojik ve yönetimini sağlayabilecek kullanışlı ve verimli bir yazılım maalesef bulunmamaktadır. Ayrıca Türkiye'nin jeopolitik konumu ve yaptığı yatırımlar dikkate alındığında KBRN afetleri riskinin de artacağı söylenebilir. Bu

nükleer tehdit maddelerinin kasıtlı ya da kasıtsız yayılımı sonucunda büyüyerek afete dönüşmesi ile oluşan tüm canlılara ve çevreye zarar veren olaylardır (Özceylan Aubrecht ve Coşkun, 2014: 4). Burada sözü geçen 4 temel tehdidi tek tek ele alarak açıklamak uygun olacaktır.

Kimyasal tehditler, toksik özelliği taşımaktadır. Tahrir edici, yakıcı, felç edici veya öldürücü etkileri vardır ve deri, solunum veya sindirim sistemi yoluyla insan vücuduna girebilmektedir. Ayrıca bu maddeler katı, sıvı ya da gaz şekilde de bulunabilmektedir. Kimyasal savaş ajanları, toksik endüstriyel kimyasallar ve evsel kimyasallar şeklinde çeşitleri görülmektedir (MEB, 2011).

Biyolojik tehditler; insanlar, hayvanlar ve bitkiler üzerinde her türlü hastalık yapıcı, zehirleyici veya ölümcül özellikleri bulunan canlı organizma türlerinin oluşturduğu tehditlerdir (Özceylan Aubrecht ve Coşkun, 2014: 3). Biyolojik tehlikelere bağlı bir diğer kavram ise biyolojik ajanlardır. Biyolojik ajanlar canlıları öldürmek ya da hasta etmek amaçlı hazırlanan, içerisinde zehir bulunan organizmalardır ve türleri bakteri, toksin ile virüstür (AFAD, 2015).

Bir atom çekirdeğinin kararsız durumdan daha kararlı bir duruma geçerken elektromanyetik dalga veya parçacık şeklinde enerji yayılmasına radyasyon (ışınım) denir (Ocak, 2014: 5). En genel anlamıyla radyasyon, aktarılan enerji olarak da tanımlanabilmektedir. Radyasyon iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan şekilde iki kategoriye ayrılmaktadır (TAEK, 2018). Buradan yola çıkarak radyolojik tehlikeler ise, radyasyonun çevreye ve canlılara zarar vermesine sebep olan tehditlere denmektedir.

Nükleer kavramının oluşmasını sağlayan iki temel yapı vardır. Bunlar; "Fisyon" ve "Füzyon" olarak isimlendirilmektedir. Fisyon, "madde atomlarının parçalanması" Füzyon ise "iki ayrı atomun birleştirilmesi" ile oluşmaktadır. Bu sırada ortaya çıkan bir enerji söz konusudur ve buna "Nükleer Enerji" denmektedir (AFAD, 2015). Nükleer tehditler, nükleer enerjilerin açığa çıkmasıyla oluşan basınç dalgası, ölümcül radyasyon ve yüksek ısı gibi durumların gerçekleşmesiyle meydana gelmektedir (TAEK, 2018). Nükleer tehlikeler; nükleer patlamalarda, nükleer enerji üretim veya depolama tesislerinde, nükleer yakıt veya atık maddeler nakliyatında meydana gelen kazalar veya sızıntılar sonucunda çevreye yayılan radyasyonun oluşturduğu tehditlerdir (Özceylan Aubrecht ve Coşkun, 2014: 4).

Bu dört kavramın ne derece tehlikeli ve zarar verici olduğu göz önünde bulundurulursa olası KBRN afetlerine karşı halkı maddi ve manevi olarak koruyabilmek adına devletin kurum ve kuruluşlarını organize ederek, hazırlanacak acil durum planlarına ve bilişim alt yapısıyla karar desteğine büyük oranda ihtiyacı bulunmaktadır (Steinhausler, 2015). Bu planlar hazırlanırken çeşitli senaryolar göz önünde bulundurulmalı, yönetime katkı sağlayabilecek her türlü kuruluşlardan veriler elde edilmeli ve geçmişte yaşanan olaylar dikkate alınmalıdır. Bu işlemlerin tümü en etkili şekilde karar destek sistemleri gerçekleştirmekte ve topladığı verileri analiz ederek uygun raporları uzmanlara sunmaktadır. Böylece olası bir afet ile karşılaşıldığında KBRN uzmanlarına kritik kararın alınması aşamasında sunacağı raporlar ile oldukça ışık tutacak, karar desteği sağlayarak ve yapılacak eylemlerin netleşmesini de kolaylaştıracaktır. Dünyada ARGOS, RODOS, CATO ve HAZUS-MH ALOHA gibi KBRN karar destek sistemleri de bulunmaktadır (BaşarSoft, 2018; Bouabid, 2002; Hoe vd., 2009; Jensen, 2014; The European Community's Seventh Framework Programme, 2013).

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi KBRN tehditlerine karşı önlemler almak ve bu tür afetleri etkin bir şekilde yönetmek önem arz etmektedir. Özellikle son dönemlerde çevremizde yaşanan savaşlar, ülkemizde büyük sanayi tesislerinin kurulması, ülkemizdeki nükleer enerjiye yapılan yatırımlar ve komşu ülkelerde yaşanan yüksek nükleer yatırımların coğrafi yakınlık derecesi nedeniyle ülkemizi olumsuz etkileyebilecek olması gelecekte bu tip vakalarla karşılaşma riskini arttırmakta ve önlem alınmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca KBRN afet yönetimi epey kapsamlı ve karmaşık bir yapıya sahip olduğu için iyi ve etkin bir yönetim sağlamak ve önlemleri doğru belirleyebilmek için bilişim alanından mutlaka yararlanılması gerekmektedir.

Yöntem ve KBRN karar destek sistemi önerisi

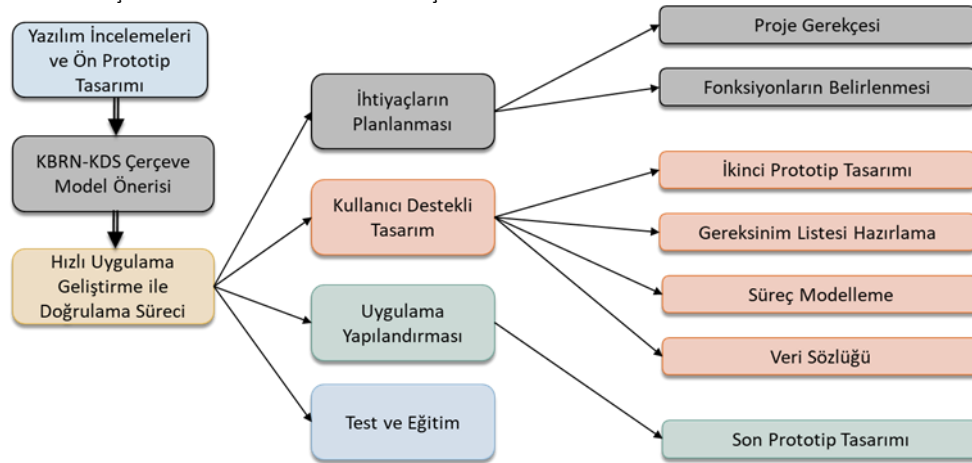
Ülkemizde halihazırda aktif olarak karar destek sistemi olarak AYDES Yazılımı kullanılmaktadır. Ancak bu yazılım daha çok doğal afetler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu nedenle KBRN afet olaylarına özel ve bu afetlerin etkin

gerekelere binaen hazırlanan bu çalışmadan bir model önerisi ve mantıksal tasarımın sunulması amaçlanmaktadır.

Model geliştirilirken son kullanıcı istekleri ön plana konulması amaçlanmaktadır. Fakat Türkiye'de henüz büyük boyutta gerçekleşen KBRN

afetinin olmaması ve şu anki afet yönetim sistemlerinin bu alanda yetersiz olması, araştırmaya dahil olacak kullanıcıların olası model ile ilgili bilgi ve deneyim eksikliği öneri üretmede sıkıntı oluşturabileceği düşünülmüştür. Bu bağlamda kullanıcılara dünyada bu alandaki başarılı yazılımlardan elde edilebilecek bir ön model ile ulaşmak ve bu model üzerinden tartışarak

aşama aşama son model geliştirmek uygun bir yol olabilir. Bu amaç doğrultusunda hızlı uygulama geliştirme yazılım geliştirme yaklaşımı tercih edilmiş ve aşağıdaki şekil 1'de sunulan metodolojini çalışmanın geri kalanında kullanılmıştır.



Şekil 1. Model önerisinde izlenecek yol haritası

Yöntemin ilk aşamasında dünyada bu alandaki önemli yazılımlar ve Türkiye'deki AYDES yazılımı incelenerek yazılımlarda olması gereken fonksiyonlar belirlenip, alan uzmanlarına bu listenin doğrulanması amaçlanmaktadır. İkinci aşamada bu fonksiyonları gerçekleştirecek Karar Destek Sistemi çerçeve modeli sunulması düşünülmektedir. Son kısımda ise modelin doğrulanması amacıyla hızlı uygulama geliştirme metodolojisi, kullanıcılar tarafından her aşamada kontrol sağlayabileceği için tercih edilmiştir. Her üç aşamada da alan uzmanlığına başvurulacak kullanıcılar Sakarya ve Kocaeli AFAD bünyesinde çalışan uzmanlardan seçilmiştir. Her aşamada uzman sayısı, uzmanlara ulaşılma durumlarına bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, kullanıcı doğrulama aşamaları minimum 4 ve maksimum 6 uzman tarafından çeşitli zamanlarda gerçekleştirilmiştir.

Yazılım İncelemeleri ve Ön Prototip Tasarımı

Dünyada KBRN afetleri ile yazılımların incelenmesi özellikle hangi fonksiyonel birimler yazılıma dahil edilmesi gerektiğinin belirlenmesinde önem arz etmektedir. Bu bağlamda dünyada bu alandan başarısını kanıtlamış (Bouabid, 2002; Hoe vd., 2009; Jensen, 2014; The European Community's Seventh Framework Programme, 2013) "ARGOS" (Danimarka DEMA), "CATO" (Avrupa Topluluğu), "H-MH-ALOHA" (Amerika FEMA) ve son olarak "RODOS" (Avrupa Komisyonu) yazılımları incelenerek Tablo 1 deki bilgiler elde edilmiştir. Tabloya aynı zamanda Türkiye'deki AYDES yazılıma mevcut durumu ortaya koymak adına eklenmiştir.

Tablo 1. KBRN yazılımları fonksiyonel birimleri

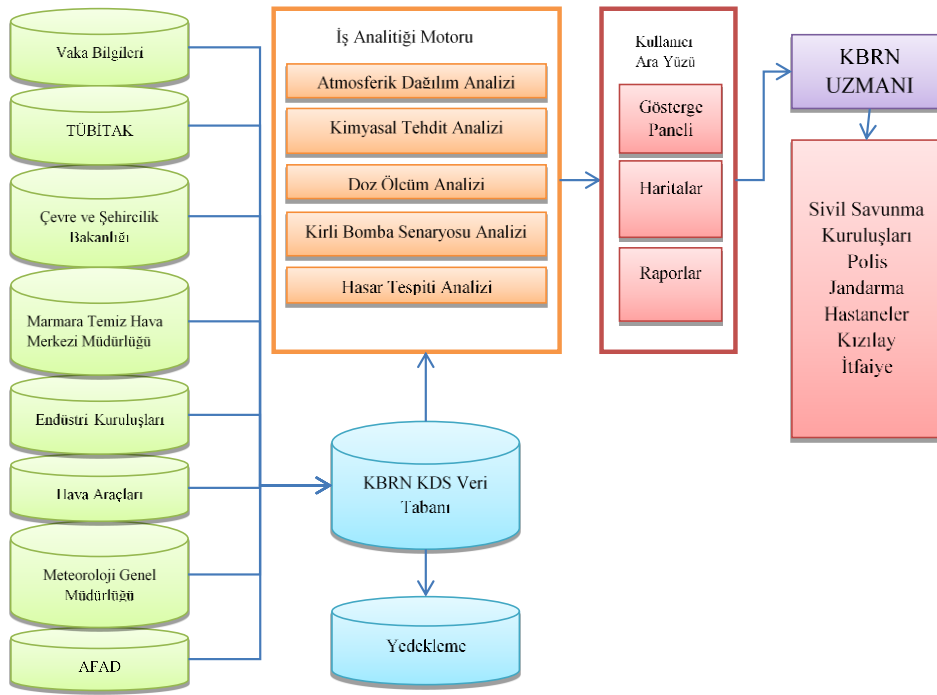
Fonksiyon	ARGOS	CATO	H-MH ALOHA	RODOS	AYDES
Olay Kaydı	✓	✓	✓	✓	✓
Arşiv	✓	✓	✓	✓	✓
Kullanıcı	✓	✓	✓	✓	✓
Veri İzleme	✓	✓ (Kismen)	✓ (Kismen)	✓ (Kismen)	✓ (Kismen)
Analiz	✓	✓ (Kismen)	✓ (Kismen)	✓ (Kismen)	✓ (Kismen)
Haritalar	✓	✓	✓	✓	✗
İletişim	✓	✓	✓	✓	✓
Tehlikeli Madde Rehberi	✓	✓	✓	✓	✗

Bu yazılımlardan ARGOS, RODOS ve CATO direkt olarak kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer afetler üzerine odaklıdır. HAZUS-MH ALOHA ise HAZUS yazılıma eklenmiş bir ek program şeklindedir. Tablo 1'de CATO, HAZUS-MH ALOHA ve RODOS yazılımları radyolojik afet durumunda Doz Ölçüm Analizi (Dose Measurement Analysis) alanında veri izleme ve analiz faaliyetleri gerçekleştirilmemektedir. HAZUS-MH ALOHA yazılımı ayrıca biyolojik tehditlerden kirli bomba senaryolarını modele dahil etmemiştir. AYDES yazılımında ise sadece CBS verileri izlenirken, analiz olarak sadece hasar tespiti gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada model içerisine dâhil edilmesi gerekli olan fonksiyonlar belirlenmiştir. Sonrasında belirlenen fonksiyonlar çerçeve model önerisine geçmeden doğrulanması amacıyla Sakarya ilinde Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığında (AFAD) çalışan 4 uzmana sunulmuştur. Uzmanlara yazılımın içerebileceği fonksiyonlar kâğıt üzerinde ve işlevsel olmayan sadece görsellerden oluşan bir tasarımla gösterilerek anlatılmıştır. Bu tasarım sırasında sadece resimlerden oluşan alt sayfalar hazırlanırken, temel amaç işlevleri göstermek olduğundan görsel tasarıma öncelikli olarak odaklanılmamıştır.

KBRN karar destek sistemi çerçeve model önerisi

Karar destek sistemleri genelde üst seviye yöneticilere hitap eden bir bilişim sistemidir (Laudon ve Laoudon, 2017). Fakat ortaya konması düşünülen KBRN-KDS alanda çalışacak her kademede çalışan hitap etmelidir. Bu anlamda KDS yetkinliklerini alt kademelere yayan iş zekâsı (Sharda, Delen ve Turban, 2014) yaklaşımı çalışmada temel olarak alınmış ve çerçeve modeli bu bağlamda Şekil 2'deki gibi önerilmiştir.

Hazırlanan KBRN-KDS modeli iş zekâsı metodolojisinin yapısına uygun şekilde hazırlanmış olmakla birlikte, İş Zekâsı çerçeve modellerine dâhil olan işletme performans yönetimi bileşeni kamu kuruluşlarından performans göstergeleri elde edilemediği için bu modele dâhil edilmemiştir. Ayrıca model içerisindeki İş Analitiği motorunda yer alan fonksiyonlar ön prototip sunumu sırasında uzmanlar tarafından yapılan geri dönüşler ile belirlenmiştir.



Şekil 2. KBRN KDS çerçeve modeli

Bu modelde, ilk aşama dış birimlerden ilgili verilerin toplanması, sistemin kendi veri tabanına alınması ve herhangi bir olumsuz duruma karşı bu verilerin yedeklenmesinden oluşmaktadır. İkinci aşamada veri tabanındaki bu verilerden yararlanarak yapılan analiz işlemleri yer almaktadır. Üçüncü aşama ise bu analizler sonucunda hazırlanan raporlar, gösterge panelleri ve haritalar gibi özellikler şeklinde KBRN uzmanlarına çıktılar sunmaktadır. Daha sonrasında da elde edilen bu çıktılar ışığında KBRN uzmanları ilgili yanıt birimlere yönlendirmeler yapabilmektedir.

Hızlı uygulama geliştirme ile doğrulama süreci

Sunulan model sadece uzman görüşleri ve incelenen beş yazılım mimarisine göre iş zekâsı çerçevesinde sunulmuştur. Modelin doğrulanması, uygulama alanı dikkate alındığından önem arz etmektedir. Modelin doğrulanması için, modelin çalışabilirliğinin ispatlanması amaçlanmış ve bu bağlamda ayrıntılı mantıksal tasarım oluşturulmuştur. Bu tasarım oluşumunda son kullanıcıların hem tasarım sürecine dâhil olması hem de her aşamada çıktılarının doğrulanması amacıyla (Valacich, George ve Hoffer, 2014) Hızlı Uygulama Geliştirme (HUG) metodolojisi tercih edilmiştir. HUG metodolojisi yazılım geliştirme amacıyla uygulanan ve süreçlerin mümkün olduğunca hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini destekleyen yöntemler bütünüdür. Bu yöntemde en önemli kavramlar hız, kalite ve düşük maliyet olarak belirlenmiştir. Bu yöntemde kullanıcılar büyük önem taşımakta ve mutlaka sürecin içerisine dâhil edilmektedir. Evrimsel prototipleme adıyla da bilinmekte olan bu yöntem dört temel aşamadan oluşmaktadır (Shelly ve Rosenblatt, 2011). Bu aşamalar; ihtiyaçların planlanması, kullanıcı destekli tasarım, yapılandırma ve uygulamaya geçiş şeklinde sıralanmaktadır. Her aşamaya uygun şekilde tasarım yapılmış ve alt başlıklar olarak içerikleri açıklanmıştır.

İhtiyaçların planlanması

İhtiyaç planlaması işlemi 2 ana faaliyetten oluşmaktadır. İlk aşamada proje gereksinimi doğru şekilde oluşturulmalıdır. Uzman görüşmelerinden ve AYDES yazılımı incelemelerinden anlaşılacağı üzere KBRN afetlerini yönetmeye destek olacak efektif bir karar destek sistemi ihtiyacı belirlenmiştir. İkinci faaliyet alanında ise ihtiyaçlar belirlenmelidir. Bu kısım ön görüşme esnasında kısmen de olsa gerçekleştirilmiş ve karar destek sistemi modeli çerçevesinde de belirtildiği üzere temel fonksiyonlar öngörülmüştür.

Kullanıcı destekli tasarım

Kullanıcı destekli tasarım aşamasında, KBRN-KDS sistemini kullanacak AFAD uzmanlarına site içerisinde gezinmeye imkân veren, kısmi işlevsel bir tasarım sunulması ile başlar. Bu tasarım tamamen uzman görüşleri ve yazılım incelemeleri esas alınarak gerçekleştirilir. Sonrasında kullanıcılar yazılım karşısında zaman geçirip öneriler sunarak temel fonksiyonların alt bileşenlerini belirleyebilirler. Bu aşamada yazılım tarayıcı bağımsız çalışan bir web arayüzü olarak kullanıcılara sunulmuştur ve yazılım incelemesi Sakarya ve Kocaeli AFAD bünyesinde çalışan 6 kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. Yazılımın kullanıcılar tarafından kullanılıp geri dönüşler yapılması ile birlikte gereksinim listeleri oluşturulmuştur. Gereksinim listesi her bir yazılım sekmesinden hangi işlevlerin yerine getirilmesi gerekliliği sunan bir tablodur. Tablo 2'de gereksinim listesini örnekleyen bir kısım sunulmuştur.

Tablo 2. Gereksinim listesi örneği

Fonksiyon	Gereksinim	Gereksinim Kaynağı
Olay Kaydı	Olay kaydı yapılırken olaya müdahale şekli belirtilmelidir.	Yazılım incelemesi (ARGOS, CATO, RODOS, AYDES)
Olay Kaydı	Olay kaydı sırasında yer bilgileri ve atanan ekip bilgileri girilmelidir.	Sakarya KBRN Uzmanı
Olay Kaydı	Olay kaydı sırasında hangi saatte olayın başladığı ve biteceği girilmelidir.	Kocaeli KBRN Uzmanı
Fonksiyon	Gereksinim	Gereksinim Kaynağı
Tehlikeli Madde Rehberi	Tehlikeli madde rehber verileri AFAD kuruluşundan alınmalıdır.	Kocaeli KBRN Uzmanı
Veri İzleme	Hava araç verisi giriş ekranı içermelidir.	Yazılım incelemesi (ARGOS, CATO, RODOS, H.MH-ALOHA)

Gereksinim listesi oluşturulurken öncelikli yazılım incelemelerinden bir liste oluşturulmuş, sonrasında ise bu liste uzmanlar ile güncellenmiştir.

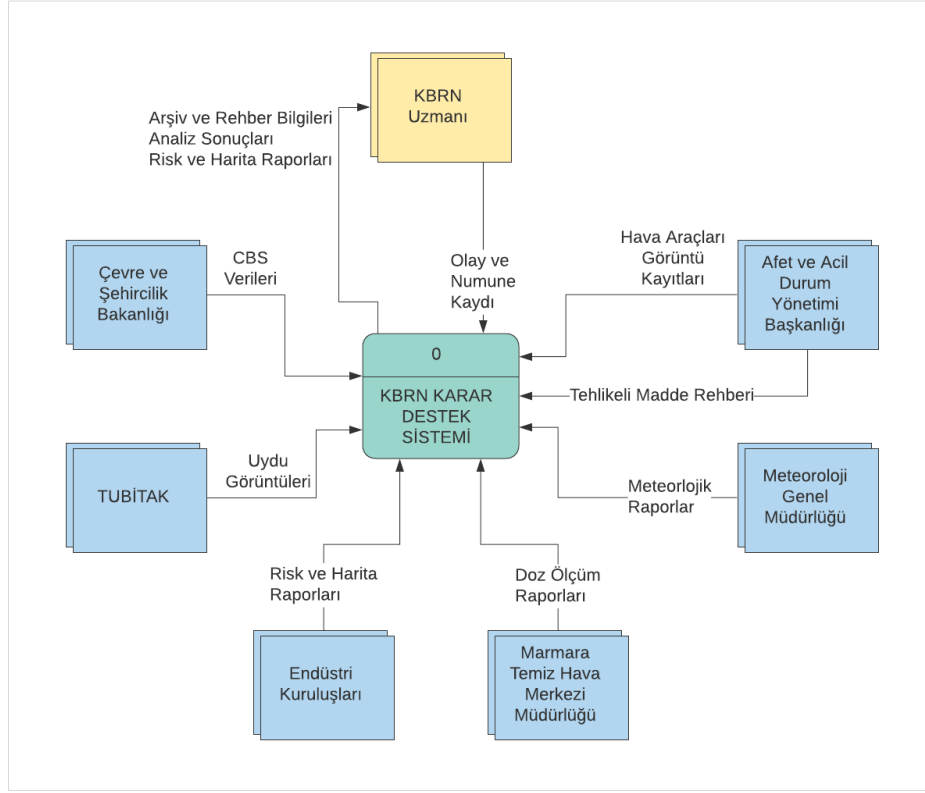
Kocaeli ve Sakarya'daki uzmanlar listeye eklemeler, değiştirmeler ve çıkarmalar gerçekleştirmiştir. Tablo 2'de yer alan fonksiyonlar ilk prototip

tasarımında belirlenirken, gereksinimler ise ikinci prototip tasarımı sonrasında oluşturulmuştur. Yazılım için 7 fonksiyonel birimde (Kullanıcı, Olay Yönetimi, Tehlikeli Madde Rehberi, İletişim, Veri İzleme, Haritalar, Analiz) toplam 111 gereksinim belirlenmiştir. Tablo 2 bu gereksinimlerin listelerde tutulması ile ilgili bir örnek olarak gösterilmiştir.

Kullanıcı kaydı için sonraki aşama sistem fonksiyonları için süreç modelleme yapmaktır. Bu bağlamda fonksiyonel birimler karşılanması gereken ihtiyaçlara binaen veri akış diyagramları yardımıyla modellenmiştir.

Veri akış diyagramları en az 3 seviyede (Bağlam, Ebeveyn (Seviye 0) ve Çocuk (Seviye n)) modelleme yapmaktadır.

Bağlam diyagramı sistemin en temel halini temsil etmektedir. Burada sisteme dâhil edilen verilerin hangi kurum ile kuruluşlardan alındığı ve alınan verilerin işlenerek çıktı olarak kimlere sunulduğu ile ne şekilde sunulduğu bilgisi yer almaktadır. Şekil 3'te bağlam diyagramı modellenmiştir.

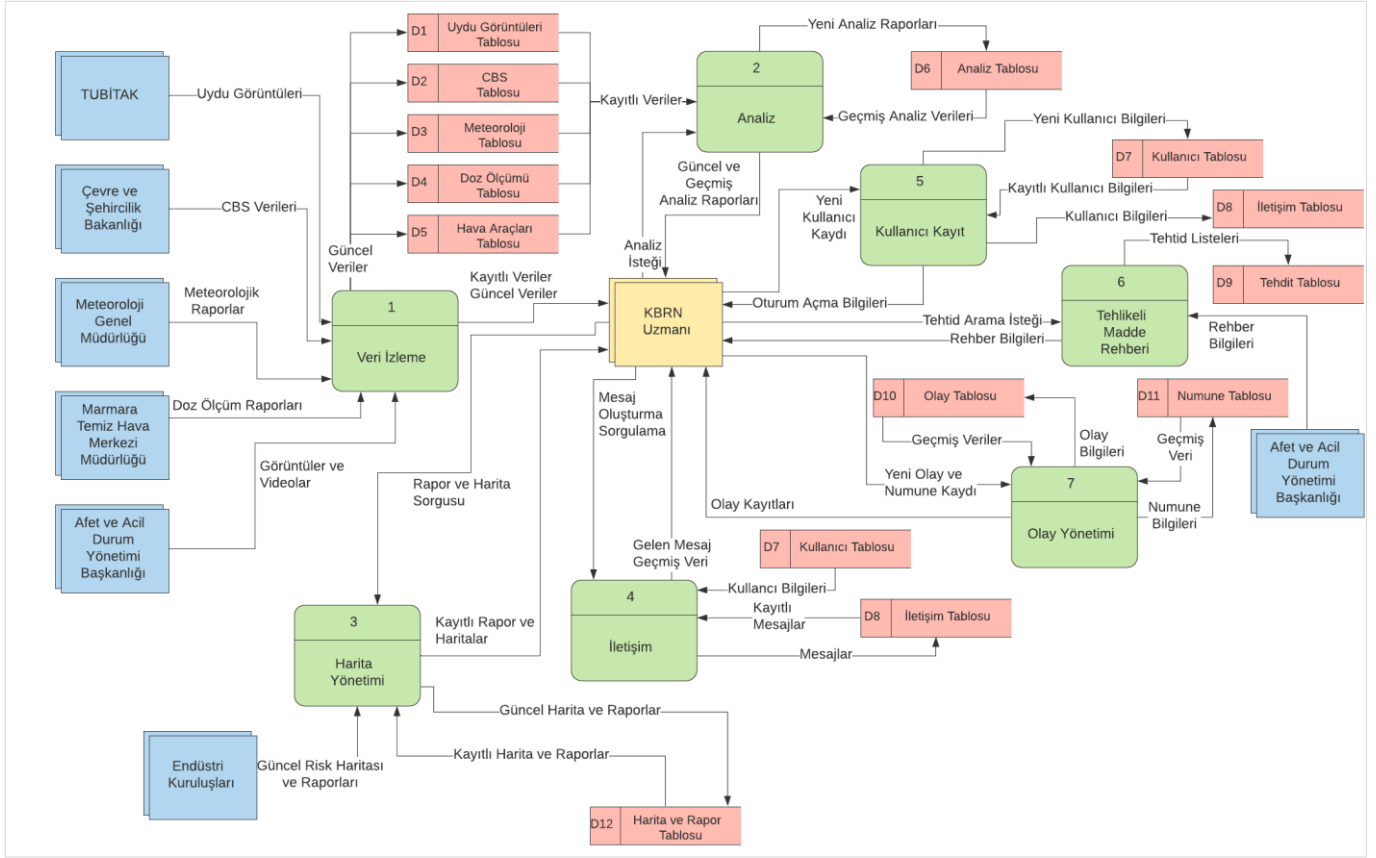


Şekil 3. Sistemin bağlam diyagramı

Bağlam diyagramında önerilen sistem bir model olarak sunulur. Burada uzman görüşleri ışığında, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, AFAD, Meteoroloji Genel

Müdürlüğü, TÜBİTAK, Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü verileri ile birlikte bazı endüstriyel kuruluşlardan alınan risk haritası verileri sistemde veri kaynağını oluşturmaktadır. Sistemin temel dış varlığı KBRN uzmanları da hem gerçek zamanlı veri girişi yapabilirken, hem de sistemi karar destek ve operasyonel işlerin yürütülmesi amacıyla kullanabilirler.

İkinci aşamada çizilmesi gereken diyagram Ebeveyn diyagramı olarak adlandırılır. Bu ekranda KBRN-KDS içerisindeki her bir modül tasarlanmalı ve bu modüller arasındaki bağlantılar bağlam diyagramı ile çelişmeden sunulmalıdır. Aşağıdaki Şekil 4'te KBRN-KDS sistemine ait Ebeveyn Diyagramı sunulmuştur.

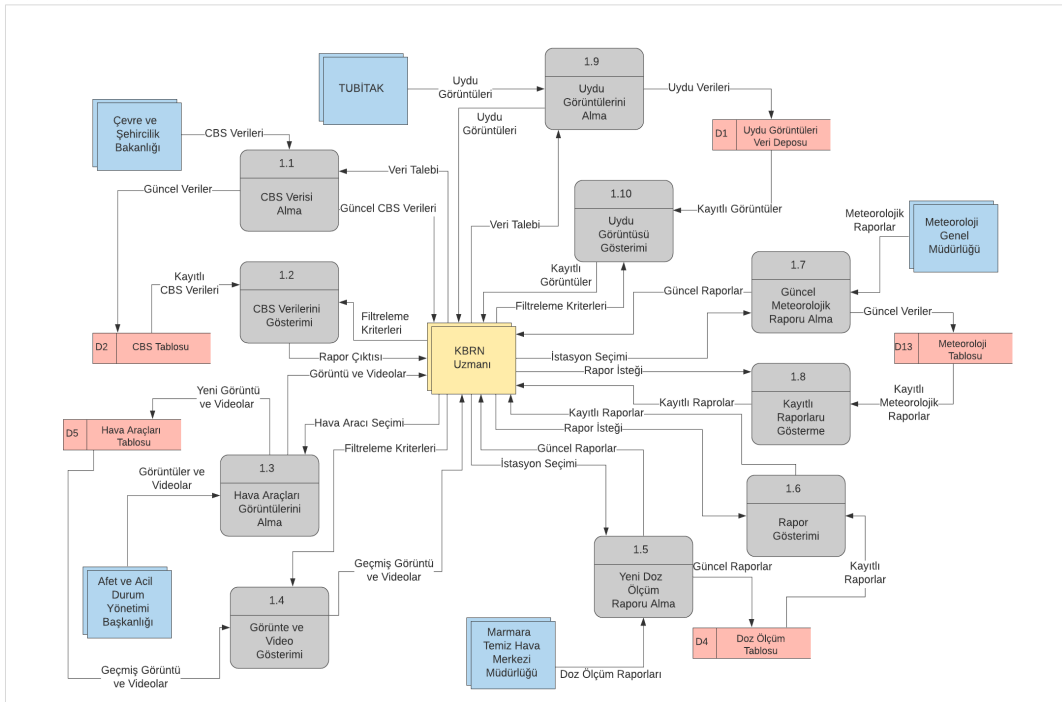


Şekil 4. KBRN-KDS ebeveyn diyagramı

Şekil 4'ten de anlaşılacağı üzere sistemin 7 temel modülü bulunmaktadır. Diyagramda her bir modülün diğer modüller ile etkileşimi tasarlanan veri tabloları (veri deposu) ile birlikte sunulmuştur. İletişim ve kullanıcı kayıt modülleri gerçek veri işleyen ve kullanıcılar arasındaki iletişimin zorunluluk olduğu yazılımda olması gereken unsurlardır. KBRN-KDS sistemine özgün olarak sunulan modüller olan veri izleme, analiz, tehlikeli madde rehberi, olay yönetimi, harita yönetimi modüllerinin işleyişleri çocuk diyagramları ile birlikte anlatılacaktır.

kullanımı için arşivlemektir. Bu modülle KBRN afetlerini yönetmek için gerekli bütün dış verileri temin edilir. Coğrafi bilgi sistemi verileri, uydu ve hava aracı görüntüleri, doz ölçüm raporları ve meteorolojik kayıtlar temel dış veri kaynaklarını oluşturur. KBRN uzmanı ise veri izleme süreçlerinden çeşitli filtreler ile verileri görüntüleyebilir. Dış verilerin özellikle karar destek sistemleri için çok önemli olduğu düşünüldüğünde (Laudon ve Laudon, 2017), veri izleme modülü KBRN-KDS sisteminin en kritik unsurlarından birisi olduğu söylenebilir. Veri izleme modülü dış kaynaklar, veri depoları ve yürütülen süreçler ile birlikte şekil 5'teki çocuk diyagramı üzerinde görselleştirilmiştir.

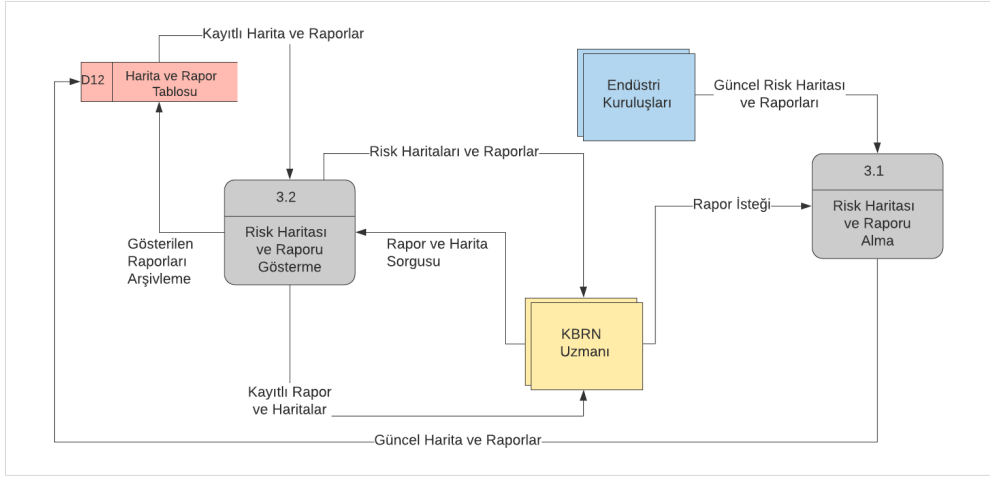
Veri izleme modülünün temel görevi dış kaynaklardan verileri alarak operasyonel sistemlere göndermek ve bu verileri KBRN uzmanlarının



Şekil 5. Veri izleme modülü çocuk veri akış diyagramı

Şekil 6’da ise Harita Yönetimi modeline ait çocuk veri akış diyagramı sunulmuştur. Harita yönetimi modülü ile endüstriyel kuruluşlardan elde edilen Risk haritası ve raporlarının kataloglandırılması ve KBRN uzmanlarına

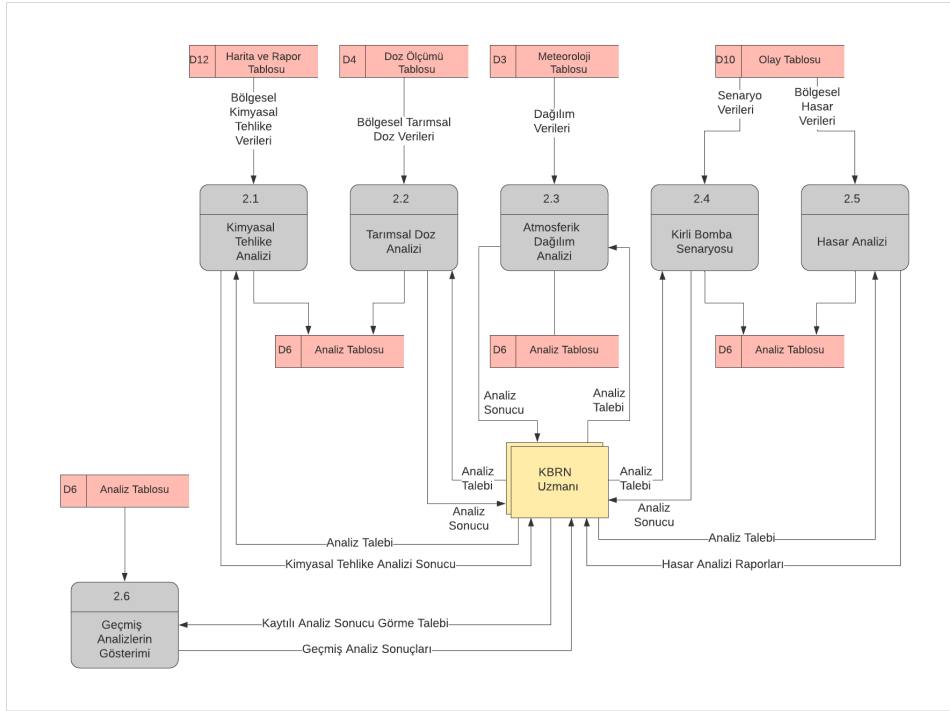
sunulması ile ilgilidir. KBRN uzmanları afet öncesi planlama ve afet anında tepki adımlarında bu haritalardan yardım alarak karar oluştururlar.



Şekil 6. Harita yönetimi çocuk veri akış diyagramı

Analiz modülünde ise KBRN afetleri operasyonel düzeyde afet anında yönetime gerekli analizleri görselleştirme araçları ile sunarken, kirli bomba senaryosu ve atmosferik dağılım raporları ile de afet öncesi planların oluşturmasına yardımcı olacak öngörücü destek analizlerini oluşturabilir. Bu

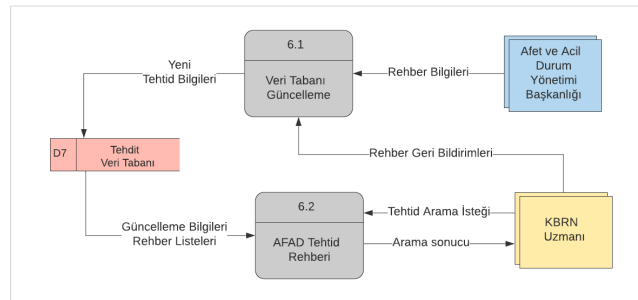
modül genelde diğer modüller tarafından elde edilen ve işlenen verileri kullanır. Ayrıca KBRN uzmanları isterlerse bu modül üzerinden daha önceden oluşturulmuş analiz raporlarına da ulaşabilmektedir. Şekil 7’de Analiz modülüne ait çocuk veri akış diyagramı sunulmuştur.



Şekil 7. Analiz çocuk veri akış diyagramı

KBRN-KDS sistemi içerisindeki önemli bir modül ise Tehlikeli Madde Rehberi’dir. Bu modül direkt olarak AFAD tarafından oluşturulan bilgilendirme dokümanlarından oluşmaktadır. Şekilde 8’de gösterildiği üzere

Rehber direkt olarak AFAD tarafından oluşturulsa da operasyonel faaliyetler sırasında elde edilen bilgiler ile de güncellenebilmektedir. Bu modül bir KBRN olayı ile karşılaşıldığında uzmanlara gerekli ön bilgiyi sunmaktadır.

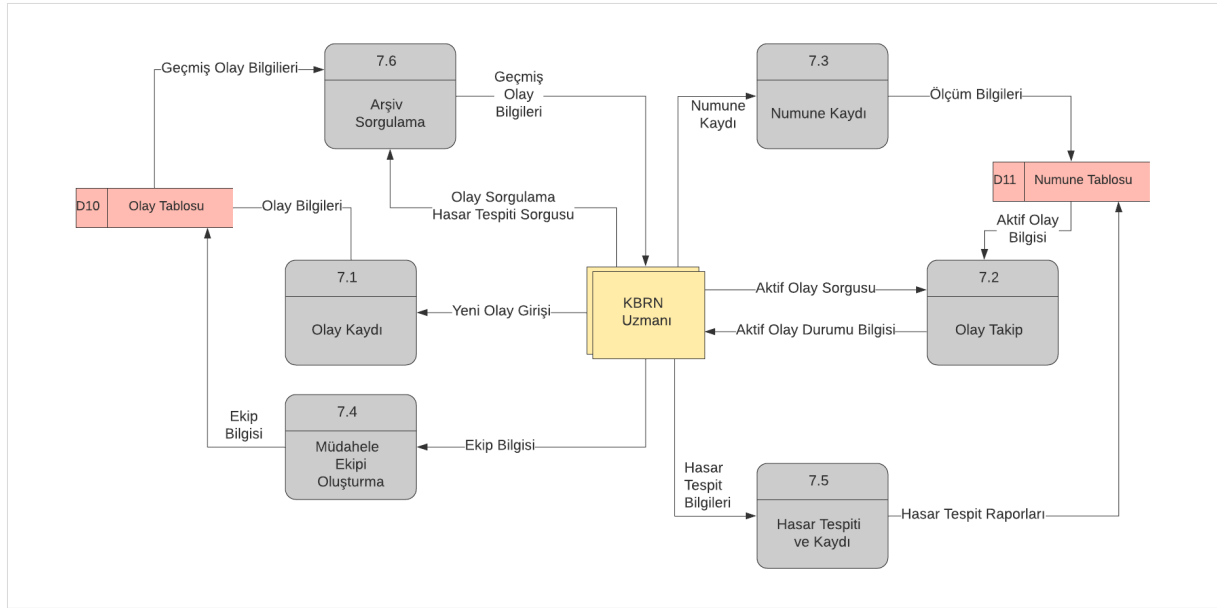


Şekil 8. Tehlikeli madde rehberi çocuk veri akış diyagramı

KBRN-KDS sistemine özgün son modül ise Olay Yönetimi alt sistemidir. Şekil 9’da bu sisteme ait çocuk veri akış diyagramı sunulmuştur. Bu modül

içerisinde yürütülen temel görevler sırasıyla; olay kaydı oluşturma, numune kaydı yapma ve müdahale ekibi atamaktır. Bu bağlamda KBRN-KDS

içerisinde direk operasyonel amaçlar ile kullanılır.



Şekil 9. Olay kaydı çocuk veri akış diyagramı

Çocuk diyagramı oluşturulduktan sonra modüllerin iş akışı sırasında oluşturulan veri tablolarının tasarımını mümkün kılacak veri sözlükleri oluşturulmalıdır. Oluşturulan geniş kapsamlı tablo uzmanlar tarafından doğrulanarak sözlüğe aktarılmıştır. Veri sözlükleri oluşturma HUG yaklaşımında mantık modelleme öncesinde süreç modellemenin doğrulanması ve veri tabanı modellemesine temel oluşturması amacıyla tercih edilir. 12 veri tablosuna ait veri sözlükleri oluşturularak bu tabloların çalışabilirliğinin doğrulanması gerçekleştirilmektedir.

Veri sözlüklerinde her bir veri tablosu adı, içeriği ile ilgili açıklamaları ve tablo alanlarına ait bilgileri vermektedir. Tablo alanlarında bazı operatörler

ile alan ile ilgili ek bilgiler de sunulur. Veri sözlüğünde alan adının sonunda kalan "*" ifadesi alanın birincil anahtar olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte "+" ifadesi "VE" operatörüne, "{}" tekrar edilebilir ifadeler için kullanılmakta, "()" operasyonel elemanlar için kullanılmakta ve "[]" ise VE/VEYa durumlarında tercih edilmektedir.

Tablo 3'te Olay ve Numune tablolarına ait veri sözlükleri örnek olarak verilmiştir.

Tablo 3. KBRN-KDS olay ve numune tabloları veri sözlükleri

Veri Tabanı No	Veri Deposu Adı	Açıklama	Tablo Alanları
10	Olay	Daha öncesinden kaydedilen ve arşivlenen olay bilgilerinin listesini içerir.	* Olay No+ Olay Tanımı+ Tehlikeli Madde Türü{ Ölçüm Bilgisi+ Müdahale Ekip Bilgisi{ Müdahale Şekli{ Varlıklar+ Sonuç{ HT Bölge Adı{ İl Adı{ İlçe Adı{ Hasarlı Yer Adresi{ Hasar Oranı+
11	Numune	Daha öncesinden kaydedilen ve arşivlenen numune bilgilerinin listesini içerir.	*Numune No+ Numune Türü+ Numune Alım Yeri{ Numune Alan Kişi Bilgisi{ Numune Alım Tarihi+ Numune Alım Saati+ Gönderildiği Kurum Adı{

Kullanıcı destekli tasarımın tamamlanması için her bir sürecin mantık modellemesinin yapılması ve varlık ilişki diyagramları yardımıyla mantıksal ve fiziksel veri tabanı tasarımının tamamlanması gerekmektedir. Çalışma içerisinde HUG yaklaşımı bir yazılım geliştirmek için değil KBRN-KDS modelinin doğrulanması amacıyla tercih edildiğinden mantık modelleme ve veri tabanı tasarımı yöntem içerisine dahil edilmemiştir.

Uygulama Yapılandırma;

HUG yaklaşımının bu aşamasında mantıksal tasarımların uygulamaya dökülerek kodlanması amaçlanmaktadır. Bu çalışma içerisinde temel amaç model sunumu olduğundan tam işlevsel bir uygulamaya ulaşmak mümkün olmamıştır. Fakat mantıksal tasarım süreçlerinde çeşitli prototip tasarımlar (kısmen işlevsel) KBRN uzmanları ile paylaşarak doğrulama amacıyla kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 10'da bu tip bir prototip tasarımından örnek bir ekran gösterilmiştir.



Test ve Eğitim;

HUG uygulamaları için son aşama test ve eğitimidir. Bu aşamada kullanıcılar tam işlevsel bir yazılım konusunda eğitimler alarak yazılım işlevselliği test ederler. Çalışmamızda tam işlevsel bir yazılım, doğrulama amacı doğrultusunda hazırlanmadığından HUG yaklaşımındaki bu aşama yöntem harici bırakılmıştır.

HUG yöntemi ile kullanıcıların kâğıt üzerindeki ilk tasarımdan son prototipe kadar bütün aşamalarda katılımı sağlanarak ortaya konmak istenen KBRN-KDS modelinin doğrulanması gerçekleştirilmiştir.

Sonuç

Ülkemiz her ne kadar diğer ülkelerde yaşanan büyük çaplı KBRN afetleriyle karşılaşmamış olsa da, son yıllarda çevremizde yaşanan savaşlar, ülkemizde büyük sanayi tesislerinin kurulması, nükleer enerjiye yapılan yatırımlar ve komşu ülkelerde yaşanan yüksek nükleer yatırımların coğrafi yakınlık derecesi nedeniyle KBRN afetleriyle karşılaşma riski ciddi ölçüde artmaktadır. Bu bağlamda olası KBRN afetlerinin yönetilmesi ülkemiz açısından gitgide daha fazla önem arz etmektedir. Afet yönetiminden özellikle planlama ve afet anında tepki aşamalarından KBRN uzmanlarına destek sağlayabilecek bir bilişim sistemi gerekliliği bir zorunluluktur. AYDES ismi ile hazırlanan bilişim sistemi bu amaç doğrultusunda hazırlanmış olsa da KBRN uzmanları ile yapılan görüşmeler sonucunda daha kapsamlı bir bilişim sistemi modeli ihtiyacı belirlenmiştir. Bu ihtiyaca binaen hazırlanan bu çalışmadan bir karar destek sistemi modeli önerisi sunulması amaçlanmıştır.

Kaynakça

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2015). *KBRN Temel Bilgiler*. Ankara.
- Başarsoft. (2018). AYDES Yazılımı. <https://www.basarsoft.com.tr/afet-mudurlukleri>. (01 Mayıs 2019).
- Bouabid, J. (2002). HAZUS, HAZUS-MH and Technological MH and technological hazards. FEMA.1-29.
- Ekinci, C. E. (2019). Savunma ve sığınma yapılarında KBRN tehditlerine karşı betonların zırhlılanması. *Engineering Sciences*, 14(3), 119-153.
- Ekşi, A. (2016). KBRN terörizminde risk değerlendirmesi ve yönetimi. *Journal of International Social Research*, 9(42).
- Ergünay, O. (2009). *Afet yönetimi: genel ilkeler ve tanımlar*. Ankara. 3-31.
- Gheorghita, S., & Căterinciu, N. (2013). Timely detection of outbreaks in the public health surveillance system of the Republic of Moldova. In *Advanced Sensors for Safety and Security* (pp. 75-81). Springer, Dordrecht.
- Hoe, S., P. McGinnity, T. Charnock, F. Gering, J. Schou, H. Lars, S. Havskov, A. Jens, G. Kasper ve P. Astrup. (2009). ARGOS decision support system for emergency management, 12th International Congress of the International Radiation Protection Association. 1-11.
- Jensen, L. (2014). The ARGOS CBRN Information System. Prolog Development Center A/S. 3.61, 1-5.
- Koçbeykan, V., & Uslu, S. (2018, May). Doğal afetler ve KBRN durumunda çiftlik hayvanlarının bakımı, beslenmesi ve tahliye rotaları. In *2nd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, Sakarya University Culture and Congress Center, Sakarya-Turkey 04-06 May 2018*.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2017). *Management information systems*. 15th edition, Prentice Hall PTR.
- Lazna, T. (2018). The visualization of threats using the augmented reality and a remotely controlled robot. *IFAC-PapersOnLine*, 51(6), 444-449.

KBRN-KDS ismi ile önerilen karar destek modeli kullanılabilirliğin ön planda olduğu iş zekası çerçevesi ile hazırlanmıştır. Hazırlanan model dünyadaki alandaki lider yazılımlar ve KBRN uzman görüşleri çerçevesinde şekillendirilmiştir. Özellikle AYDES bünyesinde yer almayan Coğrafi bilgi sistemi bileşeni (risk haritaları) ve uzmanlara destek sağlayabilecek tehlikeli madde rehberi uzmanlar tarafından doğrulanmış yazılım incelemeleri sayesinde modele eklenmiştir. Bununla birlikte veri analizi aşamalarına kirli bomba senaryosu, Atmosferik dağılım analizi, Kimyasal tehdit analizi, Doz ölçüm analizi gibi alan ile doğrudan ilgili komplike yaklaşımlar da dahil edilmiştir. Türkiye özelinde model bünyesine KBRN afetlerinin yönetiminde etkili olabilecek bütün unsurlar (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, TÜBİTAK, AFAD, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü ve Çeşitli endüstriyel kuruluşlar) dahil edilmiştir. Bütün bu unsurlar ile iş zekası çerçevesinde kurgulanmış olan modelin KBRN afetlerinin etkin yönetimi için gerekli operasyonel ve taktik bilişim sistemlerinin gelişiminde katkı sağlayabilecek yaklaşım sunabileceği öngörülebilir. Ayrıca hızlı uygulama geliştirme adımları sırasında elde edilmiş ayrıntılı dokümanlar ile alanda çalışan akademisyenlere ve özel kuruluşlara da yol gösterici olabilir. Bu bağlamda çalışmanın ülkemiz için giderek artan risklere binaen çalışılmasının zorunluluk olduğu bir alana hem teorik hem de uygulamaya yönelik katkı sağlaması düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda her ne kadar model uzmanların geri dönüşleri sayesinde doğrulanabilmiş ise de tam işlevsel bir yazılıma ulaşılamaması özellikle kamu kurumlarının veri gizliliği sayesinde mümkün olmamıştır. Gelecek çalışmalarda geniş kapsamlı ve kamu kuruluşlarının dahil edildiği bir proje ile bu kısıtın aşılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca sadece Sakarya ve Kocaeli’nde çalışan AFAD uzmanlarına ulaşılabilmektedir. Daha fazla uzmana ulaşılarak çalışma geliştirilebilir.

- Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). Kimyasal biyolojik radyasyon ve nükleer (KBRN) tehlikelerde acil yardım 725TTT154. Ankara.
- Ocaktan, E. (2014). *Radyasyon etkileri ve korunma*. Ankara. 5-23.
- Özceylan Aubrecht, D. & E. Coşkun. (2014). Kimyasal, biyolojik, radyolojik, nükleer (KBRN) Afetlere gerçek zamanlı yanıt sağlayacak bir karar destek sistemi modeli, Yönetim Bilişim Sistemleri Kongresi. 49.
- Rainer, K., Sturm, N., Schönhacker, S., & Chroust, G. (2009). SimRad. NBC-simulation and information system for rescue units at CBRN disasters. In *Intelligent Distributed Computing III* (pp. 297-303). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Riccardo, F., Shigematsu, M., Chow, C., McKnight, C. J., Linge, J., Doherty, B., ... & Vaillant, L. (2014). Interfacing a biosurveillance portal and an international network of institutional analysts to detect biological threats. *Biosecurity and bioterrorism: biodefense strategy, practice, and science*, 12(6), 325-336.
- Sharma, R. K. (2010). Chemical, biological, radiological, and nuclear disasters: Pitfalls and perils.
- Shelly, G. B., & Rosenblatt, H. J. (2011). *Systems analysis and design*. Cengage Learning.
- Steinhausler, F. (2015). EU efforts in managing CBRN terror attacks. In *Nuclear threats and security challenges* (pp. 113-122). Springer, Dordrecht.
- Şeşen, Y. (2019). Kültürel mirasımız ve arşiv belgelerimizin afetler ve KBRN tehlikelerine karşı korunması. *Afet ve Risk Dergisi*, 2(1), 32-42.
- The European Community's Seventh Framework Programme. (2013). *CATO: CBRN crisis management architecture, technologies and operational procedures*. Avrupa Birliği.
- Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2014). *Business intelligence and analytics: systems for decision support*. Pearson Higher Ed.

- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi, (2018). Radyasyon Kaynakları ve Radyasyondan Korunma. Ankara.
- Ütük, U. KBRN Tehdit ve Tehlikelerden Kaynaklı Zararlar Nedeniyle İdarenin Tehlike (Risk) İlkesine Dayalı Sorumluluğu. *Resilience*, 2(1), 39-56.
- Valacich, J., George, J., & Hoffer, J. (2014). *Essentials of systems analysis and design*. Prentice Hall Press.
- Wengler, P., Cenciarelli, O., Ludovici, G. M., Duggento, A., Guerrisi, M., Malizia, A., & Gaudio, P. (2018). First responder cbrn-9-Iner pocket response card. *science & technology research institute for defence (stride)*, 181, 310.