Afet Yönetimi için Coğrafi Tabanlı Deprem Ontolojisi

Can AYDIN[1], Vahap TECİM[1]

[1]Yönetim Bilişim Sistemleri, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye
can.aydin@deu.edu.tr, vahap.tecim@deu.edu.tr
(Geliş/Received: 02.06.2014; Kabul/Accepted: 02.10.2014)
DOI: 10.17671/btd.82314

***Özet*—** Afet yöneticileri afeti etkin bir şekilde yönetebilmek için mekânsal veriye ihtiyaç duymaktadır. Çoğunlukla ihtiyaç duyulan mekânsal veri dağıtık ve heterojen bir yapıdadır ve bilgi çıkarımı yapılabilmesi için mekânsal veri kaynaklarının bir araya getirilmesi gerekmektedir. Bu problem anlamsal web teknolojileri tarafından ontolojiler kullanarak gerçekleştirilir. Afet ontolojileri birçok alanda kullanılıyor olmasına rağmen literatür incelendiğinde; deprem alanında herhangi bir çalışmanın yapılmadığı görülmüştür. Bunun yanı sıra mevcut afet ontolojileri sadece mekânsal olmayan verileri kullandığı için coğrafi sorgulama ve çıkarsama yeteneklerine sahip değildir. Bu çalışmada, afet yönetiminde birlikte çalışabilirliğin çözümüne yönelik deprem alanında coğrafi tabanlı bir afet ontolojisi önerilmektedir. Bu amaçla ilk olarak deprem ve afet yönetimi terimlerinin kavramsallaştırılması ve ontoloji tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan ontolojinin içerisine mekânsal sorgulama ve çıkarsama özelliklerini kazanması için coğrafi ontolojiler üst düzey ontoloji olarak eklenmiştir. Son olarak coğrafi ontolojilerin deprem alanında afet yönetiminde uygulanabilirliği tartışılmıştır.

***Anahtar Kelimeler*— c**oğrafi bilgi sistemleri, ontoloji, anlamsal web, karar destek sistemleri

Geographical Based Earthquake Ontologies for Disaster Management

***Abstract*—** Disaster managers need spatial data for managing disaster efficiently. Often the required spatial data are distributed and heterogeneous, and several data sources need to be combined in order to derive the information. This is accomplished with ontologies by the use of semantic web technologies. Although disaster ontologies are being developed in a variety of domains, literature shows that there is still considerable gap in earthquake domain. Besides, disaster ontologies handle only non-spatial data and lack geographical query and reasoning capabilities. In this paper we propose a disaster geo-ontology for earthquake domain. For this purpose we conceptualized earthquake and disaster management terms, designed ontology, and integrated spatial operations into ontology by using geo-ontology as upper-level. Finally we discussed viability of geo-ontology on a disaster management case in earthquake domain.

***Keywords*—** geographical information system, ontology, semantic web, decision support systems

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsanoğlu yüzyıllardır doğal afetlere maruz kalmakta ve bundan dolayı acı çekmektedir. Doğal afetlerin gerçekleşmesi kaçınılmaz olduğundan ötürü, sonucunda oluşabilecek kayıpları azaltabilmek için afet yönetim sistemi kapsamında gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Afet yönetimi birbirini tamamlayan yasal, idari ve teknik faaliyetleri içermektedir. Bu aktiviteler afet zararlarını azaltmak için planlanmalı ve uygulanmalıdır [1]. Afet anında afet yöneticileri farklı kaynaklardan çok çeşitli verilere ihtiyaç duymaktadır [2]. Bu sebeple verilerden bilgi çıkarımı yapmak için heterojen veri kaynaklarının birlikte çalışabilirliğinin sağlanması gerekmektedir [3]. Çok katmanlı ve karmaşık bir yapıya sahip olan afet yönetiminin daha etkin bir şekilde yapılabilmesi için anlamsal web teknolojilerinin

kullanılması gerekmektedir. Aynı zamanda dağıtık yapıdaki mekânsal verinin kullanılması için geleneksel coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yeterli olmamaktadır. Bu sebeple ontoloji teorisi ve teknolojisi tabanlı anlamsal birlikte çalışabilirlik çalışmaları ile mekânsal verinin daha etkin yönetilmesi sağlanabilir.

Ontolojiler anlamsal web teknolojisini oluşturan en önemli bileşenlerdir [4]. Ontolojiler belirli senaryolar doğrultusunda hangi alanda uygulanacaksa, konu hakkındaki uzman kişilerin görüşleri alınarak içeriklerin ve kuralların kavramsallaştırılması yoluyla oluşur. Literatür incelendiğinde afet ontolojisi oluşturma ile ilgili ve bunları çeşitli afet yönetimi senaryolarına uygulayan birçok çalışma bulunmaktadır. Tanasescu ve arkadaşları kamu kuruluşları için anlamsal web tabanlı afet yönetimi sistemi tasarlamıştır [5]. Kructhen ve arkadaşları ise afetten etkilenen hassas altyapılar için kavramsal bir model üretmiştir [6]. Sotoodeh ve Kructhen ontoloji tabanlı afet yönetimi için yine bir kavramsal model tasarlamışlardır [7]. Liu [8] ve Babitski [9] SoKNOS (Service-orientierte ArchiteKturen zur Unterstützung von Netzwerken im Rahmen Oeffentlicher Sicherheit) adında üst seviye ontoloji olarak çeşitli amaçlar için anlamsal web teknolojileri kullanarak bir afet yönetim yazılımı geliştirmiştir. Klien ve arkadaşları [10] fırtınaların potansiyel hasarlarını tahminlemek için ontoloji tabanlı coğrafi bilgi servislerini kullanmışlardır. Buna ek olarak afet ontolojileri yangın alanında yangınlarla daha etkin mücadele etmek için geliştirilmiştir [11].

Tüm bu çalışmaların ışığında; Fan ve Zlatanova [12,13] acil durumlara müdahale konusunda anlamsal veri keşfi araştırmalarının mekansal verilerden bilgi çıkarımı amaçlı yapılması gerektiğini düşünmektedir. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda, deprem alanında yeteri kadar ontoloji tabanlı çalışma bulunmadığı anlaşılmıştır. Nüfusu 2 milyondan fazla olan büyükşehirlerin %55'inden fazlası 200 km sınır kuşağı levhası üzerinde olup sürekli depremler tarafından tehdit edilmektedir. [14]. Risk altında bulunan bu kentsel alanların daha güvenli bölgelere taşınması mümkün değildir. Ayrıca bu kentlerin fiziksel olarak büyümesiyle nüfusları da hızlı bir şekilde artmaktadır. Nüfusu yoğun kentsel alanlarda etkin bir afet yönetimi verilerin birlikte çalışabilirliğini garanti altına alarak dağıtık veri kaynaklarındaki uygun verilere ihtiyaç duymaktadır. Verilerin birlikte çalışabilirliği sağlamak için Nimmagadda ve Dreher'in gerçekleştirdiği, sismik gözlemevlerinden heterojen deprem verisininin ontolojiler vasıtasıyla birleştirilerek deprem değerlendirme ve sistematik analiz çalışmaları yapmışlardır [15]. Buna rağmen deprem alanı özelinde afet yönetimi ile ilgili herhangi bir ontolojinin yapılmamış olması bizi cesaretlendirmiştir. Bu çalışma kapsamında afet yönetiminde deprem riski altında bulunan kentsel alanlarda verilerin birlikte çalışabilirliği problemini çözmek için coğrafi ontolojilerin kullanılabileceği iddia edilmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI (BACKGROUND)

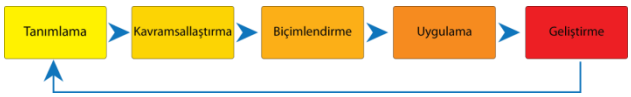
Türkiye'nin neredeyse yarısından fazlası birinci derece deprem bölgesi olmasından dolayı ülkemiz sismik açıdan aktif bir bölgedir. 1999 yılında Marmara bölgesinde meydana gelen Gölcük ve Düzce depremleri daha etkin bir afet yönetiminin gerekliliğini göstermiştir. İzmir de yoğun kentsel nüfusa sahip ve deprem riski yüksek olan şehirlerden biridir. Şehir geçmişte Richter ölçeğine göre büyüklüğü altı ve altıdan büyük depremler üretmiş faylar tarafından çevrelenmiştir. Mevcut afet yönetimi yapısı incelendiğinde müdahale ve veri paylaşımı sağlayan 16 adet çalışma grubu bulunmaktadır. Afet Yönetim Merkezi (AYM) tüm bu çalışma gruplarının koordineli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu çalışma gruplarına ek olarak farklı kurumlar da yüksek çözünürlüklü jeolojik veri, olası depremin büyüklüğü, konumu gibi çok önemli bilgileri sağlamaktadır. Farklı kurumlarda paylaşılan veriler dağıtık ve heterojen yapıda olduğundan afet yönetimi için uygun değildir.

Bu amaçla AYM bu verilerin entegrasyonunu sağlamak için mekansal bilginin makineler tarafından işlenmesini ve ortak bir şekilde anlaşılabilir içerikler haline getirilmesini gerektirmektedir [16]. Afetin etkin bir şekilde yönetilmesi için ilgili verilerin toplanması ve afetin oluşturduğu zararın tahmin edilmesi şarttır. Deprem sonrası afetin oluşturduğu tahmini hasarın tespiti için çeşitli modeller kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında depremin yatay ivme parametresi, derinliği, büyüklüğü gibi sismik kavramlar belirlenir ve ontoloji kullanılarak ilgili veri kaynakları bütünleştirilerek hasar tahmini gerçekleştirildi. İvme değerleri binaların (yığma, kâgir, betonarme) türlerine göre hafif, orta, ağır hasar gibi tahmini hasarlarını belirlemeye yaramaktadır. Bu tahmine dayalı olarak tahmini ölü ve yaralı sayısı hesaplanabilir. Örnek olarak; bu çalışmada model parametreleri farklı formatlarda ve dağıtık veri kaynaklarında bulunmaktadır. Toprak yapısı parametresi Maden Tetkik Arama (MTA)'dan, depremin büyüklüğü, zamanı, konumu gibi parametreler Kandilli Rasathanesinden elde edilmektedir. Jeolojik harita ve binaların bilgileri büyükşehir belediyesinden elde edilmektedir. Bununla birlikte bu mekânsal veri kaynakları anlamsal açıdan heterojen yapıdadır ve veri kaynaklarının birlikte çalışabilirliği ontolojiler kullanılarak sağlanmıştır.

3. YÖNTEM (METHODOLOGY)

Çalışma kapsamında ontoloji tasarlama ve bu ontolojiye coğrafi özellikler kazandırmak için iki farklı yöntem seçilmiştir. İlk olarak ontoloji tasarlanırken, literatürdeki çeşitli metodolojiler araştırılmıştır. Ontoloji geliştirme için üç farklı yöntem bulunmaktadır [17]. Ontoloji

geliştirme için en sık kullanılan yöntemler, TOVE [18,19], Enterprise [20,21] ve Methontology yöntemleridir. TOVE ve Enterprise birinci nesil, Methontology ise ikinci nesil ontoloji geliştirme yöntemidir [22]. Ontoloji geliştirme metodolojileri genellikle ontoloji mühendisliği genel terminolojisine göre (1) Tanımlama, (2) Kavramsallaştırma, (3) Biçimlendirme, (4) Uygulama, (5) Geliştirme, gibi bazı aşamalardan oluşmaktadır. TOVE ve Enterprise yönteminde bazı aşamalar keskin çizgilerle birbirinden ayrılmamıştır. Methontology yönteminde ise ontoloji hayat döngüsündeki her bir aşama detaylı ve düzgün şekilde tanımlanmaktadır [23]. Bunun yanında methontology ontoloji geliştiricileri için programlama teknikleri açısından kullanışlı olan nesne tabanlı programlama tekniğini kullanmaktadır. Bu kapsamda yukarıdaki yöntemler tek tek incelenmiştir. Methontology yöntemi diğer alanlarda ontolojinin yeniden kullanımını sağlama yeteneğine sahip olması ve ontoloji geliştirme hayat döngüsünü kullanmasından dolayı seçilmiştir [24]. Ontoloji geliştirme hayat döngüsü seçilen yöntem ile ontoloji tasarımı için kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Ontoloji geliştirme hayat döngüsü
(Ontology development life cycle)

İkinci olarak çalışma kapsamında coğrafi içerikleri ve ilişkileri kavramsallaştırmak için kullanılan yöntem ise, üst düzey bir ontoloji olarak coğrafi tabanlı ontolojinin afet ontolojisi içerisine eklenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Coğrafi ontolojiler coğrafi bilgi alanında mekânsal bilgilerin içerikleri ve aralarındaki ilişkileri üzerine detaylı bir araştırma konusudur [25]. Coğrafi ontolojiler mekânsal analiz, sorgulama ve çıkarım yapmak için kullanılan mekânsal ilişkileri tanımlamaktadır. OWL (Web Ontology Language) coğrafi ontolojilerin mekânsal özelliklerini taşımamaktadır [26]. Bu sebeple coğrafi içerikler ve ilişkiler kavramsallaştırılarak OWL içerisine sonradan eklenmelidir. Sonuç olarak coğrafi alanda GREASE II (Geographic Reasoning for Search Engines)'deki Geo-Net ontolojisi gibi çeşitli birçok üst seviye coğrafi ontolojiler bulunmaktadır. İlk coğrafi ontolojiler NASA tarafından geliştirilen SWEET ontolojisi 2004 yılında üst seviye ontoloji olarak çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Coğrafi ontolojiler incelendikten sonra sistem tasarlanması aşamasında OGC (Open Geospatial Consortium) standardı olan GeoSPARQL coğrafi ontolojisi seçilerek kullanılmıştır. GeoSPARQL ontolojisi mekânsal içerikleri ve ilişkileri tanımlamaktadır. GeoSPARQL mekânsal veri tabanları ve dosya sistemlerinin üzerinde coğrafi obje standartlarını kullanmaktadır. İkinci olarak GeoSPARQL ontolojisinin OWL tabanlı mekânsal çıkarsama kabiliyeti bulunmaktadır.

4. DEPREM ONTOLOJİSİ GELİŞTİRME AŞAMALARI (BUILDING AN EARTHQUAKE ONTOLOGY PHASE)

Bu bölümde coğrafi tabanlı deprem ontolojisi geliştirme aşamaları anlatılacaktır. Bu kapsamda deprem alanında afet ve potansiyel ilişkileri model olarak kavramsallaştırılacak ve İzmir afet yönetim merkezi için deprem ontolojisi geliştirilecektir. Ontoloji geliştirme aşamalarında ontoloji geliştirme döngüsü ile sırasıyla tanımlama, kavramsallaştırma ve geliştirme aşamaları uygulanmıştır.

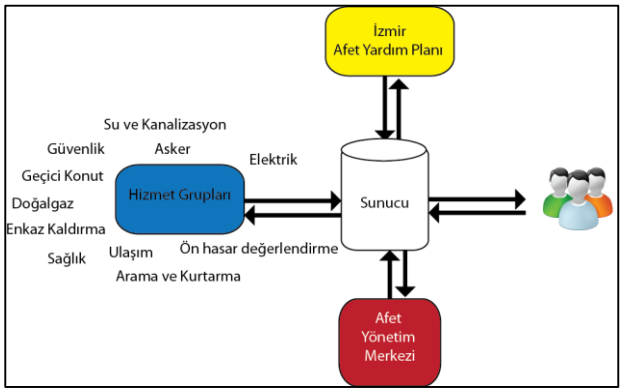
2.1. Tanımlama (Specification)

Tanımlama aşamasının amacı ontoloji geliştirme için gereksinimleri ve tanımları ortaya çıkarmaktır. İlk olarak; bu aşamada ontoloji için dayanak oluşturan asıl senaryo, afet yönetim döngüsünün açıklanması, Afet Yönetim Sistemi (AYS) ve deprem terimlerinin tanımlanması, ontoloji hedefleri ve amaçlarının belirlenmesi ve yeterlilik sorularının sorulması olarak özetlenebilir. İkinci olarak afet alanındaki tüm terimlerin ortaya çıkarılması için terimler sözlüğü ve taksonomi yaratılacaktır. Tanımlama aşamasının alt aşamaları (1) Çalışma alanının tanımlanması, (2) Senaryo ve yeterlilik soruları, (3) Ontoloji amaç ve hedeflerinin belirlenmesidir.

2.1.1. Çalışma alanının tanımlanması (Describing domain)

Ontoloji geliştirme süreci çalışma alanın tanımlanması ile başlamaktadır. Bu sebeple bu aşamada afet yönetimi ile ilgili deprem konusunda uzmanlar ile beyin fırtınası yapılarak ilgili terimler ve ilişkiler tanımlanmıştır. İzmir Afet Yönetim Sistemi (AYS) adından mevcut bir afet yönetim sistemi bulunmaktadır fakat bu AYS geleneksel, merkezi, isole bir yapıdadır. İzmir AYS potansiyel bir afet sırasında İzmir afet yönetim planı doğrultusunda hizmet grupları ve afet yönetim merkezi arasında koordinasyonu sağlamak için hazırlanmıştır. Afet ile ilgili bilgi sağlayan iletişim, ulaşım, enkaz kaldırma, arama kurtarma, sağlık, ön hasar tespit, güvenlik, ordu, TEDAŞ, su ve kanalizasyon, doğalgaz, geçici barınma, çevre, basın ve halkla ilişkiler olarak 16 farklı kurum bulunmaktadır (Şekil 2). Bu kurumlar afet planı doğrultusunda afet anında birbirleriyle iyi bir şekilde protokoller yardımıyla haberleşmektedirler. Fakat çalışma grupları arasında veri alışverişi ve birlikte çalışabilirliği bazı kurumsal sebeplerden sağlanamamaktadır. Merkez bunu sağlamak için çeşitli çözümler üretmiştir. Çalışma gruplarında üretilen veriler yıllık olarak CD ortamında veya eposta yoluyla paylaşılmaktadır. Fakat gönderilen dosyalar farklı formatlarda bulunduğundan ötürü kullanılamamaktadır. Merkez çalışanları gönderilen dosyaları uygun formata dönüştürdükten sonra ancak sistemde kullanılabilir hale getirmektedir. Bu durum Afet yönetim sisteminin

sözdizimsel (syntactic) ve anlamsal (semantic) açıdan birlikte çalışabilirliğini mümkün kılmamaktadır.



Şekil 2. Mevcut afet yönetim sistemi yapısı
(Existent disaster management system)

2.1.2. Senaryo ve yeterlilik soruları (Scenario and Competency Questions)

Senaryo ve yeterlilik soruları ontoloji tasarımında kullanılan kural, içerik ve ilişkilerin neler olacağı hakkında fikir vermektedir. Yeterlilik soruları ile ontoloji tasarımı esnasında ne tür sorulara cevap vereceğimiz sorgulanmaktadır. Böylece bu tür sorularla ontolojinin sınırları ve yetenekleri belirlenmiş olmaktadır (Tablo 1). Örnek olarak "Deprem sonrasında afet bölgesine giden en uygun yol, köprü nerelerdedir?" sorusuna cevap verebilmek için yol, köprü ve deprem terimleri ontoloji içerisine eklendi.

Tablo 1. Yeterlilik soruları
(Competency questions)

1. Afet etkin alanı ne kadar büyük? Afetten etkilenen ölü ve yaralı sayısı ne kadardır? Afetten kaç tane bina ağır, orta ve hafif etkilenmiştir?
2. Hasar almış yol ve köprüler nerelerdedir? Uygun inşaat araçları nerelerdedir?
3. En yakın sağlık ve ilk yardım servisleri nerelerdedir?
4. Çadırkent ve ilk toplanma alanlarına lojistik sağlayacak güvenli yollar nerelerdedir?
5. Afet sonrası çadırkentlerin konumları nereler olmalı?

Yeterlilik soruları belirlenip sistemin kabiliyetleri ve sınırları hakkında fikir sahibi olunduktan sonra afet yönetim sistemi bütününde bir senaryo hazırlanıp bu senaryo doğrultusunda sistem tasarımı gerçekleştirilmiş ve afet ontolojisi tasarlanmıştır (Tablo 2). Bu senaryo adım adım hangi aşamaların gerçekleştirileceği ve hangi içeriklerin senaryo içerisinde yer alacağı belirlenmiştir. Senaryo afet yönetim merkezindeki uzmanlarla büyük bir deprem olması olayı üzerinde tartışılarak ortaya çıkarılır. Tüm işlemler depremin olması ve hizmet gruplarının bu olaya karşılık vermesi üzerine kurulmaktadır.

Tablo 2. Afet yönetim senaryosu
(Disaster management Scenario)

1.Olay gerçekleşir (6.5 büyüklüğünde, 2 km derinliğinde ve 1 dakika süresince). Olay deprem olarak tanımlanır. Olayın afet olarak tanımlanması için belli bir eşik şiddetini geçmesi beklenir (VI derece gibi.).
2.Mesaj Hizmet Gruplarına gönderilir. Doğalgaz Doğalgaz hizmetleri tarafından kapatılır. Ön hasar tespit hizmet grubu afet bölgesine gönderilir. Hasar hesaplanır.
3.Polis ve Asker afet bölgesini güvenlik altına alınması için gönderilir. Enkaz Kaldırma Hizmet Grubu kapalı olan yolları açması için bölgeye gönderilir. İlk yardım, sağlık ve arama kurtarma ekipleri ilk müdahale için gönderilir. Sağlık ekipleri yaralıları en yakın hastaneye gönderir.
4.Afet yönetim merkezi afetten etkilenen insanların toplanma merkezlerine yönlendirilmesini sağlar. Afet yönetim merkezi uygun yollardan lojistik destek merkezlerinden toplanma alanlarına erzak sağlar.
5. Afet sonrası çadırkentlerin konumları nereler olmalı?

2.1.2. Ontoloji hedefleri ve amaçlarının belirlenmesi (Identification of ontology goals and scope)

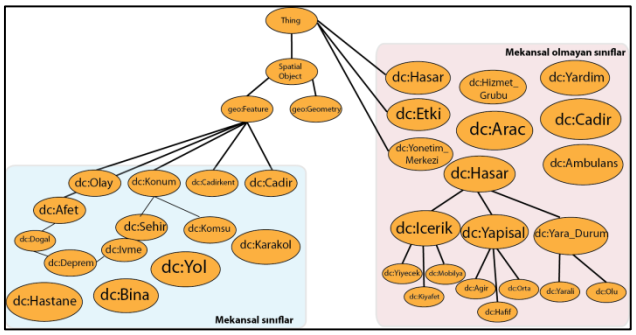
Ontoloji'nin amacı deprem alanı ile ilgili her türlü varlığı kavramsallaştırmaktır. Deprem ontolojisi'nin geliştirilmesi ile afet anında gerekli olan farklı kurumlardaki farklı formatlardaki bilgilerin aynı amaç doğrultusunda kullanılmasıdır.

2.2. Kavramsallaştırma (Conceptualization)

Tanımlama ve taksonomi ile sınıf hiyerarşisinin oluşturulması aşamalarında belirlenen terimlerle sınıfların tanımlanması sağlanmıştır. İlişkiler sınıflar arasında özellikler (properties) ile belirlenmiştir. Kurallar ve kısıtlamalar senaryo tanımlamaları ve yeterlilik soruları ile belirlenmiştir.

2.2.1. Sınıflar ve hiyerarşinin tanımlanması (Defining classes and hierarchy)

Sınıflar, ontoloji içerisindeki varlıklara karşılık gelmektedir. Sınıf hiyerarşisi ise sınıflar arasındaki ilişkiler ile belirlenir. Bu amaçla 'afet' gibi temel terimler gerekirse 'deprem' terimi olarak özelleşebilir veya 'olay terimi gibi genelleşebilir. Sınıf hiyerarşisi tasarlanırken özel terimlerden genel terimlere doğru bir kavramsallaştırma yöntemi izlenmiştir [24].

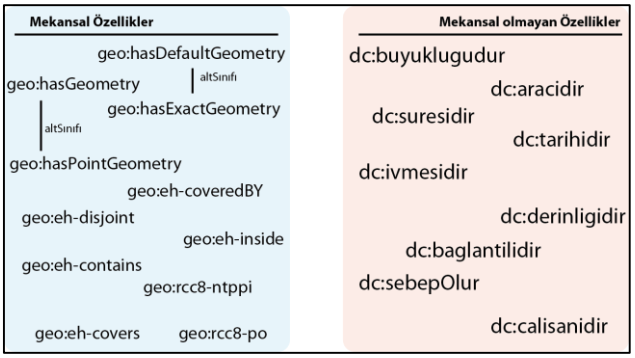


Şekil 3. Afet ontolojisi sınıf görünümü
(Class view of disaster ontology)

Ontoloji tasarımı esnasında deprem olayını kavramsallaştırmak için ivme, yoğunluk, derinlik, büyüklük, hiposentr, episentr gibi deprem terimleri kullanılmıştır. Terimler sözlüğü için deprem parametreleri belirlenirken [16] ve Birleşik Devletler Jeoloji Kurumu'ndan faydalanılmıştır. Bu parametreler ile sınıf ve özellikler belirlenmiştir. Kandilli Rasathanesinden çektiğimiz deprem verisi 'dc:deprem' sınıfı içerisinde tutulmaktadır. Belirlenen kurallar ve kısıtlar doğrultusunda örnek olarak büyüklüğü 6.0 şiddetinden büyük olan depremler 'dc:afet' sınıfı içerisinde tanımlanmaktadır. Afetin verdiği hasar tespit edilerek 'dc:hasar' sınıfında hesaplanarak tutulmaktadır. Hasarı ölçmek için belirlenen modelde toprak türleri 'dc:zeminTuru' ve deprem zemin ivmesi 'dc:ivme' sınıfı olarak kullanılmaktadır. Ontolojinin coğrafi özellikler kazanarak mekansal sorgulama ve çıkarım yapabilmesi için 'geo:spatialObject' sınıfının alt sınıfları 'geo:feature' ve 'geo:geometry' sınıfları ontolojinin mekansal özellik kazanması için kullanılmıştır. Mekansal özelliğe sahip tüm objeler 'geo:feature' sınıfının alt sınıfı olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Mekansal olmayan tüm objeler ise 'dc:Thing' üst sınıfının alt sınıfı olarak belirlenmiştir.

2.2.2. Sınıf ilişkileri ve özelliklerin tanımlanması (Defining property and class relations)

Sınıflar ve aralarındaki hiyerarşiler belirlendikten sonra aralarındaki ilişkiyi gösteren özellikler ve sınıfların etki alanları ve aralıkları (Domain and Ranges) belirlenmiştir. Senaryo 'ya göre 'dc:deprem' sınıfı 'dc:buyukluk', 'dc:derinlik', 'dc:koordinat' veri özellikleri (data properties) ile ilişkilidir (Şekil 4). 'dc:tanimlandi', sınıfı depremi bir afet olarak tanımlamak için kullanılmıştır. 'dc:yolAcmak' özelliği 'dc:hasar' ve 'dc:ivme' sınıfları arasında afetin hasarını ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. 'dc:goturulenHasta' özelliği 'dc:yarali' ve 'dc:hastane' sınıfları arasında depremden etkilenmiş yaralı insanların belirlenmesi için tanımlanmıştır. Son olarak 'geo:hasGeometry' özelliği coğrafi özelliğe sahip olan objeler ile ilgili kullanılmıştır. Veri özellikleri tam sayı (integer) '25' gibi ya da koordinatları 'as:gml' veya 'as:wkt' gibi belirtirken kullanılmaktadır. Koordinatlar gml formatında veya WKT (well known text) formatında gösterilmektedir. Özellikler bu aşamada iki farklı türde ifade edilmektedir. İlk olarak mekansal özellikleri göstermek için coğrafi ontolojilerin kullanılması, diğeride mekansal olmayan özelliklerin gösterimi için deprem uzmanları ile istişare edilen özelliklerin kullanılmasıdır. Özellikler belirlendikten sonra etki alanı ve aralık tanımlanır. Örnek olarak 'dc:sehreAit' özellikler 'dc:deprem' ve 'dc:sehir' sınıfları arasında tanımlanmıştır.



Şekil 4. Mekansal ve mekansal olmayan özellikler
(Spatial and non-spatial properties)

2.2.3. Kurallar ve kısıtların belirlenmesi (Representing rules and restrictions)

Ontolojilerde özellikler (property), bireyler (individuals) ile veri değerleri veya iki birey arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. Senaryo açıklamaları ve kuralları göz önünde bulundurarak doğal dilde temsil edilerek tanımlanmıştır [27]. Örnek olarak "If earthquake acceleration greater than 12 and soil type "Soft" neighbourhood damage is severe" kuralı tanımlandıktan sonra betimleme dili (Description Logic) dili kullanılarak ontoloji içerisine "Neighbourhood ⊓ (hasSoilType "Rock") ⊓ (>12 hasAcceleration)" şeklinde üçlüler (triples) olarak eklenmiştir. Bu kurallar ve kısıtlar ontolojiden daha iyi çıkarımlar yaparak etkin karar verebilmek için kullanılmaktadır. Mesela yukarıdaki kural kullanılarak hangi bölgelerin depremden daha çok hasar gördüğü bilgisi kolaylıkla çıkarılabilmektedir.

2.2.3. Bireylerin tanımlanması (Determining individuals)

Bireyler ontoloji içerisinde mekânsal ve mekânsal olmayan şeklinde ayrılarak yaratılmıştır. Örnek olarak "dc:ilce" sınıfı "dc:Buca, dc:Konak, dc:Bornova" bireyleri ile doldurulmuştur. Aynı zamanda bireylerin içerisinde ilçe sınırları gibi mekânsal veriler de GML türünde 'dc:hasKoordinat' veri özelliği ile ilgili sınıfının içerisine eklenmiştir. Bu mekânsal veriler ontoloji içine bireyler olarak farklı formatlarda farklı kaynaklardan eklenebilmektedir.

5. UYGULAMA (IMPLEMENTATION)

Uygulama aşaması ontoloji geliştirme programı vasıtasıyla kâğıt ortamında hazırlanan ilişkileri ve terimlerin OWL diline dönüşümünü sağlamaktadır. Ontoloji doğrulama ve sınıflandırma işlemleri ile ontolojideki olası hatalar ayıklanmaktadır. Bu aşamada farklı formatlardaki ve dağıtık yapıdaki veri kaynakları dönüştürülmüş ve ontoloji içerisine eklenmiş olur. Son

olarak ontoloji sorgulama işleminin ve bu işlemin sonuçlarınn harita üzerinde gösterimi sağlanmıştır.

3.1. Ontoloji oluşturma (Creating ontology)

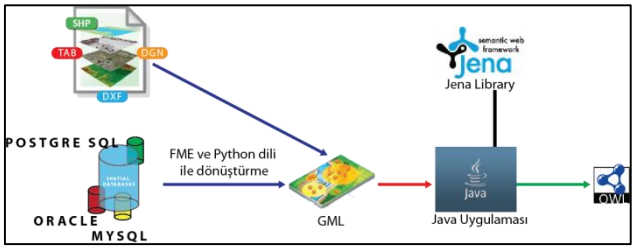
Ontoloji geliştirme için uygulama geliştirme açısından hızlı prototip geliştirilebilmesi ve kolaylıkla genişletebilir olması sebebiyle Protege programı seçilmiştir [28]. Protege programının OWL 2.0 ve SPARQL sorgulama desteği olması sebebiyle Protege 4.3 versiyonu seçilmiştir. Ontoloji yaratmak için sırasıyla sınıflar, özellikler ve bireyler ontoloji içerisine eklenmiştir. Ardından kurallar ve kısıtlamalar betimleme dili kullanılarak belirlenmiştir. Son olarak mekânsal ve mekânsal olmayan objeler XML formatında ilgili sınıflara java uygulaması ile eklenmiştir. GeoSPARQL ontolojisi üst seviye ontoloji olarak URI şeklinde dışarıdan eklenmiştir. Coğrafi ontolojilerin kendi mekansal sınıf ve özellikleri ile afet ontolojisi mekânsal yetenekler kazanmıştır.

3.2. Ontoloji doğrulama (Verifying ontology)

Ontoloji doğrulama aşaması ontoloji içerisindeki tutarsızlıkları ve hataların ortaya çıkarılması aşamasıdır. Protege içindeki tutarsızlık kontrolü ontoloji doğrulama için kullanılır. Buna ek olarak, sınıflandırma işlemi çıkarsama mekanizmasının daha doğru sonuç vermesi için gerçekleştirilir. Ontolojide çıkarım mekanizması olarak Pellet çıkarımcısı seçilmiştir. Pellet, tablo algoritması tabanlı mantıksal tanımlama (Description Logic) çıkarımcısıdır. Tablo çıkarımcısı bilgi tabanında tutarsızlıkları ve diğer çıkarımsal servisleri kontrol etmektedir [29]. Pellet çıkarımcısı, yüksek performası ve ontoloji programlama için kullanılan Jena kütüphanesine uygun uygulama programlama arayüzü'nün (API) bulunması sebebiyle seçilmiştir. Protege tutarsızlık kontrolü işlemi ile tutarsızlıkları raporlamaktadır ve tutarsızlıklar birçok farklı nedenden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple kısıtlamalar ve sınıfların tanımlanması tutarsızlık açısından irdelenmiş olup ontoloji içerisinde herhangi bir tutarsızlık tespit edilmemiştir.

3.3. Mekansal verilerin ontoloji içerisine eklenmesi (Transformation of spatial data into ontology)

Mekansal veriler farklı formatlarda bulunduğundan çeşitli yöntemler ile, aynı standarda dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu yöntemlerden ilki Feature Manipulation Engine (FME) yöntemidir. Bu yöntem veri kaynaklarının standart veri formatına dönüştürülmesidir. FME değişik türde uygulamalar arasında veri paylaşımı, dönüşümü ve mekânsal veri entegrasyonu'nun önündeki engelleri kaldırma ve birlikte çalışabilirlik çözümleri ile tanınmaktadır. Diğer yöntem ise python programlama dili vasıtasıyla dönüştürme işlemleridir. Farklı formatlardaki mekânsal veriler, Quantum GIS programına pyhton programlama dili ile yazılan eklenti kullanılarak GML formatına dönüştürüldükten sonra java uygulaması ile ontoloji içerisine eklenir. Bu çalışma kapsamında her iki yöntem denenmiş olup, mekânsal verilerin GML formatına dönüştürülmesi işleminin dinamik olarak gerçekleştirilmesinin gerekliliği sebebiyle FME yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Mekansal verilerin FME vasıtasıyla GML formatına dönüştürüldükten sonra Jena kütüphanesi kullanılarak ontoloji içerisine java platformunda bireyler olarak sınıflara eklenmesi sağlanmıştır. Apache Jena anlamsal web uygulamaları için Java tabanlı mantıksal çerçevesidir. Jena anlamsal web bilgi model ve dili kullanarak kolayca uygulama geliştirme yapmaktadır [30]. Son olarak mekânsal objeler GML formatında mekânsal yetenekleri ile ontoloji içerisine aktarılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Mekansal verilerin OWL içerisine eklenmesi
(Inserting spatial data into OWL)

3.4. Ontoloji sorgulama ve sonuçlar (Querying the ontology and results)

Çalışma kapsamında önerilen yöntem yöneticilerin çoklu kaynaklardan kolayca sorgu yapmasına imkân sağlamaktadır. Bu amaçla ontolojilerde OWL veya RDF kaynaklarını kolayca sorgulayabilme yeteneğine sahip SPARQL protokolleri kullanılmıştır (W3C 2008). Senaryoya göre heterojen veri kaynakları dağıtık bir yapıda veri sunmaktadır. Dağıtık yapı içerisinden ontoloji üzerinden sorgulama gerçekleştirebilmek için yöneticiden gelen sorgu kelimesi Jena kütüphanesi kullanarak SPARQL sorgu cümlesi içerisine eklenerek sorgulamalar gerçekleştirildi. Google MAPS ile java uygulaması üzerinden sorgu sonuçları harita üzerinde gösterildi.



Şekil 6. Deprem merkezinden yaklaşık 2 km yarıçapındaki toplanma alanları
(Meeting places within a radius about 2 km from the center of the earthquake)

Önceden belirlenen senaryoya göre afetten hemen sonra yöneticilerin depremden etkilenen kişiler için en uygun toplanma alanlarının belirlenmesini sağlamaları gerekmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için örnek olarak "Buca ilçesinde deprem merkezine 2 km'lik çapta bulunan toplanma merkezlerinin getirilmesi" sorgusu gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Bu sorgu için gereken deprem verileri Kandilli rasathanesinden, toplanma alanlarının verileri ise İzmir valiliğinden elde edilmiştir. Sorgu için GeoSPARQL coğrafi ontoloji fonksiyonlarından 'within_distance' kullanılarak 2 km'lik tampon bölge oluşturulmuştur.



Şekil 7. Afet alanı yakınındaki poligon objesi içerisindeki hastaneler
(Hospitals within polygon near disaster area)

Diğer bir örnek ise afet senaryosuna göre yaralıların en yakın hastaneye götürülmesi ile ilgilidir. Bu sorguda çizilen bir poligon içerisinde 'within' fonksiyonu ile belirlenen hastanelerin sorgulanması örneği gerçekleştirilmiştir. Bir önceki örnekte sınırlar 2 km'lik tampon bölgeydi fakat bu örnekte sınırlar elle çizilen poligonla sınırlanmaktadır (Şekil 7). Her iki örnek mekansal sorgulama yeteneklerinin ontolojilerin GeoSPARQL sorgulama dili ile de gerçekleştirilebildiğini göstermektedir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR (DISCUSSION AND CONCLUSION)

Bu çalışmada ontoloji tasarım yaklaşımları değerlendirilerek afet yönetimi için kullanılacak deprem ontolojisi üretilmiştir. Deprem ontolojisi ile birlikte çalışabilirlik problemini çözmek için farklı veri kaynaklarından heterojen mekânsal verilerin sorgulanabildiği gözlemlenmiştir.

Bu kapsamda deprem alanında ivme, derinlik, büyüklük gibi terimler kavramsallaştırılmıştır. Buna rağmen jeolojik ve jeofiziksel parametreler tek başına depremi kavramsallaştırmak için yeterli değildir, uygulamanın etkinliğinin artırılması için bölgenin hasar görebilirlik değerleri, bina kalitesi, yol genişliği, doğal gaz hatları gibi altyapı verileri de gelecek çalışmalarda eklenmesi gerekmektedir [31,32].

Bu çalışmada üst seviye ontoloji olarak OGC standardına aday olan GeoSPARQL coğrafi ontolojisini eklemenin avantajını kullanarak coğrafi sorgulamalar ve analizler yapılabileceğini göstermektedir. Çalışmamızı deprem riski altında bulunan İzmir büyükşehir belediyesi örneğinde birlikte çalışabilirlik problemini çözmek konusunda deprem çalışma alanında ontolojiler yaratmakla sınırlandırdık. İlerleyen çalışmalarda bu yaklaşımn ülke çapında yerel bir çözüm olarak uygulanabilmesinin yanında SWEET (Semantic Web for Earth and Environmental Technology) ontolojisi gibi üst seviye afet alanında dünyaca kabul görmüş ontolojiler ile bütünleştirilerek uluslararası çapta entegrasyonun sağlanması hedeflenmektedir. Üst seviye ontolojilerin entegrasyonu farklı ülkelerden farklı aktörlerin afet yönetimine katkısı gerektiğinde kullanılması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] V. Tecim, **Using geographical information technology for disaster management**, Disaster risk reduction in İzmir Symposium, İzmir, 2009.

[2] S. Zlatanova, D. Holweg, M. Stratakis, "Framework for multi-risk emergency response", **Advances in Mobile Mapping Technology**, Taylor & Francis, London, 159-171, 2007.

[3] E.van Borkulo, **Services for emergency response systems in the Netherlands**, Gi4DM, 2006.

[4] T. Berners-Lee, J. Handler, O. Lassile, **The Semantic Web A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities**, Scientific American Magazine, 2001.

[5] V. Tanasescu, **A semantic web services GIS based emergency management application**, In Proceedings of Workshop on Semantic Web for e-Government of ESWC, Budva, Montenegro, 2006.

[6] P. Kructhen, C. Woo, K. Monu, M. Sotoodeh, "A human-centered conceptual model of disasters affecting critical infrastructures", **Conceptual Model of Disasters Affecting Critical Infrastructures** , Delft, Netherlands, 372-344, 2007.

[7] M. Sotoodeh, P. Kructhen, "An Ontological Approach to Conceptual Modeling of Disaster Management", **2nd Annual IEEE Systems Conference**, 1-4,2008.

[8] G. Liu, "Approach for interoperability of multi-source geological hazard data based on ontology and GeoSciML", **17th International Conference on Geoinformatics**, Fairfax, VA, 1-5, 2009.

[9] G. Babitski, S. Bergweiler, O. Grebner, D. Oberle, H. Paulheim, F. Probst "SoKNOS – Using Semantic Technologies in Disaster Management Software", **The Semanic Web: Research and Applications Lecture Notes in Computer Science**, Cilt 6644, Editör: Antoniou, G., Springer Berlin Heidelberg, Heraklion, Greece, 183-197, 2011.

[10] E. Klien, M. Lutz, W. Kuhn, "Ontology-based discovery of geographic information services--An application in disaster management", **Computers, Environment and Urban Systems**, Cilt 30, Springer Netherlands, 102-123, 2006.

[11] A. Moreno, S. Zlatanova, B. Bucher, J. Posada, C. Toro, A. Garcia-Alonso, "Semantic enhancement of a virtual reality simulation system for fire fighting", 2011.

[12] S. Zlatanova, "Geo-information supports management of urban disasters", **Open House International**, 62-79, 2006.

[13] Z. Fan, S. Zlatanova, "Exploring ontology potential in emergency response", **Proceedings of the 6th Gi4DM**, Torino,132-140, 2010.

[14] R. Bilham, "The seismic future of cities", **Bulletin of Earthquake Engineering**, Cilt 7, Springer Netherlands, 2009.

[15] S. Nimmagadda, H. Dreher, "Ontology based data warehouse modeling and mining of earthquake data: prediction analysis along Eurasian-Australian continental Plates", **5th IEEE International Conference on Industrial Informatics**, 597-602, 2007.

[16] Y. X. Hu, S. C. Liu, W. Dong **Earthquake engineering**, E & FN 1996.

[17] A. Öhgren, K. Sandkuhl, "Towards a Methodology for Ontology Development in Small and Medium Sized Enterprises", **Proceedings of the IADIS International Conference on Applied Computing**, Algavre, Portugal.

[18] M. Gruninger, M. Fox "Methodology for the design and evaluation of ontologies", **Proceedings of IJCAI95's workshop**.

[19] M. Gruninger, "Designing and evaluating generic ontologies", **Proceedings of ECAI96' workshop on ontological engineering,** Budapest.

[20] M. Uschold, M. King, **Towards a Methodology for Building Ontologies**, International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1995.

[21] M. Uschold, **Building Ontologies: Toward a Unified Methodology**, Proceedings of Expert Systems' 96, the 16th Annual Conference of the British Computer Society Specialist Group on Expert Systems held in Cambridge, UK, 1995.

[22] H. S. Pinto, J. Martins, "Ontologies: How can They be Built?", **Knowledge and Information Systems**, Springer-Verlag, London, 441-464, 2004.

[23] G. Brusa, M. L. Caliusco, O. Chiotti, "Towards ontological engineering: a process for building a domain ontology from scratch in public administration", **Expert Systems**, Cilt 25, Blackweel publishing Ltd., 484-503, 2008.

[24] M. Fernandez, A. Perez, N. Juristo, "METHONTOLOGY: from Ontological Art towards Ontological Engineering", **In Proceedings of the AAAI97 Spring Symposium,** 1997.

[25] A. Galton, "Desiderata for a spatio-temporal geoontology. Spatial Information Theory", **Lecture Notes in Computer Science**, 1-12.

[26] Y.Huang, G. Deng "Research on Development of Agricultural Geographic Information Ontology", **Proceedings of the 2012 International Conference on Communication, Electronics and Automation Engineering Advances in Intelligent Systems and Computing**, Springer Berlin-Heidelberg, 335-341, 2013.

[27] M. Horridge,. A Practical Guide to Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools Edition 1.2. The University Of Manchester, 2009.

[28] H. Knublauch, "The Protege OWL experience, in Workshop on OWL: Experiences and Directions", **4th International Semantic Web Conference**, Galway, Ireland, 2005.

[29] E. Şirin, B. Parsia, B. Grau, A. Kalyanpur, Y. Kutz, "Pellet: A practical OWL-DL reasoner, Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web", 51-53,2007.

[30] B. McBride, **Jena: A Semantic Web Toolkit**, Hewlett-Packard Laboratories, Bristol, UK, 2002.

[31] L. Pujades, "Seismic evaluation in Barcelona, Spain", 12WCEE, 2000.

[32] M. Carreno, O. Cardona, A. Barbat, "Urban Seismic Risk Evaluation: A Holistic Approach", **Natural Hazards**, Cilt 40, Springer Netherlands, 137-172, 2007.