

# Mekansal Bilgi Sistemlerinde Yapay Zeka

Caner Güney<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.

<sup>2</sup> Mekansal Bilişim İnisiyatifi, 34349, İstanbul.

## Özet

İçinde bulunulan bilişim çağında makinelerin, servislerin, sistemlerin internet üzerinden iletişim kurabilmesi ve birbirleriyle etkileşime girebilmeleri sıradan bir durumdur. Farklı ve yeni olan ise tüm bunların insan müdahalesi dışında kendi kendine gerçekleşebiliyor olmasıdır. İnternet üzerinden haberleşen otonom programlar sayesinde karmaşık problemlerin çözümüne olanak sağlayacak dağıtık yapıda sistemler oluşturulmaya başlanmıştır. Yapay zeka bileşenlerinin eklendiği sistemler daha nitelikli düşünebilen programlar/uygulamalar/servisler geliştirebilmektedir. Literatürde Mekansal Bilgi Sistemleri ve yapay zeka bileşenlerine ilişkin çalışmalar olmakla birlikte Mekansal Bilgi Sistemlerinin geliştirilmesi açısından resmin bütünü yansıtan çalışmalara pek rastlanılmamaktadır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında meta-model tasarım aşamasından karar-verme sürecinin sonlandırılmasına kadarki aşamalar bir bütün halinde açıklanmaya çalışılacaktır. Çalışma kapsamında ifade edilen çerçeve sosyal ve teknik gelişmelerin çok hızlı gerçekleştiği bilişim çağında mekansal bilgi sektörünün büyümesine ve etkin mekansal bilgi servislerinin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## Anahtar Sözcükler

Bilgi Teknolojileri, Coğrafi Bilgi Sistemi, Web/İnternet, Ontoloji, Ajanlar, Anlamsal Web Teknolojileri

## 1. Giriş

Mekansal Bilgi Sistemlerinin basit bir tanımı yoktur, yatay bir teknoloji olduğu için birçok sektör ve entelektüel düzlemlerle ara kesitler oluşturur (Tomlinson 2007) Mekansal Bilgi Sistemi projelerinde temel amaç tüm farklı disiplinlerdeki paydaşların katılımcılık ve iş birliği içerisinde problem çözme ve karar-verme süreçlerini başarıyla yerine getirebilmeleridir. Bir Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BIT, *Information and Communication Technologies*, ICT) projesi olan Mekansal Bilgi Sistemleri (Coğrafi Bilgi Sistemi, CBS, *Geospatial Information System*, GIS) projesinin amaçları arasında mekansal anlamsal birlikte işlerliğin (*geospatial semantic interoperability*) sağlanması, algılanan bilginin paylaşılması (*knowledge sharing*), farklı detay düzeylerinde tanımlanan bilginin (*information integration*) bütünleştirilmesi vb. konular yer almaktadır.

İçinde bulunulan 21. yüzyılda çok güçlü farklı mekansal, zamansal ve spektral çözünürlüklere sahip birçok platform ve algılayıcı geliştirilmekte, yerküreye ve üzerindeki doğal ve yapay nesnelere ilişkin sürekli veri toplamaktadır. 2004 yılına kadar üretilen veri/bilgi miktarı yaklaşık 5 eksabayt (5 kentirilyon bayt, 1018) iken bugün her 3 günde bir yaklaşık 5 eksabayt büyüklüğünde, yalnız NASA Yeryüvarı Gözlem Sistemi (*Earth Observation System*) tek başına günde yaklaşık 3.5 terabayt veri elde etmektedir. Bu çapta büyük veriyi işleme, transfer etme gibi işlerin tümüne Büyük Veri (*Big Data*) adı verilmektedir.

Platform ve algılayıcılardaki gelişmeler gibi Web ortamı da gelişmekte ve Web ortamında bulunan veri/bilgi miktarı ve servis/uygulama sayısı üssel biçimde katlanarak artmaktadır. Sosyal web olarak da ifade edilen Web 2.0 yaklaşımını, Anlamsal Web olarak bilinen Web 3.0 geliştirmekte ve Nesnelerin İnterneti olarak isimlendirilen Web 4.0 bu eğilimi yaygınlaştırmakta ve zenginleştirmektedir. Hem bir geliştirme platformu, hem bir veri/bilgi ambarı olan Web altyapısı bulut (*cloud computing*) yapısıyla birlikte veri/bilgi, içerik, doküman, düşünce, kavram, servis gibi bileşenlerin inanılmaz bir hızla geliştirildiği ve tüketildiği bir sanal dünyaya dönüşmüştür. Web-tabanlı mekansal bilgi sistemi teknolojisi de bu gelişimi yakından izlemeye çalışmaktadır. Herhangi birinin, herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde, herhangi bir cihazla konum bilgisine, mekansal bilgi servislerine erişimi sıradan bir olay haline gelmiştir.

Bilişim çağında bulunuyor olunmasına karşın halihazırda Türkiye’de kişi, kurum ve kuruluşlar ürettikleri ya da elde ettikleri verileri/bilgileri silo mantığı çerçevesinde veri adaları olarak saklamaktadır. Ancak 21. yüzyılda değişim-dönüşüm-gelişim zincirinin sağlanabilmesi için gerekli olan en önemli felsefi yaklaşım “açık veri (*open data*)” ve “veri/bilgi paylaşıldıkça artar” yaklaşımlarıdır. Türkiye’de silo mantığı devam ederken dünyanın gelişmiş ülkelerinde platform ve algılayıcılardaki gelişmelere bağlı olarak veri ve bilgiler metadata portallar üzerinden araştırma ve geliştirme çalışmalarına açılmıştır. Sözü edilen ülkelerde karşılaşılan sorun ise farklı kaynaklardan üretilen ve türetilen verinin/bilginin nasıl bütünleştirilerek (*integration, fusion*) yeni tanımlı bilgilerin üretileceği ya da algılanan bilgi aşamasına nasıl ulaşılacağıdır.

Daha açık bir ifade ile yeni problem tanımlarından ikisi aşağıda verilmiştir:

- Büyük miktardaki verilerden tanımlanan bilgi (*information*) ve algılanan bilgi (*knowledge*) nasıl otomatik olarak makineler tarafından türetilir?
- Bulut içerisinde dağıtık yapıda bulunan farklı mekansal bilgiler farklı detay düzeylerinde (*level of details*) nasıl bütünleştirilebilirler?

\* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (212) 285 3825 Faks: +90 (212) 285 6587

E-posta: [guneycan@itu.edu.tr](mailto:guneycan@itu.edu.tr) (Güney, C.), [mekansalbilisiminisiyatifi@gmail.com](mailto:mekansalbilisiminisiyatifi@gmail.com) (Mekansal Bilişim İnisiyatifi)

Bu ve benzeri sorunların çözümü ancak Mekansal Bilgi Sistemlerinin geliştirilmesinde yapay zeka (*Artificial Intelligence*, AI) kullanılması ile gerçekleştirilebilir. Bir başka ifadeyle dağıtık yapıda bulunan mekansal servislerin semantik birlikte çalışabilirliği sağlanmalı ve modern karar-verme süreçlerinde etmen (*agent*) tabanlı Mekansal Bilgi Sistemi uygulamaları geliştirilmelidir.

## 2. Mantık ve Çıkarsama

Gelişen dünya düzeni ve teknolojik gereksinimler nedeniyle dağıtılmış ve farklı konumdaki ya da fiziksel olarak ayrılmış bilgisayarların birlikte çalışmalarına gereksinim duyulmaktadır. Gereksinim duyulan ve/veya istenilen bir hizmete/service her an her yerden herhangi bir cihazla erişilebilmesi (*ubiquity, ubiquitous computing, pervasive computing*), hizmetlerin/servislerin/verilerin bulut (*cloud*) içerisinde dağıtık yapıda (*distributed*) bulunması, dağıtık yapıdaki birden fazla uygulamanın eş zamanlı (*concurrent*) olarak birlikte işler (*interoperable*) biçimde çalıştırılabilmesi bilişim dünyasında sıradan gelişmeler olarak kabul edilmektedir. İnsanların her zaman ve her yerden bilgiye ulaşma istekleri ve bu hizmetin kesintisiz olması gerektiği bilinci bilgi toplulukları tarafından içselleştirilmiş bulunmaktadır. Üzerinde çalışma yapılan kavramlardan biri insana yönelim konusudur. Bir başka ifadeyle programlamada giderek makina yönelimli bakış açısından onları kullanan ve onlarla etkileşimde olan insanın dünyayı algılayış şekline daha yakın olan sezgisel (*intuitive*) yöntemlere doğru gidilmektedir. Diğer taraftan da insan yerine karar verebilecek bilgisayar sistemlerini geliştirilmesine gereksinim duyulmuştur. İnsan müdahalesi olmadan diğer sistemlerle etkileşime geçebilen ve otonom/özerk karar verebilen yazılım etmenlerinden (*agent*) faydalanma durumu ortaya çıkmıştır. Bir etmenin, bulunduğu çevre ile ilgili kısıtlı bilgiye sahip olması, çevre genişledikçe birbirleriyle iletişim kurarak diğer etmenlerle etkileşimde bulunması kaçınılmazdır. Tek bir etmenin yalnız başına kendi bilgi ve bireysel yeteneklerini kullanarak çözemediği problemlerde/karar-verme süreçlerinde birbirleriyle iş birliği yaparak (*collaboration*) eş güdümlü bir biçimde çözüm geliştirmek için birden fazla etmenin bir araya geldiği sistemler de çoklu etmen sistemi (*Multi-Agent Systems, MAS*) olarak türemiştir. Dağıtık sistemler üzerinde programlama yapabilmek için çoklu etmen sistemleri kullanılmaktadır. Çoklu etmen sistemlerinde, etmenler insan müdahalesi olmadan kullanıcıları adına hareket ederek kullanıcıların hedeflerini yerine getirmek ve bilgilerini birbirleriyle paylaşmak için çalışmaktadır. Karmaşık sistem; tasarım ve problem çözme alanında, modelleme (*agent-based modeling*) ve benzetimde (*simulation*), akıllı kullanıcı/yazılım arayüzlerinde (*intelligent user interfaces*), karmaşık optimizasyon problemlerinin modellenmesinde ve çözülmesinde çoklu etmen sistemlerinin kullanımı akademik çalışmalarda ve uygulamada giderek yaygınlaşmaktadır. (Wooldridge 2002; Bellifemine vd. 2001)

Web üzerindeki verinin otomatik olarak işlenmesi ve farklı uygulamalardaki verilerin entegrasyonunda özerk yazılımların kullanılabilmesi olanağı tanıyan Anlamsal Web (*Semantic Web*) (Berners-Lee vd. 2001) etmen uygulamaları için ideal bir ortamdır. Web tabanlı uygulamalarda, programların bağımsız olarak veriyi paylaşabilmeleri ve işleyebilmeleri gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için de web sayfalarının içerik tanımlamalarını makinelerin de yorumlayabileceği bir şekilde yapmak gerekmektedir. Bu nedenle anlamsal web ve etmen tabanlı hesaplama alanları birbirleriyle yakından ilişkilidir ve anlamsal web alanı bir takım gereksinimlerini karşılayabilmek için etmen tabanlı hesaplama alanının desteğine gereksinim duymaktadır (Luck vd. 2005).

Sosyal Web'den sonra Anlamsal Web'in kullanılmaya başlanmış olması ontolojilerin üretilmesini ve kullanımını arttırmaktadır. Ontoloji, veriyi anlamıyla beraber kullanılmasına olanak tanır. Web Servisleri de ontolojiler kullanılarak anlamsal olarak yapılandırılabilir. Hızlı, kaliteli servisler ancak bu bilişim altyapısı üzerine kurulan birlikte işler uygulamalarla gerçekleştirilebilir. Ayrıca ontoloji destekli kurulacak mekansal bilgi sistemlerinde karar-destek ve karar-verme süreçleri daha etkin bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir.

Anlamsal web servislerinin (*Semantic Web Services, SWS*) işlevselliği, erişim ve işletim yöntemleri ontolojiler kullanılarak tanımlanmaktadır. Web servislerinin anlamsal web ortamında çalışması için anlamsal web servisleri alanında “*Web Ontology Language for Services (OWL-S)*” ve “*Semantic Web Rule Language (SWRL)*” gibi bazı standartlaşma çalışmaları yapılmıştır. OWL-S, web servislerini betimlemek için geliştirilmiş ontoloji tabanlı bir standarttır. OWL-S anlamsal web ortamında servislerin aranması, bulunması ve dinamik olarak çağrılmasında çıkarsama (*reasoning*) amaçlı kullanılmaktadır.

Yapay zeka bileşenlerinin eklendiği sistemler daha nitelikli düşünebilen programlar/uygulamalar/servisler geliştirebilmektedir. Artık dağıtık yapıda bir organizasyon tarafından yönetilen sistemlerin yerini sosyal olarak etkileşime giren sistem bileşenleri almaktadır. Bu bileşenler birbirlerini servis sağlayıcı olarak görmektedir. Bağımsız bileşenler ve varlıklar arasındaki bu sosyal paylaşım ve etkileşim etmenler sayesinde çözümlenmektedir. Çalışma kapsamında oluşturulmaya çalışılan mimari çok etmenli sistem altyapısı temellidir. Bu mimarinin gerçekleştirimi hedef yönelimli (*goal oriented*) yazılım etmenleri kullanılarak ve tanımlanmış protokollere dayalı asenkron etkileşimler ile yerine getirilebilir.

Nesnelerin internet üzerinde veri alışverişi yapabilmesi ve bu sayede internete bağlı olan tüm cihazlarla iletişim kurabilmesi biçiminde ifade edilen “Nesnelerin İnterneti (*Internet of Things, IoT*)” yaklaşımıyla nesnelere ortak amaç için hareket edebileceklerdir. Ölçme platformu ve algılayıcıları birer IoT cihazı olarak davranabilecekler ve akıllı nesne (*smart object*) olacaklardır. CISCO'nun Eylül 2014 tarihli bir raporuna göre 2020 yılında yaklaşık 37 milyar nesnenin birbirine bağlı olacağını öngörmektedir. IoT yaklaşımı ile cihazın ürettiği veriyi internete iletmesi ya da internetten elde ettiği veri ile cihazda bir etki meydana getirirken, *Machine-to-Machine* (M2M) iletişiminde iki ya da daha fazla cihaz kendi aralarında iletişim kurarlar ve birbirlerinden aldıkları verileri yorumlayıp etkiler meydana getirirler, ayrıca yine internet bağlantısı kurabilirler, verileri yine başka bir sunucuya iletebilirler.

Sözü edilen sistemlerin kullanılabilmesi karmaşık bir sisteme ilişkin senaryolara örnek olarak aşağıdakiler verilebilir:

Su yönetimi ile ilgili kuruluş sorumlu olduğu alanda bulunan meteorolojik algılayıcılarla veriler elde etmektedir. Algılayıcılar internete bağlanabildiklerinden bulut ortamında bulunan sözü edilen kuruluşun ilgili sunucusuna önceden belirlenmiş zaman aralıklarında fiziksel ortam verilerini gönderebilmektedir. Benzer biçimde hidrolojik ve hidrolik istasyonlarda bulunan algılayıcıların elde ettiği veriler de ilgili sunuculara gönderilebilmektedir. Gönderilen verilerde bir aykırılık (*anomaly*) oluşursa sistem konu ile ilişkili vana, kapak gibi mekanik sistemleri açma-kapama gibi kontrol müdahalelerinde bulunabilir. Yağışın çok yağdığı bir zamanda algılayıcılar (*sensor*) nereye ne kadar yağış düşmüş olduğu verisini ilgili kurumun sistemine gönderir, sistemin ilgili etmeni algılayıcıların bulunduğu bölgenin arazi modeli bilgisini sunucuya getirir, mekansal analizden sorumlu etmen arazi ve yağış verilerini hidrolojik model üzerinden akış bilgisine çevirebilir. Diğer bir etmen akış bilgisinden hidrolik model üzerinden taşkın analizi yapabilir. Analiz sonuçlarına göre baraj kapaklarının ne kadar süreyle açık kalacağına bir etmen tarafından karar verilir. Böylece insan müdahalesi olmadan tamamen IoT, hesaplama teknikleri ve yapay zeka teknoloji kullanılarak olası taşkınım önüne geçilmiş olunacak ve önemli miktarda can ve mal kaybının önüne geçilmiş olacaktır. Özellikle şiddetli yağışın gece yarısından sonra ya da tatil günlerinde olabileceği düşünülürse uzman personelin bulunmama durumunda da makineler çözüm geliştirebilecektir.

İstanbul “Çılgın Kanal Projesi” uzun zamandır tartışılmaktadır. Olumlu ve olumsuz birçok görüş belirtilmektedir. Oysaki sözü edilen projenin karar-destek aşaması için çok fazla ölçüt bulunmakta ve bu ölçütlerin büyük kısmı ancak farklı disiplinlerce farklı nitelikte veriler kullanılarak formüle edilebilir. Mekansal boyutu olan “Çılgın Kanal Projesi”nin Mekansal Bilgi Sistemi ile modellenmesi çözüm yöntemlerinden biridir. Ancak salt masafüstü CBS yazılımlarının verdiği olanaklarla bunu başarabilmek pek olası değildir. Benzer şekilde İstanbul’un trafik sorunu, İstanbul’daki 3. Havalimanı inşaatı sırasındaki mania sorunu diğer örnekler olarak gösterilebilir. Farklı ölçütleri fazla olan mekansal problemlerin çözümü için kullanılan optimizasyon teknikleri, mevcut şartları en iyi şekilde değerlendirerek en kısa sürede sonuca ulaştırmaktadır. Yapay zeka tekniklerinin bu tür problemlerin çözümünde kullanılması, çözümlerin gerçek hayata geçirilmesi açısından kolay ve faydalı olabilmektedir.

Mekansal Veri Altyapısı oluşturulduğunda ilgili kullanıcılar gereksinim duydukları veriler/bilgilere gereksinim duydukları çözünürlükte ve zaman diliminde nasıl ulaşabilecekleri diğer bir senaryo olarak oluşturulabilir. Çok sayıdaki kurum ve kuruluşlarca üretilmiş, veritabanlarında sakladıkları veriler ve sürekli olarak ürettikleri diğer veriler arasından hangisinin amaca uygun olduğuna insan tarafından karar verilmesi çok zaman alacak rutin bir işidir. Bunun yerine bu iş için oluşturulmuş etmenler kullanılarak zaman daha etkin kullanılabilir ve bu işteki personel birikimini karar-destek aşamasında kullanabilir. Otonom olan, dağıtık ve homojen olmayan bilgisayar kaynaklarına ulaşma yetkisine sahip olan bu etmenler başka bir etmenin ya da kişinin adına bilgi toplayabilirler.

Yukarıda sözü edilen etmenlerin geliştirilmesinde FIPA (*Foundation For Intelligent Physical Agents*) uyumlu, JADE (*Java Agent Development Framework*) platformunu ve İnanç/Kanı-İstek-Niyet/Hedef (*Belief-Desire-Intention*, BDI) modelini kullanan bir sistem geliştirilebilir.

Yapay zeka tekniklerinden bulanık mantık, yapay sinir ağları, genetik algoritma, oyun teorisi, doğa esinimli eniyilemeler ve sürü zekası (*swarm intelligence*) yöntemleri kullanılabilir. Sürü zekası, özerk yapıdaki basit bireyler grubunun kolektif bir zeka geliştirmesidir (Bonabeau ve Theraulaz, 2000). Klasik yapay zeka yöntemlerinde bulunan insan zekasını modellemeye odaklı, karmaşık, merkezî, planlı yaklaşımların aksine, sürü zekası basit yapı, özerk, önceden planlama yapmayan dağınık etmenlerin karmaşık problemlerin çözümünde başarılı olduklarını göstermiştir (Uğur ve Aydın 2006). Etmenlerin BDI modeli sürü zekası ile ilişkilendirilerek MAS ve optimizasyon bütünleştirilebilir.

### 3. Her Şey Modelle Başlar

Model, bir sistemin temel davranışlarının detaylardan arındırılarak anlaşılabilir bir şekilde ifade edilmesidir. Çoklu etmen sistemleri “Model Güdümlü Geliştirme (*Model Driven Development*, MDD)” ilkeleri kullanılarak geliştirilebilir. Yazılım geliştirme odağını koddan modellere çeviren ve farklı soyutlama seviyelerindeki modelleri kullanarak yazılım geliştirmedeki karmaşıklığı azaltmayı hedefleyen MDD yaklaşımının BDI etmen yazılımlarının hızlı bir şekilde geliştirilmesinde önemli bir yaklaşım olduğu görülmektedir. “*Object Management Group* (OMG)” MDD için yazılım geliştirmede önemli olanın probleme dair çözümün olduğunu vurgulamakta ve öncelikli hedefin çözümü yansıtan modellerin geliştirilmesi olduğunu söylemektedir. Bu doğrultuda gerçekleştirim ayrıntılarından daha üst soyutlama seviyelerine çıkılmakta ve süreç tamamen problem çözümüne dayalı olarak gelişmektedir.

OMG, tüm bu standartları “*Model Driven Architecture* (MDA)” adı altında birleştirmiştir. MDA yazılım geliştirme süreçleri, “*Object Oriented Programming* (OOP)” teknikleri üzerine kurulan modelleme yöntemleri ile kod dünyası ile sistem arasında bir soyutlama sağlamıştır. Bu soyutlama sayesinde sistem tasarımı üzerinde çalışanların çözüm/kod uzayı yerine problem uzayında yoğunlaşmaları sağlanmıştır. Böylelikle sorunlar daha iyi anlaşılabilir ve daha etkili çözümler üretilebilir hale gelmiştir.

Model güdümlü yazılım geliştirmenin temelinde “*Unified Modeling Language* (UML)” yatmaktadır. OOP yöntemleri ile beraber gelişen UML, sonrasında MDD/A yöntemlerinin gelişmesine önayak olmuştur. Model güdümlü yazılım geliştirmenin ilk adımı meta model oluşturmaktır. Meta model, modelin modelidir. “*Meta Object Facility* (MOF)” adı verilen dört soyutlama katmanından oluşan bir üst-modelleme standardı, teknolojiler arasında uyum ve genişletilebilirlik sağlamayı hedeflemektedir.

Mekansal Veri Altyapılarının (*Spatial Data Infrastructure*, SDI) ve geoportalların etkin olarak kullanıldığı 21. yüzyılda mekansal verinin yönetiminde daha etkin yollar aranmakta ve ayrıca makinelerin/etmenlerin bu yönetimin bir parçası olması sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak bu biçimde karar-destek süreçlerinden zayıf yapay zeka (*weak artificial intelligence*) yaklaşımına dayalı karar-verme süreçlerine ulaşılabilecektir. Bu tür yaklaşımlar ülkeler, kıtalar ve hatta Birleşmiş Milletler altında global vizyonla gerçekleştirilmeye başlanmıştır. ISO TC211 standartlarında bu tür yaklaşımlar yer almaktadır. Örneğin veri modellemesi UML ile gerçekleştirilmekte, buradan uygulama şemaları üretilebilmekte ya da doğrudan UML diyagramlarından “*Web Ontology Language (OWL)*” dilinde ontolojiler üretilebilmektedir. Yine UML dilinde “*General Feature Model*” gibi yaklaşımlar farklı uygulama alanları ve farklı amaçlar için birlikte çalışabilirliğin temellerinin kurulması adına kullanıcılarla paylaşılmaktadır. Bir diğer yaklaşım da “*ISOTC 211 Harmonized Model*” olup mekansal verilerin ISO191xx serisi standartlar kullanılarak nasıl uyumlu yapıda paylaşılabilirliğinin altyapısını oluşturmaktadır. INSPIRE direktiflerinde de benzer yaklaşımlar bulunmaktadır. “*INSPIRE UML Consolidated Model*” buna örnek olarak verilebilir.

Bu tür bir yaklaşımın gerçekleştirilebilmesi için tasarım (*design*) aşamasından karar (*decision*) aşamasına kadar ilişkili, ileri ve tersine mühendisliğin (*forward and reverse engineering*) uygulanabileceği bir metodolojik yaklaşım gerekmektedir. Mekansal veritabanında bulunan verileri/bilgileri kullanmak için kavramsal yapılarının veri modelleme kısmında MDD ilkeleri kullanılarak oluşturulmalıdır. MDD sayesinde kavramsal tasarımlardan aplikasyon şemalarına (*application schema*) ve buradan da kodlamaya geçilerek gerçekleştirim (*implementation*) aşaması tamamlanır.

Geliştirilen modeller “*eXtensible Markup Language (XML)*” tabanlı “*Geography Markup Language (GML)*” veri değişim modelleri ya da tematik veri grupları için geliştirilmiş UML uygulama şemaları, OWL dilinde geliştirilmiş semantik modeller olarak ifade edilebilir. Ayrıca tüm bu modeller arasında dönüşümler gerçekleştirilebilir.

#### 4. 3D Görselleştirme

Mekansal verinin doğasındaki karmaşıklık 3 boyutlu (3B) ve farklı detay düzeylerinde (*Level of Details*, LOD) modellenmesinin ve görselleştirilmesinin önemini arttırmaktadır. 3B veri modellemede kullanılabilecek en iyi mekansal araç “*Open Geospatial Consortium (OGC)*” tarafından geliştirilen ve bir GML uygulaması olan CityGML dilidir. CityGML nesnelerin 3B geometrik, topolojik, semantik ve görünüş özelliklerini yapılandırabilmektedir. Bir CityGML veri setinde, nesnenin farklı çözünürlükteki görünüşleri dikkate alınarak gösterimi, analizi ve görselleştirilmesi aynı anda farklı detay düzeylerinde birlikte gerçekleştirilebilir.

CityGML veri modelindeki nesnelerin bir “*Application Programming Interface (API)*” vasıtasıyla internet üzerinden istemcilerle paylaşılması gerekmektedir. CityGML 3B verileri modelleyebildiği için render işi için de 3B bir API gerekmektedir. “*Open Graphics Library (OpenGL)*” temelli olan “*Web-Based Graphics Library (WebGL)*” web tarayıcıları üzerinde 3B grafikler için kullanılan platform bağımsız ve ücretsiz bir API’dir. HTML5 ve Javascript (JS) ile birlikte etkin olarak kullanılmakta ve ekran kartı özelliklerini doğrudan tüketebilmektedir. WebGL, ilave eklentilere gerek kalmadan herhangi bir uyumlu tarayıcıda grafik oluşturulmasını sağlayan açık bir web standardıdır.

XML altyapısını kullanan “*Extensible 3D (X3D)*” XML sayesinde rahatça genişletilebilir ve hiyerarşik modellemeye olanak sağladığı için 3B görselleştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Diğer 3B dosya formatı da yine XML tabanlı olan Collada’dır. X3D ve Collada WebGL ile birlikte kullanılabilir. Görselleştirme açısından bu yaklaşıma alternatif olarak OpenLayers API kullanılabilir. OpenLayers kütüphaneleri 3 boyuta destek vermekte ve CityGML ile birlikte kullanılabilir. OGC servislerinden olan “*Web 3D Service (W3DS)*” görselleştirme olanağı vermesine rağmen fonksiyonellik özellikleri yoktur.

3B görselleştirme ile birlikte model-karar-görsel zincirin halkaları tamamlanmaktadır. Model zincirin ilk halkasıdır. Mantık (*description logic*) kullanılarak yapılan akıl yürütme/çıkarıma (*reasoning*) ve karar verme (*decision making*) zincirin ikinci halkasıdır. Son aşamada sonuçların mekansal görselleştirilmesi (*geovisualization*) süreci tamamlamaktadır. Ancak süreci tam anlamıyla yapay zeka uygulaması haline gelmemiştir. Bunun için görselleştirme bileşeninde sanal dünyada etmenlerin kontrol ettiği avatar kullanımınıdır.

#### 5. Sonuç

Çalışma kapsamında kavramsal modelleme, ontoloji geliştirme, algılanan bilginin keşfi ve paylaşımı, mekansal akıl yürütme ve otomatik çıkarım (*spatial reasoning and automatic inference*) konularında farkındalık yaratılmaya çalışılmıştır. Bu konuların yalnız insanlar tarafından değil özellikle makineler tarafından gerçekleştirilmesinin altyapısı tartışılmıştır. Bu konuların otomatik çıkarılmaya çalışılmıştır. Tüm bunlar Mekansal Bilgi Sistemi teknoloji ve uygulamalarında yapay zekaya geçiş aşamalarıdır. Bu süreç tamamlandığında insanlar ve etmenler birlikte çalışabilecek, etmenler tek başlarına karar-verme sürecini gerçekleştirebilecektir.

Bu çalışma kurum ve kuruluşların yakın zamandaki mekansal stratejilerini oluşturmadaki ve gerçekleştirmedeki önemli bir açığı gidermek amacıyla oluşturulmuştur. Eğer çalışma içerisinde yer alan yukarıda ifade edilen konular ülke içerisinde bulunan tüm mekansal bilgi sektörü paydaşlarınca irdelenmez ve tartışılmazsa mekansal bilgi sektöründe zaman, emek ve maliyet açısından büyük kayıplar yaşanacaktır. Özellikle mekansal veri altyapısı kurma çalışmalarında SDI felsefesine uygun bu konular göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı düzeydeki mekansal bilgi üretici ve kullanıcılarının yapay zeka yaklaşımının farkındalığına, önemine ve nasıl kullanılacağına yönelik teorik altyapı geliştirme hazırlıklarına başlamaları

ve uygulamalarını bu hazırlıklara uyumlu biçimde geliştirmeleri gerekmektedir. Çalışma kapsamındaki öneriler dikkate alınıp tartışılmadığı sürece mekansal bilgi sistemlerinin ve servislerinin geliştirilmesi için harcanan emek, zaman ve maliyetin daha fazlası güncel bilişim teknolojileri ile bütünleştirilebilme çalışmaları için harcanacaktır. Türkiye gibi kaynakları gereksinimlerinin gerisinde olan bir ülke için böyle bir durum söz konusu olmamalıdır.

## Kaynaklar

- Bellifemine, F., Poggi, A., Rimassa, G., (2001), *Developing Multi Agent Systems With a FIPA Compliant Agent Framework. Software Practice and Experience*, 31, 103-128.
- Berners-Lee, T., J. Hendler and O. Lassila., (2001), *The Semantic Web*, Scientific American 284 (5), pp. 35-43, 2001
- Bonabeau, E., Theraulaz, G., (2000), *Swarm Smarts*, Scientific American Inc., March . 72-79, 2000.
- Güney, C., (2009), *Yükselen Mekansal Bilişim Farkındalığı*, Akademik Bilişim 2009, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Luck, M., McBurney P., Shehory, O., Willmott, S., (2005), *Agent Technology: Computing as Interaction, A Roadmap for Agent Based Computing*, AgentLink III, U.K., 2005.
- Stuart Russell and Peter Norvig, (2009), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd Edition, Prentice Hall
- Tomlinson, R.F., (2007), *Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers*, ESRI, Inc., 2007
- Uğur, A., Aydın, D., (2006), *Ant system algoritmasının jawa ile görselleştirilmesi*, Akademik Bilişim 2006, Bildiri No: 53, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 9-11 Şubat 2006.
- Wooldridge, M., (2002). *An Introduction to Multiagent Systems*, John Wiley and Sons Ltd., 467 pp.